

# Tělesný plán obratlovců

# Obratlovci jsou strunatci, kteří mají...

- 1) **hlavu**, úsek těla před předním okrajem notochordu
- 2) rozšíření nervové trubice v **pětidílný mozek**
- 3) komplexní **smyslové orgány** - komorové oko, polohový a čichový org.
- 4) **složitý ústní aparát**

5) kůži s **mnohavrstevnou pokožkou** (ektoderm) a mesodermální škáru, interakcí vznik **kožních derivátů** - šupiny, peří, chlupy

6) vždy **vnitřní kostru**, chrupavka či kost

7) **lebku**, kostěný nebo chrup. kryt mozku

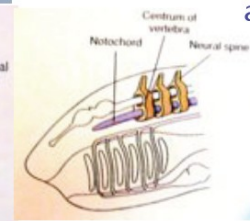
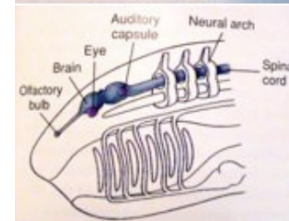
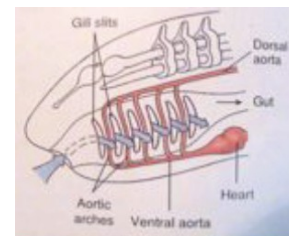
8) chrup. opora žaberních štěrbin - **žaberní oblouky**

9) **obratle**, po stranách notochordu a nervové trubice na rozhraní segmentů

10) složité **ledviny**, základní stavební jednotkou je vlásečnicový **glomerulus**

11) **uzavřenou CS**, tepny, žíly, **vícedílné srdce**, krev teče dopředu

12) krev s **hemoglobinem**, specializované krvinky



Apomorfie strukturní

- Hlava, mozek, smysly
- Kůže
- Kostra, páteř ... atd....

## Kde vznikli obratlovci?

A.S. Romer - sladkovodní prostředí, synapomorfie

1) **svalnatý ocas**

2) tělní tekutiny s **nízkou koncentrací iontů** (dilutní)  
snížení osmotického tlaku sladké vody

3) **glomerulární ledvina**

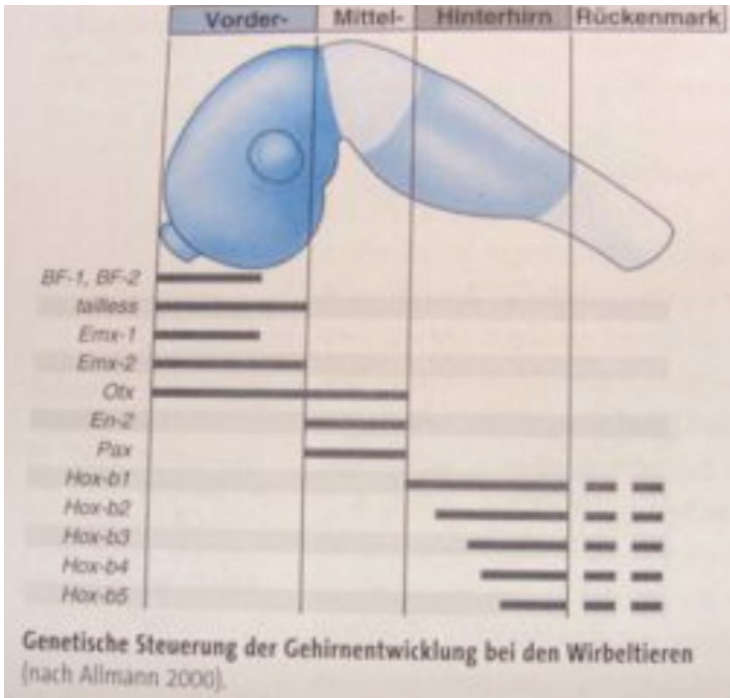
**!** nejvýznamnější přeměna prvního žaberního oblouku na **čelisti**

**!** vznik **párových končetin**

(oba znaky chybí jen u sliznatek a mihulí, 80 druhů)

- čelistnatci cca 50 000 druhů!!!

# Hox geny - předozadní orientace



**\* signální faktory dorsoventrální polarisace neurální trubice (a CNS)**

Vitální barvení embryonální míchy:

- Dorsalin
- Diferenciace motorických n.
- Shh

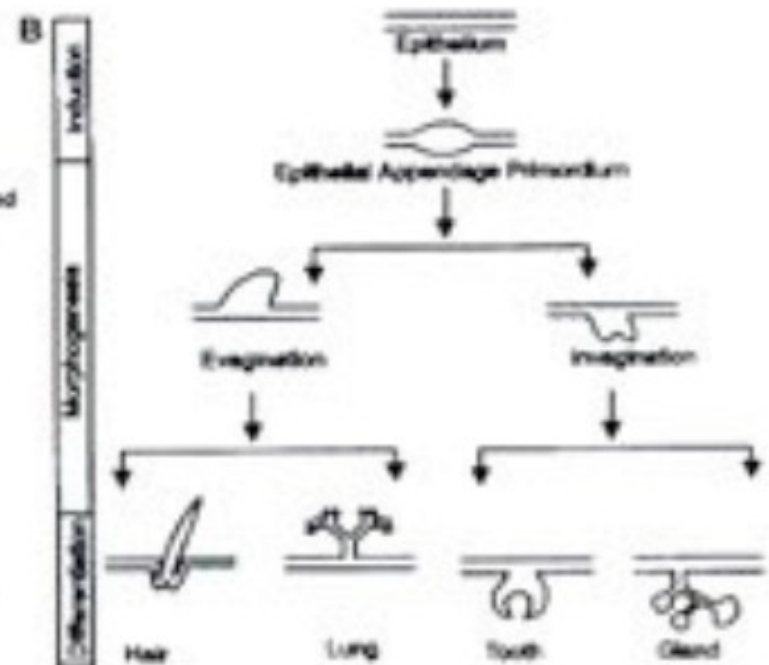
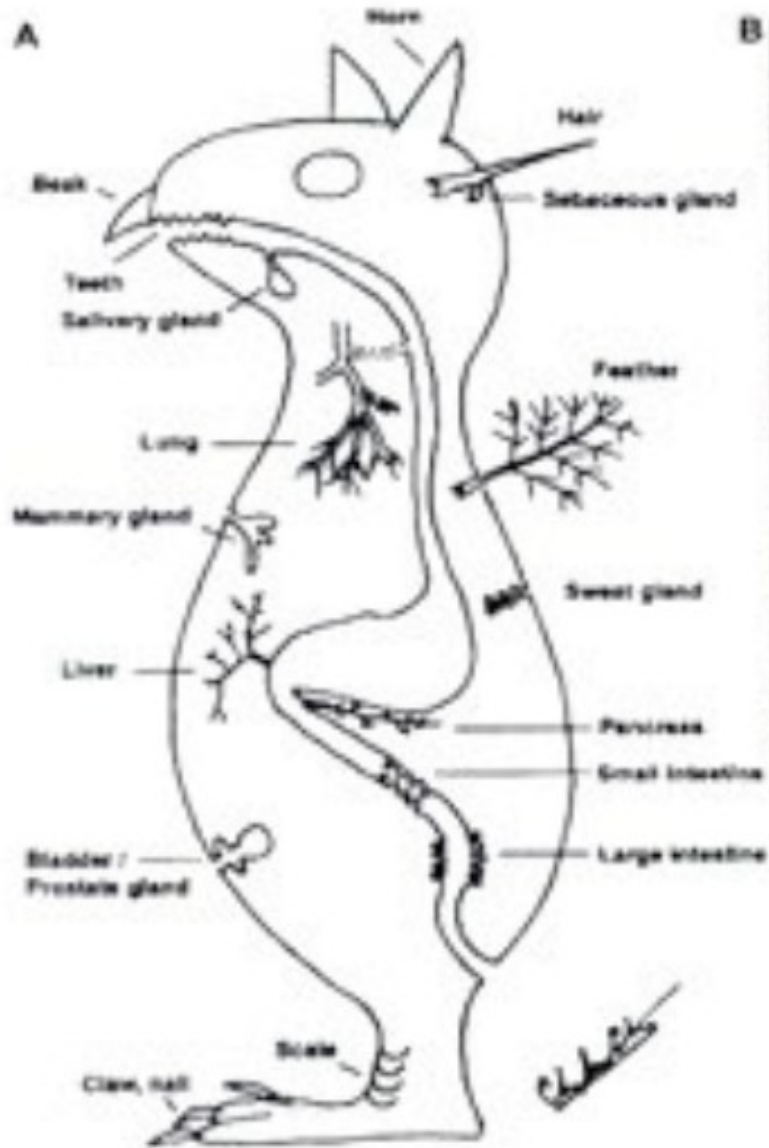
...ale i horno-dolní, dorzoventrální...

..nebo:

- \* jednotlivé morfogenetické mechanismy
- a \* jejich modulární struktura

# !!! Časové a místní rozdíly v zapínání a vypínání jednotlivých modulů heterochronie

kontrola homeotickými geny a lokálně specifickou diferenciací mesenchymatických buněk



Ve všech případech:

týž **iniciální modul morfogenezese (evaginaci epitelu):  $\uparrow 2D > \downarrow 3D$**  aktivuje stejný morfogen – **Sonic hedgehog (Shh)**

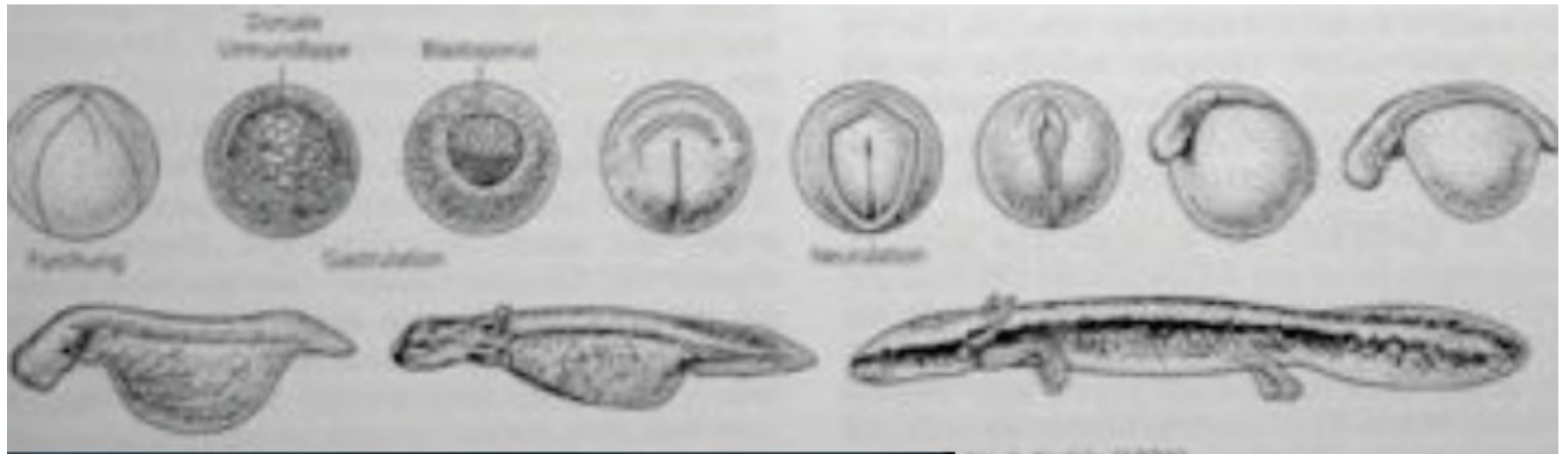
## Craniata: vyšší obsah žloutku a inekvální rýhování

částečné, nestejně velké blastomery, polylecitální vajíčka

- **oligolecitální** : *isolecitální* (kopínatec, Theria - zde však jiný typ investice)
- **mesolecitální** (mihule, Paleonisciformes, Dipnoi, obojživelníci)
- **polylecitální** (sliznatky, paryby, Teleostei, plazi, ptáci, Monotremata)

**Craniata:** Gastrulace epibolií,

“epibolie” - asymetrický růst sousedních tkáňových systémů: základní organogenetický mechanismus (srv. např. neurulace, vznik hlavy, vznik zárodečných obalů Amniota, atd.)



..ale

Principiální  
divergence  
ontogenetických  
mechanismů



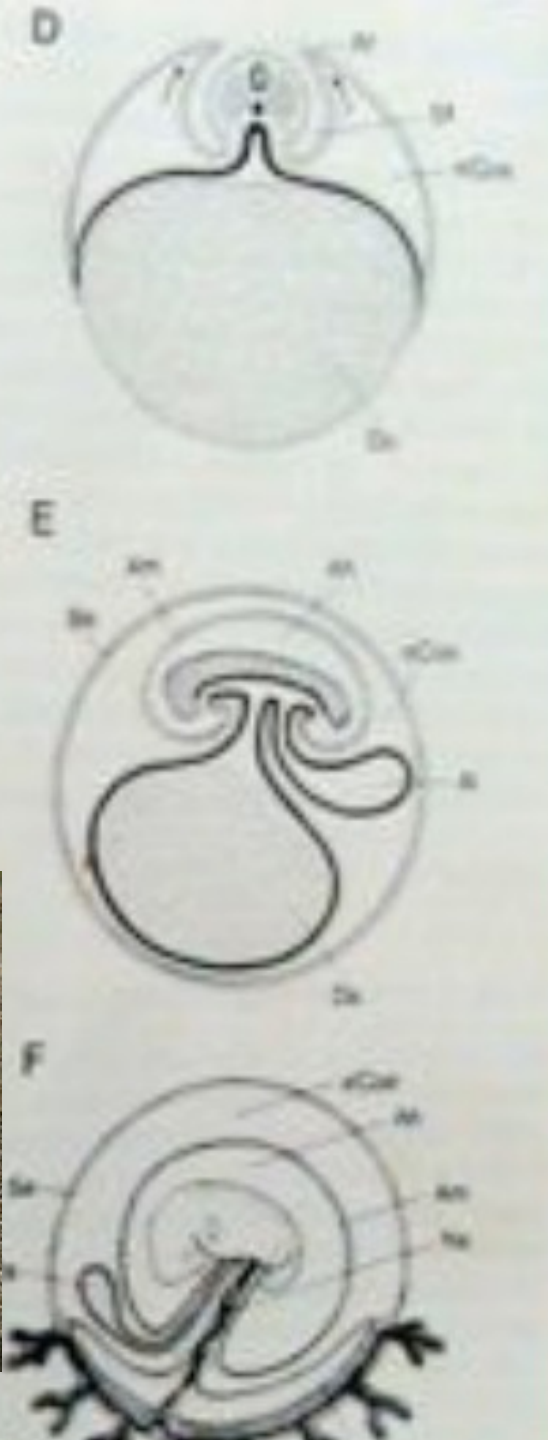
Anamnia

Amniota

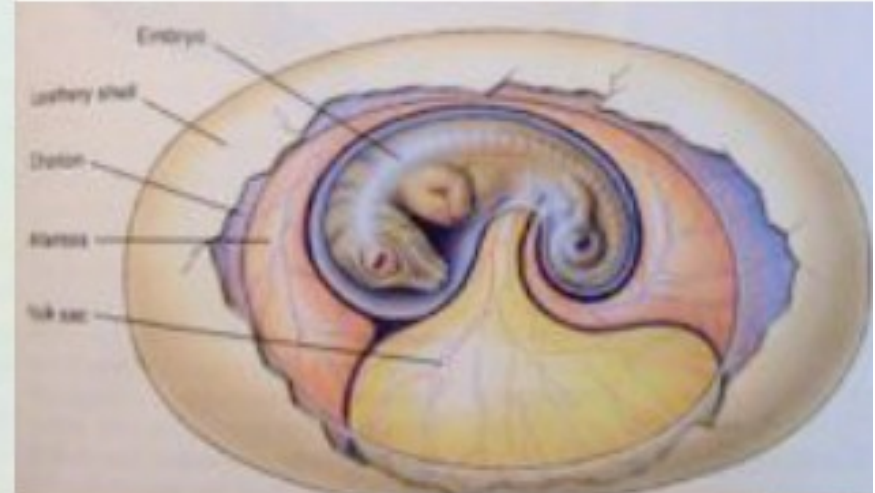
# Amniota

amnion,  
chorion  
(serosa),  
allantois

**korunová  
skupina  
obratlovců**  
Jedná se o  
tetrapody.



# Extraembryonální epitely (ekto-, endoderm





# původ – diferenciací zárodečných listů

## ektoderm

- neuroektoblast – epidermální smyslové plakody, nervová lišta (ektomezenchym)
- **pokožka**
- **nervová trubice**
- prekuzory pojivových tkání (fibroblasty, chondroblasty, osteoblasty, odontoblasty, chromatoblasty)
- **indukce mnohovrstevného** epitelu -pokožka a deriváty; hladká svalovina cév;
- buňky nervové lišty (BNL) – 40 tkání a orgánů, mezi pokožkou a nervovou trubicí, migrace ganglia sensorických hlavových nervů, oční čočky, čichové a sluchové váčky, proudový orgán

## mezoderm

- (dermatom, myotom, sklerotom, nefrotoma gonotom) škára - **rybí šupiny, svalovina**, somatický endoskelet, **močopohlavní, cévní s.**
- sensorická ganglia hlavových nervů (V, VII, IX, X),
- měkká mozková plena
- viscerální endoskelet lebky (**žaberní oblouky**), základy zubů; trabeculae cranii, přední část lebky včetně exoskeletu

## entoderm

- **trávicí trubice a žlázy, žábra a plíce**
- pigmentace trupu a ocasu
- dorzální kořeny míšních nervů a jejich sensorické neurony, sympatická a parasympatická ganglia, Schwannovy buňky, endokrinní žlázy, dřeň nadledvinek

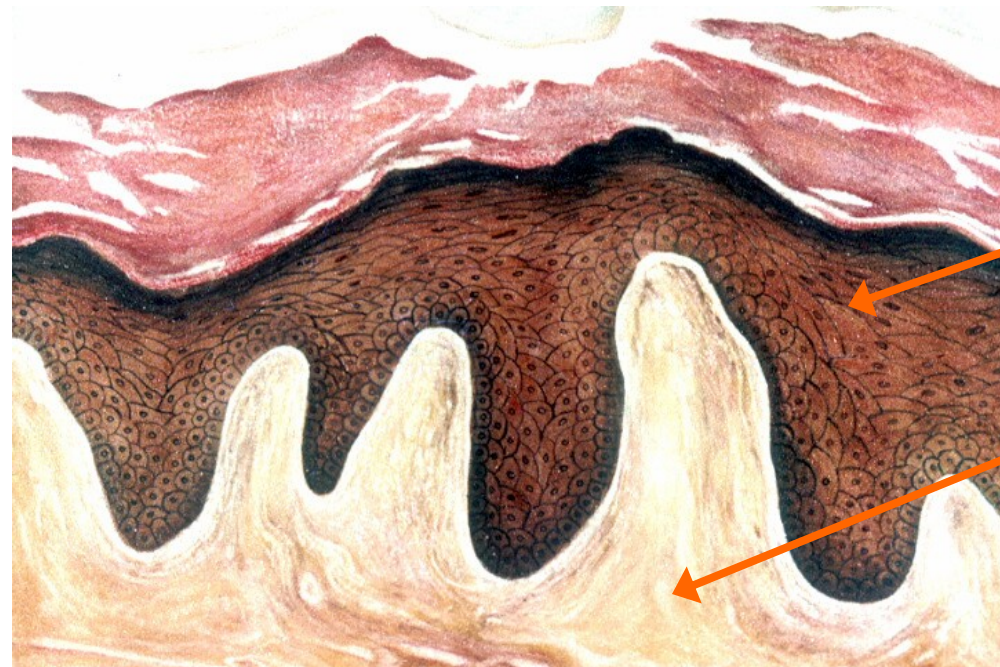
- rozdílný vývojový potenciál hlavové (mezoderm) a trupové (entoderm) nervové lišty

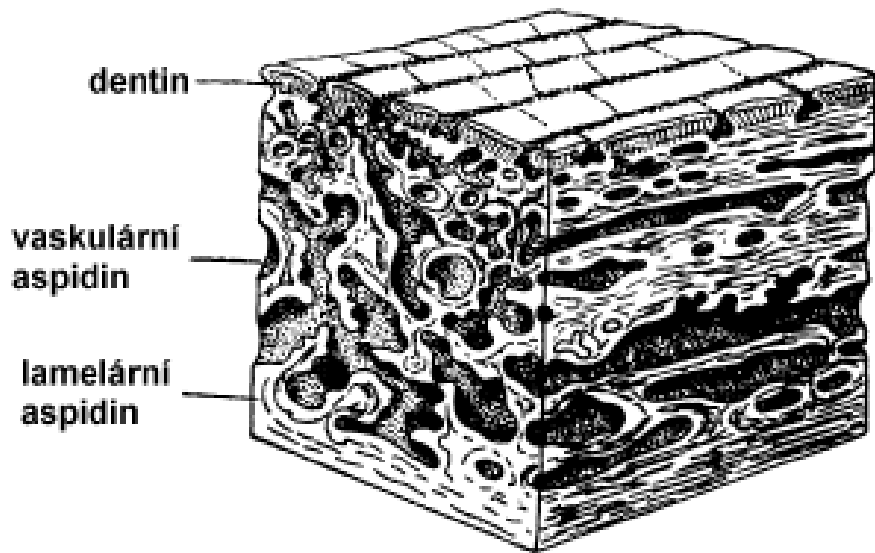
# Pokryv těla (integument)

## Integument: stavba

- Kůže (*Cutis*) + Podkožní vazivo (*Subcutis*)
- Kůže: *Epidermis* (vícevrstevná pokožka: ektoderm) + *Dermis*=*Corium* (škára: mesoderm)
- Epidermis: stratum germinativum + stratum corneum (keratinisace)
- !! ■ Kožní deriváty: komplexní produkty interakce ekto-, mesodermu a mesenchymu: základní morfogenetický mechanismus !

kůže {  
vícevrstevná pokožka (epidermis) z ektodermu  
škára (corium, dermis) z mezodermu (dermatom)





**Derivátem škóry** jsou endesmálně vznikající kosti. V evolučně nejpůvodnější - v podobě kompaktních hlavohrudních krunýřů - **Ostracodermi a Placodermi**. acelulární struktura (osifikace se neúčastnily kostní buňky). = **aspidin**. Více desek navzájem pohyblivých.

Oproti dermálním kostem recentních obratlovců se lišily tím, že povrch byl kryt vrstvou materiálu podobného **dentinu**, pod ním byla vrstva **vaskulárního aspidinu** (bohatě prostoupeného dutinkami, vyplněnými u živých jedinců tělní tekutinou se stejnou funkcí jako má krev vyšších obratlovců) a na bázi byla vrstva **lamelárního aspidinu** (s vrstvami uspořádanými paralelně s povrchem těla).

# Primárně vodní obratlovci

„AGNATHA“:

kostěné štítky („Ostracodermi“)- druhotně nahá (mihule)

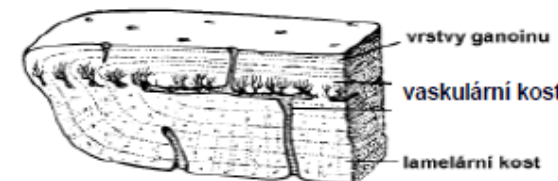
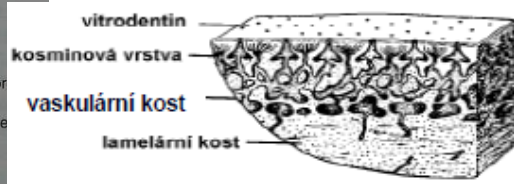
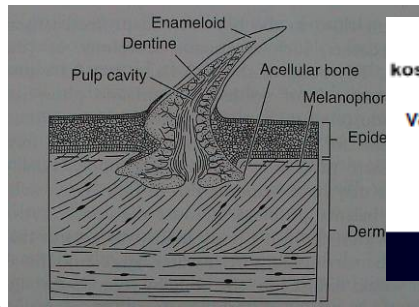
nahá

GNATHOSTOMATA:

kostěné desky (Placodermi) - kostěné šupiny

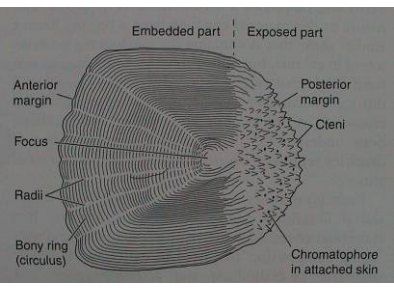
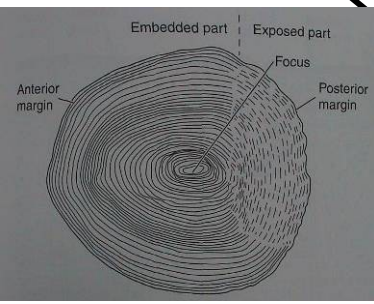
**a) plakoidní** (email + dentin) (Chondrichthyes) - zuby

šupiny



kosmoidní

ganoidní



**b) kosmoidní** lamelární kost=izopedin, **vaskulární kost**, dentin=kosmin, enameloid=**vitrodentin z mezoblastu**;Sarcopterygii) osteoblasty – kost, odontoblasty – zubovina

**c) ganoidní** (lamelární a vaskulární kost, redukce kosminu; email=ganoin **z ektoblastu**, Chondrostei, bichiři, kaprouni a kostlíni)

**d) leptoidní** (elasmoidní, ohebná šupina) (lamelární acelulární kost, Teleostei)

**trend ztenčování, cykloidní a ktenoidní**

v kůži jen slizové buňky (mihule, ryby), sliz zabraňuje maceraci

# Primárně suchozemští obratlovci

dermatoskelet (krycí kosti) („krytolebci“) - nahá (recentní Lissamphibia)

rohovatění pokožky vs. dýchání a redukce kožních žláz

rohovinné deriváty (krunýře, štítky, **šupiny**) - ochrana před ztrátou vody

AMNIOTA:

„Reptilia“

tepelná izolace

peří

srst

mnohobuněčné kožní žlázy :

Lissamphibia



Amniota – „plazi“

redukce

„plazi“, Aves

diferenciace

Mammalia

potní, mazové, pachové ž.

**chlupy (pili)** – apomorfie savců, není přímo z šupiny jako pero, ale vyrůstaly za šupinou

výlučně epidermálního původu a na jeho stavbě se nepodílí mesodermální papila. Že se nejedná o homologon pera (a tím rovněž plazí šupiny) je zřejmé i ze skutečnosti, že u některých plazů mezi šupinami vyrůstají chlupovité útvary se speciálními sensorickými funkcemi a vývoj obou struktur je diametrálně odlišný.

## zbarvení těla (ekologická adaptace)

### **chemické - pigmenty**

(v chromatoforech a kožních derivátech)

melaniny

lipochromy

porfyriny

chromatofory z buněk nervové lišty

### **fyzikální**

- rozptyl světla v komůrkách naplněných vzduchem

- interference při průchodu a odrazu světla vrstvami různých optických vlastností

Deriváty keratinové vrstvy epidermis  
**rohovité hrbolky (např. na kůži ropuchy, kuňky).**

Podobné jsou různé **mozoly, ty však zahrnují i podkladovou vrstvu škáry.**

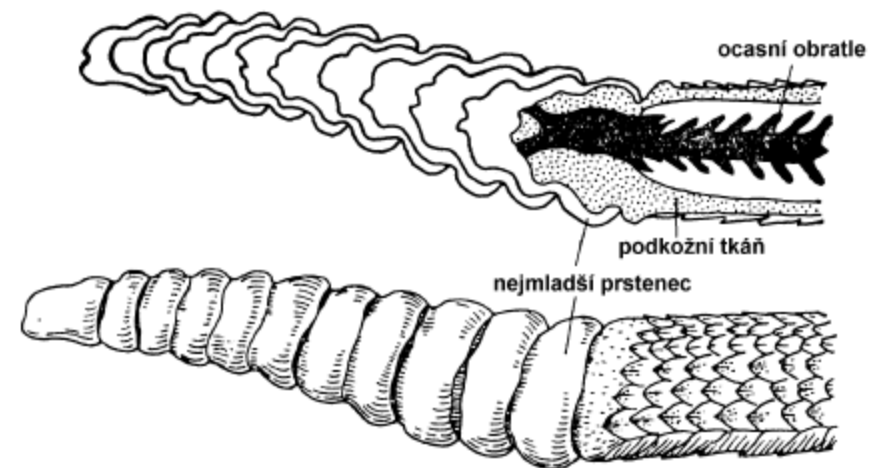
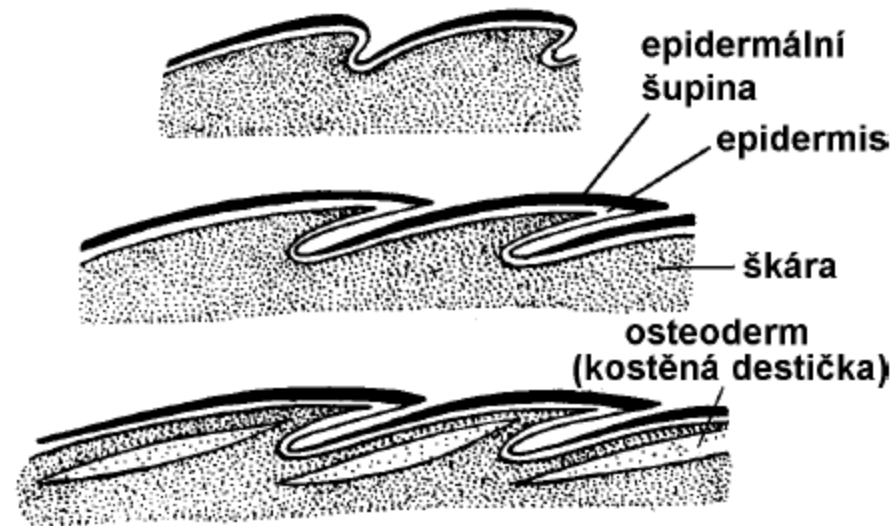
**U plazů** vznikají z kompaktní rohovité vrstvy šupiny nebo destičky.

