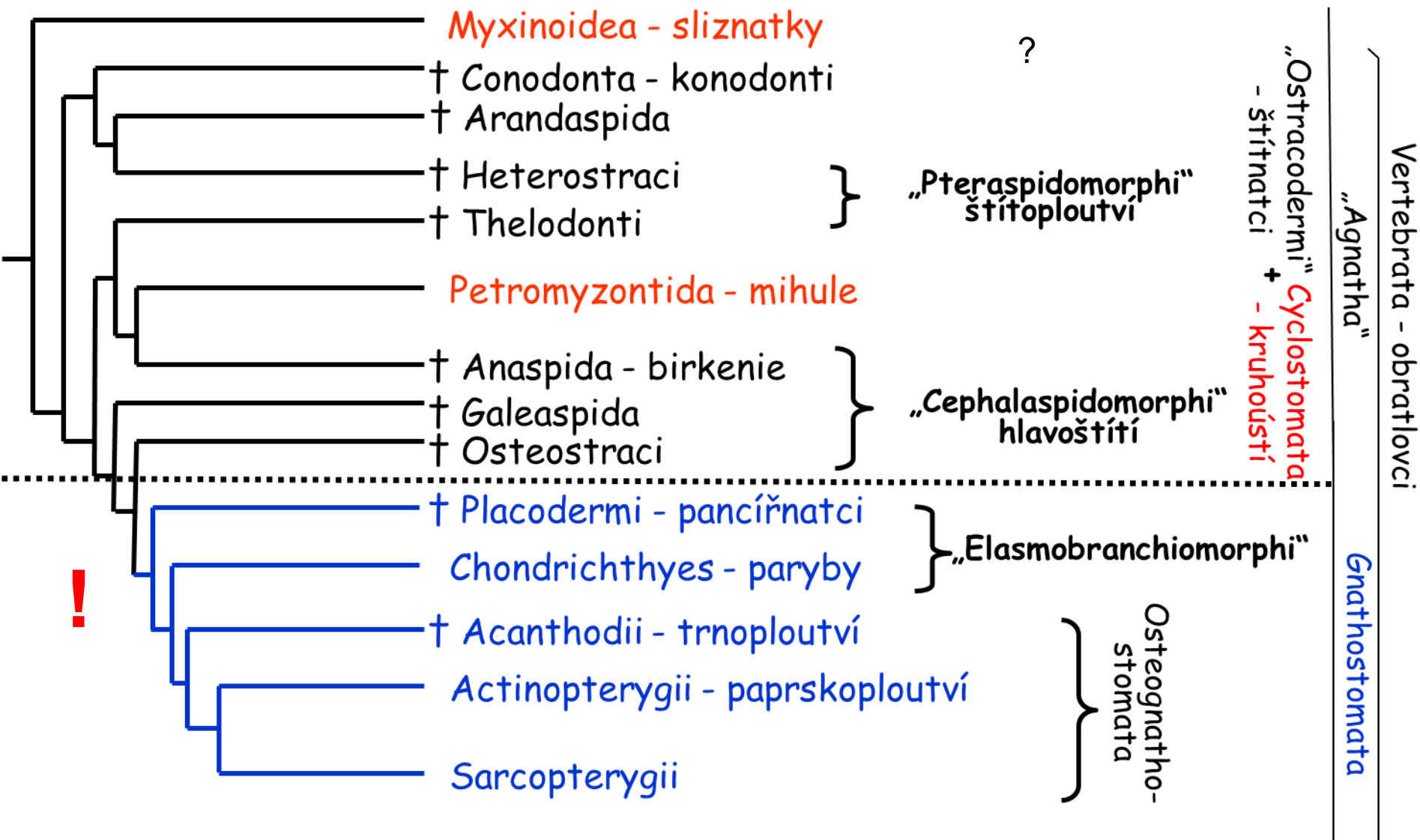


# Fylogeneze a diverzita živočichů

## Sliznatky a mihule



# Nevyjasněné příbuzenské vztahy sliznatek



# Vývojové vztahy basálních recentních skupin tradičně nejasné

**Agnatha – Ostracodermi** (recentně jen sliznatky) + **Cyclostomata** (recentně jen mihule)

sliznatky a mihule - **bez dermálních kostí** a mineralizovaných tkání

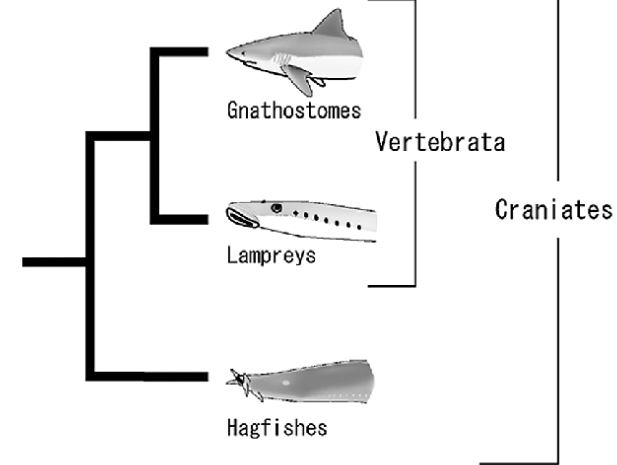
**jen chrupavčitý endoskelet**

sekundárně u mihulí, primárně u sliznatek

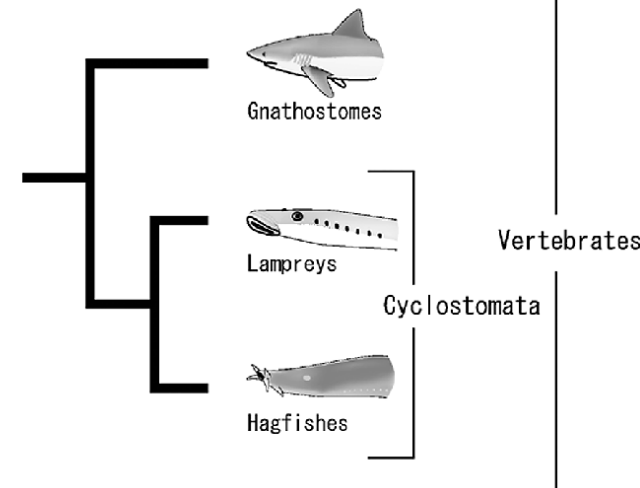
**Kruhoústí – Cyclostomata**  
**monofylie/parafylie?**

- společné znaky, plesiomorfie
- nemají** párové ploutve, chrupavčitá lebka bez čelistí, nepárový nosní otvor, složitý jazyk, nemají šupiny ani dermální kost
- notochord zachován (u mihulí chrupavčité horní oblouky obratlů)
- rohovité zoubky v ústech (odontoidy)

Craniate theory

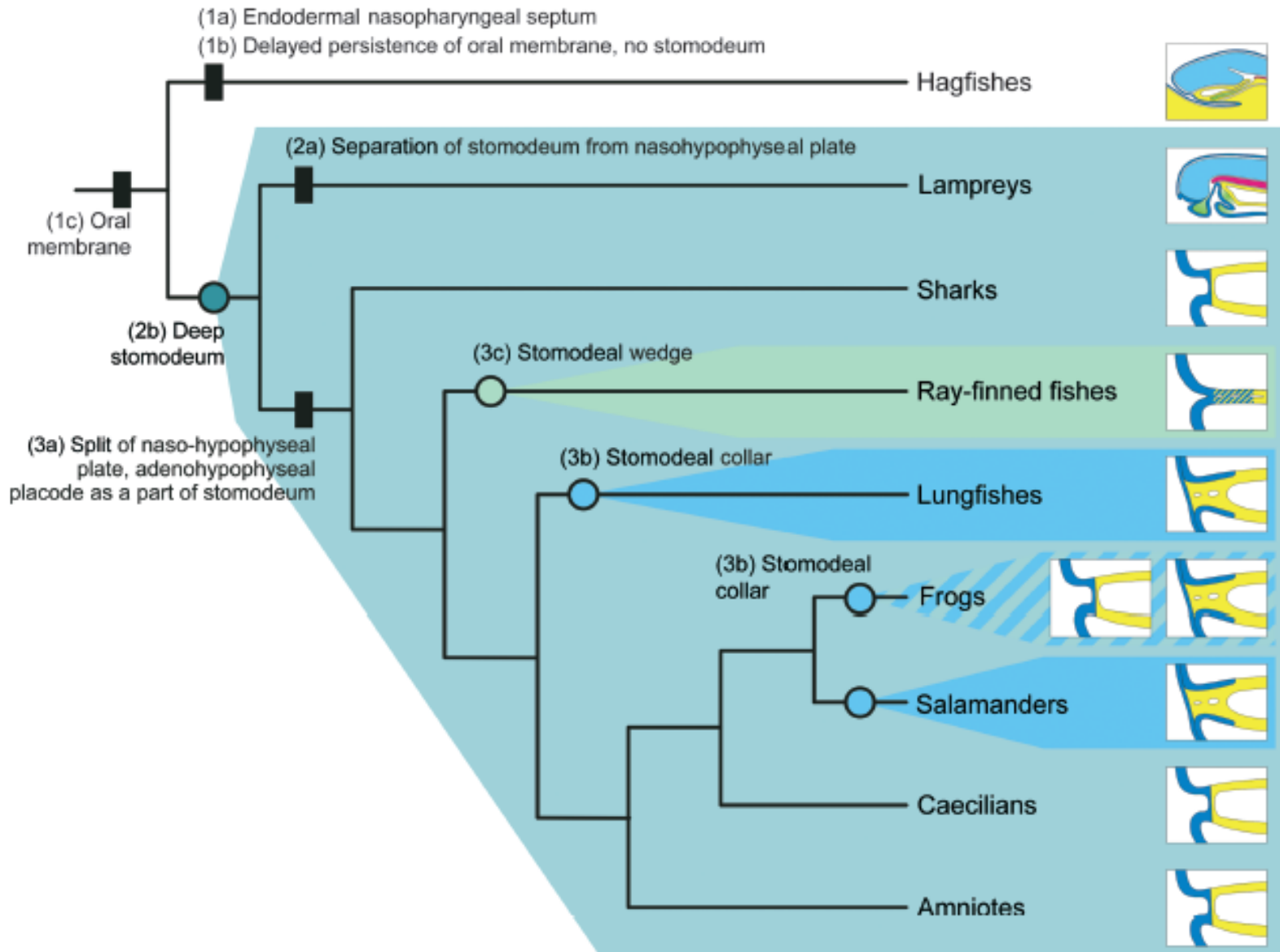


Cyclostome theory

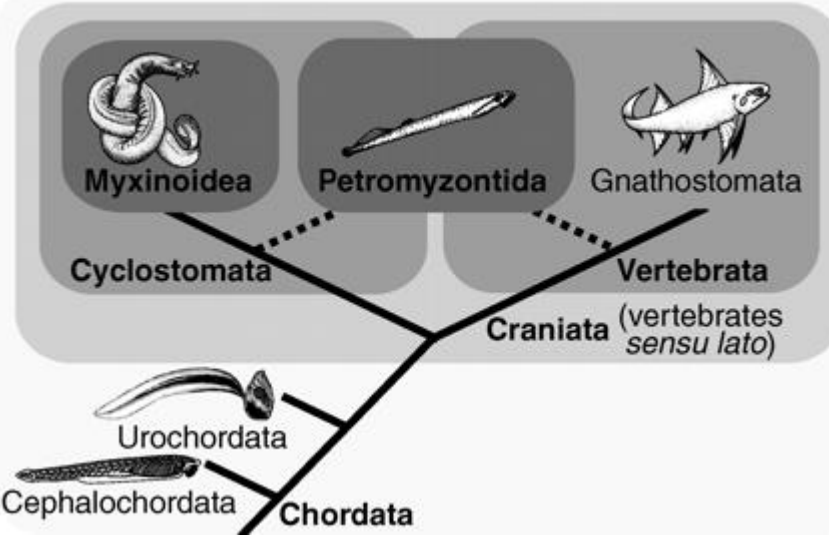


# Formace primárních úst

mihule a čelistnatci velmi podobně (invaginací stomodea), ale sliznatky mají zcela unikátní orofaryngeální morfogenezi (úplně jinou než ostatní Vertebrata)



