

Tělesný plán obratlovců

Morfologicko-fyziologické repetitorium

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

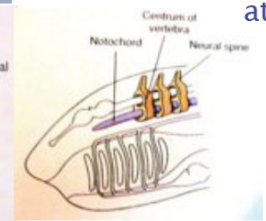
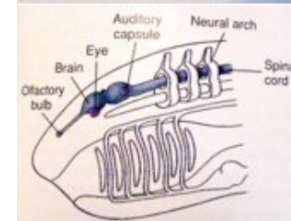
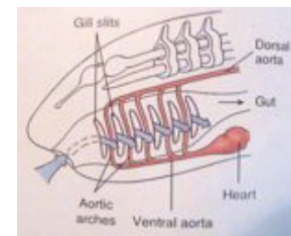
8) chrup. opora žaberních štěrbin - **žaberní oblouky**

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**

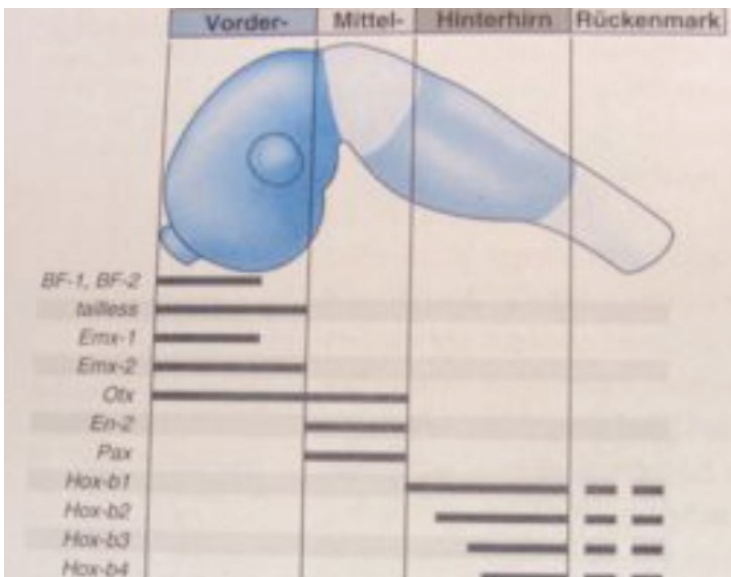
! nejvýznamnější přeměna prvního žaberního oblouku na **čelisti**

! vznik **párových končetin**

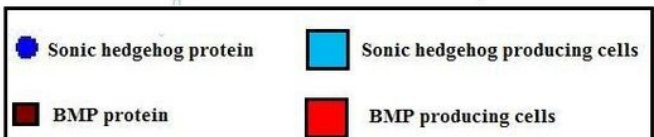
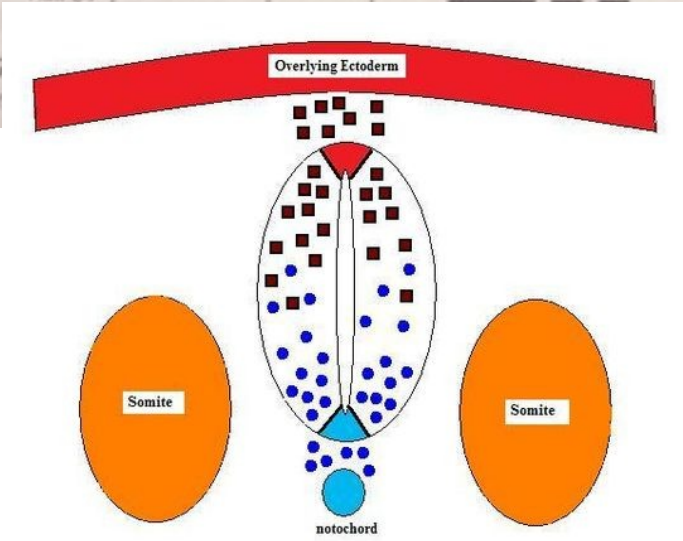
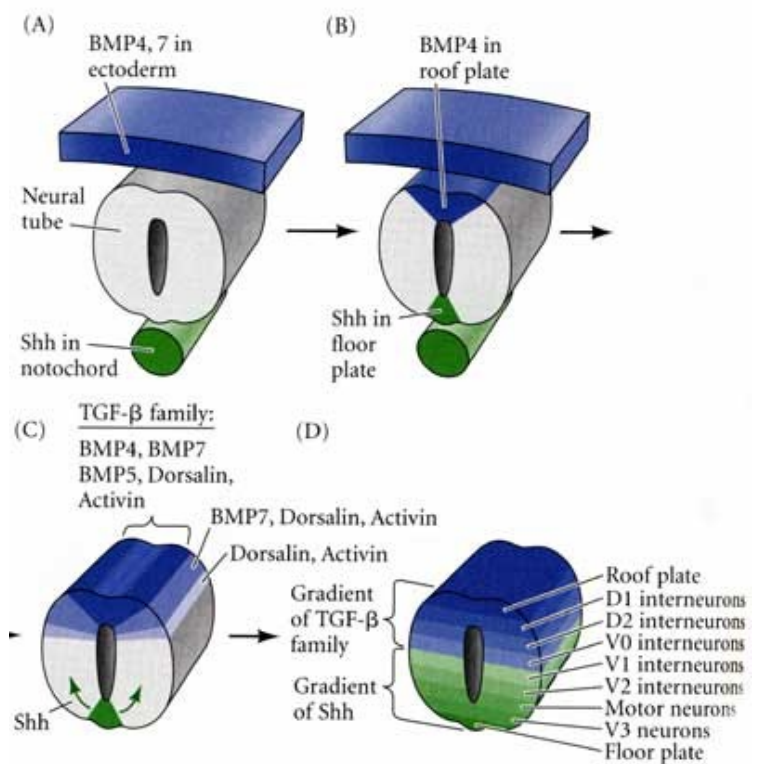
(oba znaky chybí jen u sliznatek a mihulí, 80 druhů)

- čelistnatci cca 50 000 druhů!!!

Hox geny - předozadní orientace



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

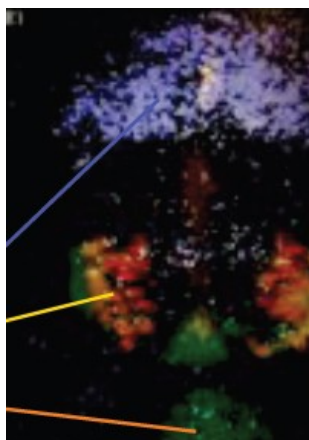


Diferenciace motorických nervů

Dorsalin

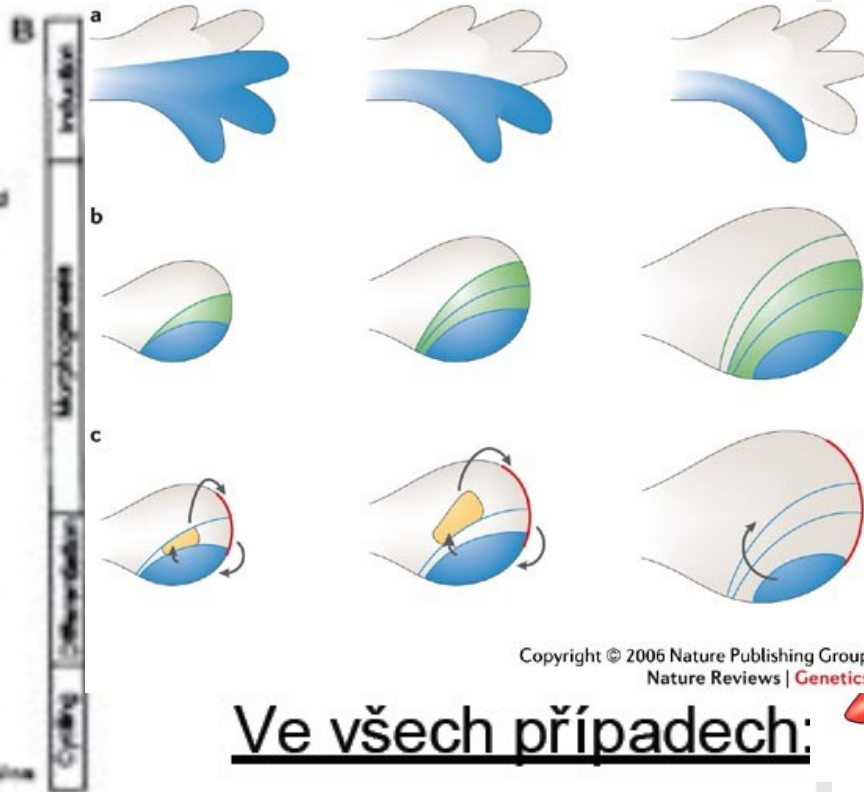
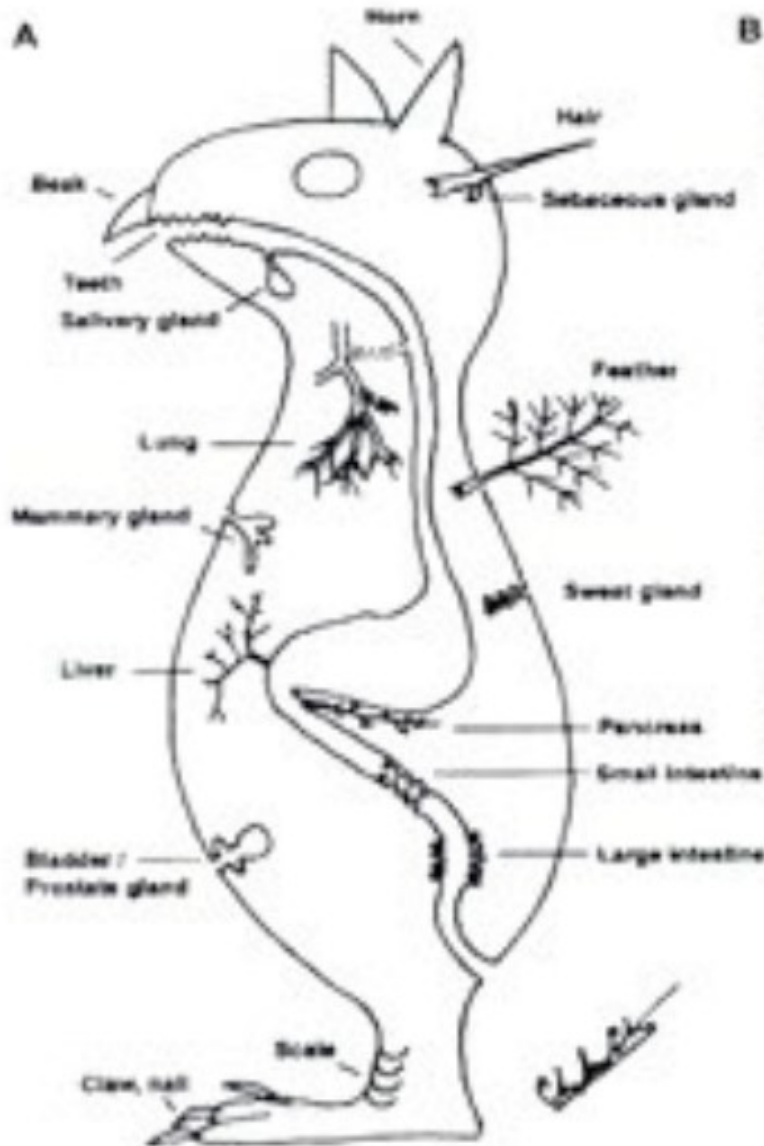
Sonic hedgehog Shh gen -produkce proteinového signálního ligandu centrální nervový systém

indukuje divergenci ventrálních buněčných typů (vnitřní struktura mozku, prsty...)



!!! Časové a místí rozdíly v zapínání a vypínání jednotlivých modulů heterochronie

kontrola homeotickými geny a lokálně specifickou diferenciací mesenchymatických buněk



Copyright © 2006 Nature Publishing Group
Nature Reviews | Genetics

Ve všech případech:

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

ontogeneze

Craniata – mají vyšší obsah žloutku ve vajíčku, inequální 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)

Gastrulace - epibolie

přerůstání, asymetrický růst sousedních tkání

neurulace, vznik hlavy, vznik zárodečných obalů u Amniot

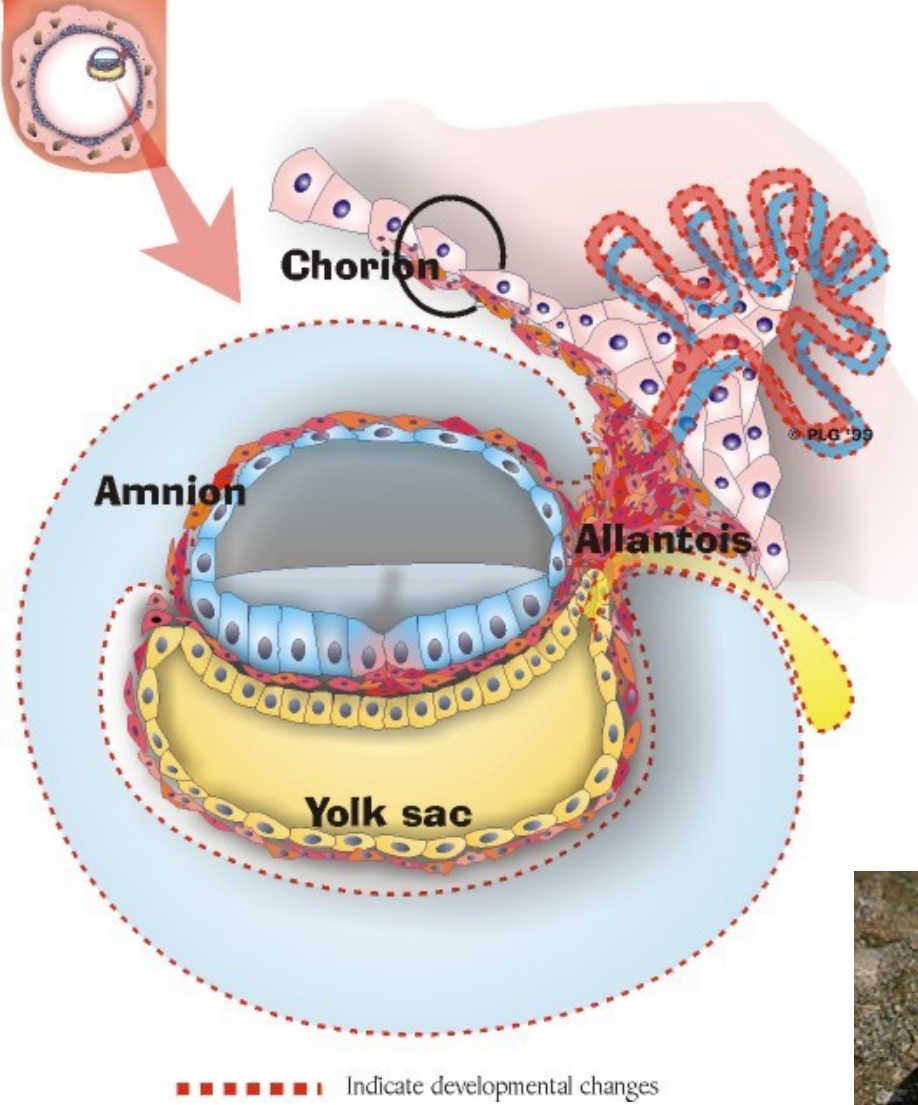
Divergence ontogenetických mechanismů

Amniota

Anamnia

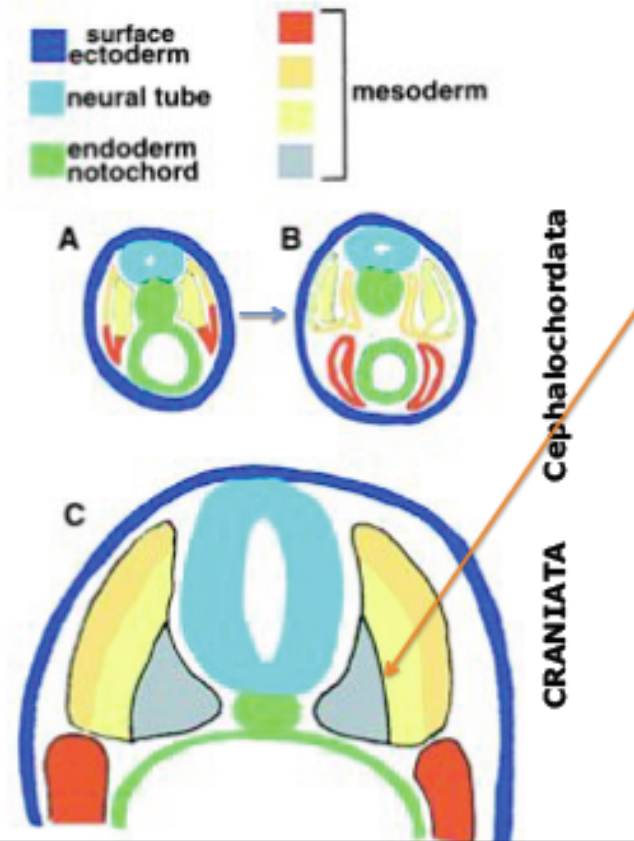
Anamnia

Amniota

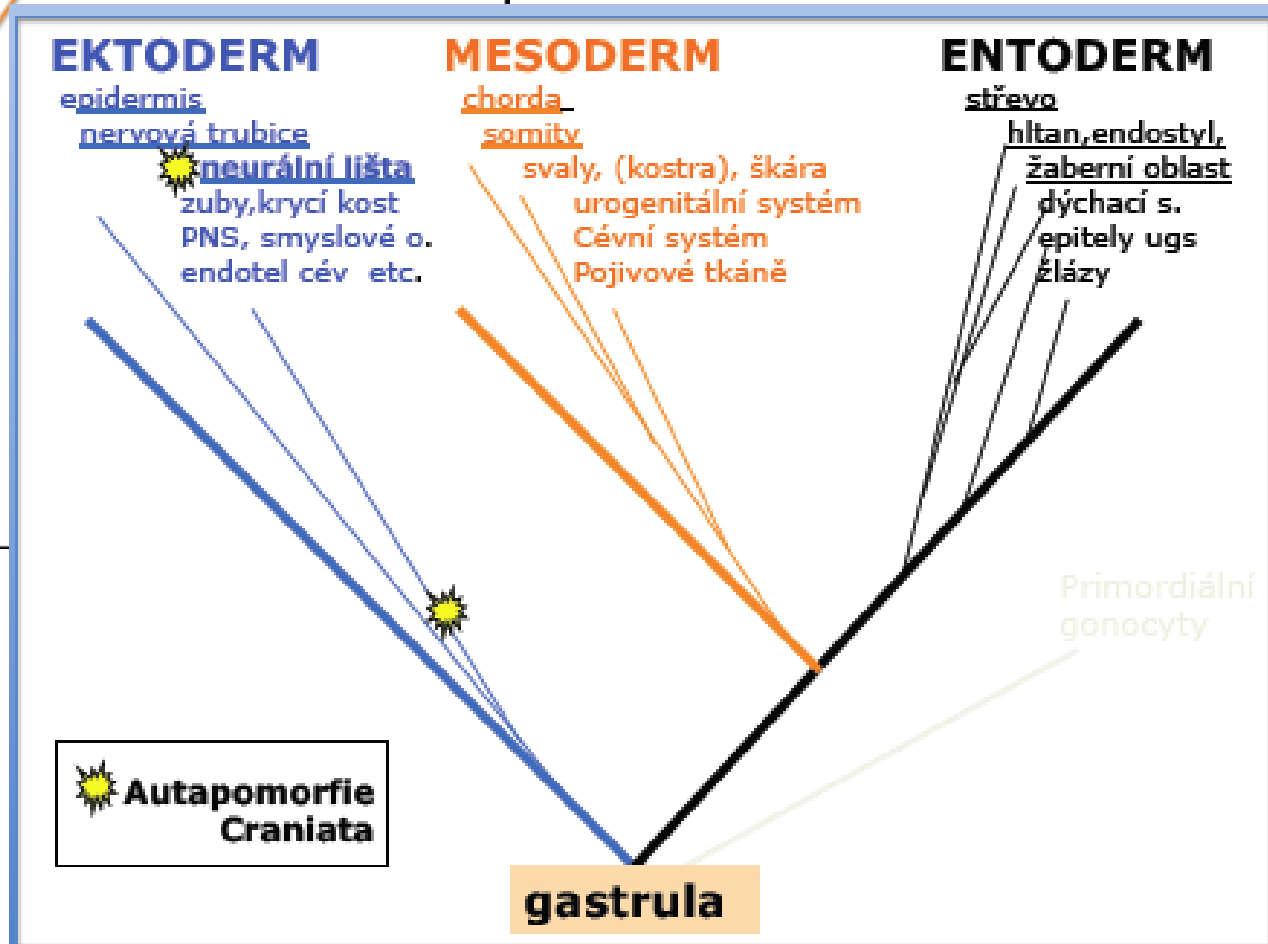


korunová skupina obratlovců
Jedná se o tetrapody.

Chorda – somity – neurální trubice



Craniata: specifická diferenciace mesodermu, regionalisace struktury somitů apomorfie: sklerotom



původ – diferenciací zárodečných listů

ektoderm

- neuroektoblast – epidermální smyslové plakody, nervová lišta (ektomezenchym)
- **pokožka**
- **nervová trubice**
- prekuzory pojivových tkání (fibroblasty, chondroblasty, osteoblasty, odontoblasty, chromatoblasty)
- **indukce mnohvrstevného** 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

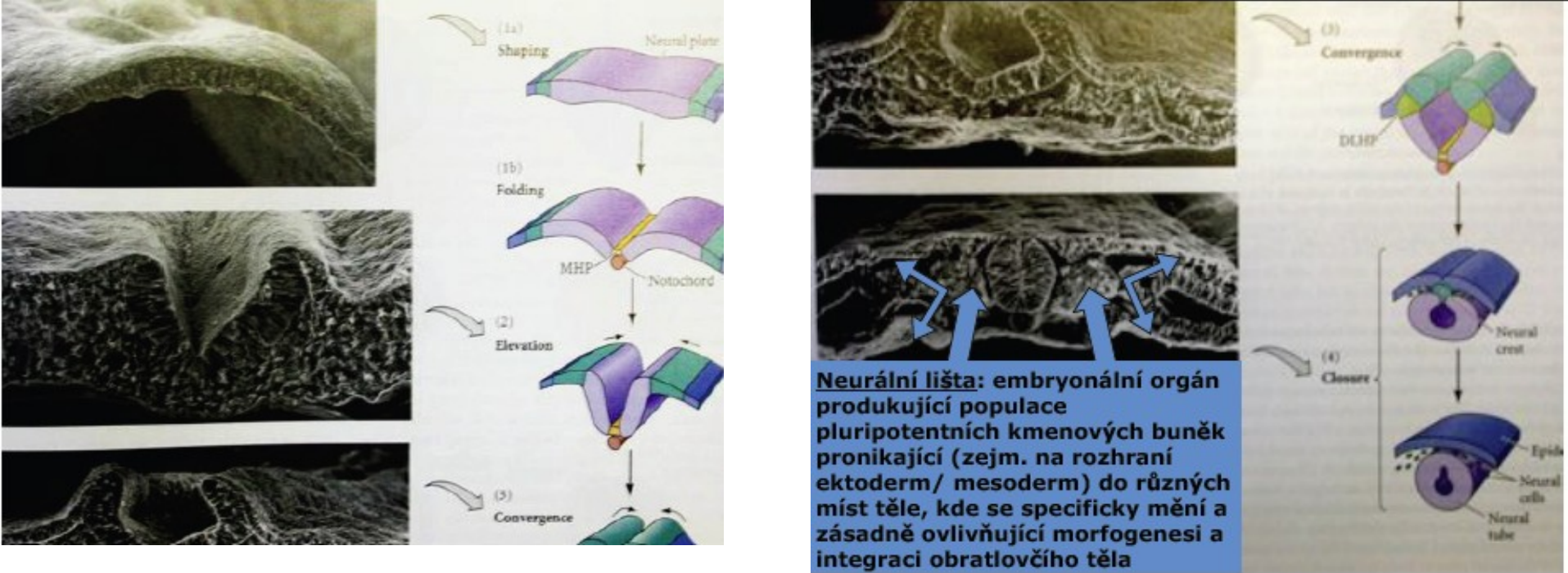
mezoderm

- (dermatom, myotom, sklerotom, nefrotoma gonotom) škára - **rybí šupiny, svalovina**, somatický endoskelet, **močopohlavní, cévní s.**
- senzorní 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 senzorní neurony, sympatická a parasympatická ganglia, Schwannovy buňky, endokrinní žlázy, dřev nadledvinek

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



Neurální lišta – základní apomorfie Craniata

Buněčné typy z neurální lišty

- Míšní ganglia
- Ganglia (para)sympatického systému
- Sekreční buňky endokrinních žláz
- Schwannovy buňky, endotel cév
- Chondrocyty, blastemy branchialní části viscrokrania
- Pigmentové buňky
- Odontoblasty, osteoblasty
- Vasoreceptoty
- Neuromasty, pouzdra smyslových orgánů na neurokraniu
-

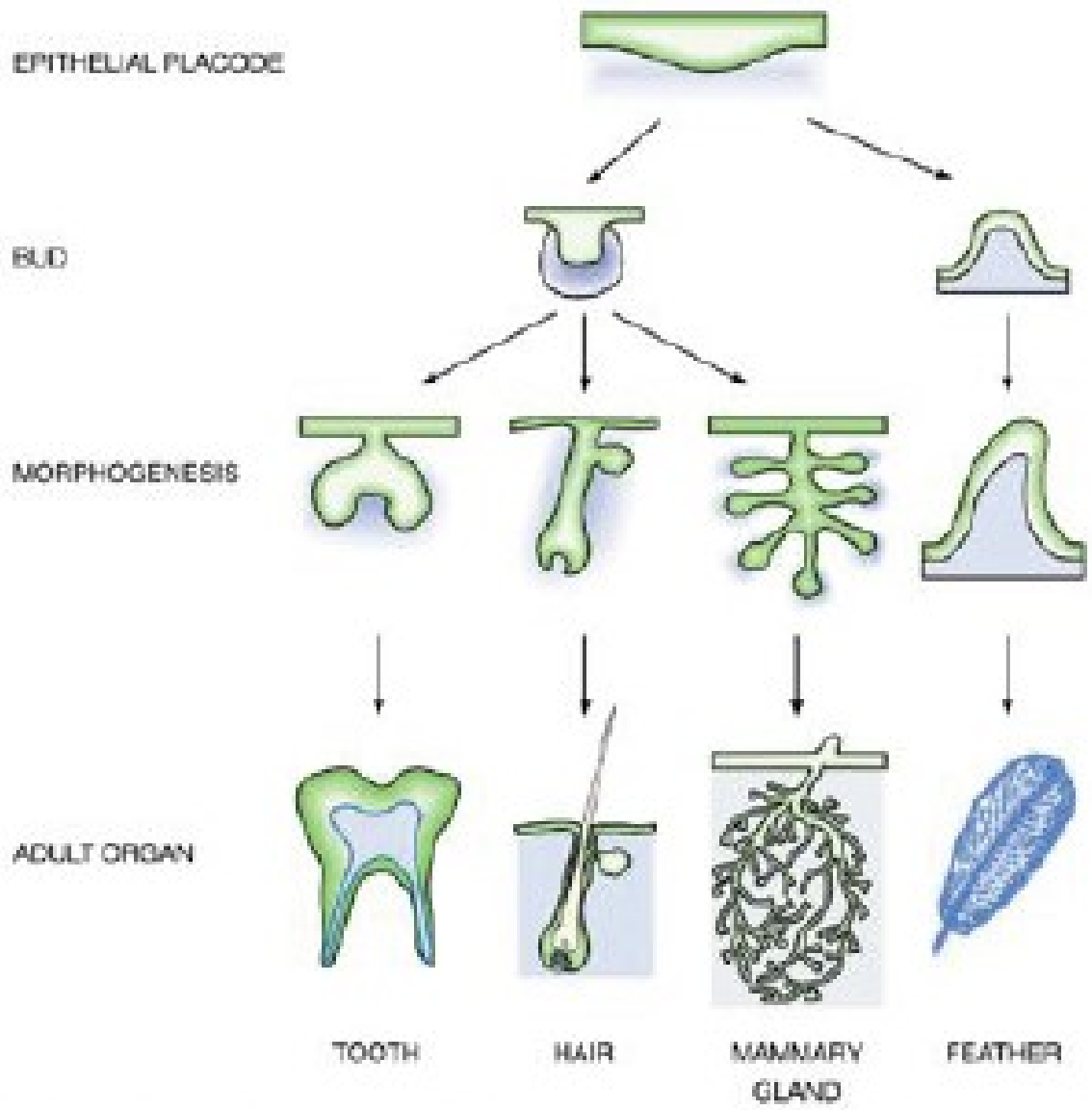
Neurální lišta –

Odstupuje od uzavírající se nervové trubice

Charakteristická emancipací, volnou pohyblivostí

1) buňky se seskupují do **blastémů** = místních kondenzátů budoucích orgánů (chupavek, NS...)

2) difúzně působí v celém těle (na rozhraní epitelů)
Jako agregace generalizovaných buněk =
mesenchym



Plakoidní dynamika

**= univerzální součást
Iniciační fáze
morfogeneze
nejrůznějších struktur**

Fig. 1. Development of ectodermal organs. Morphologically very different organs, such as the tooth, hair, mammary gland, and feather, develop from a common tissue: the epithelium (green) and the mesenchyme (blue). An epithelial placode is formed, which then buds either into or out of the mesenchyme. During morphogenesis the mesenchyme directs folding and branching of the epithelium, determining the shape of the organ.