Protože se v češtině i v jiných jazycích tyto termíny (šupiny, destičky) používají i pro deriváty škáry, označují se zmíněné deriváty epidermis jako **epidermální šupiny a epidermální destičky.** U plazů pokrývají celé tělo včetně lebky nebo např. u želv povrch krunýře.

**drápy, nehty (které jsou rozšířenými drápy), kopyta suchozemských**

tetrapodů, a rohovitý pokryv výběžků kosti čelní (zvaných os cornu) u sudokopytníků;

**roh,** odvrhován ani se nevětví. Naproti tomu **paroh** je kost, která je periodicky odvrhována (díky vrstvě osteoklastů), a pouze v raných stádiích vývoje parohu je kryta modifikovanou kůží (líčím).



1) **chorda** (entoderm)    2) **chrupavka a kost** (mezoderm, BNL)

CHORDA zachována primárně u: „Agnatha“, Placodermi, Acanthodii, Sarcopterygii

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

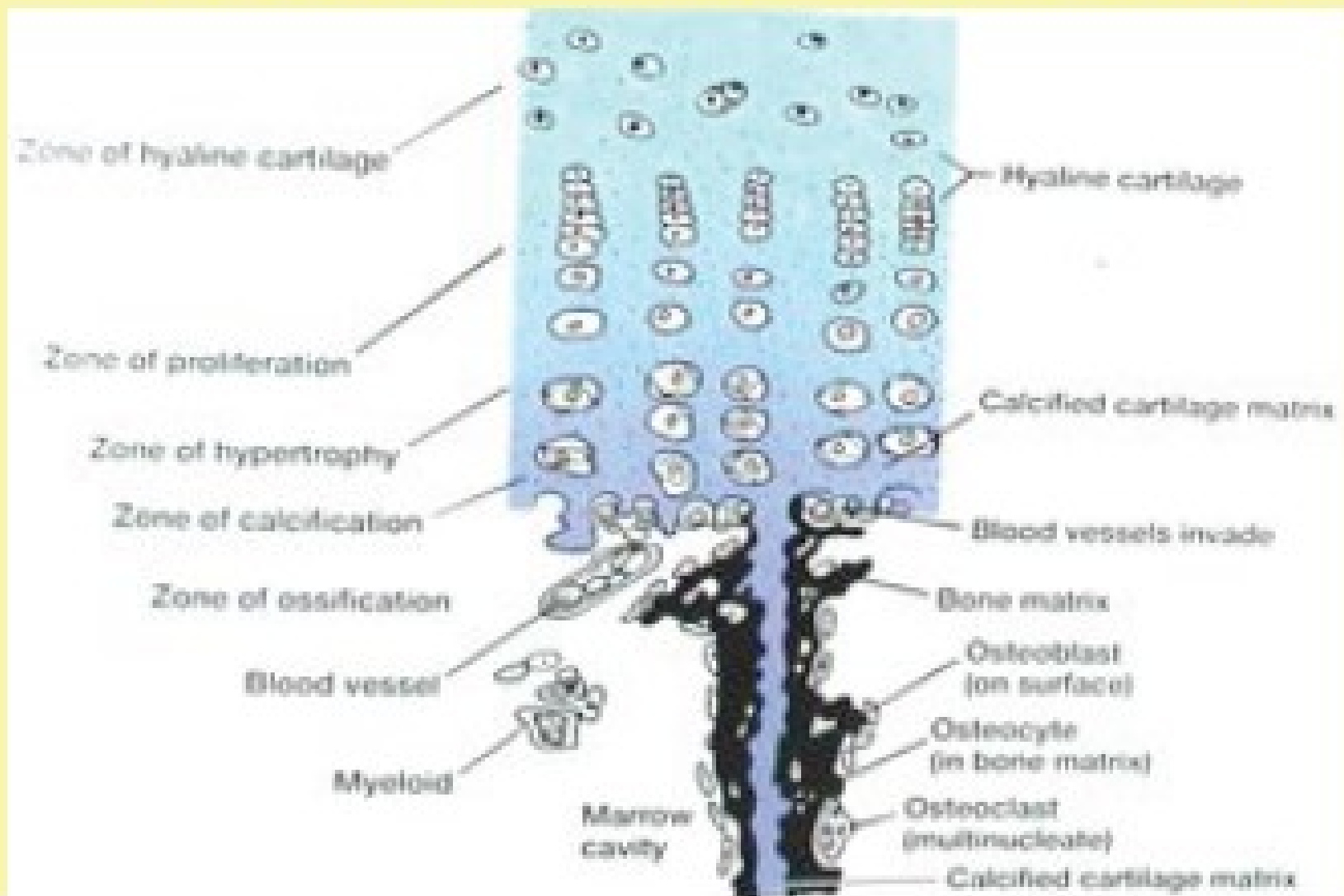
ALE u všech obratlovců během zárodečného vývoje

## **OSIFIKACE:**

- **endesmální** (desmogenní, **dermální kosti**) **EXOSKELET**
  - přeměna vaziva v kost
  - (dermatoskelet z krycích kostí), zakládá se vždy podél postranní čáry
- **en(do)chondrální** (chondrogenní, **chondrální kosti**) **ENDOSKELET**
  - náhrada chrupavky za kost, endoskelet z náhradních kostí



# Chrupavka (chondro) a endoskelet endochondrální osifikace - náhradní kost



# Oporná soustava

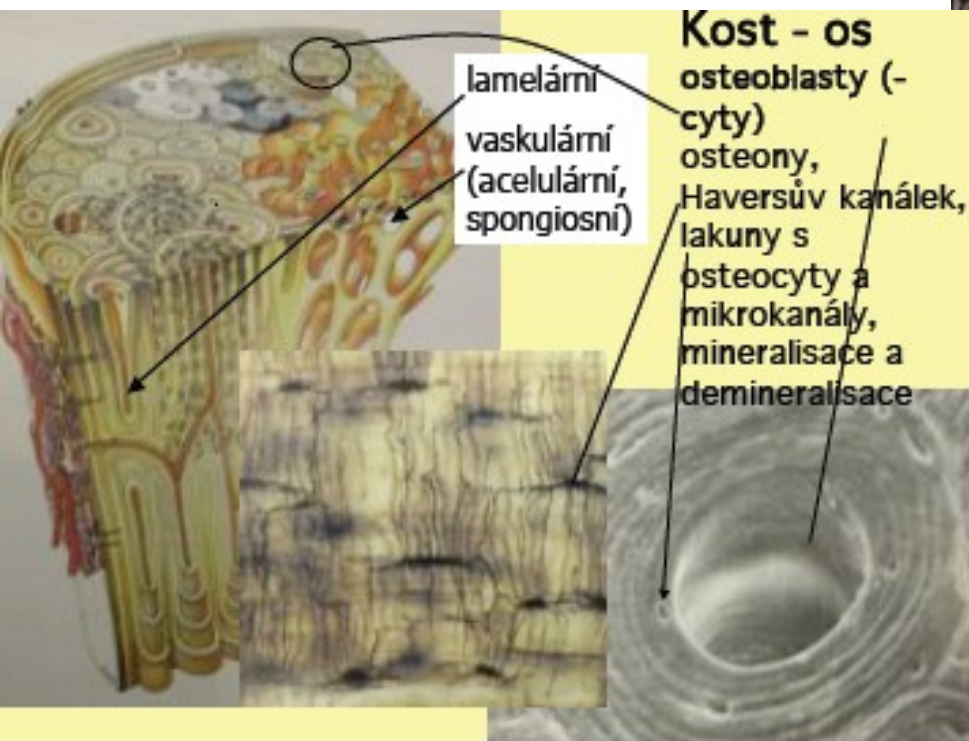
## Mineralizace

Hydroxyapatit, metabolismus Ca

**Email**-sklovina, síť minerálních krystalů, 96% anorg.

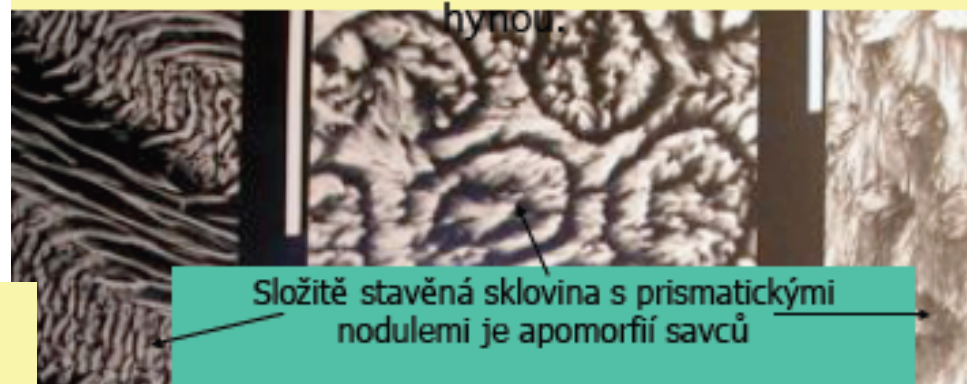
**Dentin**-zubovina, ne zpětná resorbce, živé odontoblasty

**Kost**-ukládání i vstřebávání, dynamický systém, zásobárna Ca  
přestavby - růst, regenerace



## Sklovina (email, enamel, Schmelz):

kompaktní pleteň hydroxyapatitových krystalů (96%-anorganická, 1% organické hmoty, 3% voda): nejpevnější hmota obratlovčího těla (cf. 10 tun/cm<sup>2</sup>), inertní, ideálně fosilisuje. Je produktem **ameloblastů**.



- Kostra - zásobárna Ca
- Hormonální kontrola (podle koncentrace Ca v plasmě)

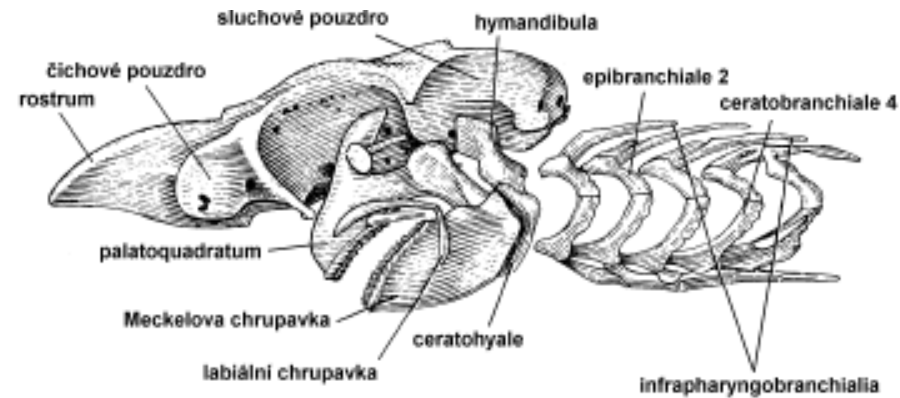
**kost** jako výsledné stadium osifikace může ale i zanikat (v důsledku progresivní blokády osifikačního procesu) a celá kostra nebo její část může zůstat na stadiu chrupavky (doplněné persistující chordou). Tato chrupavka může být impregnována anorganickými látkami, takže výsledné stadium se makroskopicky podobá kosti, ale nevzniká však činností osteoblastů.

**= kalcifikovaná chrupavka**

(Chondrichthyes)

Je tedy zřejmé, že opěrná soustava obratlovců embryonálně vznikla jako **derivát všech tří zárodečných listů** (rohovité vrstvy epidermis z ektodermu, žaberní oblouky z neurální lišty ektodermu, dermální a chondrální kosti z mesodermu a chorda z entodermu).

**ALE** pravá kostní tkáň je u žraloků rudimentárně zastoupena v obratlových centrech, a bázích plakoidních šupin, soudí se, že kalcifikovaná chrupavka vznikla redukcí a substitucí původní kostní tkáně.



# kostra (skelet)

## EXOSKELET (z vaziva):

pancíře, krunýře, rybí šupiny, krycí kosti lebky, část pásma přední končetiny (cleithrum, clavícula), břišní žebra krokodýlů a haterie

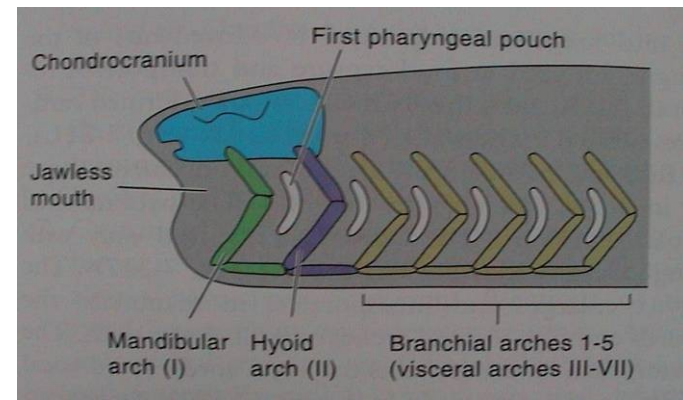
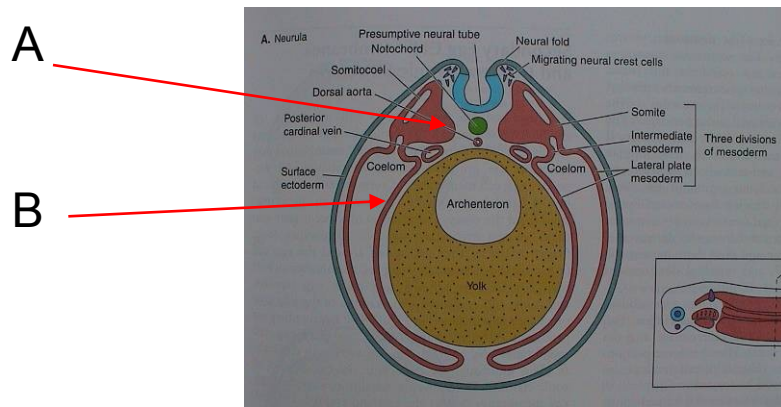
## ENDOSKELET (vždy primárně chrup.):

### A) somatický (ze somitů=sklerotomy nebo BNL)

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 nervové lišty)

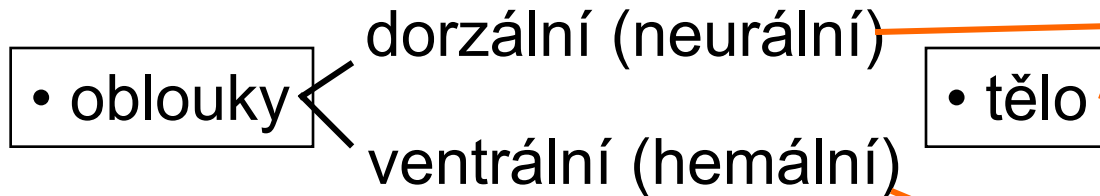
stěna embryonálního střeva, list mezodermu naléhající k entodermu  
žaberní oblouky, viscerocranium, sluchové kůstky



- kostra (skelet)
  - osní - vertebrae, costae, sternum
  - lebka - cranium
  - kostra končetin

**Obratle**: vznik kolem chordy (není jejich součástí!),  
vývoj nejednotný

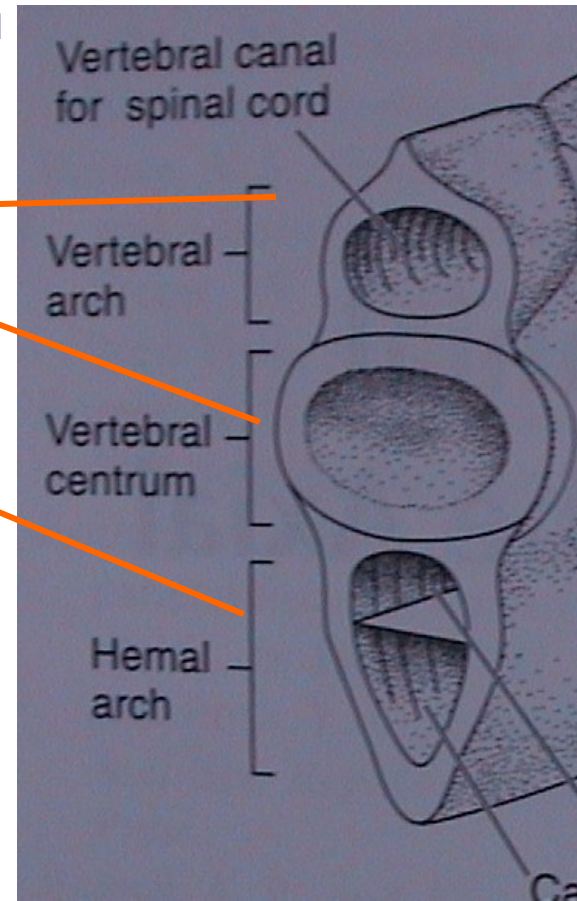
Tělo obratle vždy z poloviny sousedního obratlového základu  
posun do intersegmentální pozice k myoseptu

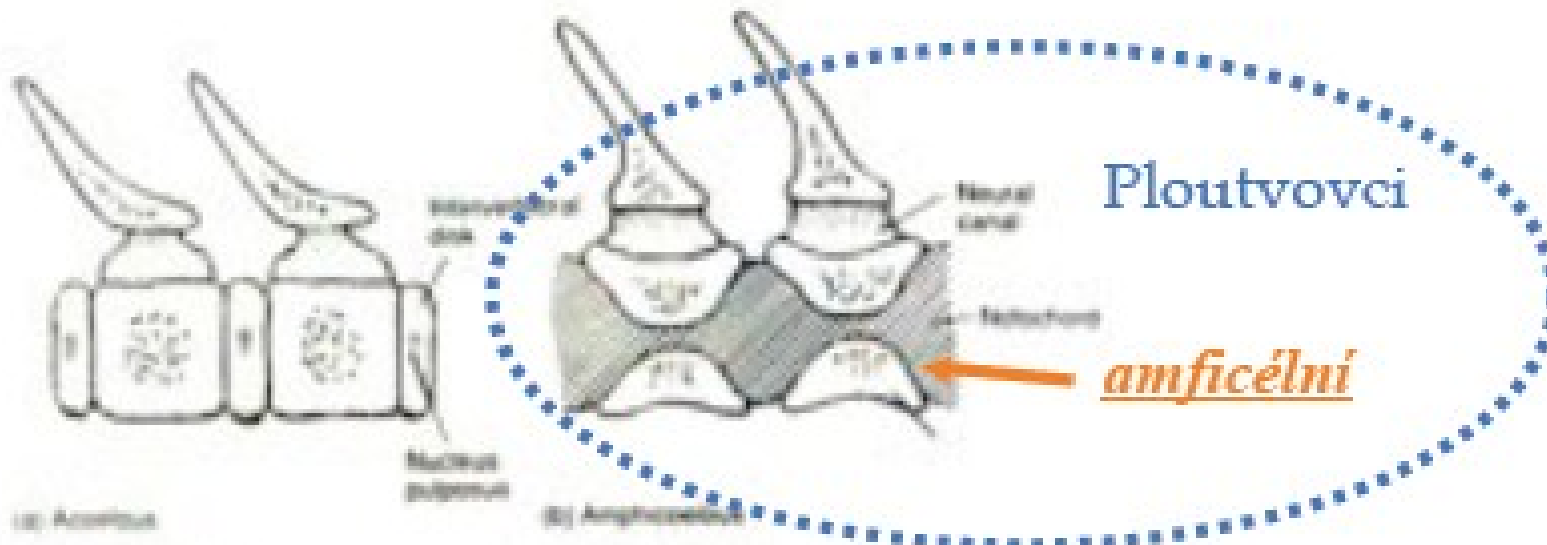


nejstarší částí neurální oblouky (mihule)

- obratle bez těl - aspondylní (jeseteři, bahníci)
- vznikající těla obratlů zaškrcují chordu (paryby a ryby)

- podle počtu osif. center – mono-polyspondylní
- buď ze základu neurálního oblouku (akrocentrální obr.)
- nebo z pleurocenter = samostatná osifikační centra (Rhipidistia) (autocentrální obr.)





**Typy obratlů:**  
**Srv. těla obratlů**  
**+ artikulace**



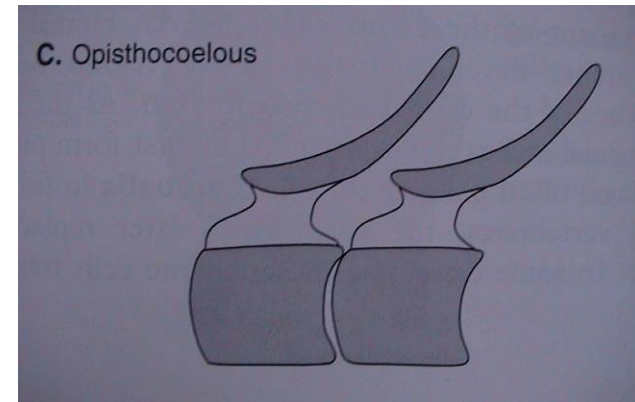
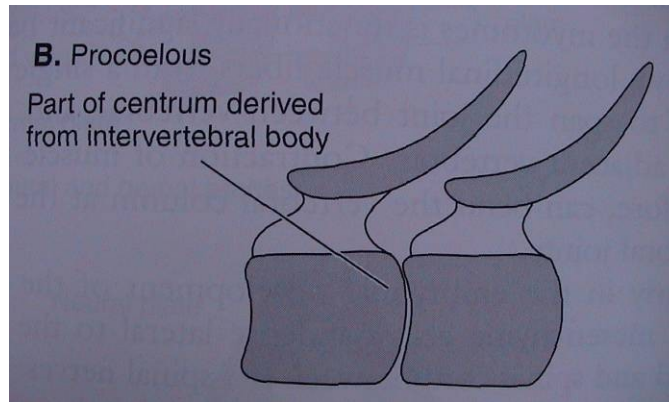
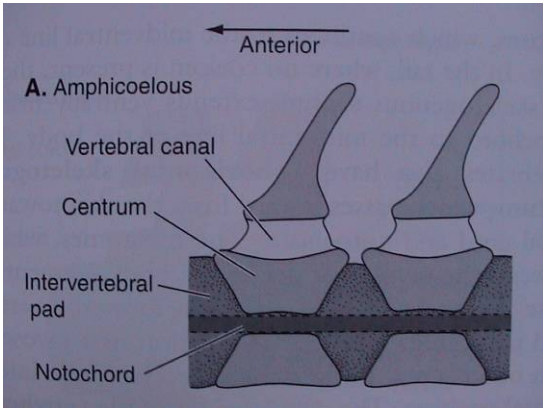
**TETRAPODA:**  
 procelní  
 opistocélní  
 acélní  
 heterocélní

# Typy obratlů podle těl: hlava ← → ocas

⊕ amphicoelní - původní  
Chondrichthyes, Actinopterygii

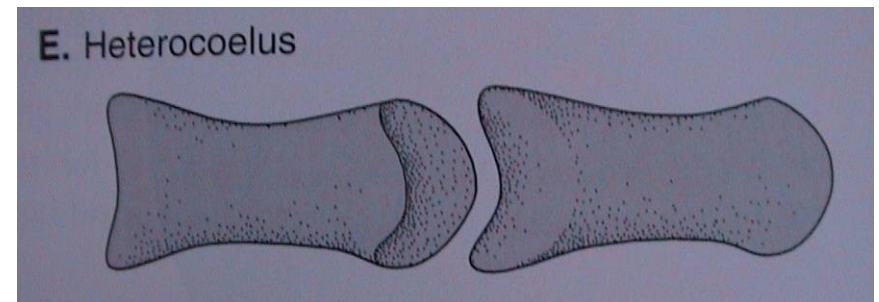
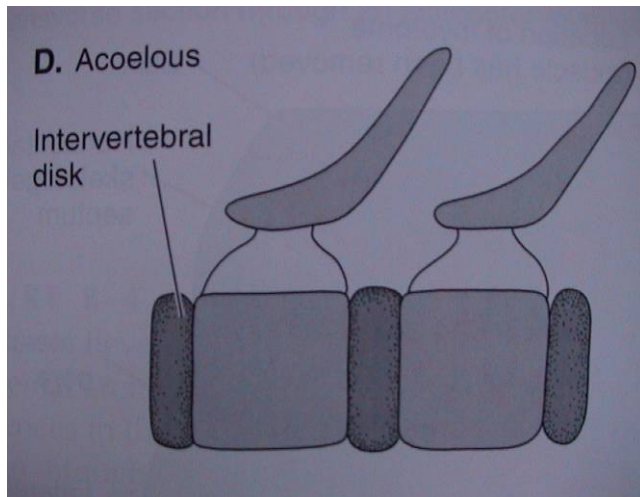
⊕ procoelní  
Anura, Reptilia

⊕ opisthocoelní  
Caudata



⊕ platycoelní  
Mammalia

⊕ heterocoelní - odvozené  
Aves



- kostra (skelet)
    - **osní - costae, sternum**
- endoskelet



**Žebra:** dorzálně (kloubně) připojena na těla nebo na processi transversi obratlů

A) dolní - v blízkosti myosept (styk se somatopleurou),  
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-červoři)

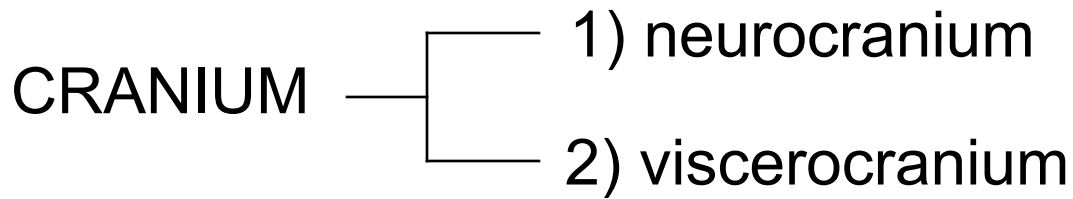
**Sternum:** u suchozemských obratlovců (enchondrálně = z chrupavky)  
původně pro zpevnění pletence předních končetin, pak kontakt s žebry=zpevnění hrudníku

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

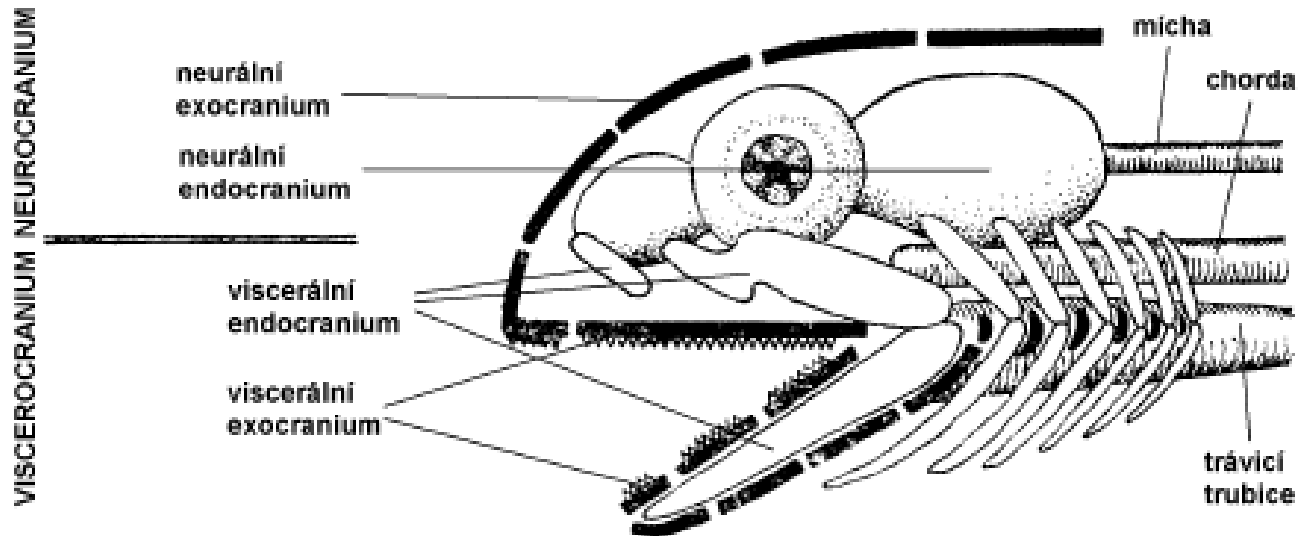
chybí: Caudata, Ophidia



- **lebka – cranium, apomorfie obratlovců**

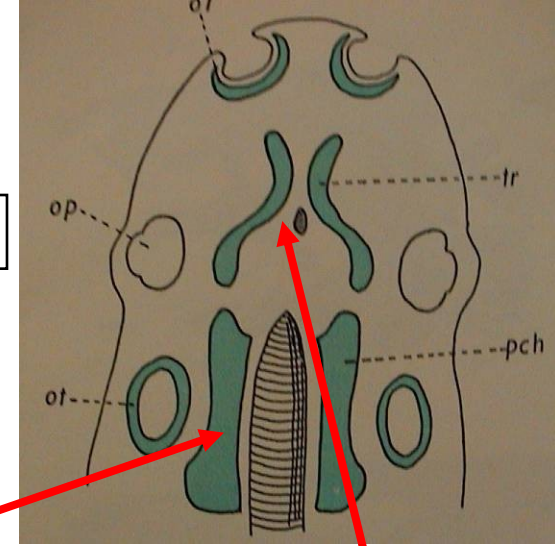


Obě tyto části se skládají z **dermálních i chondrálních kostí**, a označujeme je proto jako **neurální exocranium** (vnější část schránky lebeční, která je tvořena dermálními kostmi) a **neurální endocranium** (vnitřní část schránky lebeční, tvořená kostmi enchondrálního původu). Podobně viscerocranium lze rozlišit na **viscerální exocranium** (soubor dermálních kostí kryjících žaberní oblouky nebo jejich deriváty) a **viscerální endocranium** (elementy žaberních oblouků, vznikajících jako deriváty neurální lišty enchondrální osifikací