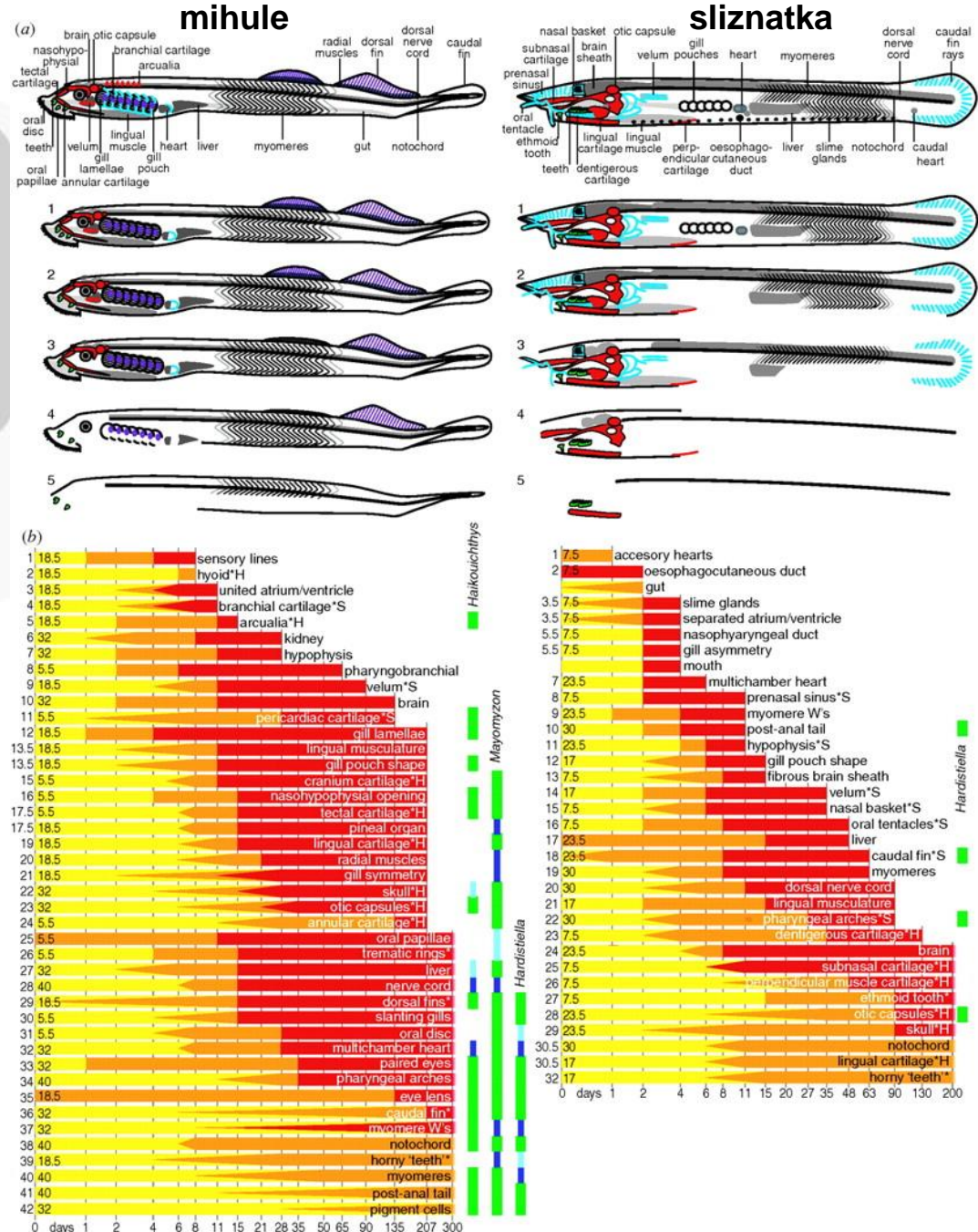
## 2) Sansom et al. 2010 – chrupavka



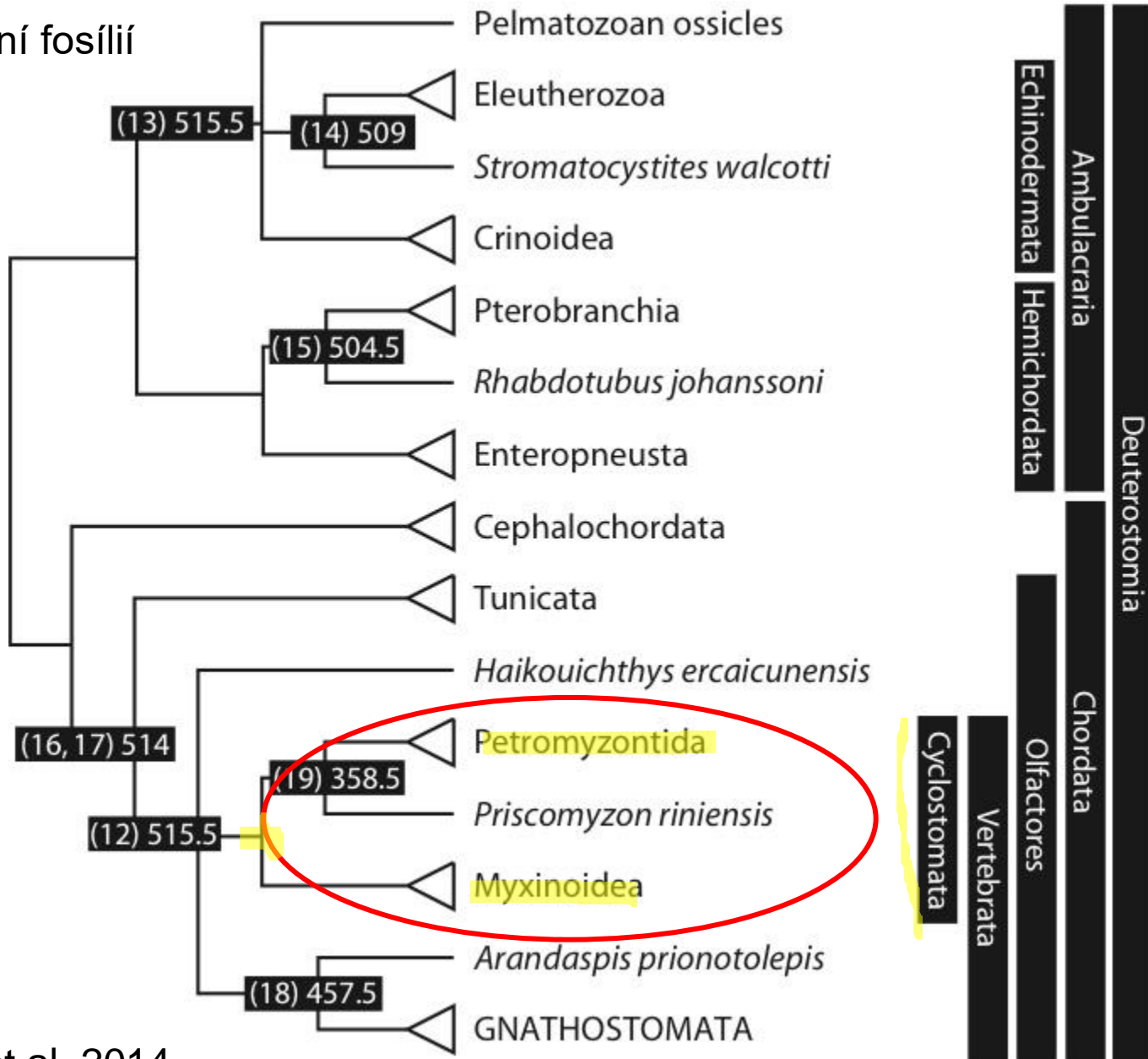
Ukazují na morfologické rozdíly mezi mihulí a sliznatkou.

**Cyclostomata nejsou monofyletický taxon**

(a) Adult lamprey (left) and hagfish (right) anatomy with reconstructions of the morphology at the end of decay stages 1–5. Red represents hard cartilage, blue is soft cartilage, purple is undetermined cartilage type and green is keratinous tissues.