Jinou klíčovou inovací morfogeneze Craniata jsou **plakody**: lokálně specifická organizační centra smyslových orgánů. Primárně jde o ektodermální struktury mimo NS.

Ektodermální plakody

Komplexní smyslové orgány

Vznik invaginací

Typy:

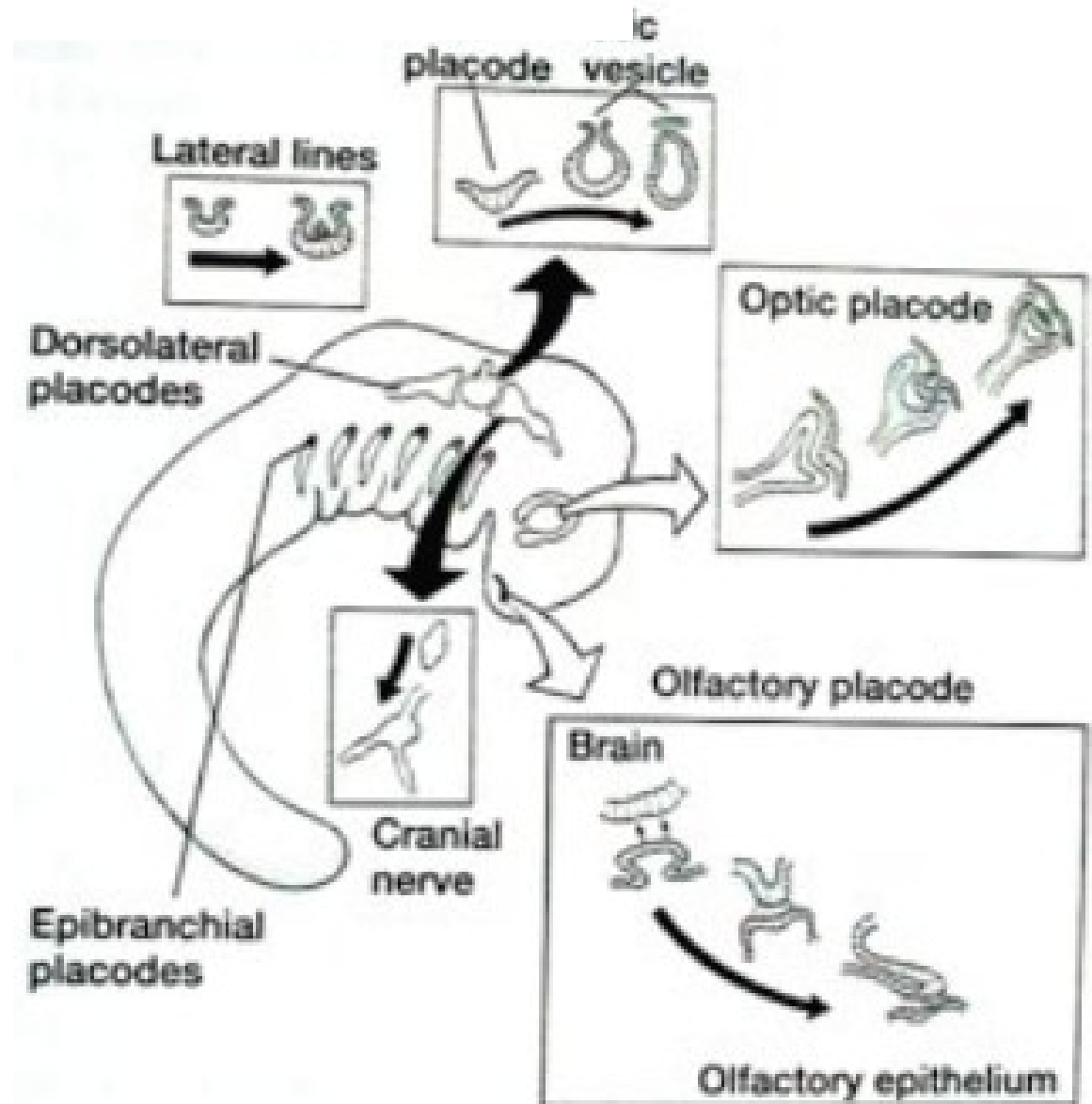
Epibranchiální

Dorsolaterální

Otické

Optické

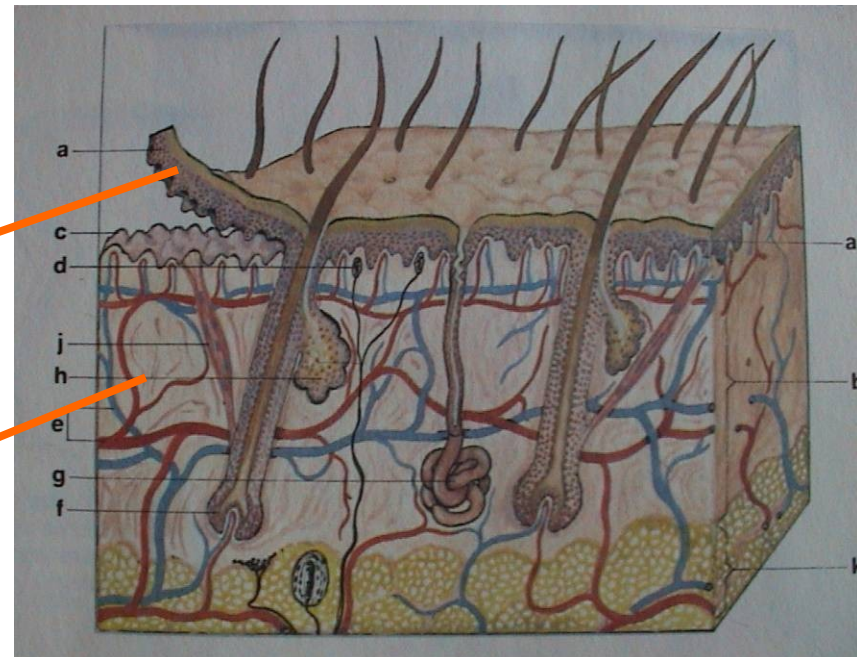
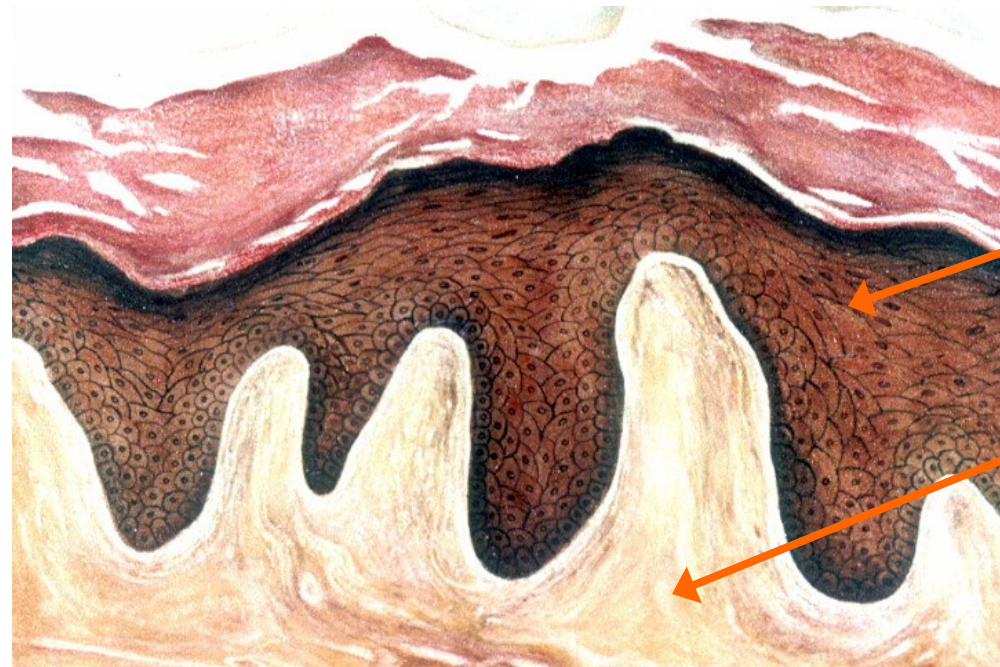
olfaktorické



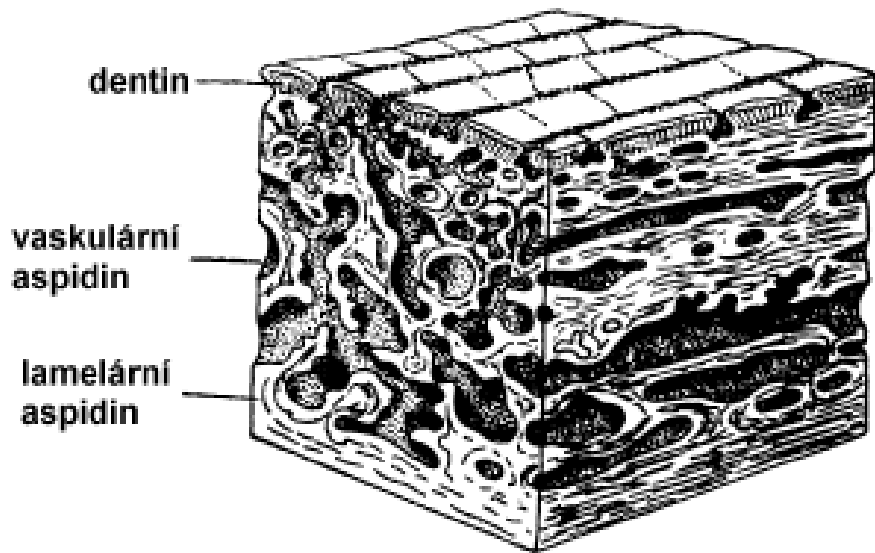
Pokryv těla (integument)

- Kožní deriváty: komplexní produkty interakce ekto-, mesodermu a mesenchymu: základní morfogenetický mechanismus !

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



Základ osifikační kaskády



Derivátem škóry jsou endesmálně vznikající kosti. 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

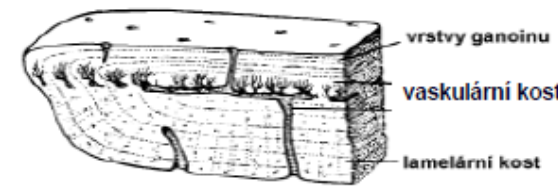
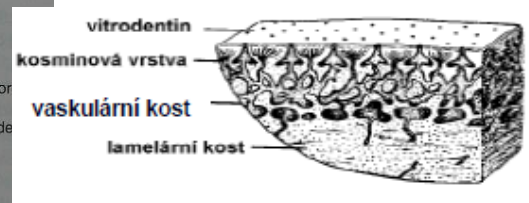
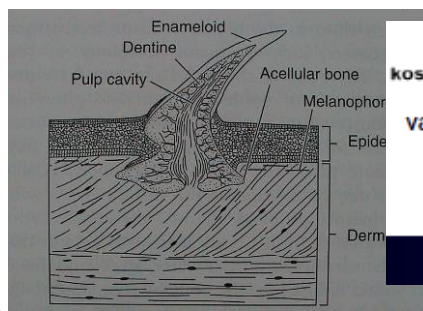
„AGNATHA“: kostěné štítky („Ostracodermi“)- druhotně nahá (mihule)

nahá

GNATHOSTOMATA: kostěné desky (Placodermi) - kostěné šupiny

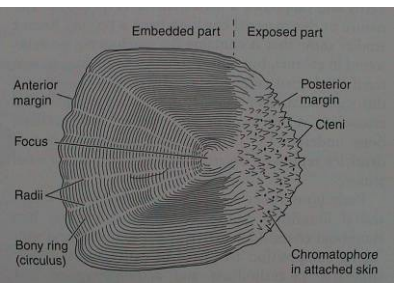
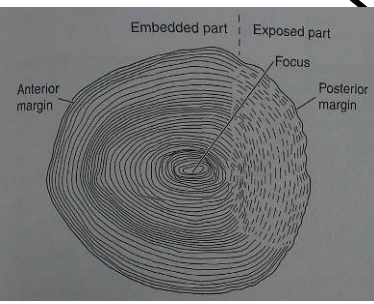
a) plakoidní (email + dentin) (Chondrichthyes) - zuby

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“

potní, mazové, pachové ž.

redukce

„plazi“, Aves

diferenciace

Mammalia

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.**

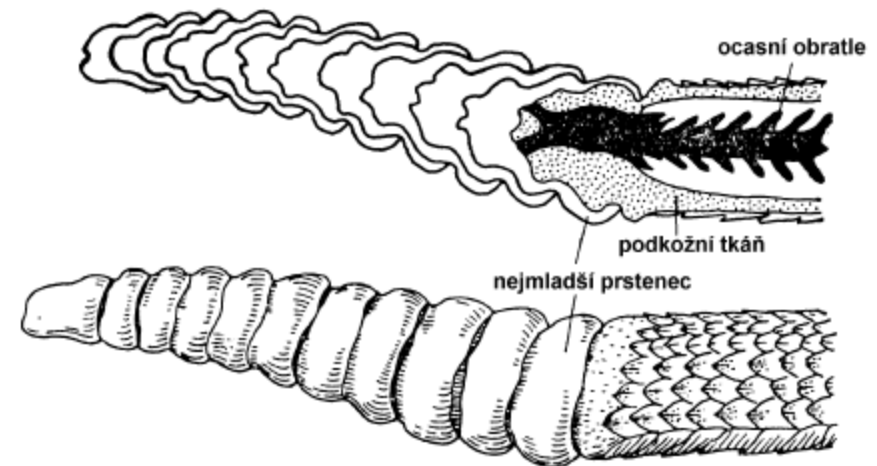
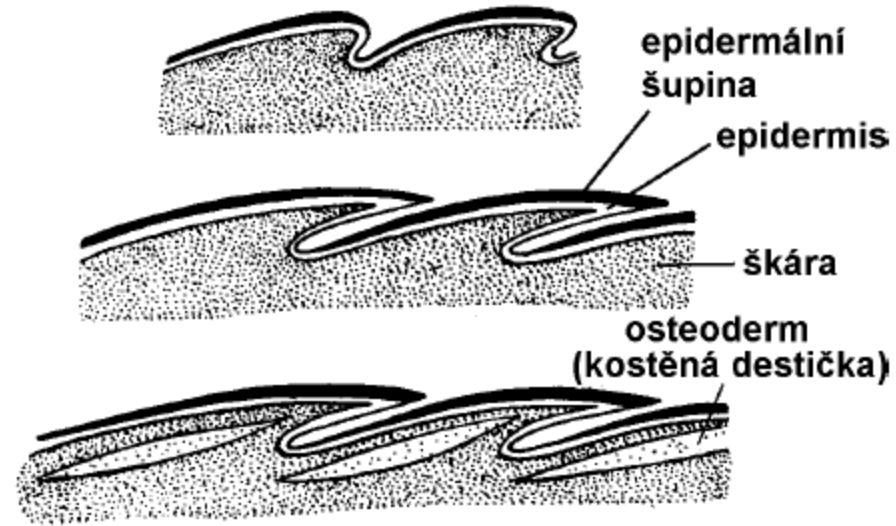
U plazů vznikají z kompaktní rohovité vrstvy šupiny nebo destičky.

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

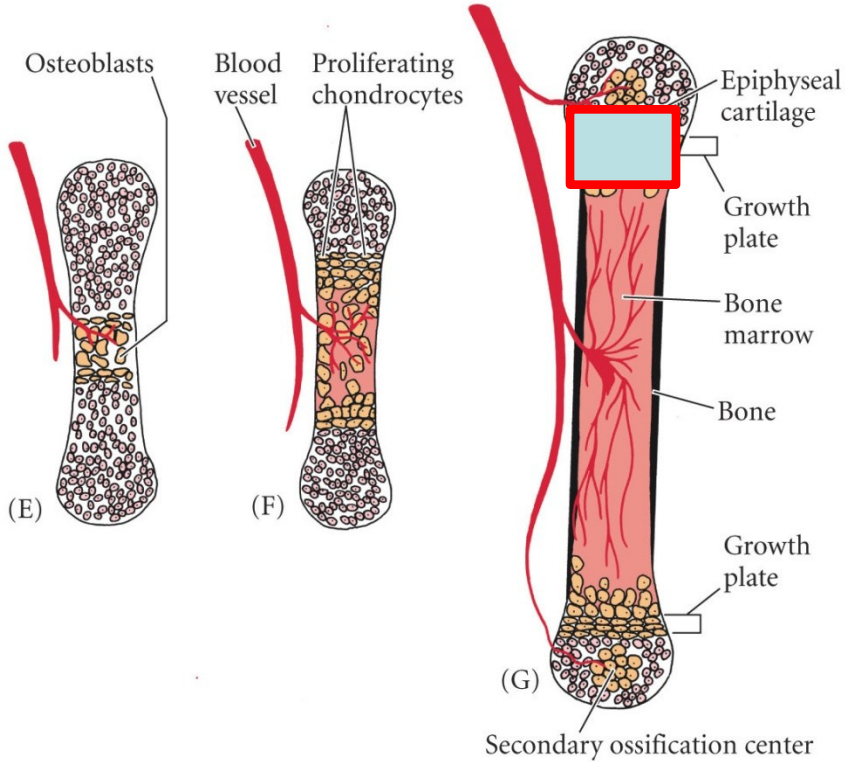
CHORDA zaškrcována rozvojem těl obratlů: redukce až úplné vymizení: Chondrichthyes, Actinopterygii, Lissamphibia, Amniota („Reptilia“, Mammalia, Aves)

ALE u všech obratlovců během zárodečného vývoje

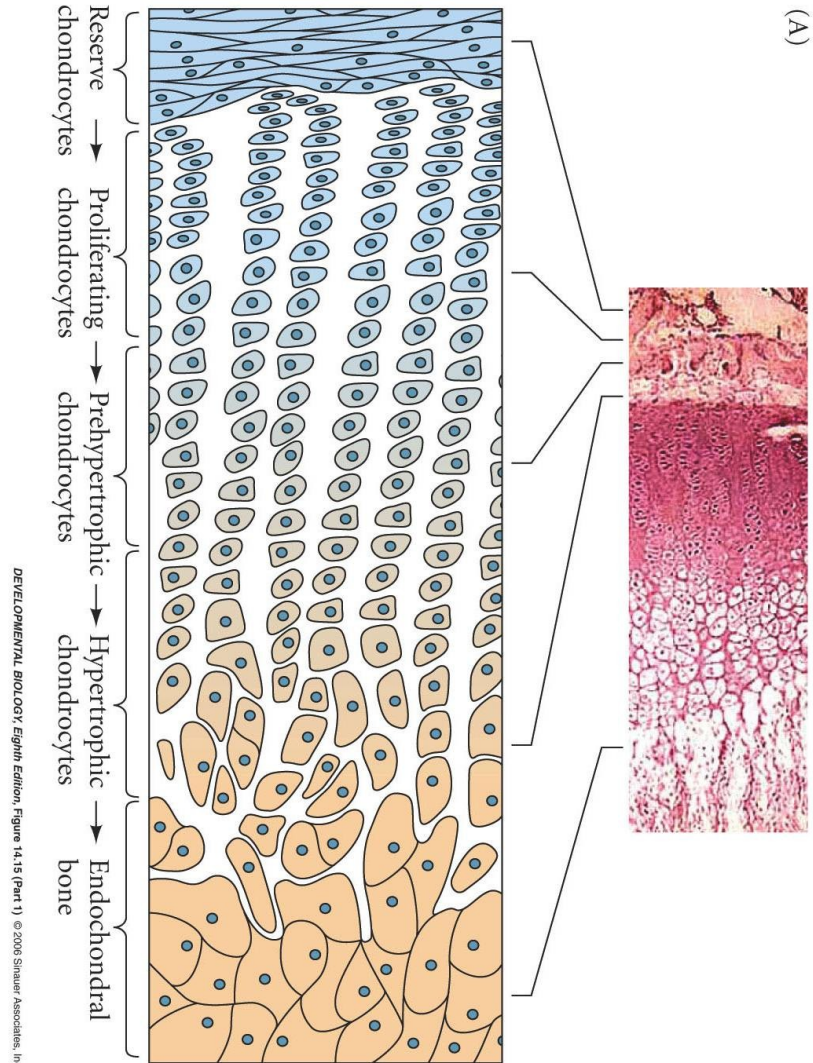
OSIFIKACE:

- **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



DEVELOPMENTAL BIOLOGY, Eighth Edition, Figure 14.14 (Part 2) © 2006 Sinauer Associates, Inc.



Oporná soustava

Mineralizace

Hydroxyapatit, metabolismus Ca

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

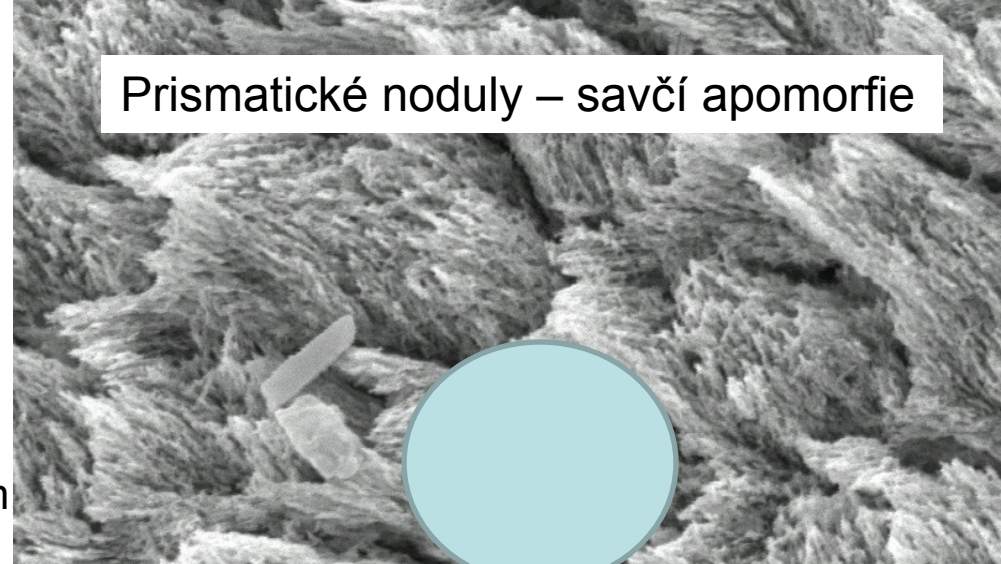
Dentin-zubovina, ne zpětná resorbce, živé odontoblasty

Kost-ukládání i vstřebávání, dynamický systém zásobárna Ca

přestavby - růst, regenerace

Hormonální kontrola

dle koncentrace Ca v plazmě

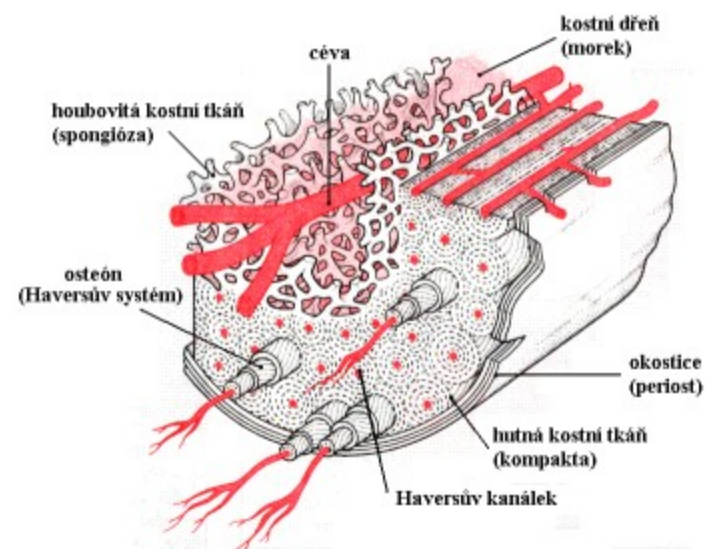
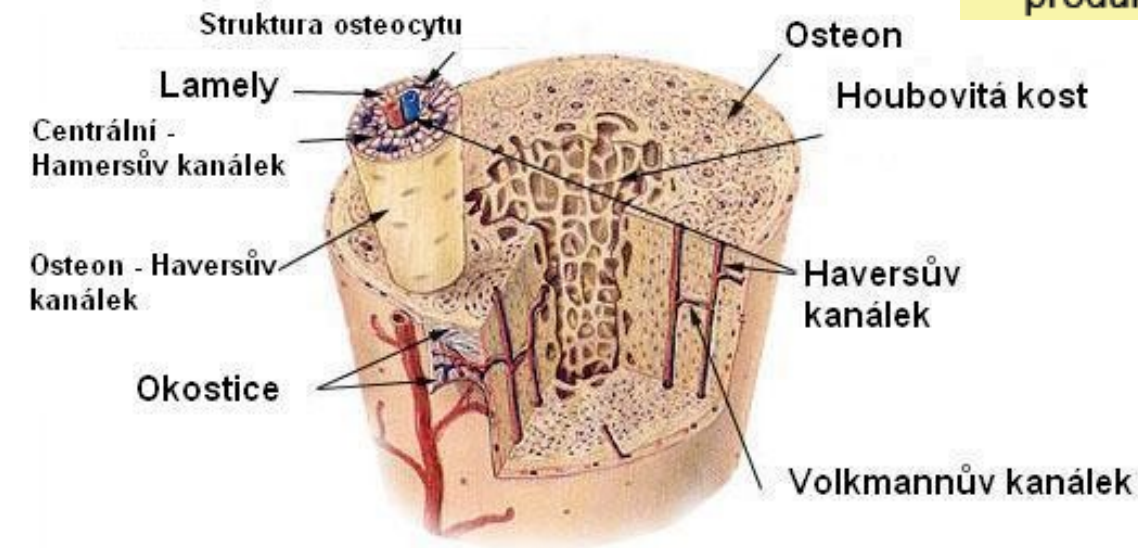


Prismatické noduly – savčí apomorfie

Sklovina (email, enamel, Schmelz):

kompaktní pleteň hydroxyapatitových krystalů (96%-anorganická, 1% organické hmoty, 3% voda): nejpevnější hmota obratlovčího těla (cf. 10 tun/cm²), inertní, ideálně fosilisuje. Je produktem **ameloblastů**,

STAVBA KOSTI



kost jako výsledné stadium osifikace může ale i zanikat kostra nebo její část může zůstat na stadiu chrupavky (doplňené persistující chordou).

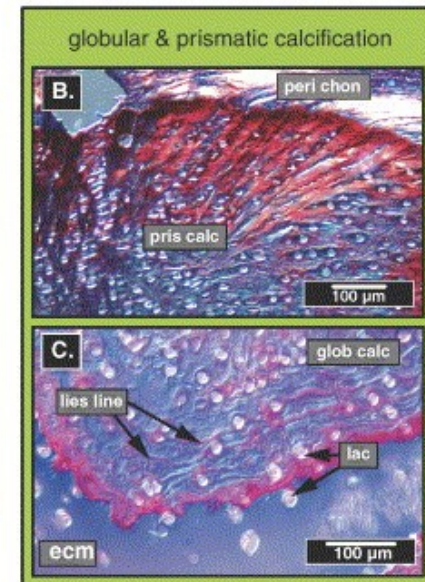
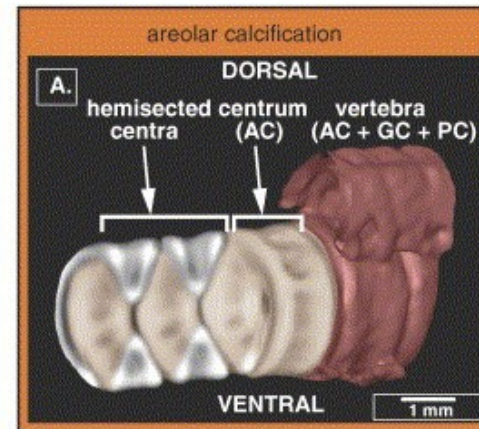
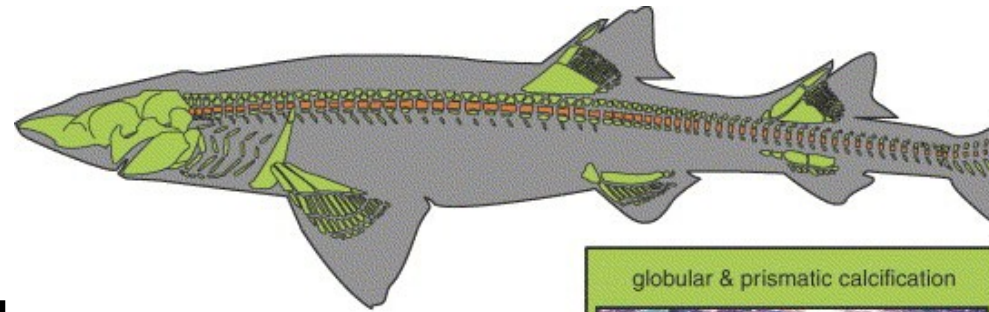
Tato chrupavka může být impregnována anorganickými látkami makroskopicky se podobá kosti, ale nevzniká však činností osteoblastů.