# 1) neurocranium-ochrana mozku a smysl. org.

ENDOSKELET (somatický) embryonální základ lebky



- chrupavčité - chondrocranium: **prechordalia** (trabec. cranii) a **parachordalia**
- navíc 3 páry oddělených smyslových pouzder (čich., zrak., otické)

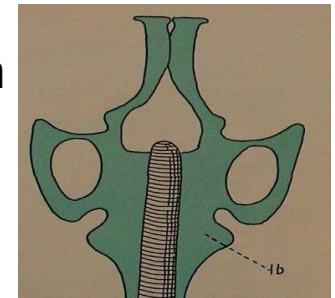
pololebka (mihule)

kompaktní lebka (paryby): pouze endokranium = chondrocranium

- kostěné neurocranium:

v komplexu **sphenoidale** = **kost klínová a kost týlní**

- spodina lebeční -



srůstem bazální ploténka

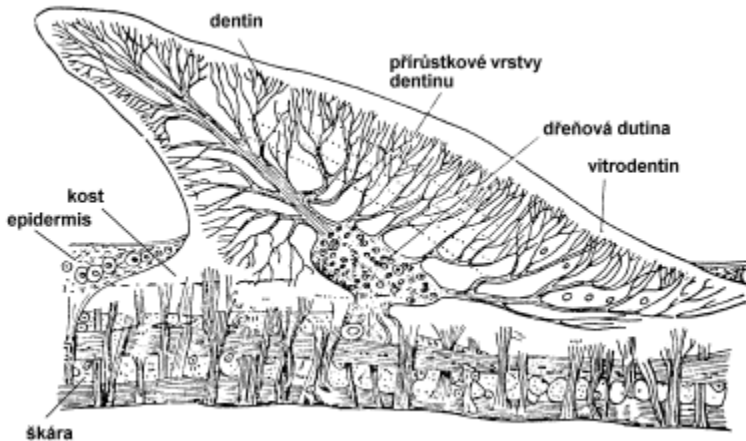
EXOSKELET (krycí kosti dermálního původu=**dermatokranium**

**převažuje u většiny dospělců obratlovců, jen na bázi zbytek chondrocrania)**

- lebeční klenba: nasale, frontale, parietale, jugale, lacrimale, intertemporale, supratemporale, squamosum, occipitale
- patrový komplex: **pterygoidy**, para-, bazi-, praesphenoid, **vomer**, ossa palatina

**Dermatokranium:**  
krycí kosti lebky  
(desmogenní osifikace  
z vaziva) - překrytí  
chondrocrania a  
modernisace lebky:

## 2) viscerocranium- příjem potravy a její zpracování



Zuby vznikají nezávisle na podložní kosti Primárně:

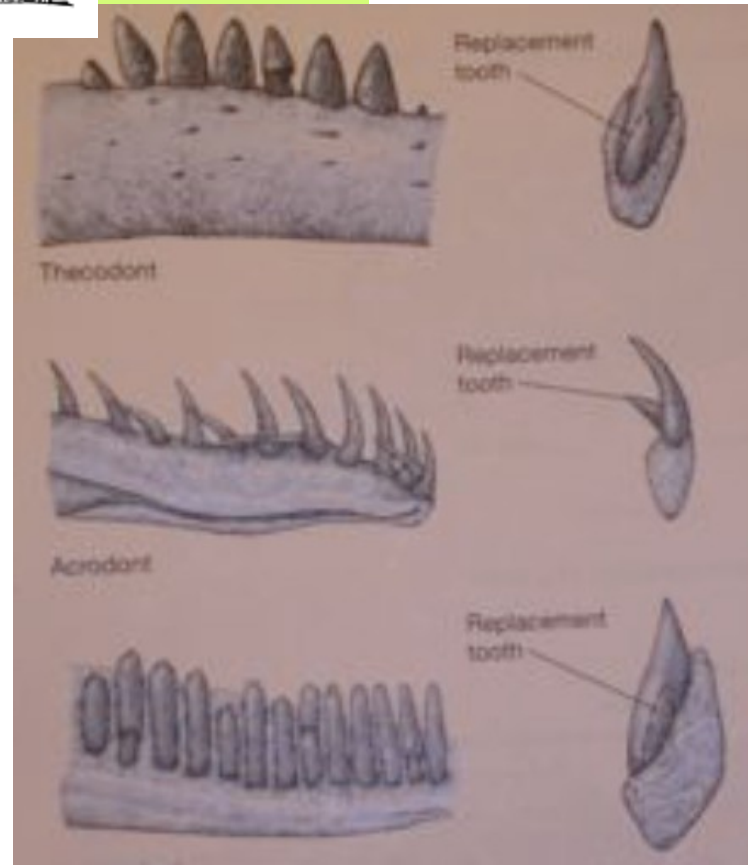
-v kůži  
-v hltanu

Chrup – dentice : integrovaný celek u Amniota produkovaný specialisovaným orgánem – zubní lištou

### Zuby:

**Anamnia** - zuby potenciálně na všech kostech ústní dutiny ,  
typicky na žab. obloucích  
- specialisované -  
požerákové zuby  
Cypriniformes

**Amniota** - vazba na dermální kosti čelistí, sekundární ztráty zubů (želvy, ptáci), extrémní rozvoj a specialisace : savci

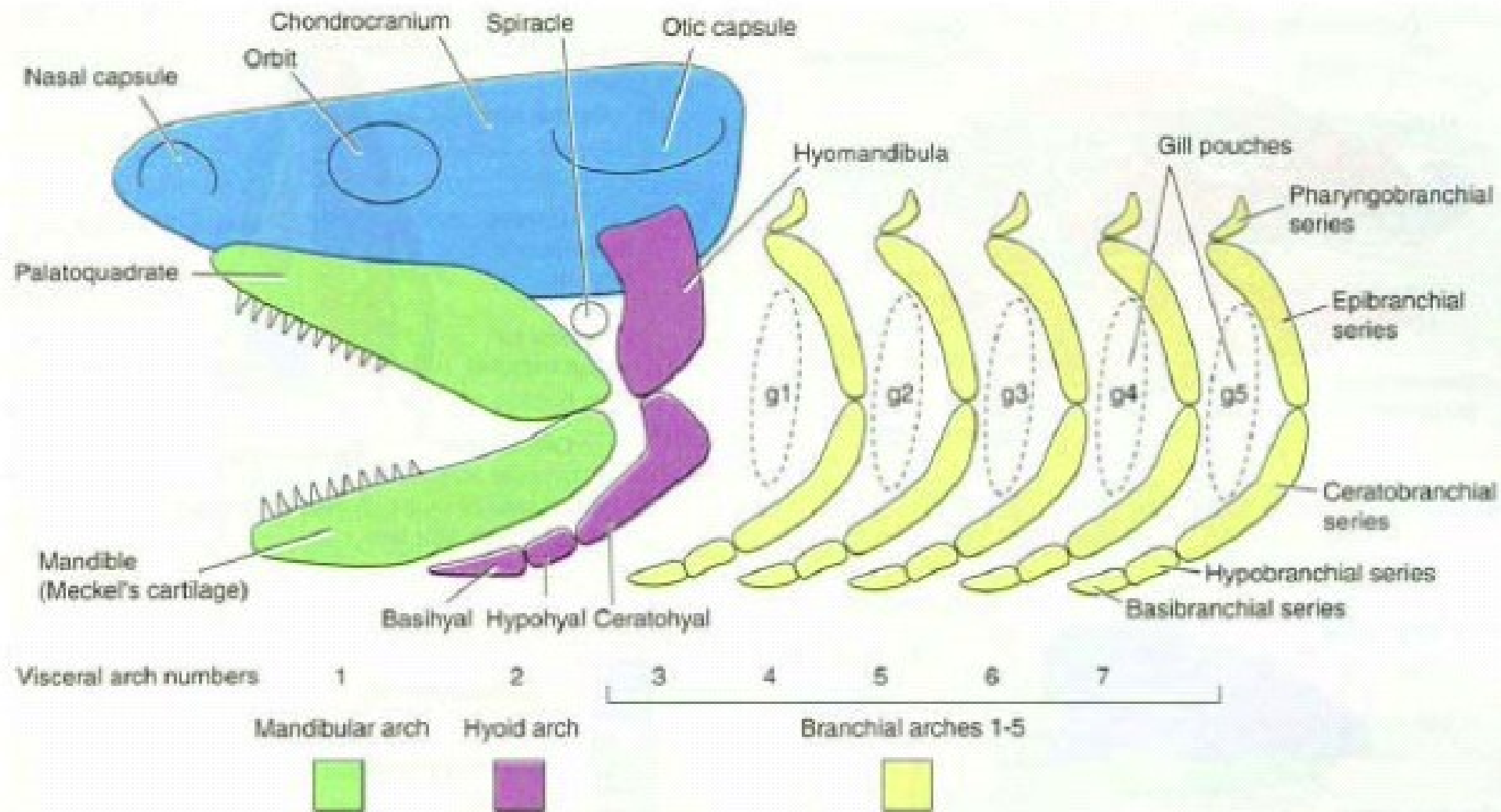


### Spojení zuby s čelistí

akrodontní (připojovací acelulární kost)

pleurodontní (plná plocha, kolagení spojení mineralisující cementem)

thecodontní - kořeny v alveolech (+cement)



viscerocranium  
z oporných elementů žaberních štěrbin

ENDOSKELET (viscerální) – ektomezenchym odvozený z nervové lišty, chrupavčitý, kostěný

**žaberní oblouky (9): kruhoústí**

0. (2) – praemandibulární ? původně 9, 2 zmizely

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

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

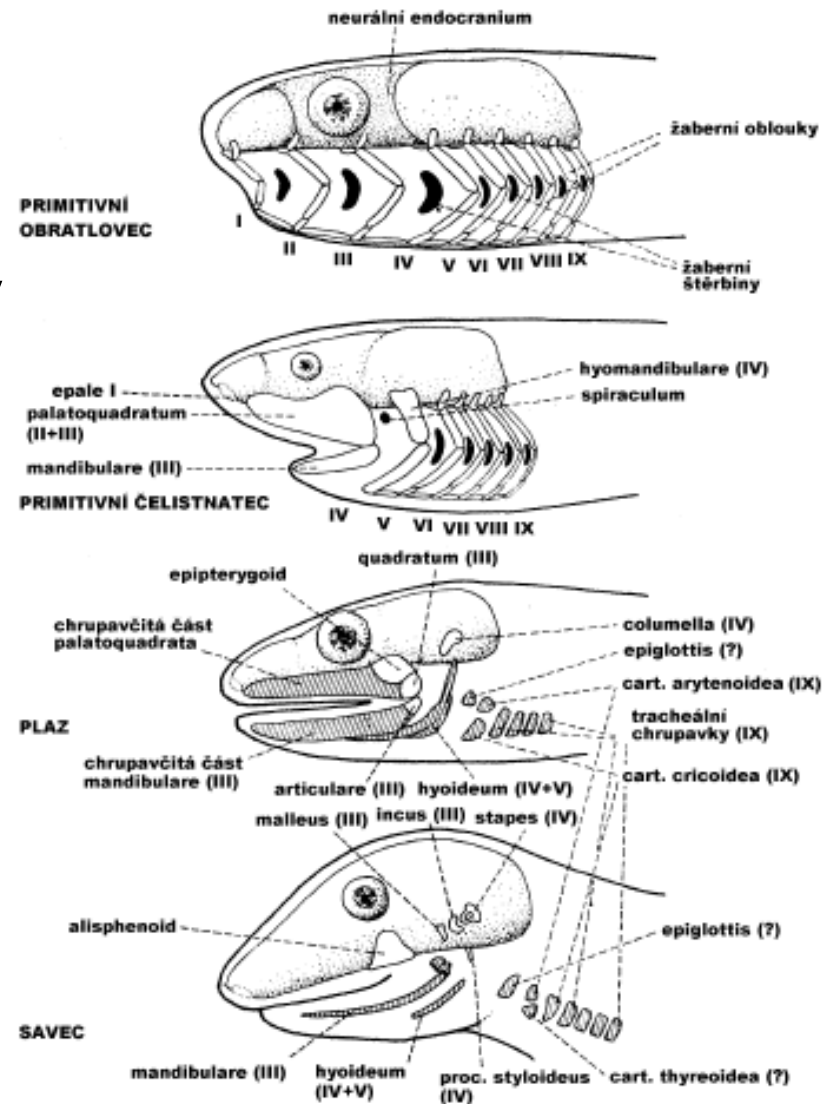
2. (1) – jazykový (*Hox a2* gen)

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)

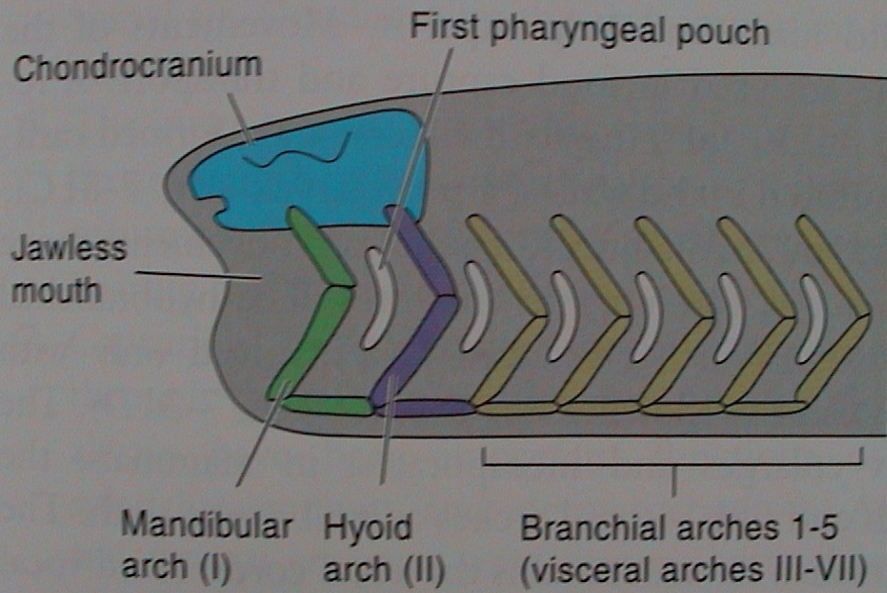
7. opora žaber (Chondrichthyes) až vymizení (Tetrapoda)



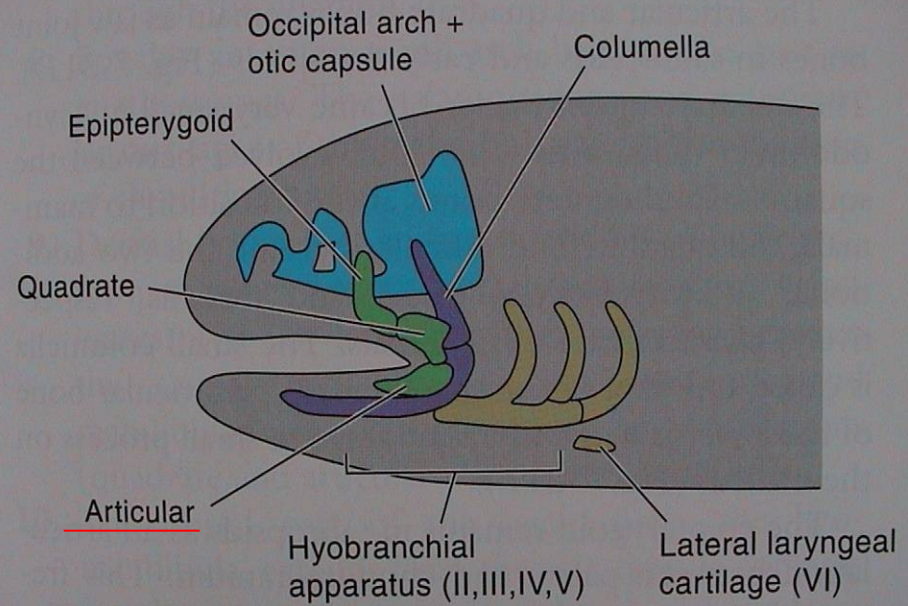
EXOSKELET (dermální) – jen kostěný

horní čelist: praemaxillare, maxillare

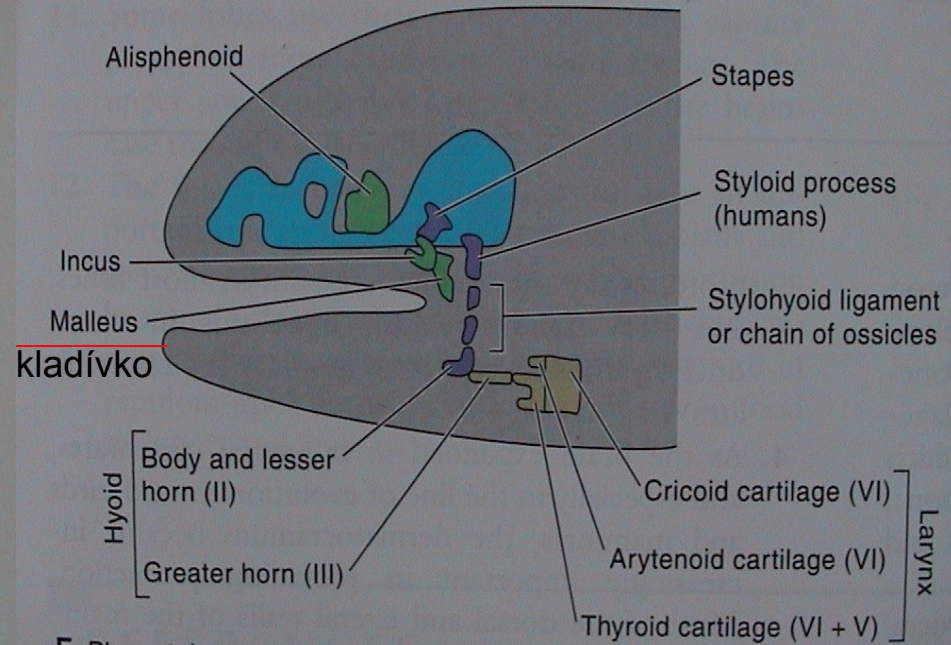
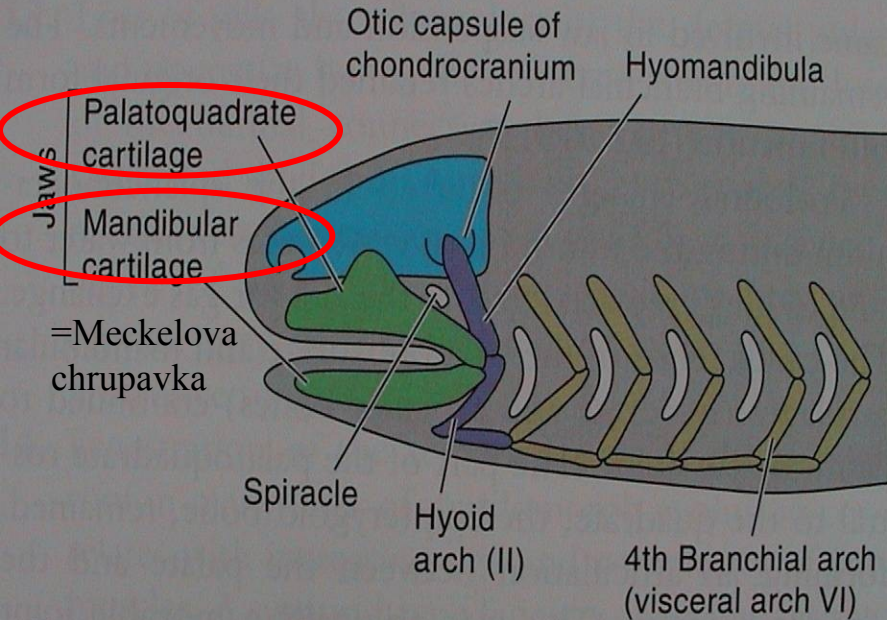
dolní čelist: dentale (mandibula), angulare



A. Hypothetical jawless condition



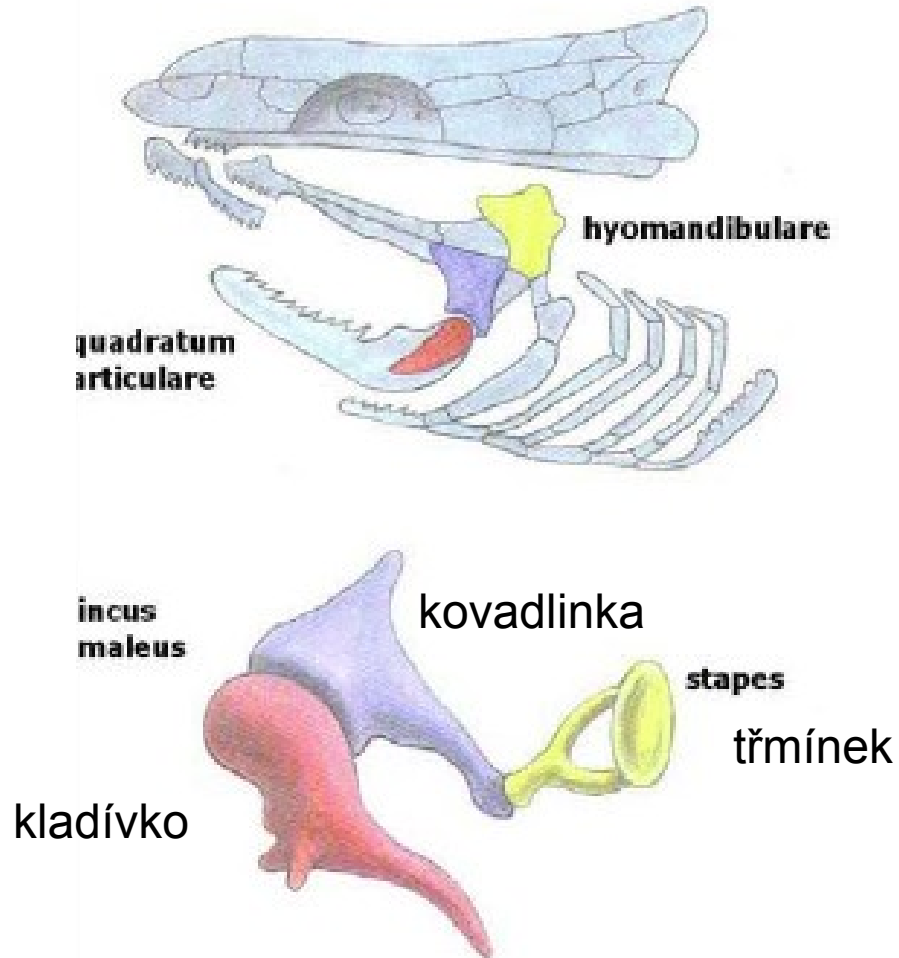
C. Hypothetical early tetrapod



E. Placental mammal

Primitivní pancířnatí, paryby a trnoploutví

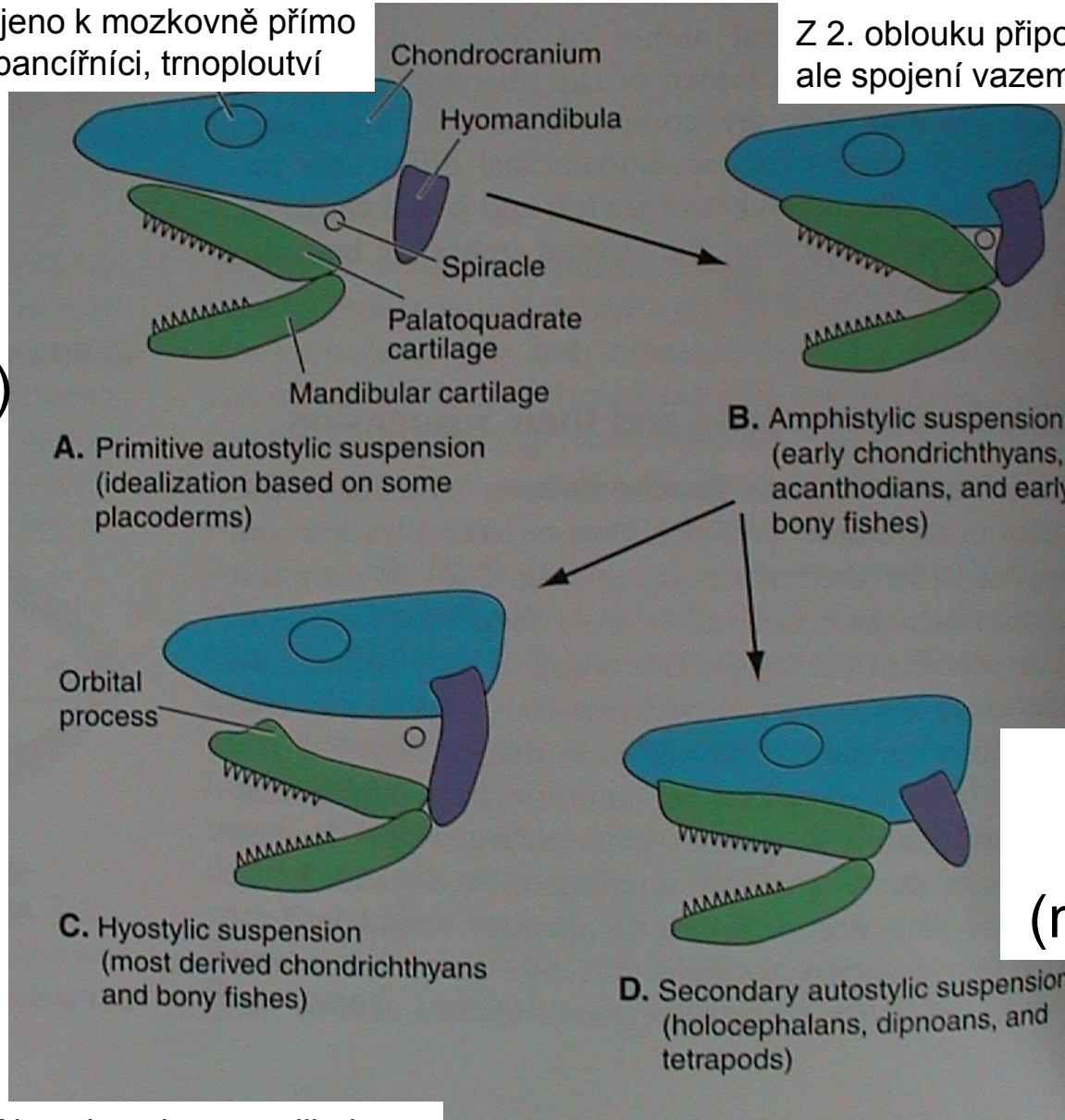
původ sluchových kůstek u savců  
(Gaupp-Reichertova teorie)



# Připojení viscerocrania k neurocraniu

palatoquadratum připojeno k mozkovně přímo vazy nebo srůstem – pancířníci, trnoploutví

Z 2. oblouku připojeno hyomandibulare, ale spojení vazem zachováno



autostylie  
(euautostylie)

amphistylie

hyostylie

sekundární  
autostylie  
(metautostylie)

Uvolnění vazů, spojení jen skrze hyomandibulare  
Paryby a ryby, paprskoploutvé – druhotná redukce

Srůstá horní čelist (již jen dermálního původu) s mozkovnou, u suchoz. Tetrapod



- kostra (skelet)