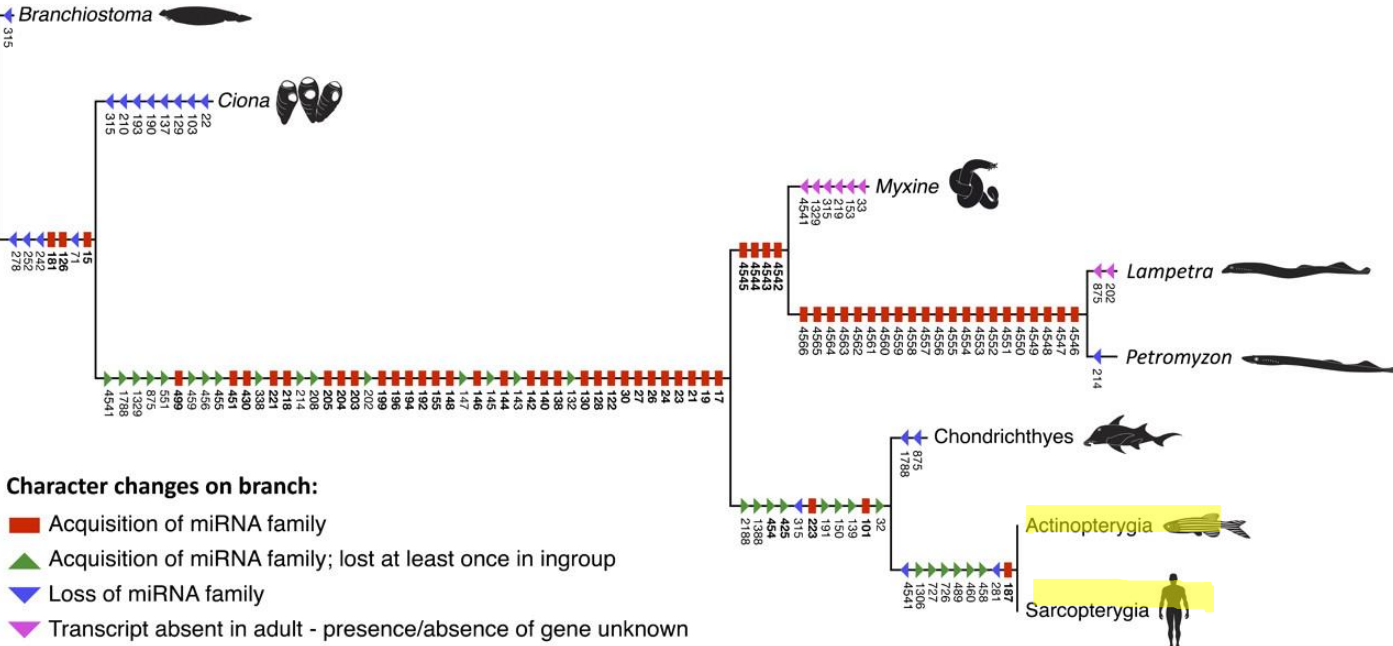


### 3) Datování fosílií

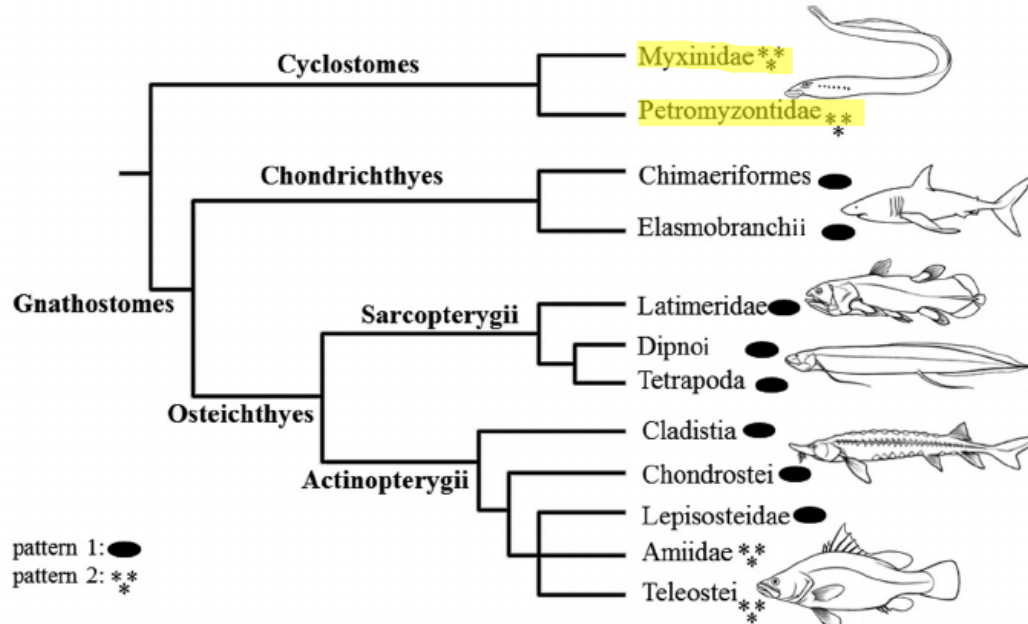


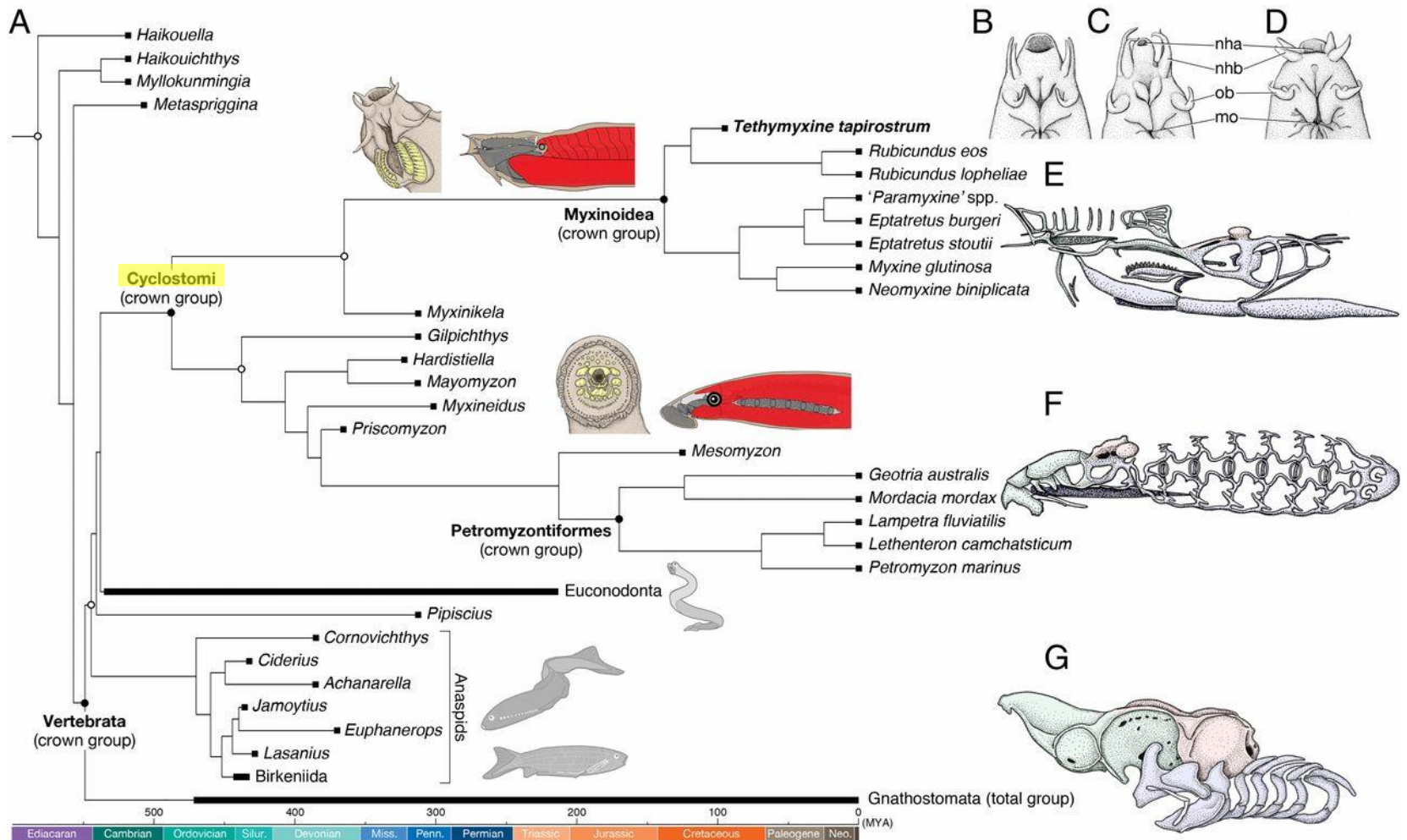
# Kombinace přístupů - genetické i anatomické znaky = monofyletičnost Cyclostomata

## Micro RNA



## Štítná žláza





**Maximum parsimony and Bayesian inference potvrzují monofylii skupiny**  
**Dvě hlavní apomorfie – keratinové zuby (žlutě) a pozice svalstva (červeně)**

(E, myxinoids; F, petromyzontiforms; G, gnathostomes), each is accompanied by a chondrocranium in left lateral view (green: neural crest-derived nasohypophyseal skeleton; red: mesodermally derived neurocranium; blue: neural crest-derived pharyngeal skeleton).





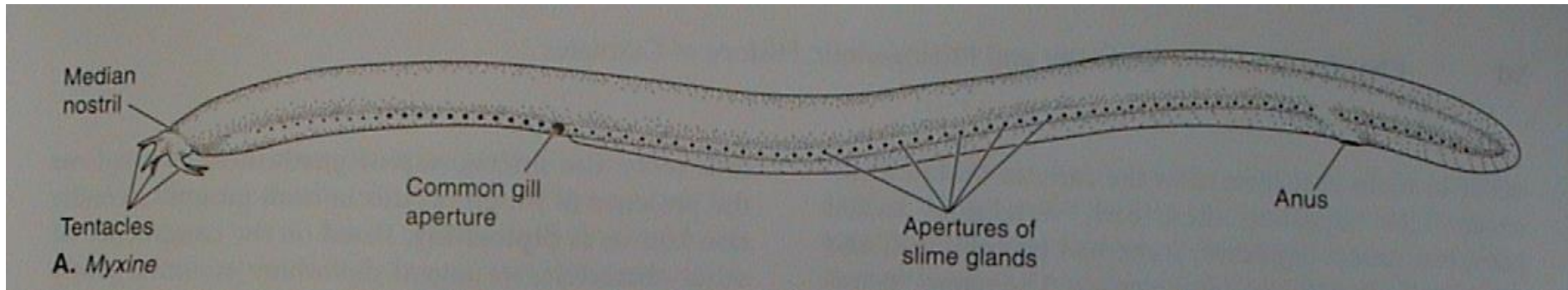
# Cyclostomata

## Synapomorfie

- Vodní formy s kruhovým průřezem těla, bez prostorné tělní dutiny, bez párových ploutví, bez čelistí, bez šupin, bez dermálních kostí a mineralizovaných tkání
- Rohovité zoubky v savých ústech.
- Respirační plachetka (*velum*) v ústním aparátu.
- Složitý jazyk.
- Oporné elementy žaberního koše jsou uloženy vně žaberních váčků, žábry vznikají z endodermu.
- Jen chrupavčitý endoskelet - pololebka + neurální oblouky (chybí u sliznatek), nepárová nozdra a nasohypofyzární kanál, chorda mohutná, nezaškrčená (axiální dopředný pohyb)