= **kalcifikovaná chrupavka**
(Chondrichthyes)

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)

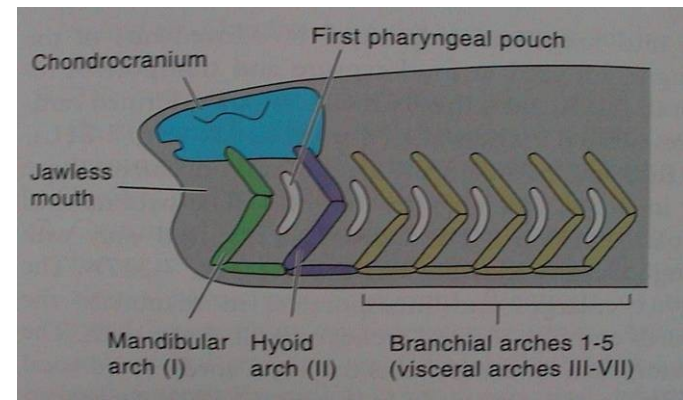
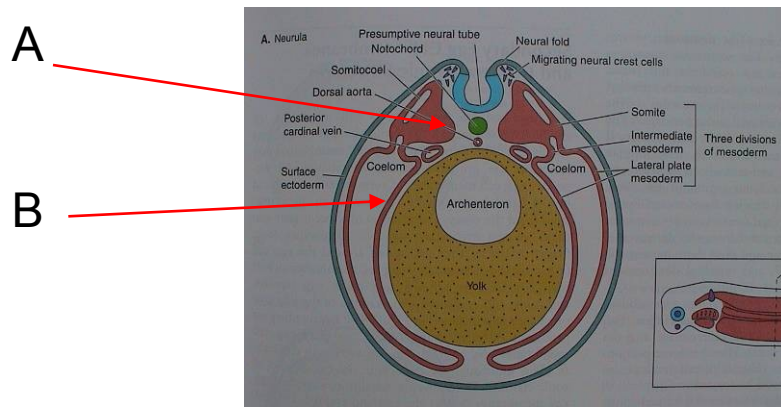
EXOSKELET (z vaziva): dermatoskelet, endesmálně pancíře, krunýře, rybí šupiny, krycí kosti lebky, část pásma přední končetiny (cleithrum, clavícula), břišní žebra krokodýlů a haterie

ENDOSKELET (vždy primárně chrup.): enchondrálně

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)

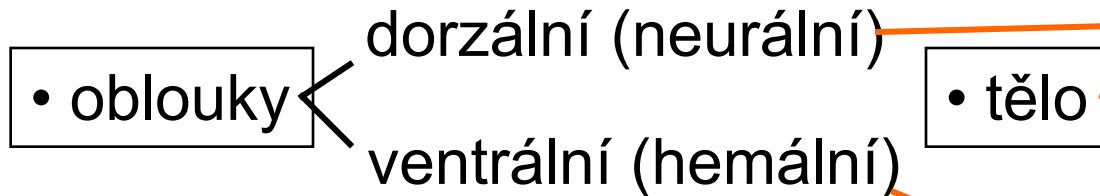
stěna embryonálního střeva, list mezodermu naléhající k entodermu žaberní oblouky, viscerocranium, sluchové kůstky



- 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

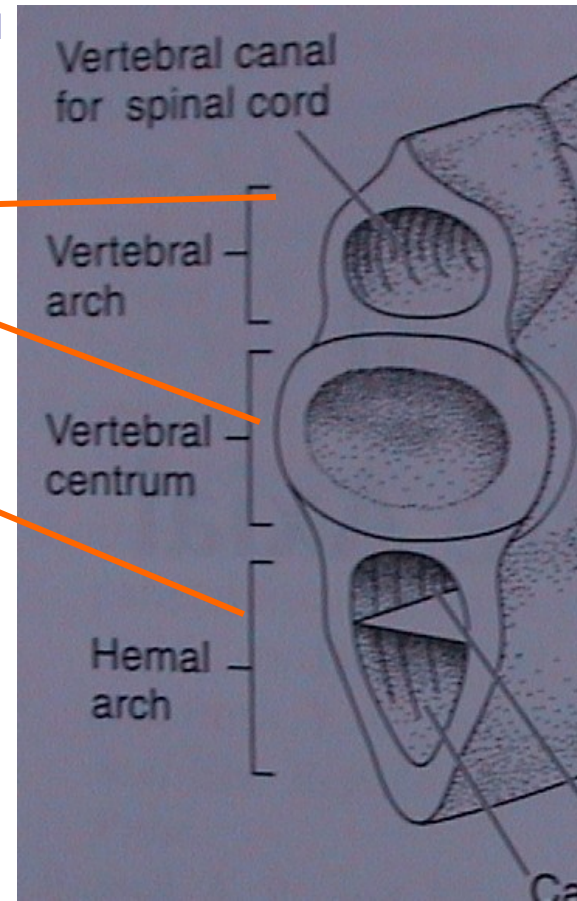


nejstarší částí neurální oblouky (mihule)

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

tělo obratle

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

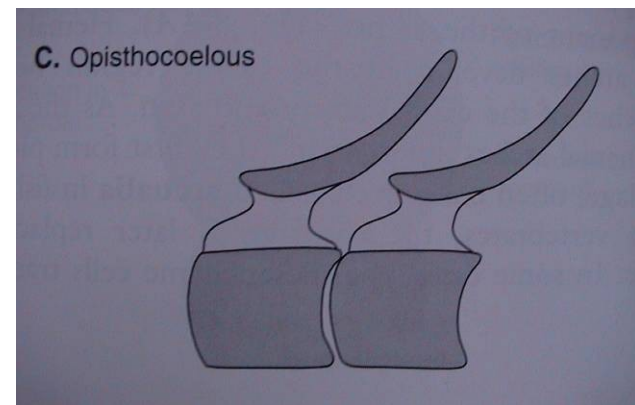
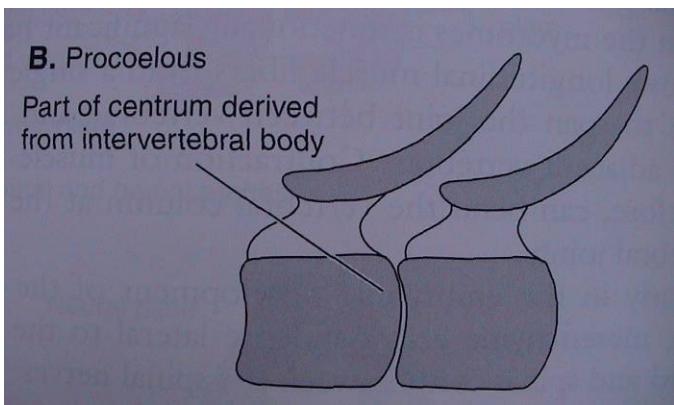
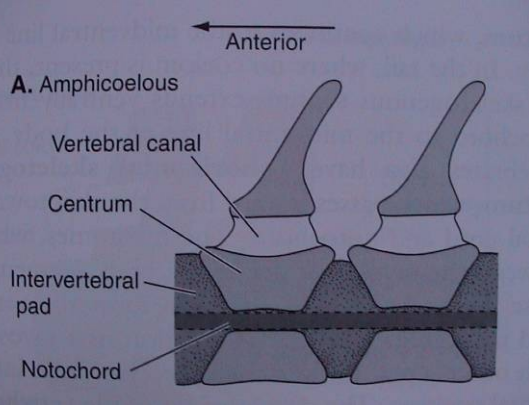


Typy obratlů podle těl: hlava ← → ocas

amphicoelní - původní
Chondrichthyes, Actinopterygii

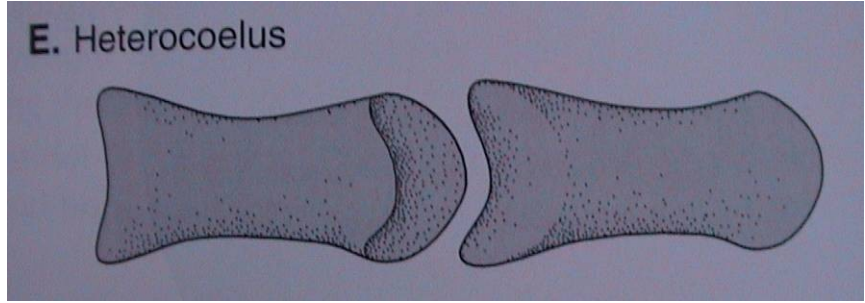
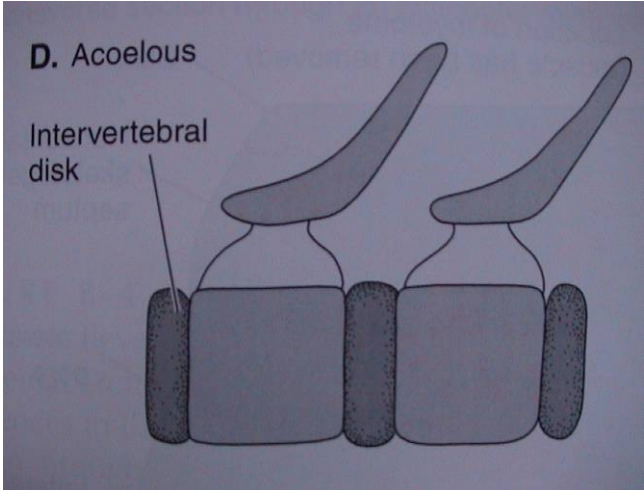
procoelní
Anura, Reptilia

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)

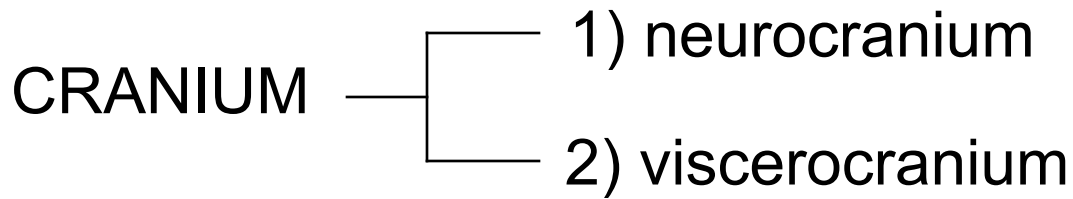
vymizení
(Anura, Apoda-červoři)

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

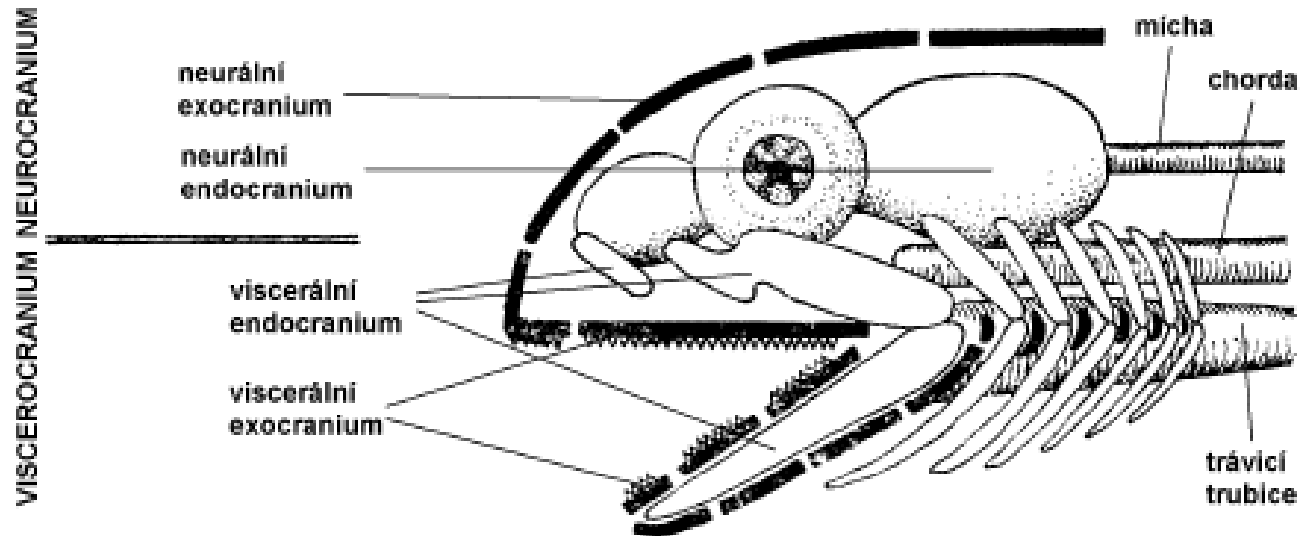
Anura – „Sauria“ - Aves (+crista sterni) - Mammalia
(manubrium, corpus, processus xiphoideus)

chybí: Caudata, Ophidia

- **lebka – cranium, apomorfie obratlovců**

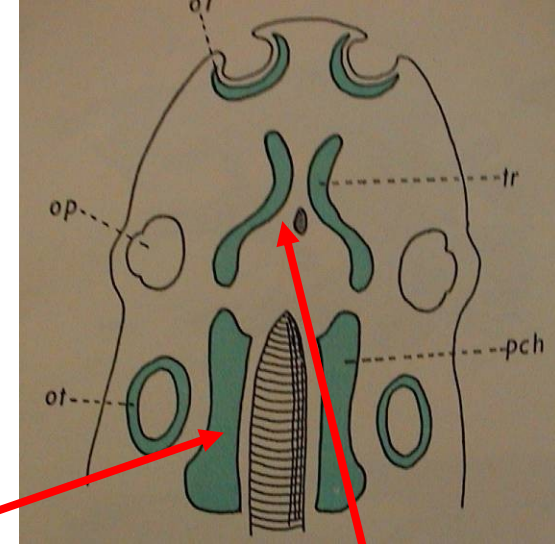


Obě tyto části se skládají z **dermálních i chondrálních kostí**, a označujeme je proto jako **neurální exocranium** (vnější část schránky lebeční, která je tvořena dermálními kostmi) a **neurální endocranium** (vnitřní část schránky lebeční, tvořená kostmi enchondrálního původu). Podobně viscerocranium 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:

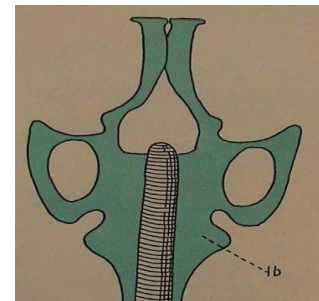
v komplexu **sphenoidale** = **kost klínová a kost týlní**

- spodina lebeční -

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

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

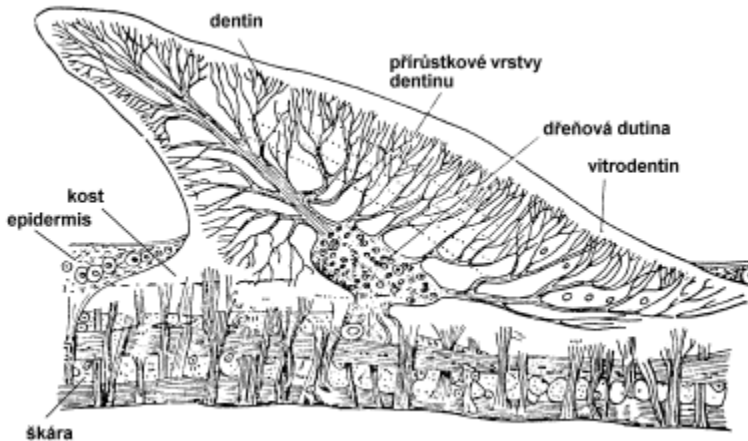
- lebeční klenba: nasale, frontale, parietale, jugale, lacrimale, intertemporale, supratemporale, squamosum, occipitale
- patrový komplex: **pterygoidy**, para-, bazi-, praesphenoid, **vomer**, ossa palatina



srůstem bazální ploténka

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 a hltanu

Dentice – integrovaný celek u Amniot

Produkován zubní lištou

Anamnia –

zuby na všech kostech

ústní dutiny

Např. požerákové zuby

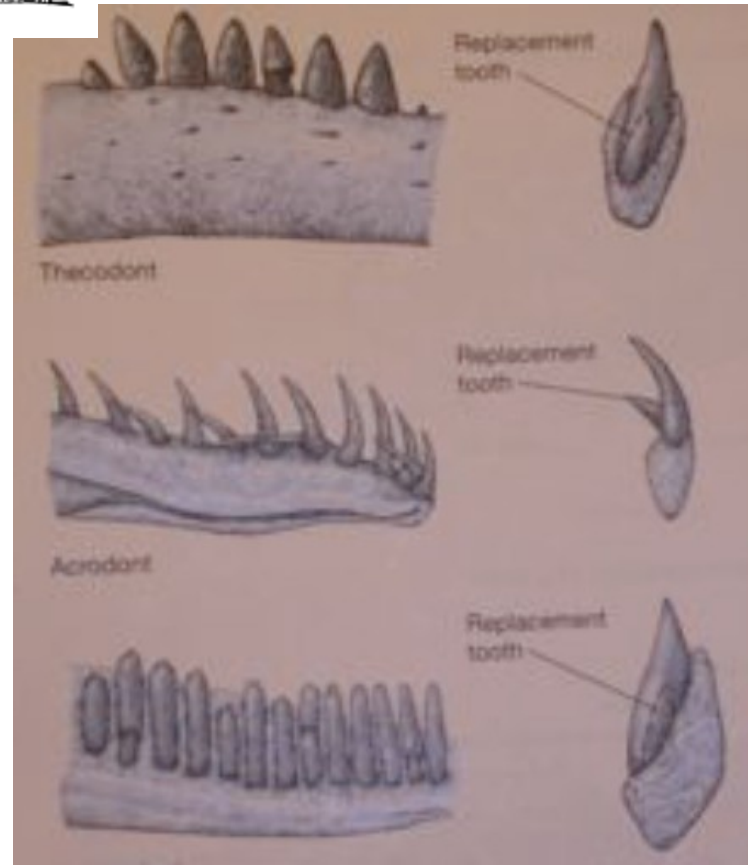
Amniota –

Zuby na dermálních kostech

Sekundární ztráty zubů

Želvy a ptáci

či extrémní rozvoj - savci

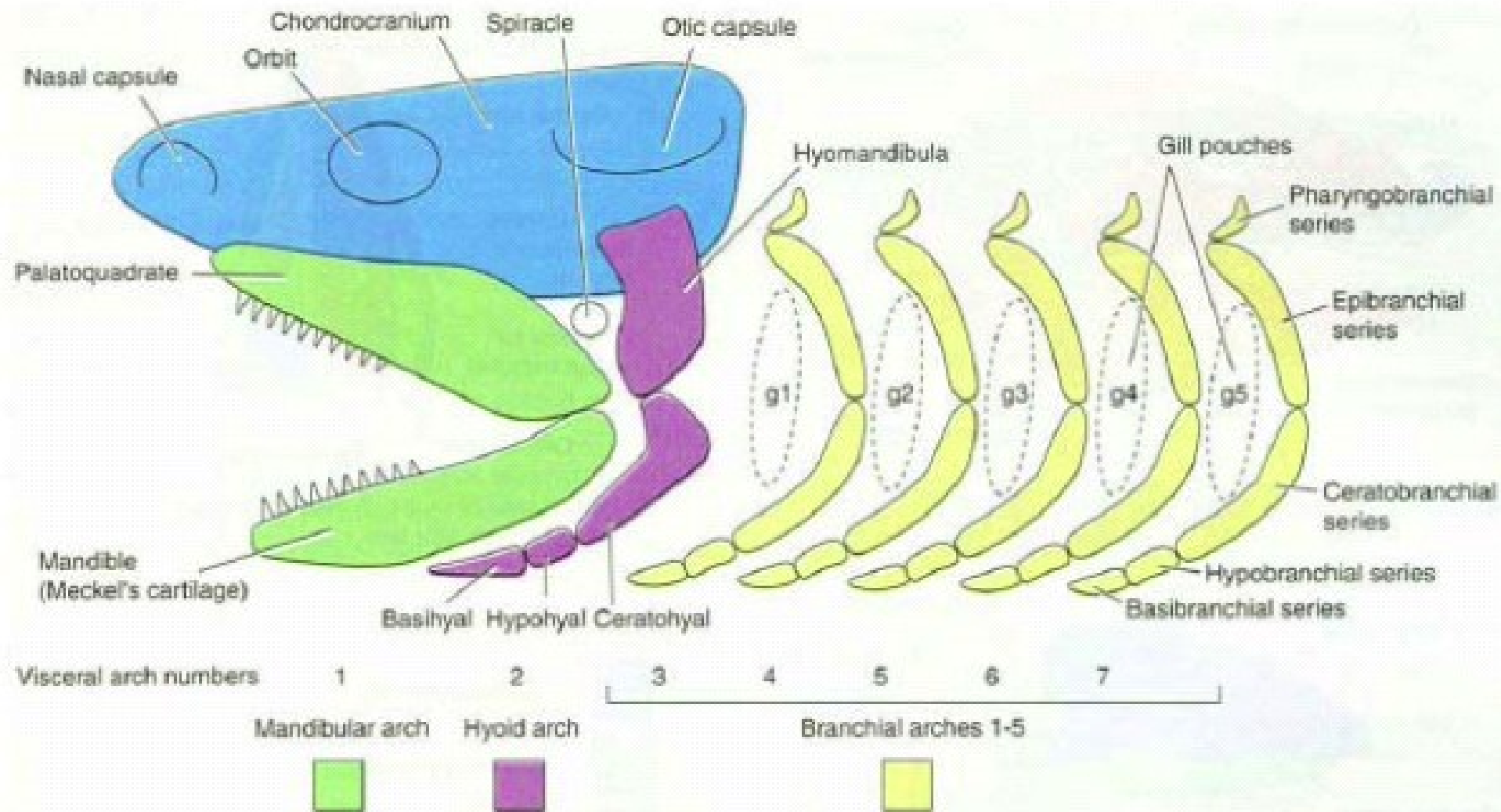


Spojení zuby s čelistí

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 – původně 9, kruhoústí

0. (2) – praemandibulární, 2 zmizely

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

Horní: palatoquadratum – quadratum - - kovadlinka (incus)

Dolní: mandibulare – articulare – kladivko (malleus)

2. (1) – jazykový (Hox a2 gen)

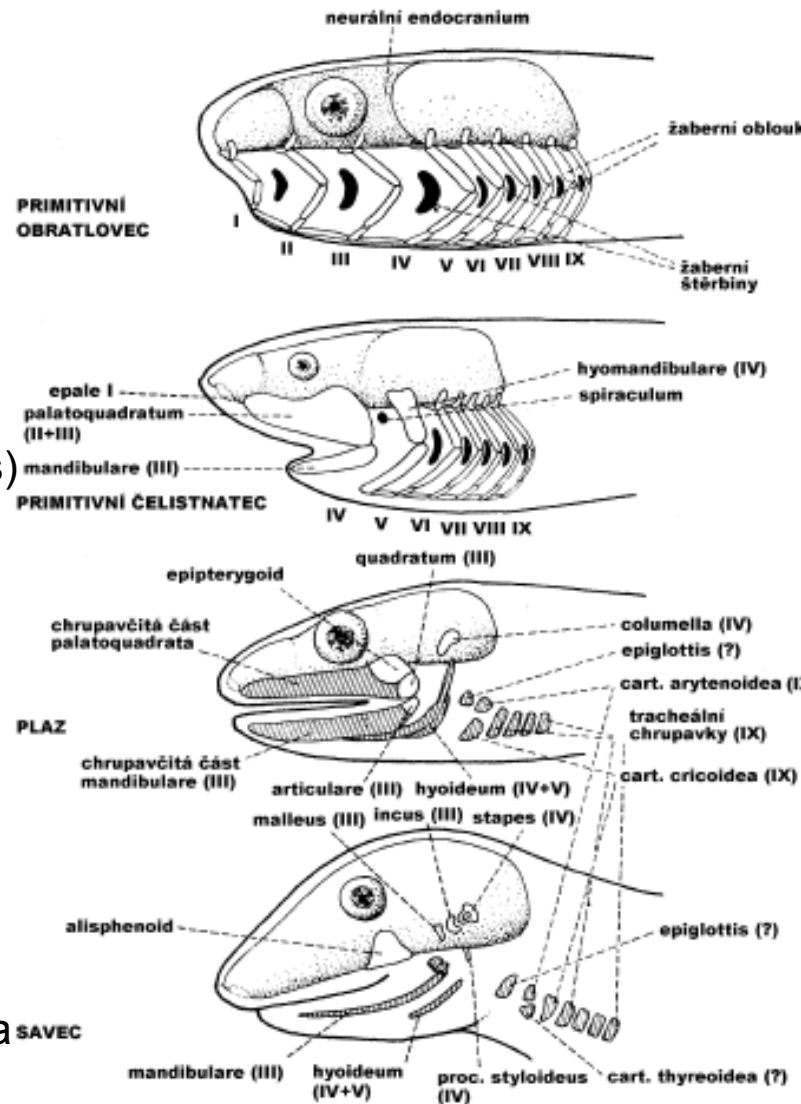
Horní: hyomandibulare – columella – třmínek (stapes)

Dolní: hyoideum – rohy jazyky – jiné části jazyky

3. Opora žaber (vodní) – části jazyky (Tetrapoda)

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

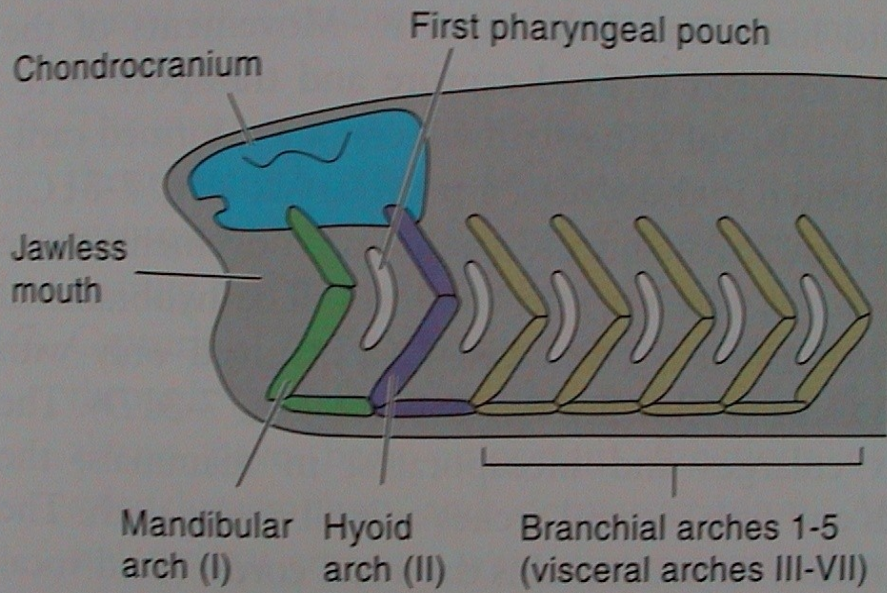
7. Opora žaber – Chondrichthyes až k vymizení Tetrapoda



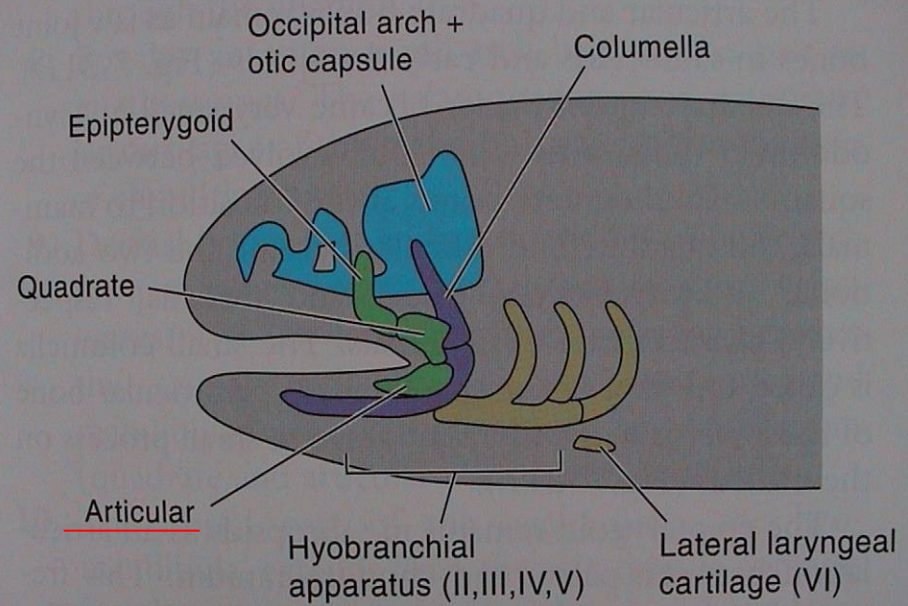
EXOSKELET (dermální) – jen kostěný

horní čelist: praemaxillare, maxillare

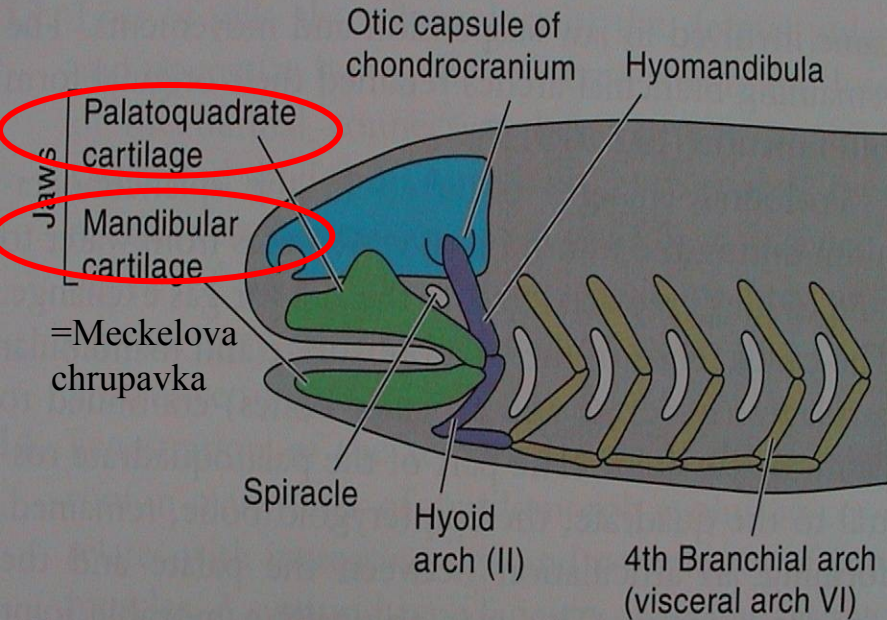
dolní čelist: dentale (mandibula), angulare



