

Tělesný plán obratlovců

Morfologicko-fyziologické repetitorium

2. Morfologické 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

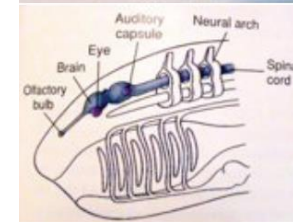
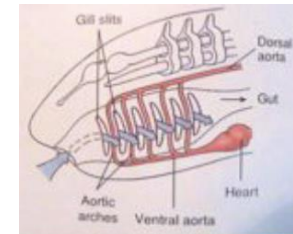
8) chrup. opora žaberních štěrbin - **žaberní oblouky**

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

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

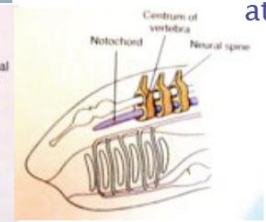
11) **uzavřenou CS**, tepny, žíly, **vícedílné srdce**, krev teče dopředu

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**

! přeměna prvního žaberního oblouku na **čelisti**

! vznik **párových končetin**

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

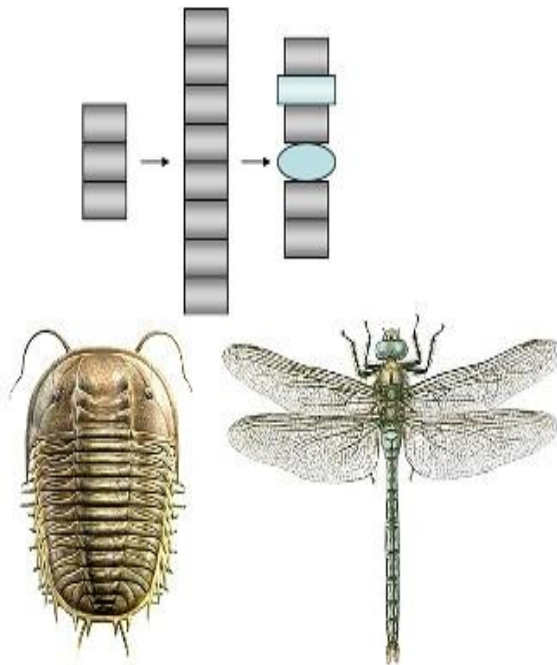
- čelistnatci cca 50 000 druhů!!!

2. Morfologické repetitorium

Morfogen látka rozhodující o diferenciaci buněk jednotlivých tkání, jde o **signální molekulu**, která působí na buňky přímo (nikoliv prostřednictvím krevního oběhu), důležitá je její koncentrace.

- transformující růstový faktor β , Sonic Hedgehog, epidermální růstový faktor nebo retinová kyselina.

Modularita („stavebnicovost“) architektury živočišných organismů



William Bateson – těla z částí, které se opakují a i jednotlivé části těla se často skládají z opakujících se jednotek-bloků.

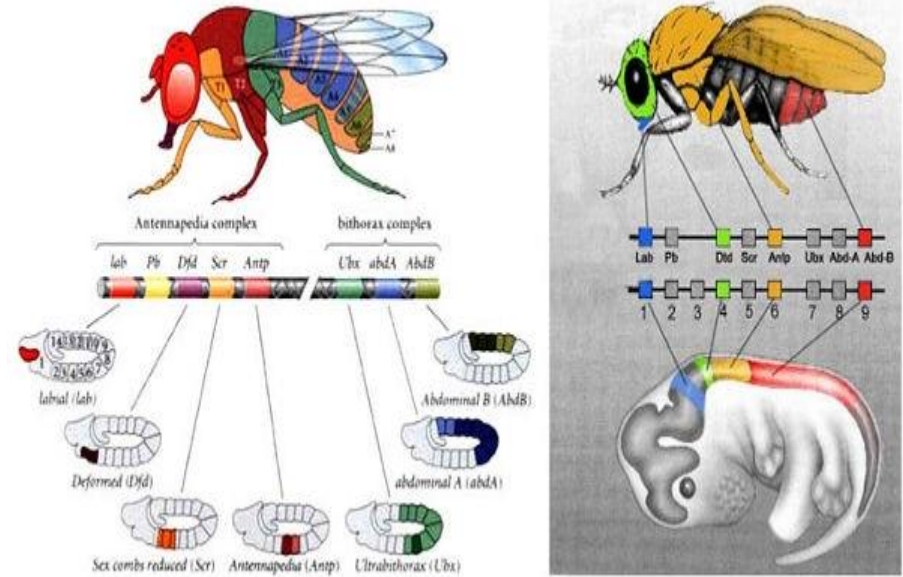
páteř obratlovců – počet jednotlivých obratlů se liší, stejně jako jednotlivé typy obratlů, ale vše je vystavěno podobně

= **modularita** architektury těla živočichů.

Někdy je modulární design struktury nějaké části těla méně znatelný. Například složitý vzor (pattern) křídla motýlů

2. Morfologické repetitorium

- účinnost závisí na koncentraci jejich produktů, vytvářejí **gradient koncentrace**, kdy k účinku dochází až od míst, kde koncentrace dosáhne určité prahové úrovně.
- kaskáda aktivní již před oplodněním.

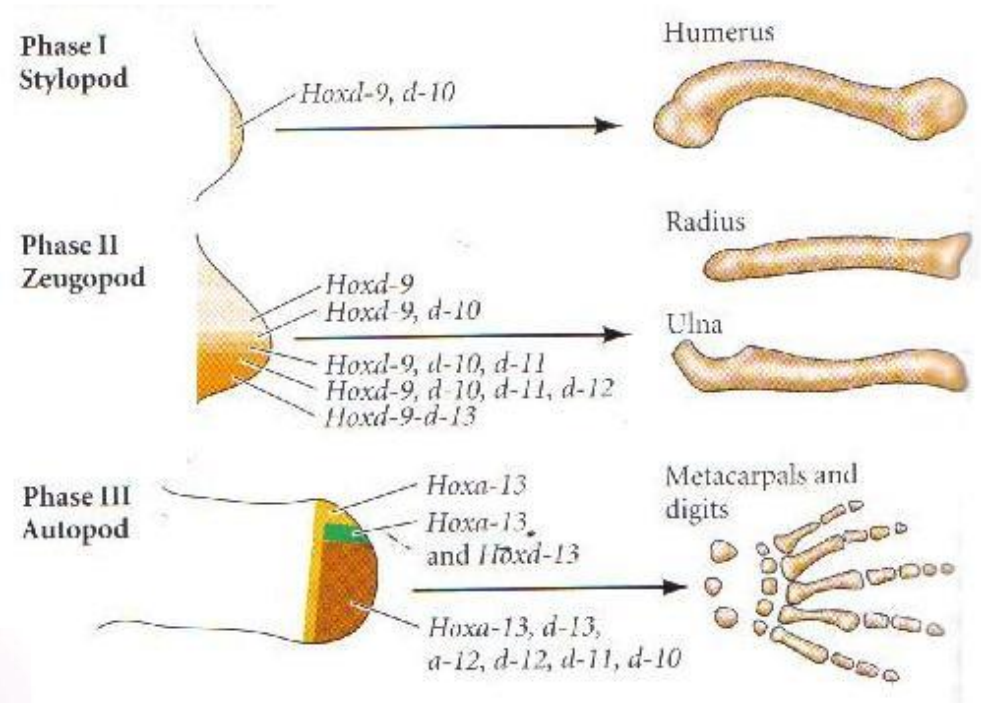
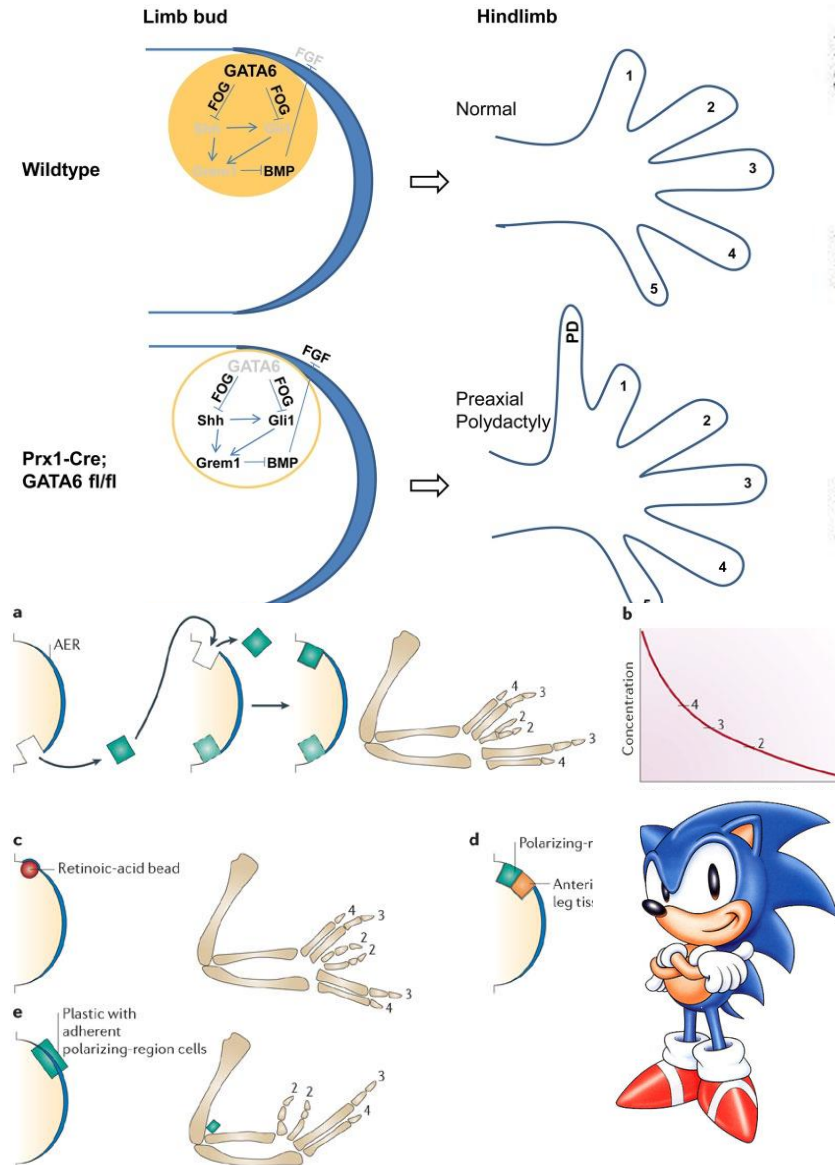


Vznik složitých orgánů a tkání z nediferencované zárodečné masy buněk

- princip zrušení symetrie prostor, ve kterém se zárodek či jeho část vyvíjí, se stává nehomogenním
- morfogenetické pole určuje buňkám jejich pozici v prostoru i čase, nadbuněčné vztahy.
- pole bývá vnuceno vnějšími faktory, difuze morfogenu z omezené oblasti do okolí. Okolní buňky dle koncentrace nastaví odpovídající diferenciační program.

2. Morfologické repetitorium

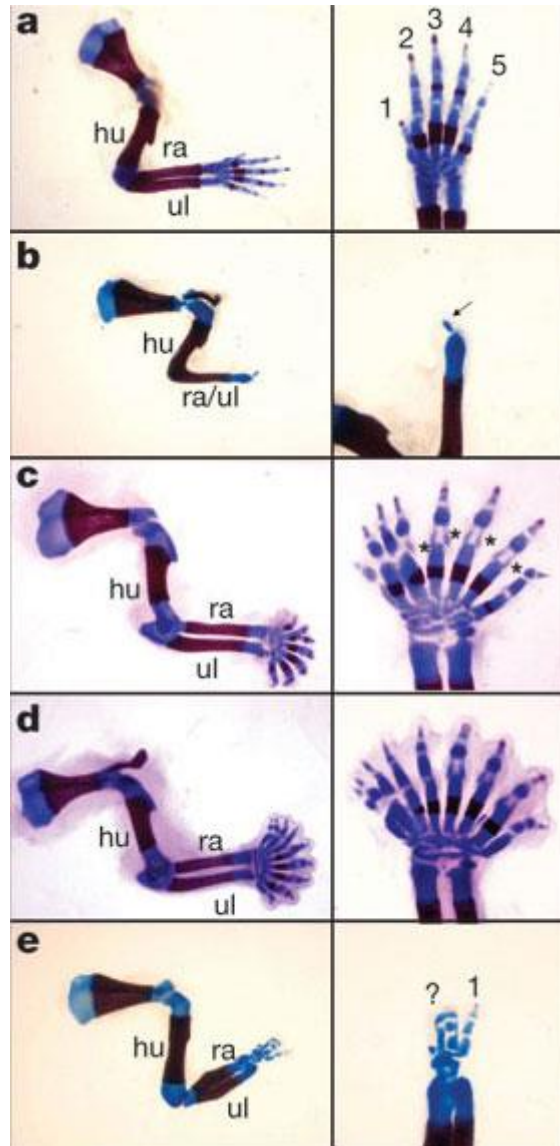
R. Owen – jednotná stavba obratlovčí končetiny, stejný základ, stejná regulace vzniku



Časové a místní rozdíly v zapínání a vypínání jednotlivých modulů – gen **Hedgehog** = heterochronie

Stejný gen určuje zda to bude ploutev nebo ruka, polarizační zóna, malík-palec

2. Morfologické repetitorium

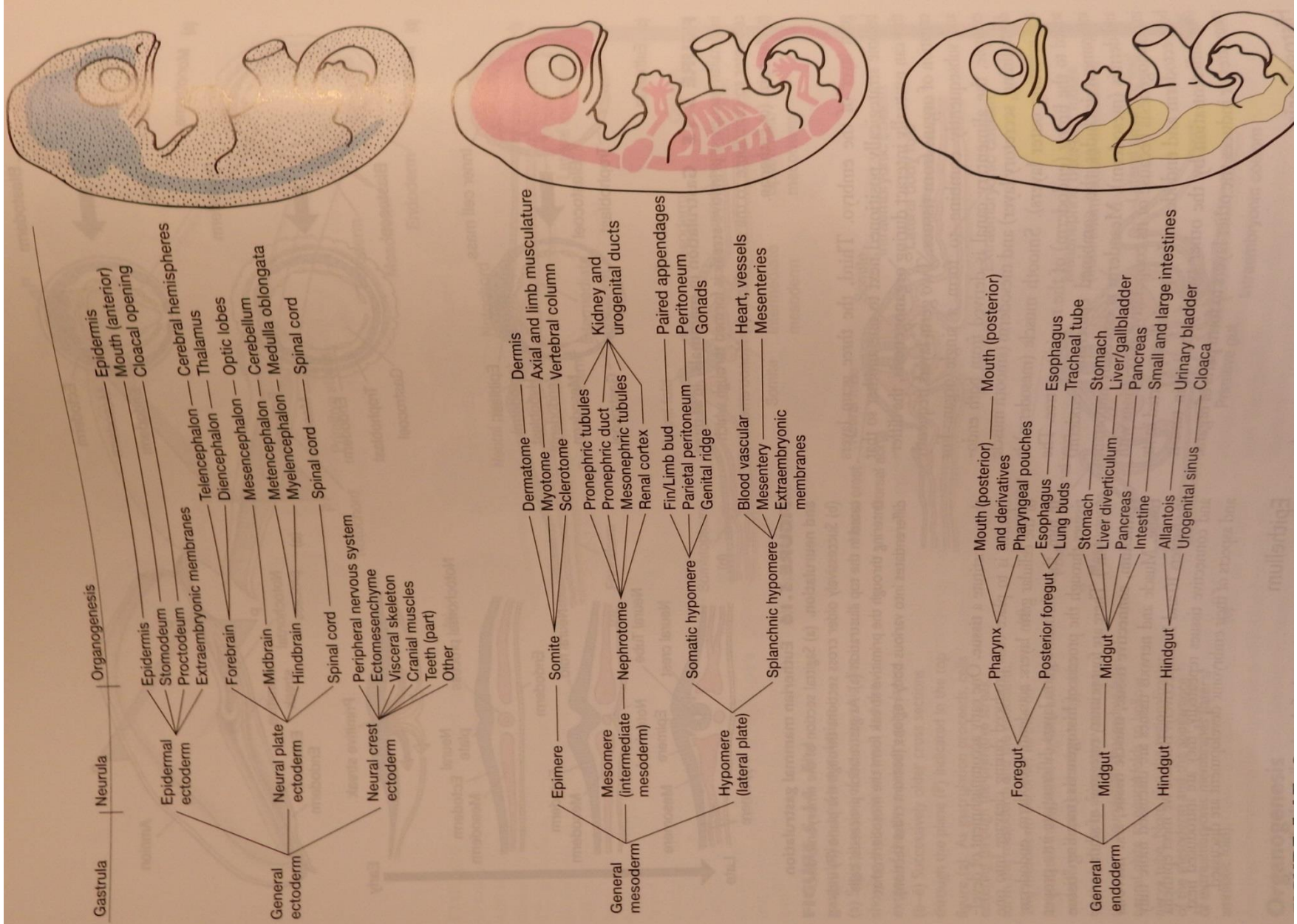


- a) přední končetina myši s oběma aktivními geny Shh a Gli3. aktivní při normálním embryonálním vývoji a vzniká tedy normální pětiprstá končetina s normálním stylopodem, zeugopodem a autopodem.
- b) embryonální vývoj při absenci genu Shh. Vzniklá končetina má normální stylopodum, redukované nebo spojené zeugopodum a neidentifikovatelný element místo autopoda.
- c) při vývinu aktivní pouze Shh a potlačen byl gen Gli3. Výsledkem je prakticky normální končetina, ale místo pěti prstů jich je víc - mezi šesti až jedenácti.
- d) neaktivní oba geny Shh a Gli3. Výsledek je podobný situaci na obrázku c) s tím rozdílem, že prsty postrádají identitu. Jinými slovy jsou všechny prsty stejné.
- e) jedna kopie genu Gli3 a neaktivním genem Shh. Výsledkem je téměř kompletní končetina ovšem jen s několika prsty.

Standardně tři zárodečné vrstvy

– ektoderm, entoderm a mezoderm – a právě podle jejich přítomnosti se mnohobuněční živočichové (Metazoa) rozdělují na Monoblastika, Diblastika a Triblastika.

2. Morfologické repetitorium



2. Morfologické repetitorium

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 neurální lišty (BNL) (často jako 4. zárodečný list)** – 40 tkání a orgánů, mezi pokožkou a nervovou trubicí, migrace ganglia sensorických hlavových nervů,

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, dřev nadledvinek
- **rozdílný vývojový potenciál hlavové (mezoderm) a trupové (entoderm) neurální lišty**

2. Morfologické repetitorium

Neurální lišta a evoluce lebky

Neurální lišta je populace buněk, která vzniká při utváření nervové trubice u embryí obratlovců. V hlavě neurální lišta kromě jiného tvoří chrupavky, lebeční kosti, zuby (kromě sklovin), pojivové tkáně a škáru. Neurální lišta je tedy zásadní embryonální strukturou, neboť hlavu utváří.

Kopinatci nemají lebku ani neurální lištu.

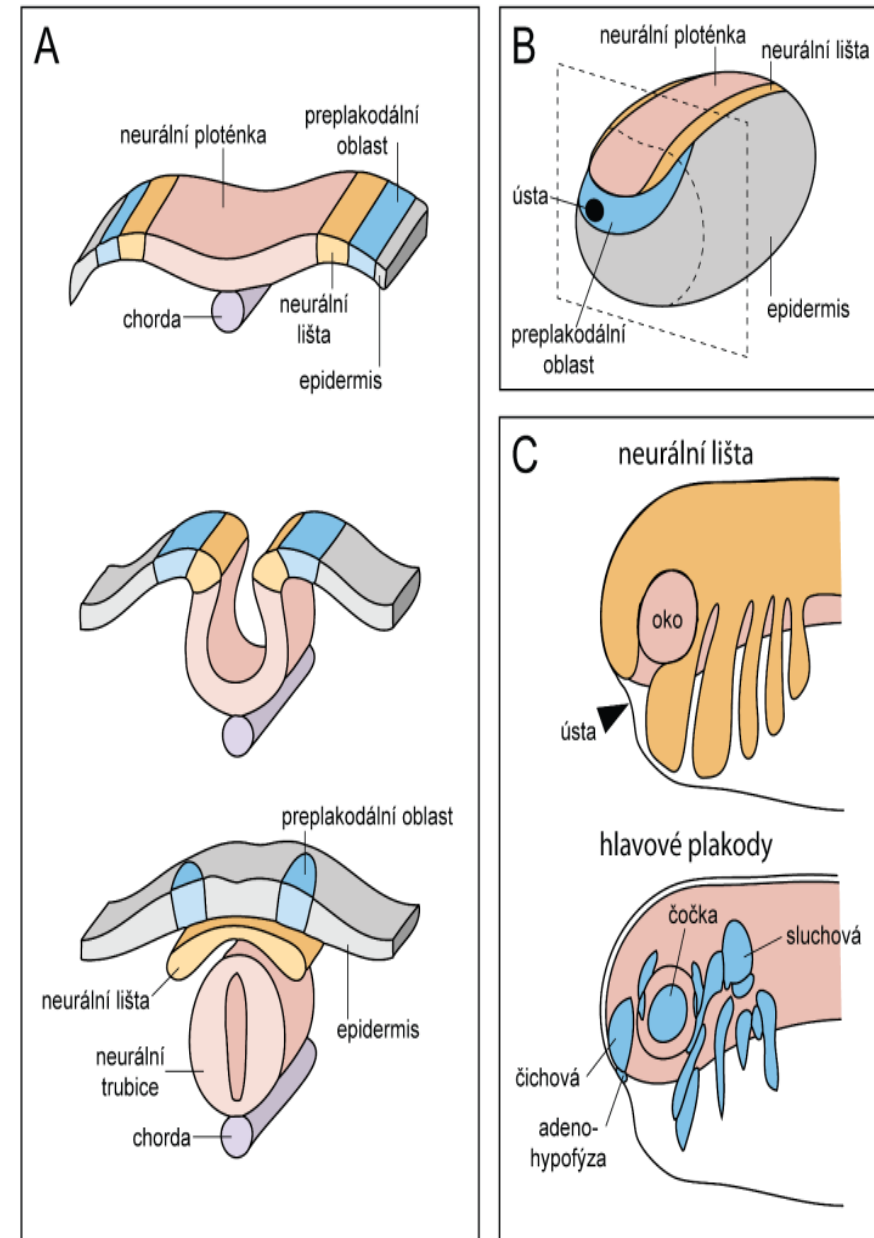
Kde se ale vzala neurální lišta?

pláštěnci - přítomnost buněk, podobných neurální liště obratlovců.

nervová trubice sumky, vznikají periferní nervy podobné spinálním gangliím obratlovců. Sesterská linie obratlovců, předek již tvořil buňky neurální lišty, generují buněčnou chrupavku, základ pro kostěnou lebku.

A) Hlavové plakody a neurální lišta na rozhraní neurální ploténky a epidermis

B) Schéma žabího embrya zobrazující oblasti dávající vznik hlavové plakody (z preplakodální oblasti) a neurální liště.



Evoluce smyslových orgánů

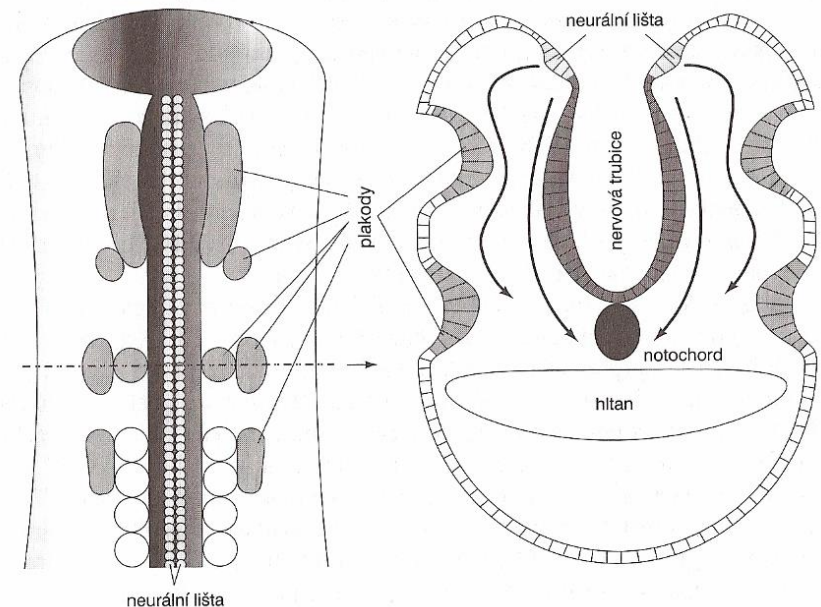
hlavové epidermální plakody - spoluutváří hlavu obratlovců z společného základu (preplakodální oblast), z nervové trubice a migrují, interagují s okolními tkáněmi a diferencují do mnoha buněčných typů.

vznik smyslovým orgánům - vnitřnímu uchu, čichovým vakům, oční čočce či postranní čáře, gangliím hlavových nervů či přednímu laloku podvěšku mozkového (tzv. adenohypofýze). Sdílejí evoluční původ s neurální lištou.

U kopinatce k tvorbě plakod nedochází.

přes jisté podobnosti s plakodami obratlovců (preorální jamka...), společný předek kopinatců a obratlovců tedy zřejmě neměl definovanou preplakodální oblast.

Důležitým milníkem v evoluci obratlovců přitom bylo spuštění exprese transkripčních faktorů, které se staly zodpovědnými za vývoj preplakodální oblasti a za diferenciaci této oblasti do jednotlivých plakod.



1. Uspořádání plakod a buněk neurální lišty v hlavové části embrya obratlovce (vlevo shora,ravo na příčném průřezu).

Ektodermální plakody - komplexní smyslové orgány

Vznik invaginací

Typy:

Epibranchiální

Dorsolaterální

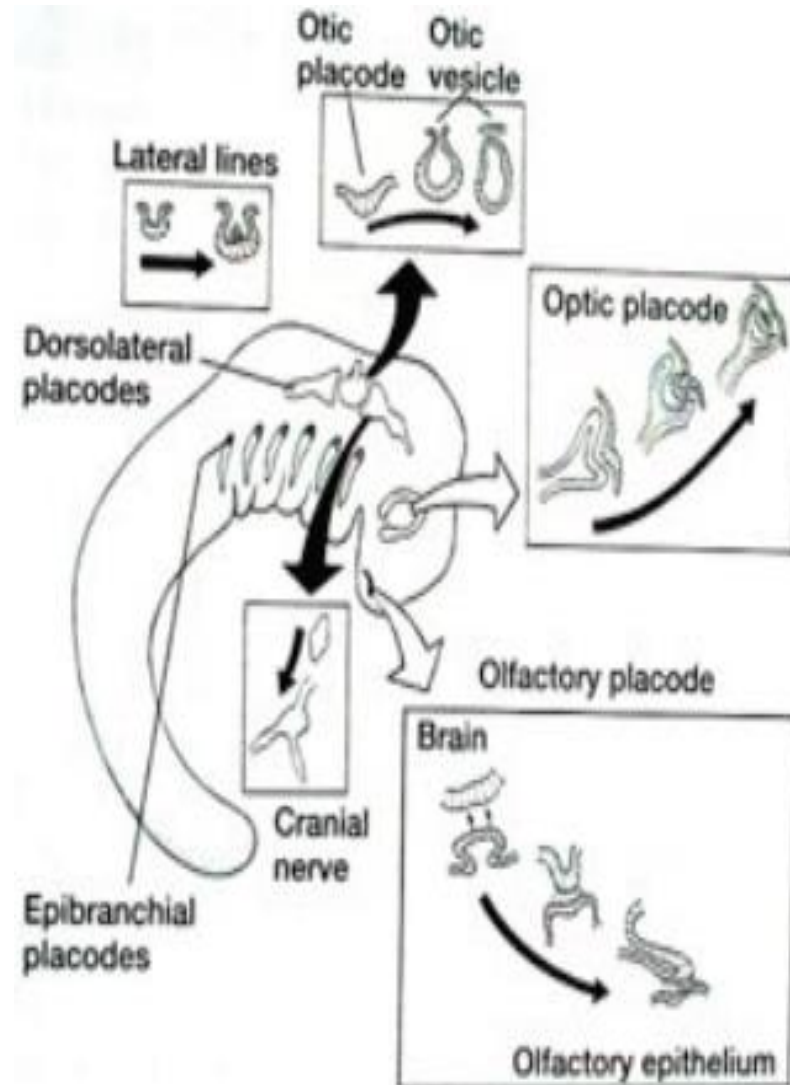
Otické

Optické

Olfaktorické

+

**lokálně specifická
organizační centra
entodermální
struktury mimo NS**

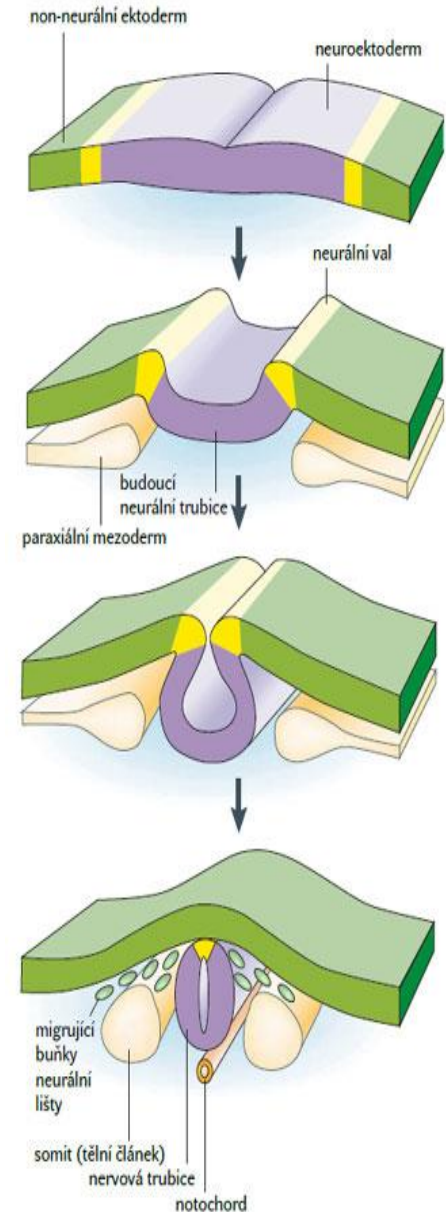
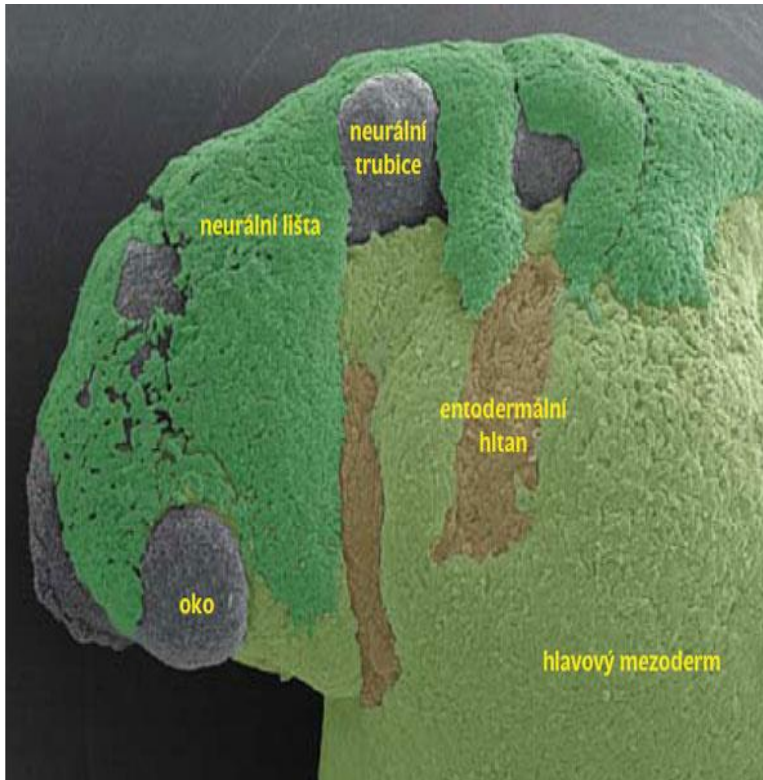


2. Morfologické repetitorium

Černý R. (2010) Čtvrtá vrstva. Vesmír 89, 478-481.