## Myxinoidea - sliznatky





Metamerní žlázy, sliz

3 páry hmatových tentakulí, odontoidy

Redukované oči

Voda nasávána nasohypofyzární chodbou

Nepárová nozdra

Periodický hermafroditismus, vnější oplození

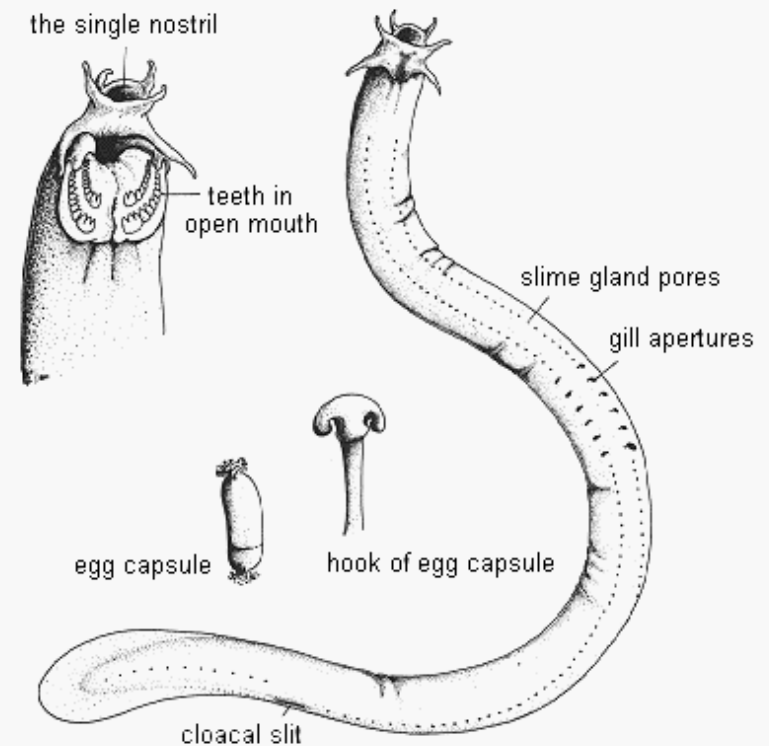
Jen levá Cuvierova chodba

43 druhů 6 rodů, Myxine, Bdellostoma

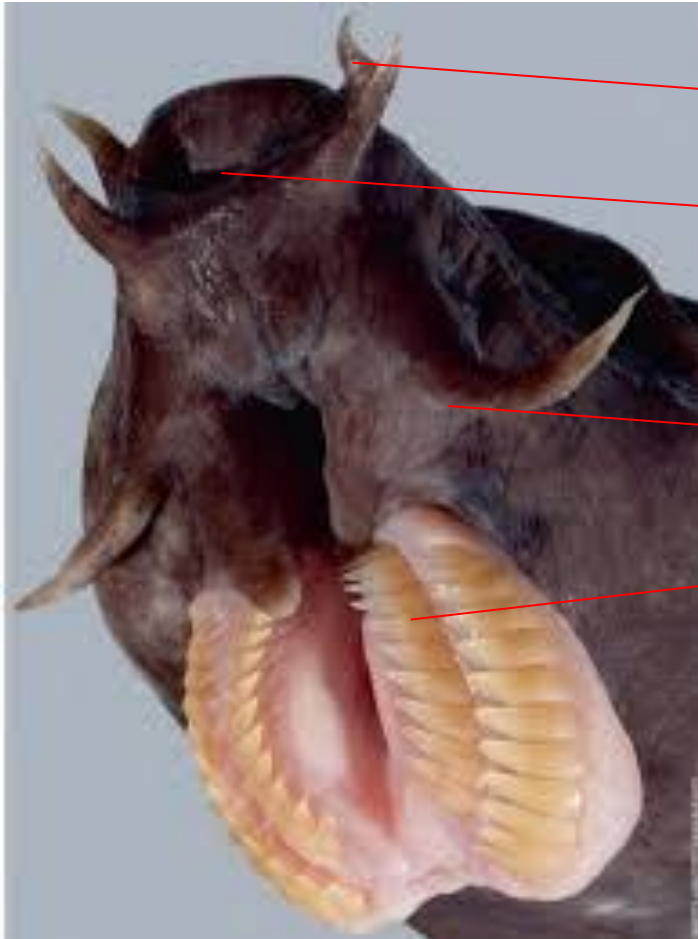
- primárně mořské - tělní tekutiny s vysokým obsahem solí; isotonické s mořskou vodou

## OSMOKONFORMITA

- kdežto obratlovci asi primárně sladkovodní - opodstatněnost vzniku ledviny jen v hypotonickém (sladkovodním prostředí)



Keratinové zuby na jazyku – není jasná homologičnost, nedostatek embryologických informací, dlouho nebyla známa ontogeneze

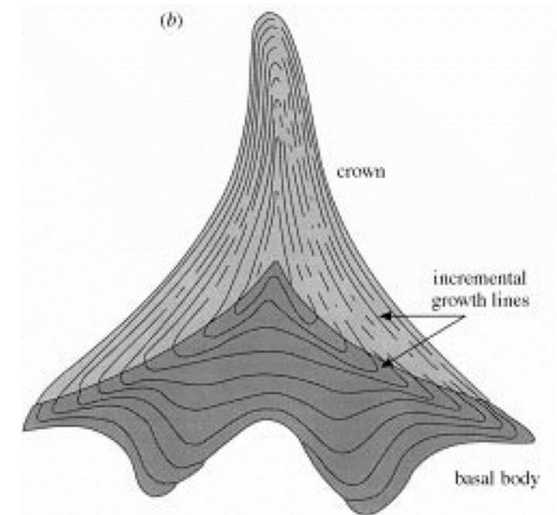
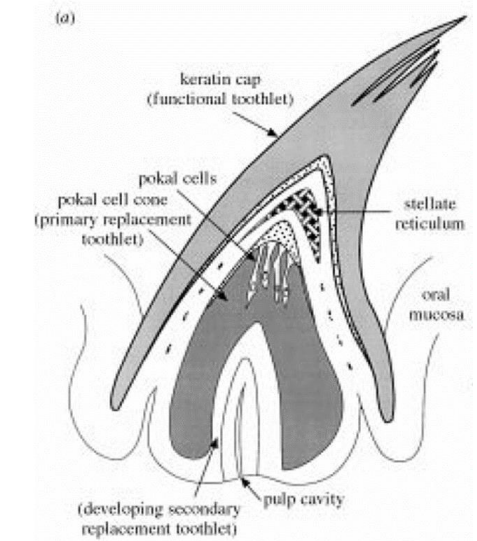


perinasální  
makadla

nosní otvor

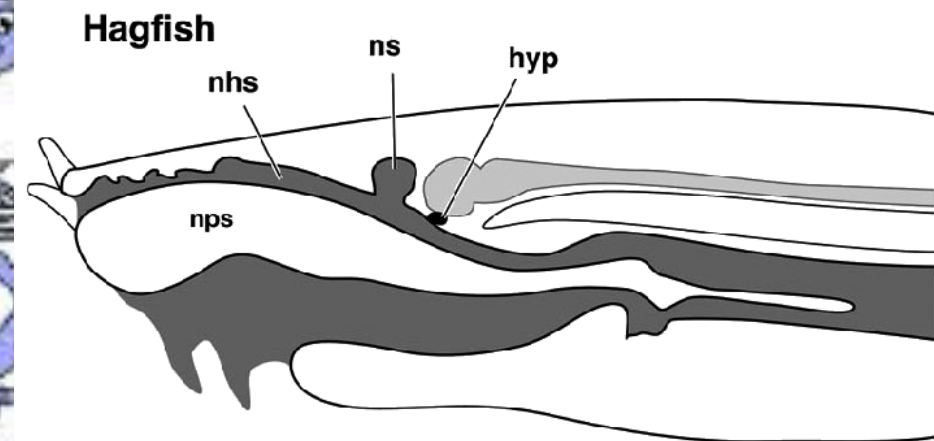
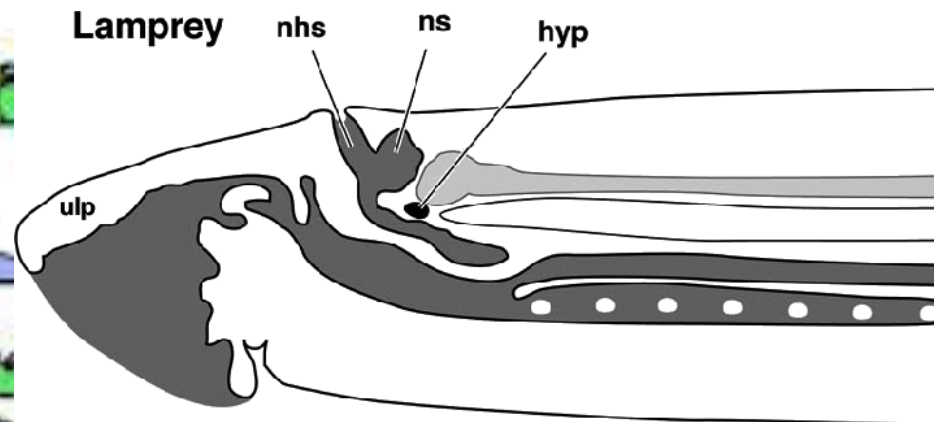
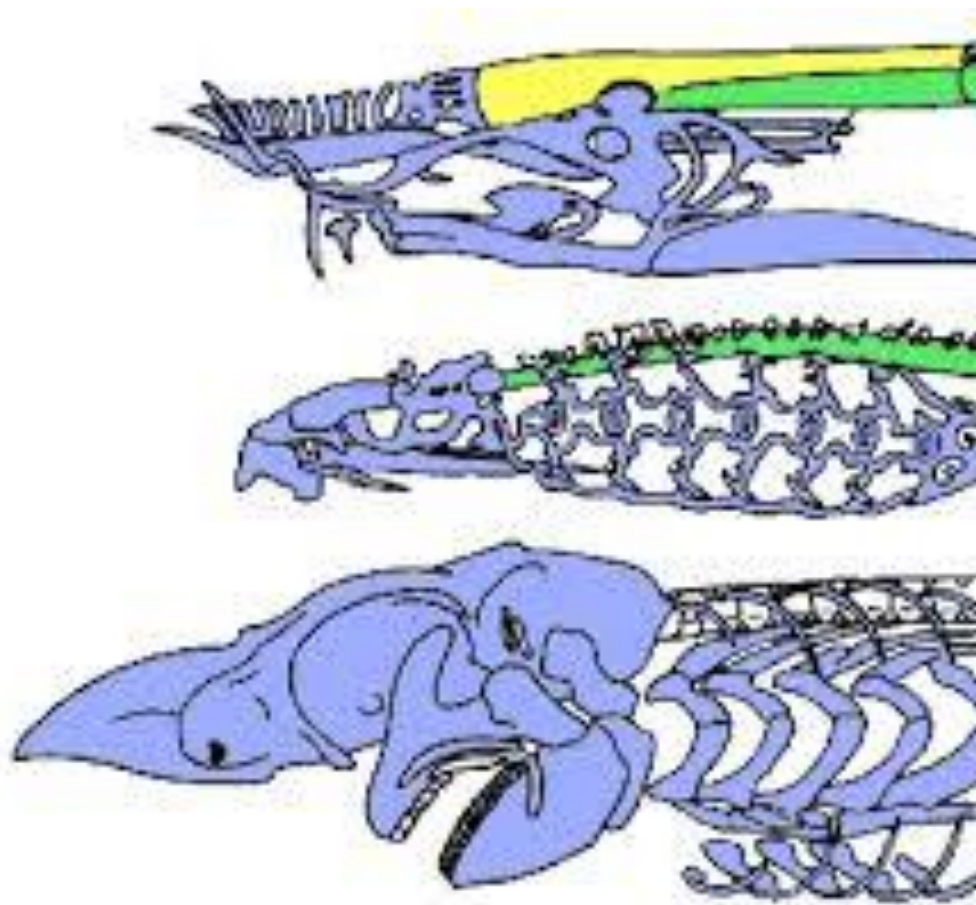
ústní makadla