- kostra končetin

primární je vlnění – význam nepárových párové až při přechodu na souš

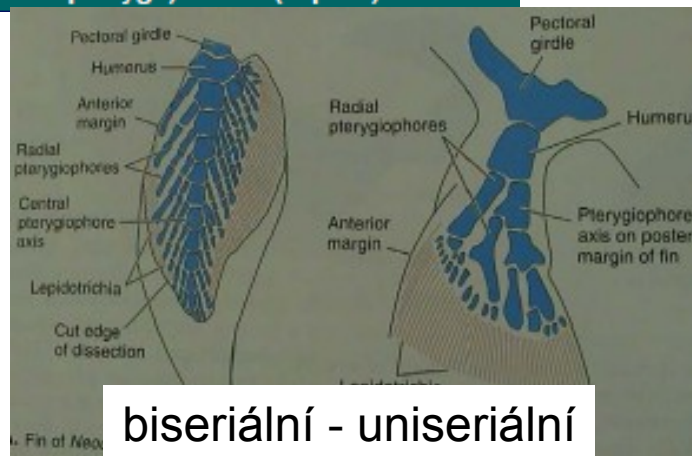
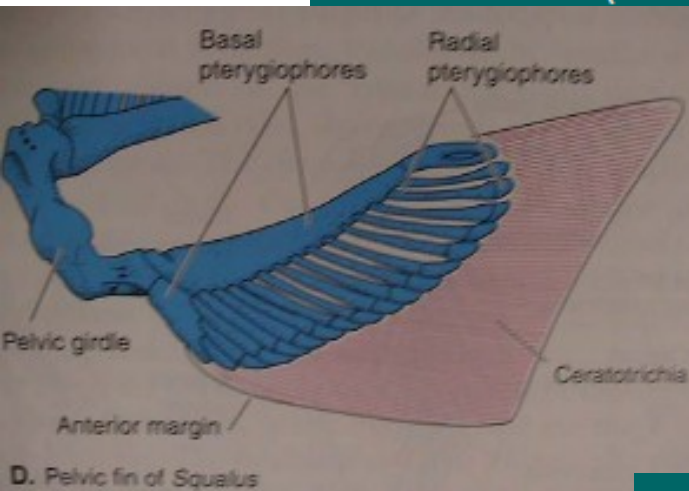
„Agnatha“

nepárový ploutevní lem – chrupavčité paprsky

**Gnathostomata**

vodní obratlovci – ichthyopterygia (ploutve)

**A) nepárové pinna**  
caudalis (C)  
dorsalis (D)  
nalis (A)  
fixace v trupu: pterygiophory (D, A), páteř (C)  
volná končetina: paprsky  
ceratotrichia - lepidotrichia - camptotrichia  
(Chondrichthyes) (Actinopterygii) (Dipnoi)



**B) párové**

pinnae

pectorales (P)

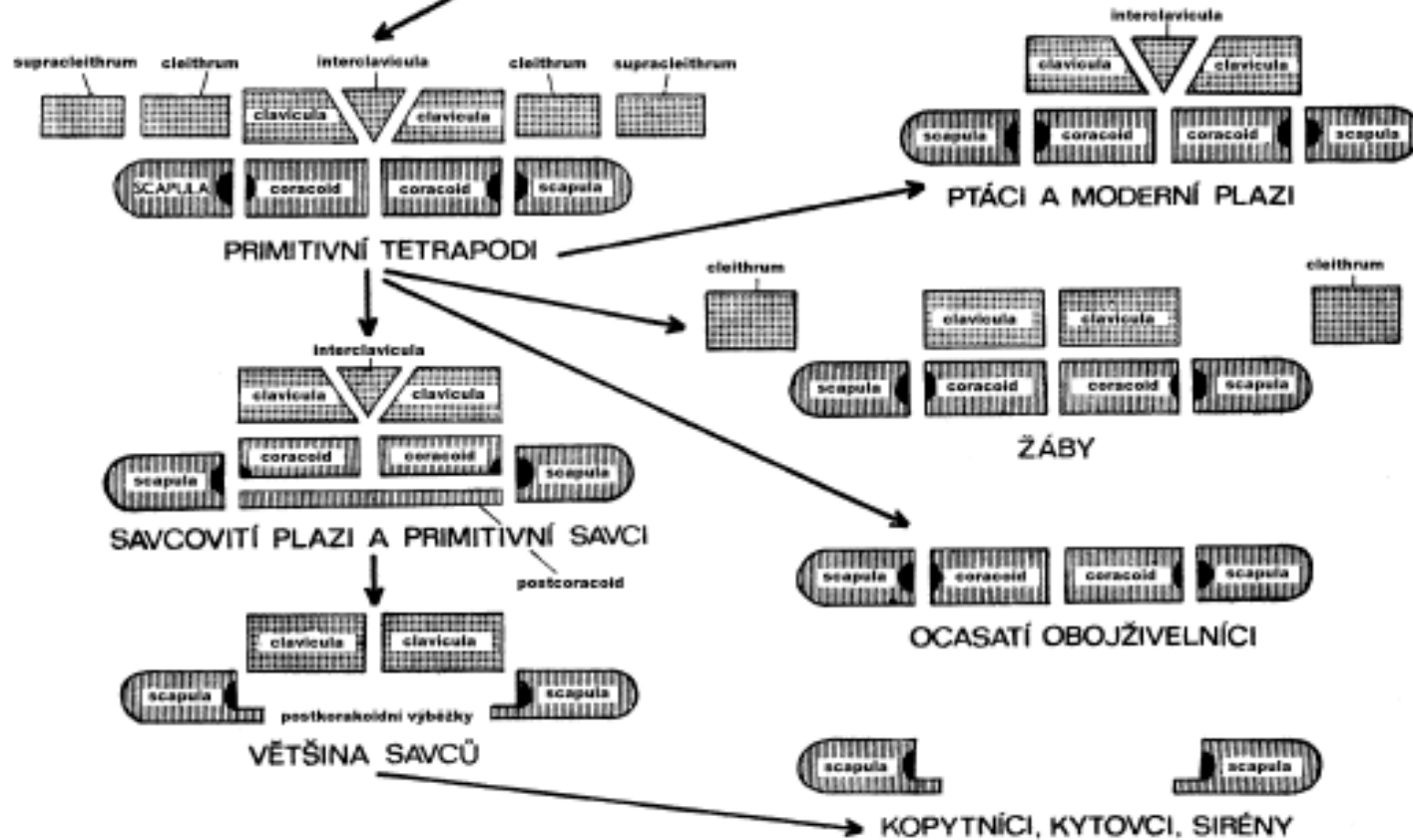
ventrales (V)

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

volná končetina: basalia - radialia - paprsky



## Dermální kosti lopatkových pletenců

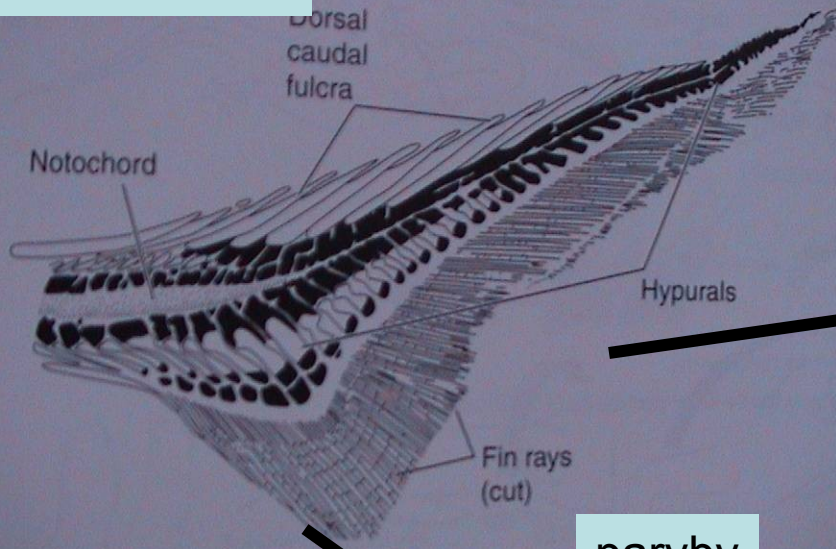


Obr. 127 Schema pletence lopatkového hlavních skupin obratlovců při pohledu z ventrální strany, rozvinuto do plochy. Tečkovaně je znázorněna dermální část pletence, šrafovane endochondrální část. Poloha kloubní jamky pro humerus je vyznačena černě. Suprascapula (chrupavčitá část lopatky) vymečána. Podle Smithe (1960).

- kostra (skelet)
- kostra končetin

## pinna caudalis

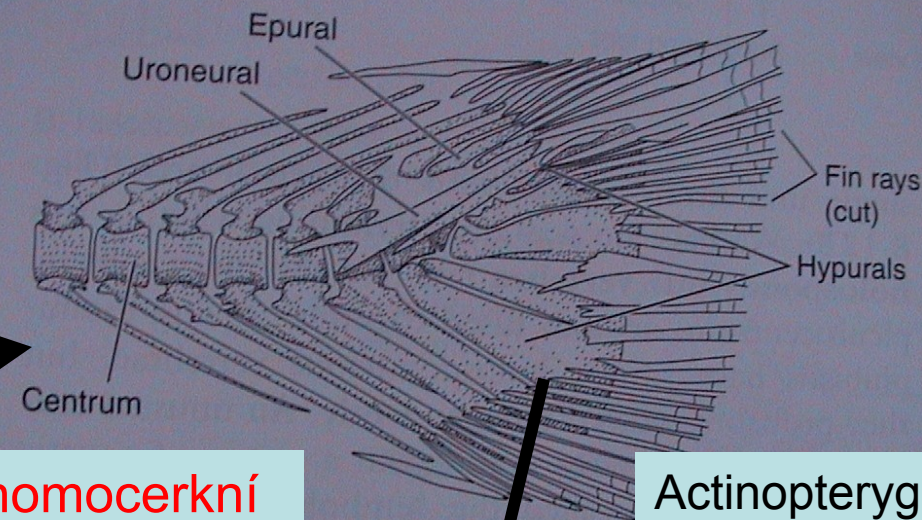
heterocerkní



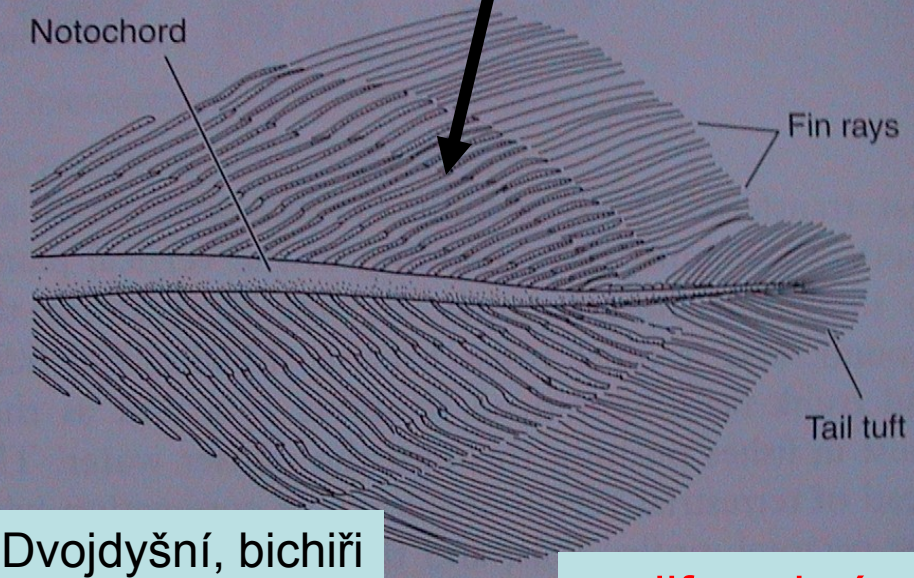
A. Caudal skeleton of *Polyodon* (heterocercal)

paryby

homocerkní



Actinopterygii



Dvojdyšní, bichiři

difycerkní

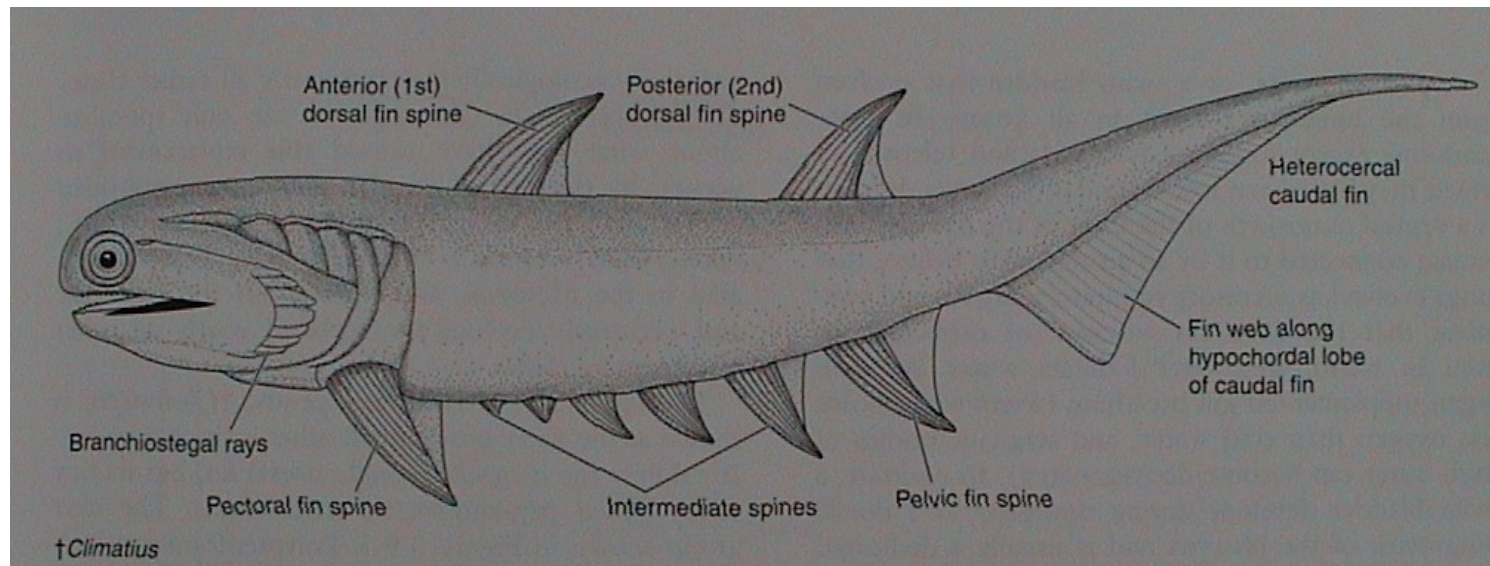
D. Caudal skeleton of *Latimeria* (c)

**Hypuralia** = přeměněné hemální oblouky, ohyb nahoru

# Vznik párových ploutví

## metapleurová teorie:

rozpad párového ploutevního lemu (metapleur), redukce a jejich následný posun do dvou párů



– trnoploutví

# Párové končetiny jen u čelistnatců

ploutve - **ichtyopterygia**

nohy – **chiropterygia**

**Homologické útvary** – pletenec + soubor distálních volných elementů

## *Pletenec přední končetiny*

Dermální kosti - ryby – **cleithrum** (dále přetrvává u některých obojživelníků a jako rudiment u synapsidů a plazů, **clavicula** (poprvé u ryb)

## *Volná přední končetina*

paryby – proximální 3 bazální pterygiofory = **bazálie**

Za nimi řada radiálních pterygioforů = **radiálie**

Actinopterygii – bazálie vymizela, radiálie zkrácena

Volná hrudní končetina – Rhipidistia (humerus, radius, ulna, carpalia, metacarpalia, digiti

Vodní amniota – ichtyosaury, kytovci, sirény, ploutvonožci – zvýšení počtu prstů (**polydactylie**) a prstních článků (**polyfalangie**)

## *Pletenec zadní končetiny*

pánevní pásmo

paryby – chrupavka – pubioischiadicum nebo ischiopubicum, u ryb pak splývá v jednu kost – **basipterygium**, u suchozemských – mohutnění ve známé 3 kosti – ilium, ischium a pubis

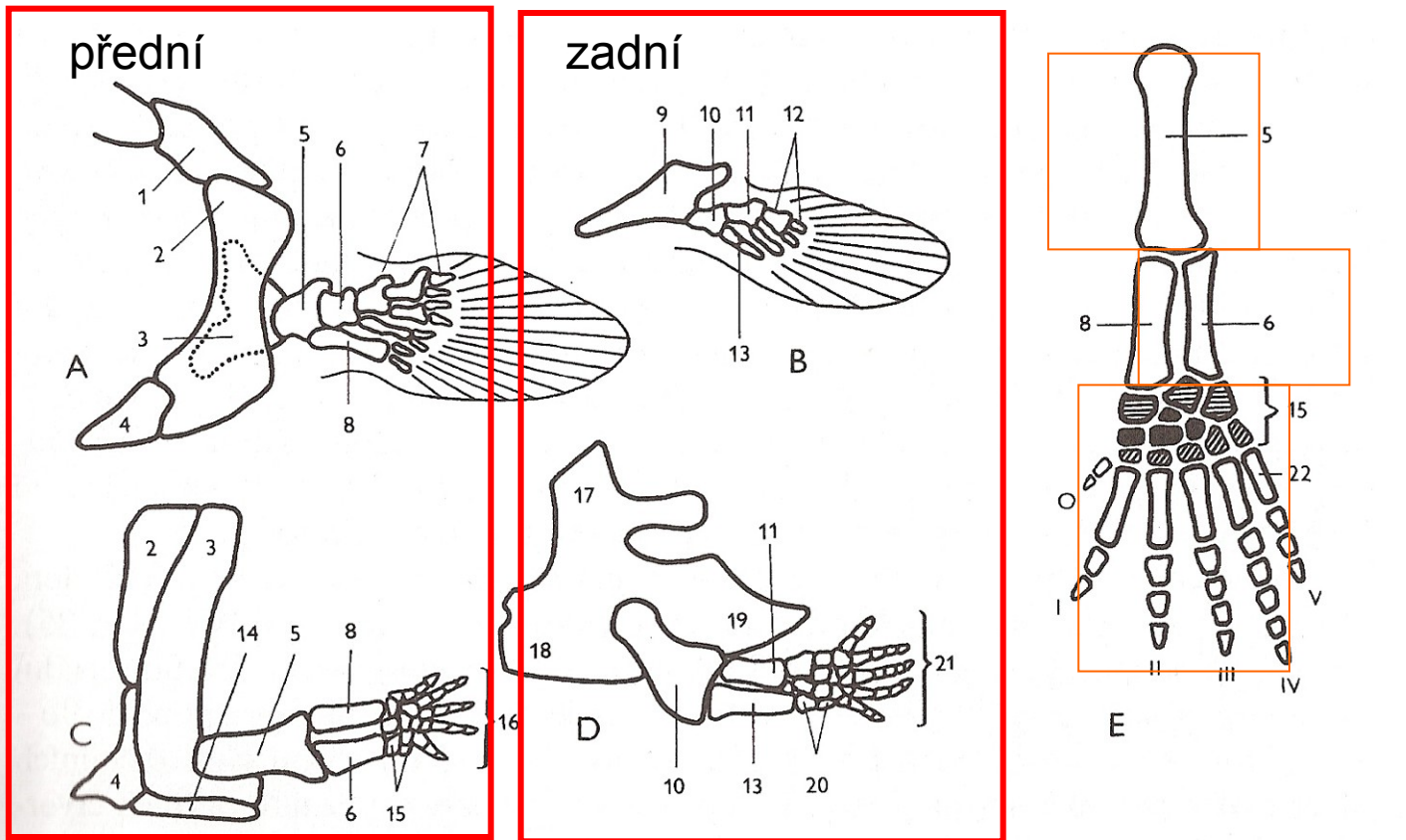
## *Volná zadní končetina*

Actinopterygii – bazálie i radiálie vymizela, paprsky (**lepidotrichia**) dosedají rovnou na basipterygium

U suchozemců – femur, tibia a fibula, tarsalia, metatarsalia, tarsometatarsus u ptáků

Z funkčního hlediska 3 segmenty – **stylopodium** (humerus, femur), **zeugopodium** (radius, ulna, fibula, tibia), **autopodium** (prsty)

# Vznik chiropterygií Tetrapoda z ichtyopterygia Sarcopterygii



stylopodium  
zeugopodium  
autopodium

**z uniseriálního  
nespecializovaného  
archipterygia,  
Rhipidistia  
(Sarcopterygii)**

**Obr. 25** Vznik chiropterygia z ichtyopterygia: srovnání kostry končetin svaloploutvých ze skupiny Rhipidistia a primitivního fosilního čtvernožce (Ichthyostegalia) a schéma volné přední končetiny čtvernožce. A – prsní a B – břišní ploutev svaloploutvých, C – přední a D – zadní noha čtvernožce, E – hypotetický původní stav chiropterygia. 1 – *supracleithrum*, 2 – *cleithrum*, 3 – *scapula*, 4 – *clavicula*, 5 – *humerus*, 6 – *ulna*, 7 – elementy homologické některým zápěstním kůstkám, 8 – *radius*, 9 – *basipterygium*, 10 – *femur*, 11 – *fibula*, 12 – elementy homologické některým zanártním kůstkám, 13 – *tibia*, 14 – *interclavicula*, 15 – *carpalia*, 16 – *metacarpalia* + *phalanges*, 17 – *ilium*, 18 – *ischium*, 19 – *pubis*, 20 – *tarsalia*, 21 – *metatarsalia* + *phalanges*, 22 – *metacarpalia*; 0, I, II, III, IV, V – nultý prst (tzv. *praepollex*), první, druhý, třetí, čtvrtý a pátý prst.

# • svalstvo

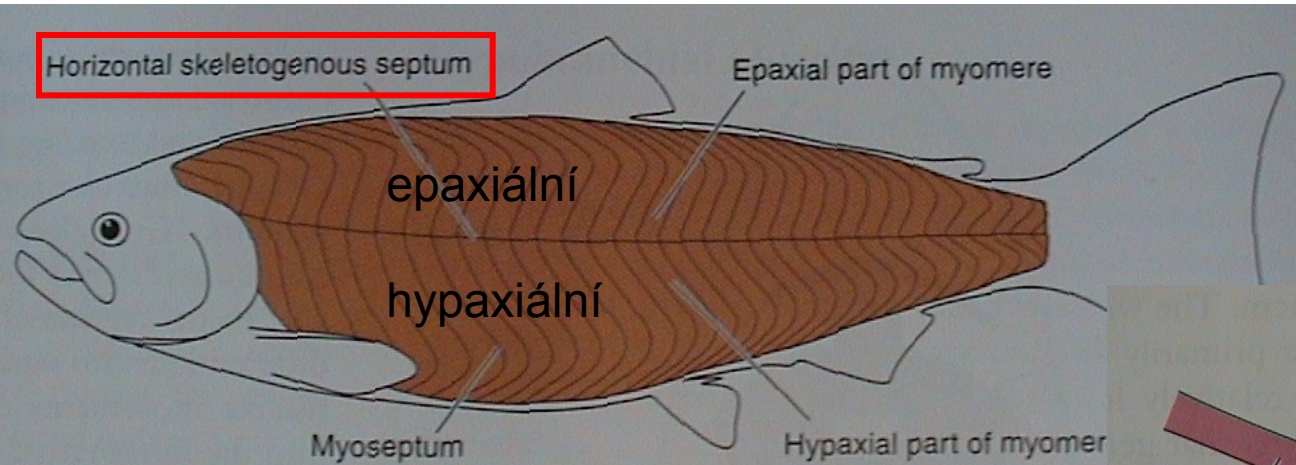
# kontrakce svalových vláken

**somatická svalovina** -příčně pruhovaná, z myotomu somitů

**viscerální svalovina** -ze splanchnopleury, hladká útrobní, srdeční sval, sval. žaludek, ptáků

**branchiální svalovina** –z BNL, příčně pruhovaná žaberní (žvýkací, mimické a platysma u savců)

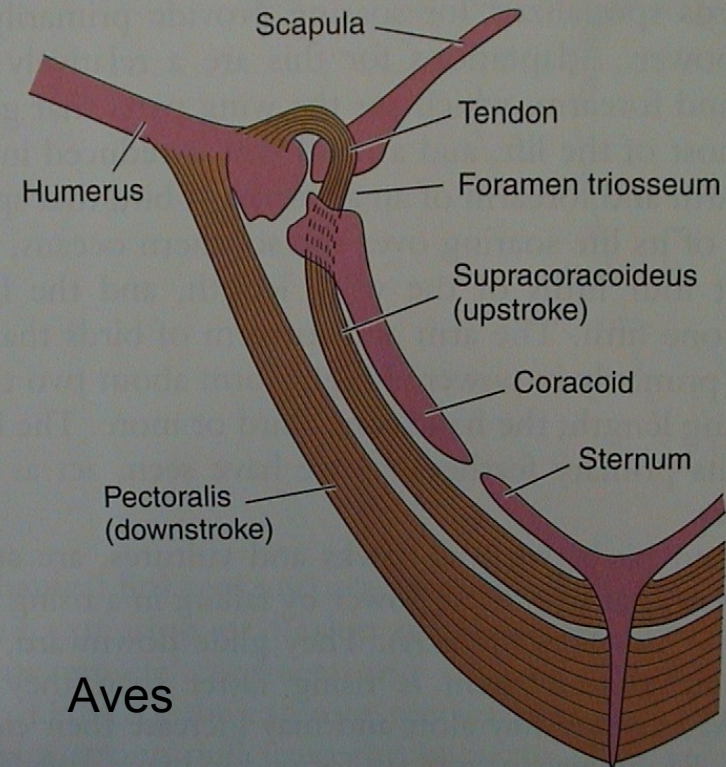
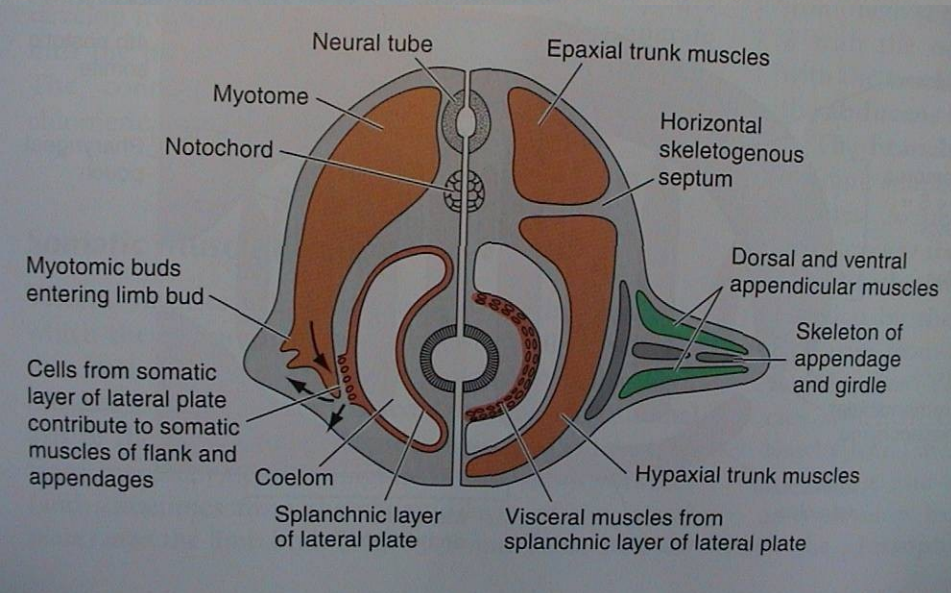
**kožní svalovina** –mezodermová vrstva, z dermatomu (čepýření peří, ježení srsti)



**Metamerie** (vodní)

Boční sval –myomery a myosepta  
-epaxiální a hypaxiální část,  
septum horizontale

**Rozpad bočního svalu**  
(suchozemští)



• **nervová soustava** - regionalizace, už dávno u bilater. předka

A) **2 váčky** mozku – v embryu

1. Prosencephalon (přední mozek)
2. Rhombencephalon (7 rhombomer, Hoxgeny) (zadní moz.)

NS = **CNS** + **periferní nervstvo**  
**mozek, mícha**

**míšní, hlavové (10, 12)**

**vegetativní systém:**

**sympaticus a parasympaticus**

B) **3 váčky** (původní obratlovčí-mihule)

Prosencephalon

2. Rhombencephalon

3. Mesencephalon (stř. mozek)

C+D) 5 částí

4. Telencephalon

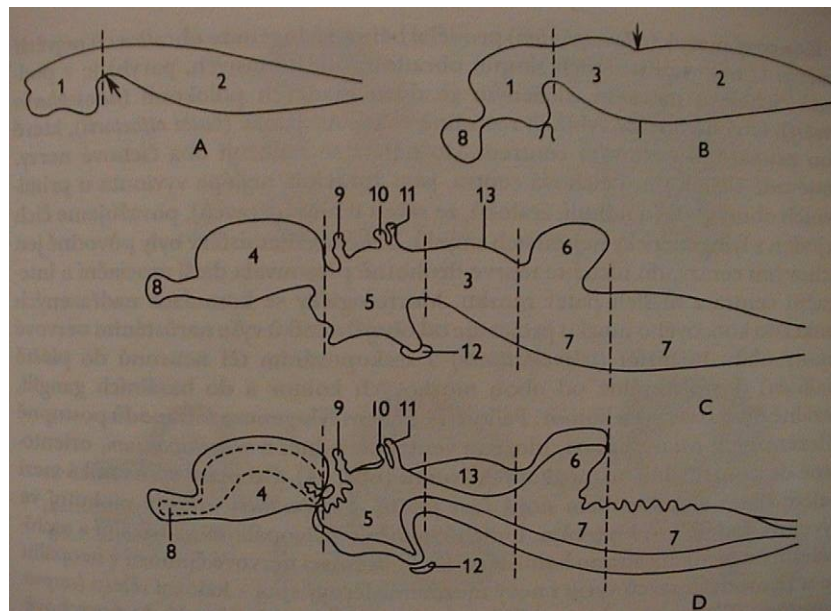
savci mají na spoji hemisfér  
corpus callosum