U obratlovců je to ale jinak....

v hlavě obratlovců je drtivá většina skeletotvorných a pojivových tkání embryonálně odvozena z buněk neurální lišty. Buňky neurální lišty tvoří i významnou část soustavy nervové a přispívají do mnoha vnitřních orgánů.

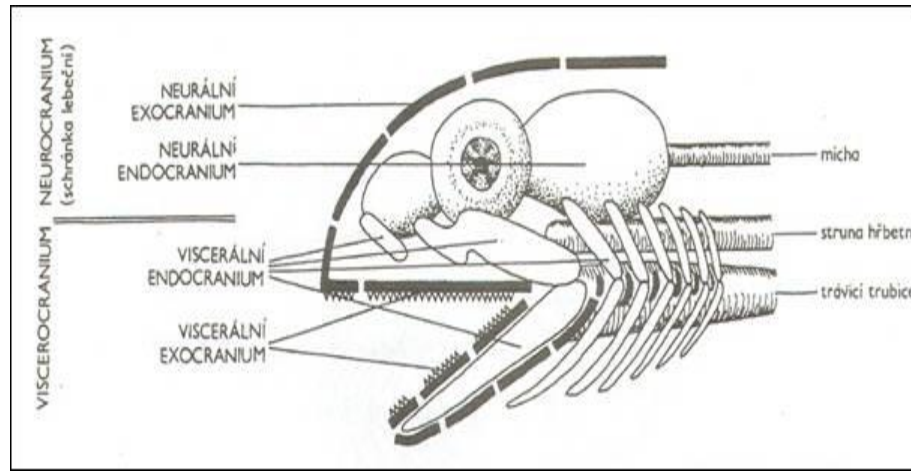


Evoluční nadstavba obratlovců – nová hlava – novotvar

U předka obratlovců dochází ke spojení plakod a mozku – adenohipofýzární plakoda a neurohipofýza dávají vznik podvěsku mozkovému, čočková plakoda a sítnice oku, čichové a sluchové vaky se sdružují s přilehlými částmi mozku.

Plakody interagují s buňkami neurální lišty a spoluvytvářejí ganglia a hlavové nervy. Neurální lišta ⇒ lebka, trávicí a dýchací trubice.

z živočicha pasivně filtrujícího potravu z okolního prostředí v živočicha s aktivním predátorským způsobem života - zdokonalení sensorů a modifikace ústního aparát pro zachycení a příjem velké potravy.



2. Morfologické repetitorium

Ektoderm a entoderm jsou však jako předběžné vrstvy přítomny již ve vajíčku před oplozením - **monoblastika a diblastika**

Mezoderm až po oplodnění z ektodermu nebo z pomezí ekto-entodermu je **indukován tkáňovými interakcemi** ⇒ **sekundární zárodečná vrstva.**

buňky neurální lišty mezi neurálním a nonneurálním ektodermem (neurální indukce).

Mezoderm i neurální lišta plní funkci embryonálního mezenchymu (embryonální podpurné tkáni). Následně neurální lišta plní funkcí mezodermu.

Vznik další sekundární zárodečné vrstvy, neurální lišty, k diferenciaci obratlovců a k dalším nedožírým změnám zavedených vývojových mechanismů.

Neurální lišta přechodná embryonální struktura, vzniká během neurulace a během vzniku neurální trubice oddělení obrovské množství buněk ⇒ migrují k břišní straně a vytvářejí spoustu nových buněčných derivátů.

tedy nejde o klasické Triblastika

z buněk neurální lišty mnoho nových buněčných typů, tkání a interakcí = evoluční nadstavba nad původním stavebním plánem triblastik.

Neurální lišta –

Odstupuje od uzavírající se nervové trubice

Charakteristická emancipací, volnou pohyblivostí

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

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

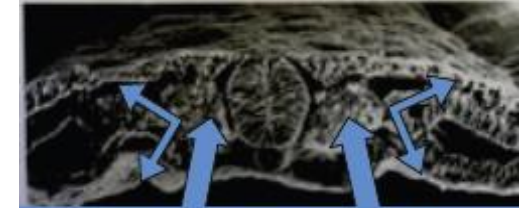
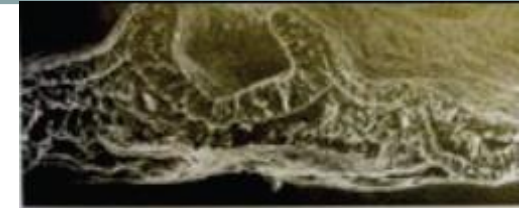
Neurální lišta – základní apomorfie Craniata

Buněčné typy z neurální lišty

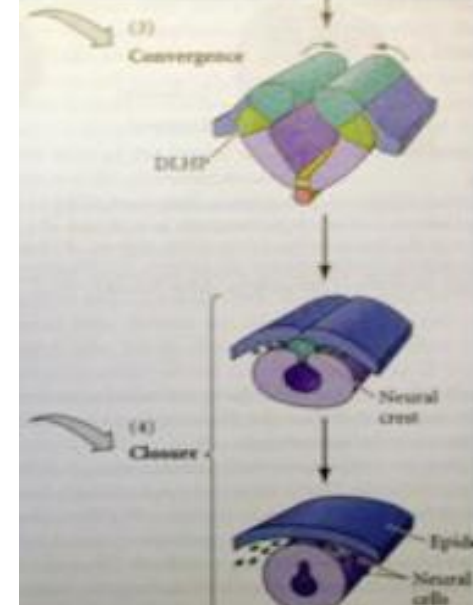
mezi ekto a mesodermem - **epithelo-mesenchymová transformace**

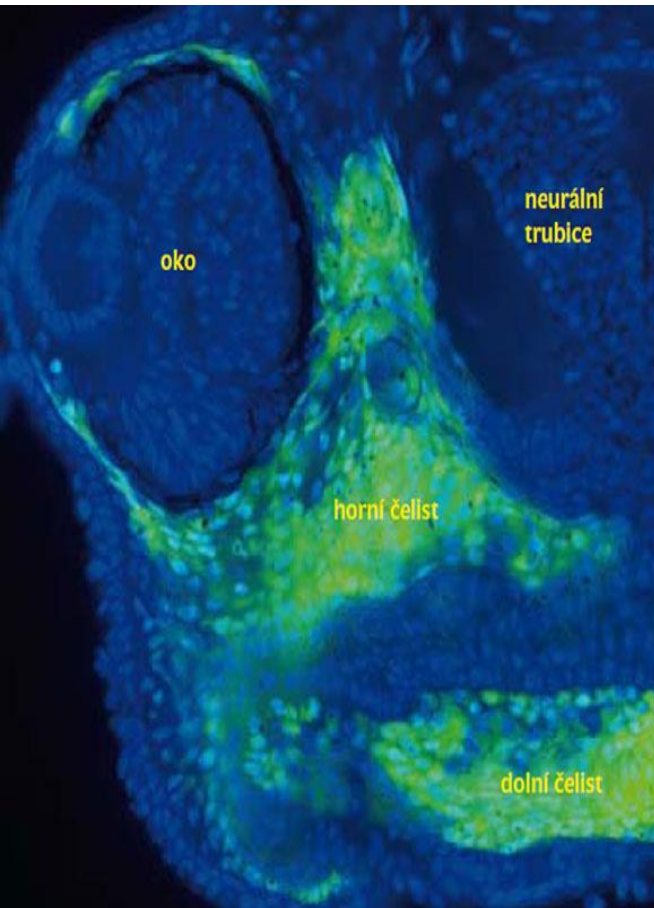
z nervové trubice unikají a migrují do řady míst po těle embrya, kde budou později, po diferenciaci v buňky různých tkání, zastávat rozličné funkce.

- Míšň ganglia
- Ganglia (para)sympatického systému
- Sekreční buňky endokrinních žláz
- Schwannovy buňky, endotel cév
- Chondrocyty, blastemy branchialní části viscerokrania
- Pigmentové buňky
- Odontoblasty, osteoblasty
- Vasoreceptory
- oční čočka, čichové a sluchové váčky, proudový orgán



Neurální lišta: embryonální orgán produkující populace pluripotentních kmenových buněk pronikající (zejm. na rozhraní ektoderm/ mesoderm) do různých míst těla, kde se specificky mění a zásadně ovlivňující morfogenesi a integraci obratlovčího těla





Neurální lišta jako základní embryonální specifikum obratlovců

Většina znaků, jimiž se obratlovci odlišují od ostatních skupin je z větší části odvozena od buněk neurální lišty.

semikmenovost čili multipotence - schopnost adaptivně rozlišit se do obrovského množství buněčných typů a derivátů.

část hlavového mezodermu kuřat nahrazena buňkami neurální lišty - bez problémů vznikla z buněk neurální lišty, které se ukázaly být vývojově schopné mezoderm plně nahradit.

naprosto geniální plasticita procesů v ontogenezi!

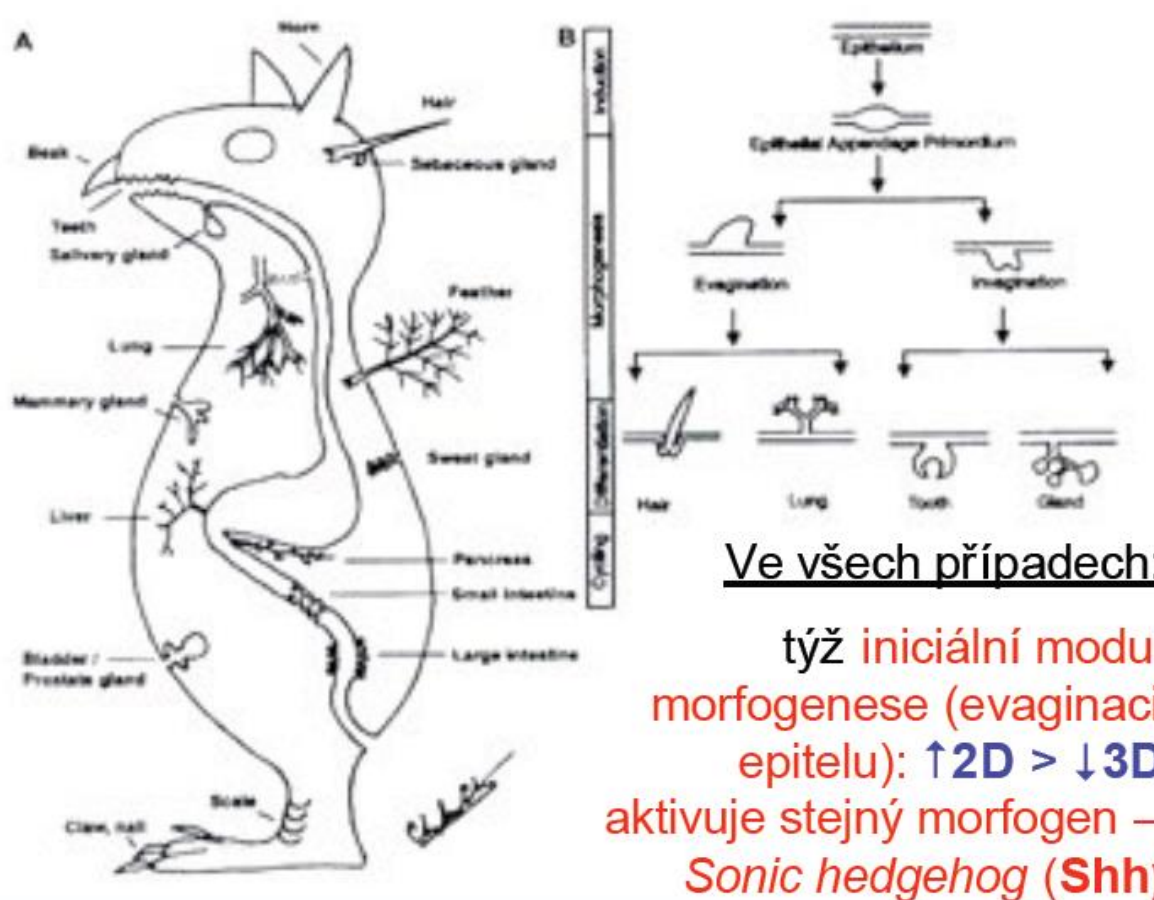
Buňky neurální lišty (zeleně) vytvářejí většinu hlavového mezenchymu a kondenzují do chrupavek čelistí.

2. Morfologické repetitorium

kontrola homeotickými geny a lokálně specifickou diferenciací mezenchymatických buněk

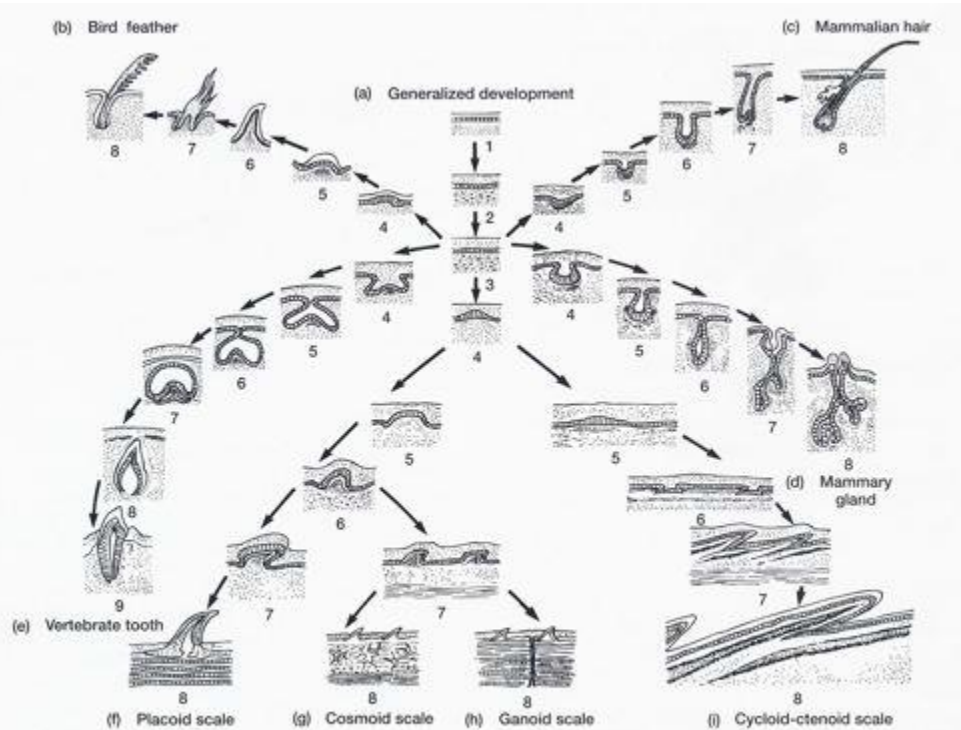
Gastrulace - epibolie

přerůstání, asymetrický růst sousedních tkání
neurulace, vznik hlavy, vznik zárodečných obalů u Amniot



2. Morfologické repetitorium

Rozličné kožní deriváty vznikají identickou cestou **epitelo-mesenchymální interakce**

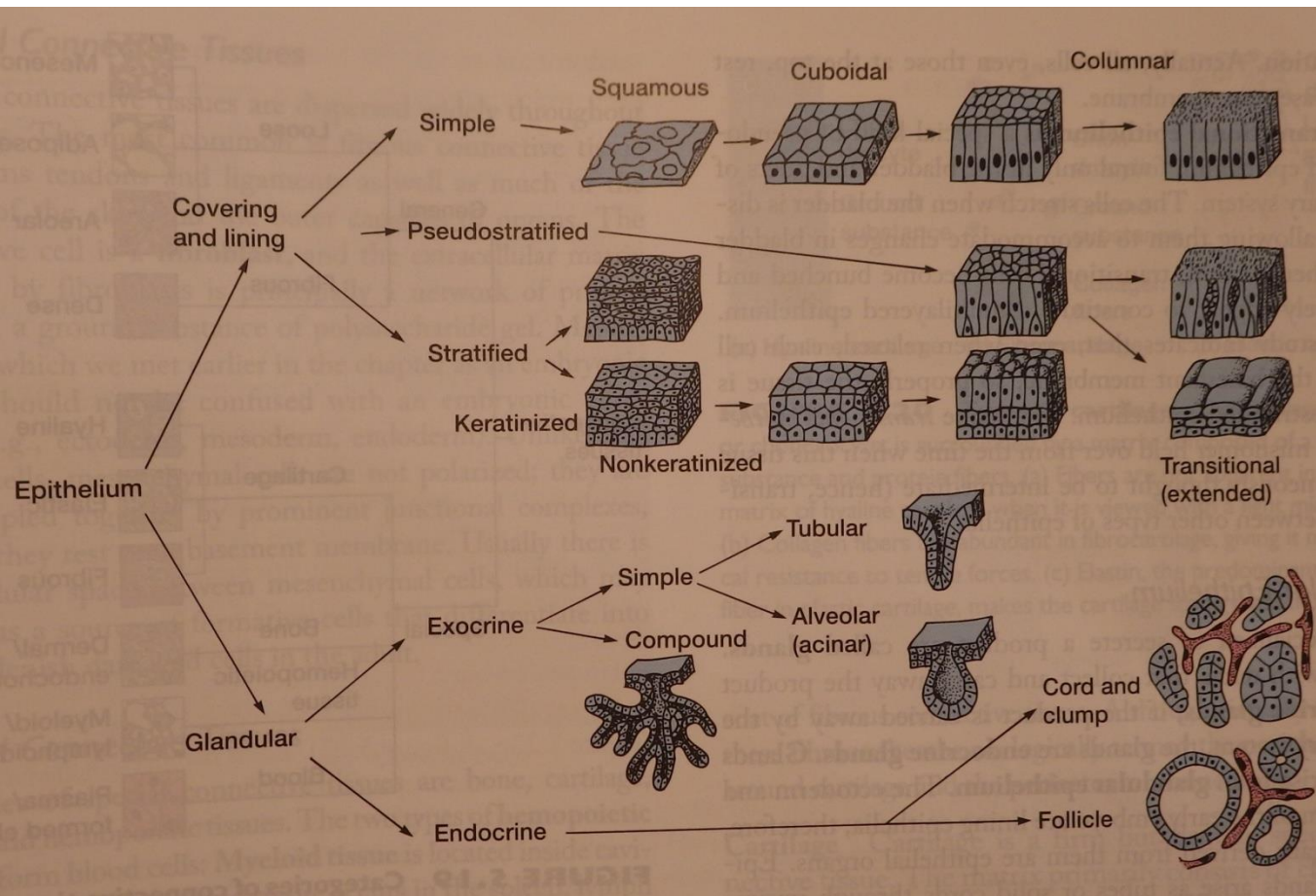


ve všech případech je počátek morfogeneze (invaginace/evaginace epitelu) aktivován stejným morfogenem - Shh (Sonic hedgehog)

Figure 6.3 Skin derivatives. (a) Out of the simple arrangement of epidermis and dermis, with a basement membrane between them, a great variety of vertebrate integuments develop. Interaction of epidermis and dermis gives rise to feathers in birds

(b), hair and mammary glands in mammals (c and d), teeth in vertebrates (e), placoid scales in chondrichthyans (f), and cosmoid, ganoid, and cycloid-ctenoid scales in bony fishes (g-i). Based on the research of Richard J. Krejsa.

2. Morfologické repetitorium



Plakoidní dynamika

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

2. Morfologické repetitorium

Pokryv těla (integument)

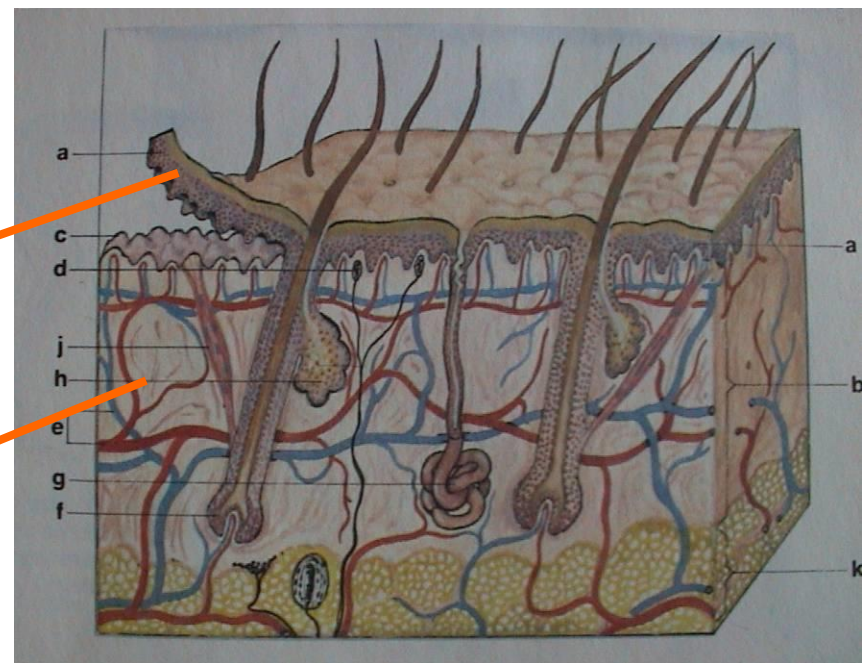
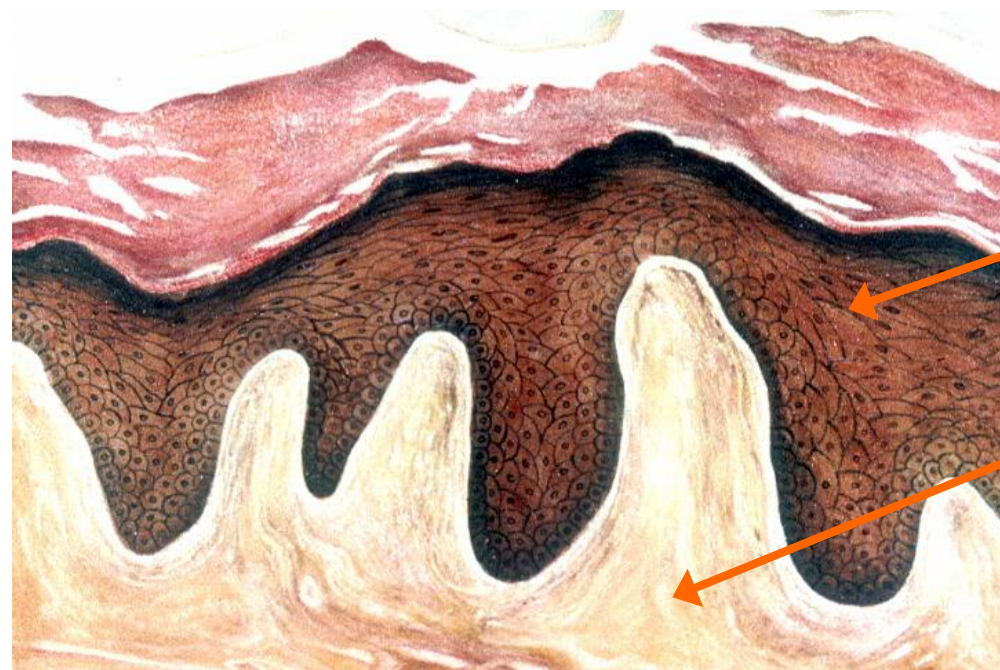
- Kožní deriváty: komplexní produkt interakce ekto-, mesodermu a **mesenchymu** základní morfogenetický mechanismus!

deriváty

kůže

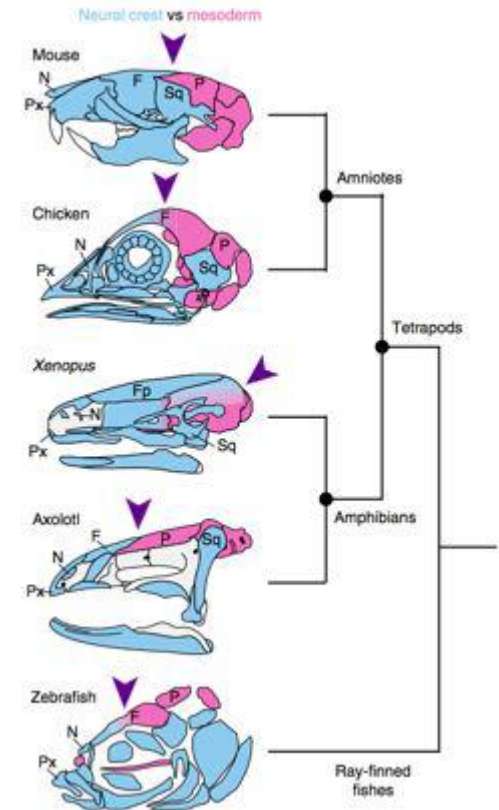
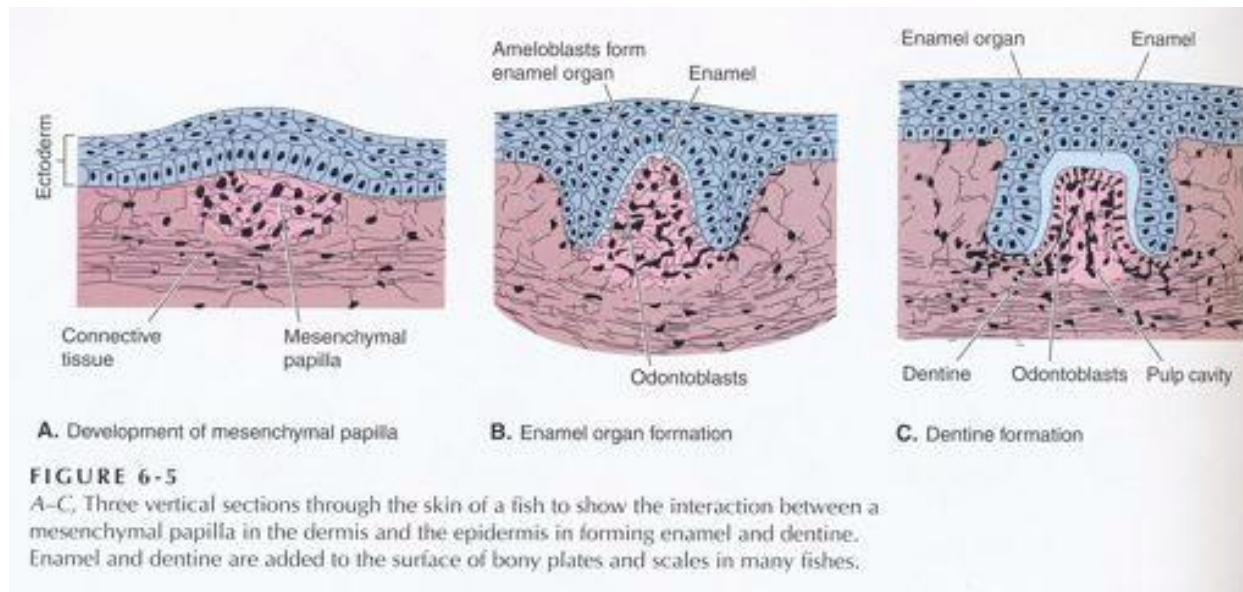
vícevrstevná pokožka (epidermis) z ektodermu

škára (corium, dermis) z mezodermu (dermatom)



2. Morfologické repetitorium

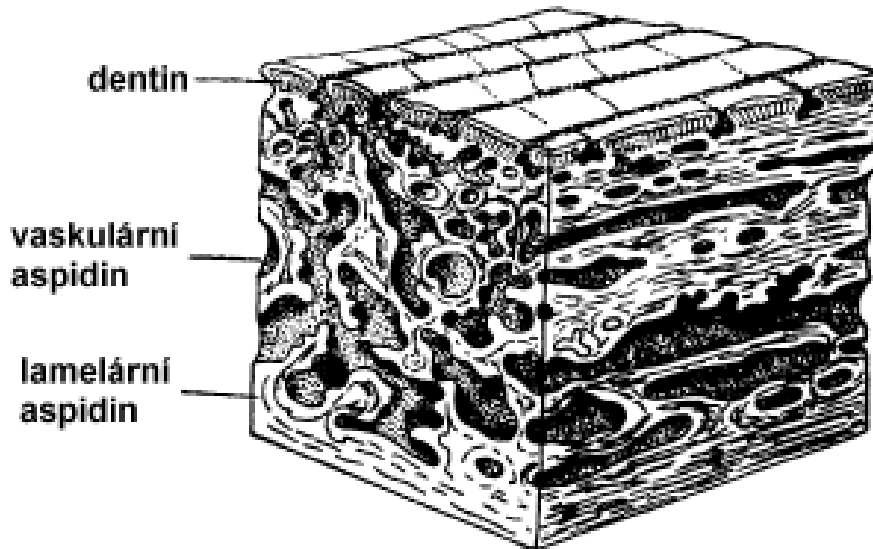
Kůže (epidermis + dermis):
v hlavě obratlovců však dermis (škára)
vzniká z **mesenchymu** původem z neurální lišty, což má
zásadní dopad na vznik skeletálních struktur!



mesenchymální papila, dermis: odontoblasty – dentin (kost);
epidermis: ameloblasty (enamel) - sklovina

opětná soustava – „kostra“

Základ osifikační kaskády



Derivát škáry

evolučně nejpůvodnější u **Ostracodermi** a **Placodermi**.

acelulární struktura (osifikace se neúčastnily kostní buňky) = **aspidin**
navzájem více pohyblivých desek

Oproti dermálním kostem na povrchu **dentinu**, pod ním **vaskulární aspidin** (dutinky, vyplněnými tělní tekutinou se stejnou funkcí jako má krev vyšších obratlovců)

na bázi **lamelární aspidin** (paralelní s povrchem těla).