keratinové  
zuby

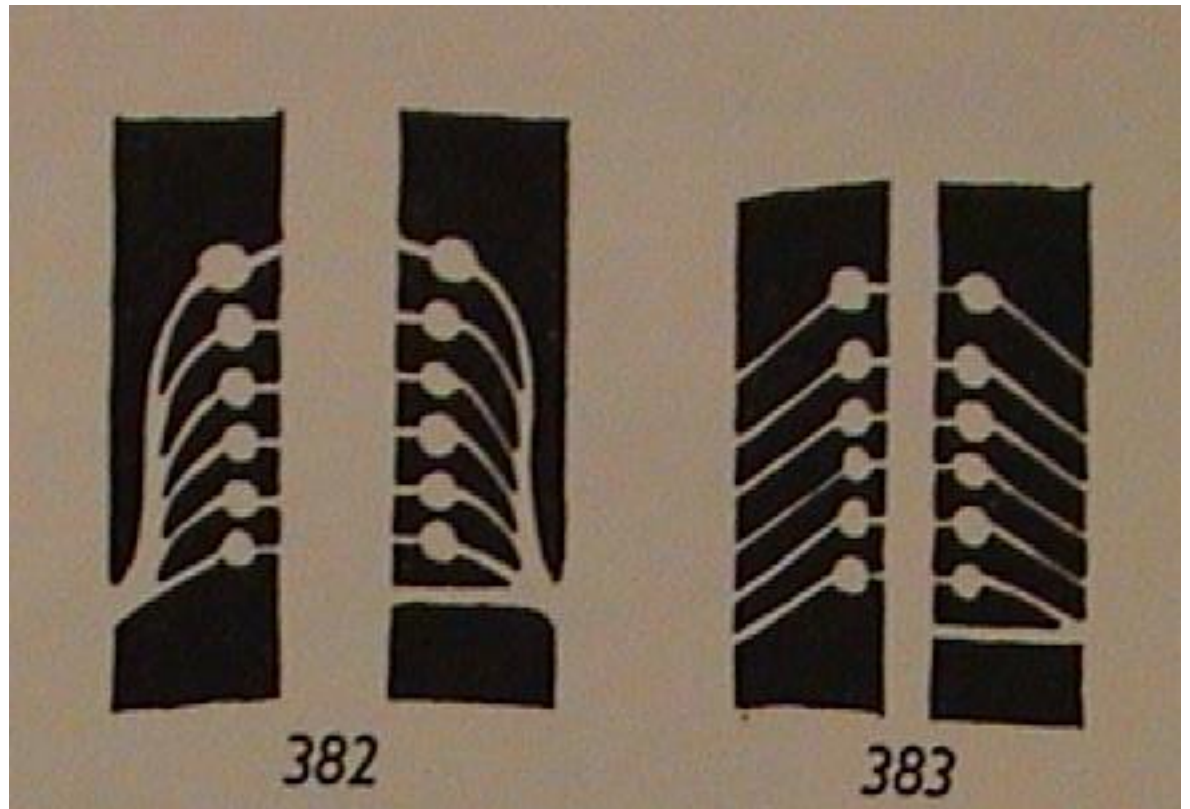
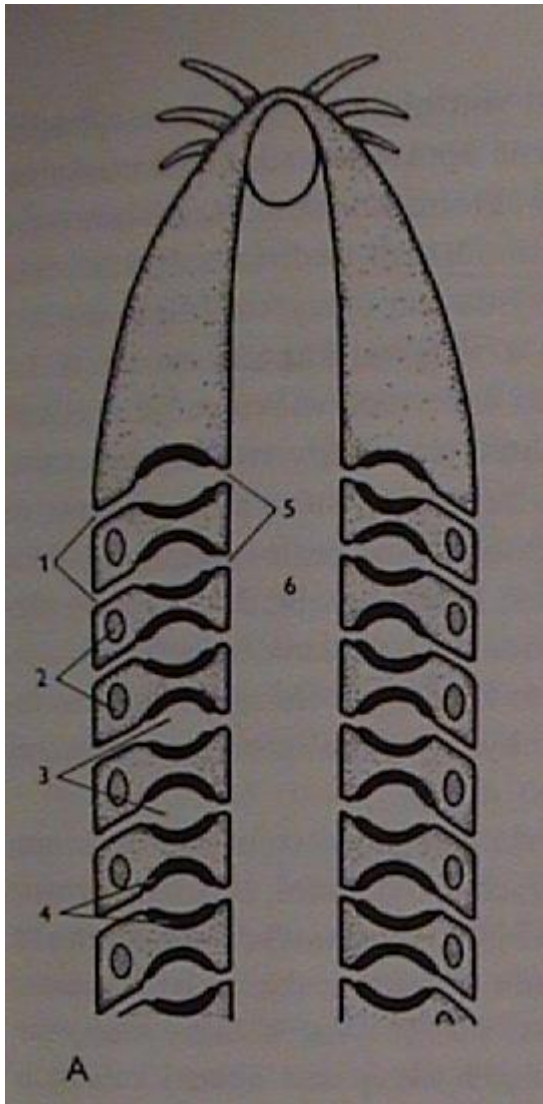


Žaberní skelet nenavazuje na žábra  
Lebka – bez stropu neurokrania = hemikranium

Nasohypofyzární kanál otevřený volně do hltnanu



## Dýchací soustava



Žaberní váčky uvnitř koše z chrupavčitých žaberních prstenců, výstelka **endodermálního původu**

ústí samostatně na povrch nebo do společného kanálku

Nejednotný počet žaberních otvorů (1-16) a entodermálních žaberních váček

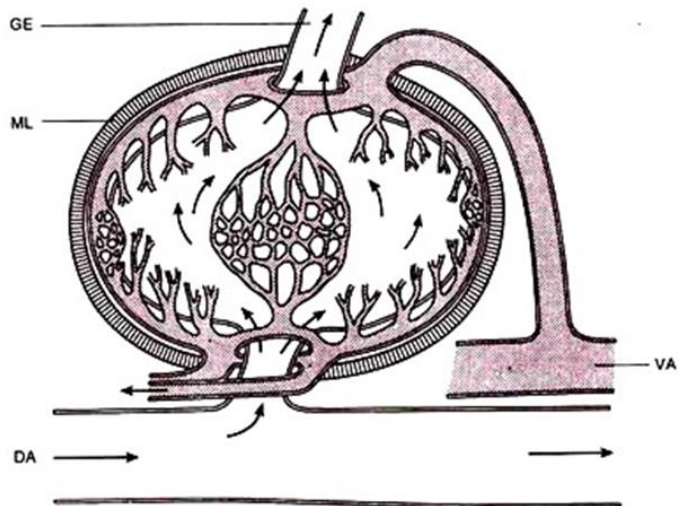
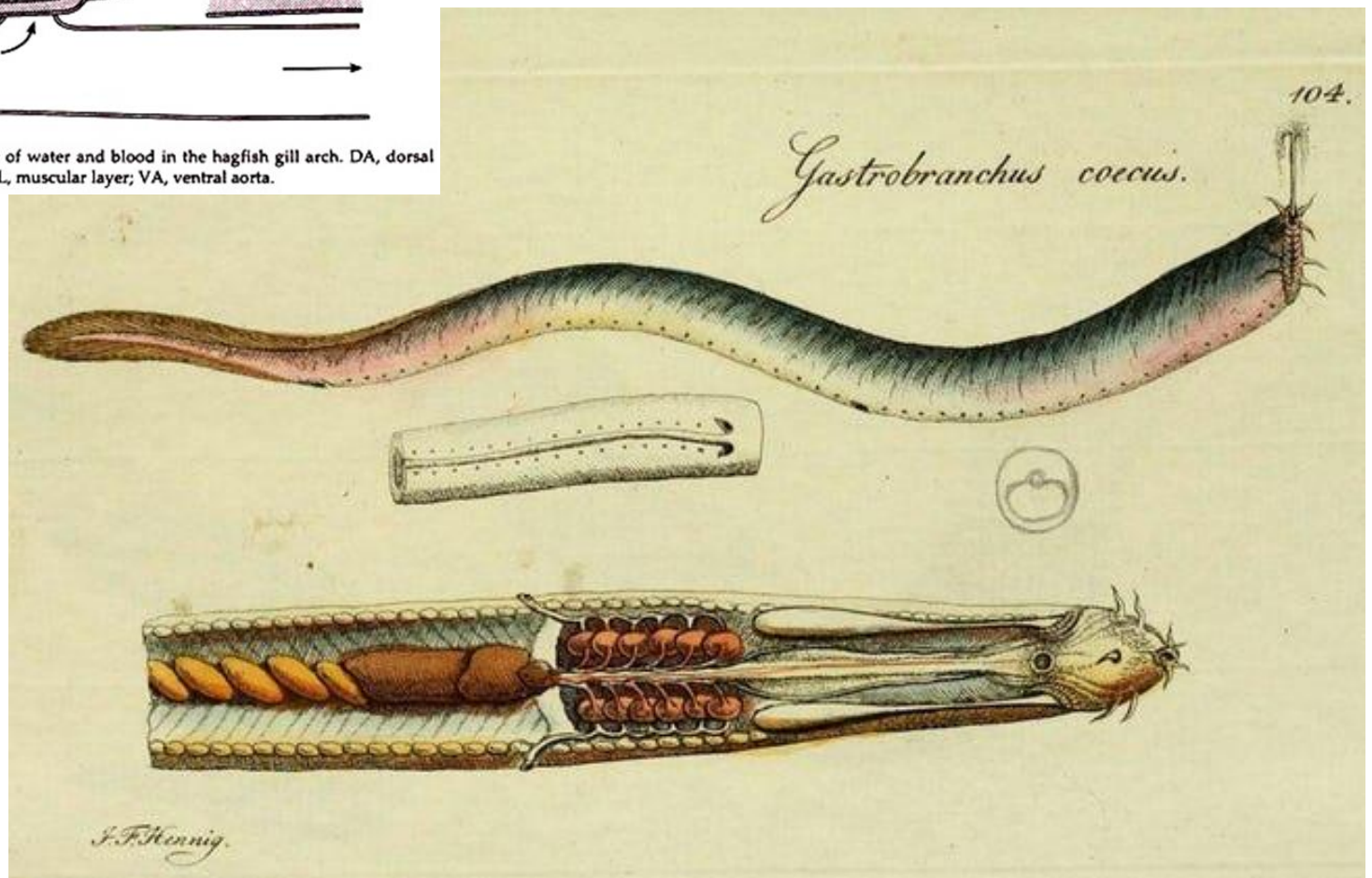


Fig. 2.3 : Counter current flow of water and blood in the hagfish gill arch. DA, dorsal aorta; GE, gill exit; ML, muscular layer; VA, ventral aorta.