5. Diencephalon (mezi-)

6. Metencephalon (cerebellum)

pons Varoli (až savci)

7. Myelencephalon



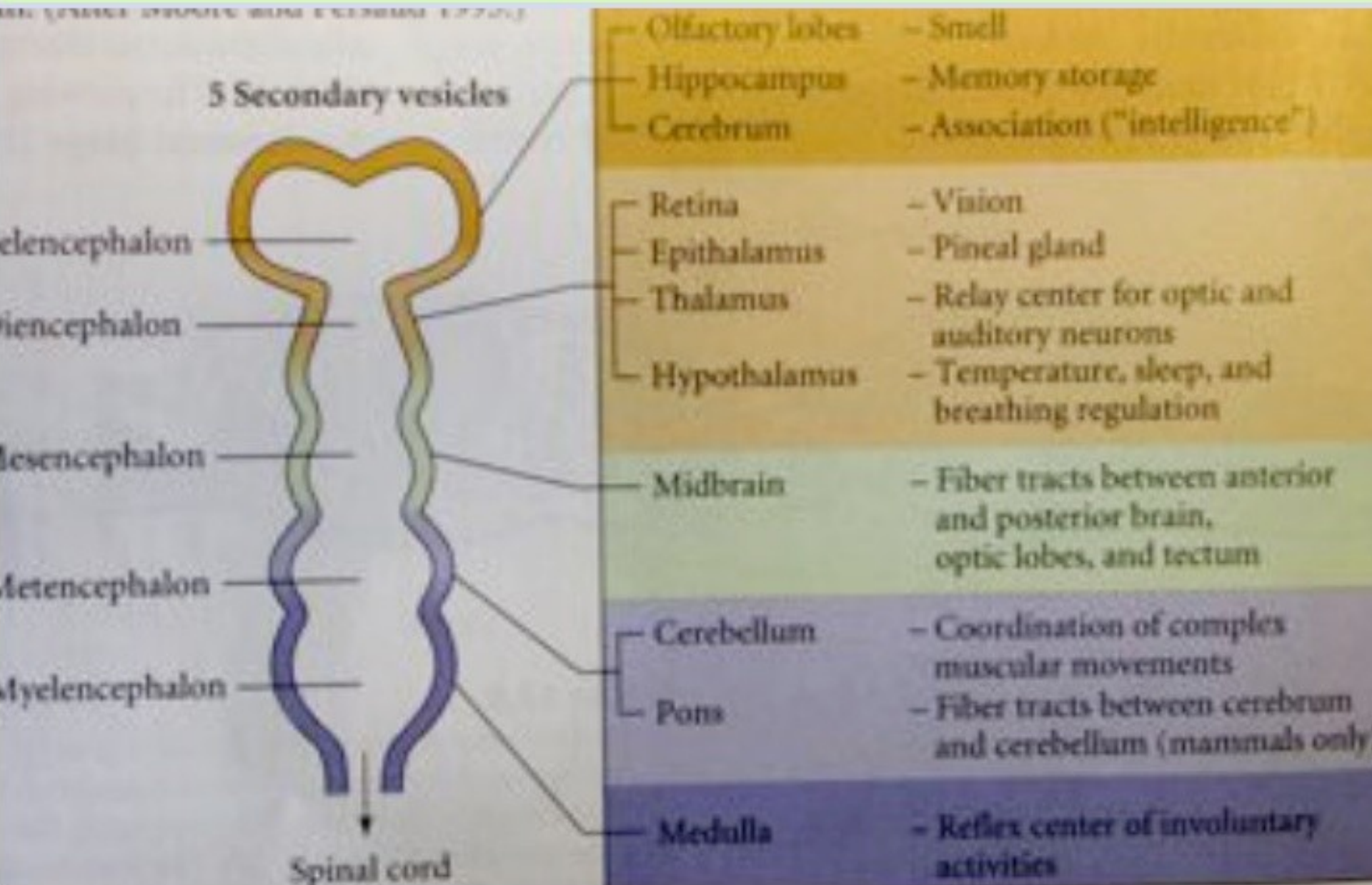
Šedá hmota, zprvu kolem komor, bez diferenc., pak k povrchu **kůra (cortex) -pallium**  
bazální ganglia – subpallium (striatum, septum) – spojování a segmentace –vysvětlení změn

**Postupný sled vzniku částí pallia (Paleo-, Archi-, Neo-struktur) překonáno.**  
**Jde spíše o diferenciaci struktur, které existují od společného předka**



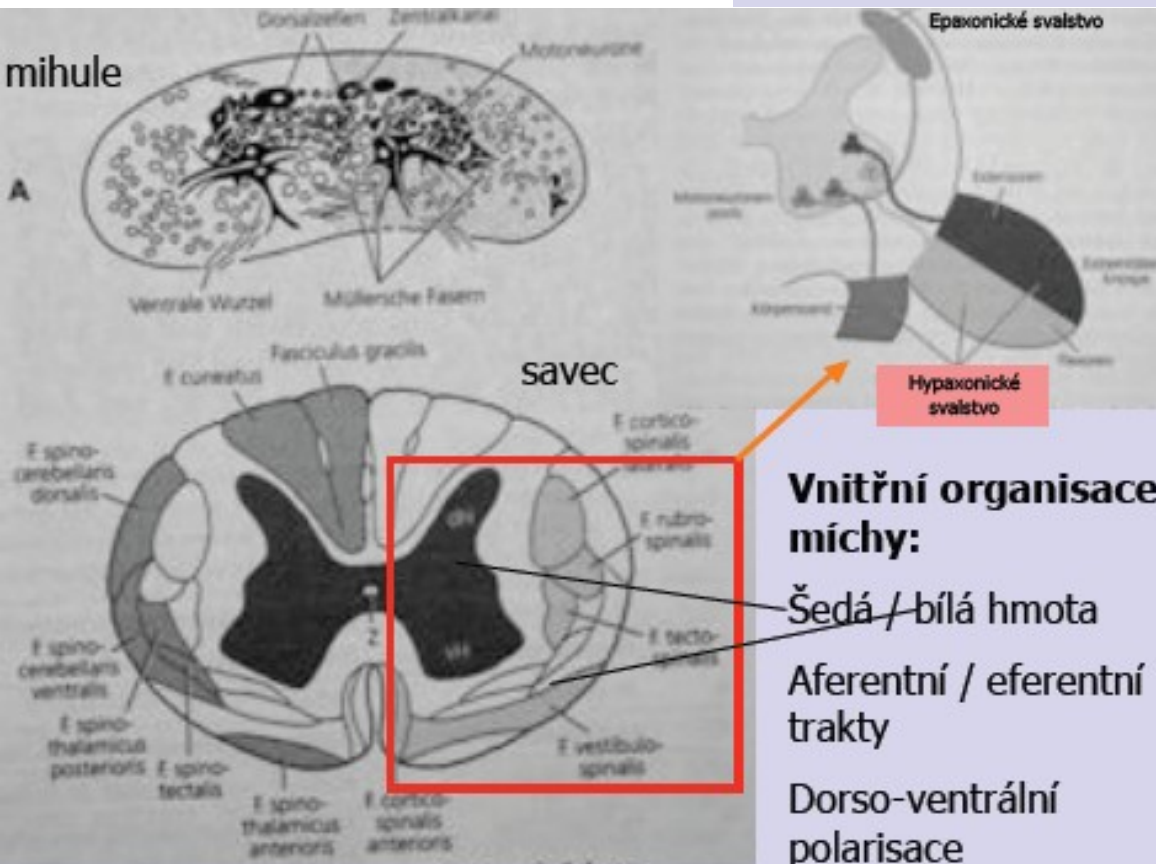
# Funkčnost

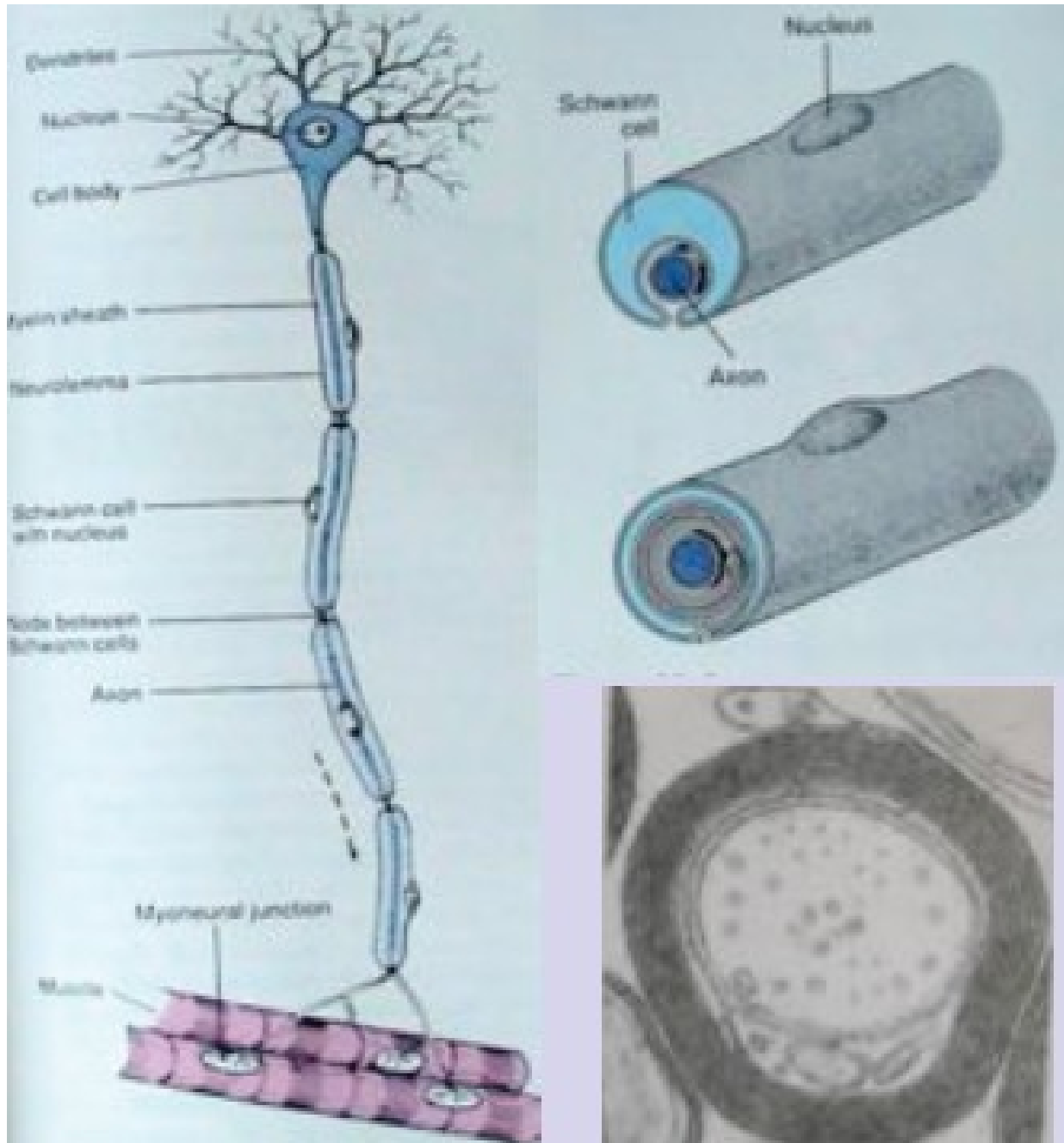
100 (GENERAL ANATOMY WITH EXERCISES 1.7.2013)



## Nervová soustava

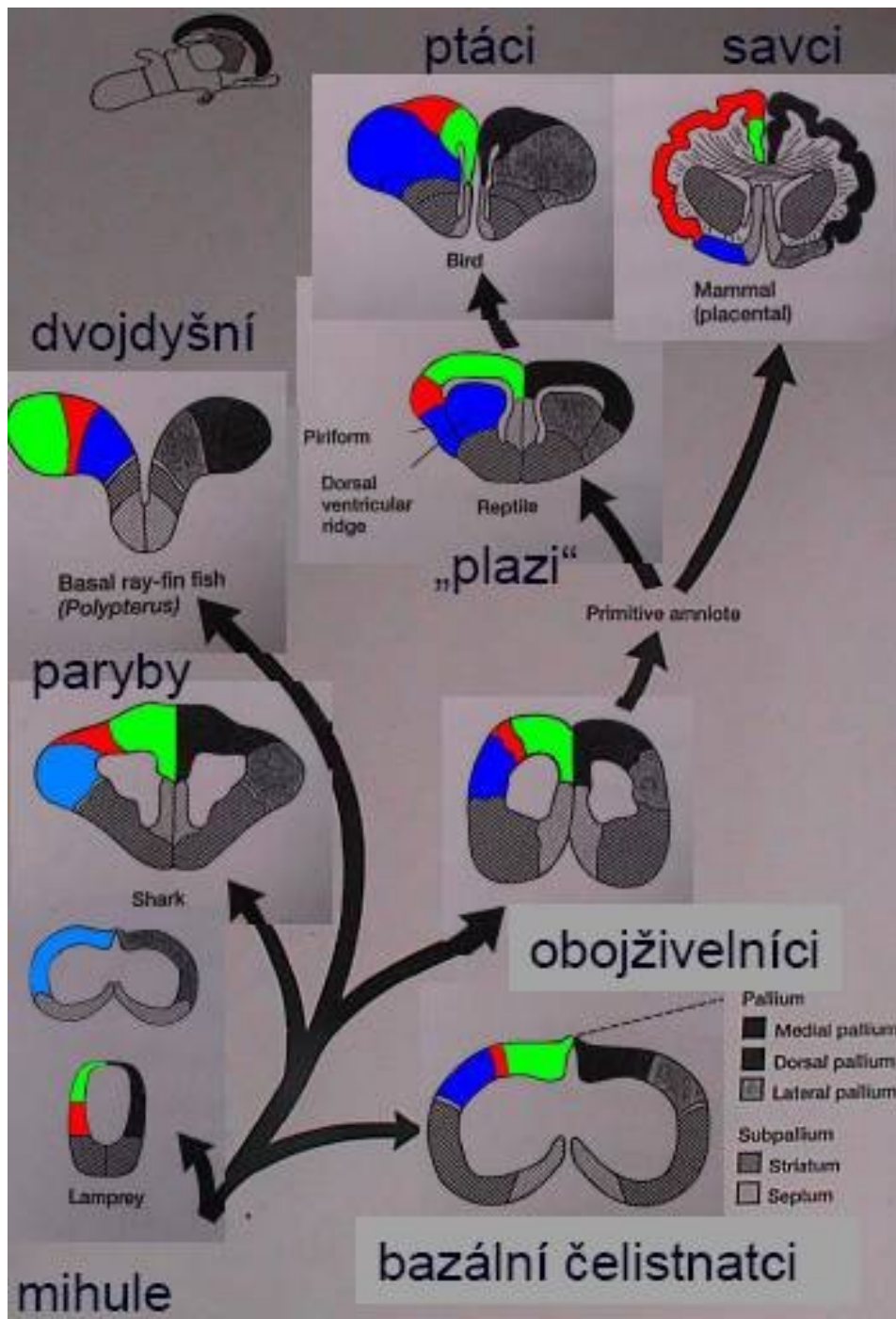
- **CNS, periferní (PNS), vegetativní (ANS), a ! povrch těla - "neurální skelet"**
- **CNS (mícha+mozek): dorsoventrální polarisace (Pax-geny, Shh, slime – indukce z notochordu), d-sensorické, v-motorické**
- **Mícha: páteřní kanál, segmentární uspořádání (rhombomery), šedá a bílá hmota, míšní nervy, ganglia, plexy**





**Myelinizace neuronů**  
efektivní inervace  
dlouhé axony  
možnost velkého těla

Schwanovy buňky  
neurální lišta!



**významné inovativní změny :**

**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

Šedá kůra

Pallium:

- mediální

- dorzální

- laterální

Subpallium:

- striatum

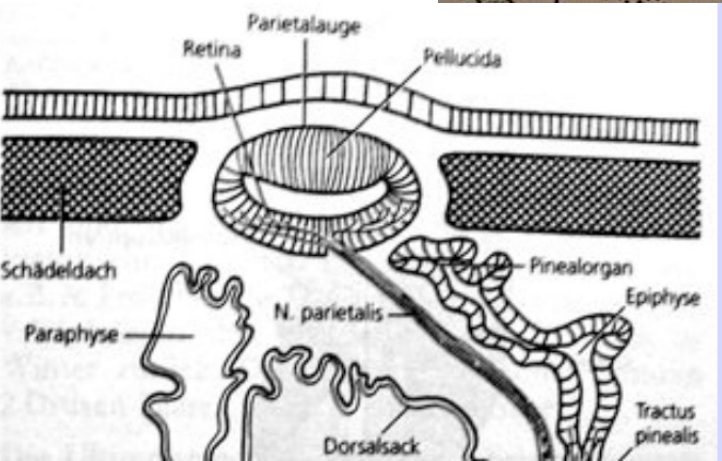
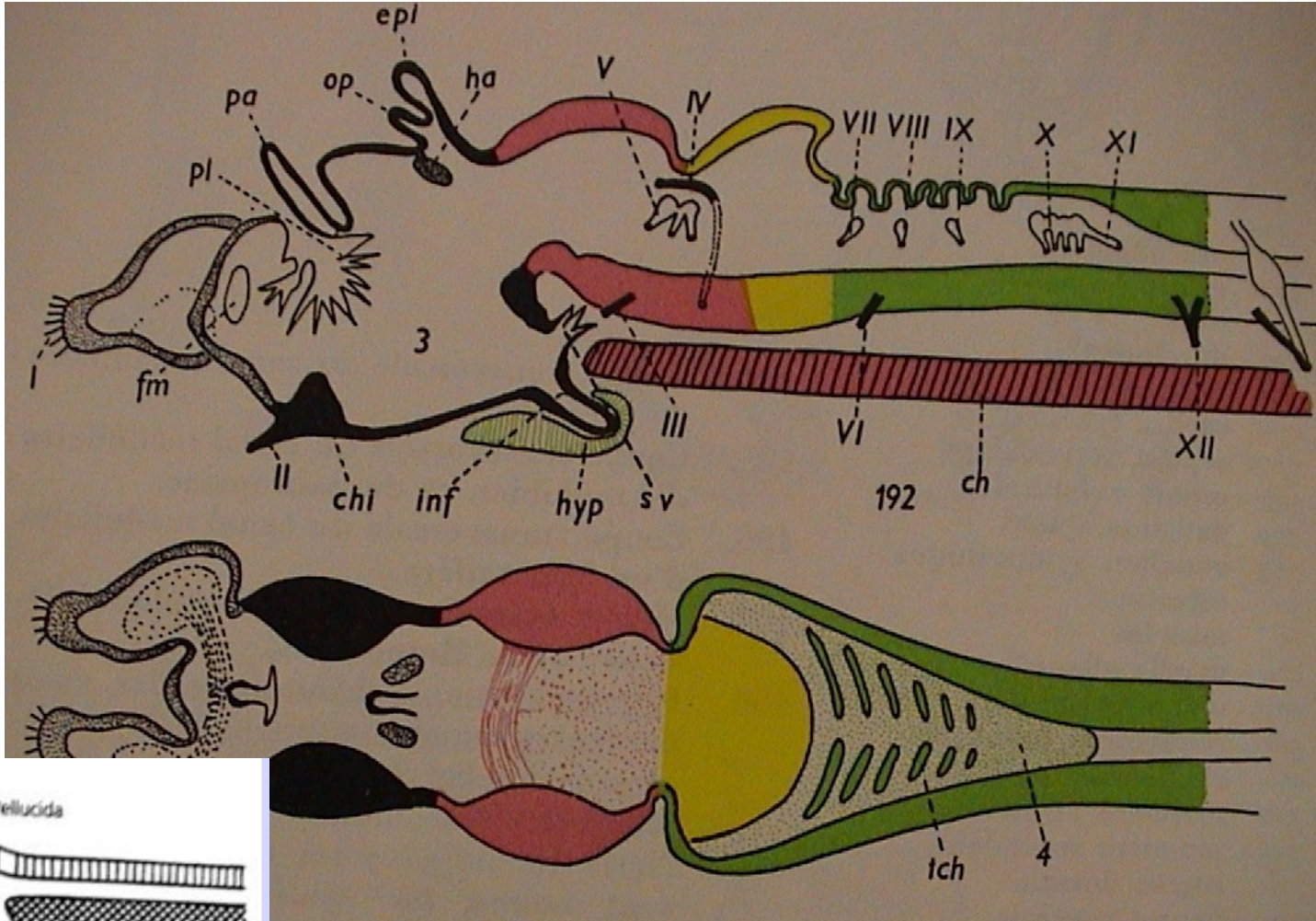
- septum

# mezimozek - diencephalon

vychlípeniny jeho střechy = epithalamu

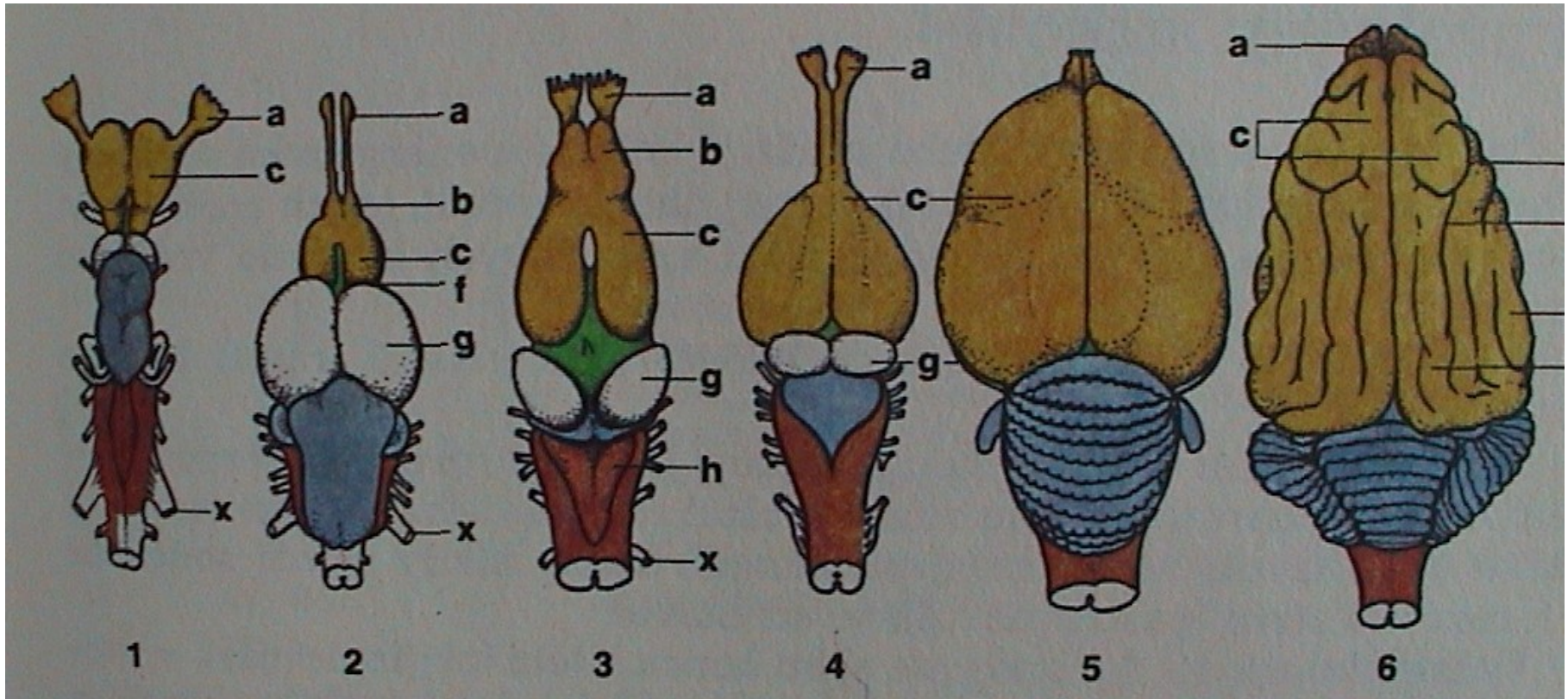
pa-paraphysa  
 op –pineální org.  
 kruhoústí - oko  
 amniota – sekreční  
 fce

epi- parietální org.  
 plazi – hatérie  
 temenní oko



- nervová soustava
  - mozek

Agnatha - **diencephalon**  
 Teleostei - **mesencephalon**  
 ostatní - **telencephalon**



Chondrichthyes Teleostei

Amphibia

Reptilia

Aves

Mammalia

a – bulbus olfactoricus  
 b – diencephalon  
 c - telencephalon

g – mesencephalon  
 h – metencephalon  
 x - myelencephalon

# • smyslové orgány

kožní receptory (exteroreceptory)

volná nervová zakončení -bolest;

**Merkelovy terčičky** (sek.)-hmat od obojž.

–dotek tělíska-nervosvalová, šlachová

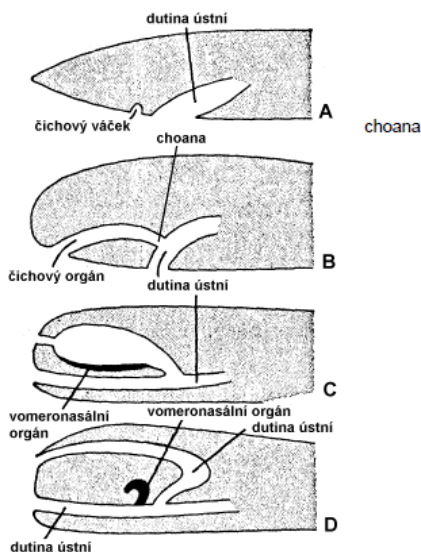
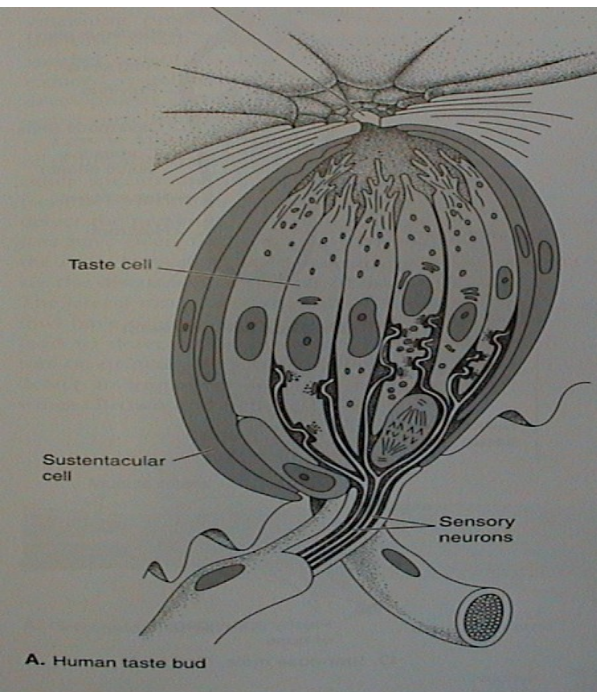
-Meissner, Pacini,Herbst-hmat;

Krause, Rufini-chlad, teplo

**-chuťové pupeny a pohárky**

vchlípením epiderm. plakod – čichový org.

nozdrý nebo choany (úst. dutina a čich.váčky)



Obr. 285 Schema stavby a pozice čichového orgánu. A - stádium u žraloků (a v principu u všech primitivních vodních obratlovců s výjimkou lalokoploutvých ryb skupiny Rhipidistia), B - stádium u lalokoploutvých ryb skupiny Rhipidistia, C - stádium o obojživelníků, D - stádium u ještěřů a hadů. Podle Neala a Randa, ze Smithe (1960).