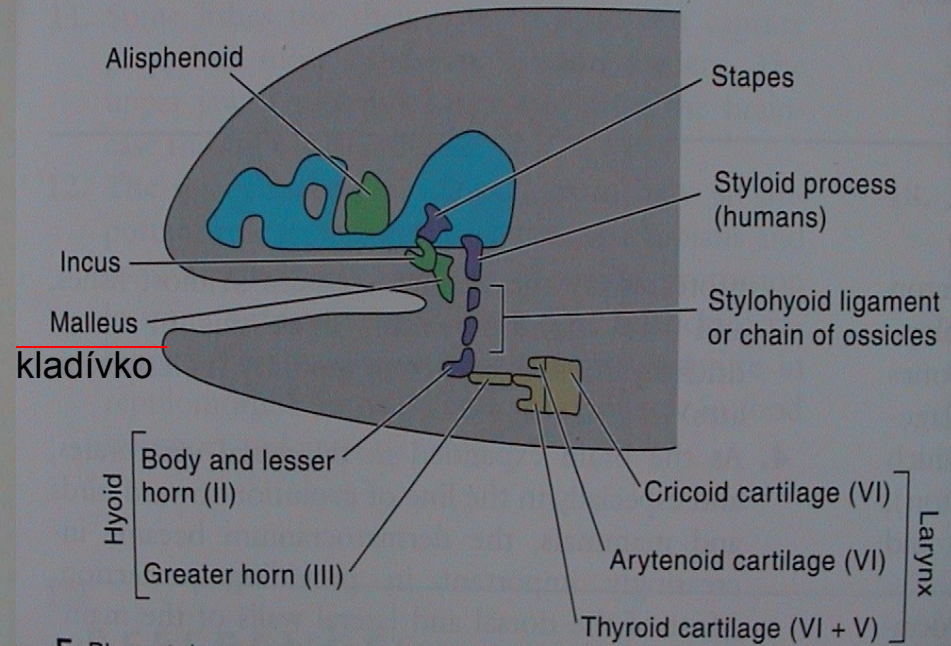
A. Hypothetical jawless condition



C. Hypothetical early tetrapod

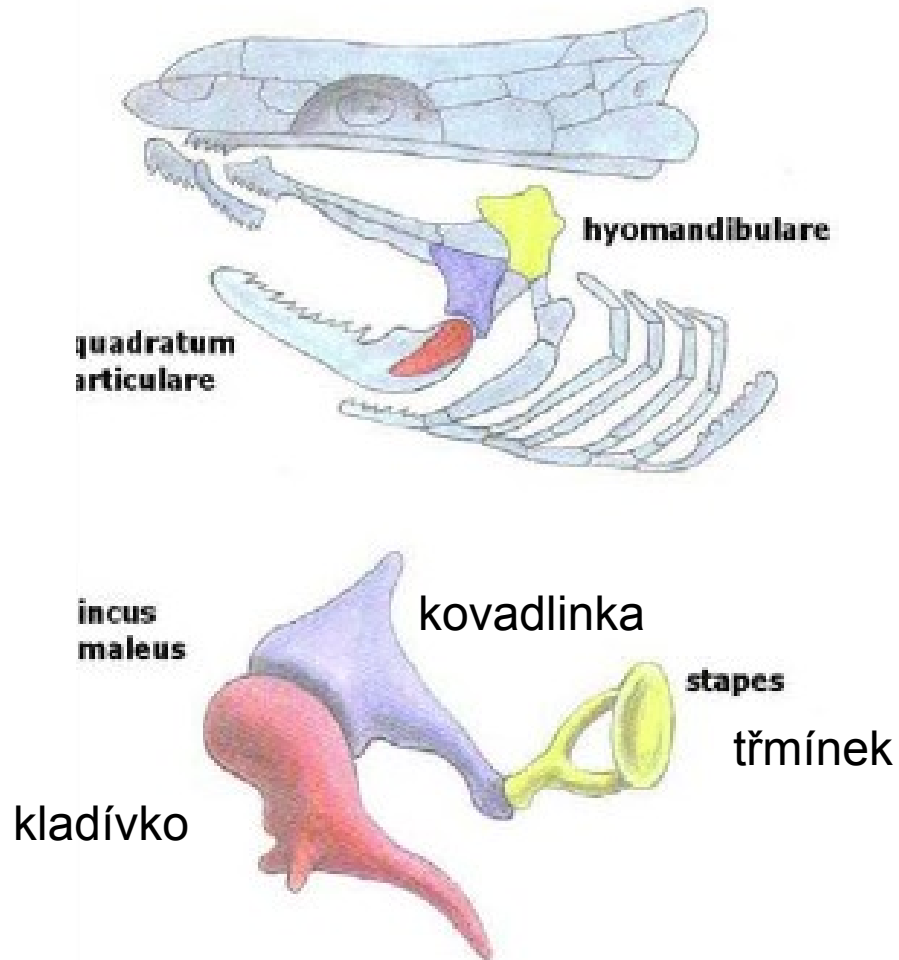


Primitivní pancířnatí, paryby a trnoploutví



E. Placental mammal

původ sluchových kůstek u savců
(Gaupp-Reichertova teorie)



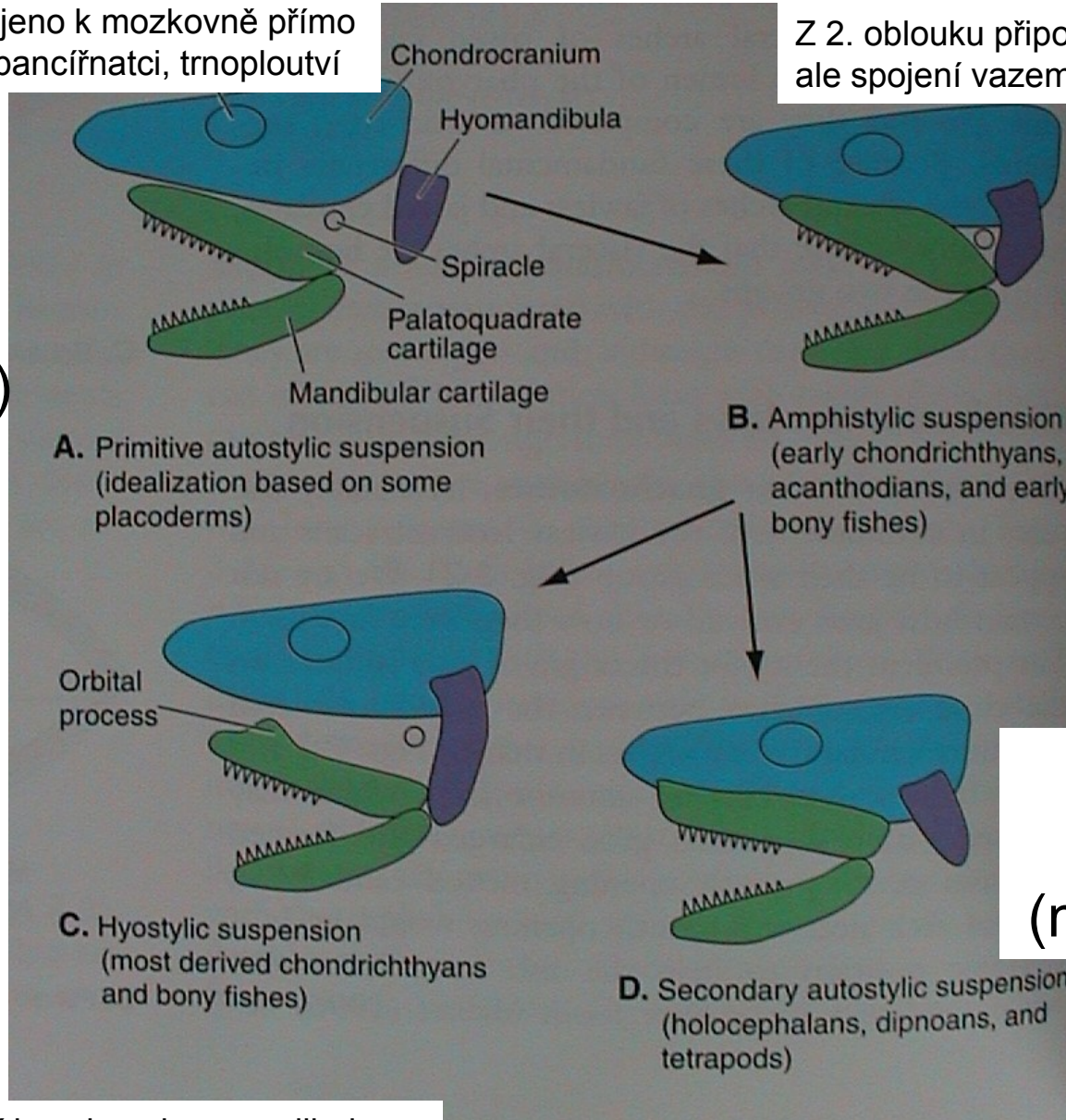
Připojení viscerocrania k neurocraniu

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

Z 2. oblouku připojeno hyomandibulare, ale spojení vazem zachováno

autostylie
(euautostylie)

amphistylie



hyostylie

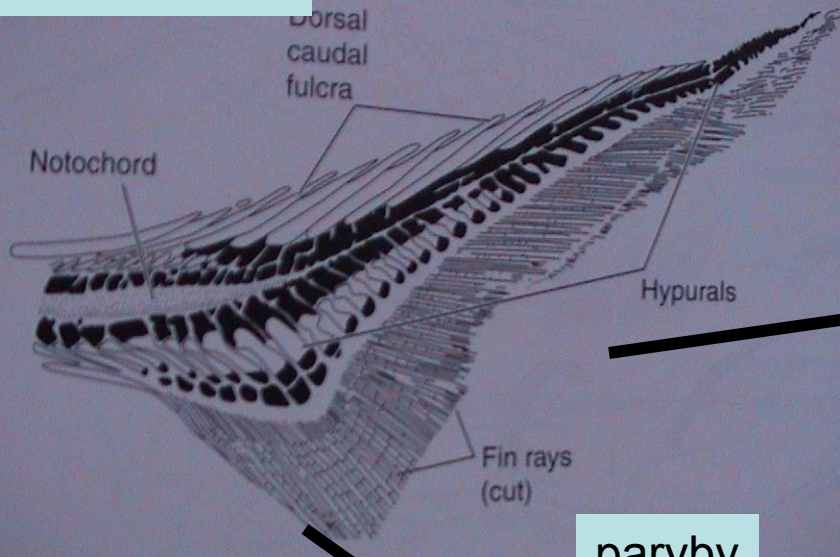
sekundární
autostylie
(metautostylie)

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

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

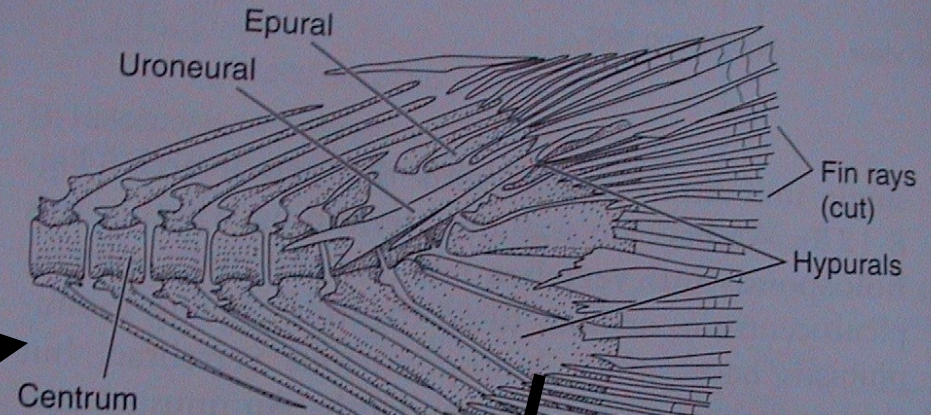
Nadnášecí fce, volné spoje mezi obratli vs homocerkní ploutev ryb pinna caudalis

heterocerkní

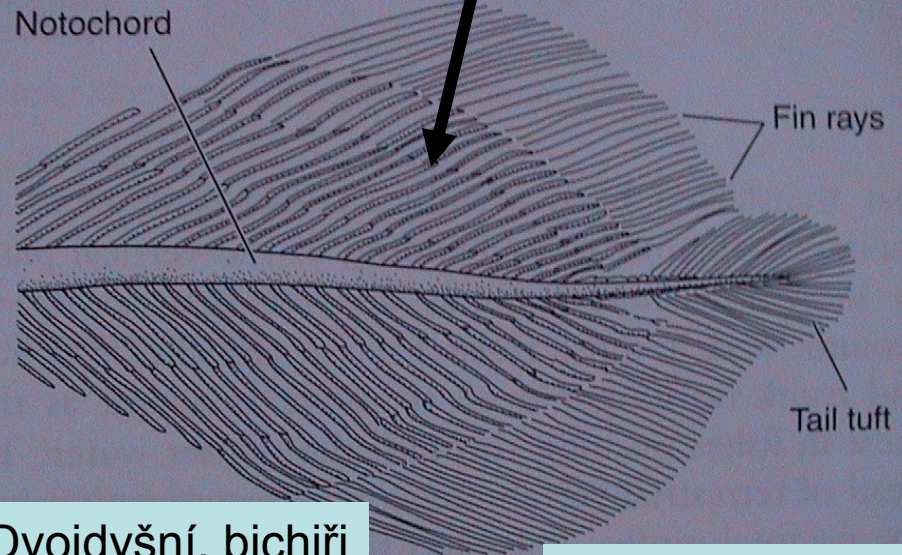


paryby

homocerkní



Actinopterygii



Dvojdyšní, bichiři

difycerkní

Hypuralia = přeměněné hemální oblouky, ohyb nahoru

kostra končetin

„Agnatha“

primární je vlnění – význam nepárových

nepárový ploutevní lem – chrupavčité paprsky párové až při přechodu na souš

Gnathostomata

vodní obratlovci – ichthyopterygia (ploutve)

A) Nepárové ploutve – ocasní (C), hřbetní (D), řitní (A)

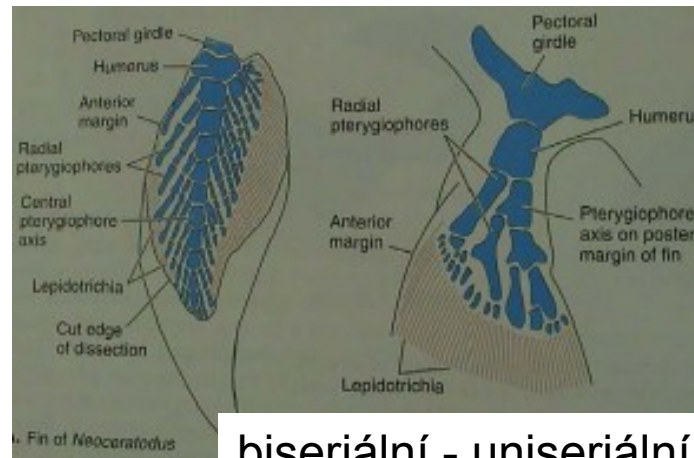
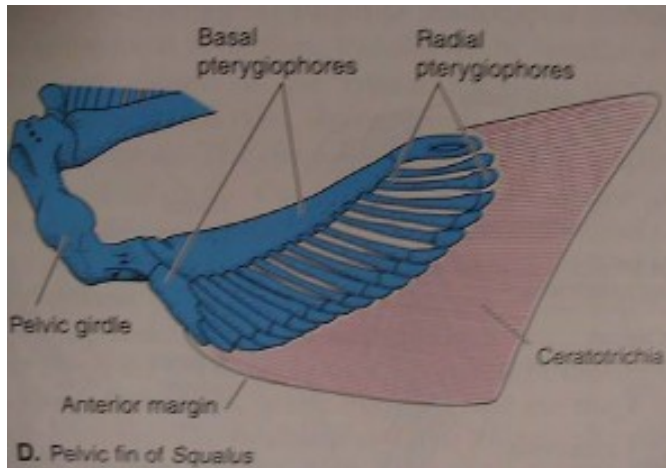
fixace v trupu – **pterygiophory** D a A, v páteři C

volná končetina: paprsky

Ceratotríchia (Chondrichthyes)

Lepidotrichia (Actinopterygii)

Camptotríchia (Dipnoi)



biseriální - uniseriální

B) Párové – prsní (P), břišní (V)

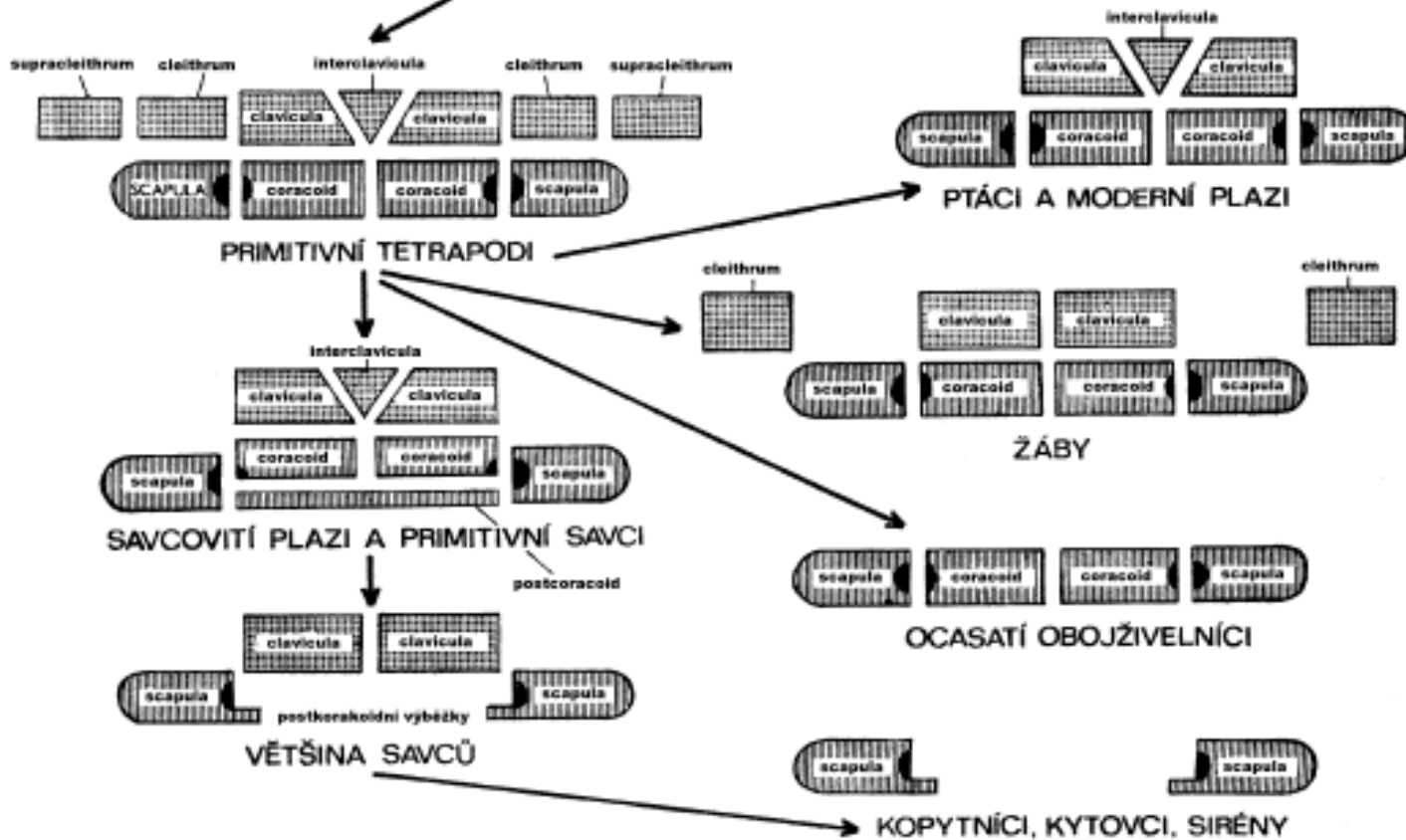
Fixace v trupu: pásma (lopatkové, pánevní)

volná končetina:

Basalia-radialia-paprsky



Dermální kosti lopatkových pletenců



Cleithrum

ryby – na okraji žaberního koše, v bázi prsní ploutve

časní obojživelníci

komplex cleithrum/lopatka

-uvolnění od spodiny lebeční

--pohyblivost hlavy samostatně

Amniota - chybí

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

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

paraby – proximální 3 bazální pterygiofory = **bazália**

Za nimi řada radiálních pterygioforů = **radiália**

Actinopterygii – bazália vymizela, radiália zkrácena

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

Vodní amniota – ichtyosauři, kytovci, sirény, ploutvonožci

– zvýšení počtu prstů (**polydactylie**) a prstních článků (**polyfalangie**)

Pletenec zadní končetiny

pánevní pásmo

paraby – 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

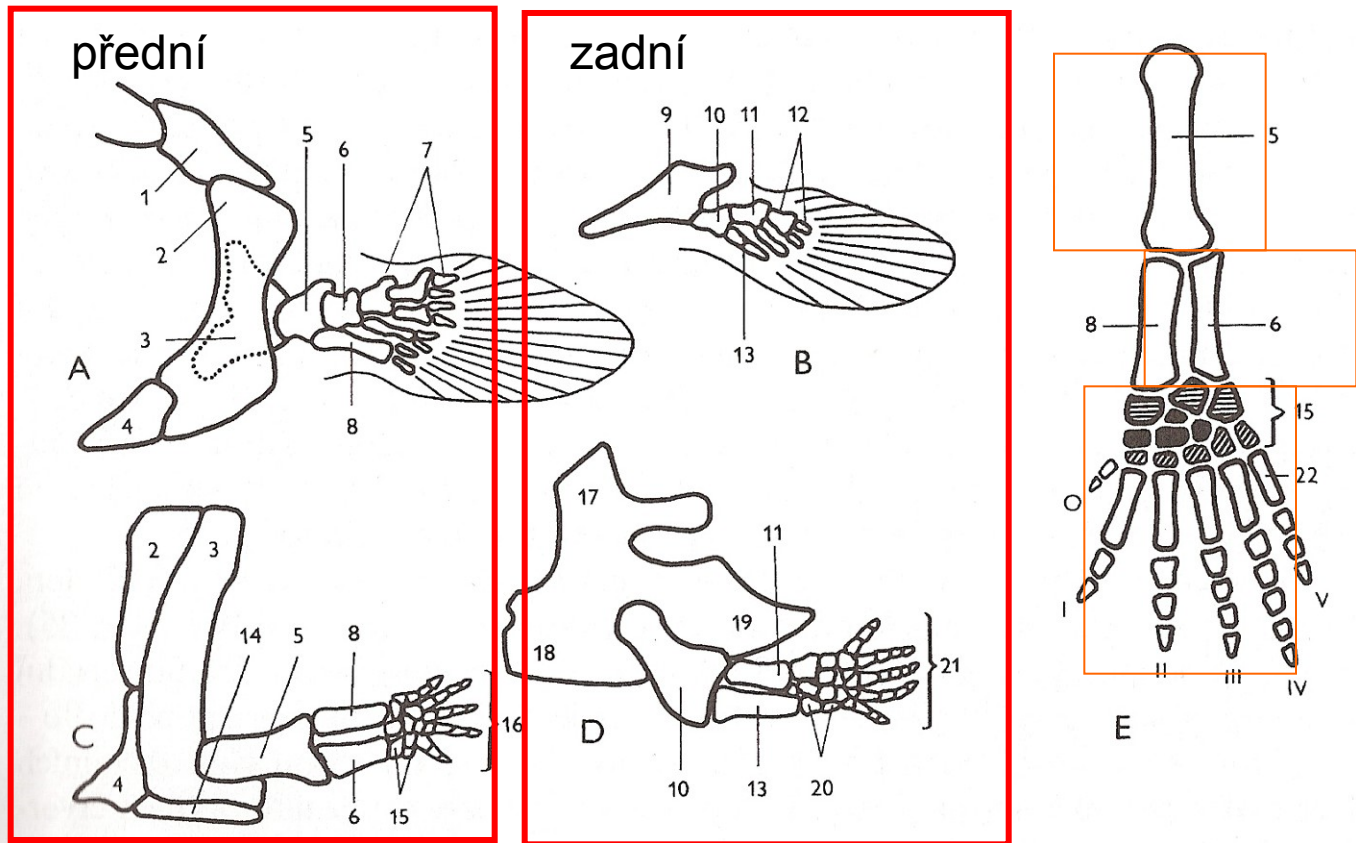
Actinopterygii – bazália i radiália vymizela, paprsky (**lepidotrichia**) dosedají rovnou na basipterygium

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

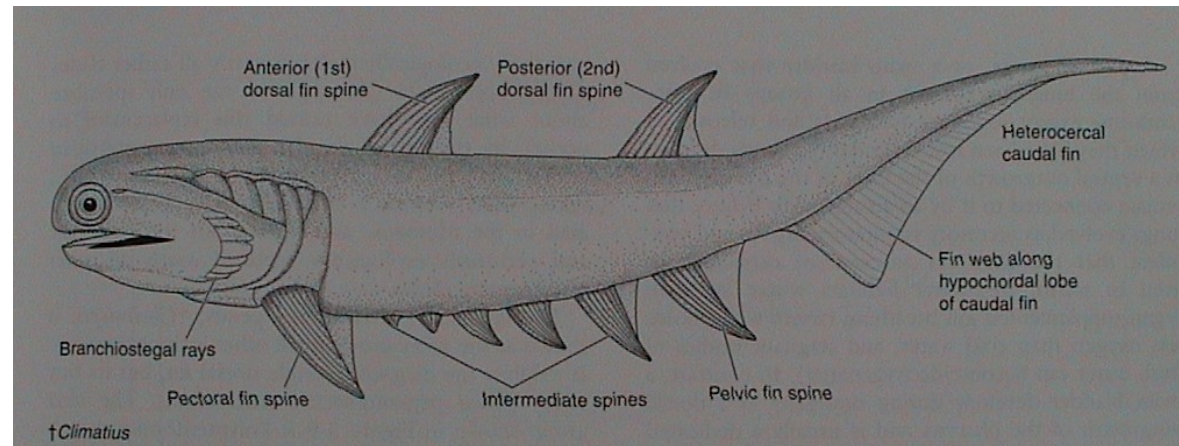
z uniseriálního
nespecializovaného
archipterygia,
Rhipidistia
(Sarcopterygii)

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.