2. Morfologické repetitorium

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

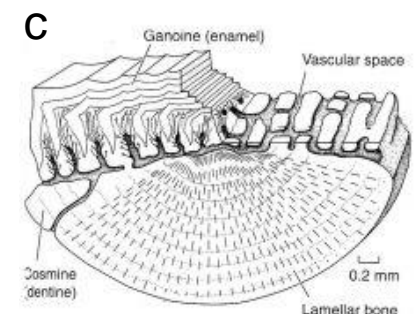
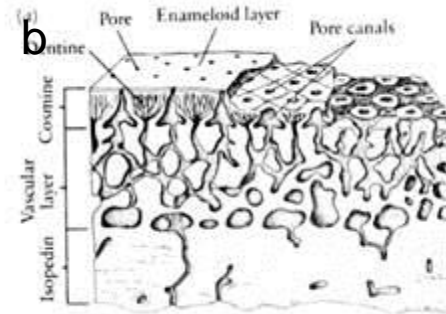
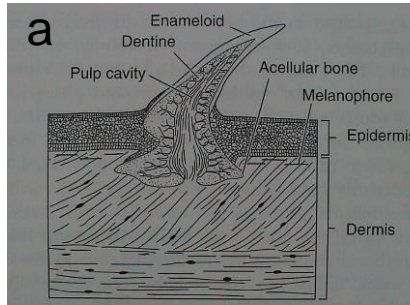
v kůži jen slizové buňky (mihule, ryby), sliz zabraňuje maceraci

kostěné desky (Placodermi) - kostěné šupiny

„AGNATHA“: nahá

GNATHOSTOMATA:

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



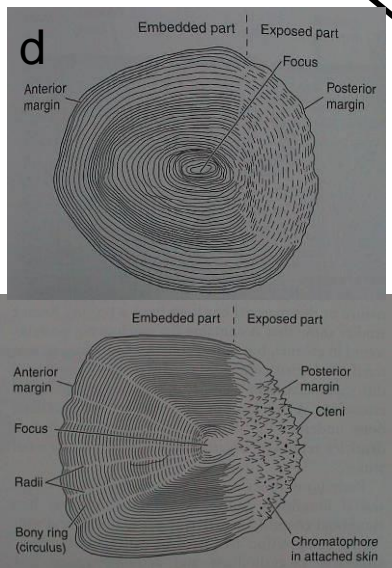
šupiny

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

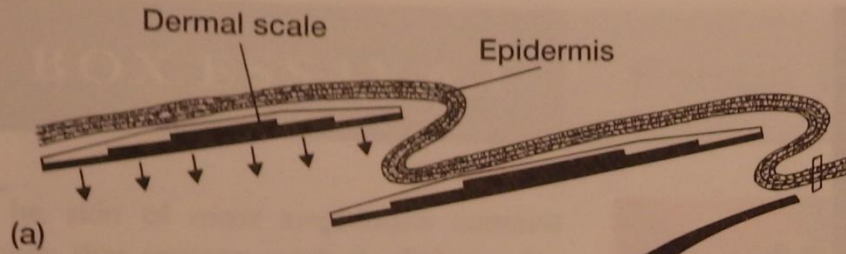
c) **ganoidní (lamelární a vaskulární kost, redukce kosminu;** email=**ganoin z ektoblastu**, Chondrostei, bichiři, kaprouni a kostlíni)

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

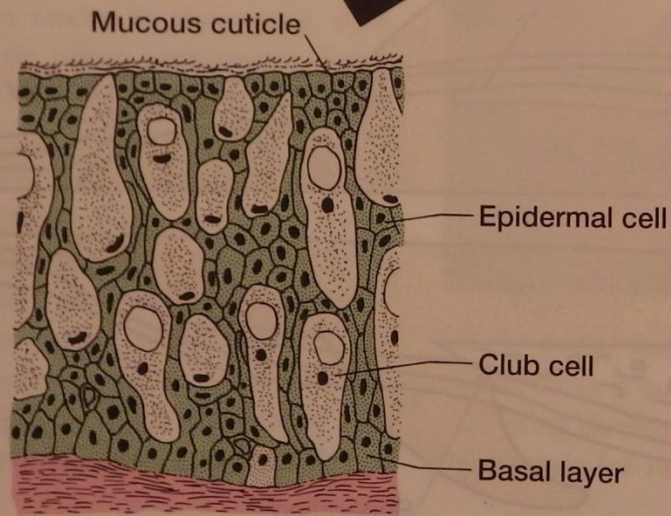
trend ztenčování, cykloidní a ktenoidní



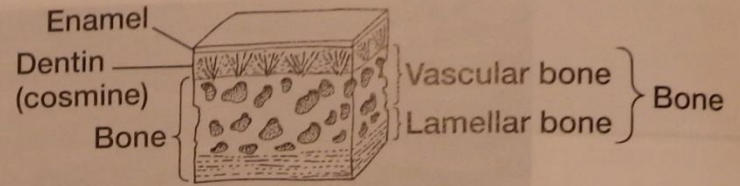
2. Morfologické repetitorium



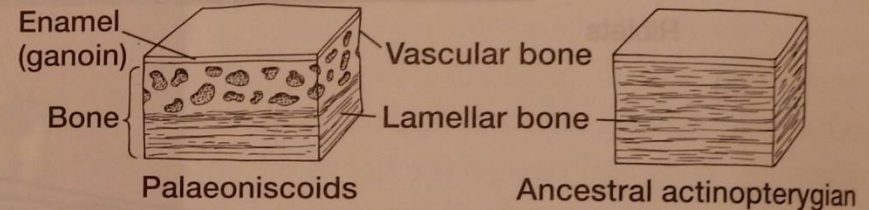
(a)



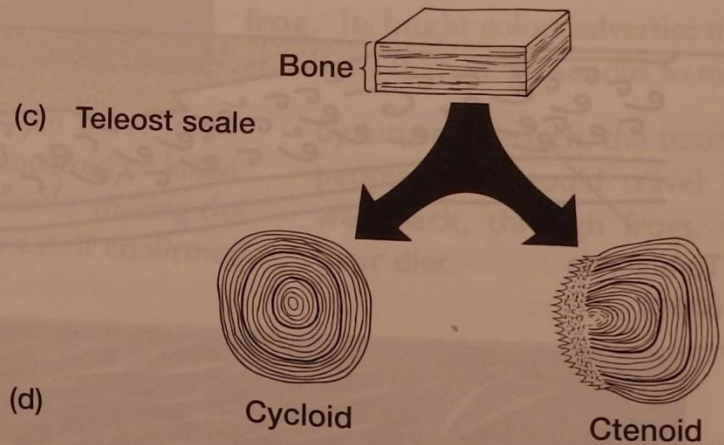
(b)



(a) Cosmoid scale



(b) Ganoid scale



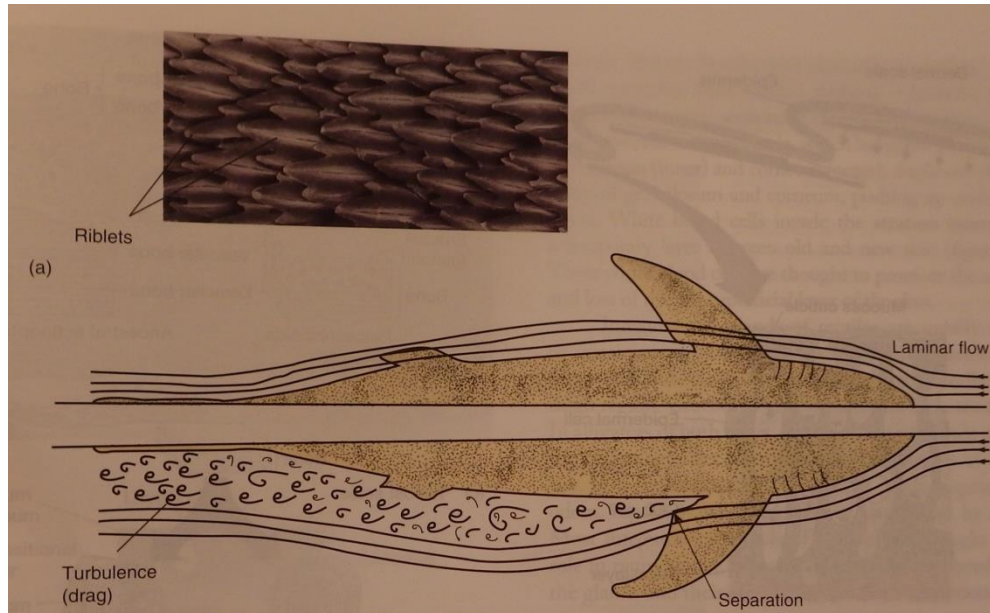
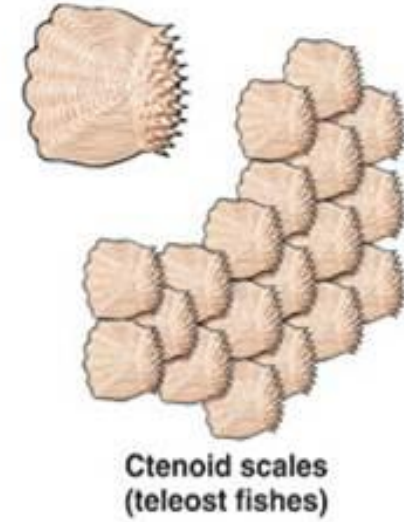
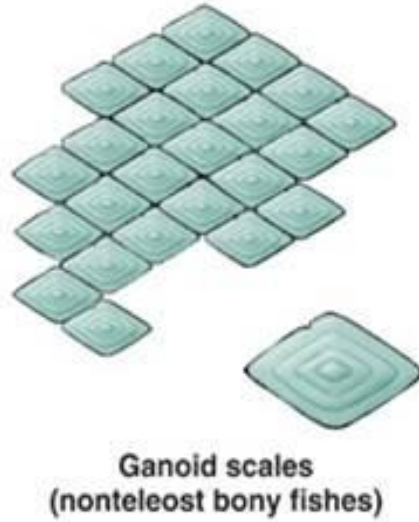
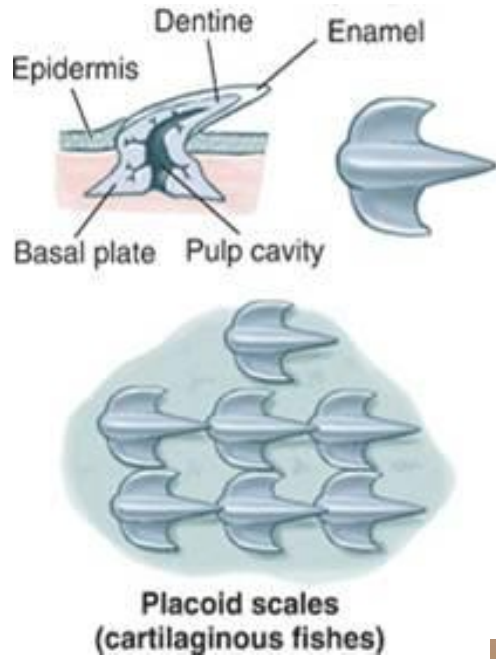
(c) Teleost scale

Cycloid

Ctenoid

FIGURE 6.11 Bony-fish skin. (a) Arrangement of dermal scales within the skin of a teleost fish (arrows indicate

2. Morfologické repetitorium



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

potní, mazové, pachové ž.

redukce

Lepidosauria, 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 neurální lišty

fyzikální

- rozptyl světla v komůrkách naplněných vzduchem

- interference při průchodu a odrazu světla vrstvami různých optických vlastností

2. Morfologické repetitorium

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

Notochord - zachován primárně u: „Agnatha“, Placodermi, Acanthodii, Sarcopterygii

Notochord - zaškrcován rozvojem těl obratlů: redukce až úplné vymizení: Chondrichthyes, Actinopterygii, Lissamphibia, Amniota (Lepidosauria, 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

2. Morfologické repetitorium

EXOSKELET (z vaziva): dermatoskelet, endesmálně

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

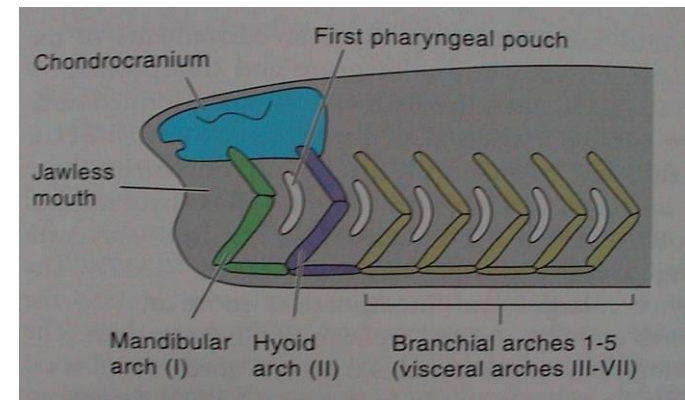
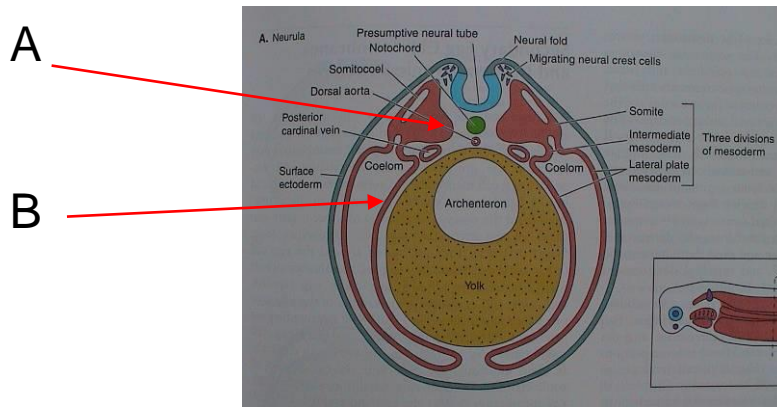
ENDOSKELET (vždy primárně chrupavčitý): enchondrálně

A) somatický (ze somitů = sklerotomy)

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



2. Morfologické repetitorium

Oporná soustava

Mineralizace

Hydroxyapatit, metabolismus Ca

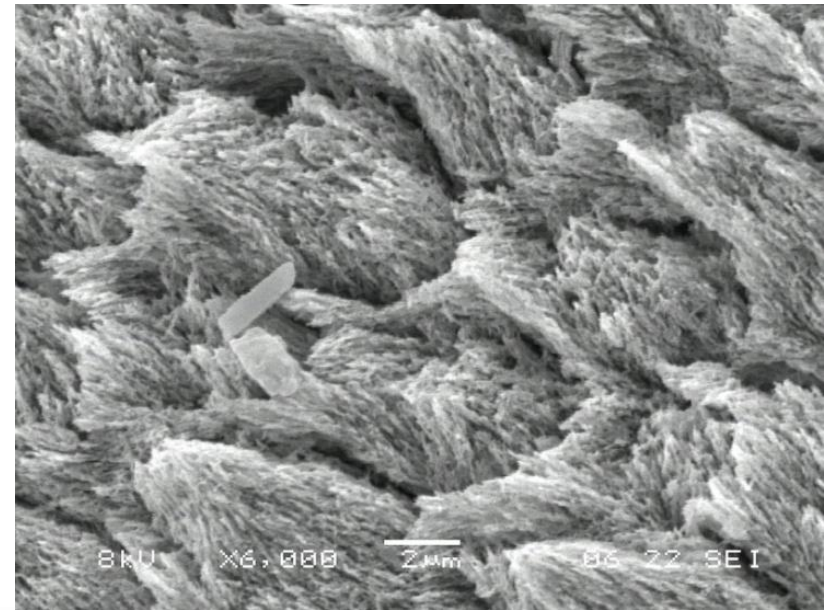
Email-sklovina, síť minerálních krystalů,
96% anorg., **nejpevnější tkáň obratlovců**

Dentin-zubovina, ne zpětná resorbce,
živé odontoblasty

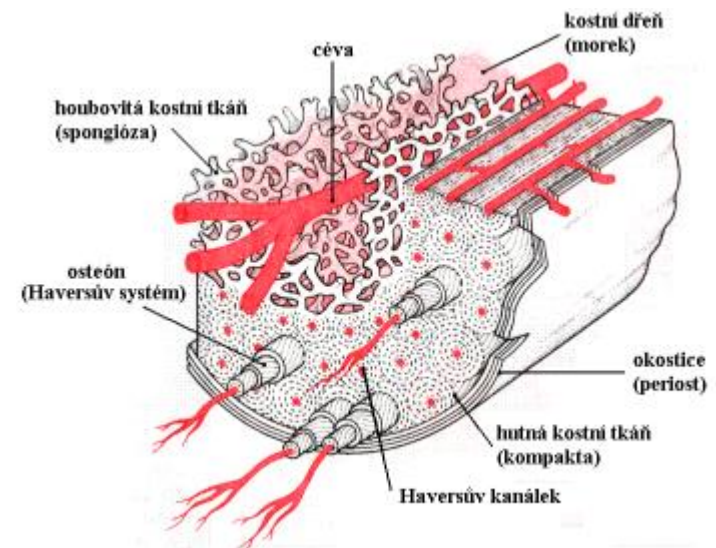
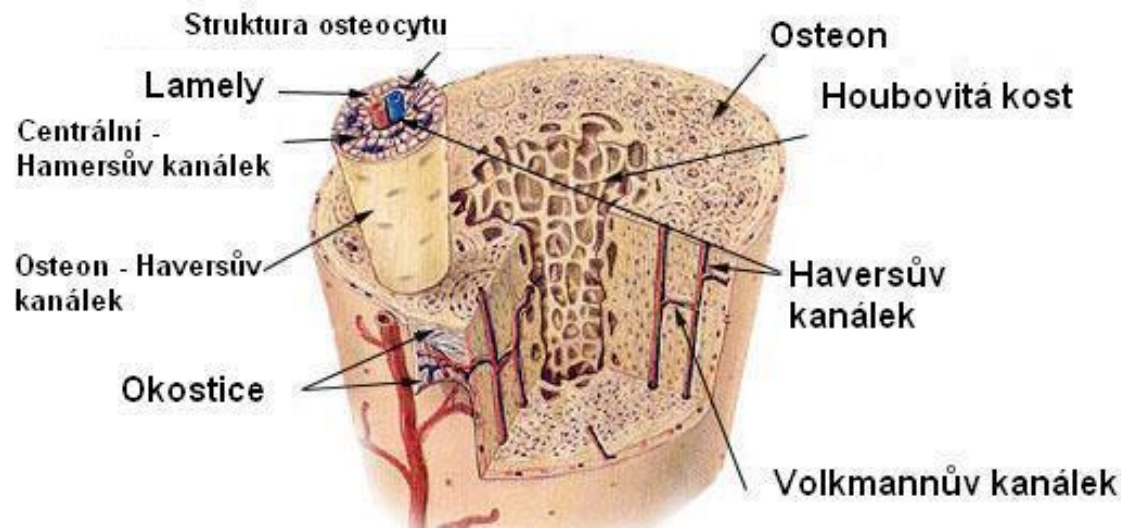
Kost-ukládání i vstřebávání, dynamický systém,
zásobárna Ca
přestavby - růst, regenerace

Hormonální kontrola dle Ca v plazmě

Prismatické noduly – savčí apomorfie



STAVBA KOSTI



2. Morfologické repetitorium

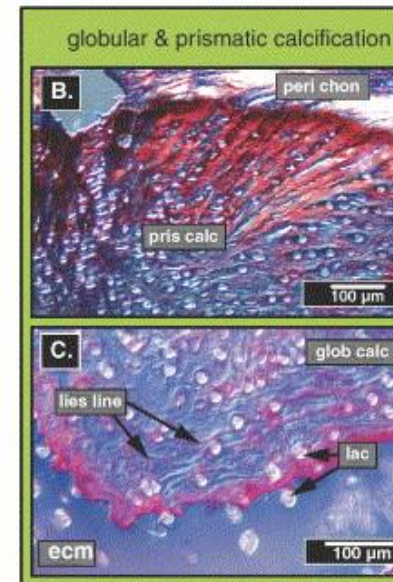
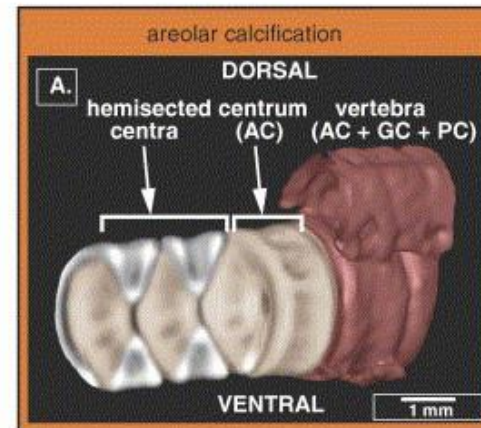
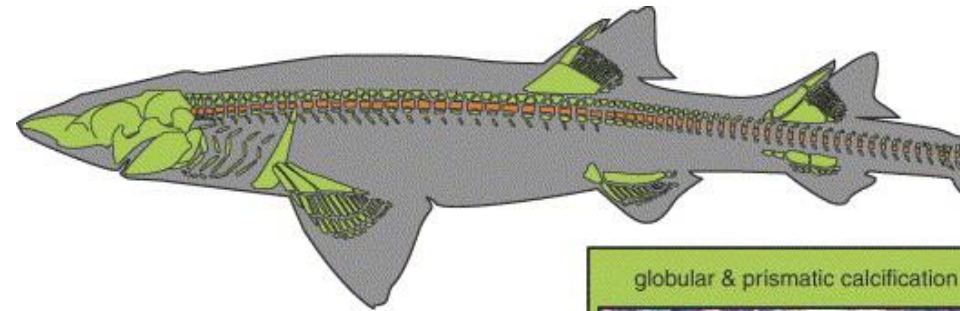
kost jako výsledné stadium osifikace může ale i zanikat
kostra nebo její část může zůstat na stadiu chrupavky (doplněné persistující chordou).

Tato chrupavka může být impregnována anorganickými látkami, ale nevzniká však činností osteoblastů = **kalcifikovaná chrupavka**

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.

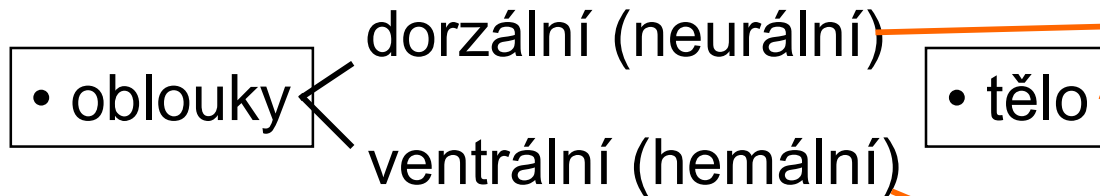


2. Morfologické repetitorium

- 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

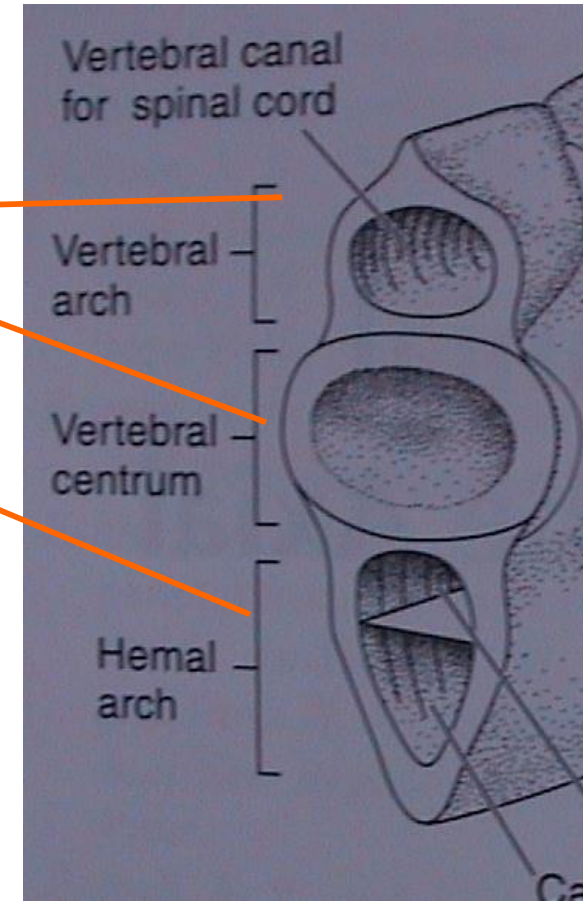


nejstarší částí neurální oblouky (mihule)

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

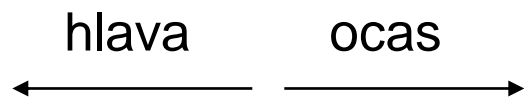
tělo obratle

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



2. Morfologické repetitorium

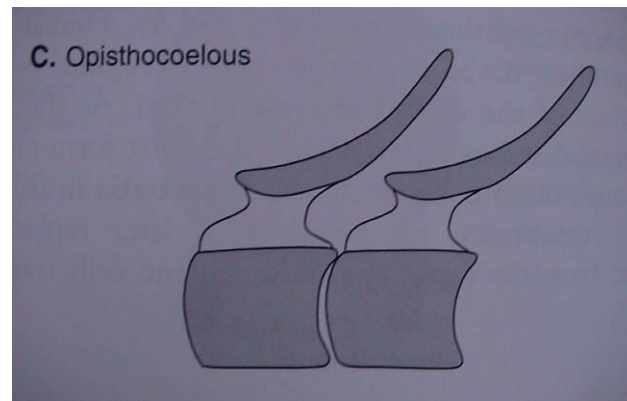
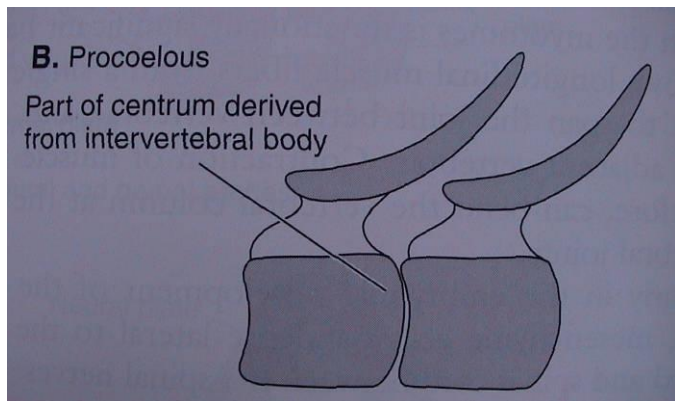
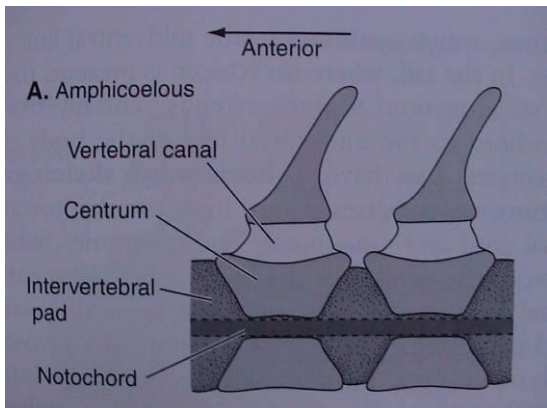
Typy obratlů podle těl:



amphicoelní - původní
Chondrichthyes, Actinopterygii

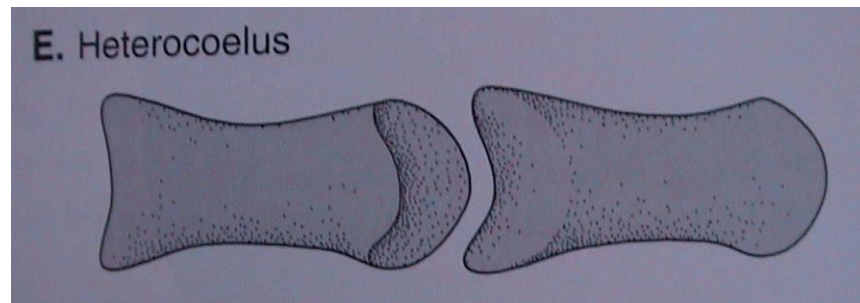
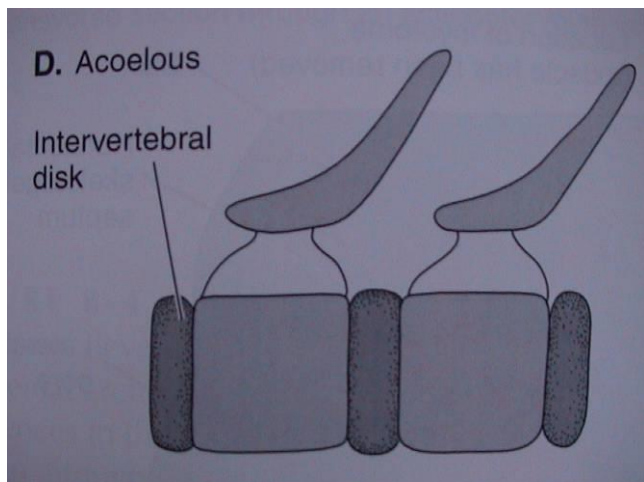
procoelní
Anura, Reptilia

opisthocoelní
Caudata



platycoelní
Mammalia

heterocoelní - odvozené
Aves



2. Morfologické repetitorium

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

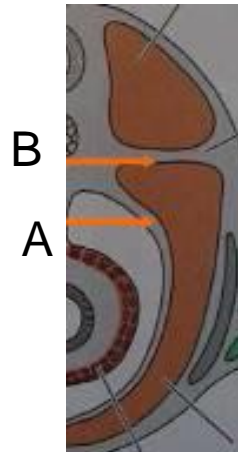
Žebra: dorzálně (kloubně) připojena na těla nebo na processi transversi obratlů

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)
(Squamata, Aves, Mammalia)

sekundární metamerie
(Serpentes)

vymizení
(Anura, Gymnophiona-červoři)

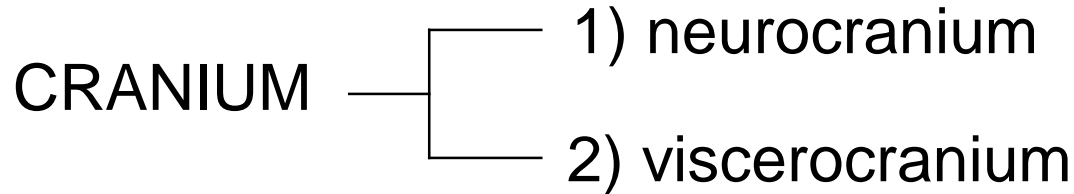
Sternum: u suchozemských obratlovců (enchondrálně = z chrupavky)
původně pro zpevnění pletence předních končetin, pak kontakt s žebry=zpevnění hrudníku

Anura – Squamata - Aves (+crista sterni) - Mammalia
(manubrium, corpus, processus xiphoideus)

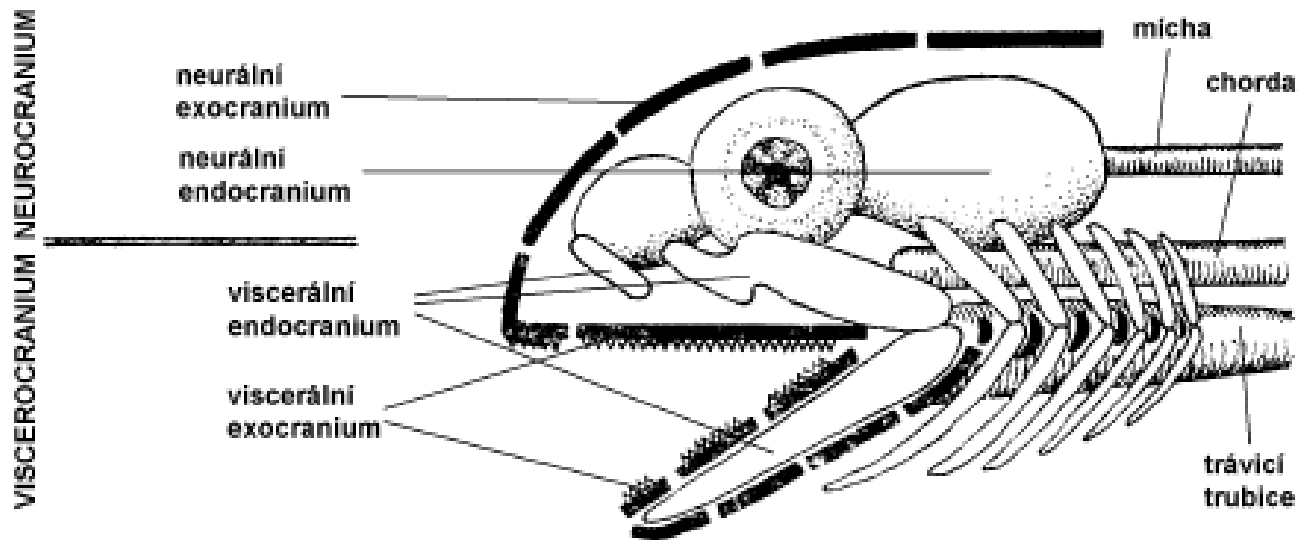
chybí: Caudata, Serpentes

2. Morfologické repetitorium

- **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



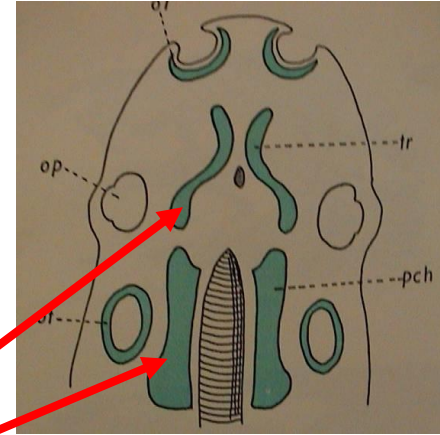
2. Morfologické repetitorium

1) neurocranium-ochrana mozku a smysl. org.