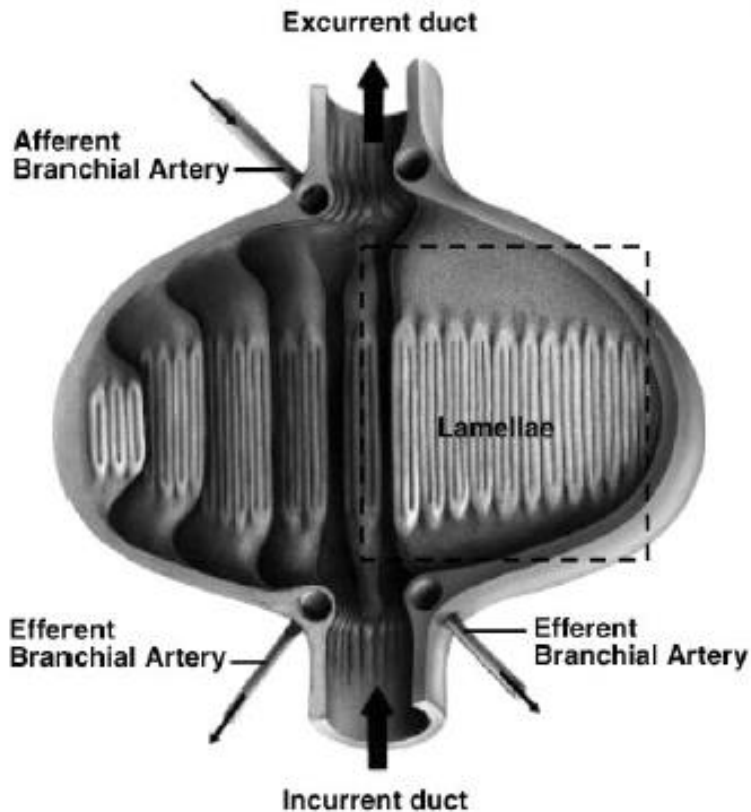
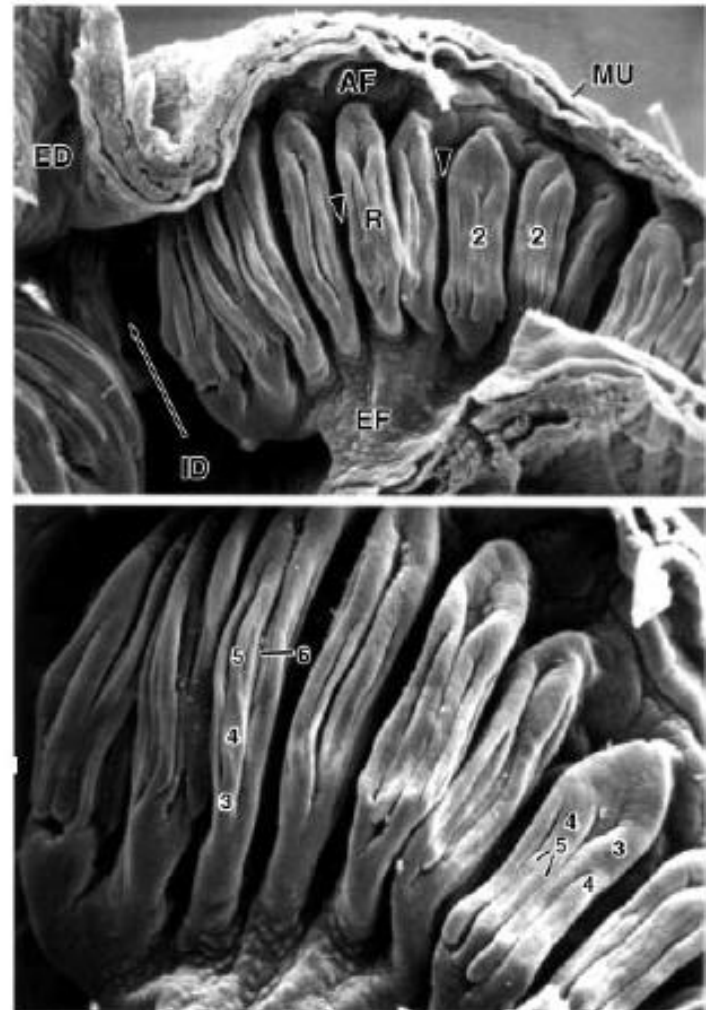
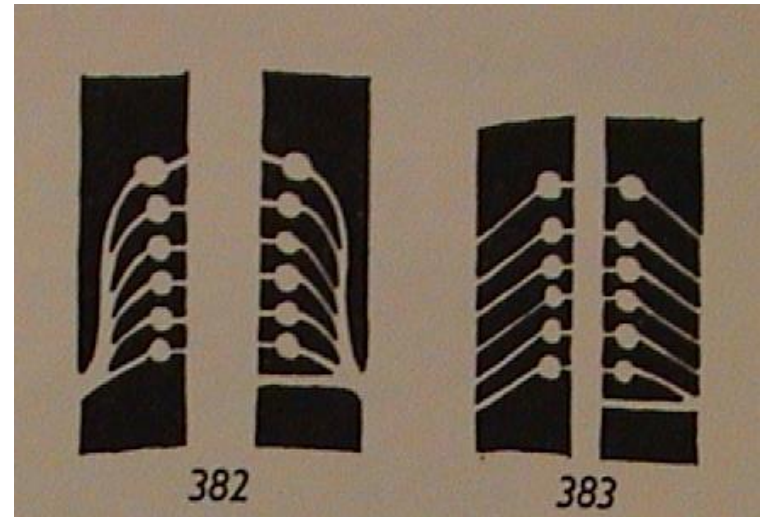
**A****B**

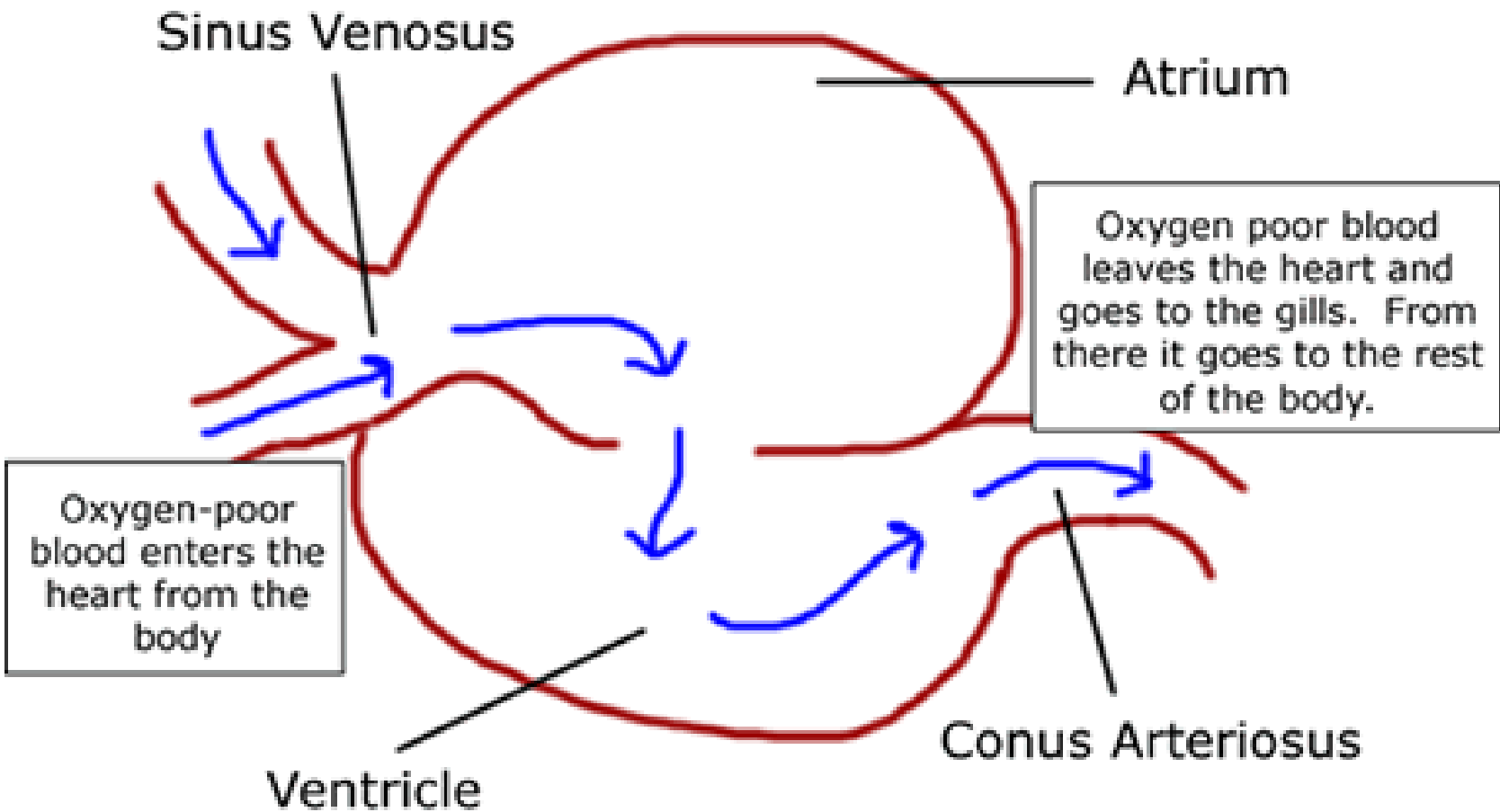
FIG. 3. Anatomy of hagfish gills. *A*: schematic of a longitudinal cut through a gill pouch from the Atlantic hagfish, with a lateral perspective of a primary gill fold (filament) and its lamellae (boxed area). Note radial arrangement of additional filaments around the pouch. Large arrows indicate direction of water flow; small arrows indicate direction of blood flow. [Modified from Elger (169).] *B*: scanning electron micrographs of a gill filament from the Pacific hagfish, comparable to boxed area in *A*. Top micrograph ( $\times 30$ ) shows an overview of a filament, with afferent (AF) and efferent (EF) regions, and respiratory lamellae (R) with second-order folds (2). MU indicates muscular layer around the pouch. Arrow indicates flow of water through pouch from incurent duct (ID) to excurrent duct (ED); arrowheads indicate flow of blood across filament. Bottom panel ( $\times 70$ ) reveals higher order folds of the lamellae, i.e., third- (3), fourth- (4), fifth- (5), and sixth-order (6) folds. [Modified from Mallatt and Paulsen (432).]



Myxinidae – 2rody, 23 druhů – 1 vnější  
žaberní otvor

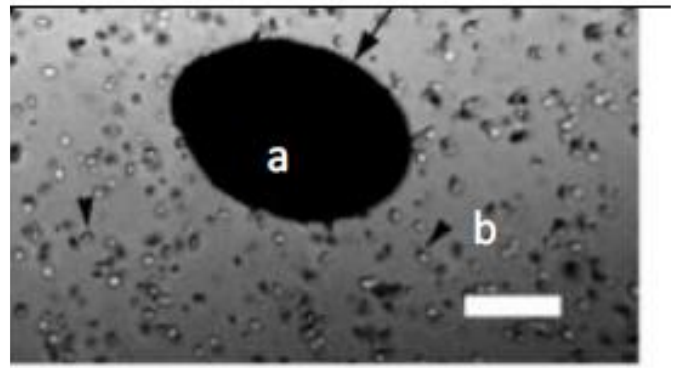
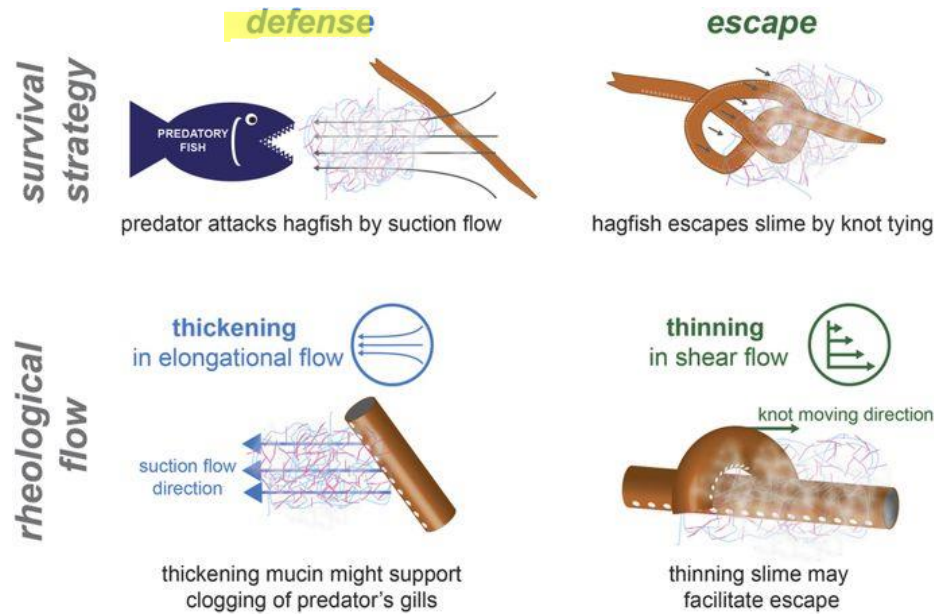
Myxine