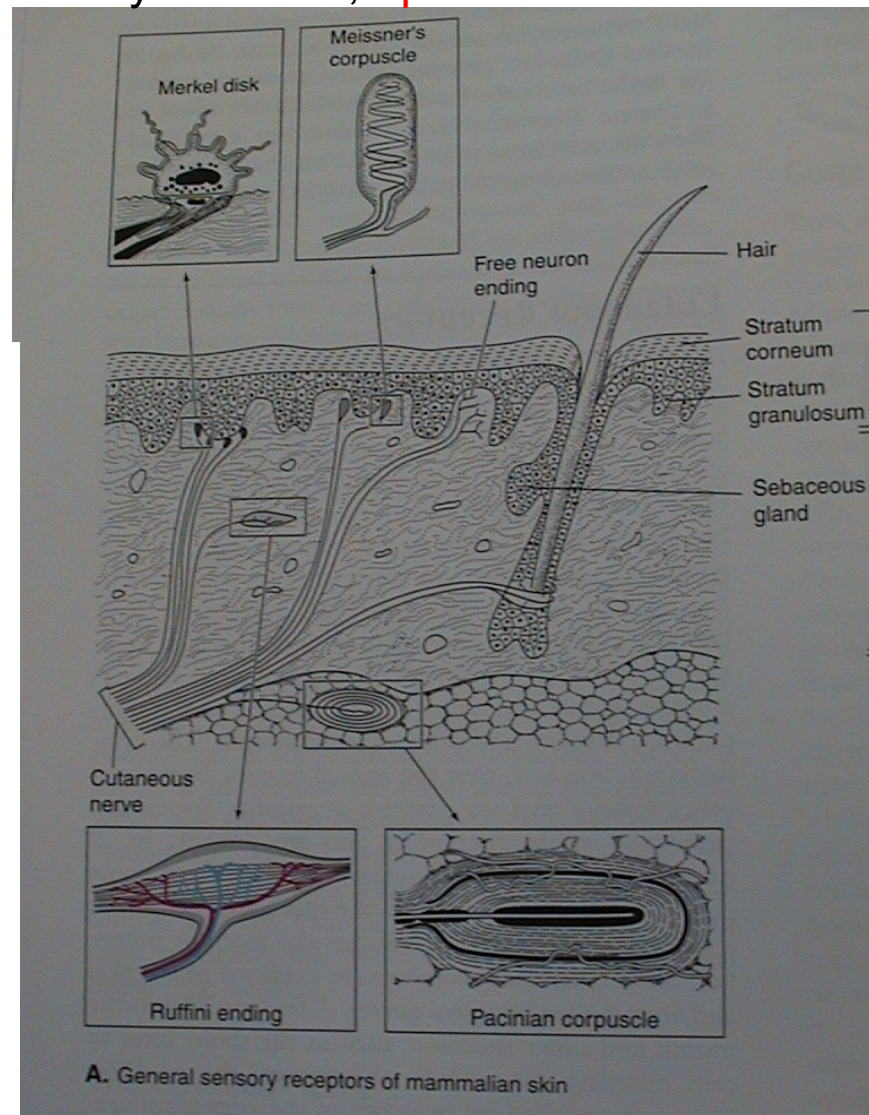
# Smyslové buňky:

primární a sekundární receptory:

a) extero-, propio-, entero-; (z neuronů)

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

z obrvených buněk, **apomor. obratlovců**

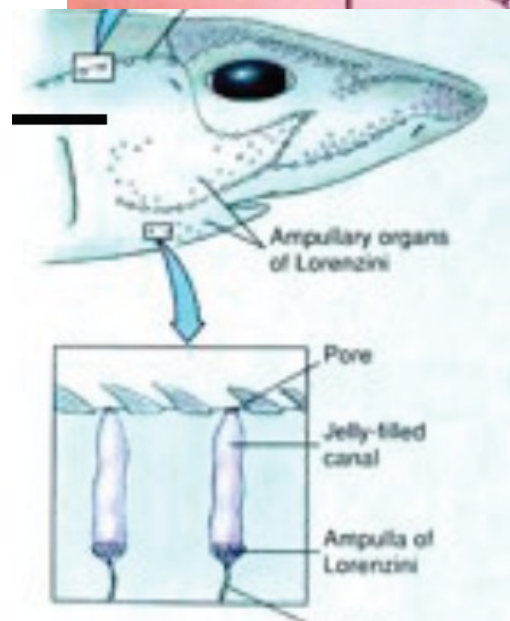
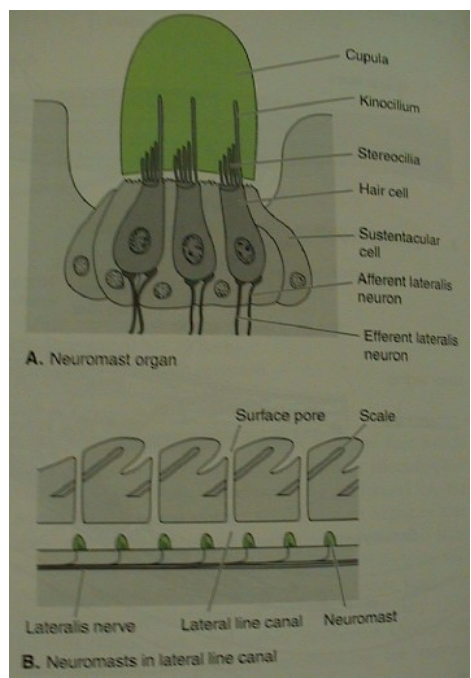
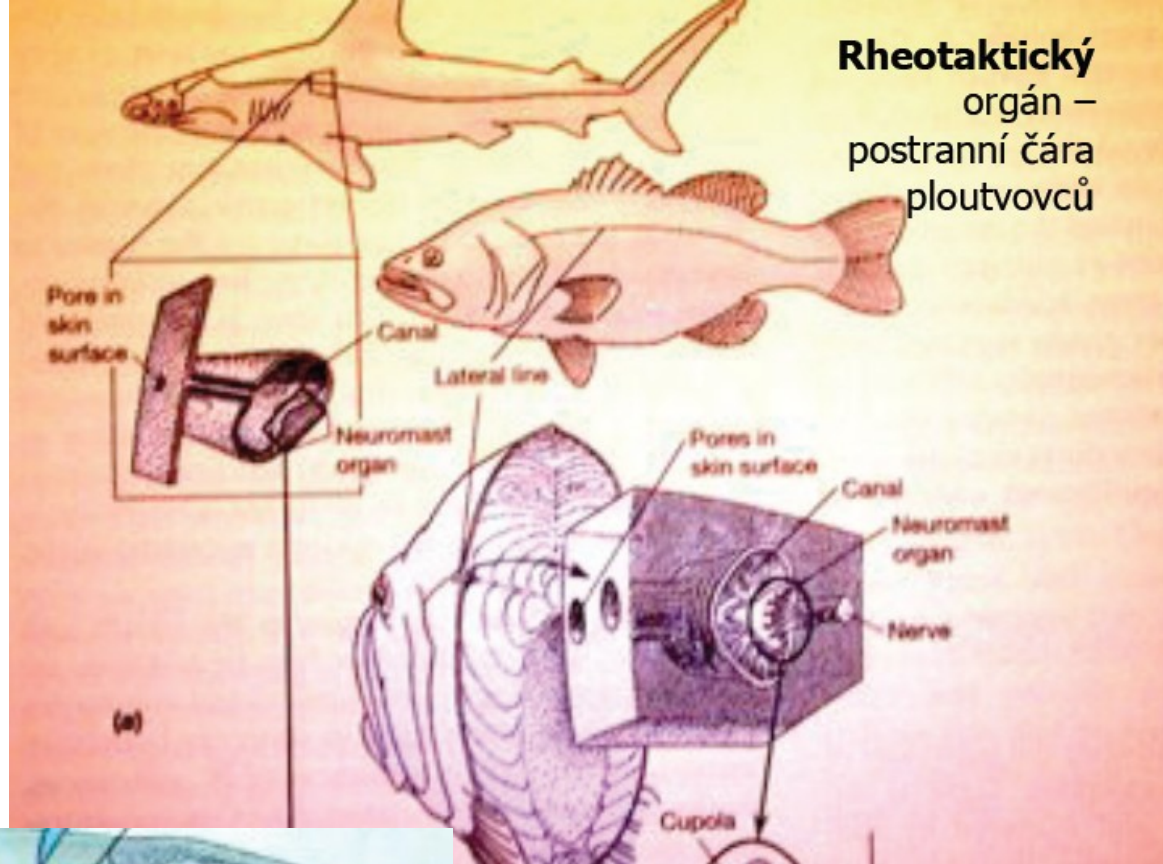


A. General sensory receptors of mammalian skin

- proudový orgán
- buňky neuromasty

- boky ryb, postranní čára

**Rheotaktický orgán – postranní čára ploutvovců**

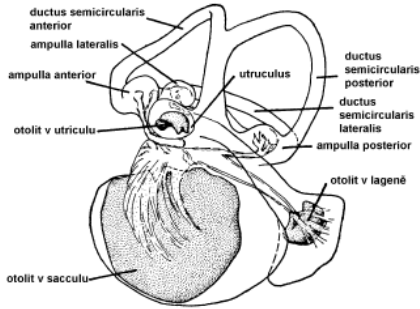


- Lorenziniho ampule - elektroreceptor

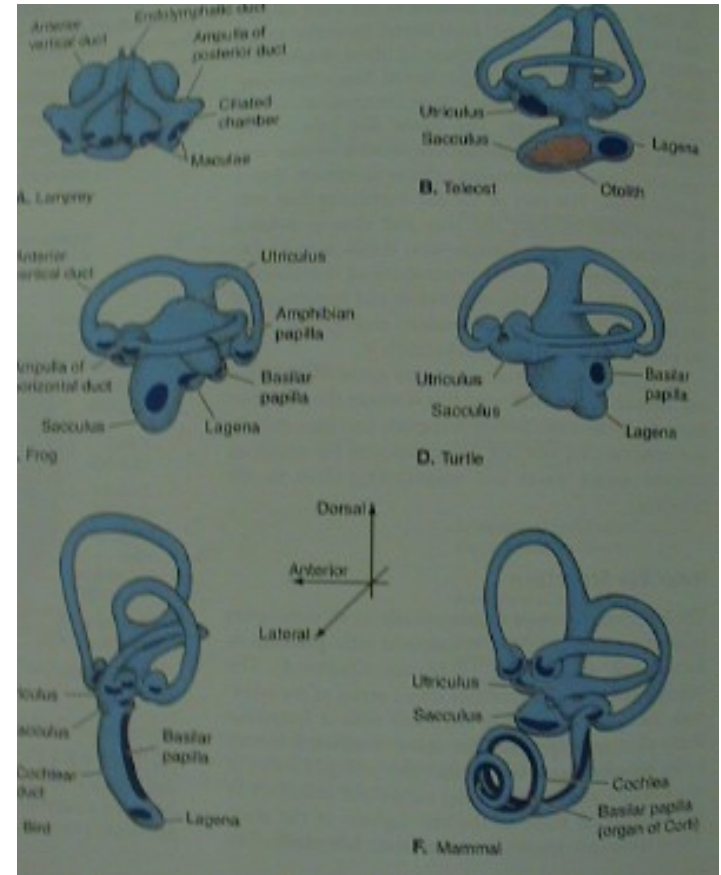
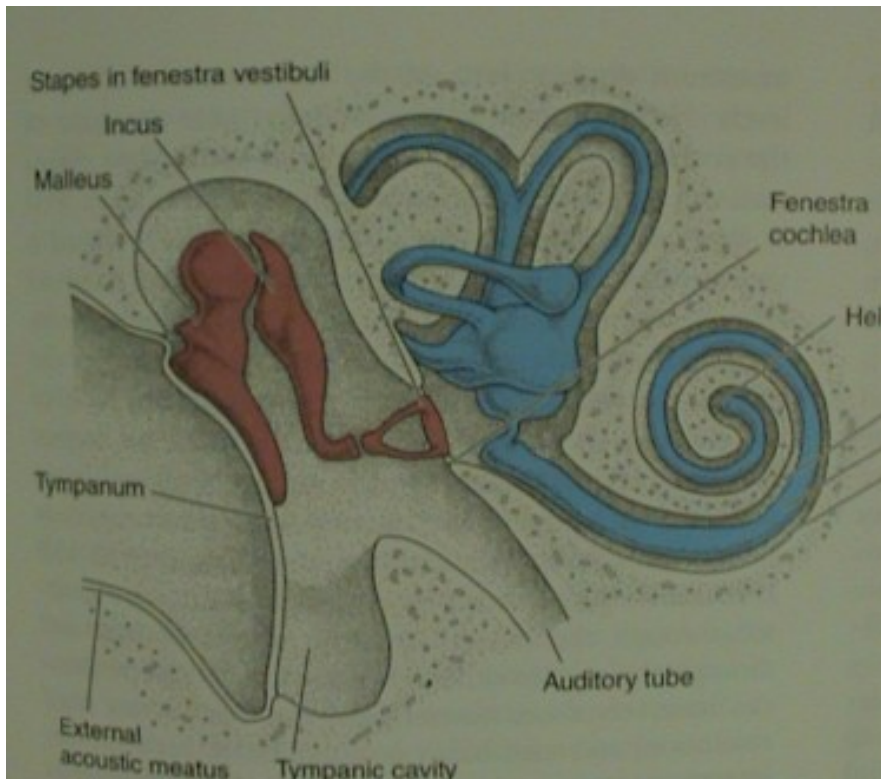


# smyslové orgány

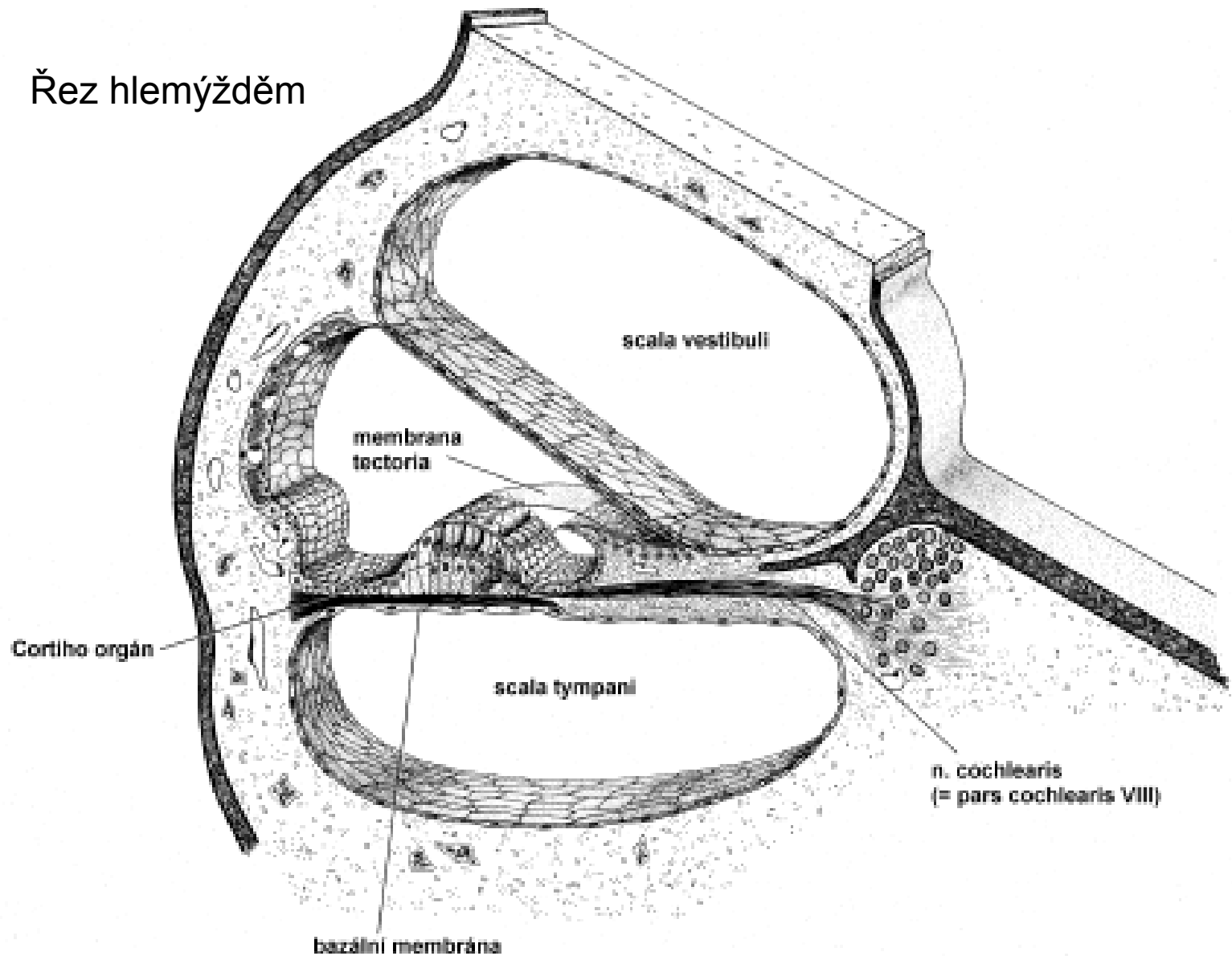
- A. vnitřní ucho** -kostěný (perilymfa) a blanitý labyrint (endolymfa); vestibulární aparát, sluch. lagena-cochlea
- statokonie-drobné, statolity (3 otolity) –velké
- B. střední ucho** -středoušní dutina, tympanum, sluchové kůstky (1-columella, 3 -maleus, incus, stapes), oválné a kruhové okénko, Eustachova trubice
- C. vnější ucho** –zevní zvukovod, boltec



- sluchově rovnovážný orgán



# Řez hlemýžděm



# Komorové oko jednotné stavby!!!

- zrak
- elektromagnetické záření
- 380-760nm
- ale i IR(větší nm), UV (menší nm)

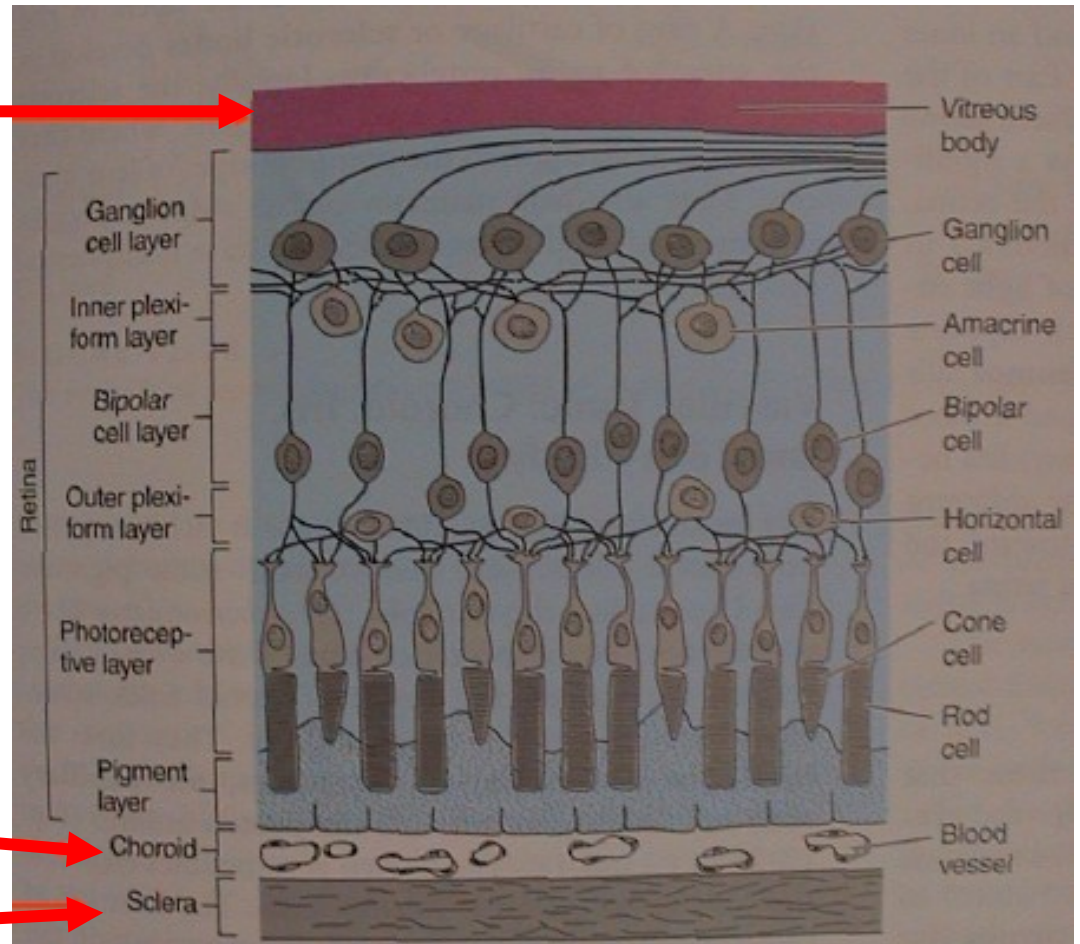
1. bělima(+ rohovka),
  2. cévnatka (+ duhovka, pupilla),
  3. sítnice;
- přední a zadní komora, čočka (lens), řasnatý val (corpus ciliare)

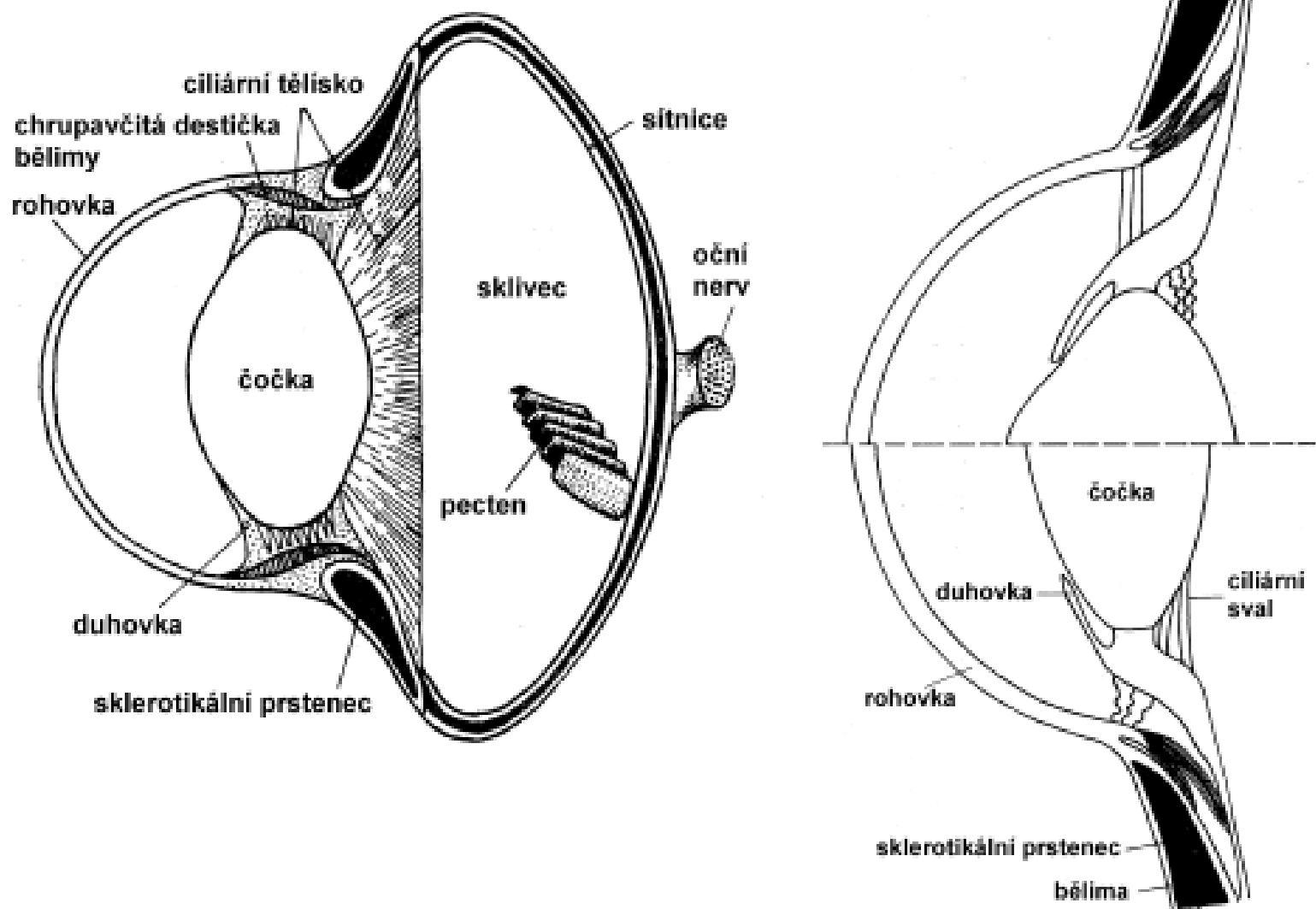
tyčinky a čípky  
sklivec  
(corpus vitreum)

sítnice (11 vrstev) (retina)

cévnatka  
(chorioidea)

bělima  
(sclera)





Obr. 299 Svislý řez okem sovy (vlevo) a mechanismus akomodace oka u ptáků (vpravo). Dolní polovina pravého obrázku představuje klidové stadium, horní polovina stav při akomodaci (viz smrštěný ciliární sval). Podle Grozinského a kol. (1976).

klid

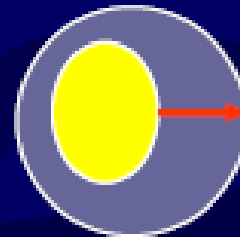
zaostřování - akomodace

na blízko

mihule a kostnaté ryby

na dálku

rohovka



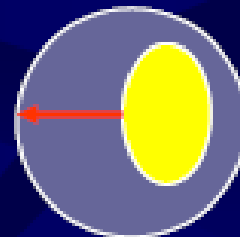
sítnice

m. retractor lentis

na dálku

paryby, starobylé ryby,  
obojživelníci

na blízko

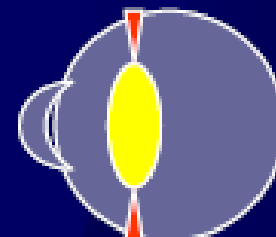
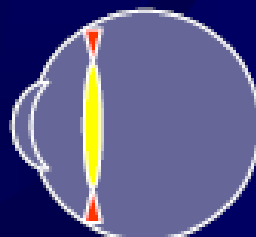


m. protractor lentis

na dálku

Amniota - plazi, ptáci, savci

na blízko



# trávicí soustava

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

ústní dutina

**jazyk (jen Tetrapoda)**

**hltn** plicní vaky (bichir), plyn.měchýř

**jícen (1)**

**játra (2)**

**žlučník (3)**

**slinivka břišní (7)**

**žaludek (6)**

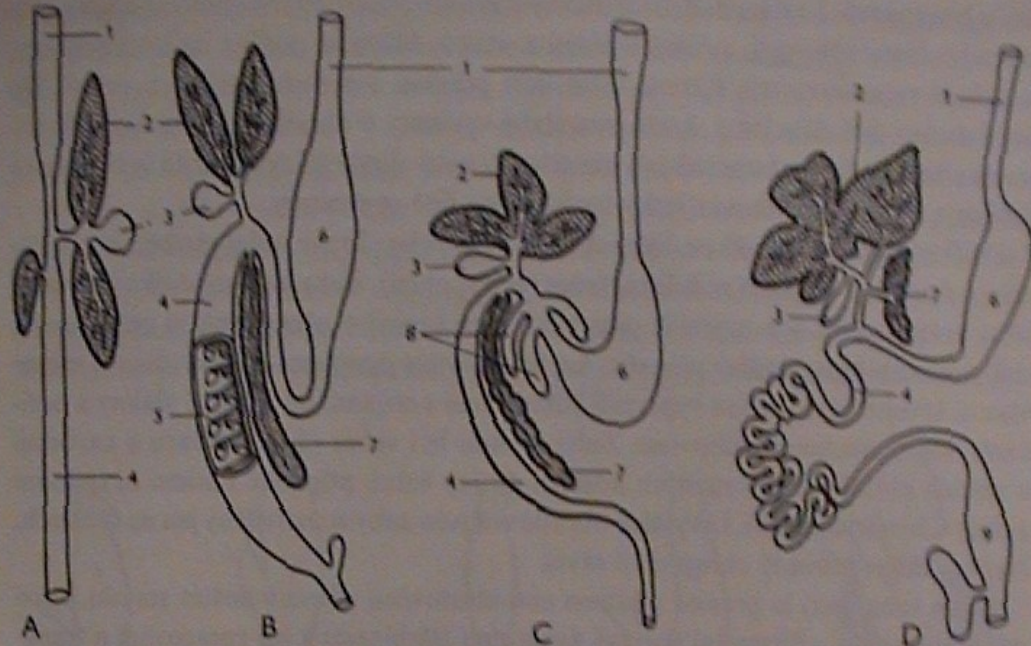
**střevo 13 tenké, 14 tlusté, 16 slepé**

u vodních nečleněné, ale spirální řasa

**pylorické výběžky**

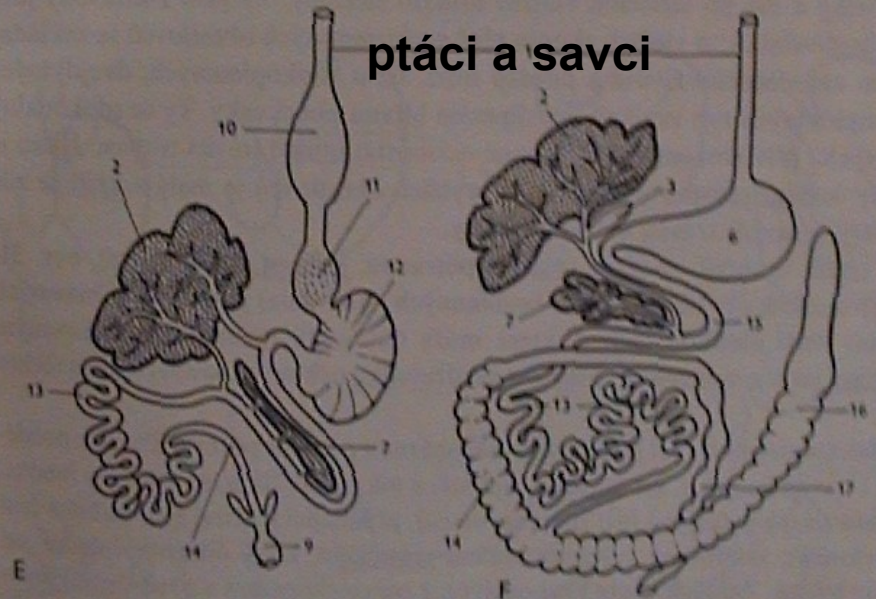
**prodlužování střeva (střevní kličky)**