ENDOSKELET (somatický) embryonální základ lebky

- 1) jen **senzorická pouzdra + výztuhy**

parachordalia
prechordalia



- navíc 3 páry oddělených smyslových pouzder (čich., zrak., otické)

2) **pololebka** (mihule)

3) **kompaktní l.** (paryby): pouze endokranium = **chondrocranium**



4) **kostěné neurocranium:**

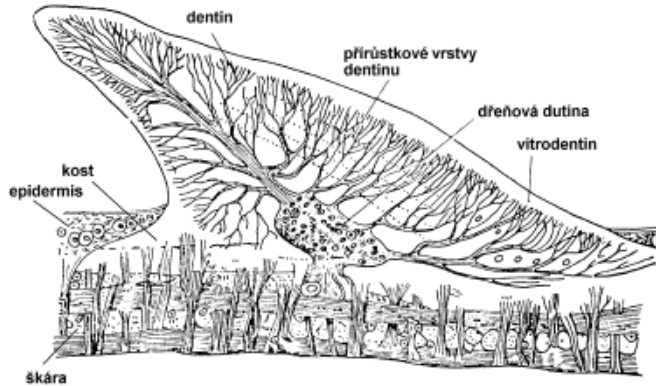
EXOSKELET (krycí kosti dermálního původu=**dermatocranium**
převažuje u většiny dospělců obratlovců, jen na bázi zbytek chondrocrania)

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

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

2. Morfologické repetitorium

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

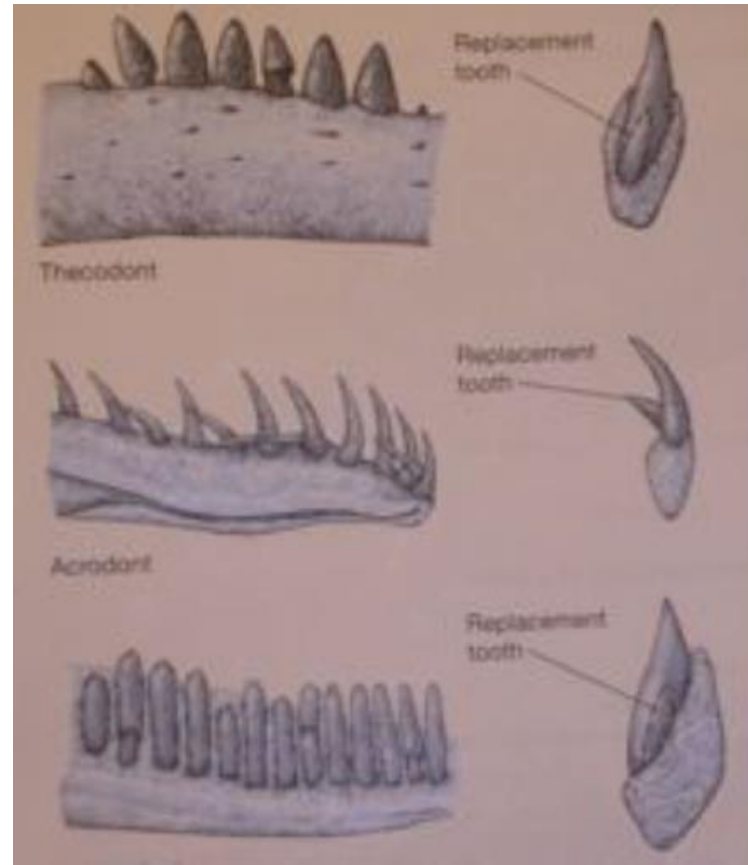
Amniota –

Zuby na dermálních kostech

Sekundární ztráty zubů

Želvy a ptáci

či extrémní rozvoj - savci



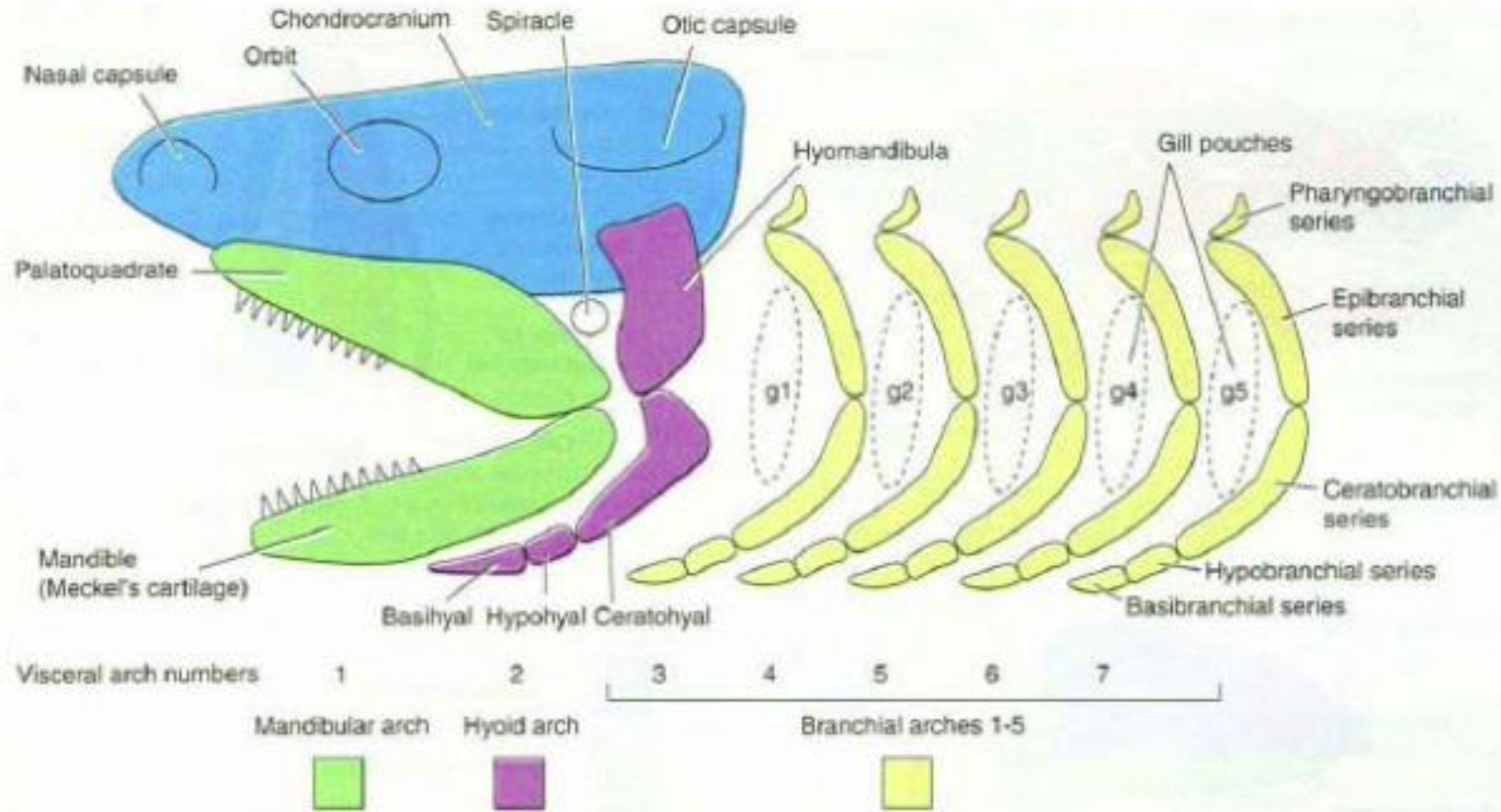
Spojení zuby s čelistí

akrodontní (připojovací
acelulární kost)

pleurodontní (plná
plocha, kolagení spojení
mineralisující cementem)

thecodontní - kořeny v
alveolech (+cement)

2. Morfologické repetitorium



2. Morfologické repetitorium

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 – kladívko (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)

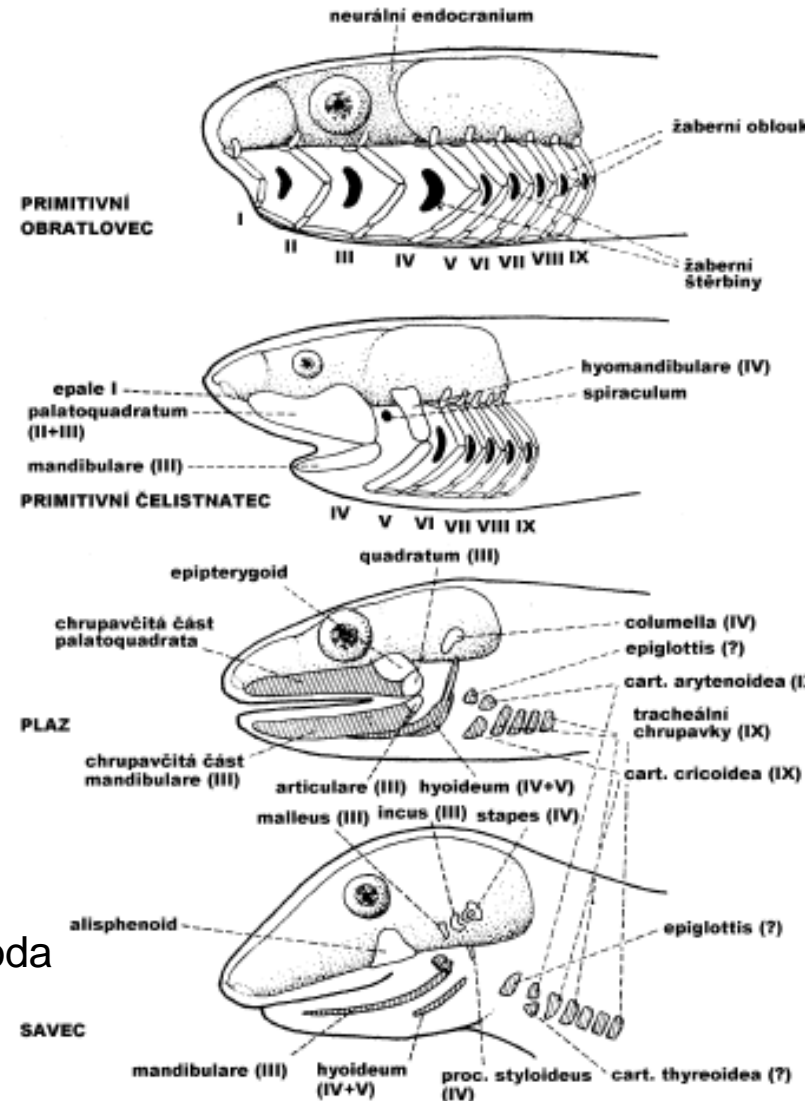
4.-6. opora žaber (vodní) – chrupavky hrtanu

7. Opora žaber – Chondrichthyes až k vymizení u Tetrapoda

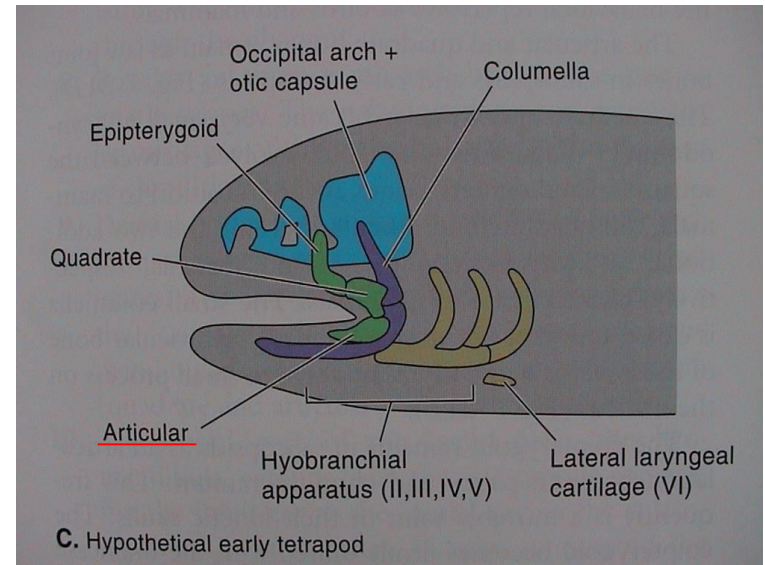
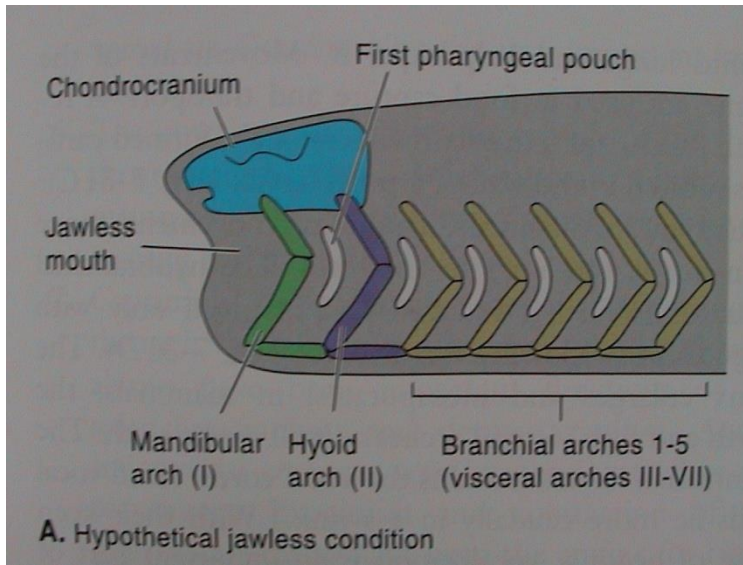
EXOSKELET (dermální) – jen kostěný

horní čelist: praemaxillare, maxillare

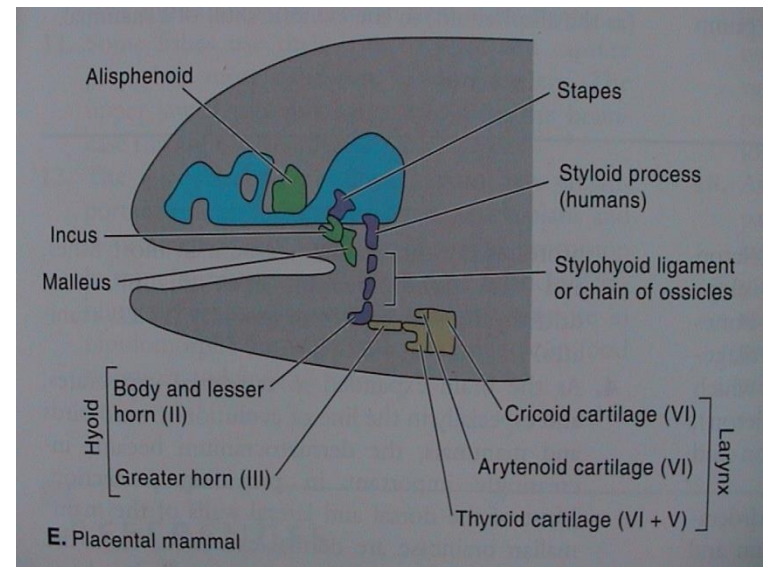
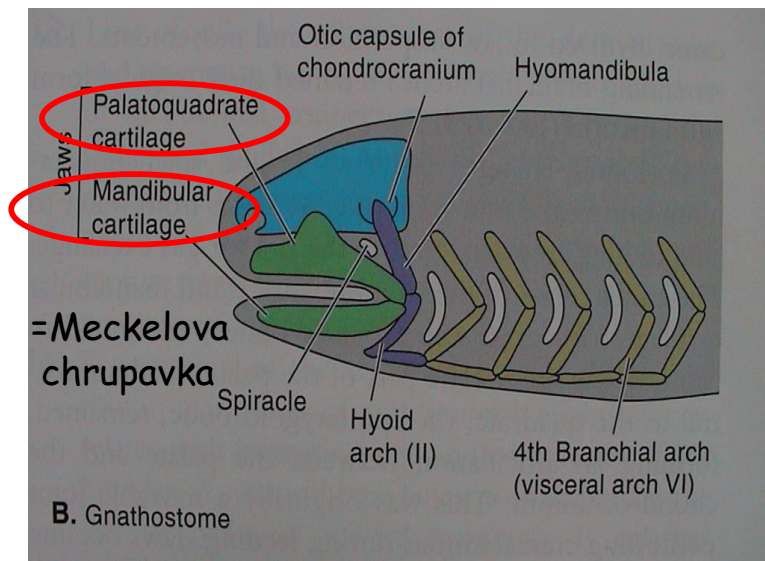
dolní čelist: dentale (mandibula), angulare



2. Morfologické repetitorium



Primitivní pancířnatí, paryby a trnoploutví



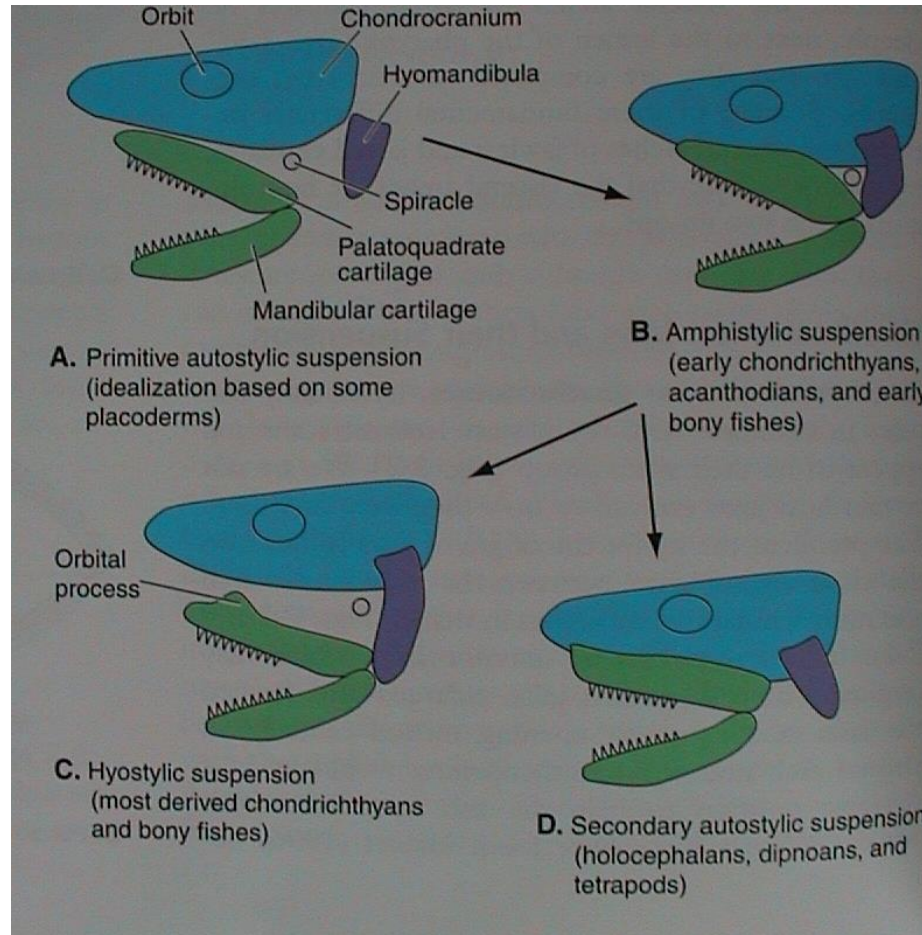
2. Morfologické repetitorium

Připojení viscerocrania k neurocraniu

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

Z 2. oblouku připojeno hyomandibulare, ale spojení vazem zachováno, **Teleostei**

autostylie
(euautostylie)



amphistylie

hyostylie

sekundární
autostylie
(metautostylie)

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

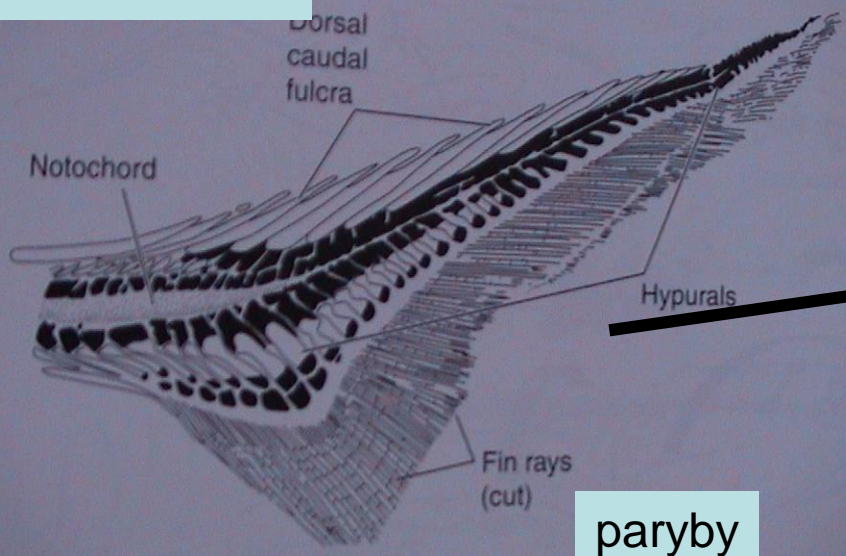
Srůstá horní čelist (již jen dermálního původu) s mozkovnou, u suchoz. **Tetrapod**

2. Morfologické repetitorium

Nadnášecí fce, volné spoje mezi obratli vs homocerkní ploutev ryb

heterocerkní

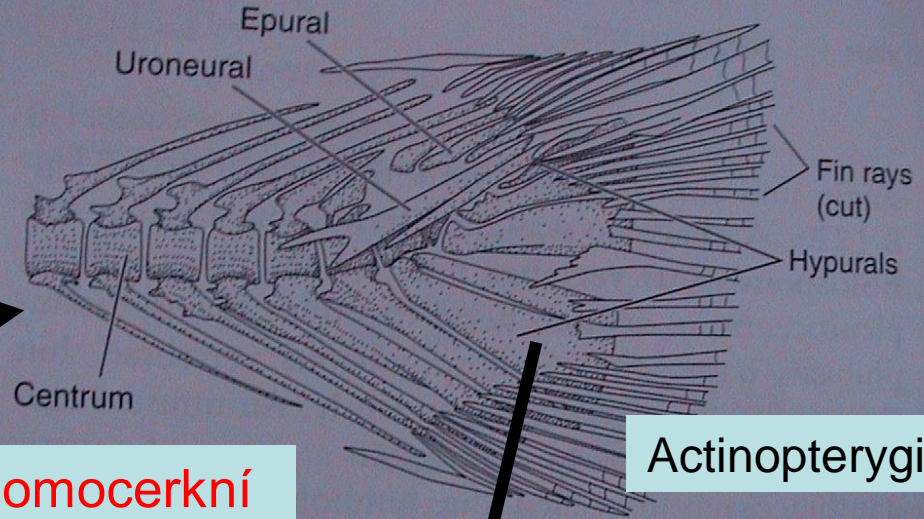
pinna caudalis



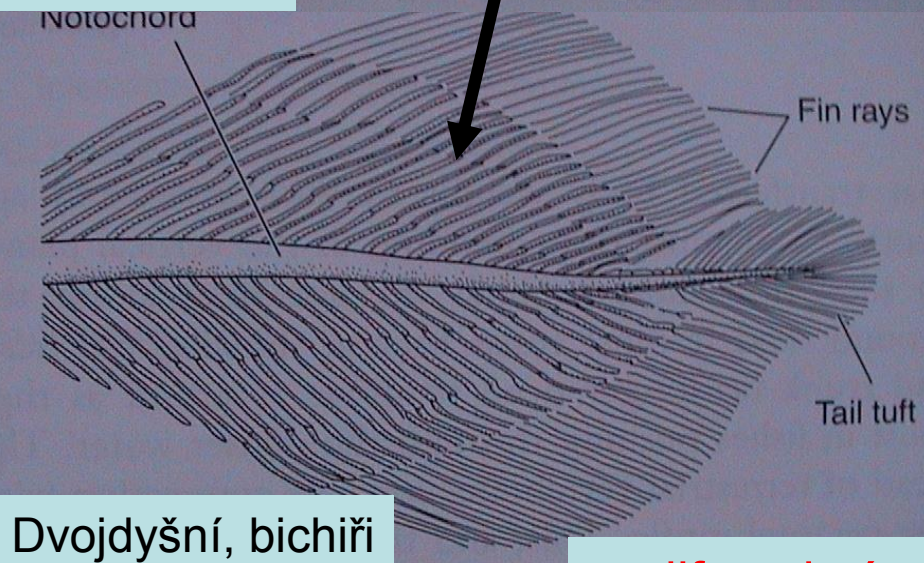
A. Caudal skeleton of *Polyodon* (heterocercal)

paryby

homocerkní



Actinopterygii



Dvojdyšní, bichiři

difycerkní

D. Caudal skeleton of *Latimeria* (c)

Hypuralia = přeměněné hemální oblouky, ohyb nahoru

2. Morfologické repetitorium

ploutve - **ichtyopterygia**

nohy – **chiropterygia**

Homologické útvary – pletenec + soubor distálních volných elementů

Párové končetiny jen u čelistnatců

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

parby – 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 – ichtyosauři, kytovci, sirény, ploutvonožci

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

Pletenec zadní končetiny

parby – 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

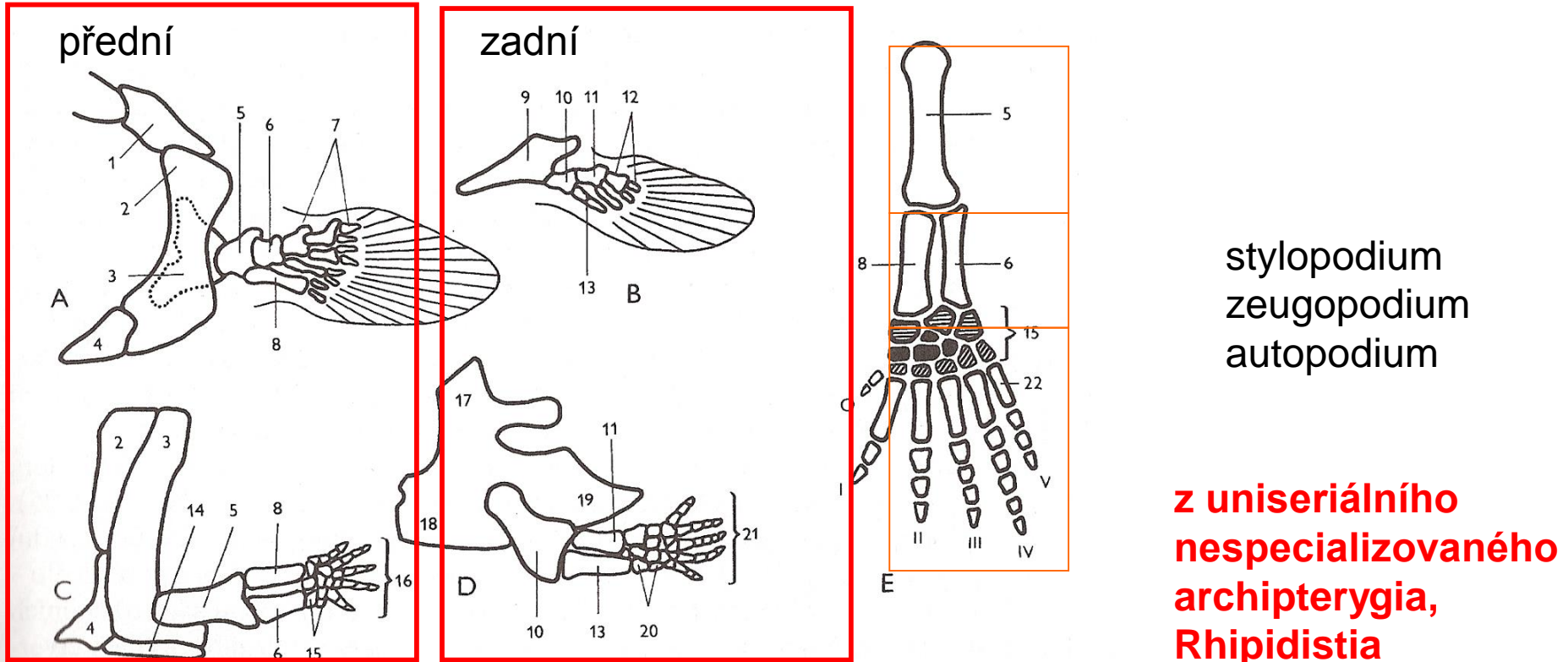
U suchozemců – femur, tibia a fibula, tarsalia, metatarsalia, tarsometatarsus u ptáků

Z funkčního hlediska 3 segmenty – **stylopodium** (humerus, femur), **zeugopodium**

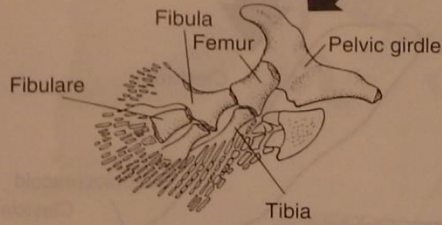
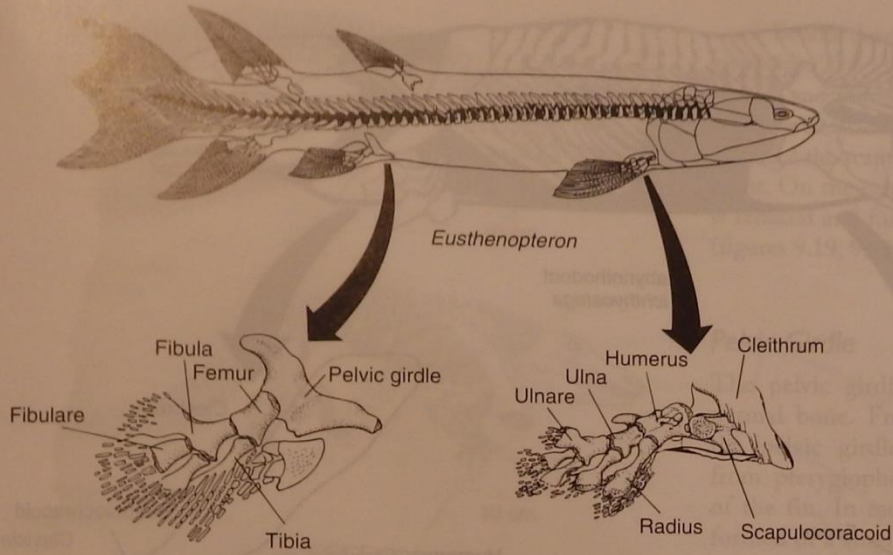
(radius, ulna, fibula, tibia), **autopodium** (prsty)

2. Morfologické repetitorium

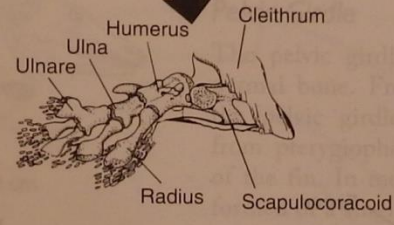
Vznik chiropterygií Tetrapoda z ichtyopterygia Sarcopterygii



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.