Eptatretidae – 2 rody, 35 druhů, více otvorů  
Eptatretus, Paramyxine



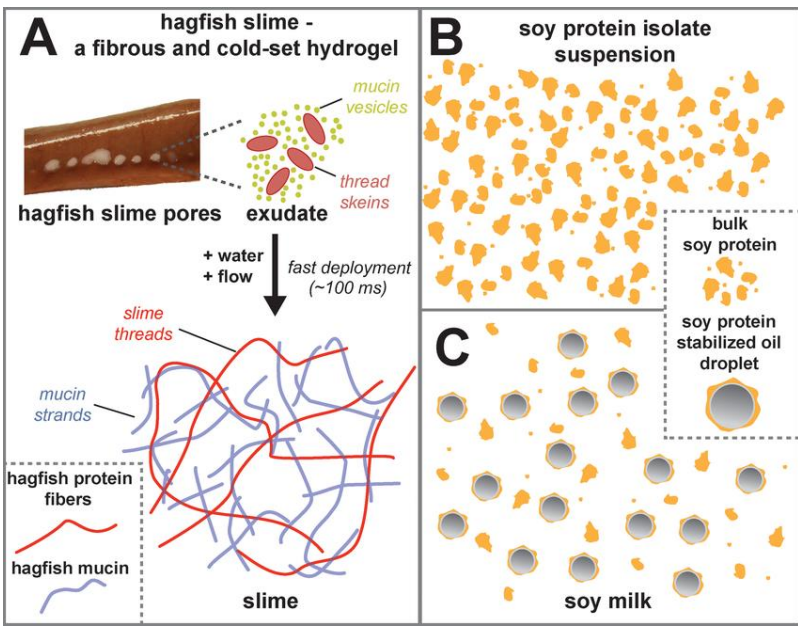
Autonomní srdce, aditivní srdce  
v ocasní části,  
erythrocyty, unikátní granulocyty

# Unikátní kožní kolagen (proteiny serin, treonin)



a) proteinová vřeténka a b) mucinové měchýřky ve vodě praskají a vytvářejí vrstvu slizu

Dokonalá obrana – zalepení žaber čelistnatců.



<http://jeb.biologists.org/content/217/13/2288>

[http://www.youtube.com/watch?v=tKTRv3hx1s0&list=PLE0B26B1CCB3FC9FE&index=7&feature=plpp\\_video](http://www.youtube.com/watch?v=tKTRv3hx1s0&list=PLE0B26B1CCB3FC9FE&index=7&feature=plpp_video)

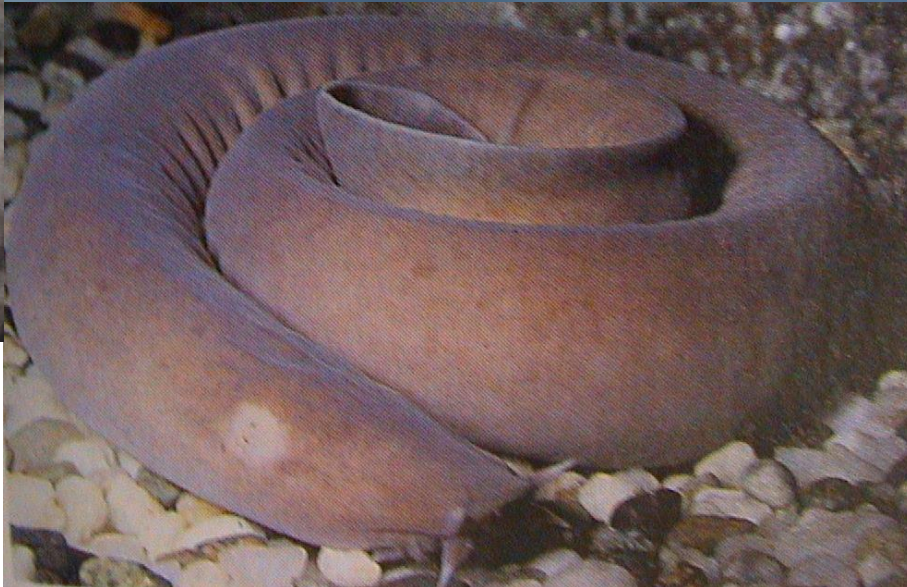
<https://www.youtube.com/watch?v=Bb2EOP3ohnE&index=3&list=PLE0B26B1CCB3FC9FE>

[https://www.youtube.com/watch?v=\\_8FVpj0p-iU](https://www.youtube.com/watch?v=_8FVpj0p-iU)

<https://phys.org/news/2017-12-loose-skin-slack-volume-hagfish.html>

Myxinoidea - sliznatky

Myxine



*Myxine mcmillanae*  
hlubokomořská  
Karibik



*Myxine glutinosa*



© C. Ortlepp

Polylecitální vajíčka, rohovité obaly se tvoří již v ovariu

Gonáda nemá vývod

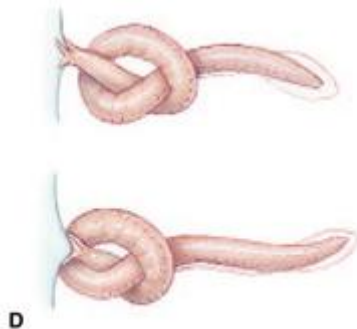
Gamety se uvolňují do coelomu a pak do kloaky

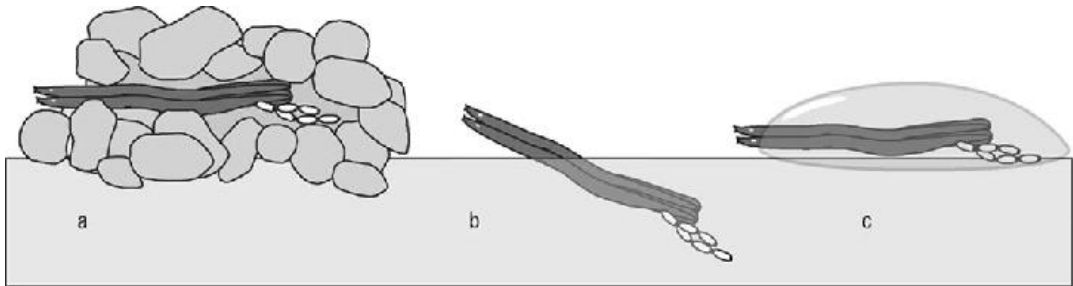
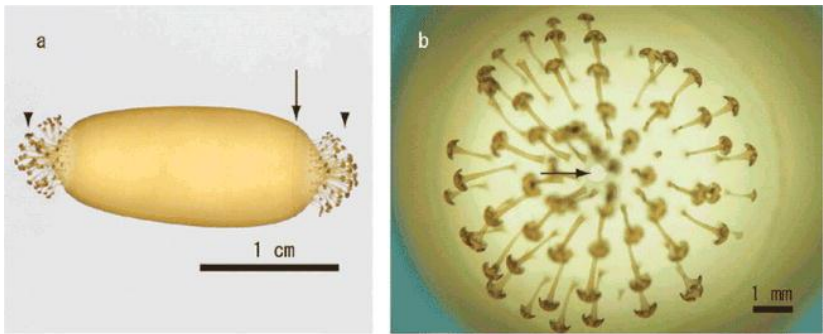
Samic je v populaci a si 100x víc než samců

Přímý vývoj

Intenzivní lov, místy hojné tisíce ks/km<sup>2</sup>

Koloniální, šelf, „krtina“=1 jedinec



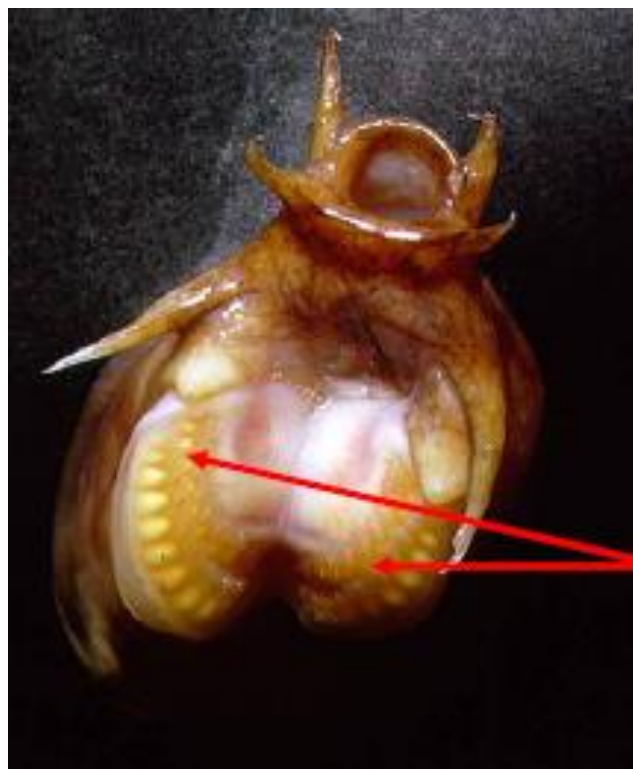


Hypothetical places for hagfish egg deposition. It has been speculated that hagfishes deposit their eggs either a) in the spaces between rocks, b) under the sand, or c) in a mass of their own slime.