**- diference (tenké a tlusté střevo)**

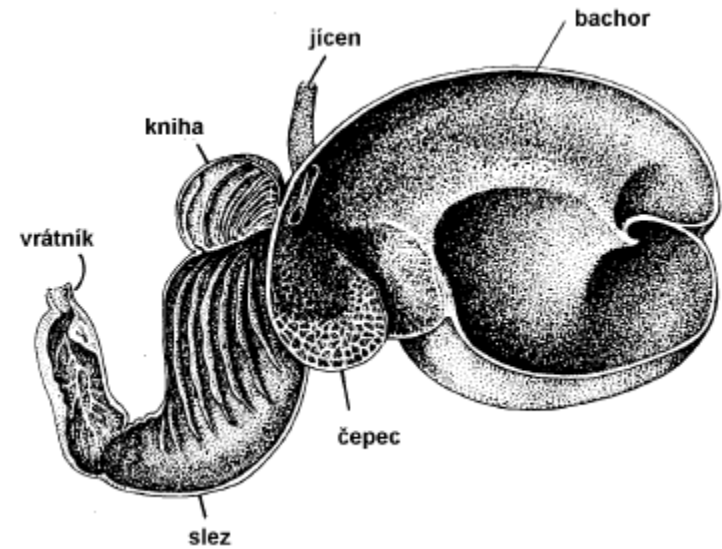
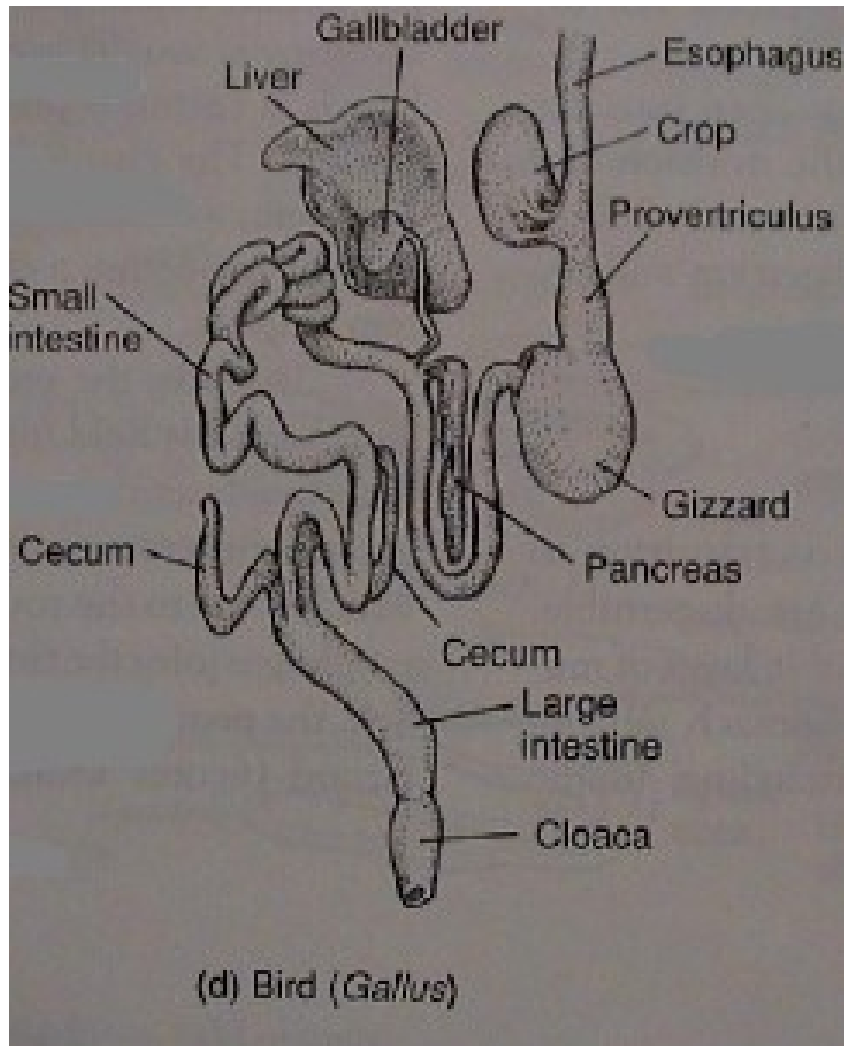


spirální řasa

**ptáci a savci**



# pták - kur



složený žaludek přežvýkavců

vole (ingluvies),  
**žlznatý** (proventriculus) a **svalnatý žaludek**  
(ventriculus) - postventriculus

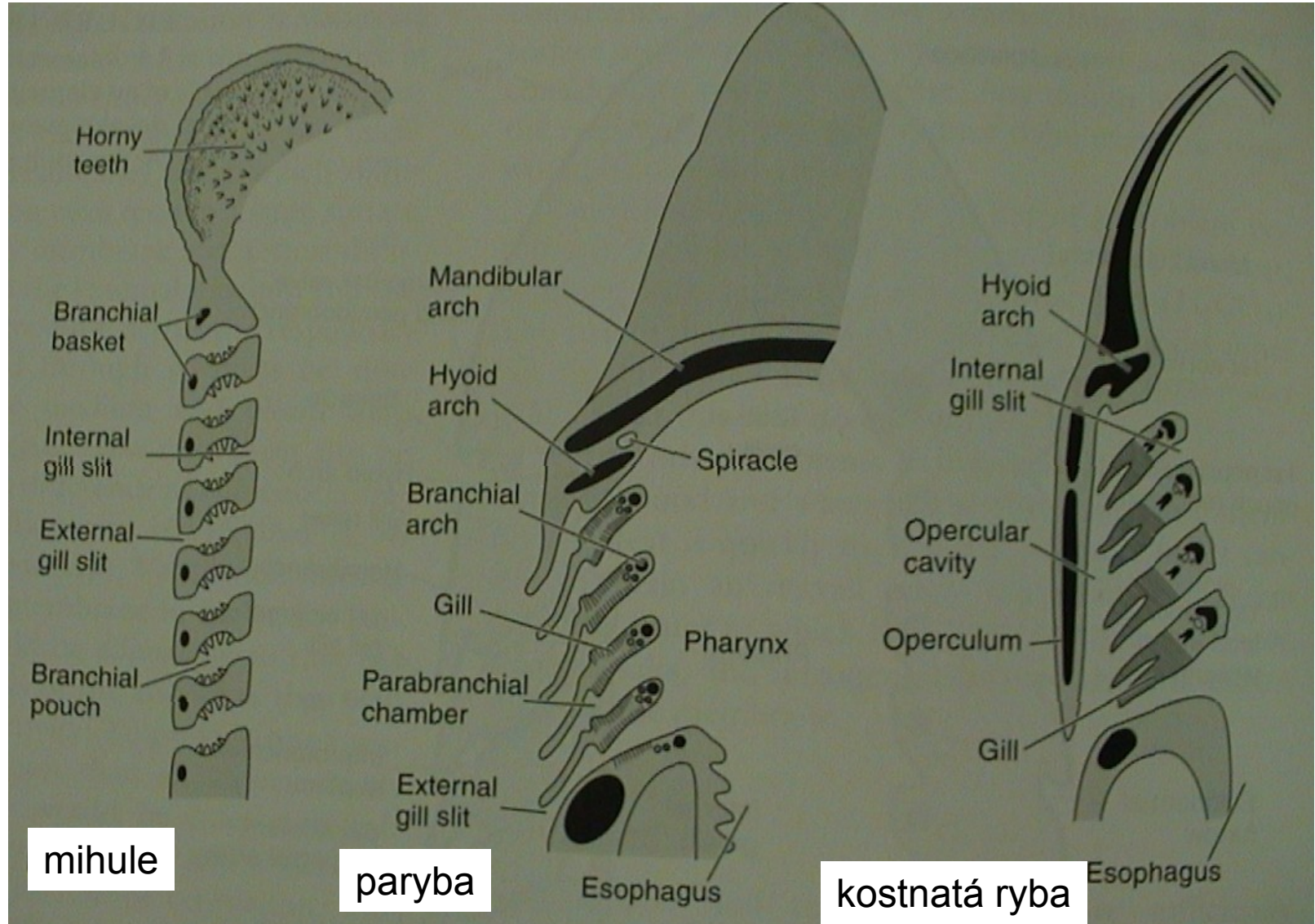
# dýchací soustava

## žábry

žaberní váčky (endoderm)

žaberní přepážky  
ektoderm

žaberní oblouky, skřele  
(ektoderm)





Vnější žábry – nejasný původ – larvy obojživelníků, larvy bichirů, bahníků

## Vychlípeniny trávicí trubice

Poprvé u kostnatých čelistnaticů Osteognathostomata

- Vznik ještě před výstupem na souš
- Vychlípeniny endodermu, ne naopak!

### plicní vaky

prvně u Rhipidistia

**plyn. měchýř**, od Actinopterygia

hydrostatická fce, vzácně i dýchací

Zdokonalením **plíce** – průdušnice, průdušky, průdušinky, plicní sklípky

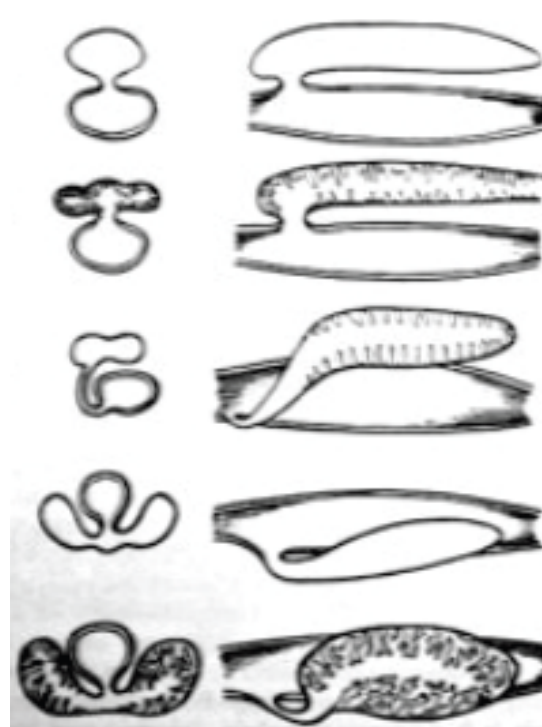
Odlišné u ptáků

Vnitřní nozdry – **choany**

Prvotně (ryby) – lepší čich

Druhotně (souš) - dýchání

U suchozemských obratlovců vzduch určený k dýchání nasáván vnějšími nozdrami, **které jsou homologické s předním párem vnějších nozder u ryb**. U lalokoploutvých ryb a suchozemských tetrapodů jsou ve stropu přední části ústní dutiny vytvořeny **vnitřní nozdry (choana)**, kterými se dostává do ústní dutiny voda (u lalokoploutvých ryb) nebo vzduch (u suchozemských tetrapodů) i při uzavřeném ústním otvoru.



**Dorsální vychlípení jícnu:**

**Plynový měchýř Teleostei**  
(hydrostatická vs. dýchací funkce)

**Ventrální vychlípení jícnu:**

**Plicní vaky** Dipnoi a Cladistia

**Plíce** Tetrapoda

# dýchací soustava

5 párů vaků

pták

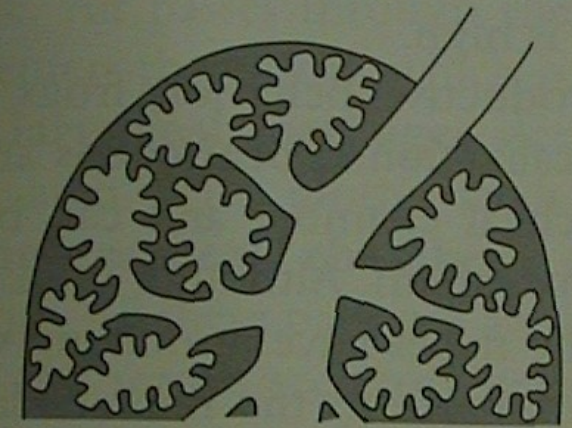
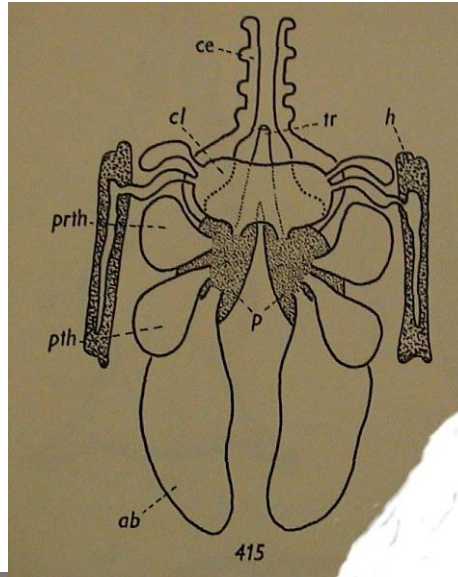
mesobronchus

dorsibronchi

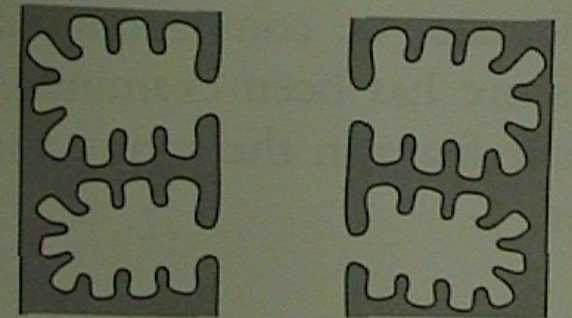
ventrobronchi

parabronchi

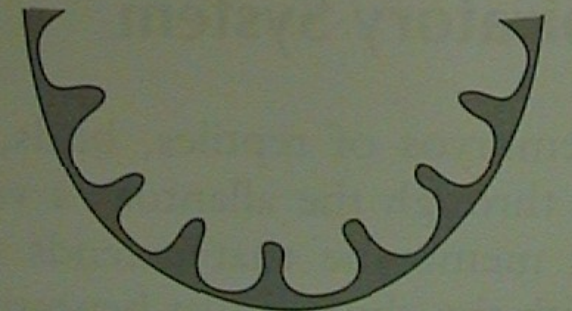
Nepodílejí se na výměně plynů, ale fungují jako reservoáry vzduchu.



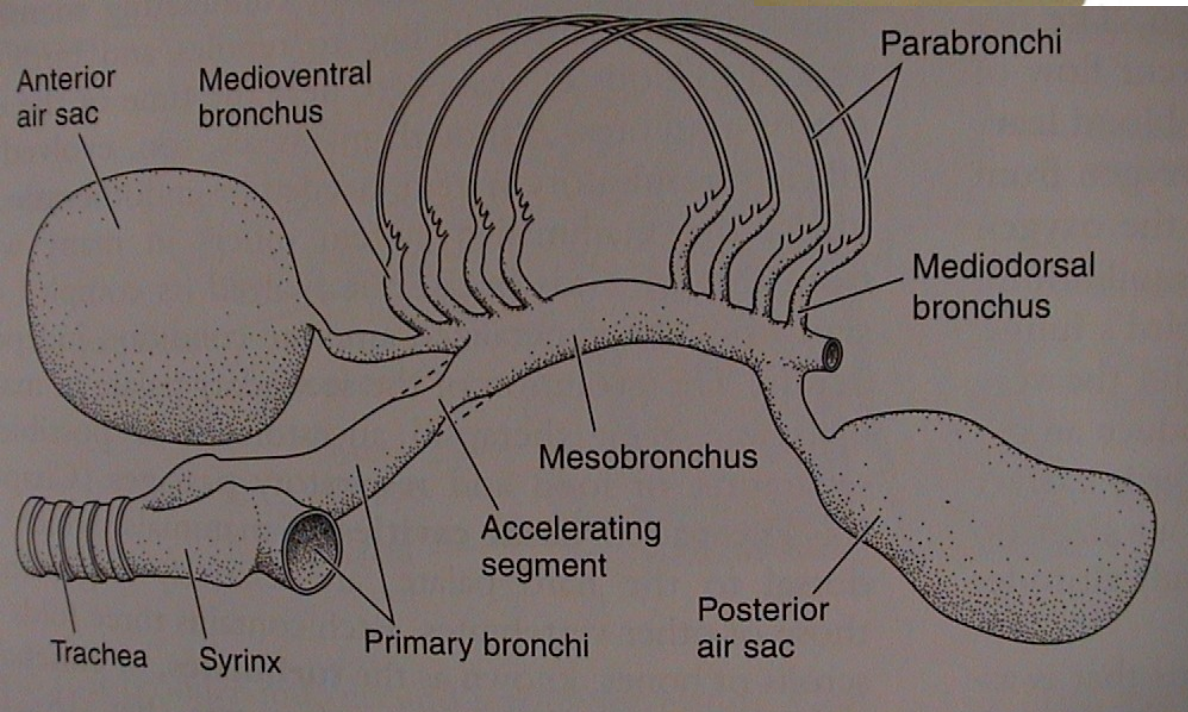
C. Mammal

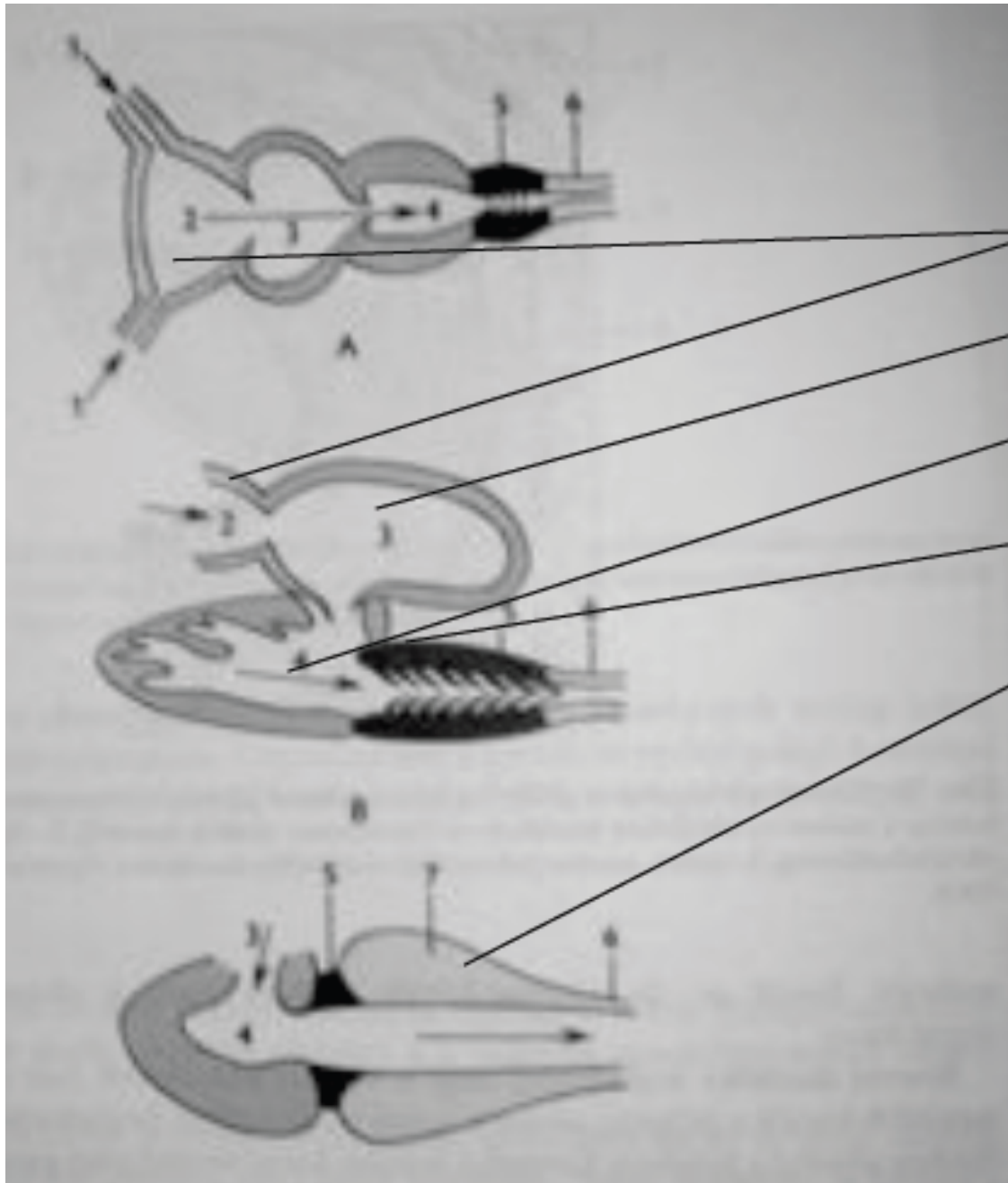


B. Reptile



A. Amphibian





## Srdce ploutvovců:

ductus Cuvieri,

Žilný splav (sinus venosus)

Předsíň (atrium)

Komora (ventriculus)

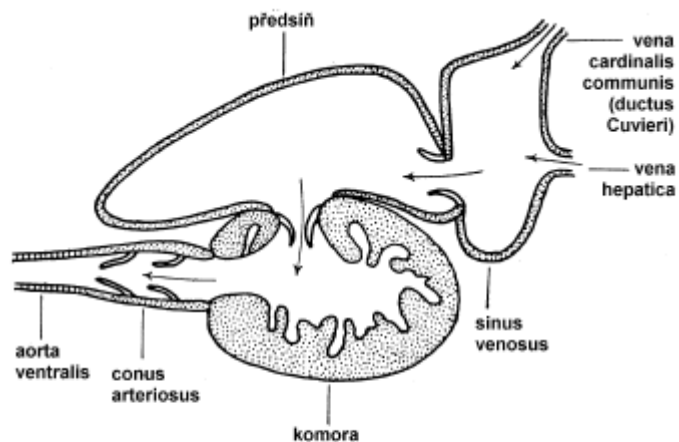
Conus arteriosus

příčně pruh. sv.

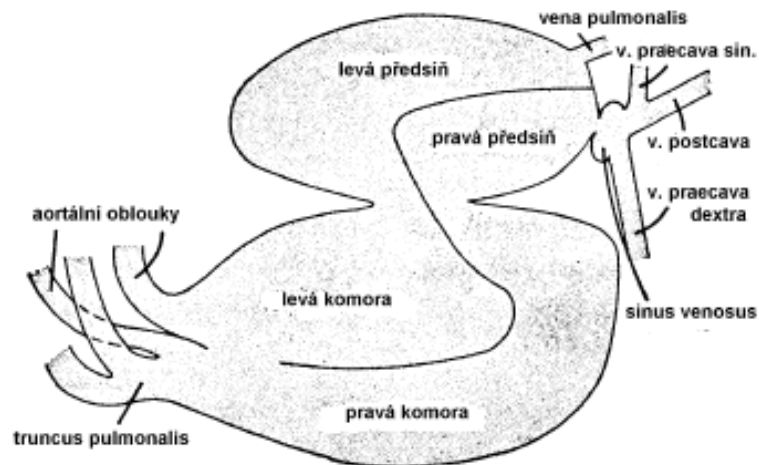
Bulbus arteriosus

Teleostei (netepající,  
bez chlopní) hladká sv.

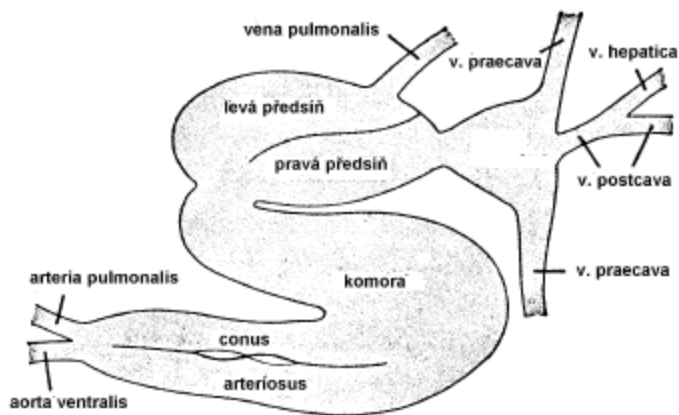
Gnathostomata: žilný  
splav a předsíň  
dorsálně



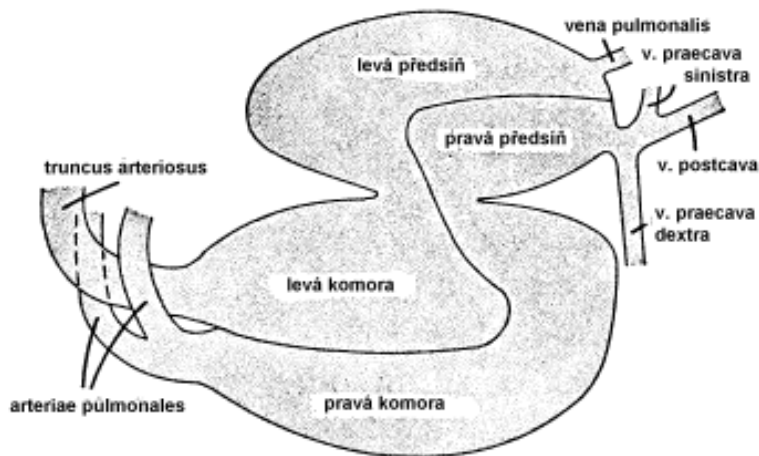
Obr. 219 Nahoře schema srdce vodních obratlovců, dole mediální řez srdcem žraloka. Na hořejším schematu je žilný splav pootočen z původně horizontální do vertikální polohy, takže se jeví jako při pohledu shora. Podle Smithe (1960) a Grodzinského (1976).



Obr. 221 Schema stavby srdce plaza. Stejný pohled jako na obr. 219 nahoře. Podle Smithe (1960).



Obr. 220 Schema stavby srdce obojživelníka. Stejný pohled jako na obr. 219 nahoře. Podle Smithe (1960).