(a) Pelvic girdle and fin

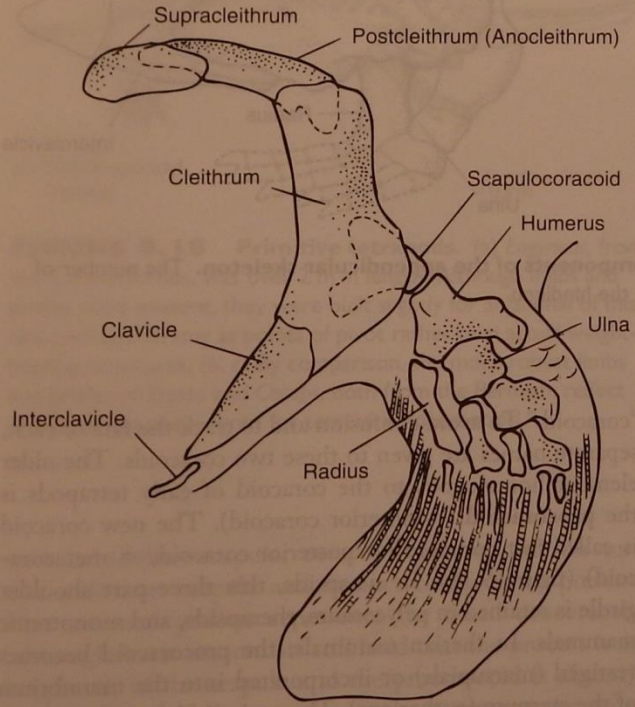


(b) Pectoral girdle and fin

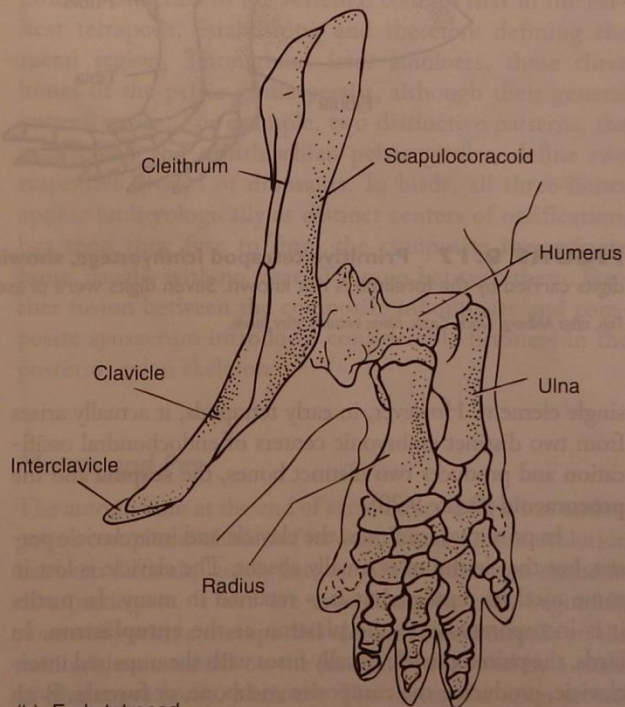
FIGURE 9.15 Appendicular skeleton of the fossil rhipidistian *Eusthenopteron*.

(a) Pelvic girdle and fin. (b) Pectoral girdle and fin.

After Carroll; Jarvik.



(a) Rhipidistian fish *Eusthenopteron*

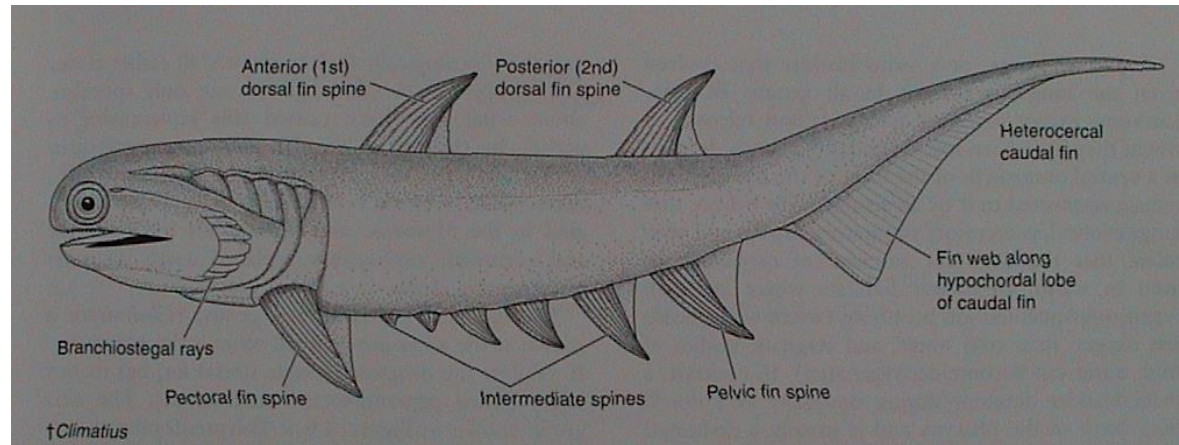


(b) Early tetrapod *Eryops*

Vznik párových ploutví

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

Acanthodii – trnoploutví



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

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

2. Morfologické repetitorium

svalstvo

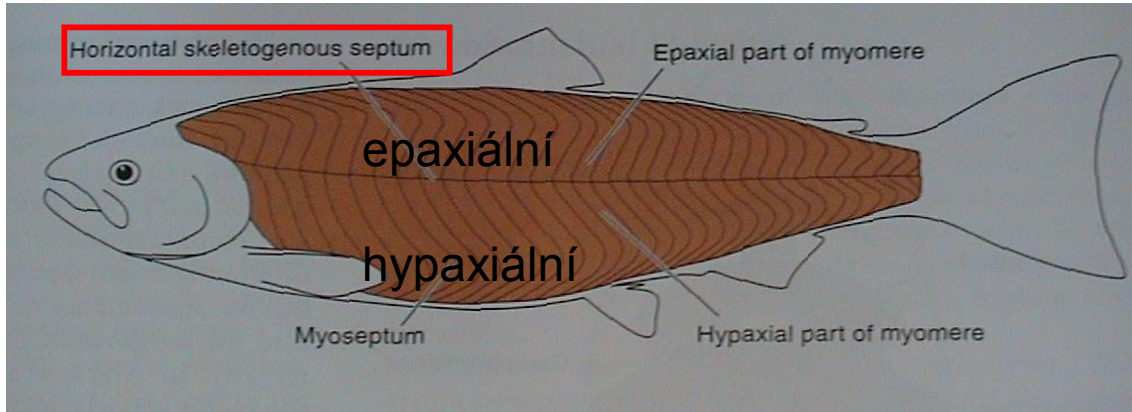
kontrakce svalových vláken

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)

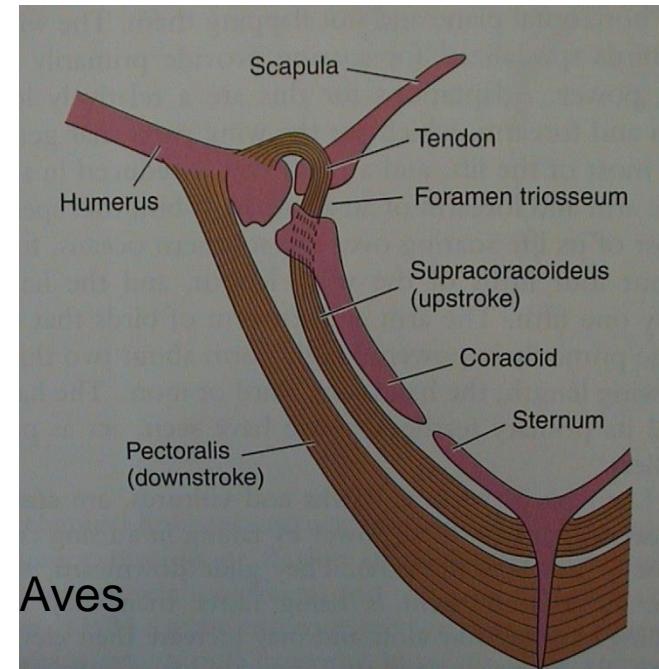
kožní svalovina –mezodermová vrstva, z dermatomu (čepýření peří, ježení srsti)



Metamerie (vodní)

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

Rozpad bočního svalu
(suchozemští)



Aves

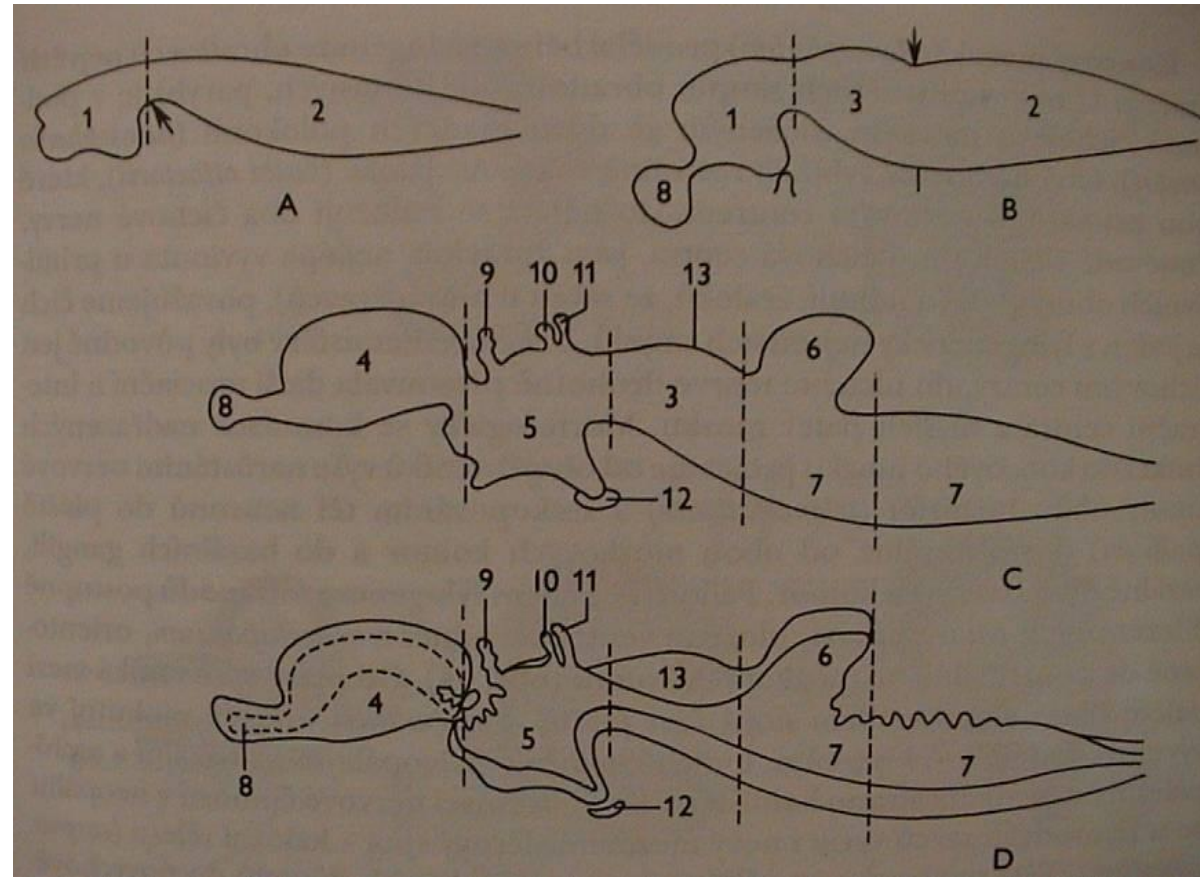
2. Morfologické repetitorium

nervová soustava - regionalizace, už dávno u bilater. předka, NS = **CNS** + **periferní nervstvo** **mozek**, **mícha** a **míšň**, **hlavové** (10, 12) a **vegetativní systém**: (para)sympaticus

A) **2 váčky** mozku – v embryu
Prosencephalon (přední mozek)
Rhombencephalon (**7 rhombomer**, *Hoxgeny*)
(zadní moz.)

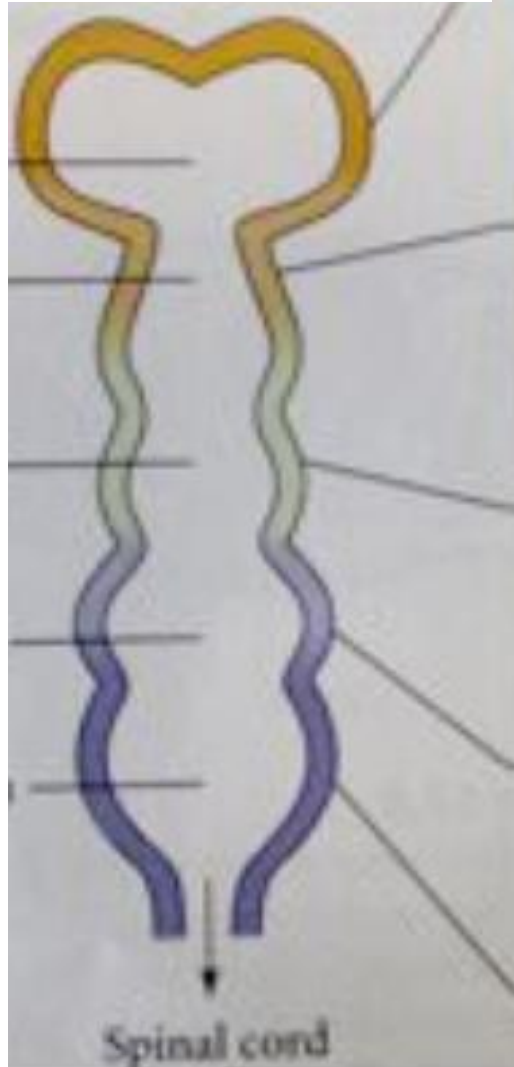
B) **3 váčky** (původní obratlovčí-mihule)
1. Prosencephalon
2. Rhombencephalon
3. Mesencephalon (stř. mozek)

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



2. Morfologické repetitorium

Funkčnost – 5 váčků



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,

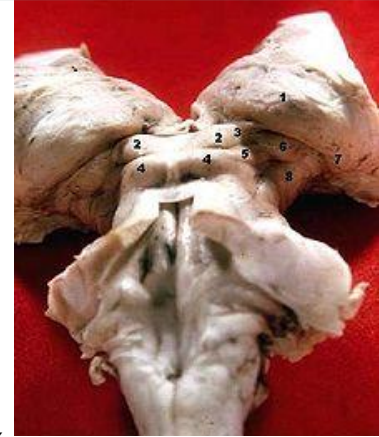
pohyb hlavy za zvukem a obrazem

U savců redukce na čtverohrbolí

Cerebellum – koordinace, pohyb svalů

Pons – spojení cerebra a cerebella (jen savci)

Medulla – reflexy a podvědomé činnosti



2. Morfologické repetitorium

CNS, periferní a vegetativní

- povrch těla jako neurální skelet

CNS – mícha a mozek

Dorsoventrální polarizace Pax geny, Shh

– indukce z notochordu

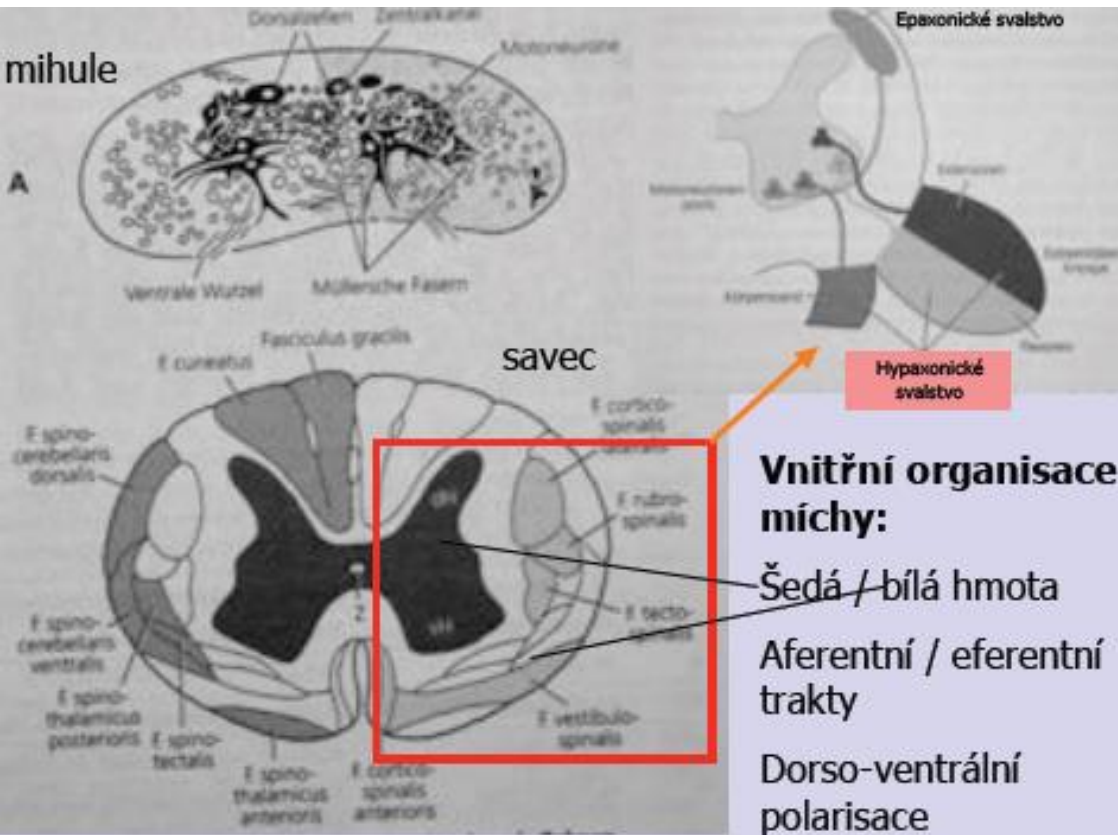
Dráhy – dorzálně sensorické, ventrálně motorické

Mícha – segmentární uspořádání, rhombomery

Šedá a bílá hmota, míšní nervy, ganglia

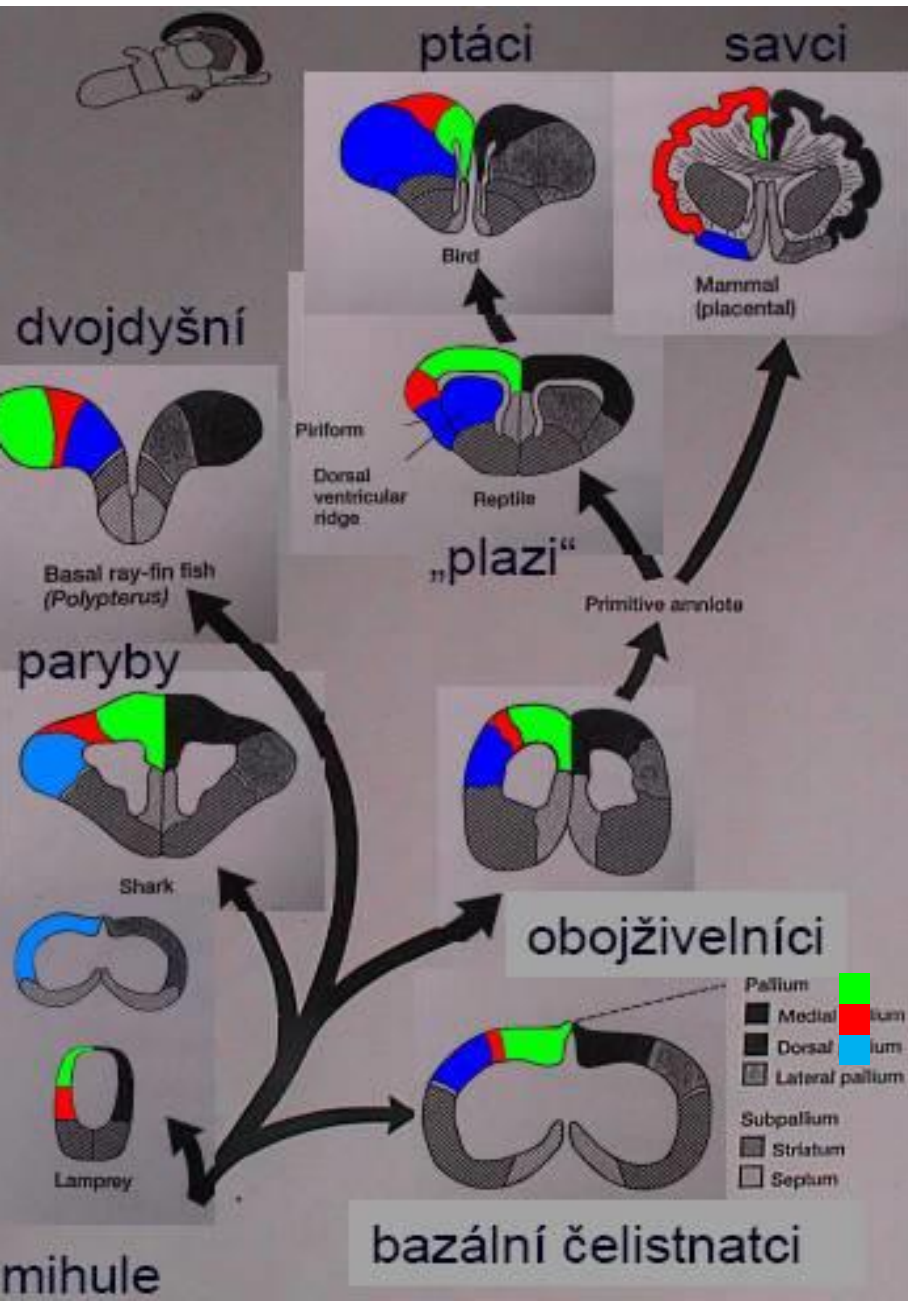
Šedá hmota, zprvu kolem komor, bez diferenciacce
pak k povrchu **kůra (cortex)**

Pallium a bazální ganglia –
Subpallium (striatum, septum) –
spojování a segmentace –
vysvětlení změn



V současnosti předpoklad diferenciacce struktur, které existují od společného předka