Vznik párových ploutví

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

Acanthodii– trnoploutví



2) Archipterygiová teorie (Gegenbauer) – diferenciaci homologonů žaberních oblouků

3) EVO-DEVO – exprese Hox 13 (maximální v ocasním segmentu embrya a pak v končetinových základech)

• svalstvo

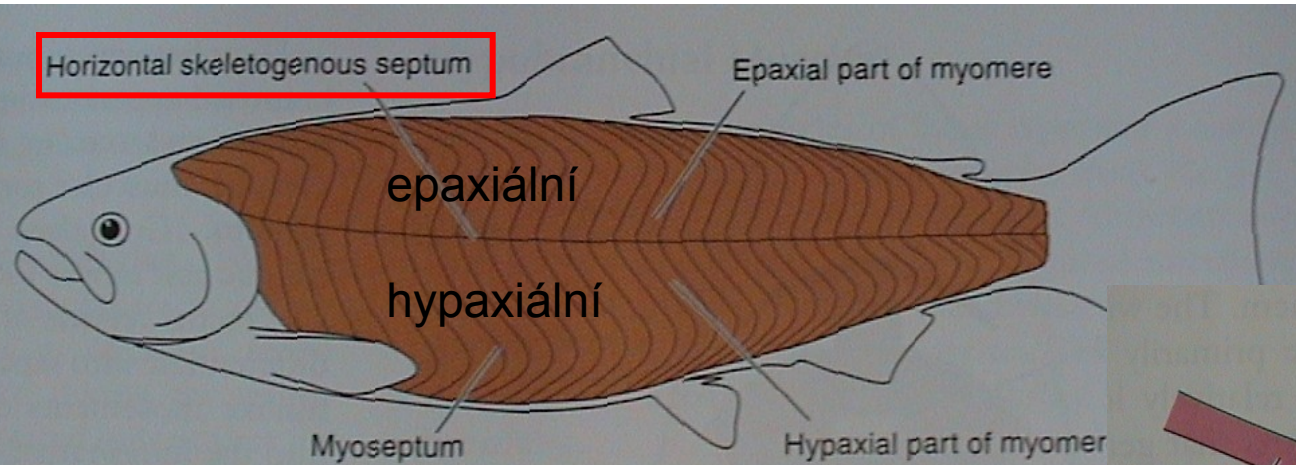
kontrakce svalových vláken

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)

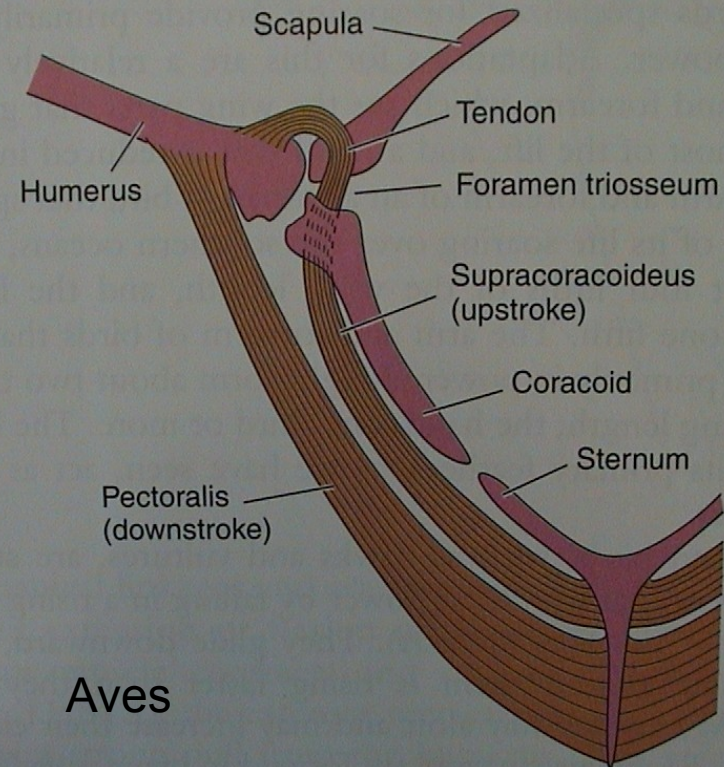
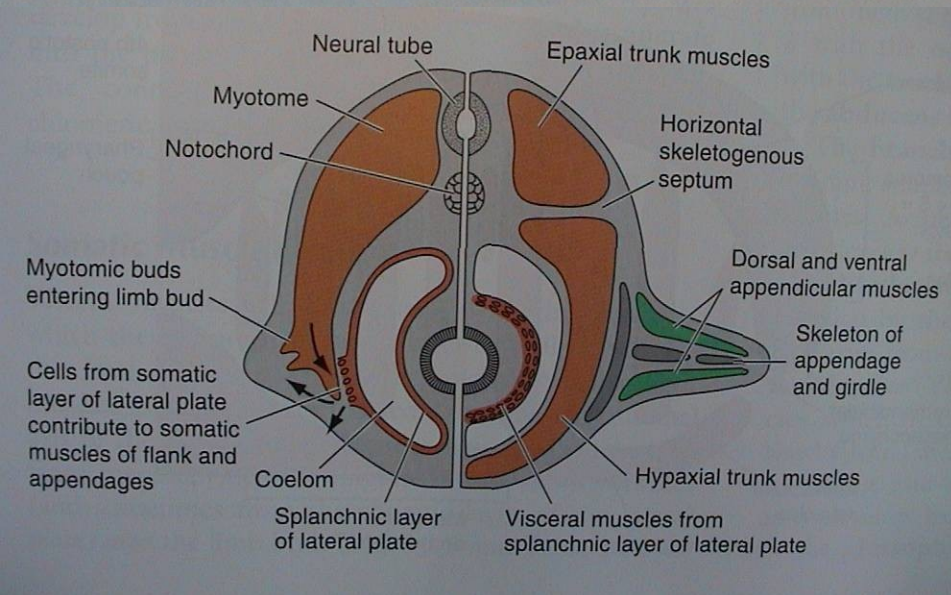
kožní svalovina –mezodermová vrstva, z dermatomu (čepýření peří, ježení srsti)



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)

1. Prosencephalon
2. Rhombencephalon
3. Mesencephalon (stř. mozek)

C+D) **5 částí**

4. Telencephalon

savci mají na spoji hemisfér
corpus callosum

5. Diencephalon (mezi-)

3. Mesencephalon

za tvorbu odpovídají HOX

Otx, Emx

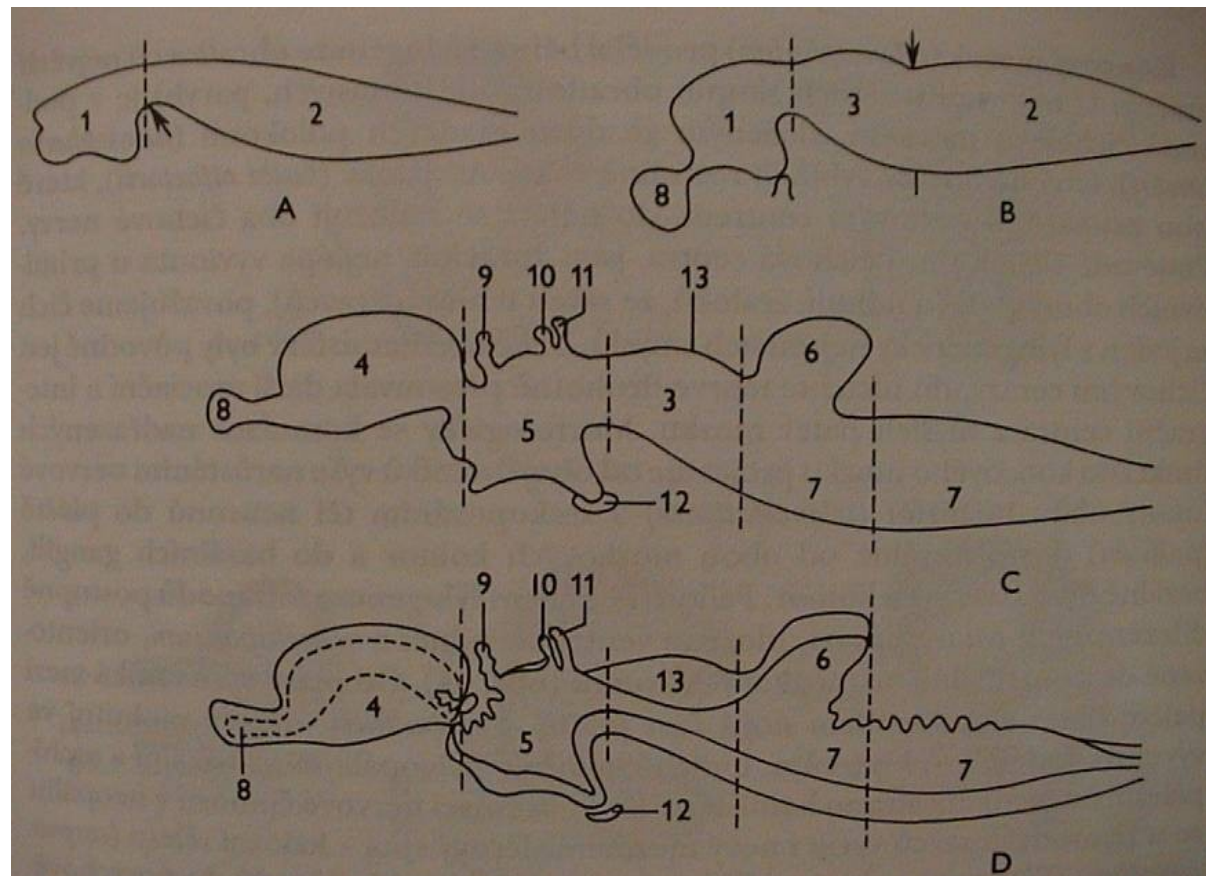
6. Metencephalon – mozeček

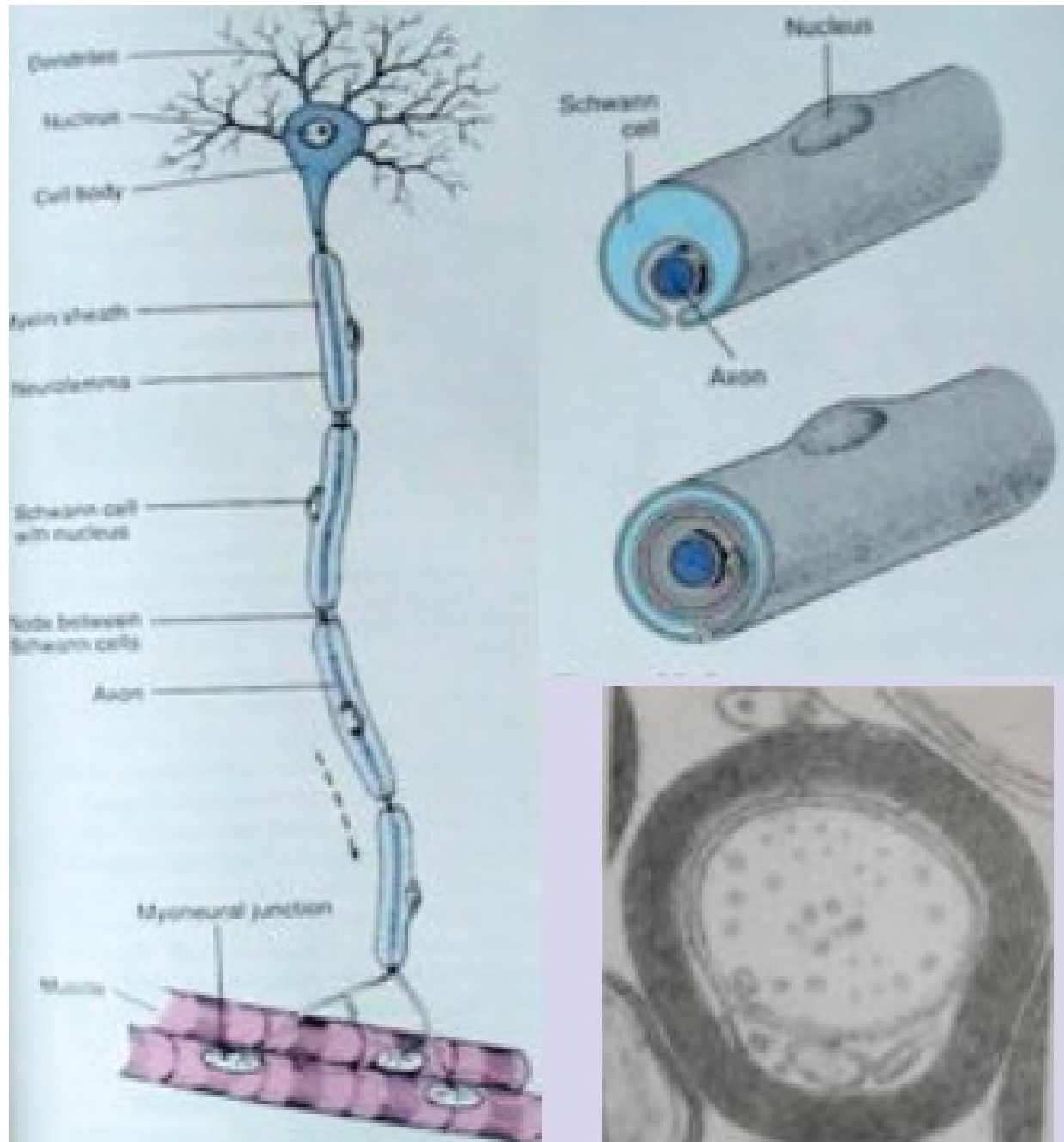
(cerebellum) a pons Varoli
(až savci)

7. Myelencephalon

za tvorbu odpovídají HOX

Pax, Hox



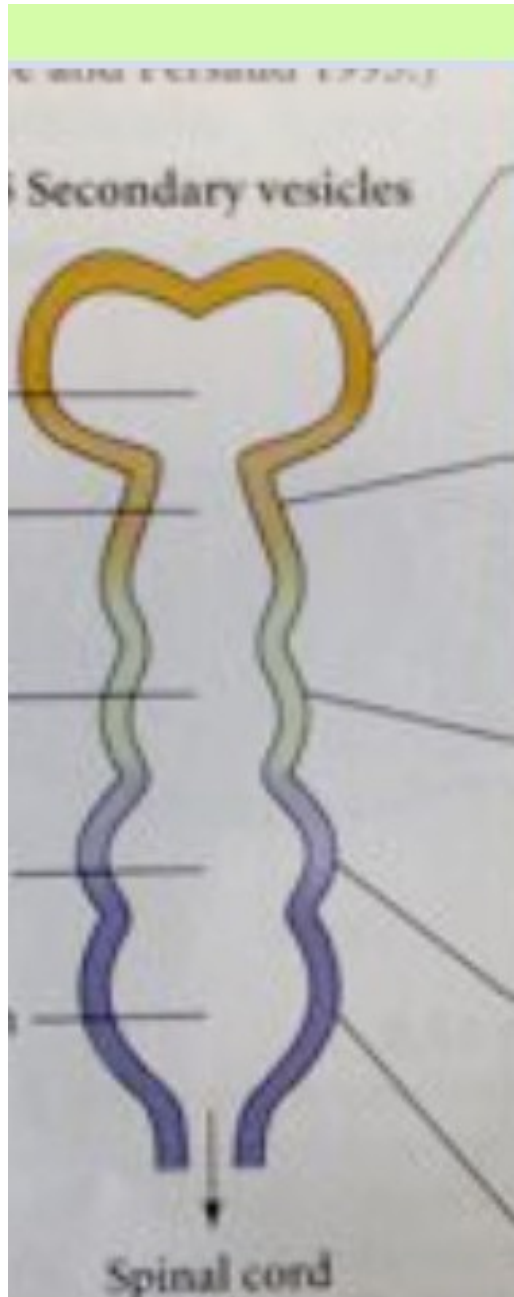


Myelinizace neuronů
efektivní inervace
dlouhé axony
možnost velkého těla

Schwanovy buňky

neurální lišta!

Funkčnost – 5 váčeků



Telencephalon

Diencephalon

Mesencephalon

Metencephalon

Myelencephalon

Čichový lalok

Hippocampus – paměť

Cerebrum – asociace,
inteligence

Retina - zrak

Epithalamus – pineální orgán

Thalamus - pohybové centrum,
optické a sluchové neurony

Hypothalamus – teplota, spánek, dýchání

Optický lalok,

pohyb hlavy za zvukem a obrazem

U savců redukce na čtverohrbolí

Cerebellum – koordinace, pohyb svalů

Pons – spojení cerebra a cerebella (jen savci)

Medulla – reflexy a podvědomé činnosti



CNS, periferní a vegetativní

- povrch těla jako neurální skelet

CNS – mích a mozek

Dorsoventrální polarizace Pax geny, Shh

– indukce z notochordu

Dráhy – dorzálně senzorké

ventrálně motorické

Mícha – segmentární uspořádání , rhombomery

Šedá a bílá hmota, míšní nervy, ganglia

Šedá hmota, zprvu kolem komor,
bez diferenciacie

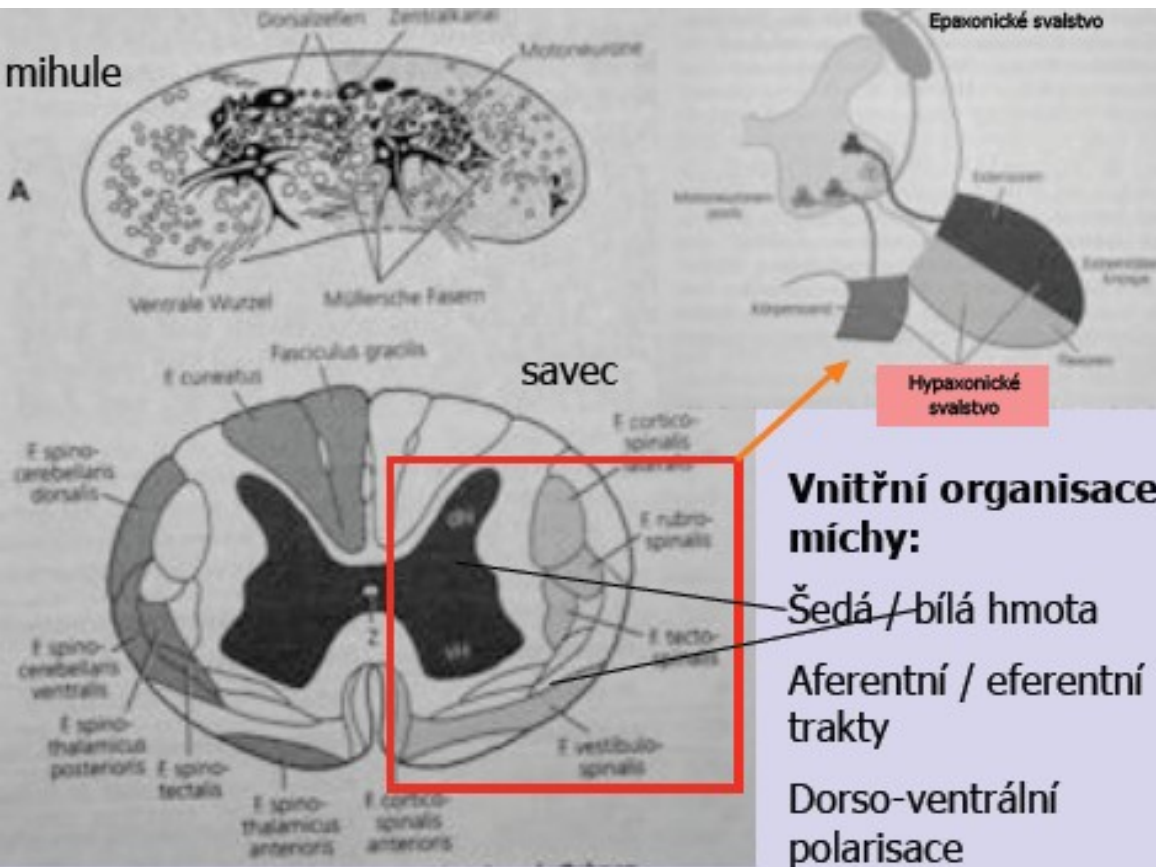
pak k povrchu **kůra (cortex)**

Pallium a

bazální ganglia – **Subpallium**

(striatum, septum) – spojování a

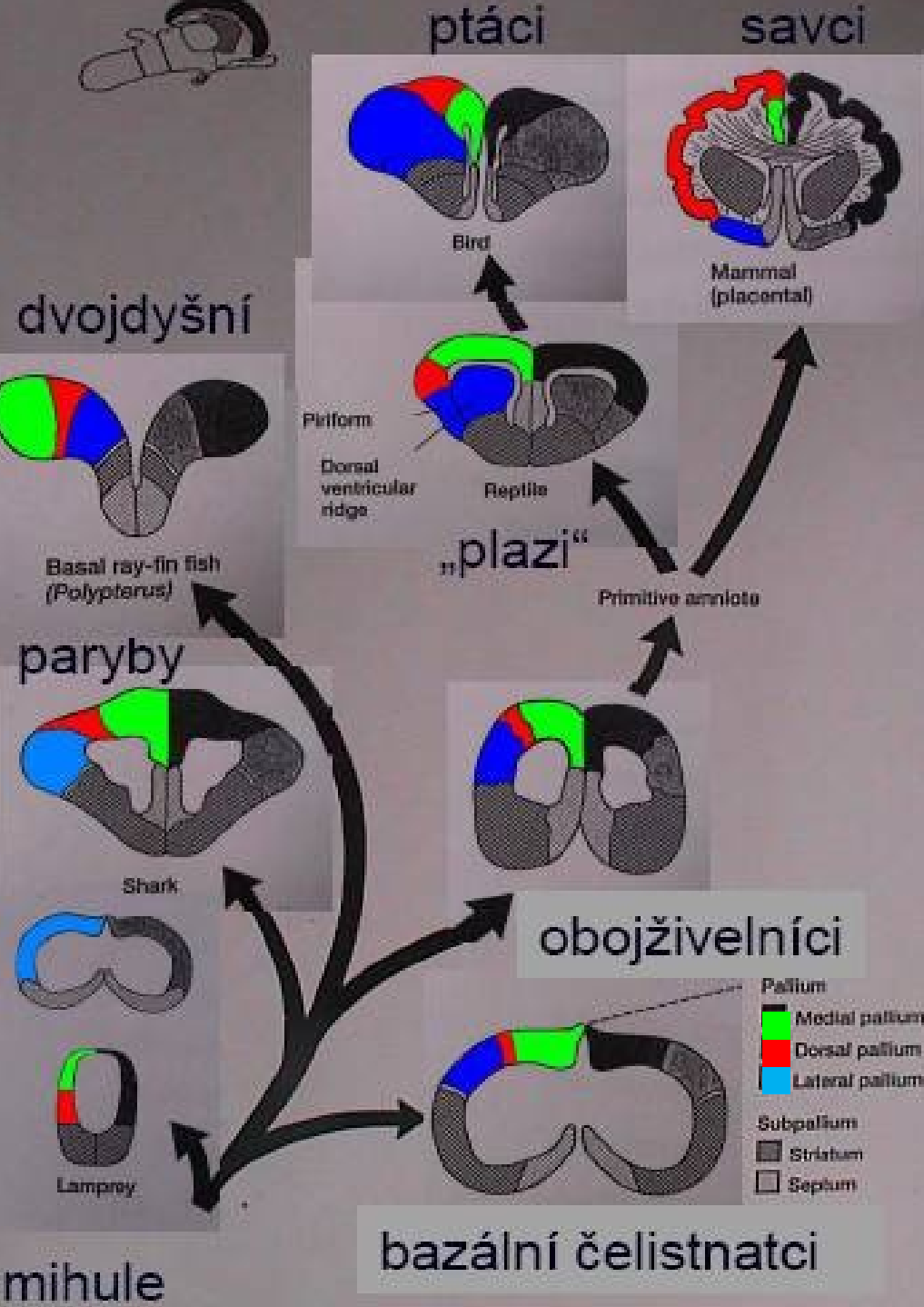
segmentace – vysvětlení změn



Postupný sled vzniku částí pallia (Paleo-, Archi-, Neo-struktur)

překonáno

Jde spíše o diferenciaci struktur, které existují od společného předka



Fylogeneze šedé hmoty

významné inovativní změny :

Dorzální komorový hřeben

(plazi a ptáci) – stereoskopické vidění

Hippocampus

u savců – sensorické funkce, explorační chování, krátkodobá paměť

piriform – laterální pallium savců, olfaktorické informace

Subpallium –

septum – limbický systém

striatum – koordinace pohybu

Šedá kůra – rozvoj u plazů
+ rozvoj hypothalamu a thalamu

Pallium – plášť tvořený kůrou cortex

mezimozek - diencephalon

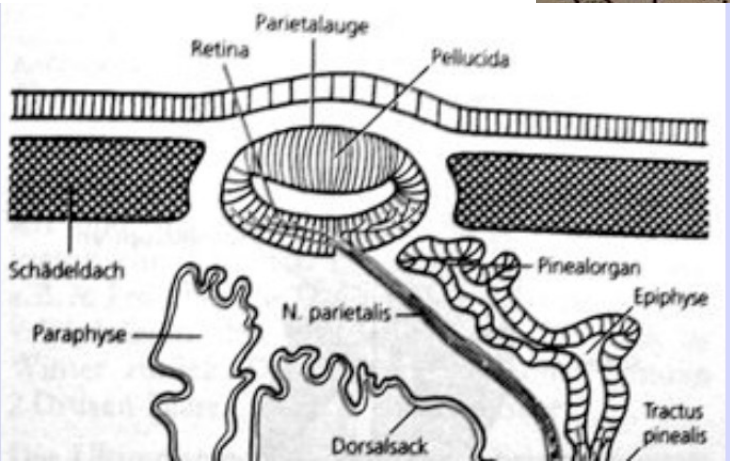
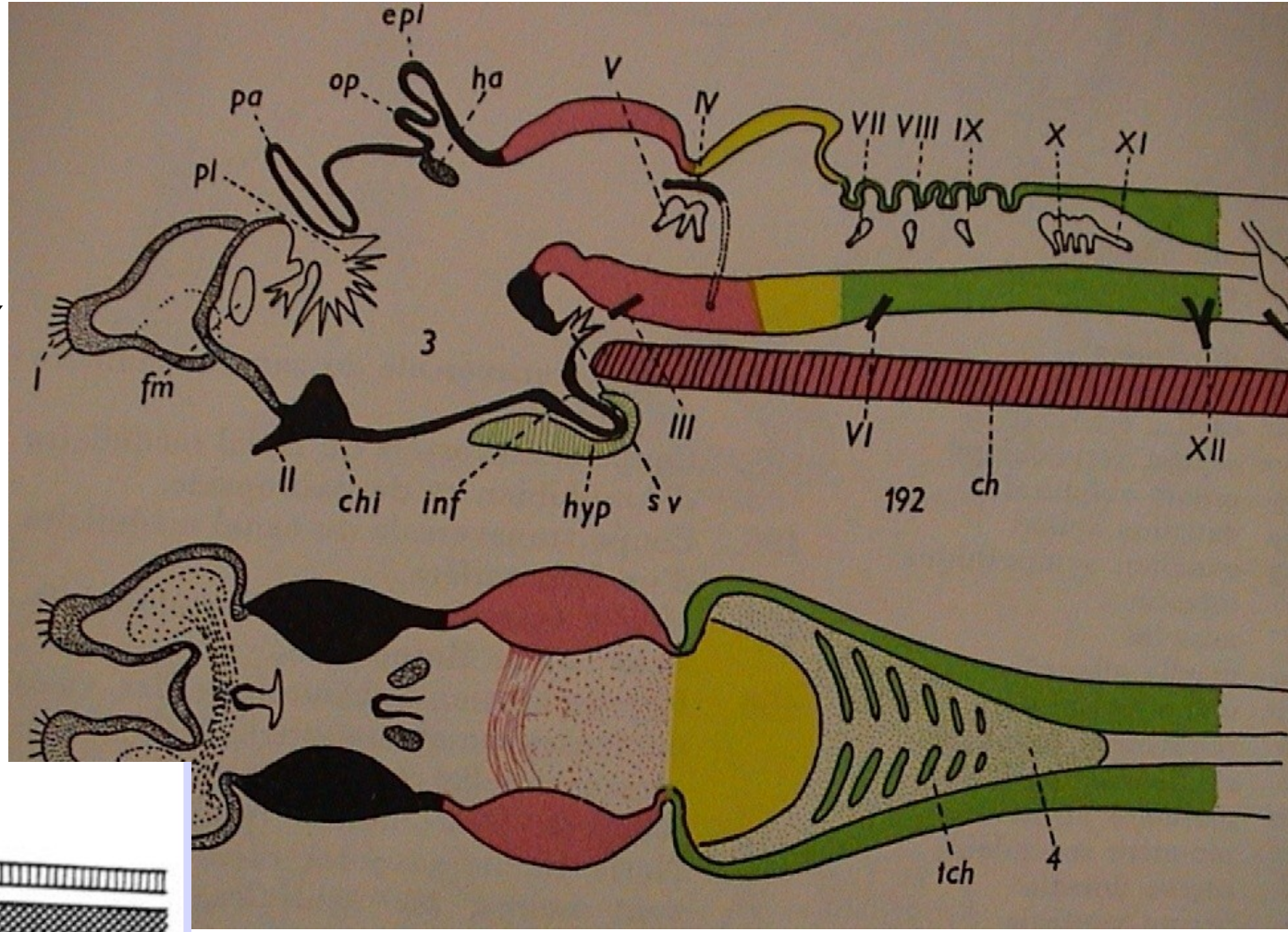
vychlípeniny jeho střechy = epithalamu

pa-paraphysa
op –pineální org.

Kruhoústí , plazi - oko
Ptáci a savci – sekreční
fce

epi- parietální org.

plazi – hatérie
temenní oko

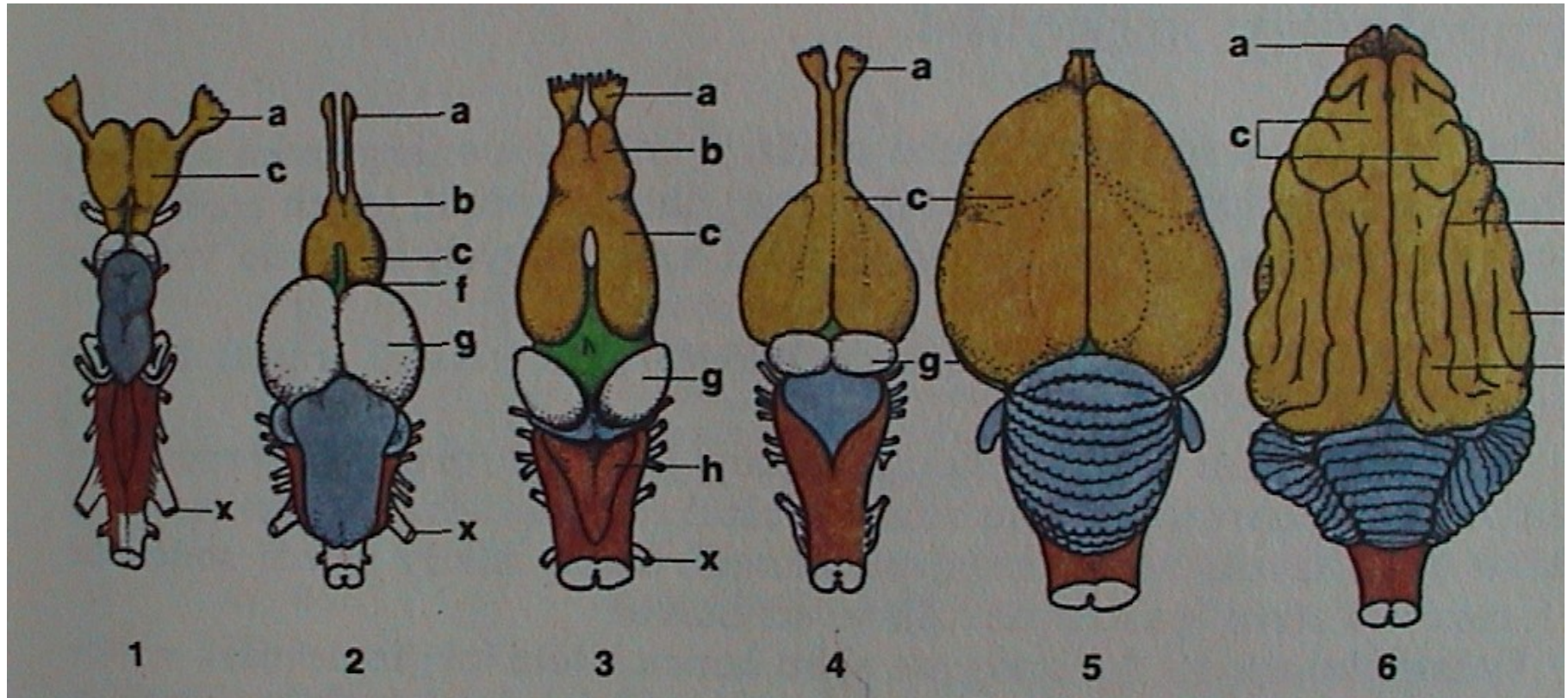


- nervová soustava
 - mozek

Agnatha - **diencephalon**

Teleostei - **mesencephalon**

ostatní – **telencephalon (gyrifikace)**



Chondrichthyes Teleostei

Amphibia

Reptilia

Aves

Mammalia

a – bulbus olfactoricus

b – diencephalon

c - telencephalon

g – mesencephalon

h – metencephalon

x - myelencephalon

Mozek je již obalen dvěma plenami, osídlování souše

• smyslové orgány

primární a sekundární receptory:

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

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

z obrvených buněk, **apomor. obratlovců**

kožní receptory (exteroreceptory)

volná nervová zakončení -bolest;

Merkelovy terčičky (sek.)-hmat od obojž.