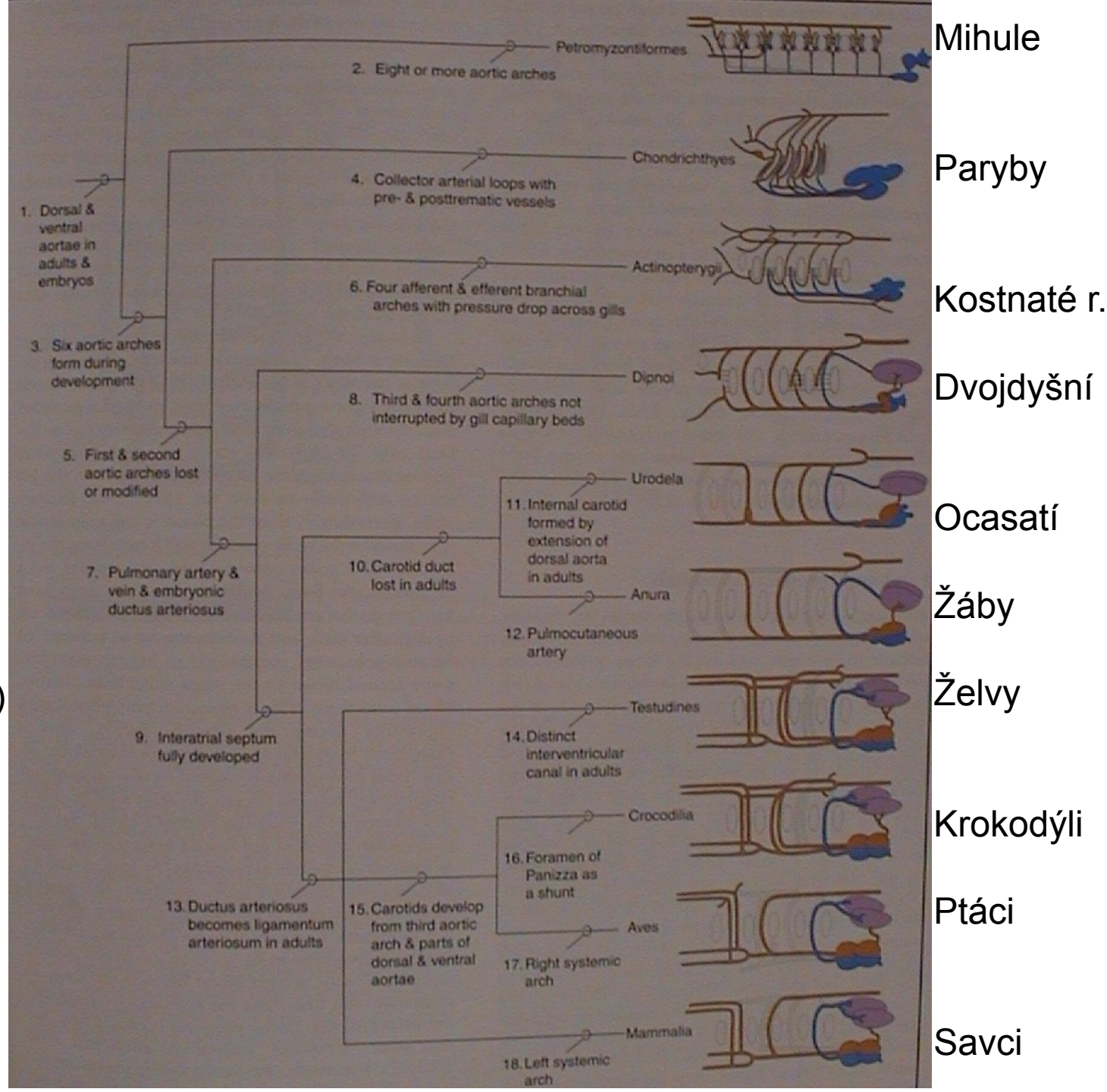


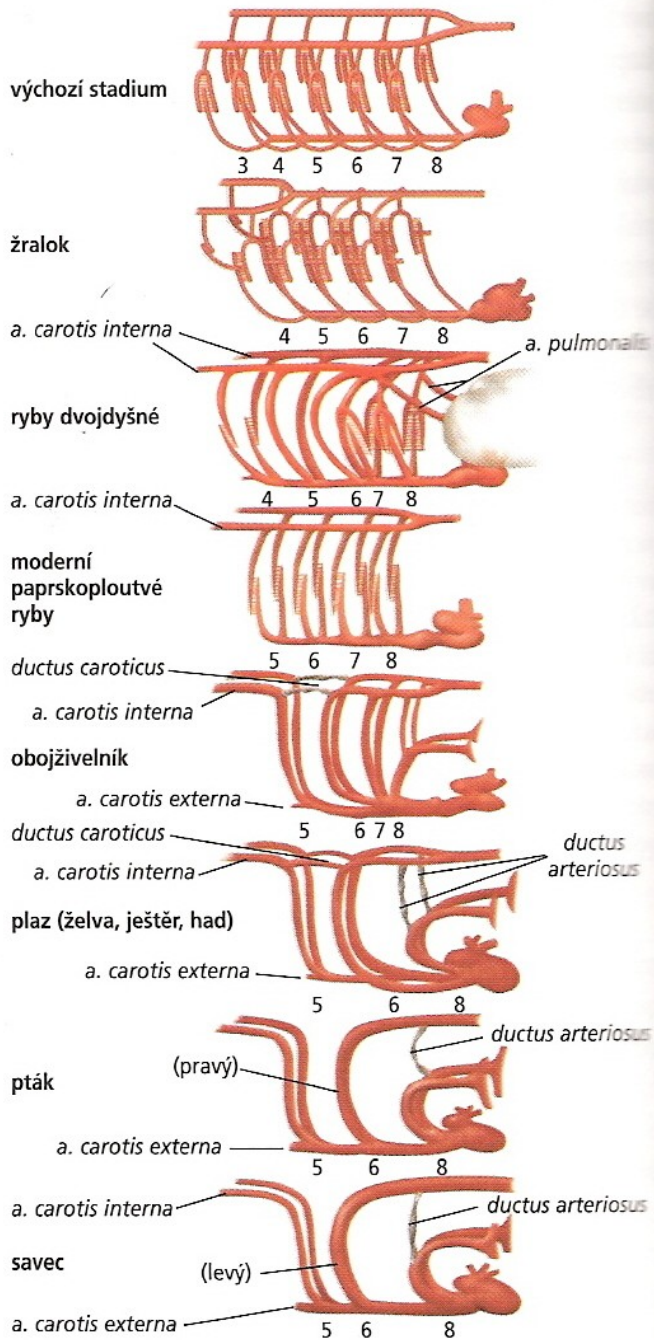
Obr. 222 Schema stavby srdce endotermního obratlovce. Stejný pohled jako na obr. 219 nahoře. Podle Smithe (1960).

- cévní soustava

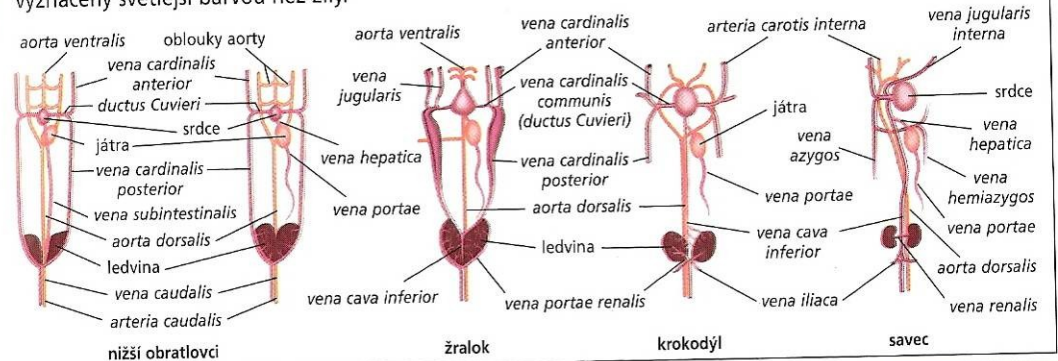
SRDCE  
4 části

- žilný splav (sinus venosus)
  - předsíň (1, 2)
  - komora (1, 2)
- (ne)úplná mezi-komorová přepážka (krokodýli)
- srdeční násadec (conus arteriosus) nebo tepenný násadec (bulbus arteriosus)

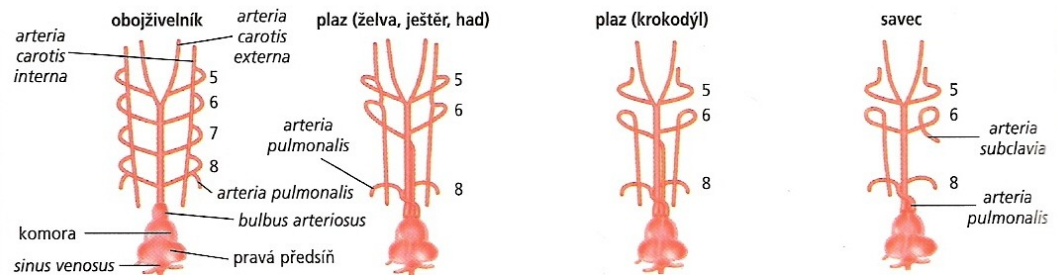




Obr. 5.325 Schéma průběhu hlavních cév tělního oběhu při pohledu z ventrální strany. Tepny jsou vyznačeny světlejší barvou než žíly.



**ŽIVOČICHOVÉ (ANIMALIA)**



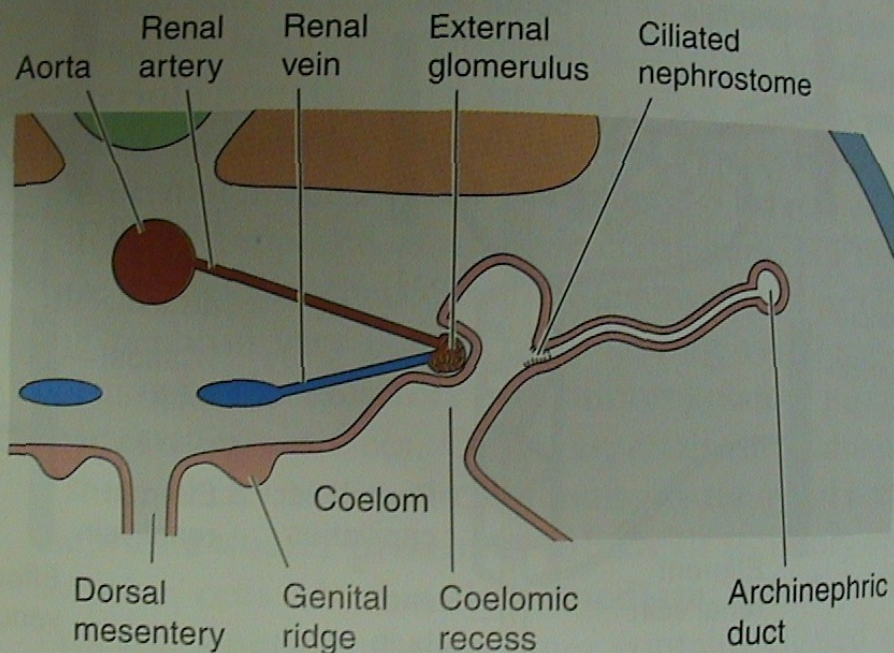
Obr. 5.323 Schéma postupné redukce žaberních tepen a změn ve stavbě srdce během evoluce obratlovců (dorzální pohled). Číslice označují pořadí arteriálních oblouků.

# urogenitální soustava

odstranění vody a CO<sub>2</sub>, dusíkatých látek a solí

## nefron, funkční jednotka ledvin

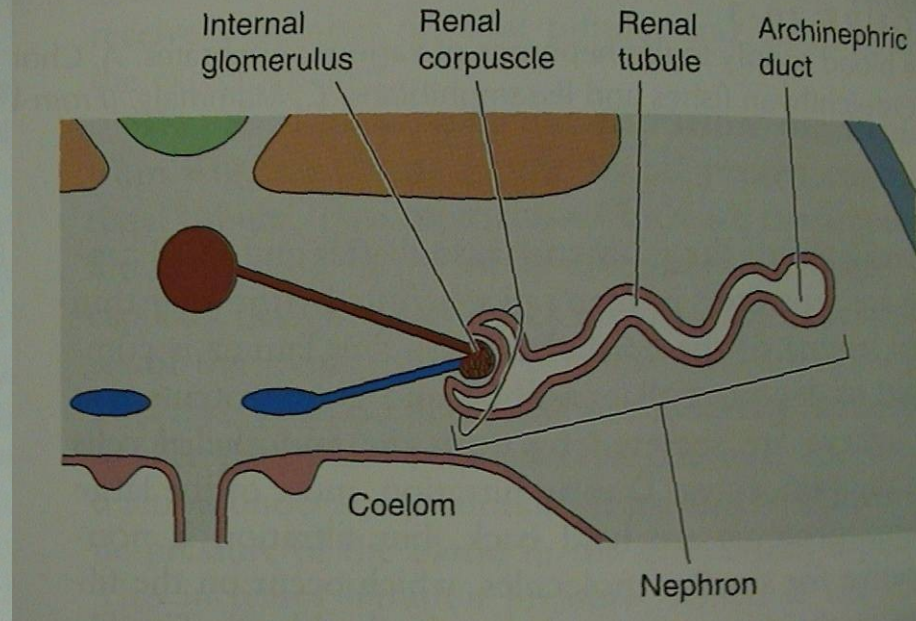
Bowmanův váček – kanálky se spojují ve Wolffův vývod



B. Ammocoetes and larval lissamphibians

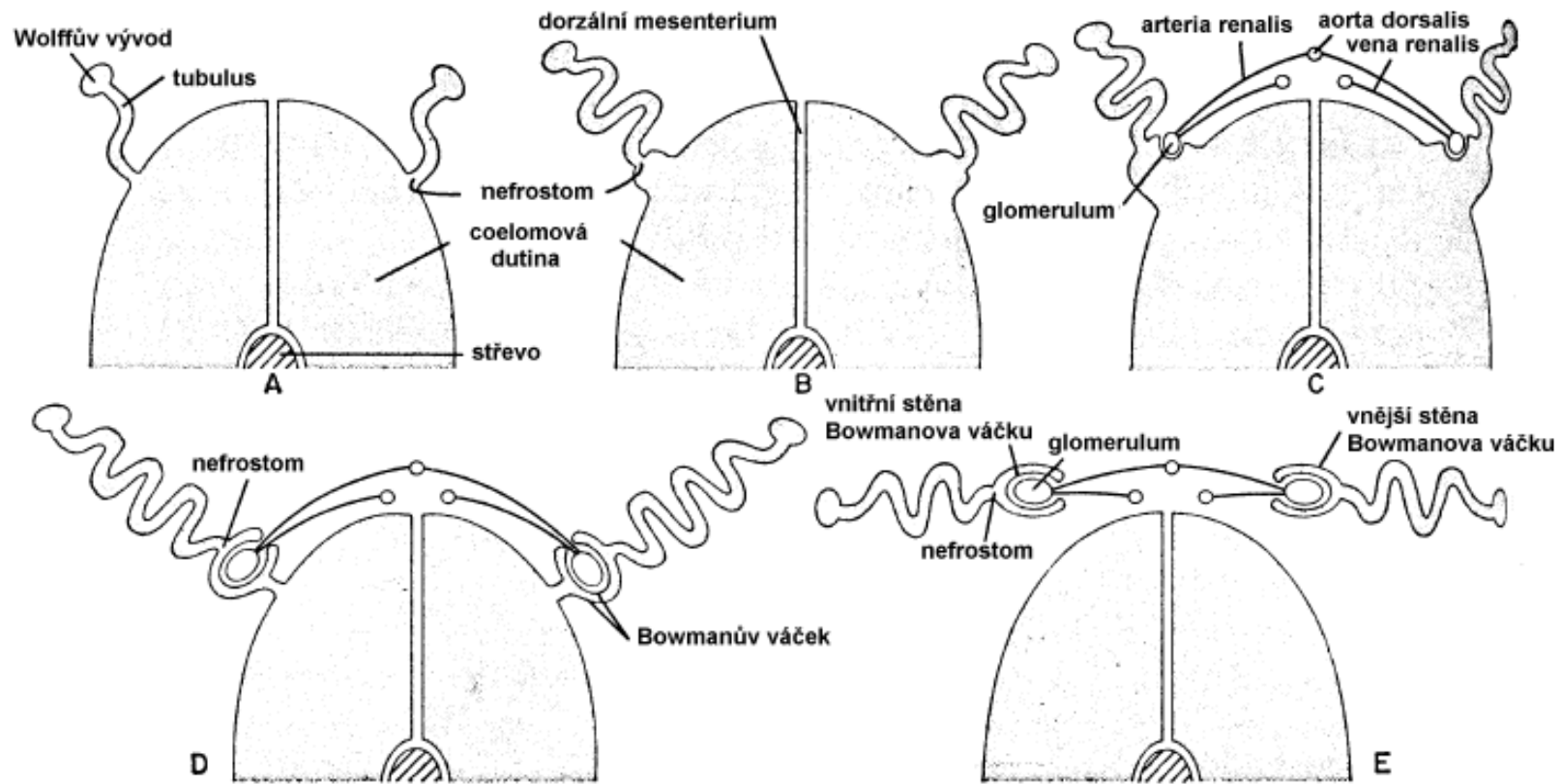
## vnější glomerulus

(holonefros, pronefros)  
minohy, červoři



## vnitřní glomerulus

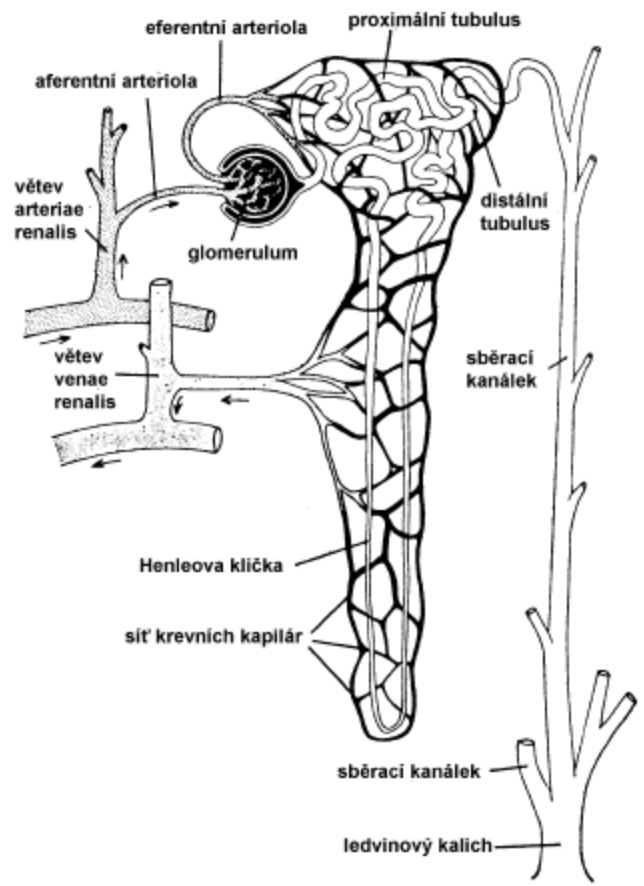
(opisthonefros, mesonefros, metanefros)



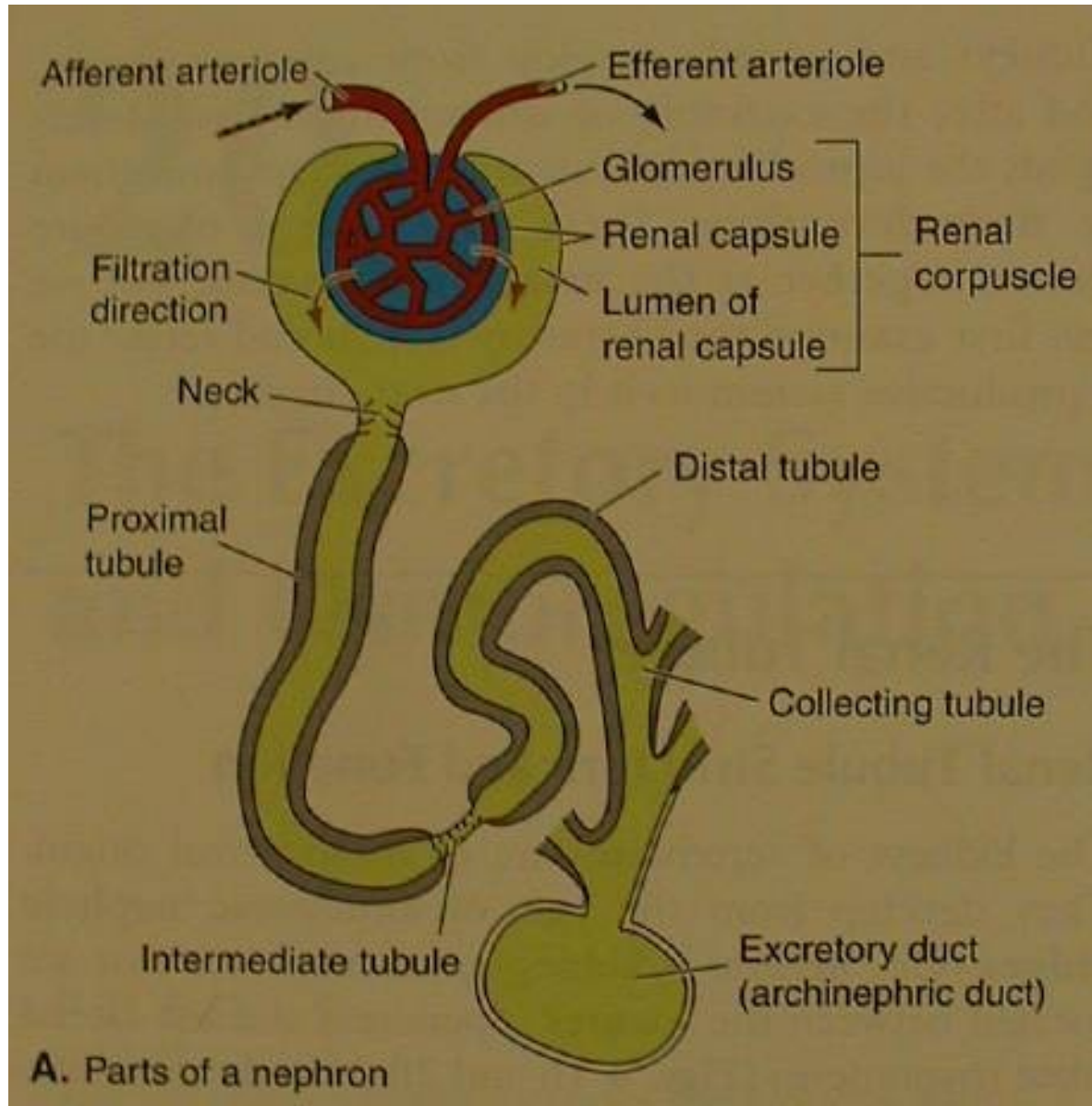
Obr. 254 Embryonální vznik nefronu a jeho postupně odškrcení od coelomové dutiny. Podle Smithe (1960).



Malpighiho tělísko =  
glomerulus+ Bowmannův váček



Obr. 253 Nephron savců a jeho cévní zásobení.  
Podle Quiringa, ze Smithe (1960).



A. Parts of a nephron

gonády

Prim. chámovody a vejcovody se zakládají současně:

prim. chámovod - Wolfova chodba (ne sek. chámovod u Teleostei)

Muellerův vývod (u všech Craniat s výjimkou sliznatek) - vejcovod a rozličné specialisace (děloha, vitelinní žlázy etc.)

Určení pohlaví - vnější resp. humorální regulace u Anamnia (častý hermafroditismus), genet. určení pohl. (XY, ZW) u Amniota

**A-jeseter**

**B-žraloci, obojživelníci**

**C-Amniota**

**D-Teleostei**

Op opisthonefros

Op:pars renalia, p.sexualis

Opm-metanefros

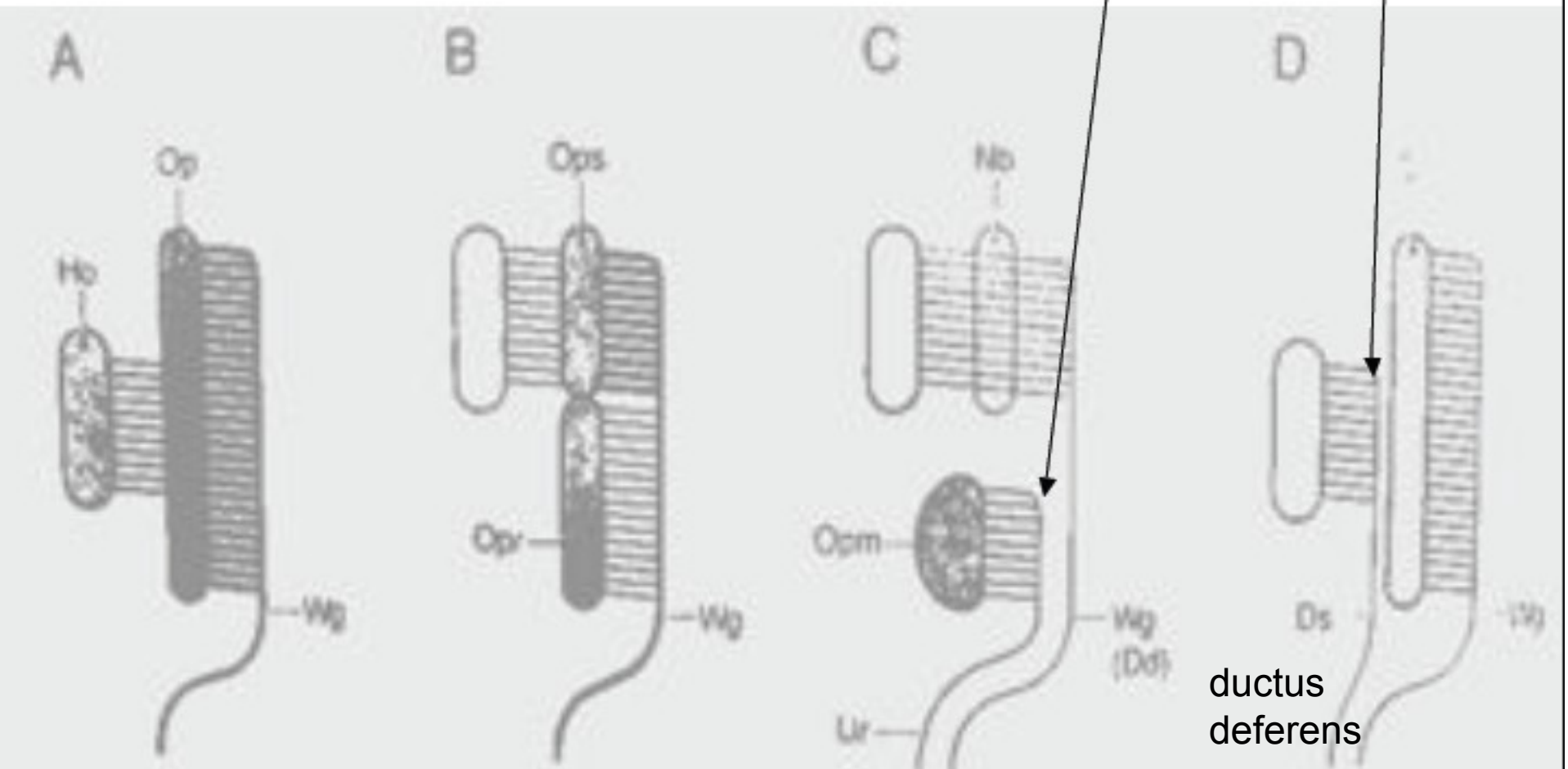
opisthonefros

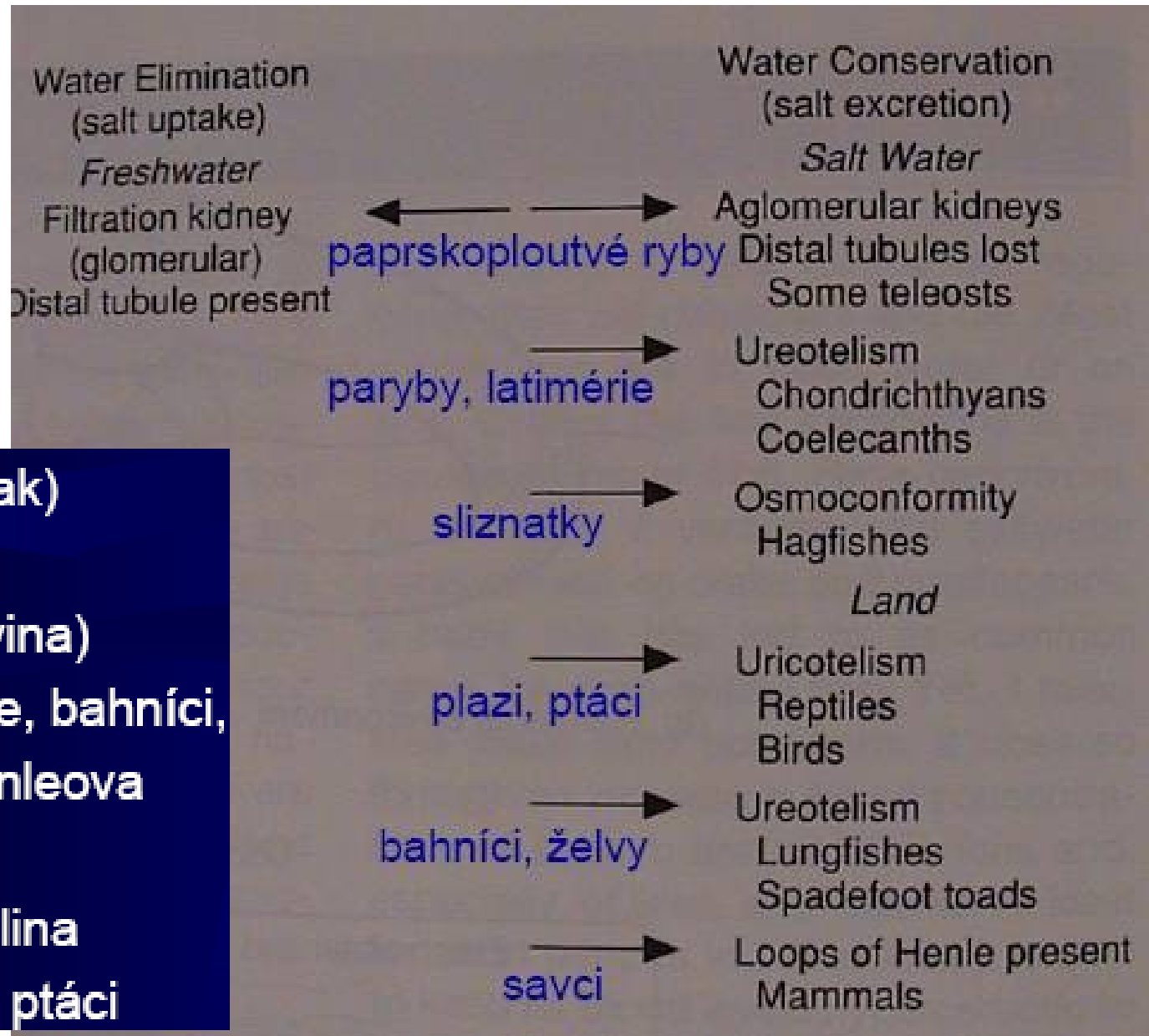
Ho testes/ Wolf.v.

Wolf v.

Wolf + urether

Wolf+ductus sperma





moč

- Amotelní (amoniak)**  
- kostnaté ryby
- Ureotelní (močovina)**  
- paryby, latimérie, bahníci, želvy, savci (Henleova klička)
- Urikotelní - (kyselina močová) - plazi, ptáci**

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

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