2. Morfologické repetitorium



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

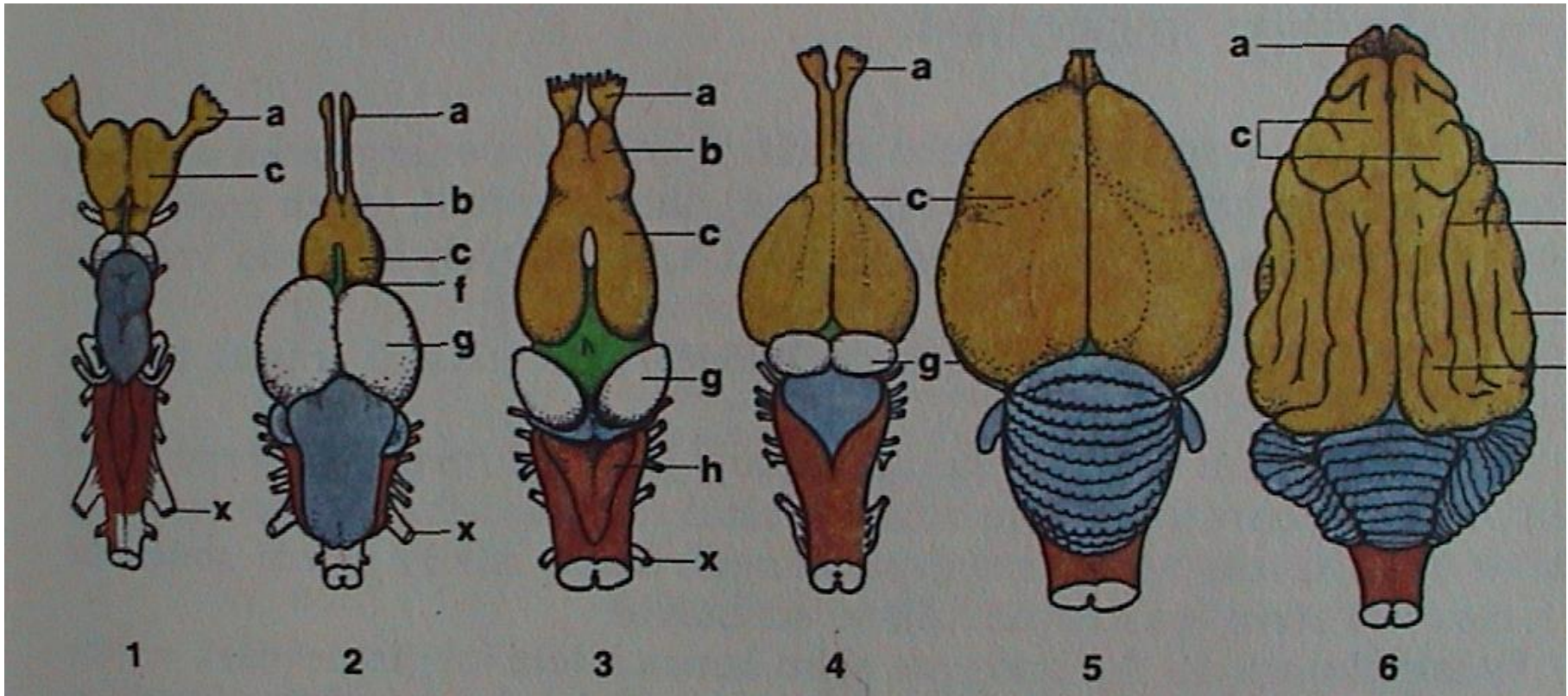
Pallium – plášť tvořený kůrou cortex

2. Morfologické repetitorium

Agnatha - **diencephalon**

Teleostei - **mesencephalon**

ostatní – **telencephalon (gyrifikace)**



1 Chondrichthyes

2 Teleostei

3 Amphibia

4 Reptilia

5 Aves

6 Mammalia

a – bulbus olfactoricus

b – diencephalon

c - telencephalon

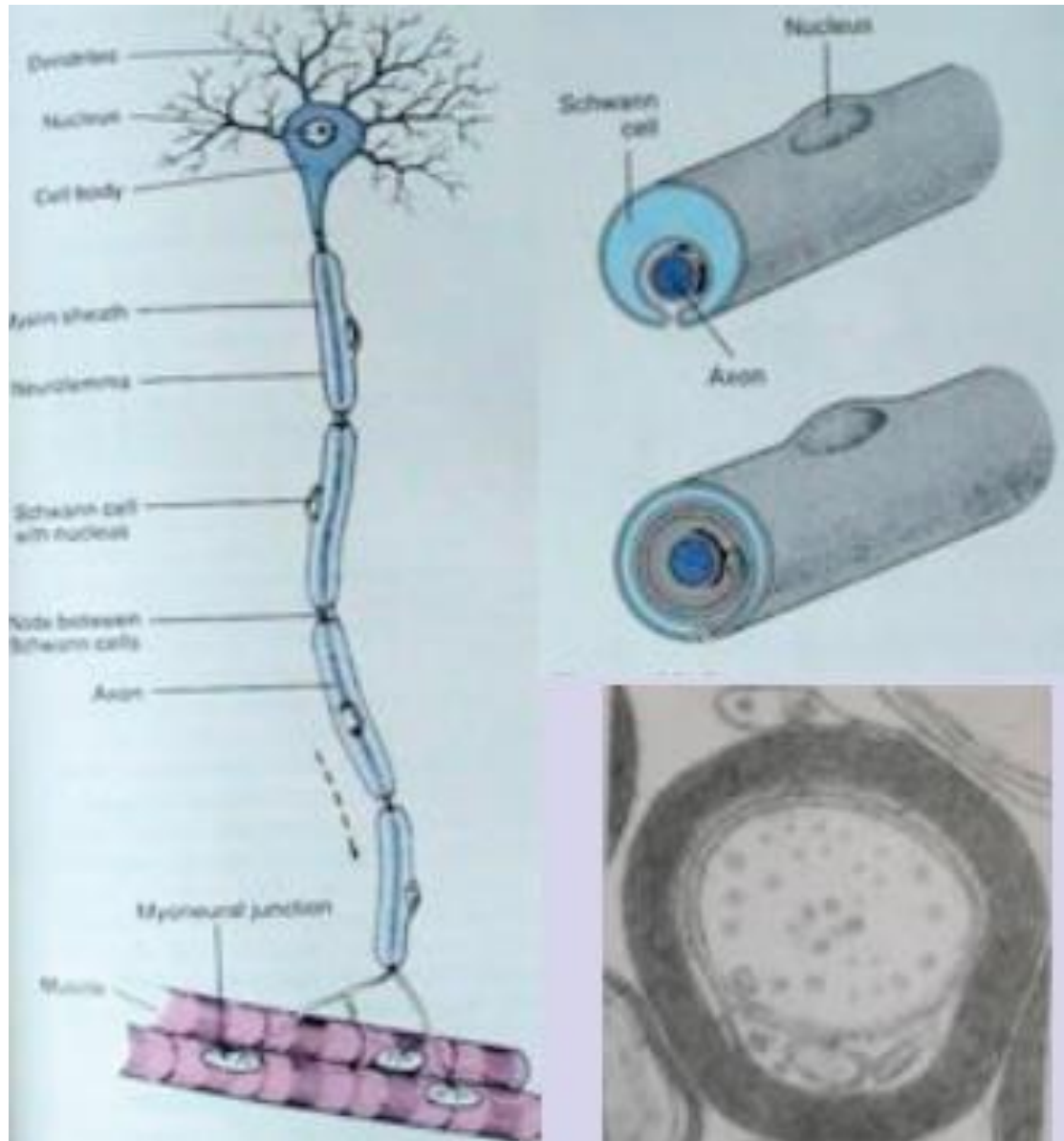
g – mesencephalon

h – metencephalon

x - myelencephalon

Mozek je již obalen dvěma
plenami, osídlování souše

2. Morfologické repetitorium



Myelinizace neuronů
efektivní inervace
dlouhé axony
možnost velkého těla

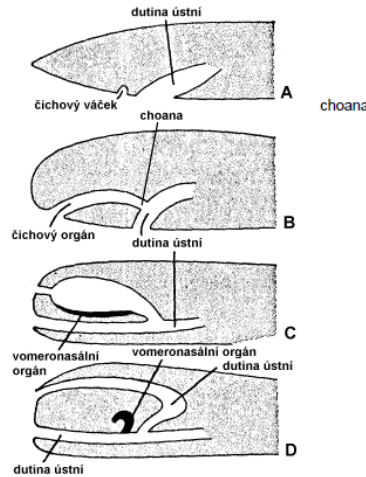
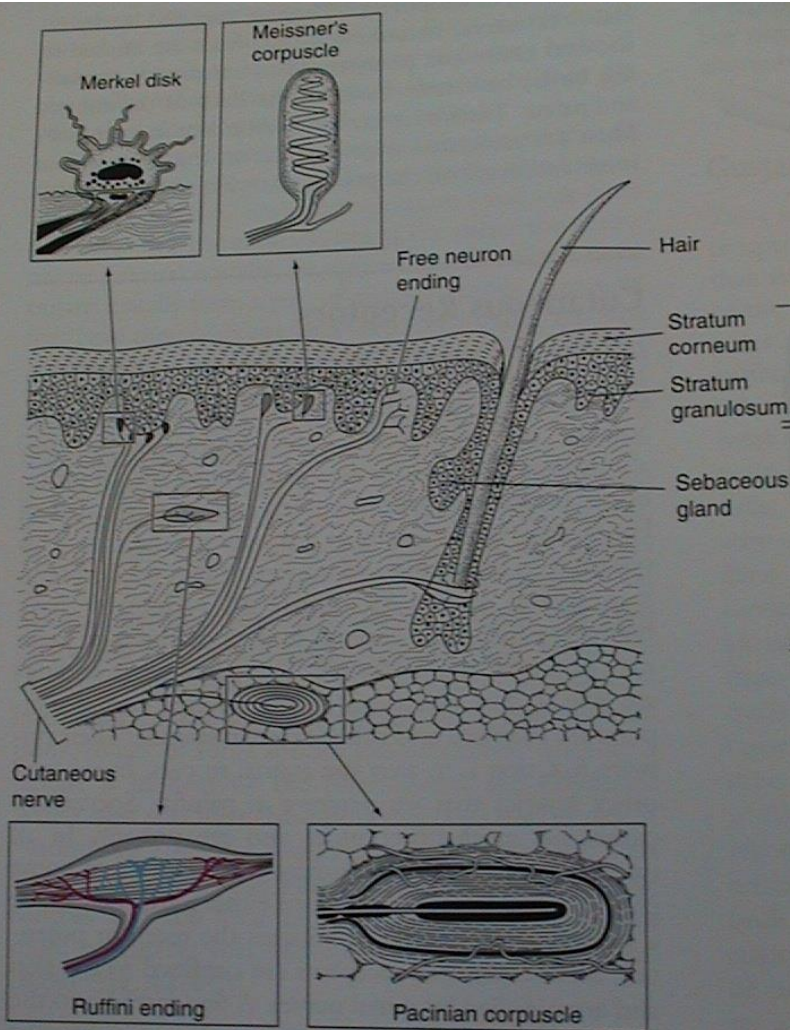
Schwanovy buňky
neurální lišta!

2. Morfologické repetitorium

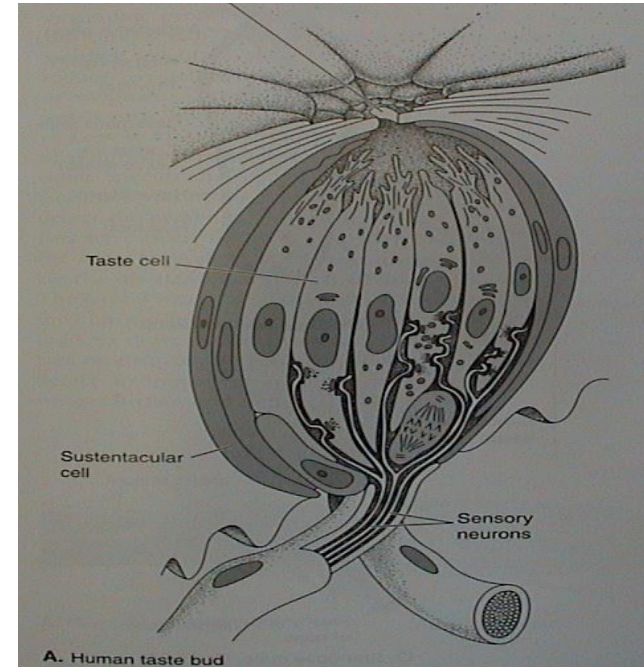
primární a sekundární receptory:

- a) extero-, propio-, entero-; (z neuronů)
- b) chemo-, mechano-, radio-(foto-, termo-)
z **obrvených buněk, apomor. obratlovců**

kožní receptory (exteroceptory)
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 o.
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 u obojživelníků, D - stádium u ještěřů a hadů. Podle Neala a Randa, ze Smithe (1960).

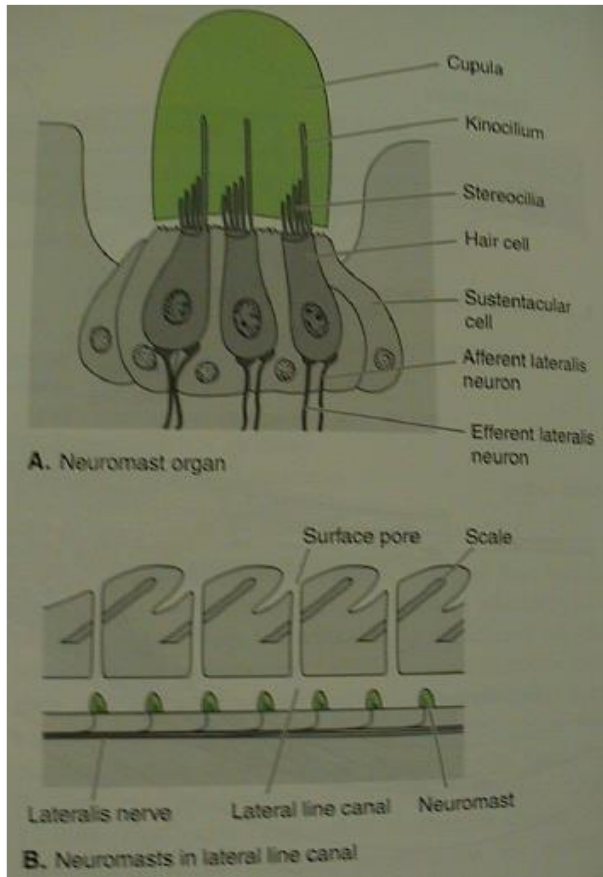


A. General sensory receptors of mammalian skin

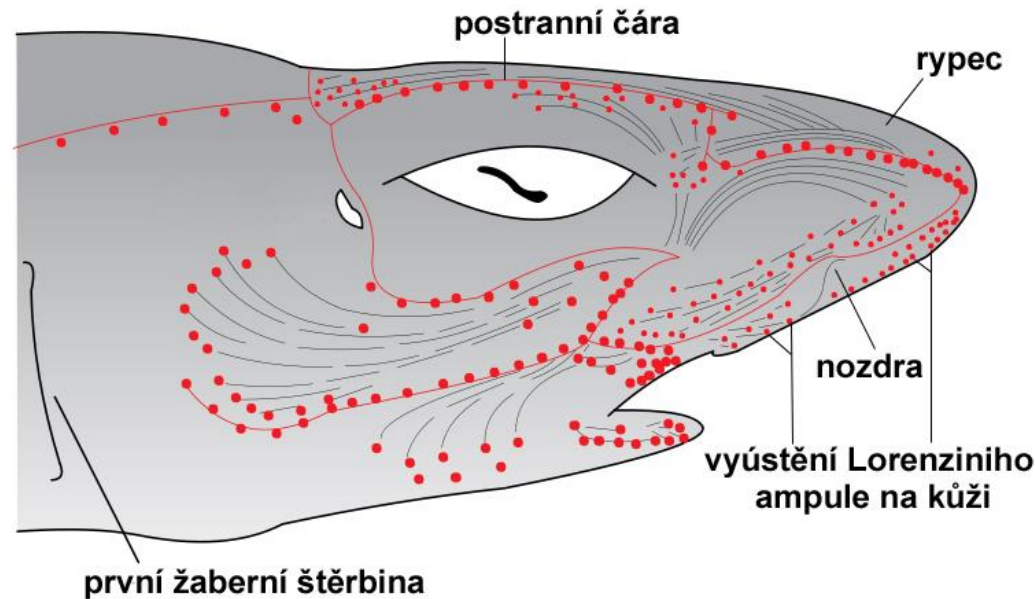
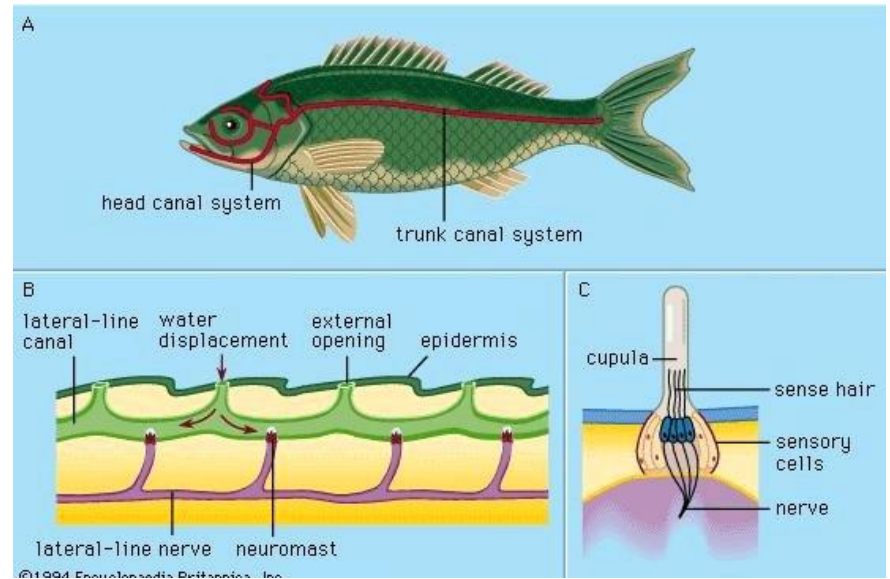
A. Human taste bud

2. Morfologické repetitorium

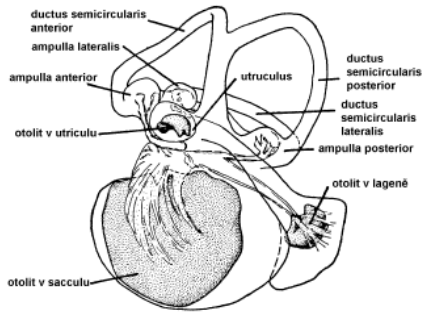
proudový orgán
buňky neuromasty
boky ryb, postranní čára



Lorenziniho ampule
- elektroreceptor



2. Morfologické repetitorium

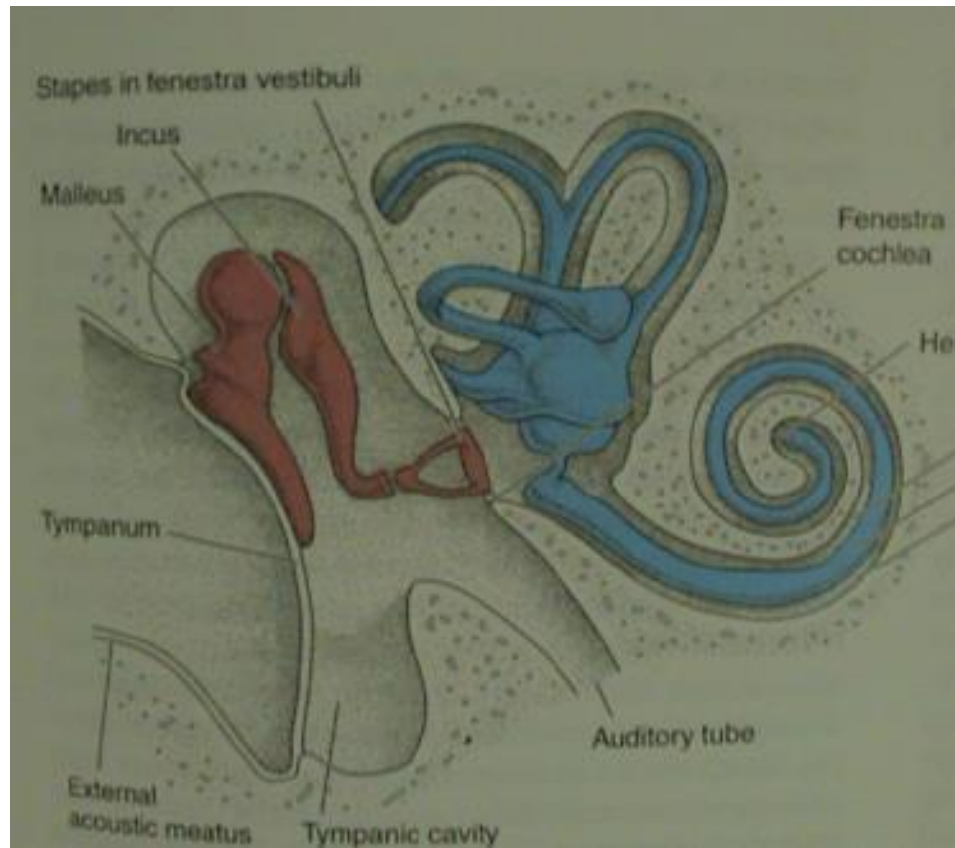


A. vnitřní ucho -kostěný (perilymfa) a blanitý labyrint (endolymfa); vestibulární aparát, sluchová lagena-cochlea statokonie - drobné, statolity (3 otolity) –velké

B. střední ucho -středoušní dutina, tympanum, sluchové kůstky (1- columella, 3 – kladívko, kovadlinka, třmínek), oválné a kruhové okénko, Eustachova trubice

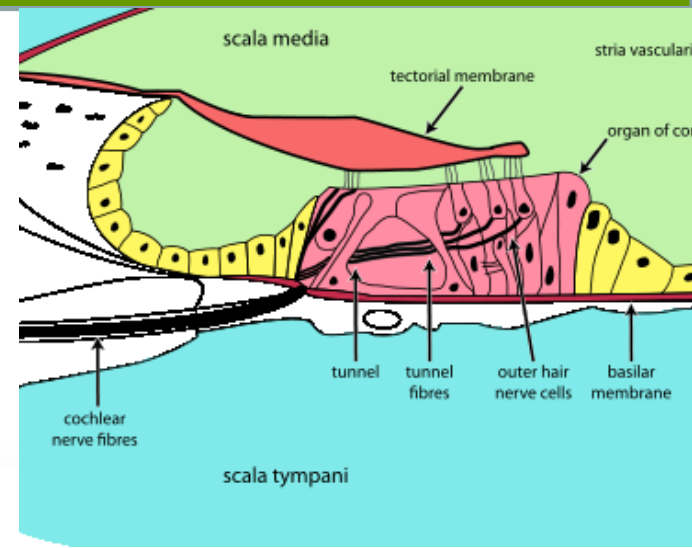
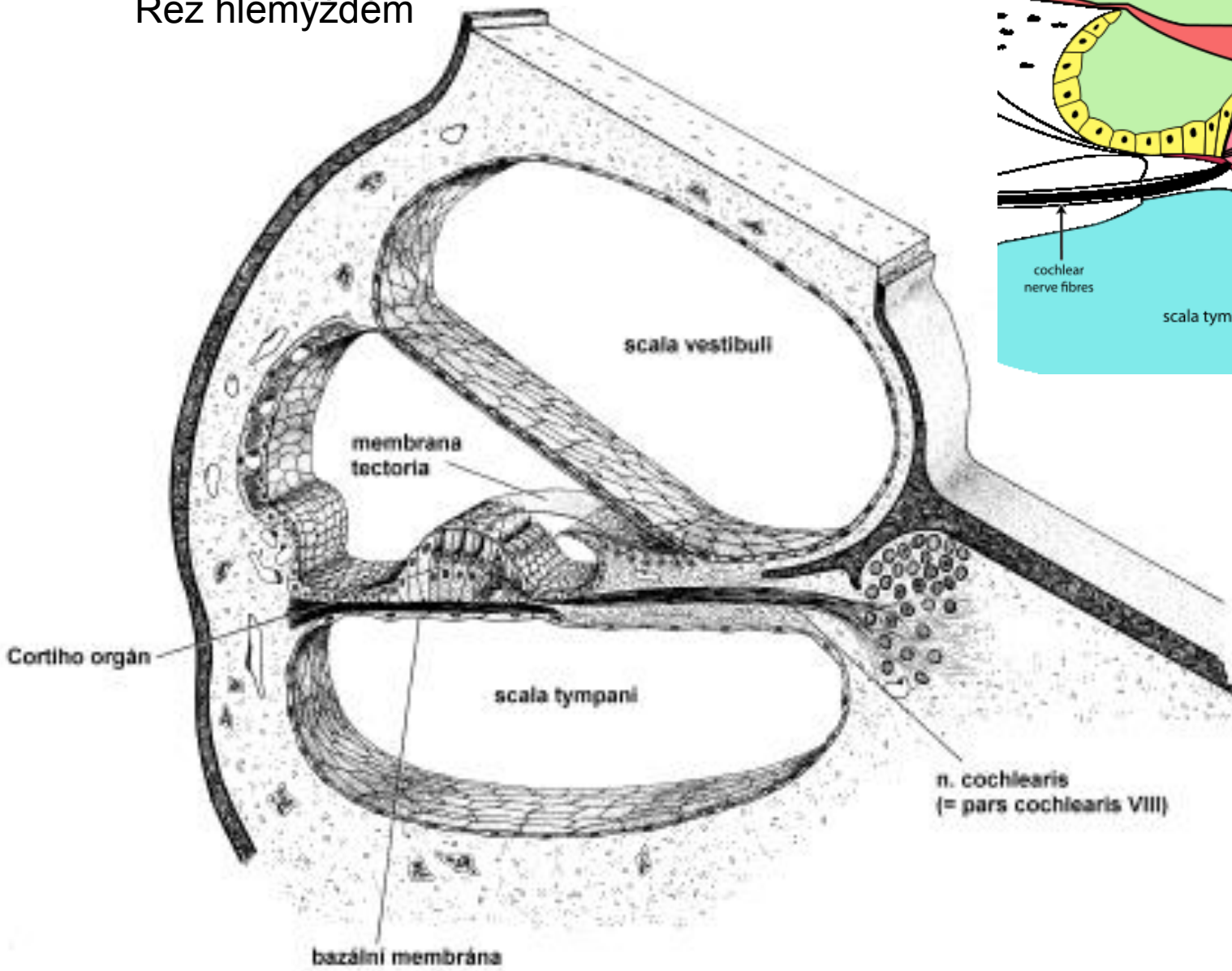
C. vnější ucho –zevní zvukovod, boltec

sluchově rovnovážný orgán



2. Morfologické repetitorium

Řez hlemýžděm



2. Morfologické repetitorium

Inverzní komorové oko jednotné stavby!!!

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

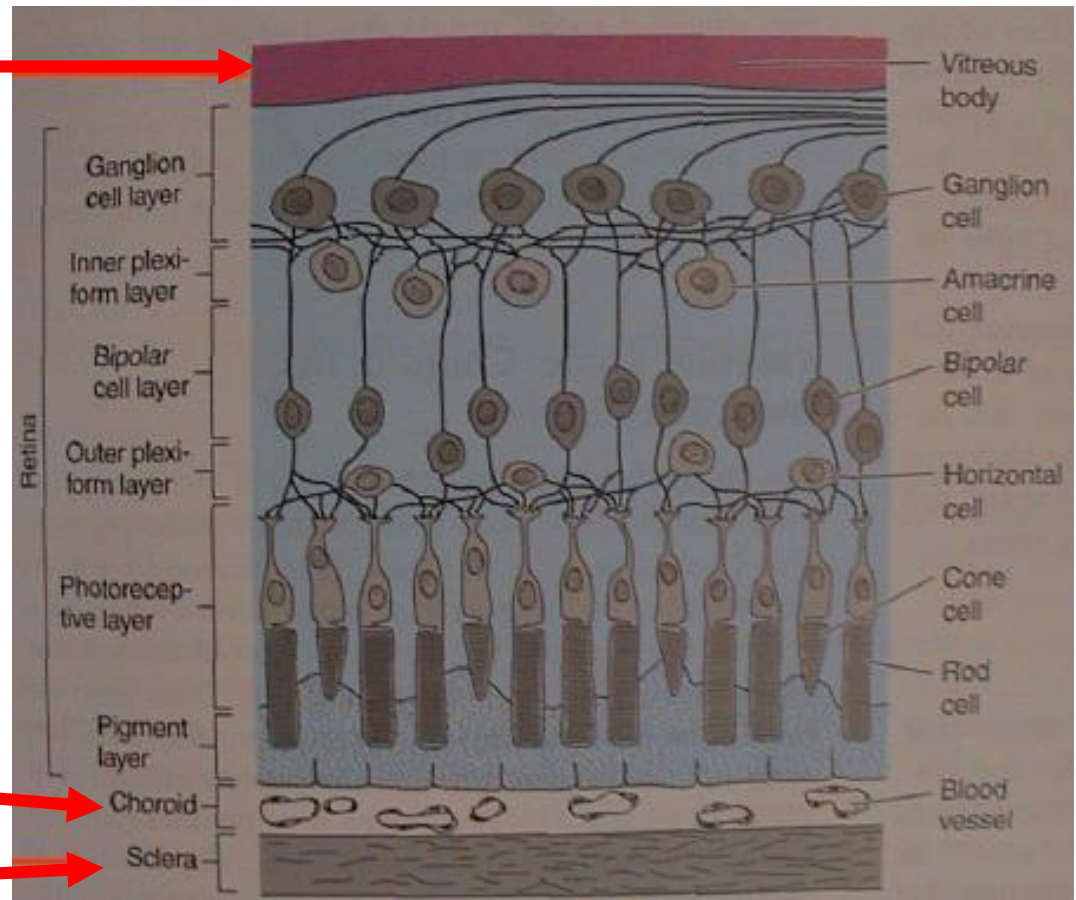
tyčinky a čípky
sklivec
(corpus vitreum)

sítnice (11 vrstev) (retina)

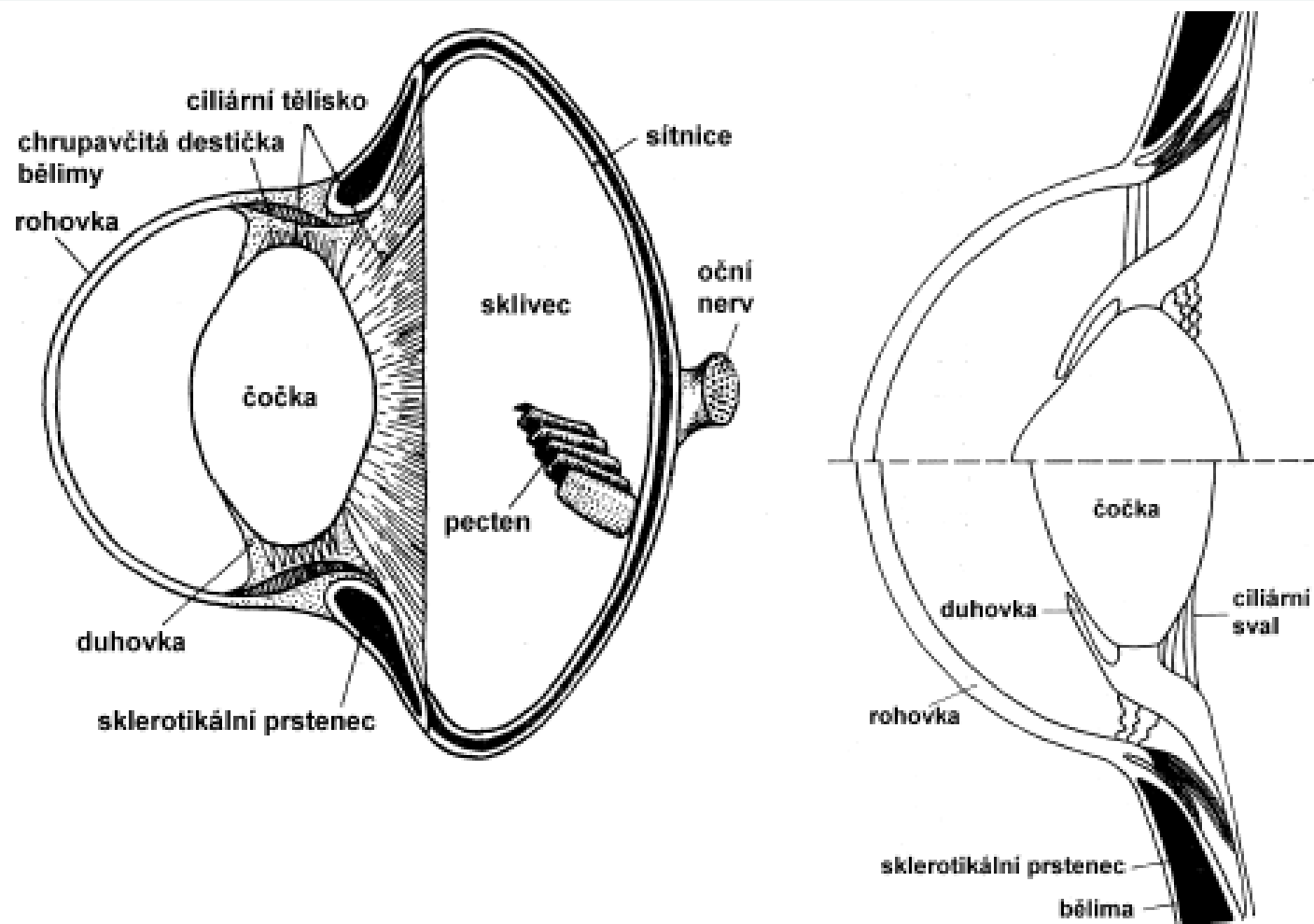
cévnatka
(chorioidea)

bělima
(sclera)

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



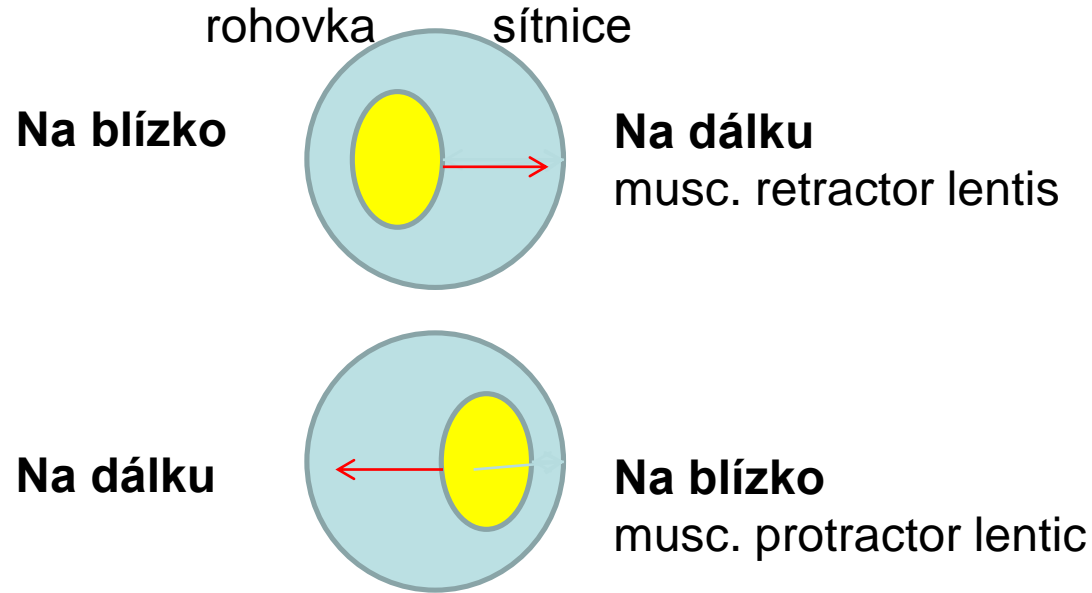
2. Morfologické repetitorium



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).