-dotek tělíska-nervosvalová, šlachová

-Meissner, Pacini,Herbst-hmat;

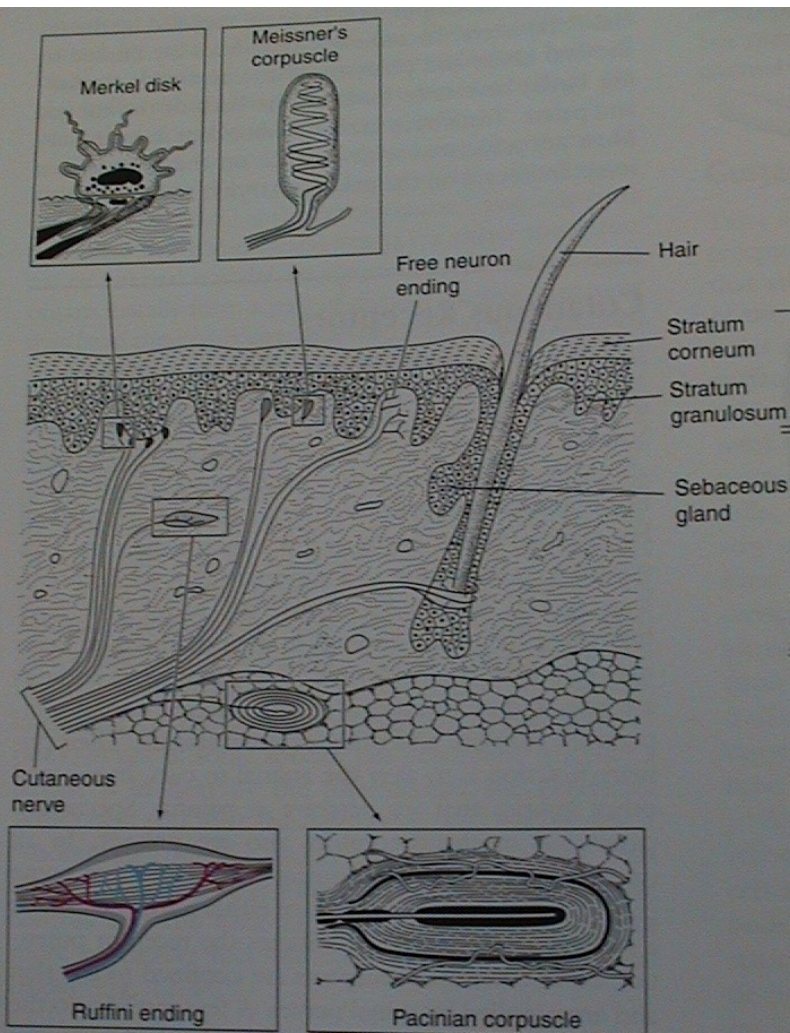
Krause, Rufini-chlad, teplo

-chuťové pupeny a pohárky

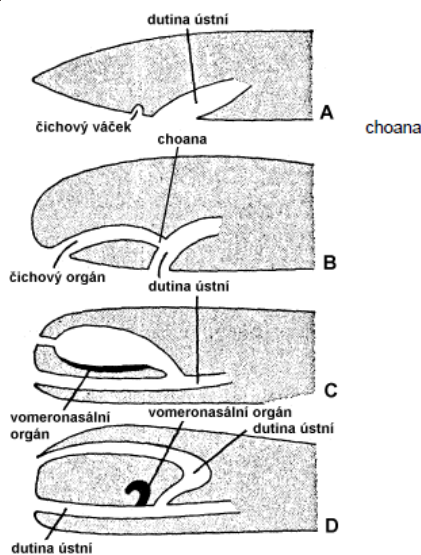
vchlípením epiderm. plakod – čichový org.

nozdry nebo choany

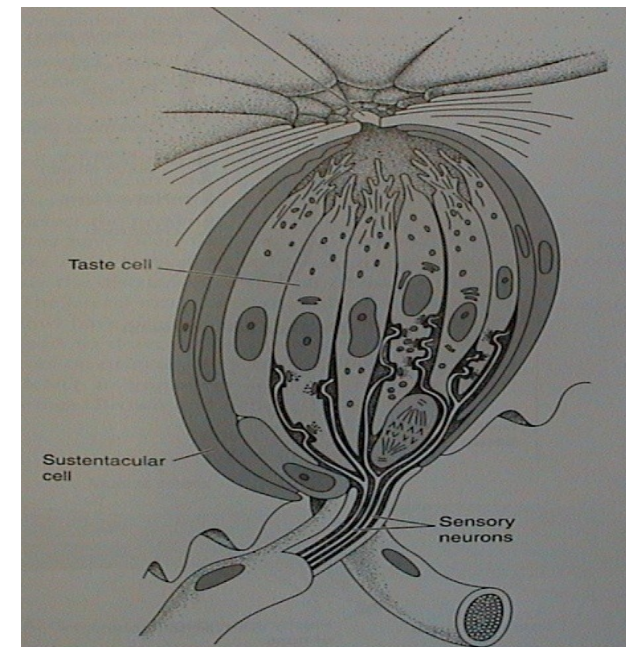
(úst. dutina a čich.váčky)



A. General sensory receptors of mammalian skin

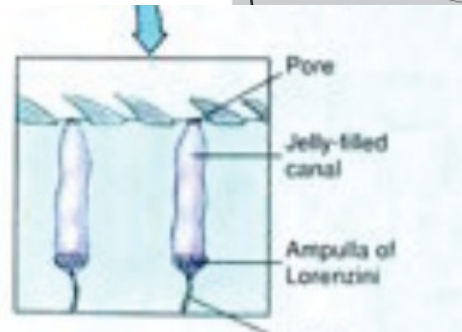
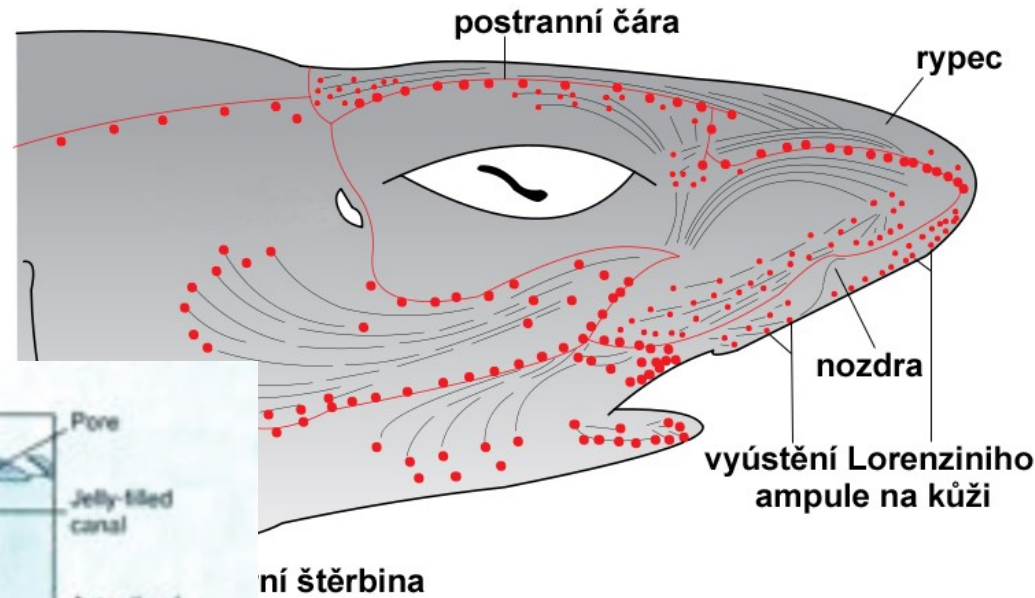
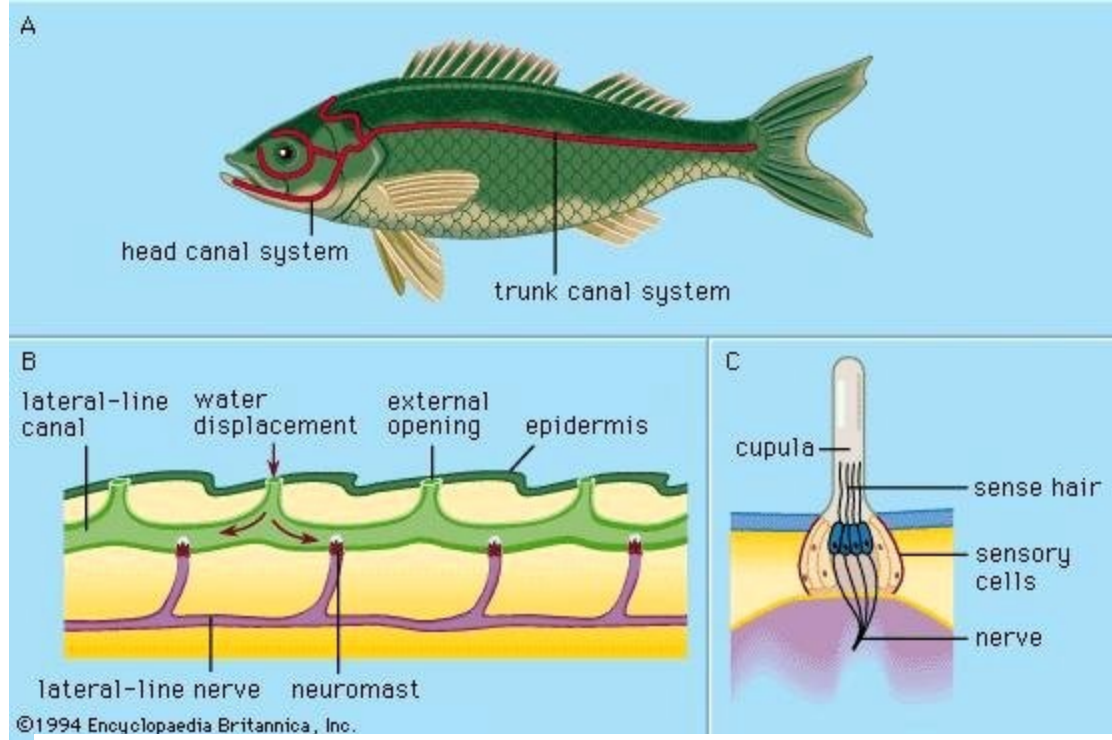
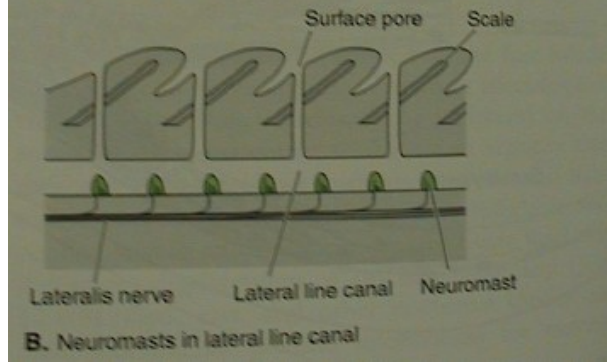
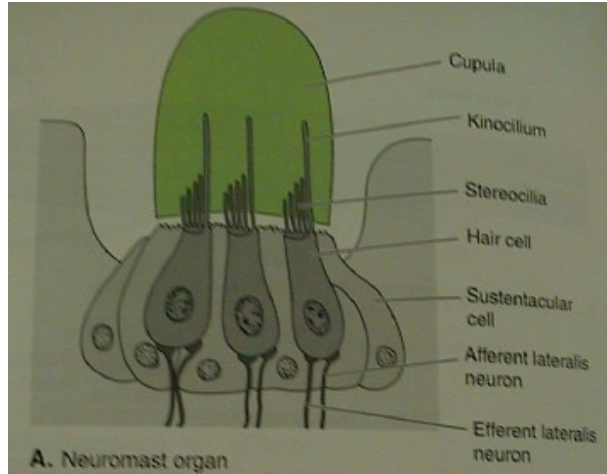


Obr. 285 Schema stavby a pozice čichového orgánu. A - stadium u žraloků (a v principu u všech primitivních vodních obratlovců s výjimkou lalokoploutvých ryb skupiny Rhipidistia), B - stadium u lalokoploutvých ryb skupiny Rhipidistia, C - stadium o obojživelníků, D - stadium u ještěrů a hadů. Podle Neala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



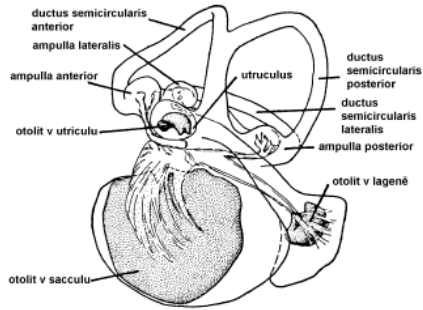
A. Human taste bud

- proudový orgán
- buňky neuromasty
- boky ryb, postranní čára



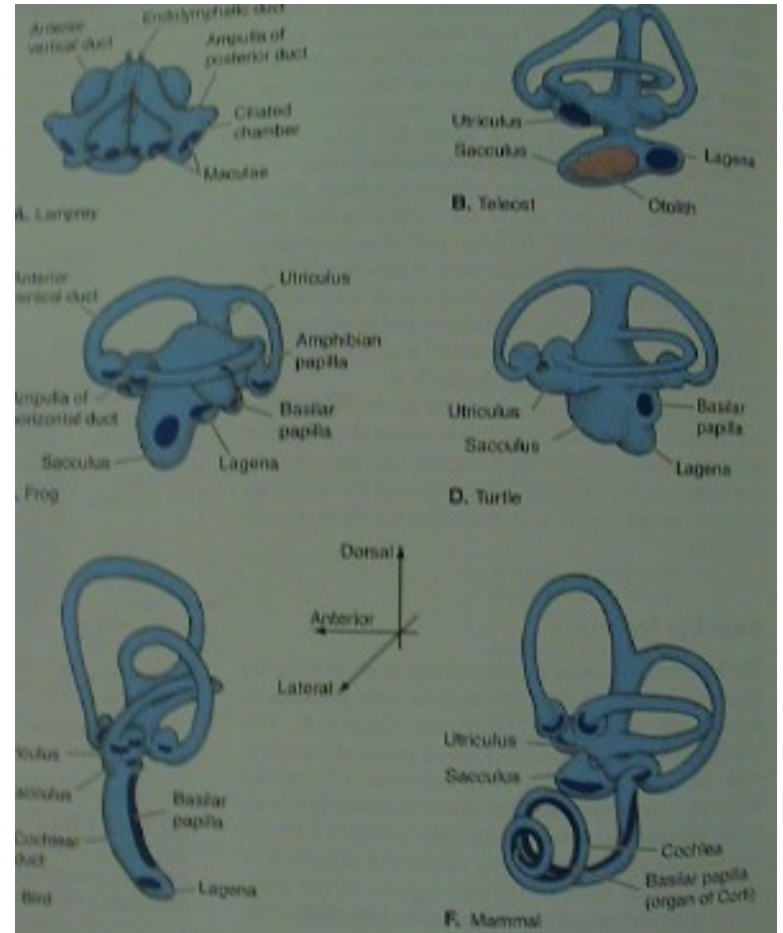
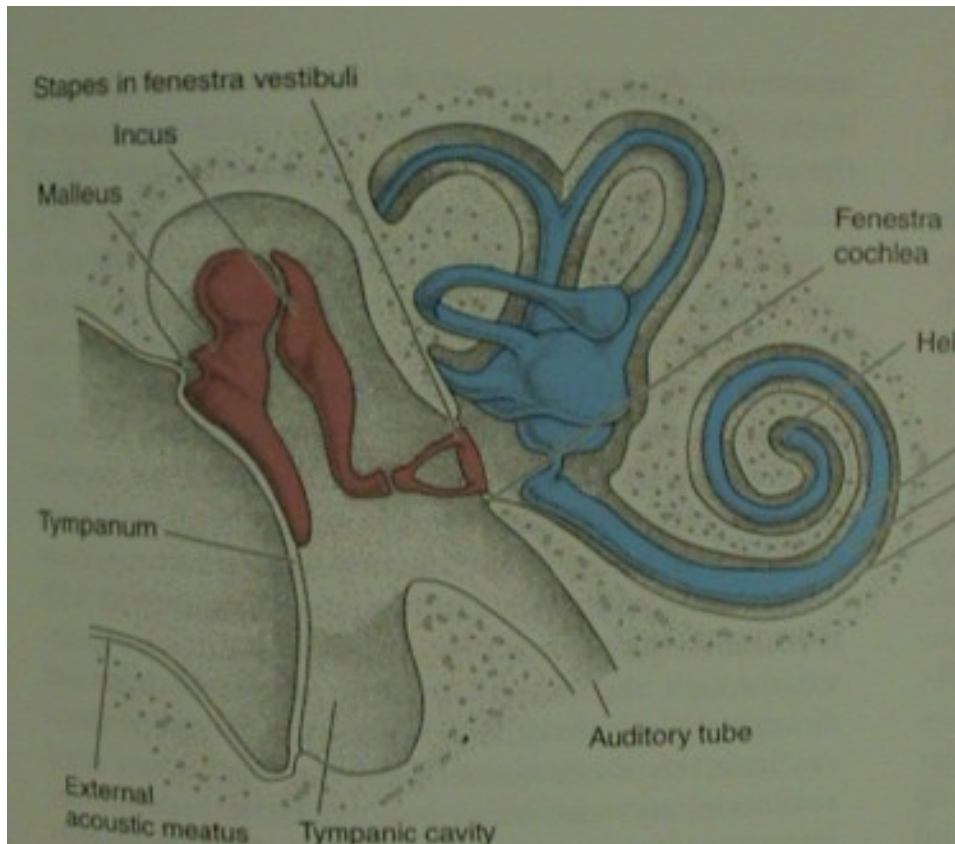
- Lorenziniho ampule
- elektroreceptor

smyslové orgány

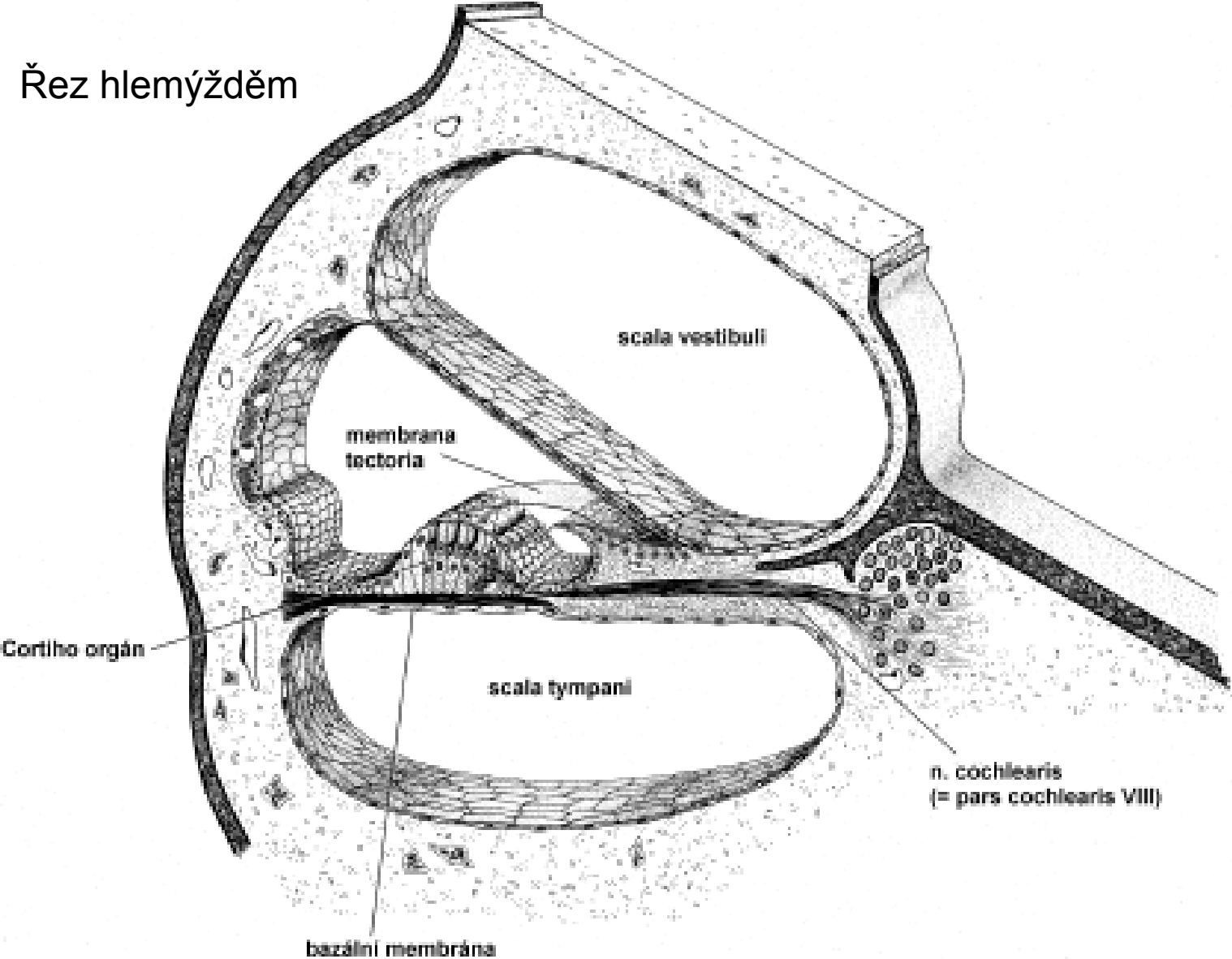


- A. vnitřní ucho** -kostěný (perilymfa) a blanitý labyrint (endolymfa); vestibulární aparát, sluchová lagena-cochlea
statokonie - drobné, statolity (3 otolity) –velké
- B. střední ucho** -středoušní dutina, tympanum, sluchové kůstky (1- columella, 3 - malleus, incus, stapes), oválné a kruhové okénko,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

- sluchově rovnovážný orgán



Řez hlemýžděm



Inverzní komorové oko jednotné stavby!!!

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

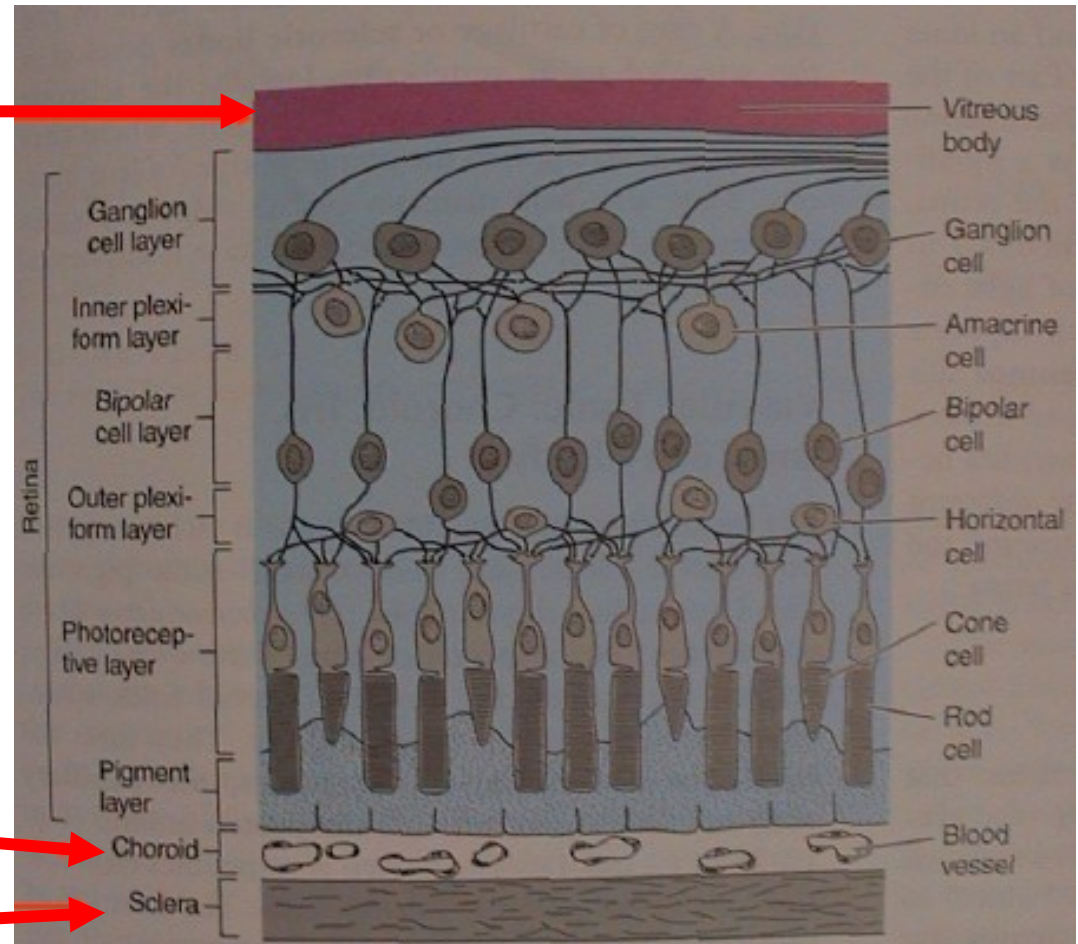
1. bělima (+ rohovka),
 2. cévnatka (+ duhovka, pupilla),
 3. sítnice;
- přední a zadní komora, čočka (lens), řasnatý val (corpus ciliare)

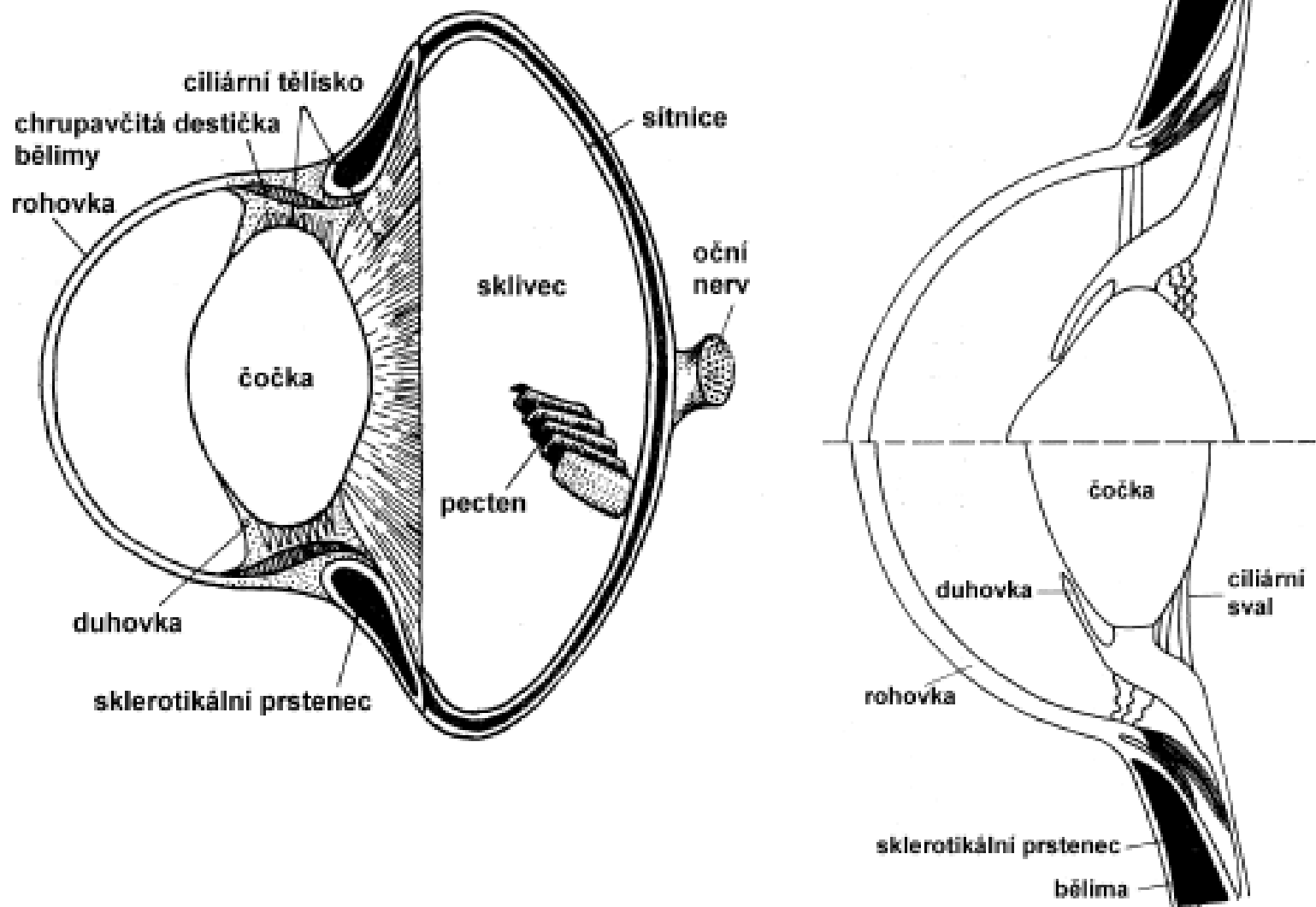
tyčinky a čípky
sklivec
(corpus vitreum)

sítnice (11 vrstev) (retina)

cévnatka
(chorioidea)

bělima
(sclera)

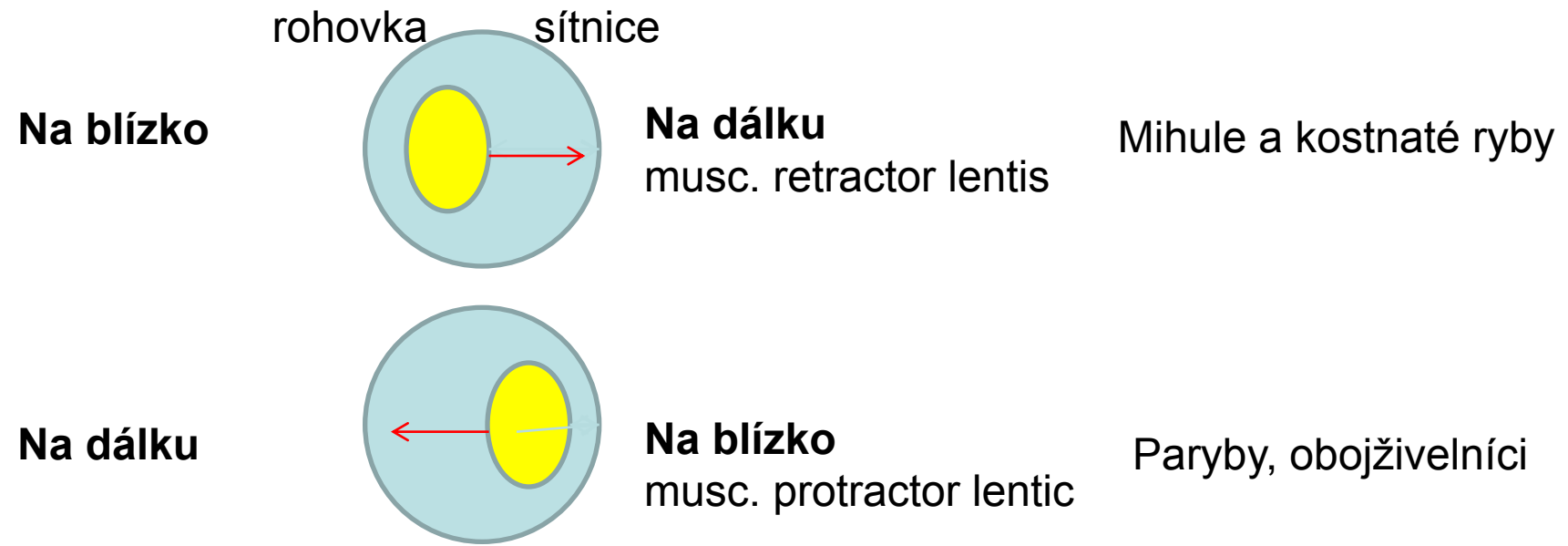




Obr. 299 Svislý řez okem sovy (vlevo) a mechanismus akomodace oka u ptáků (vpravo). Dolní polovina pravého obrázku představuje klidové stadium, horní polovina stav při akomodaci (viz smrštěný ciliární sval). Podle Grozinského a kol. (1976).

Akomodace – zaostřování oka

Klidové stádium



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)

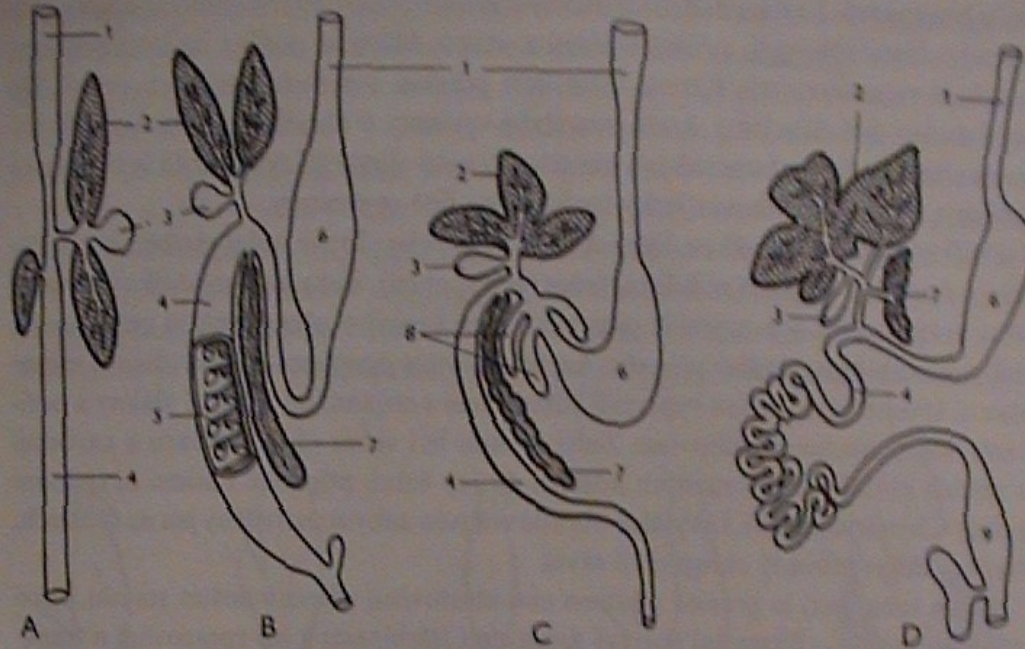
střevo 13 tenké, 14 tlusté, 16 slepé

u vodních nečleněné, ale spirální řasa

pylorické výběžky

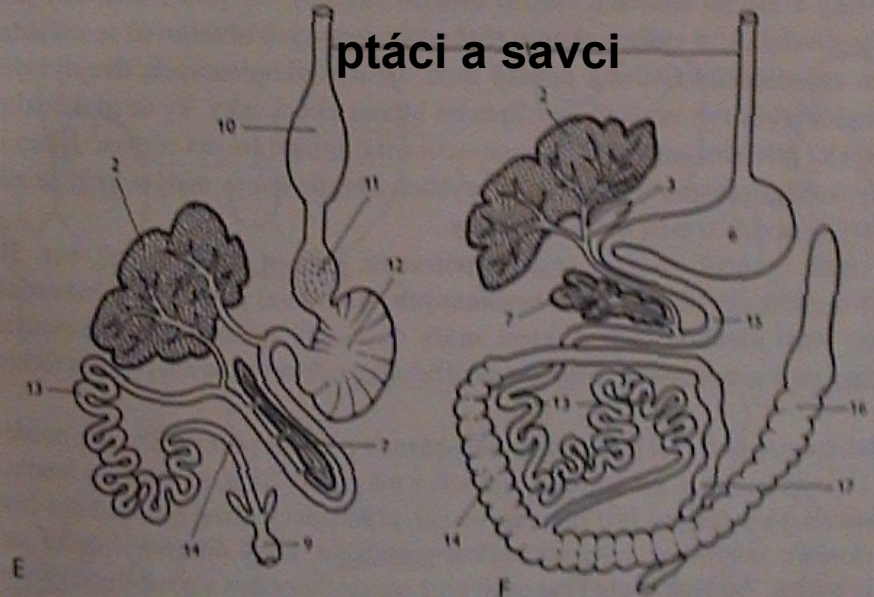
prodlužování střeva (střevní kličky)

- diference (tenké a tlusté střevo)

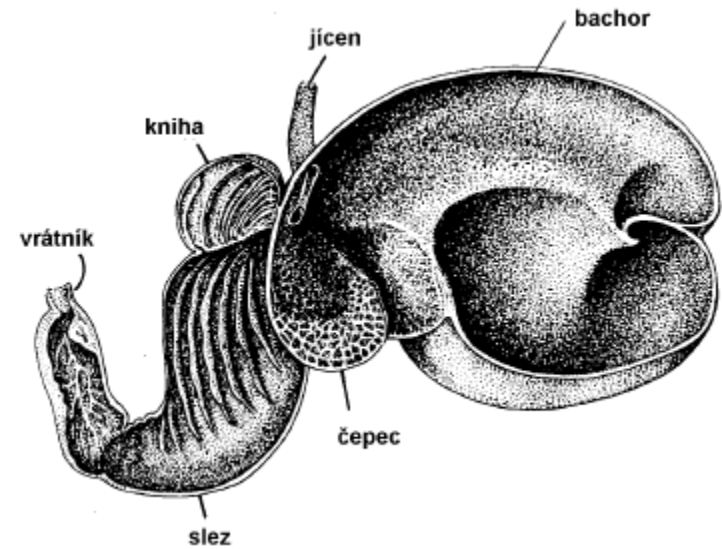
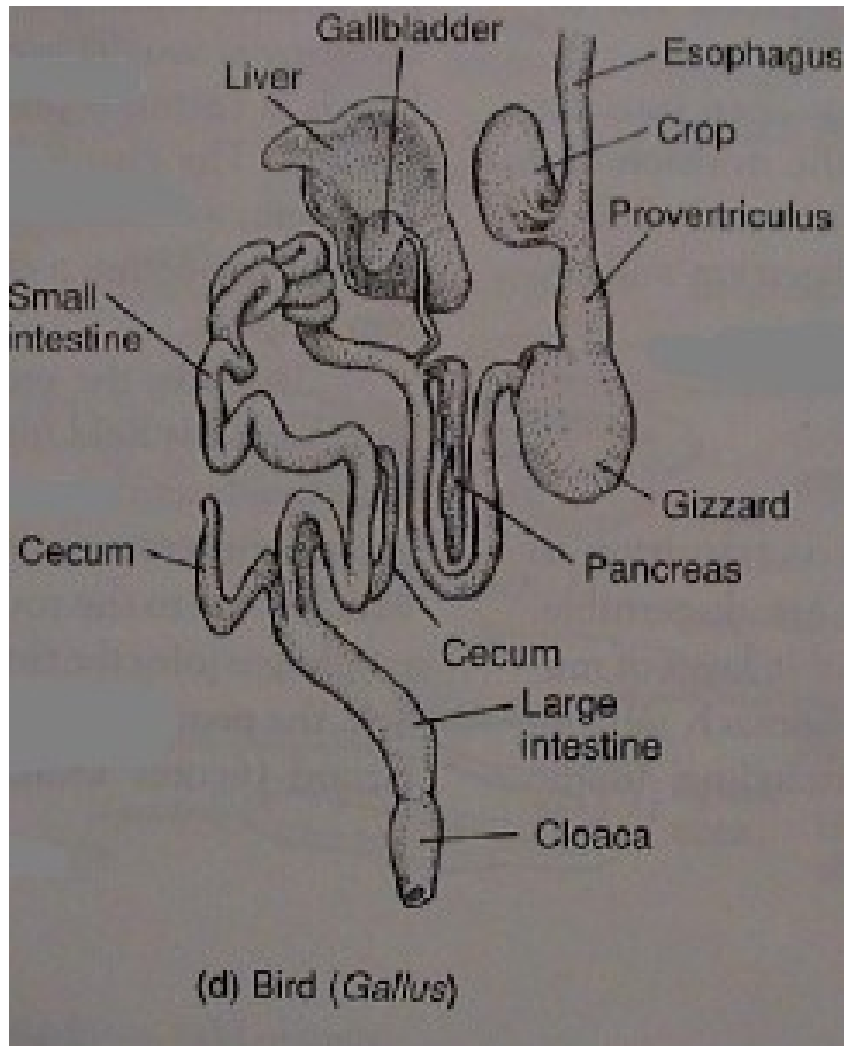


spirální řasa

ptáci a savci



pták - kur



složený žaludek přežvýkavců

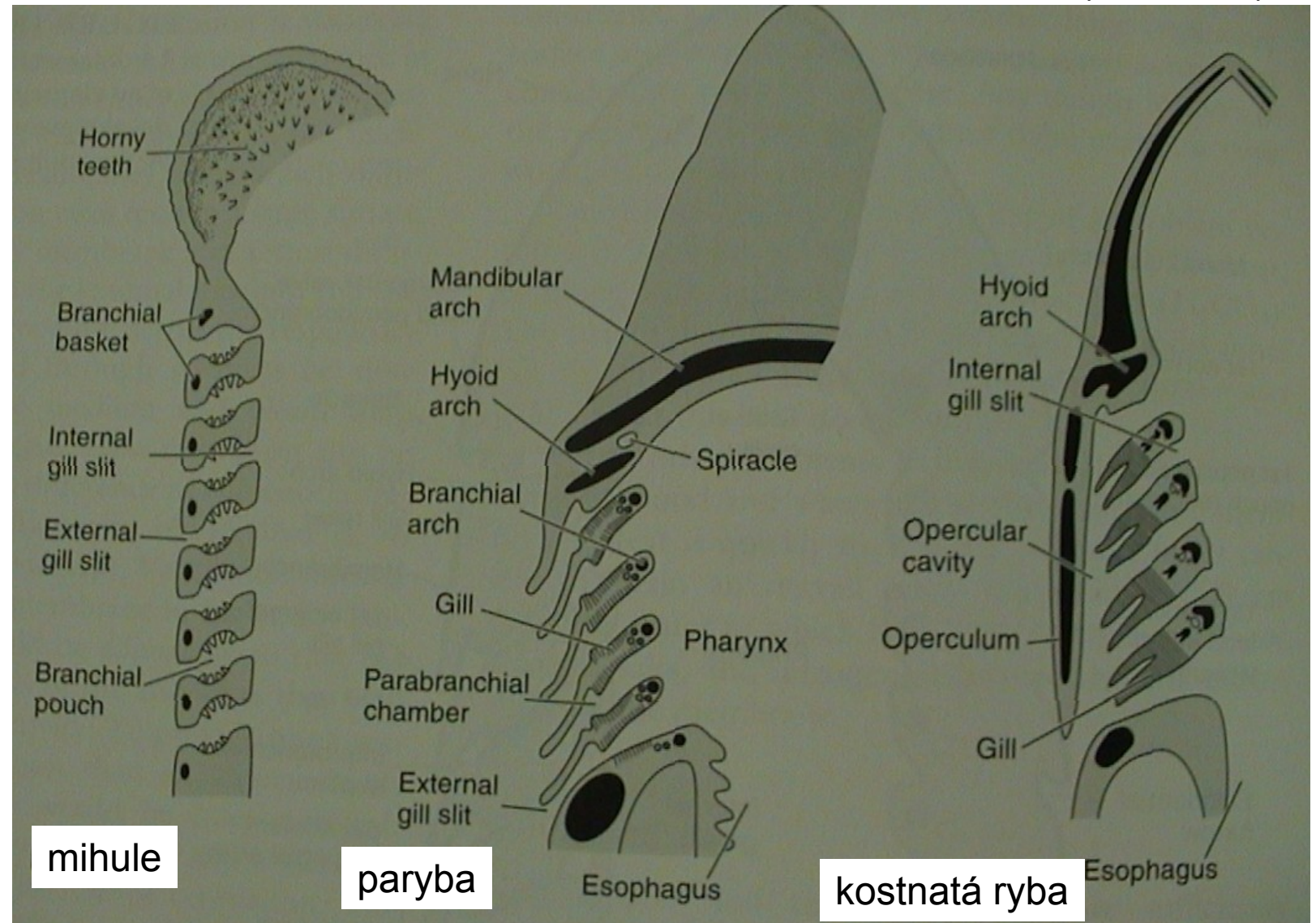
vole (ingluvies),
žlaznatý (proventriculus) a **svalnatý žaludek**
(ventriculus) - postventriculus

dýchací soustava žábry

žaberní vácšky (endoderm)

žaberní přepážky
ektoderm

žaberní oblouky, skřele
(ektoderm)



mihule

paryba

kostnatá ryba

Vychlípeniny trávicí trubice

Poprvé u kostnatých čelistnaticů Osteognathostomata

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

plícní vaky

prvně u Rhipidistia

plyn. měchýř, od Actinopterygia

hydrostatická fce, vzácně i dýchací

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

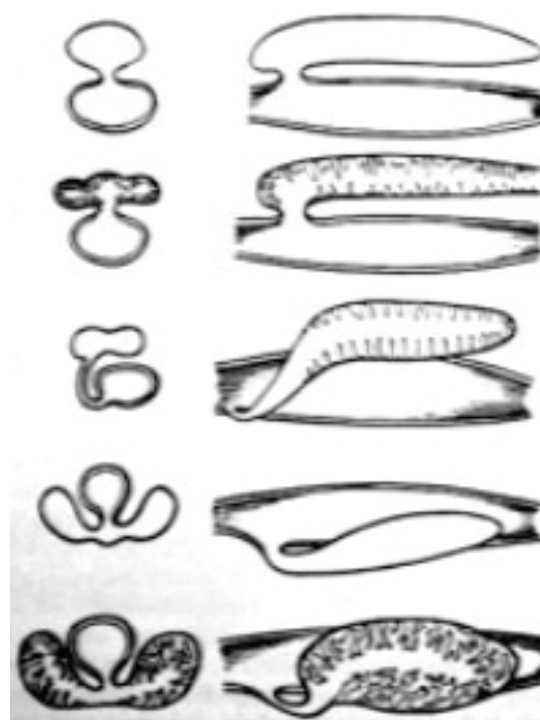
Odlišné u ptáků

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

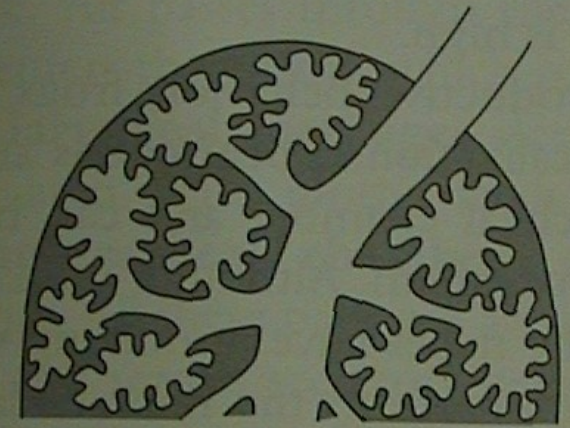
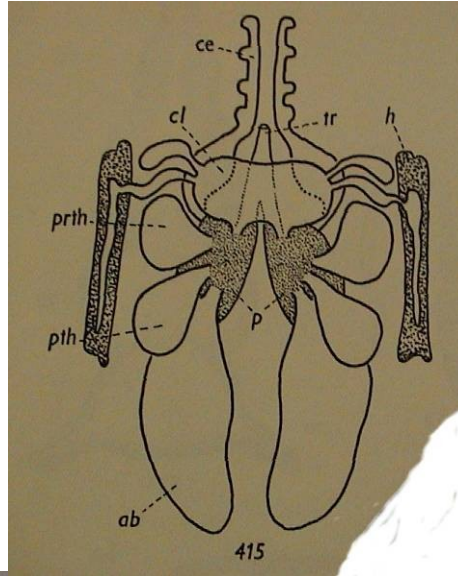
mesobronchus

dorsibronchi

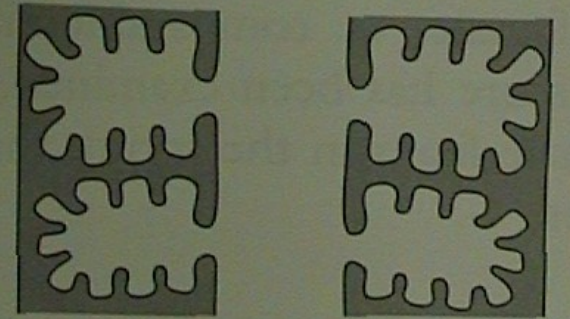
ventrobronchi

parabronchi

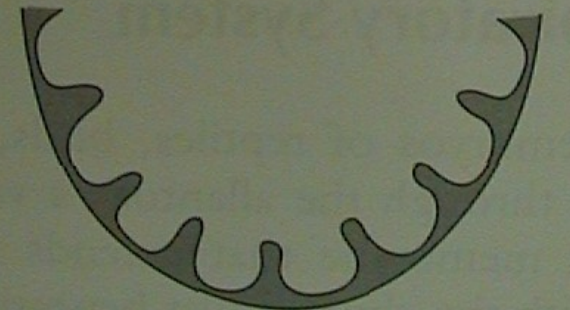
Nepodílejí se na výměně plynů, ale fungují jako reservoáry vzduchu.



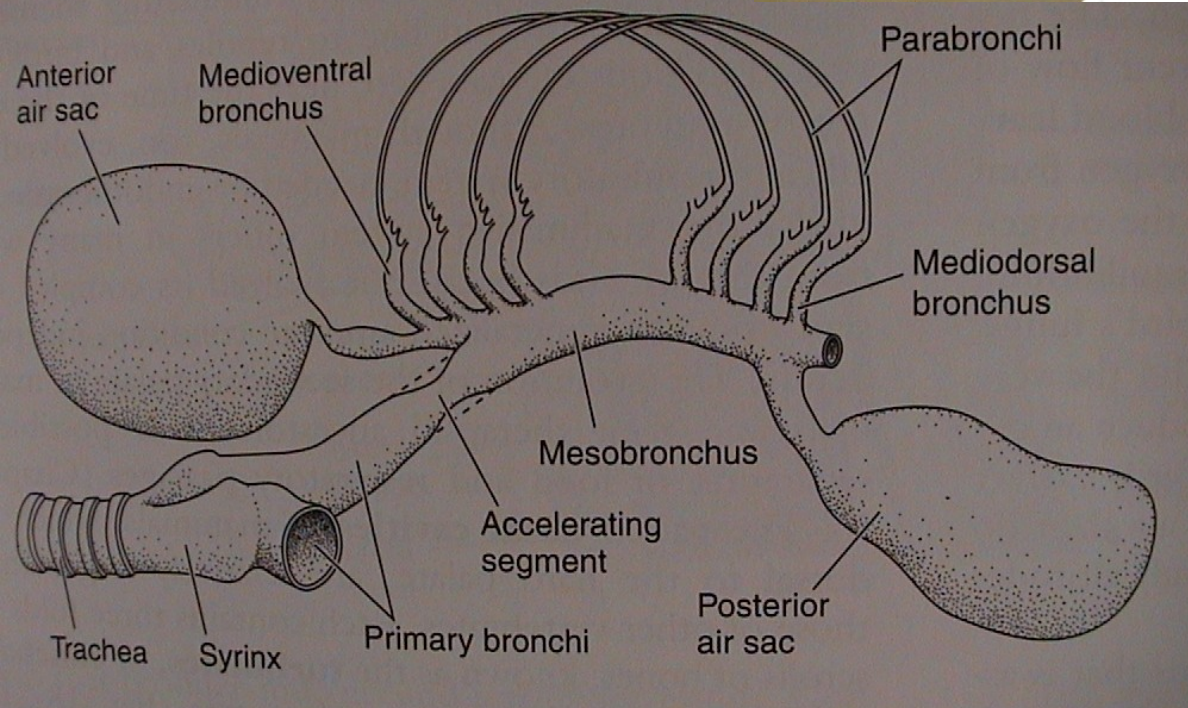
C. Mammal



B. Reptile



A. Amphibian



Srdce ploutvovců:

ductus Cuvieri,

Žilný splav (sinus venosus)

Předsíň (atrium)

Komora (ventriculus)

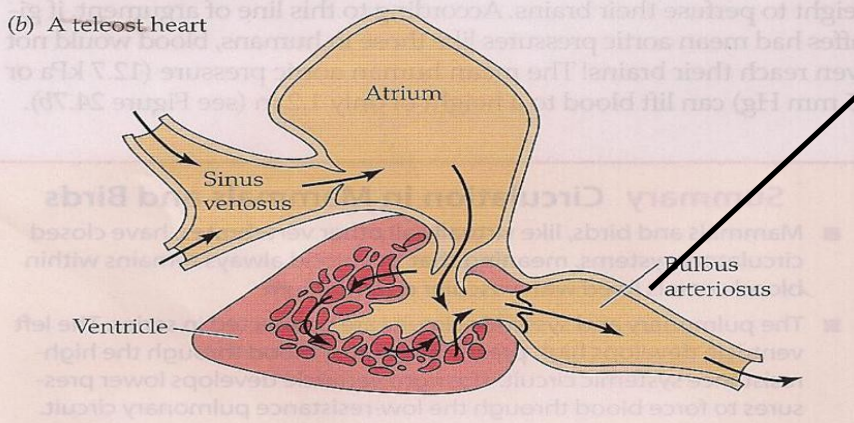
Conus arteriosus
příčně pruh. sv., paryby

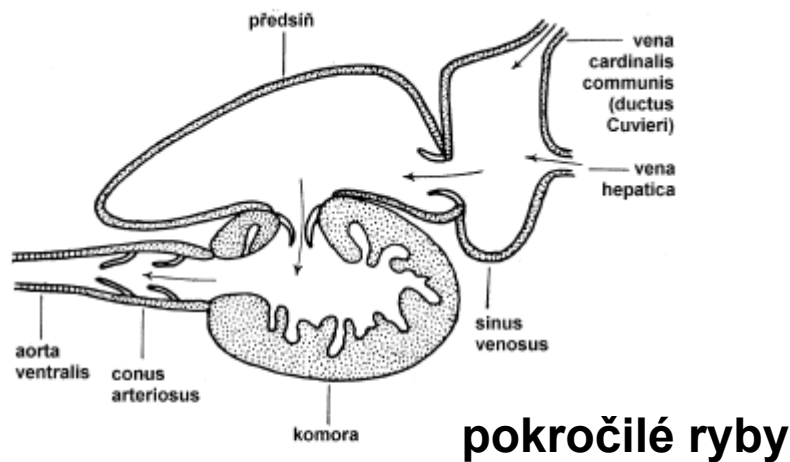
Bulbus arteriosus

Teleostei (netepající,
bez chlopní) hladká sv.

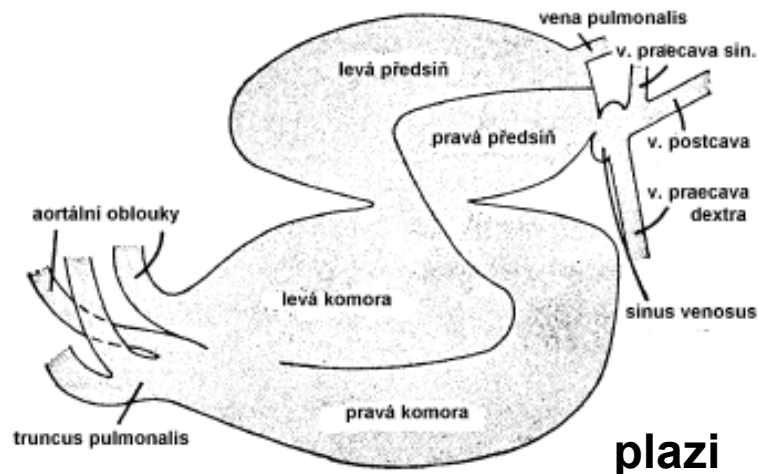
Gnathostomata: žilný
splav a předsíň
dorsálně

(b) A teleost heart

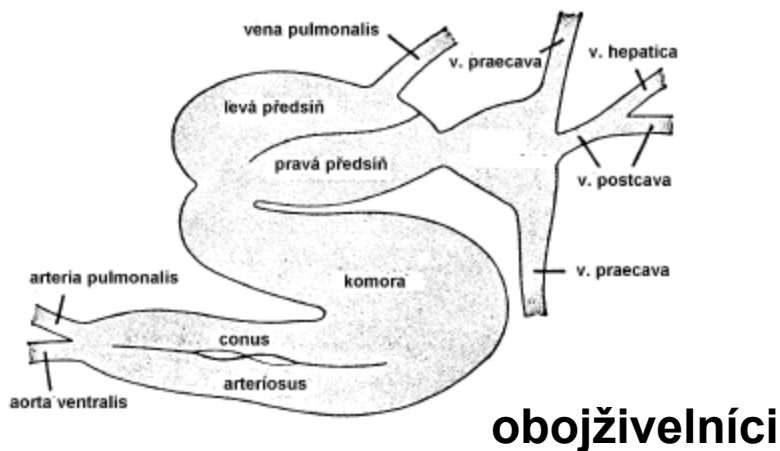




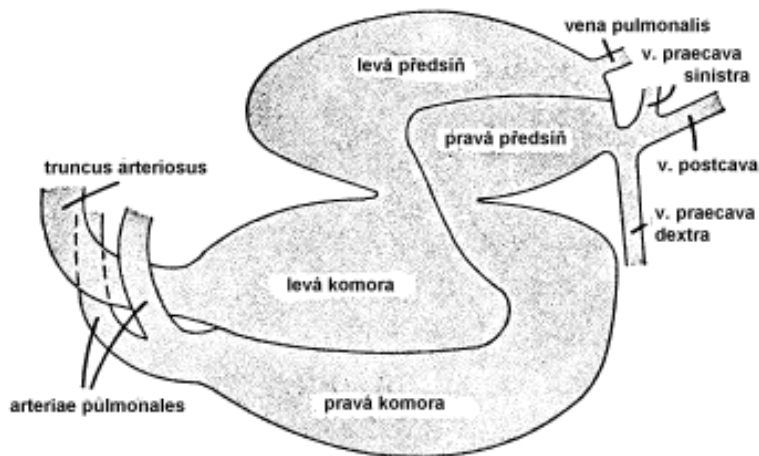
Obr. 219 Nahoře schema srdce vodních obratlovců, dole mediální řez srdcem žraloka. Na hořejším schematu je žilný splav pootočen z původně horizontální do vertikální polohy, takže se jeví jako při pohledu shora. Podle Smithe (1960) a Grodzinského (1976).