2. Morfologické repetitorium

Akomodace – zaostřování oka Klidové stádium



Mihule a kostnaté ryby

Paryby, obojživelníci

Na dálku

Na blízko



Amniota – plazi, ptáci, savci

2. Morfologické repetitorium

trávicí soustava

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

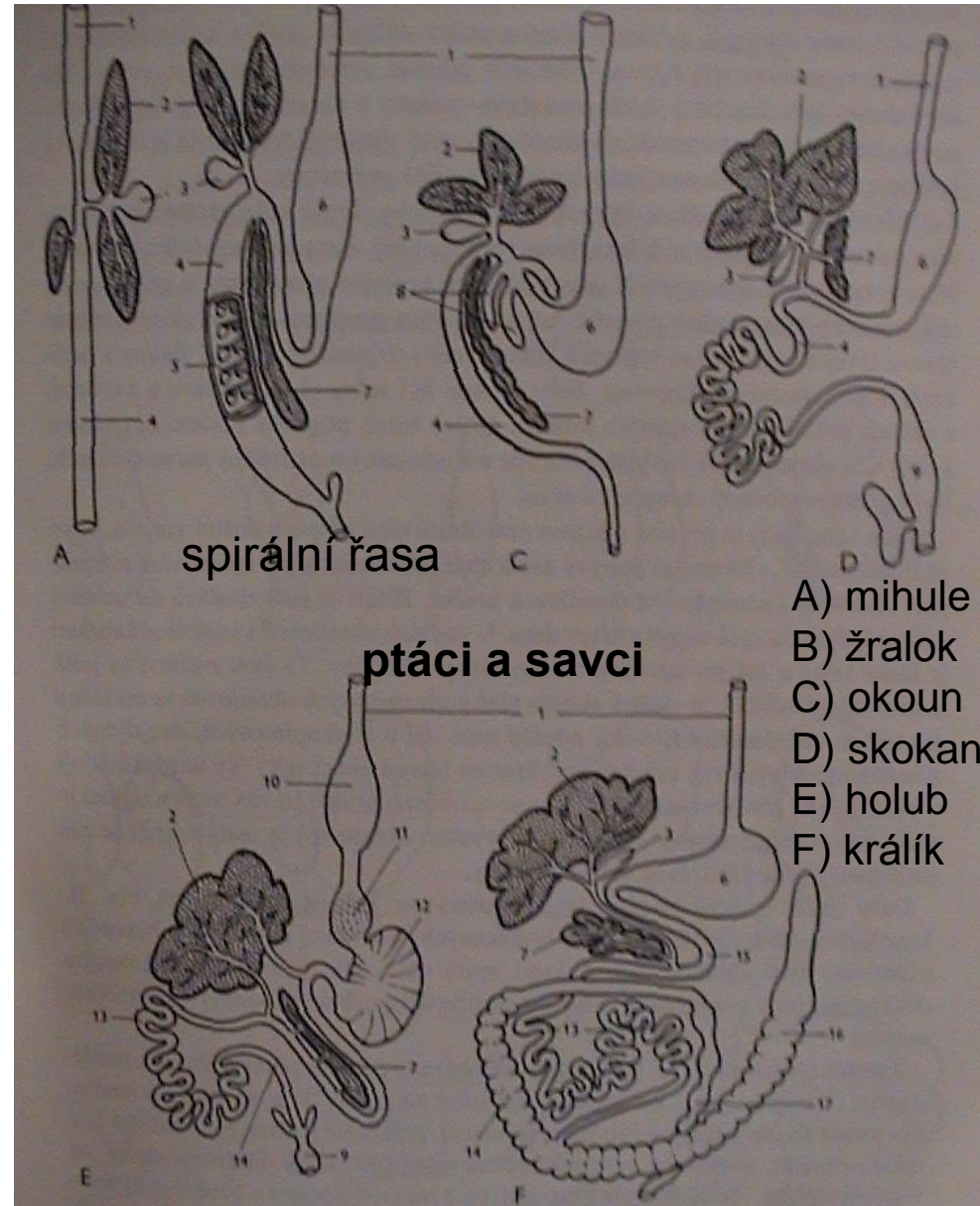
u vodních nečleněné, ale spirální

řasa

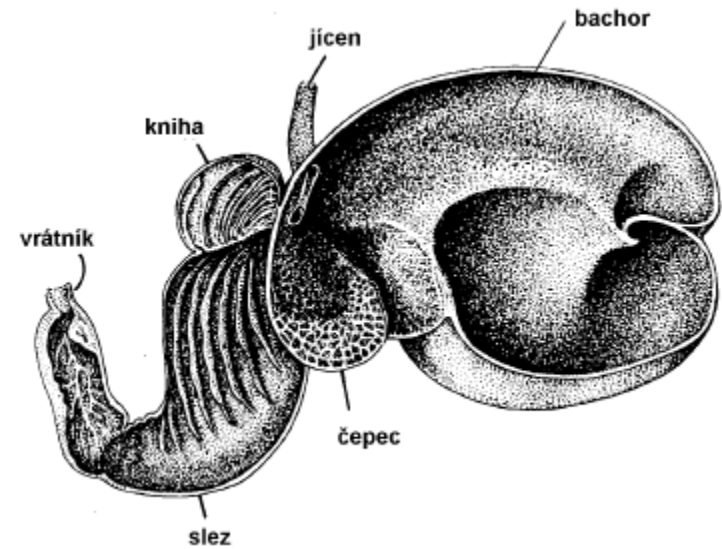
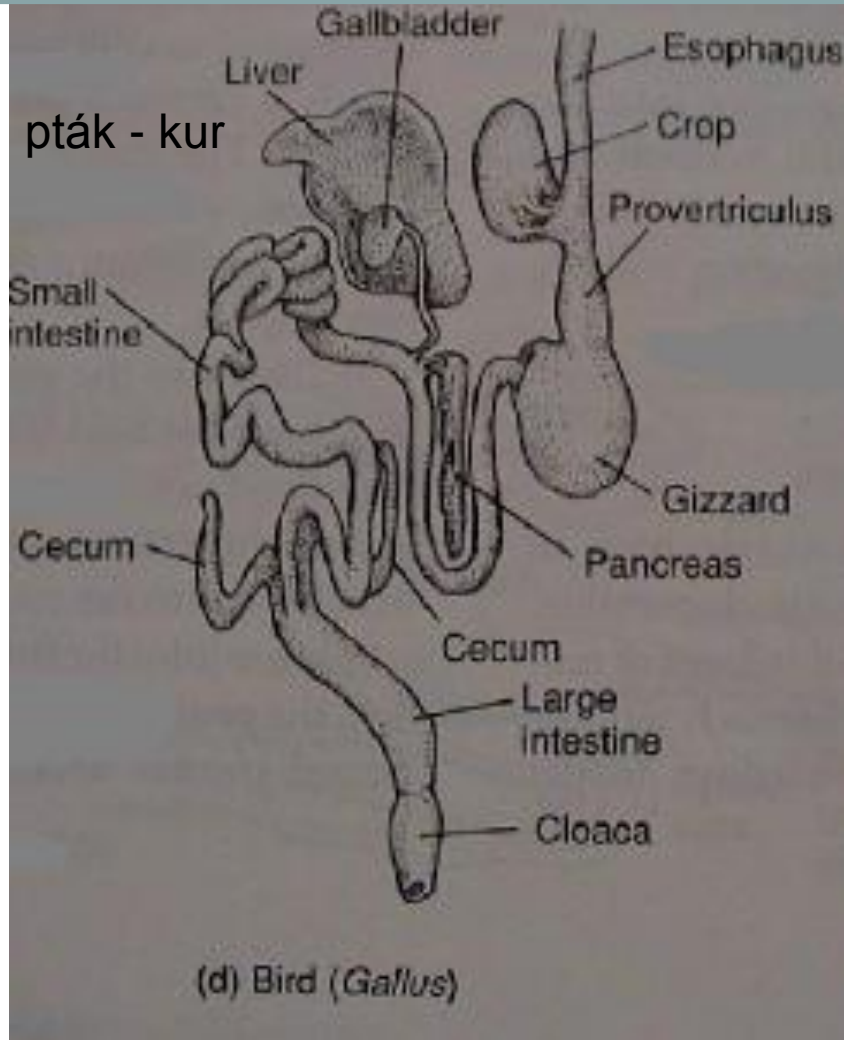
pylorické výběžky

prodlužování střeva (střevní kličky)

- diference (tenké a tlusté střevo)



2. Morfologické repetitorium



složený žaludek přežvýkavců

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

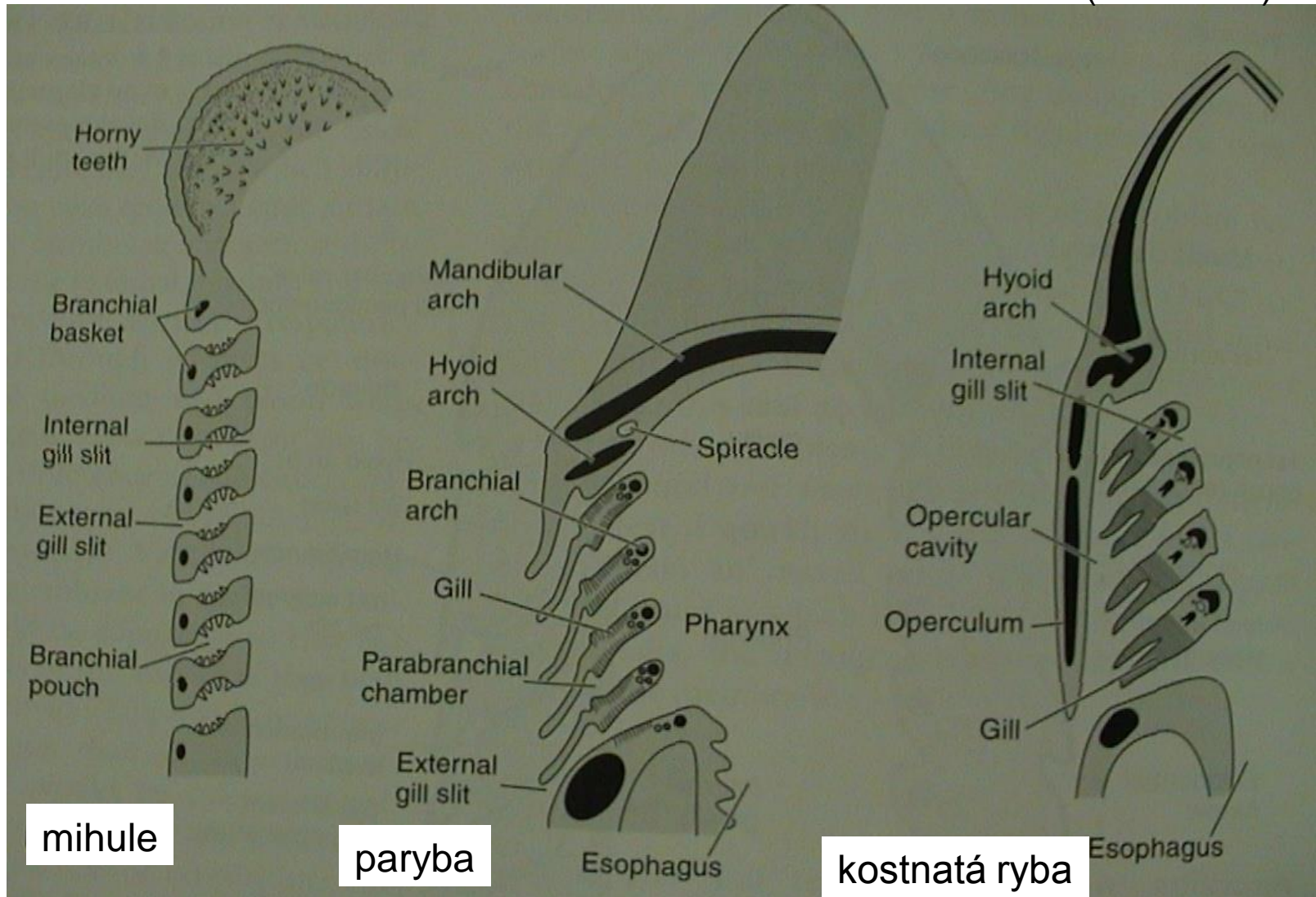
2. Morfologické repetitorium

dýchací soustava, žábry

žaberní váčky (endoderm)

žaberní přepážky
ektoderm

žaberní oblouky, skřele
(ektoderm)



Vychlípeniny trávicí trubice

Poprvé u kostnatých čelistnaticů Osteognathostomata

- **Vznik ještě před výstupem na souš**
- **Vychlípeniny endodermu!**

plicní vaky

prvně u Rhipidistia

plyn. měchýř, od Actinopterygia
hydrostatická fce, vzácně i dýchací

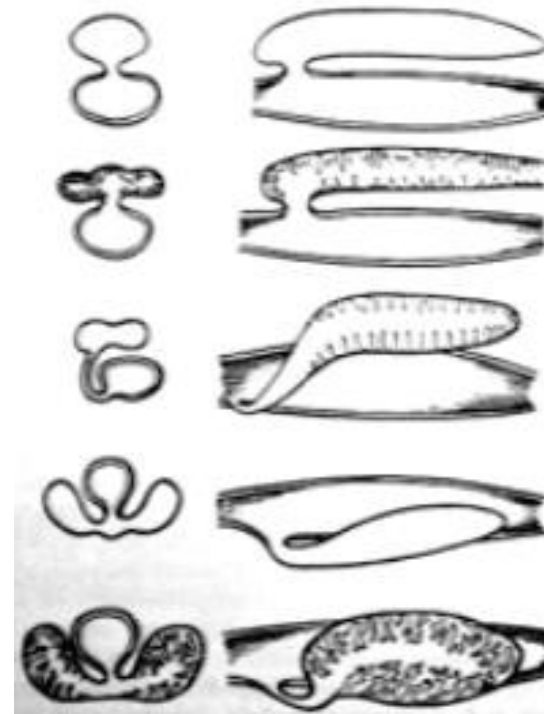
Zdokonalením **plíce** – průdušnice,
průdušky, průdušinky, plicní sklípky

Odlišné u ptáků:

Vnitřní nozdry – **choany**

Prvotně (ryby) – lepší čich

Druhotně (souš) - dýchání



Dorsální vychlípení jícnu:

Plynový měchýř Teleostei
(hydrostatická vs. dýchací funkce)

Ventrální vychlípení jícnu:

Plicní vaky Dipnoi a Cladistia

Plíce Tetrapoda

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 (choany)**, kterými se dostává do ústní dutiny voda (u lalokoploutvých ryb) nebo vzduch (u suchozemských tetrapodů) i při uzavřeném ústním otvoru.

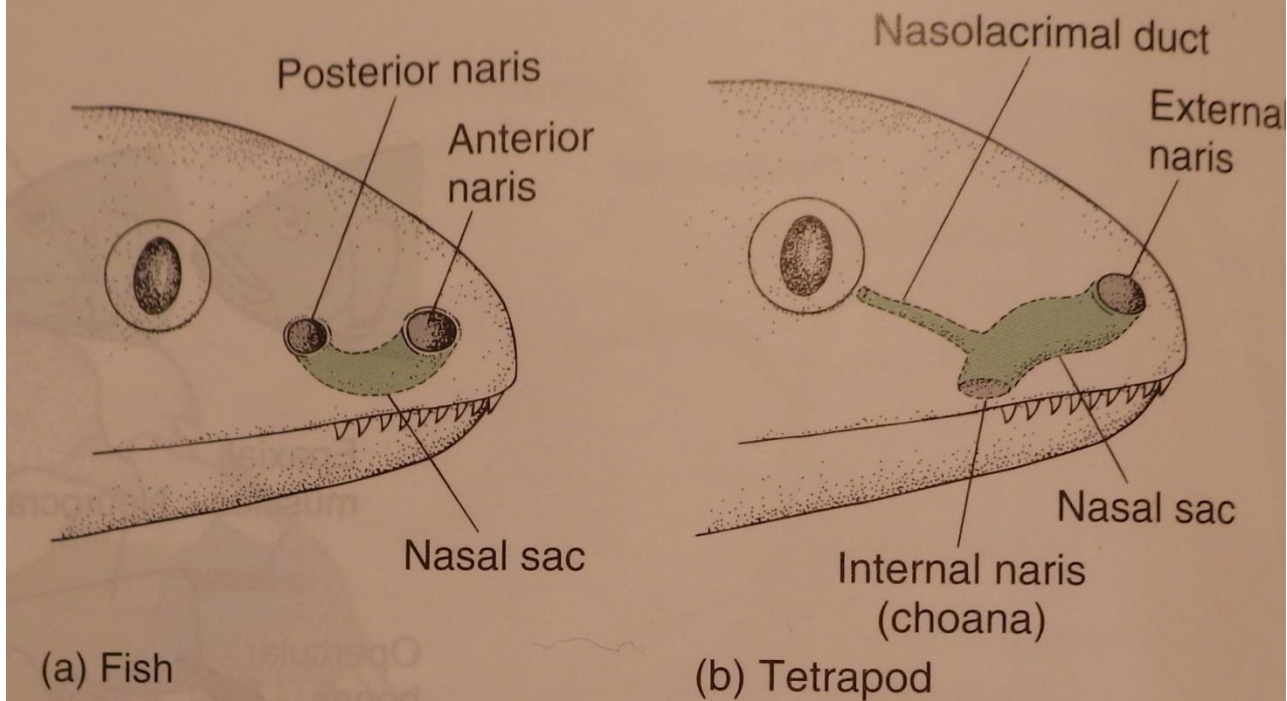


FIGURE 7.27 Openings of the nasal sac. (a) In an actinopterygian fish, the nasal sac typically has an anterior naris through which water enters and a posterior naris through which water exits, but the nasal sac does not open into the mouth. (b) In a tetrapod, the nasal sac has an external naris (homologous with the anterior naris of the fish) and a nasolacral duct to the orbit (an extension of the nasal sac). In addition to these, a third extension of the nasal sac, the internal naris (homologous with the posterior naris of fish), opens into the buccal cavity through the roof of the mouth and now, in this internal position, is called a choana.

2. Morfologické repetitorium

dýchací soustava

5 párů vaků, ptáci

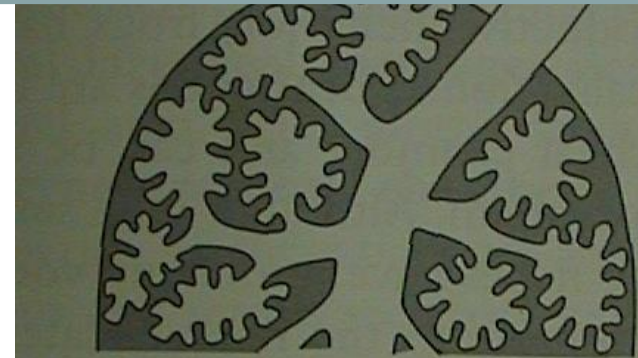
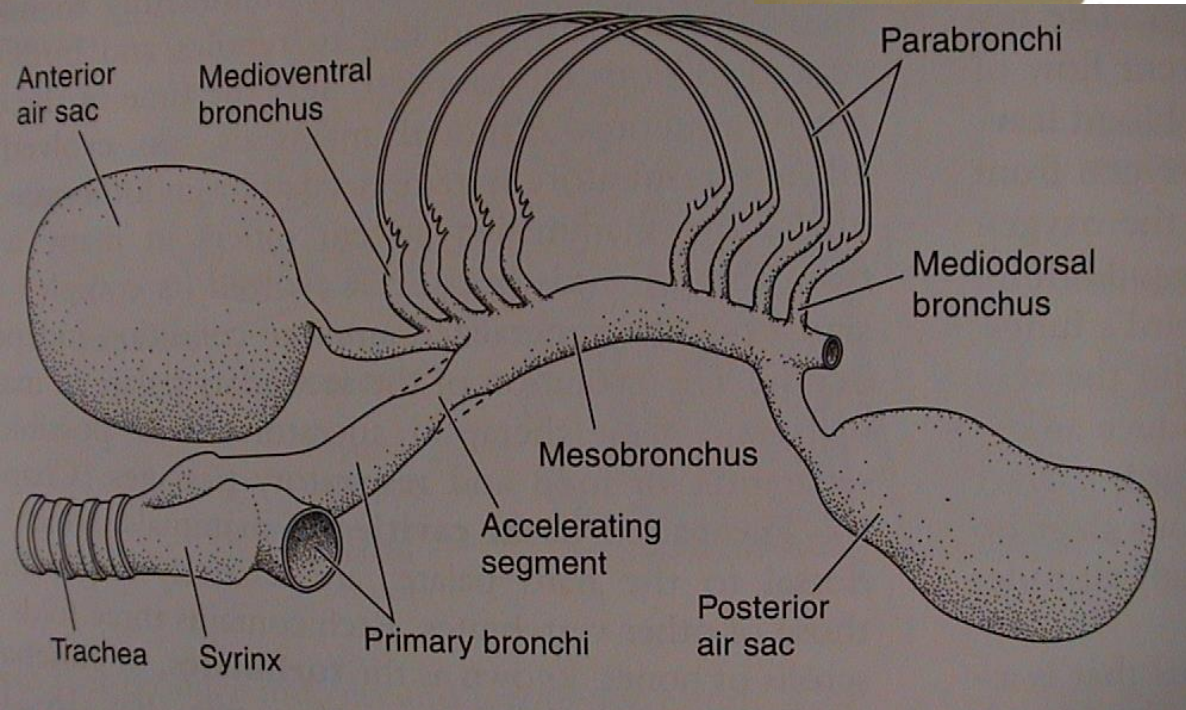
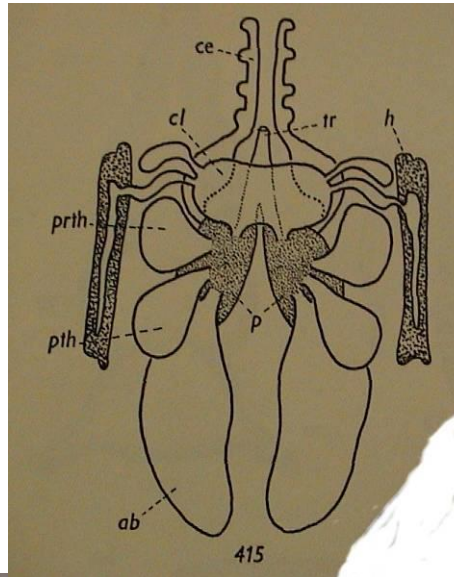
mesobronchus

dorsibronchi

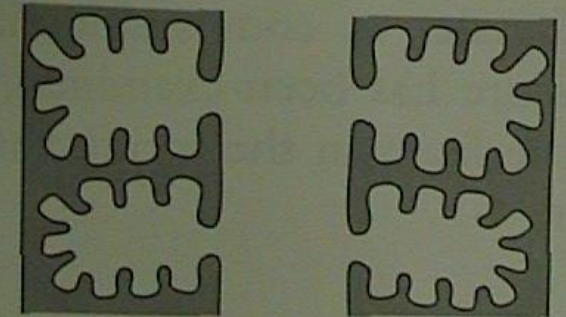
ventrobronchi

parabronchi

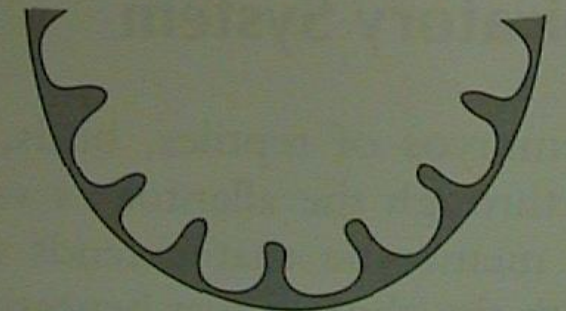
Nepodílejí se na výměně plynů, ale fungují jako reservoáry vzduchu.



C. Mammal

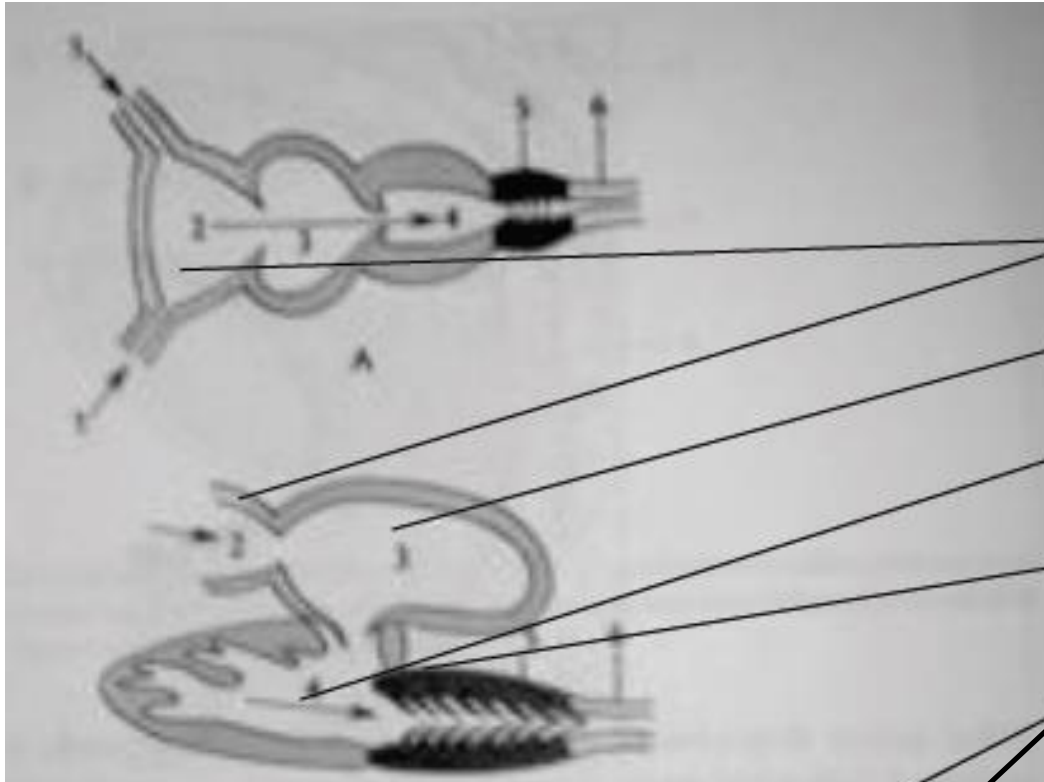


B. Reptile

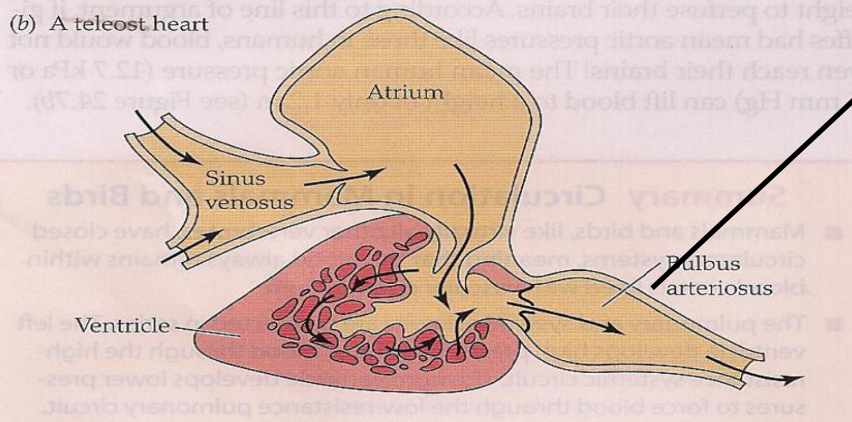


A. Amphibian

2. Morfologické repetitorium



(b) A teleost heart



Srdce ploutvovců:

ductus Cuvieri,

Žilný splav (sinus venosus)

Předsíň (atrium)

Komora (ventriculus)

Conus arteriosus

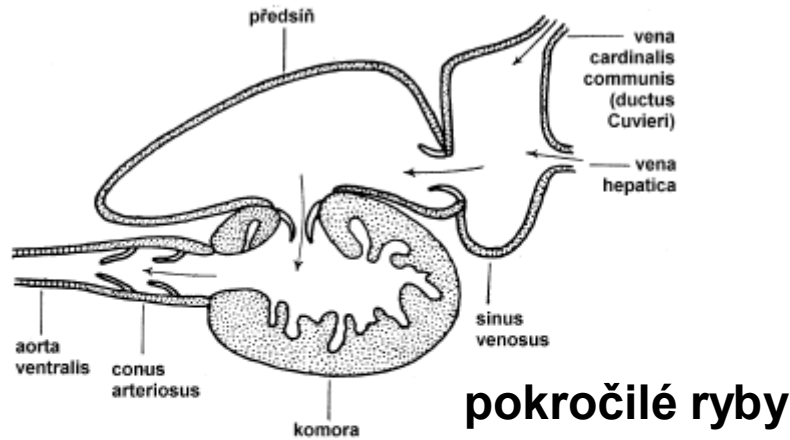
srdečný násadec, příčně pruh. sv., paryby

Bulbus arteriosus tepenný n.

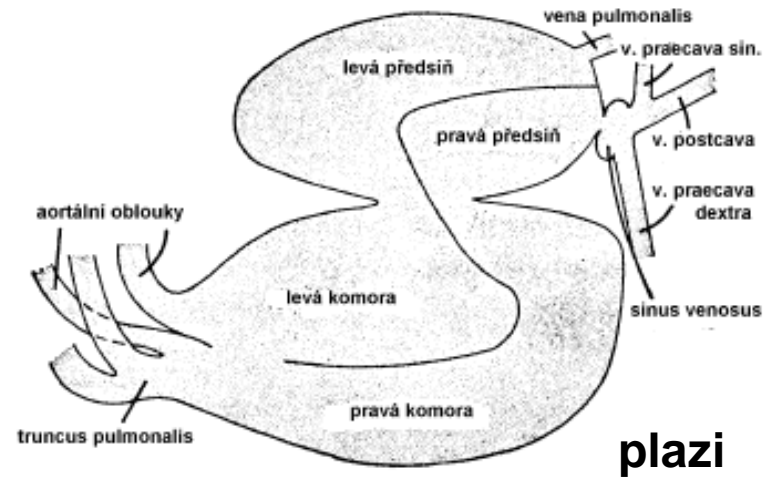
Teleostei (netepající,
bez chlopní) hladká sv.