Obr. 221 Schema stavby srdce plazi. 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).

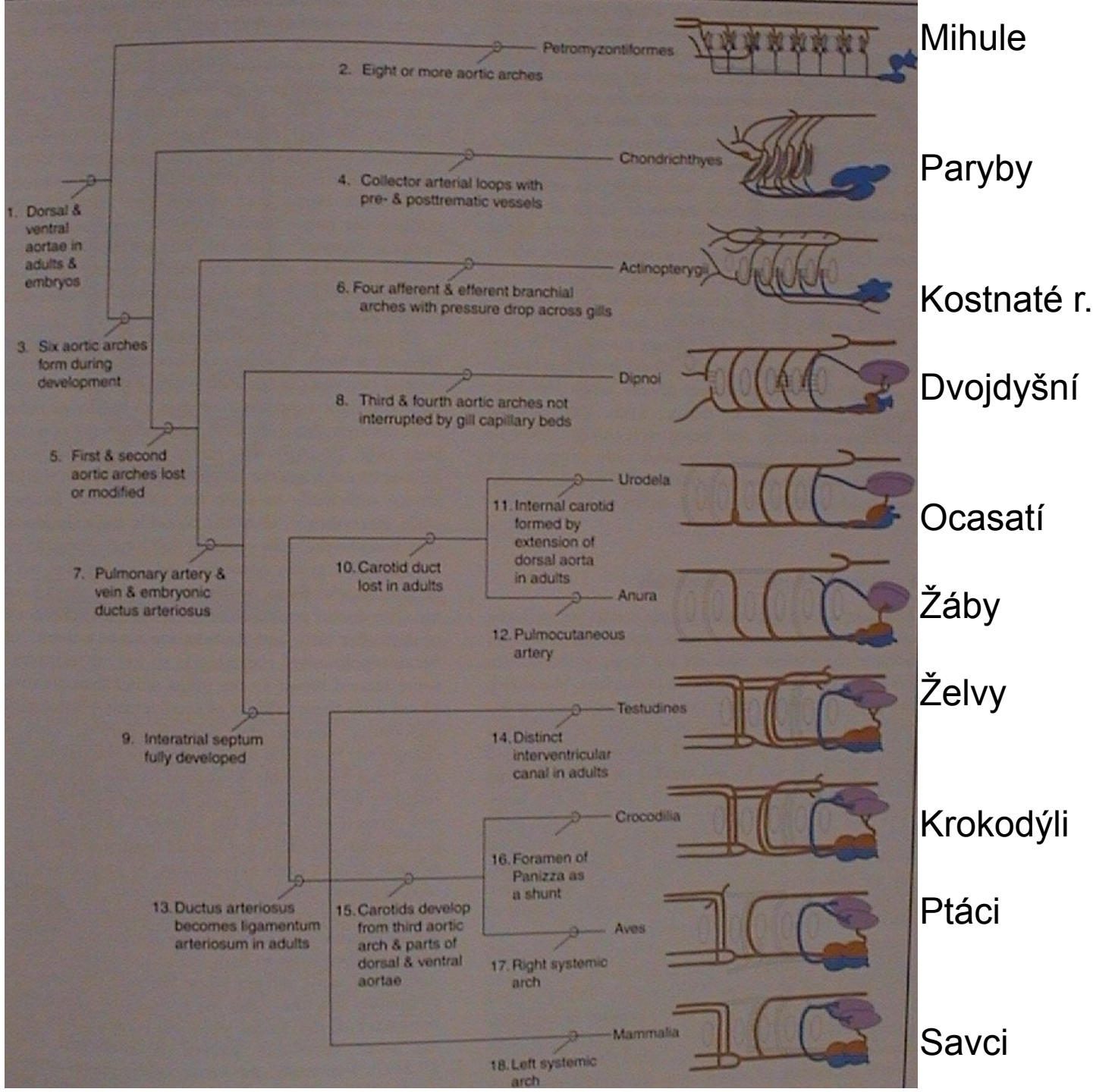
• cévní soustava

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) jen mihule, kaprouni, kostnaté ryby

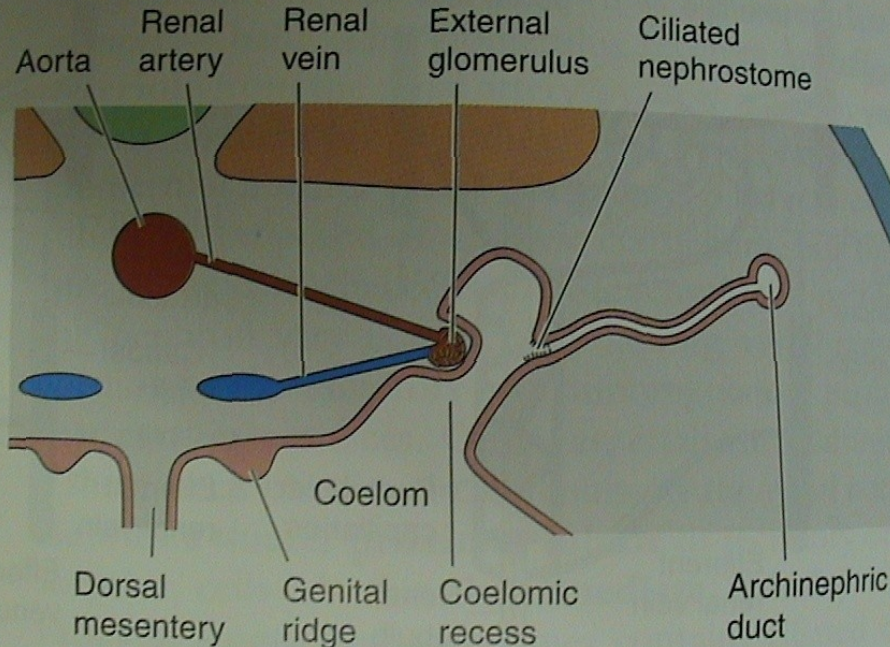


urogenitální soustava

odstranění vody a CO₂, dusíkatých látek a solí

nefron, funkční jednotka ledvin

nefrostom



B. Ammocoetes and larval lissamphibians

vnější glomerulus

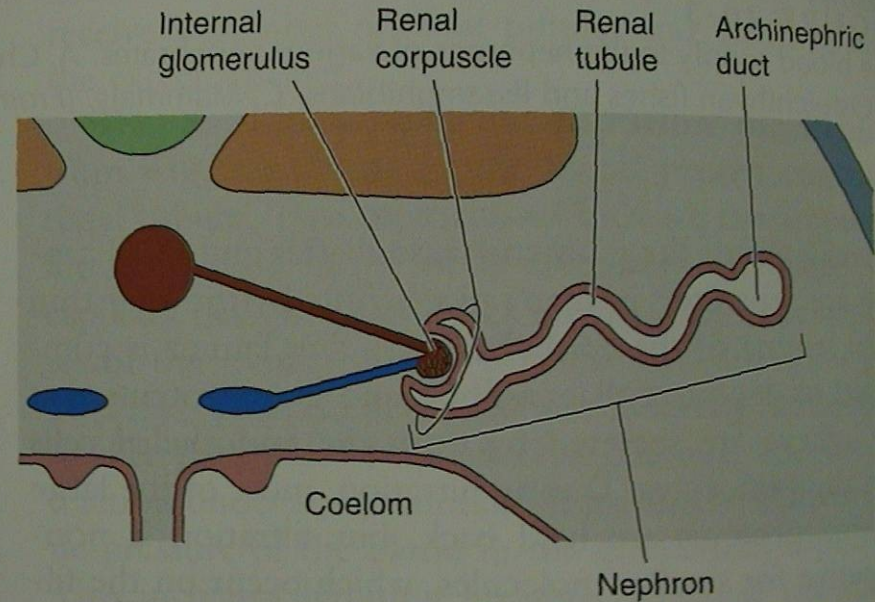
(holonefros, pronefros)

kopinátci, minohy, červoři

Bowmanův váček – kanálky se spojují ve Wolfův vývod



vchlípení klubička krevních kapilár

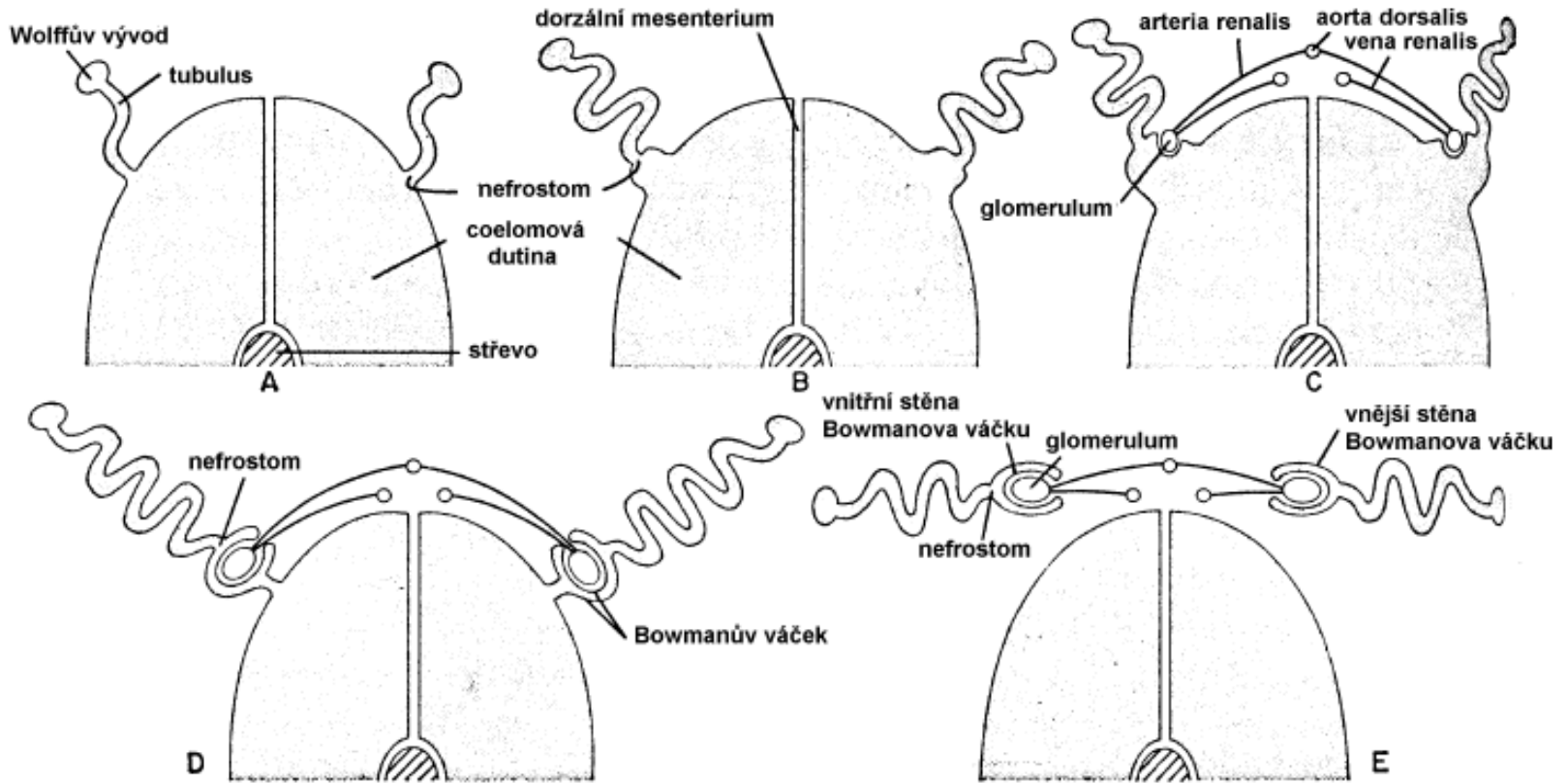


vnitřní glomerulus

(opisthonefros, mesonefros, metanefros)

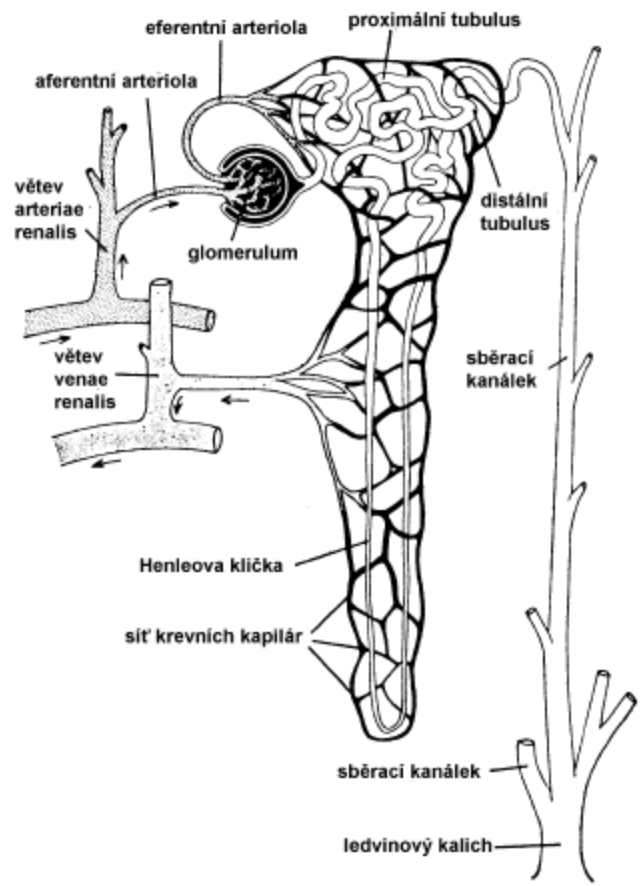
ryby, obojživelníci, ptáci, savci

odškrcení glomerulu od coelomové dutiny

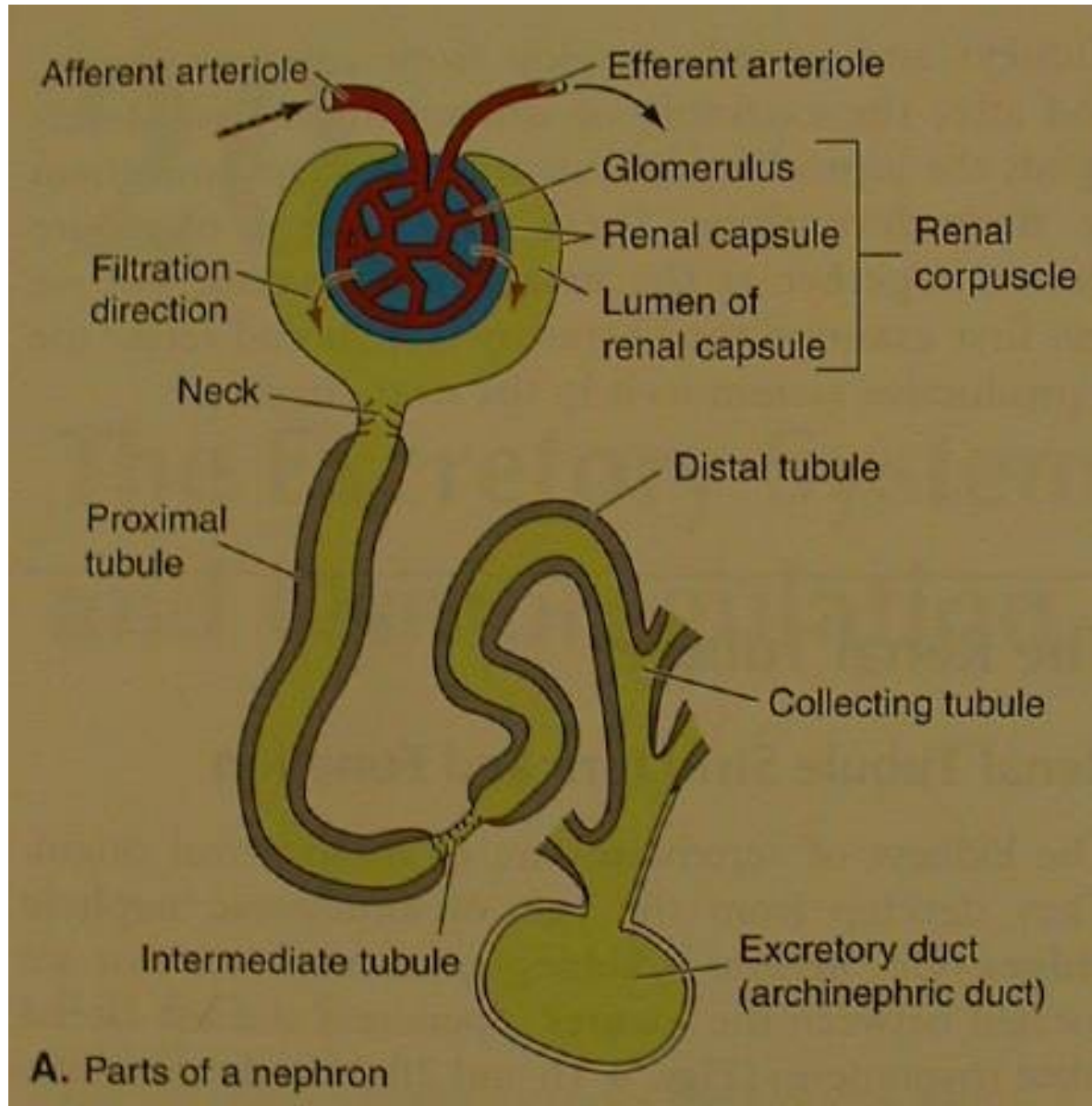


Obr. 254 Embryonální vznik nefronu a jeho postupně odškrcení od coelomové dutiny. Podle Smithe (1960).

Malpighiho tělísko (nefron) = glomerulus+ Bowmannův váček



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



A. Parts of a nephron

gonády

Primární chámovody a vejcovody se zakládají současně

indiferentní stádium

Müllerův vývod – vchlípení coelomu z ventrální strany, v blízkosti mezonefritické lišty, okraje se přiloží a srostou, kraniální konec trychtýřovitě rozšířen do dutiny tělní, kaudální konec ústí do sinus urogenitalis

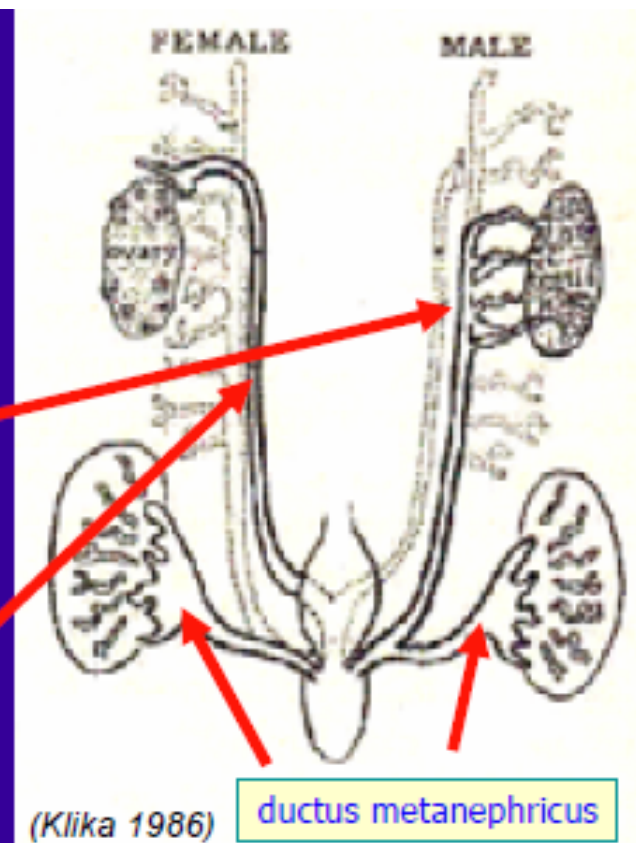
Samčí pohlaví – vývodné cesty

- kanálky mezonefros – ductuli efferentes testis – ústí do Wolfova vývodu
- tato část Wolfova vývodu se prohýbá – nadvarle, kaudální konec se mění v chámovod
- výchlipka Wolffova vývodu – základ semenných váčků

Primární chámovod – **Wolfova chodba**, u Teleostei chybí sekundární chámovod

Samičí pohlaví

- coelomové medulární pruhy se mohutně větví – vznik rete ovarii, ale tyto pruhy se rozpadají
- postupně proliferují - druhá generace (kortikální pruhy) – prvovaječné buňky (oogonie) + indiferentní buňky (granulózní buňky)
- vejcovod - kraniální úsek Müllerových vývodů u všech Craniata (vyjma sliznatek)
- děloha – kaudální úseky Müllerových vývodů, které splynou (uterovaginální kanál)
- pochva vzniká z nejkaudálnější části uterovaginálního kanálu



A-jeseter

B-žraloci, obojživelníci

C-Amniota

D-Teleostei

Op opisthonefros

Op:pars renalia, p.sexualis

Opm-metanefros

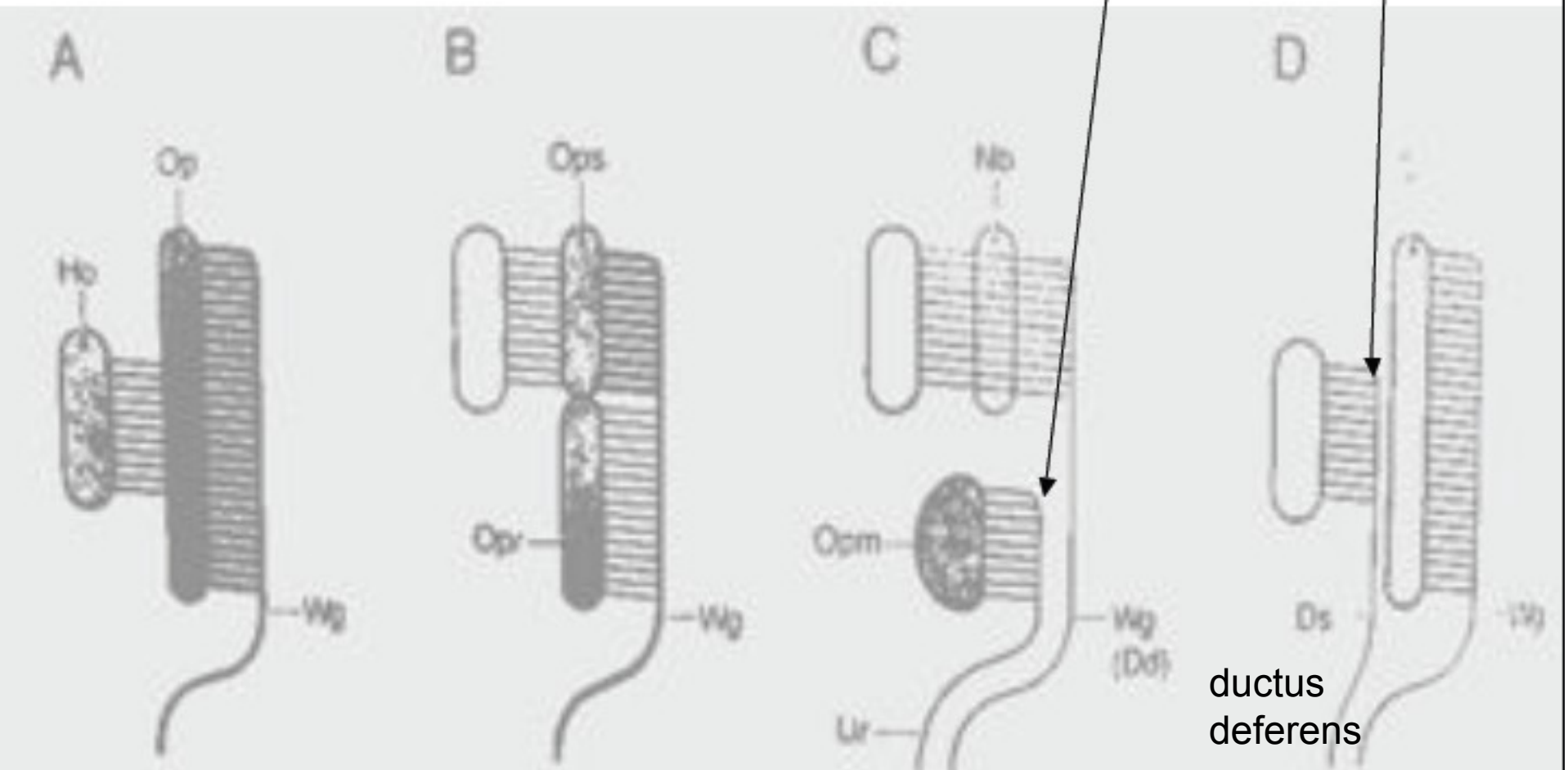
opisthonefros

Ho testes/ Wolf.v.

Wolf v.

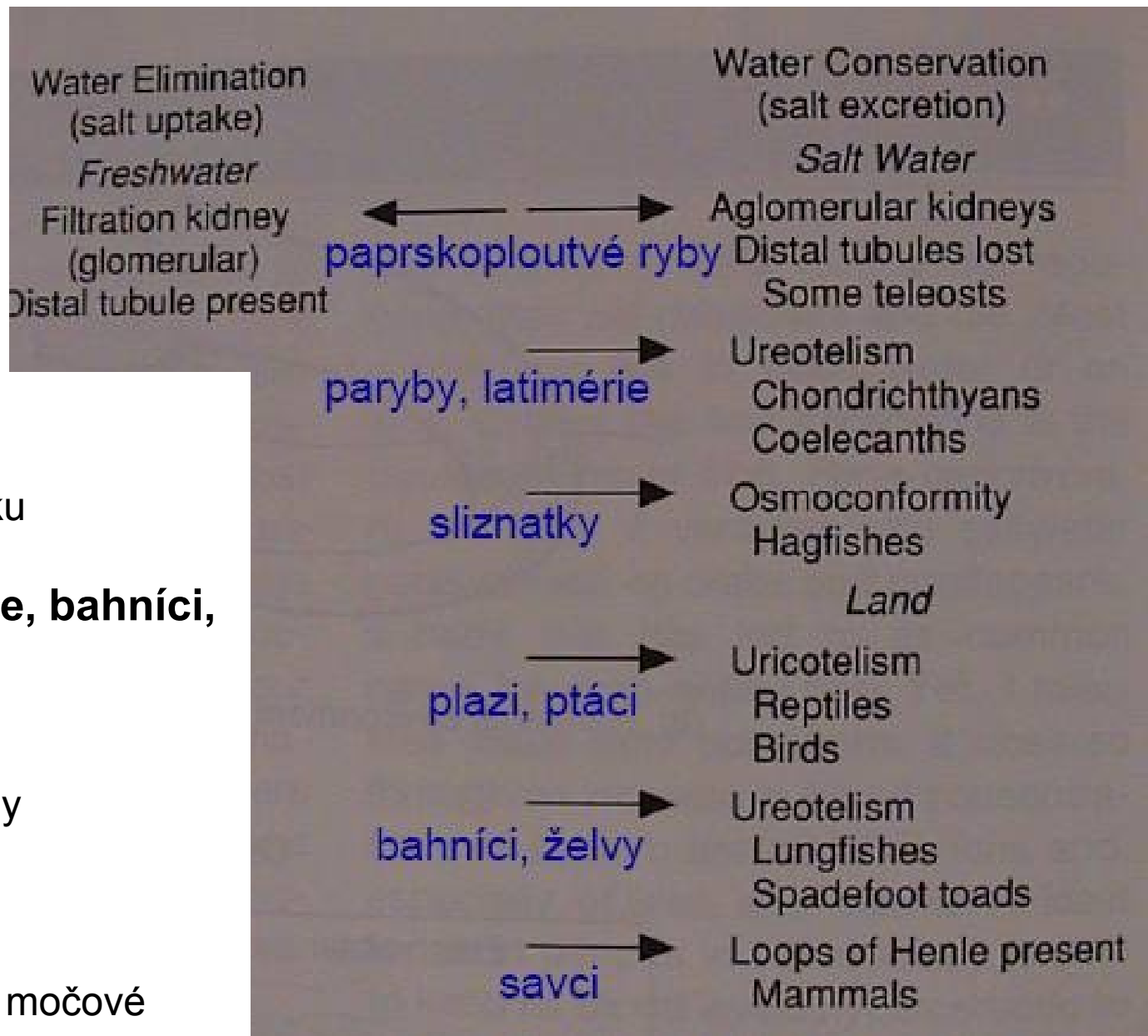
Wolf + urether

Wolf+ductus sperma



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)



Kostnaté ryby

Amotelní

Produkce amoniaku

Paryby, latimérie, bahníci, želvy a savci

Henleova klička

Ureotelní

Produkce močoviny

Plazi a ptáci

Urikotelní

Produkce kyseliny močové