Gnathostomata: žilný
splav a předsíň
dorsálně

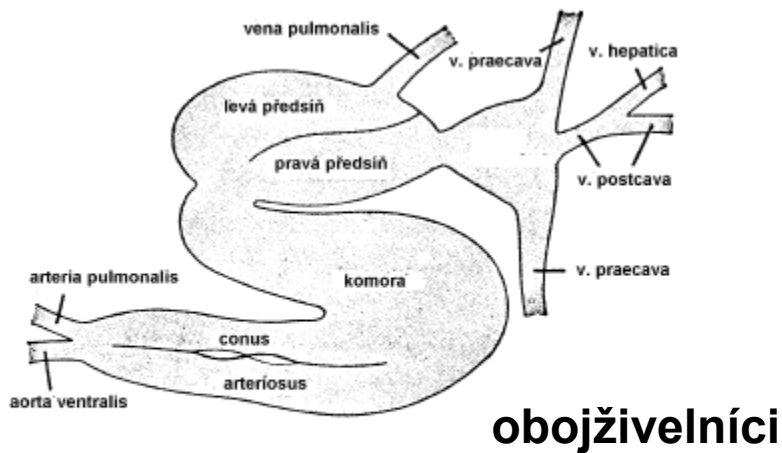
2. Morfologické repetitorium



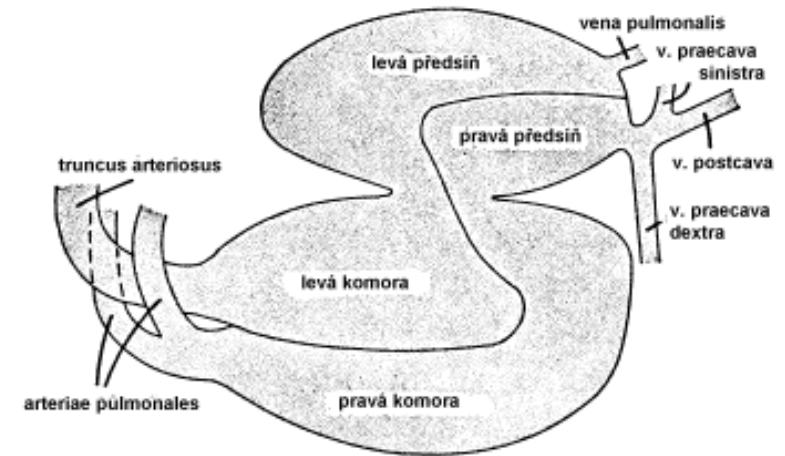
Obr. 219 Nahoře schema srdce vodních obratlovců, dole mediální řez srdcem žraloka. Na hořejším schematu je žilný splav pootočen z původně horizontální do vertikální polohy, takže se jeví jako při pohledu shora. Podle Smithe (1960) a Grodzinského (1976).



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).

2. Morfologické repetitorium

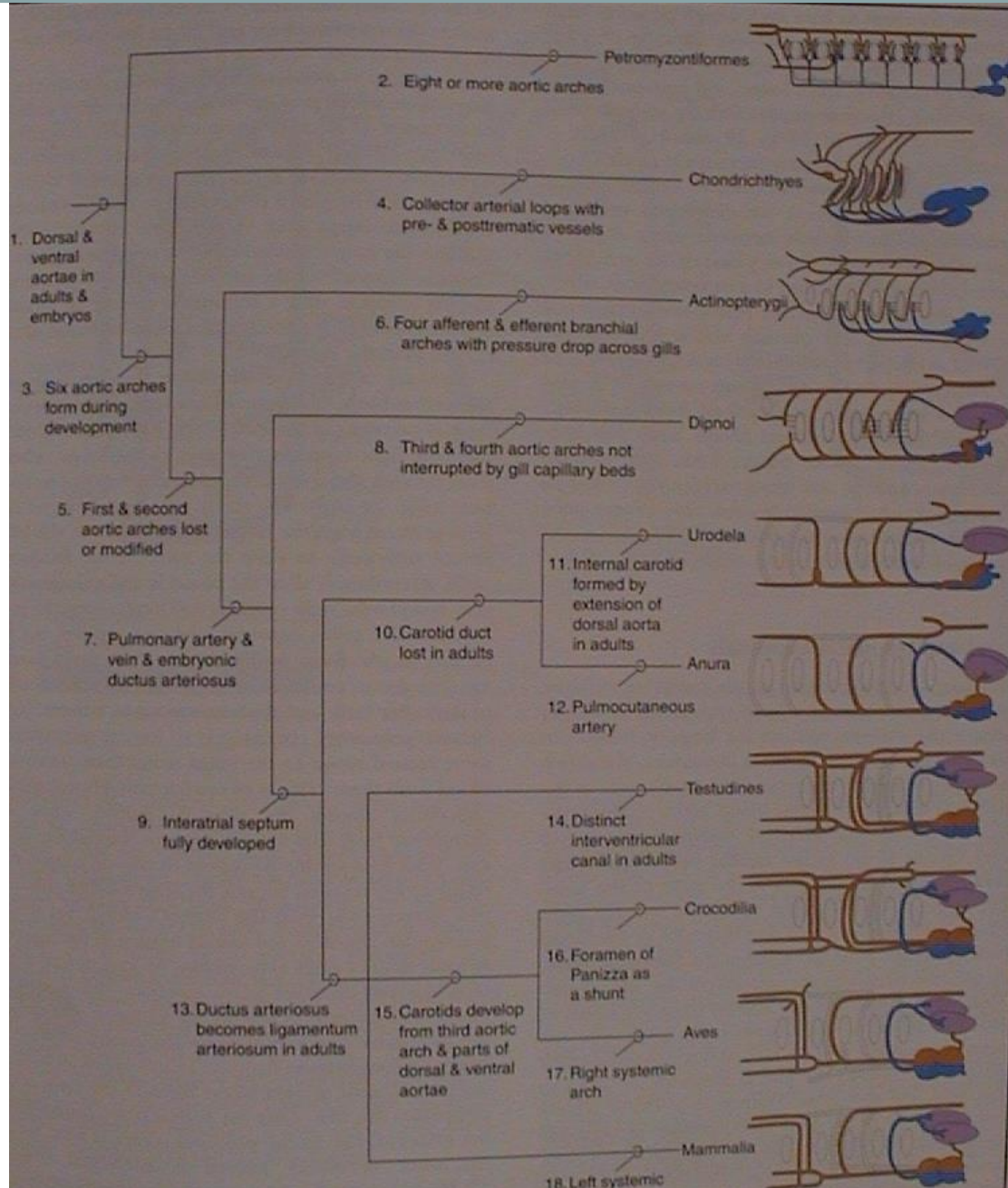
SRDCE

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



Mihule

Paryby

Kostnaté r.

Dvojdyšní

Ocasatí

Žáby

Želvy

Krokodýli

Ptáci

Savci

2. Morfologické repetitorium

urogenitální soustava

odstranění vody a CO₂, dusíkatých látek a solí

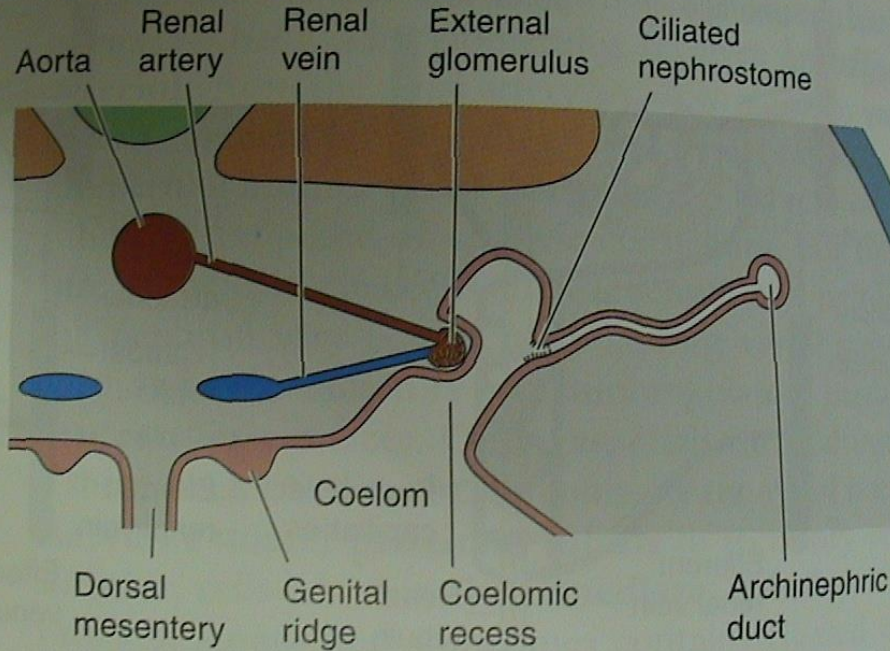
nefron, funkční jednotka ledvin

nefrostom

Bowmanův váček – kanálky se spojují ve Wolfův vývod



vchlípení klubička krevních kapilár

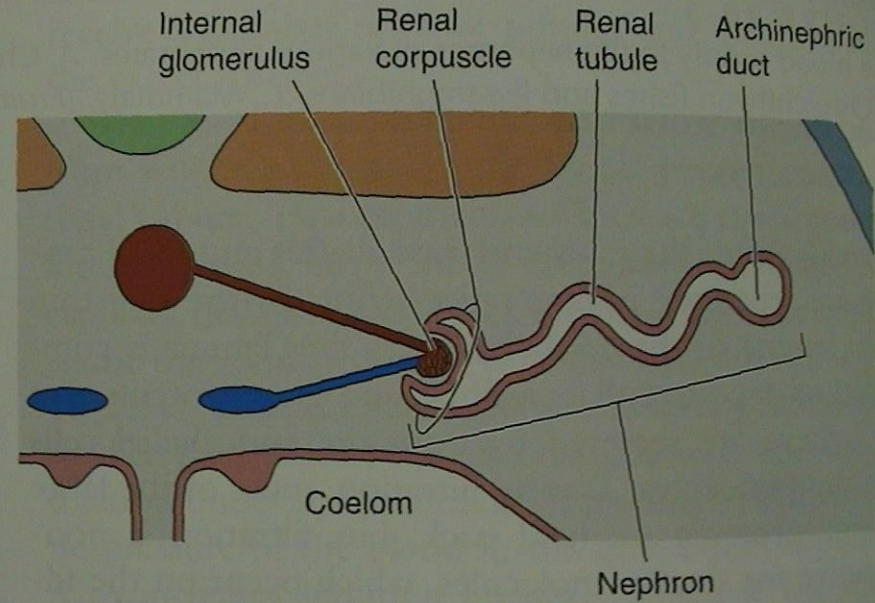


B. Ammocoetes and larval lissamphibians

vnější glomerulus

(holonefros, pronefros)

kopínatec, minohy, červoři



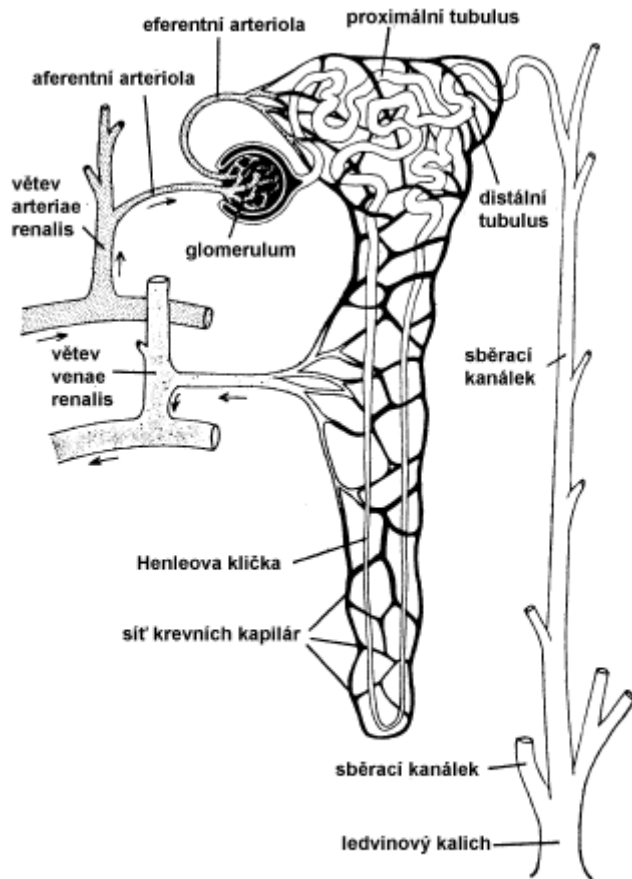
vnitřní glomerulus

(opisthonefros, mesonefros, metanefros)

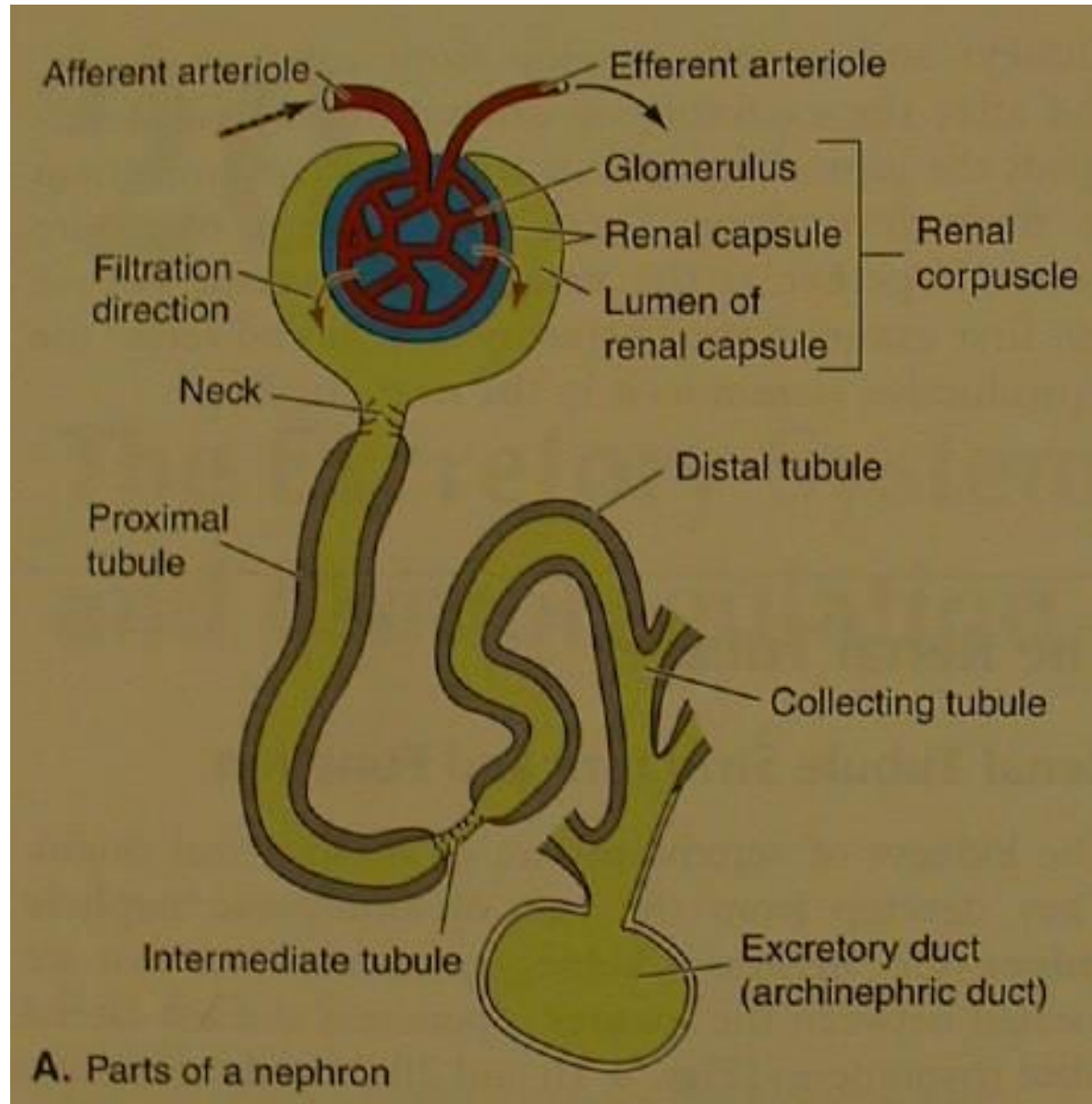
ryby, obojživelníci, ptáci, savci

2. Morfologické repetitorium

Malpighiho tělísko (nefron) =
glomerulus+ Bowmannův váček

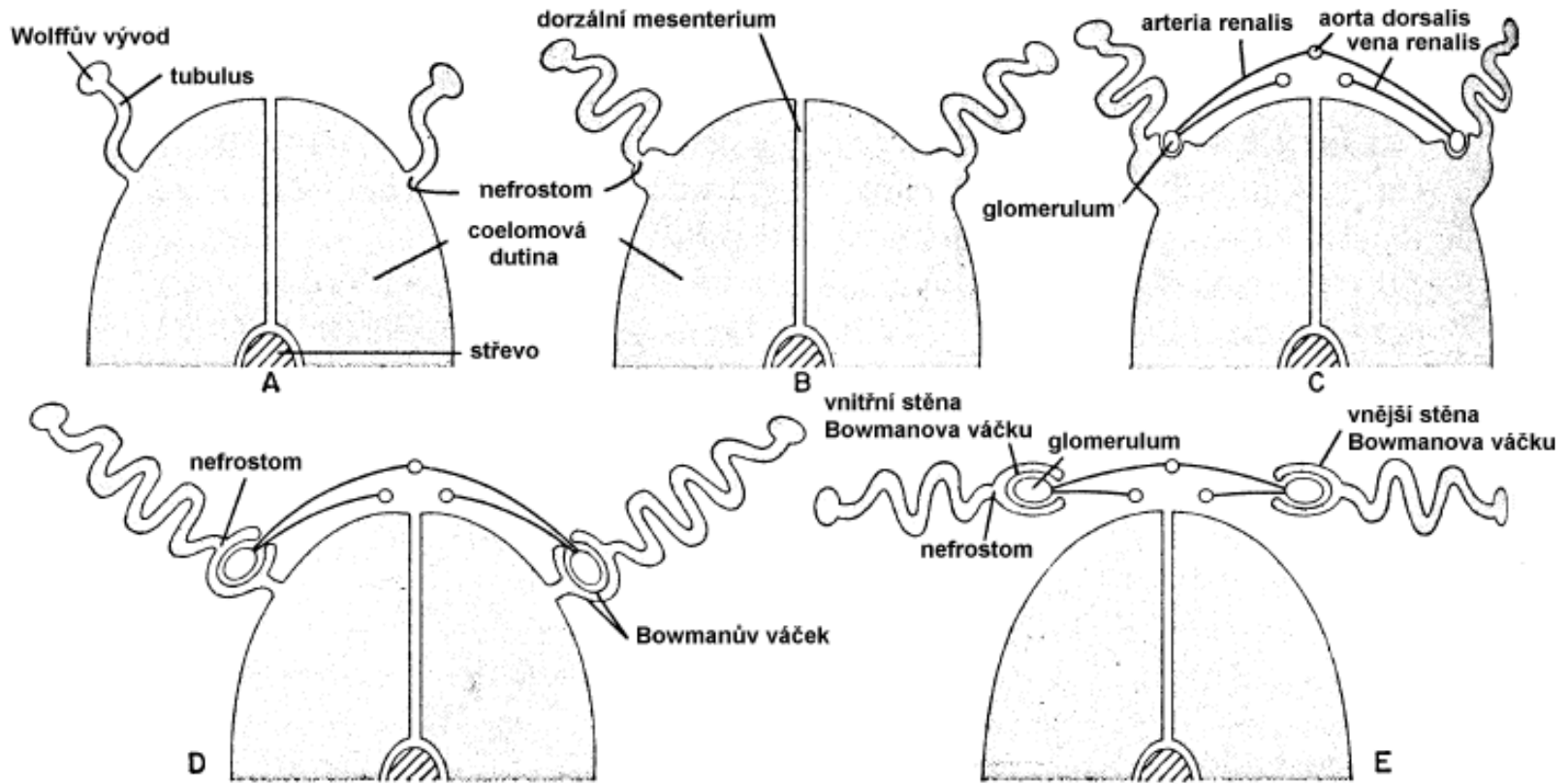


Obr. 253 Nefron savců a jeho cévní zásobení.
Podle Quiringa, ze Smithe (1960).



2. Morfologické repetitorium

odškrcení glomerulu od coelomové dutiny



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

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

2. Morfologické repetitorium

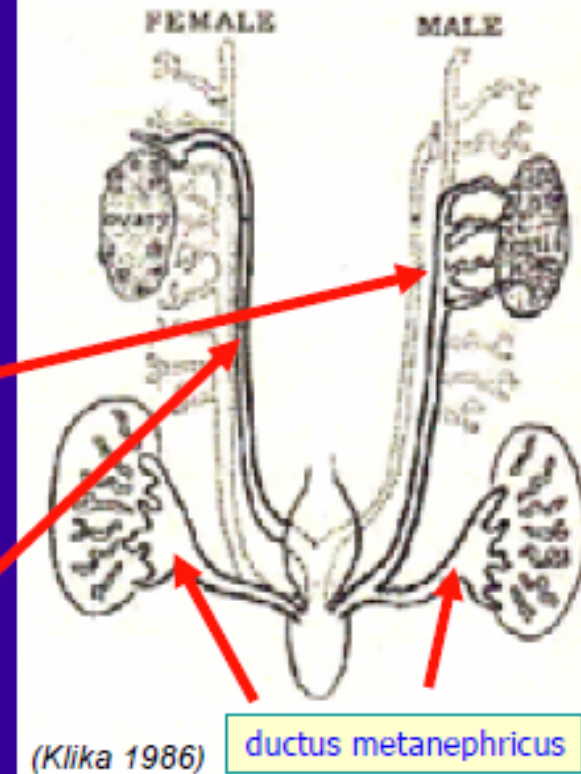
Samčí pohlaví – vývodné cesty

- kanálky mezonefros – ductuli efferentes testis – ústí do Wolfova vývodu
- tato část Wolfova vývodu se prohýbá – nadvarle, kaudální konec se mění v chámovod
- výchlipka Wolfova 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) u všech Craniata (vyjma sliznatek)
- vejcovod - kraniální úsek Müllerových vývodů
- děloha – kaudální úseky Müllerových vývodů, které splynou (uterovaginální kanál)
- pochva vzniká z nejkaudálnější části uterovaginálního kanálu



2. Morfologické repetitorium

A-jeseter

B-žraloci, obojživelníci

C-Amniota

D-Teleostei

Op opisthonefros

Op:pars renalia, p.sexualis

Opm-metanefros

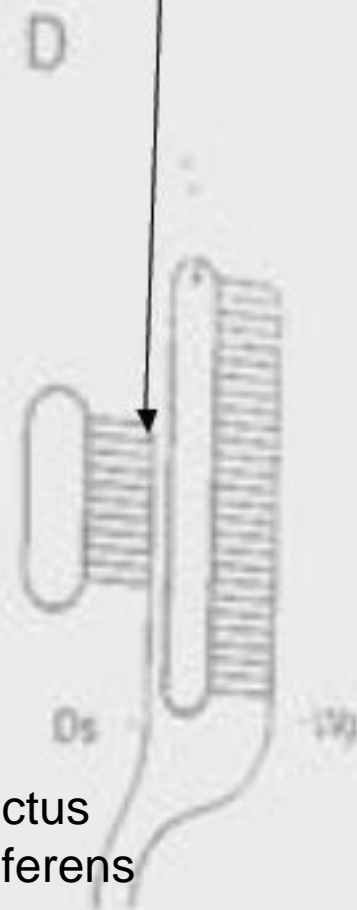
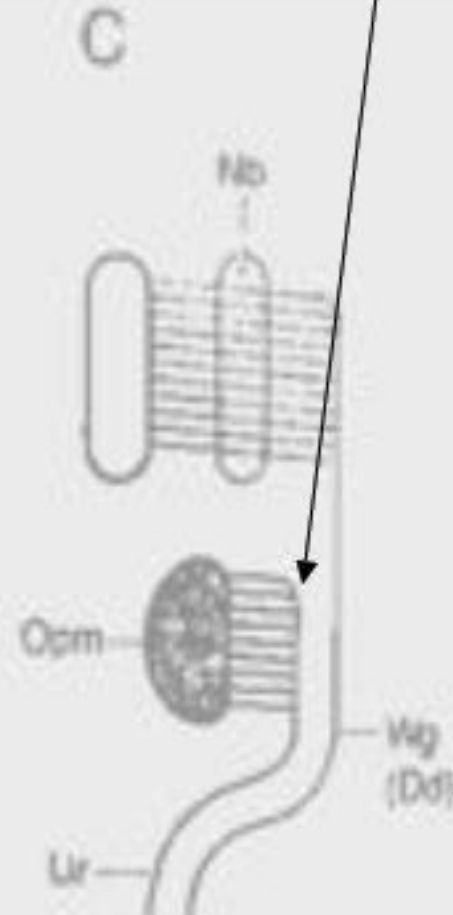
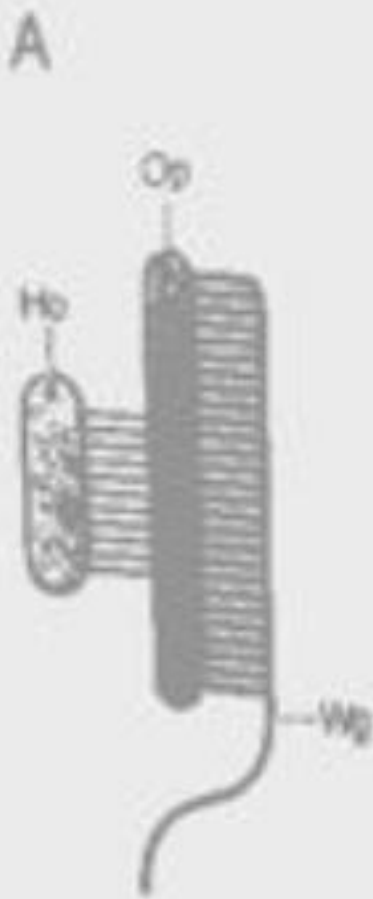
opisthonefros

Ho testes/ Wolf.v.

Wolf v.

Wolf + urether

Wolf+ductus spermatis



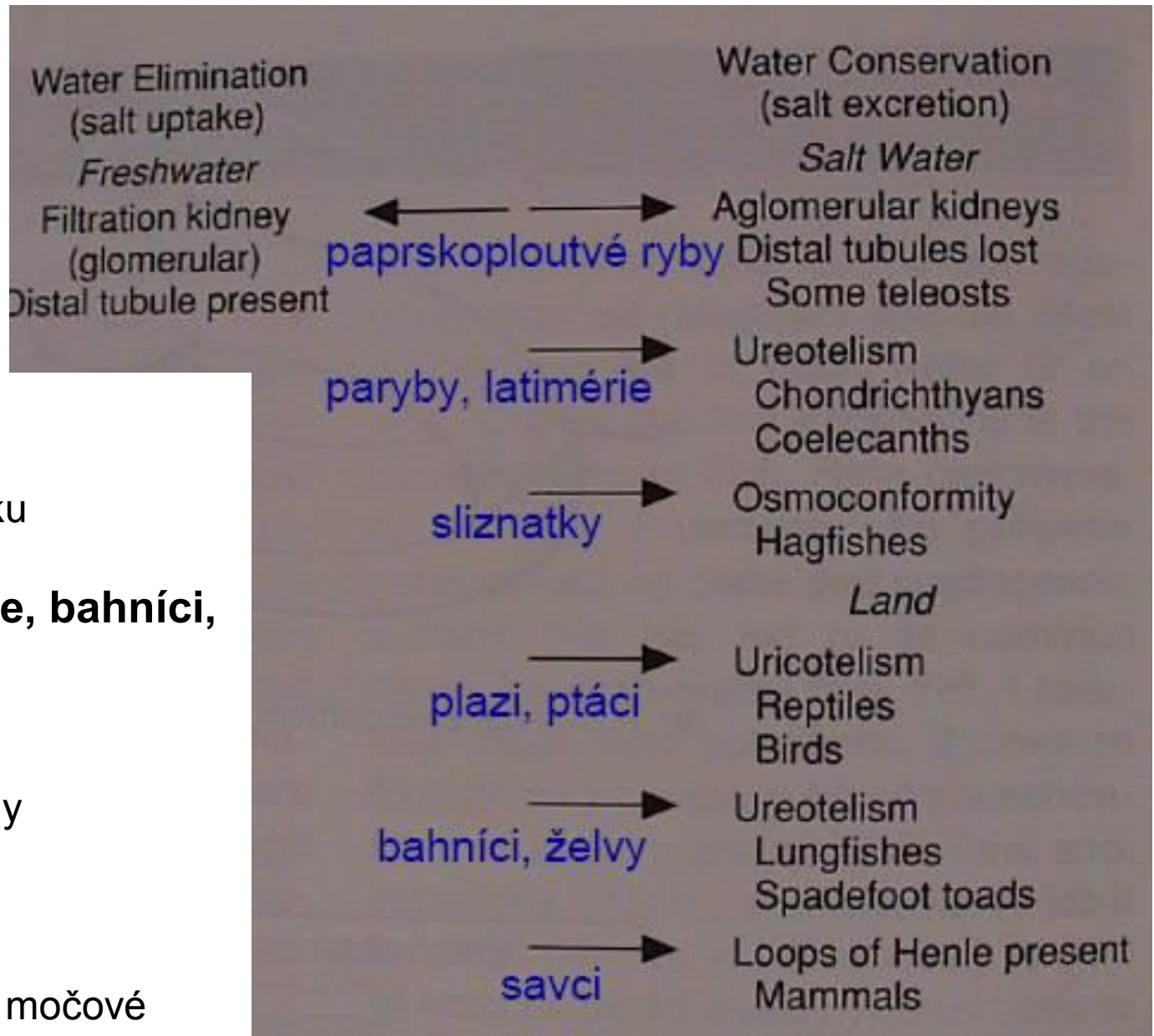
ductus
deferens

2. Morfologické repetitorium

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		

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

2. Morfologické repetitorium



Kostnaté ryby

Amotelní

Produkce amoniaku

Paryby, latimérie, bahníci, želvy a savci

Henleova klička

Ureotelní

Produkce močoviny

Plazi a ptáci

Urikotelní

Produkce kyseliny močové