Bdellostoma (80 cm)  
potravou jsou poraněné a mrtvé ryby,  
členovci, měkkýši



Odontoidy jen na dvojlaločném  
jazyku, funguje jako  
čelisti – prolezou skřelemi ryb  
nebo se provrtají přes  
tělní stěnu a vyžírají vnitřnosti

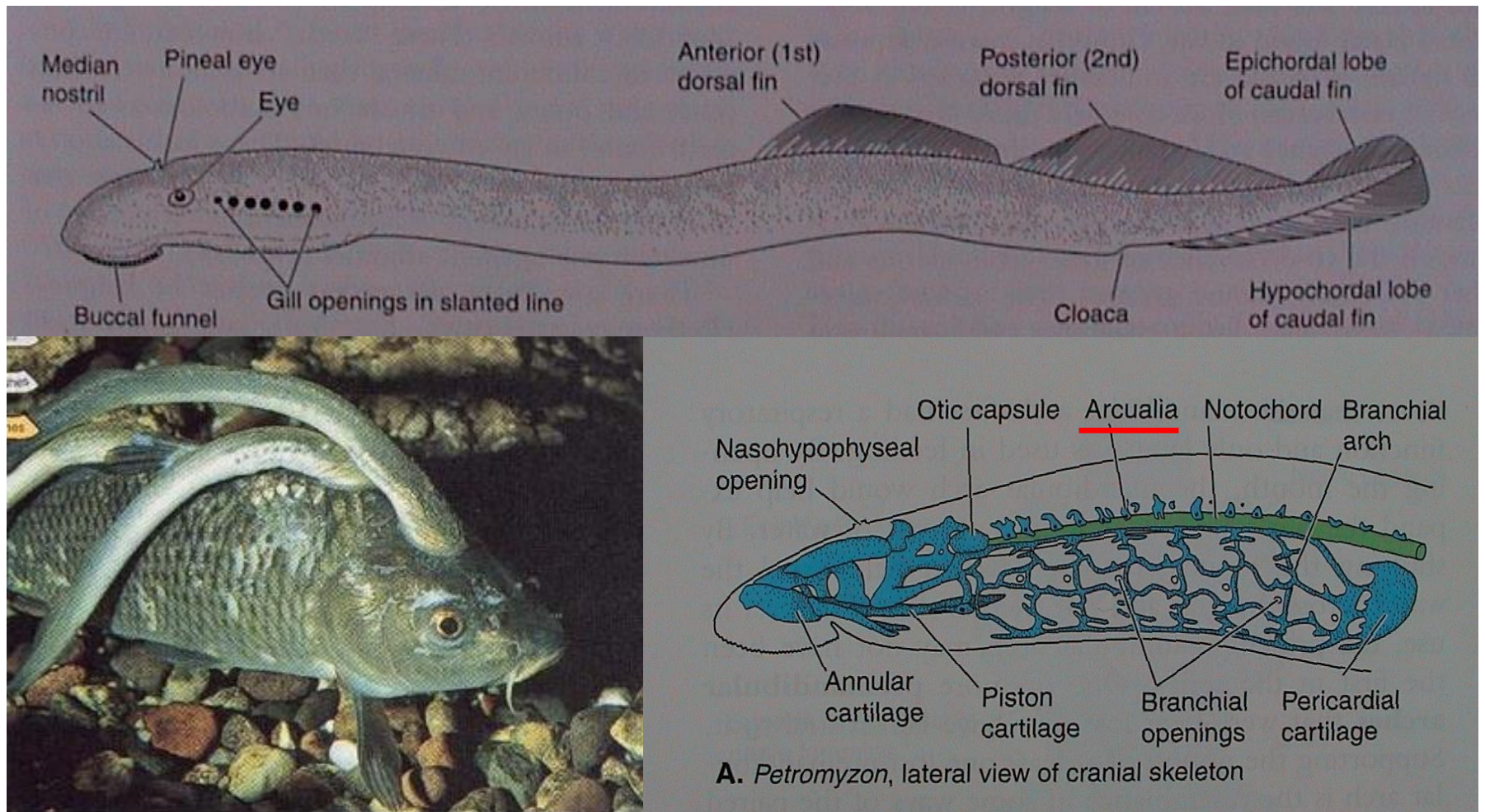
# Petromyzontida - mihule

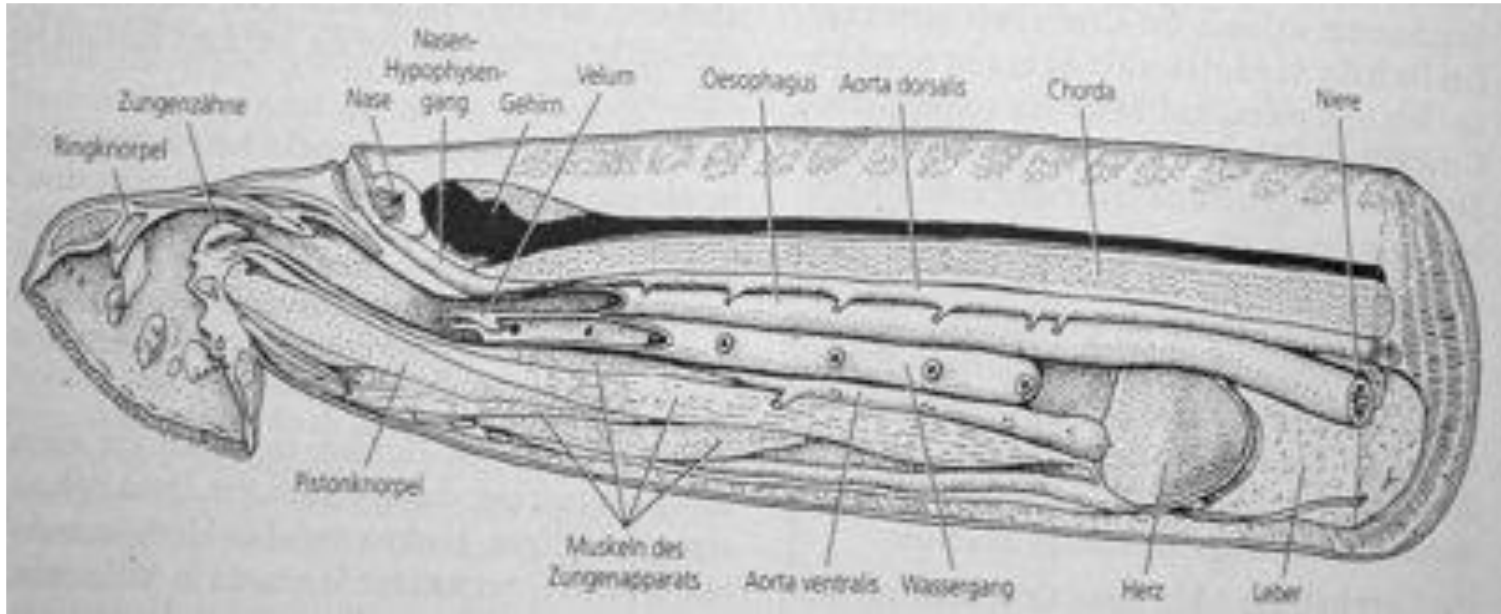


Druhotně bez exoskeletu a párových přívěsků, jen chrupavčitý endoskelet, arcualia, mohutné chorda, bez horizontálního septa

Přísavný ústní terč s odontoidy, pololebka, 9 párů žab. oblouků se 7 otvory,

nepárový čichový ústroj druhotně splynutím, dorzální a ventrální kořeny alternují, 41 druhů – 9 anadromních a 32 permanentně sladkovodních





Adult – přísavný terč s pístovitým jazykem a mohutné retraktory  
 Podobné jako u Gnathostomata

Homologony čelistí:

Oporné struktury jazyka  
 Apomorfie - mukochrupavky

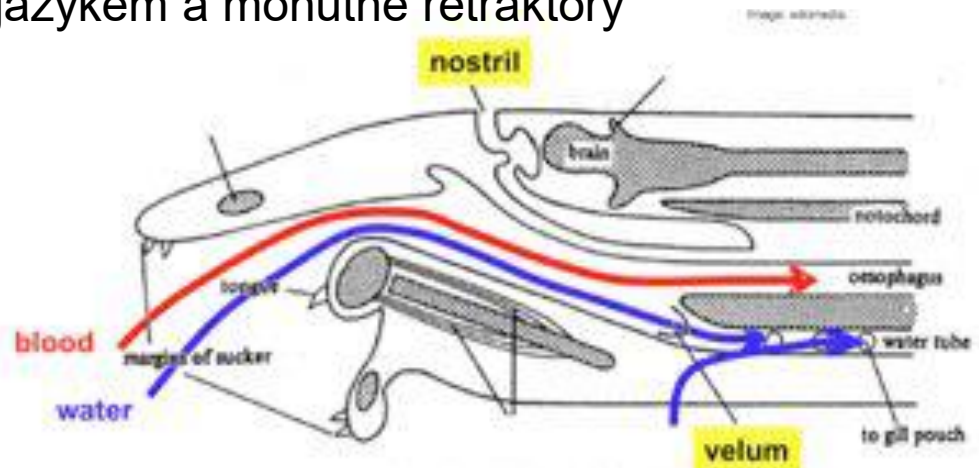
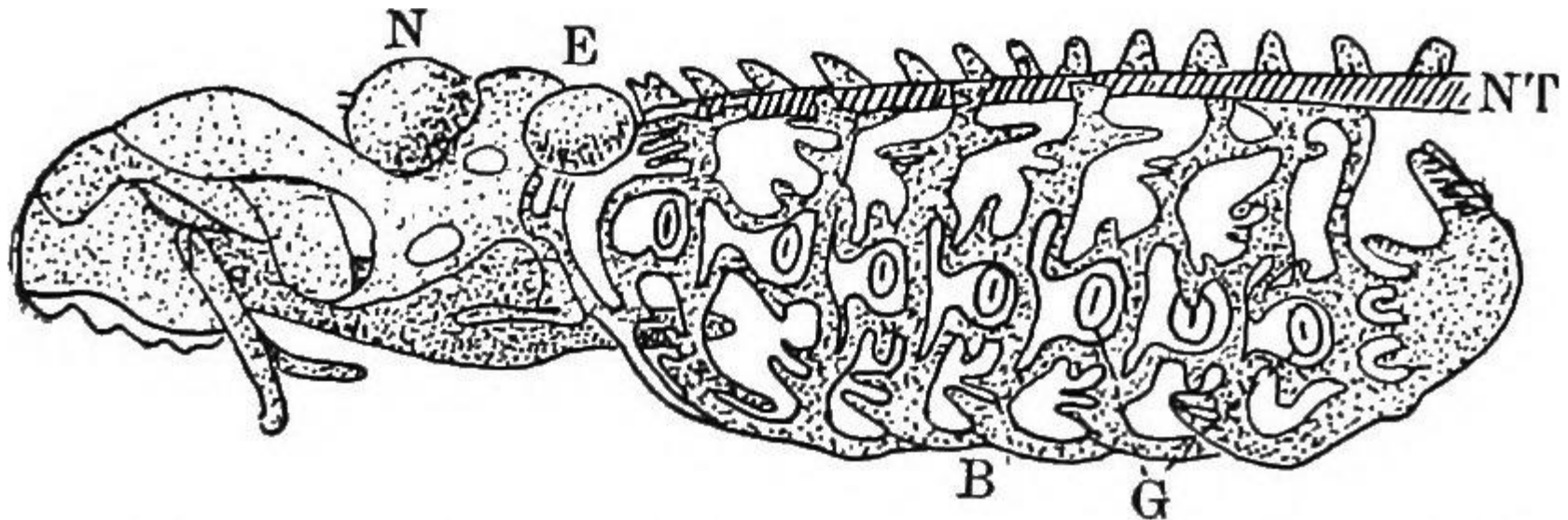


Fig. 3-5. A diagrammatic median section of the head of an adult lamprey.  
 Modified from Alexander, R.M. 1975. The chondrites. Cambridge University Press, Cambridge

lebka=paleocranium (pololebka)

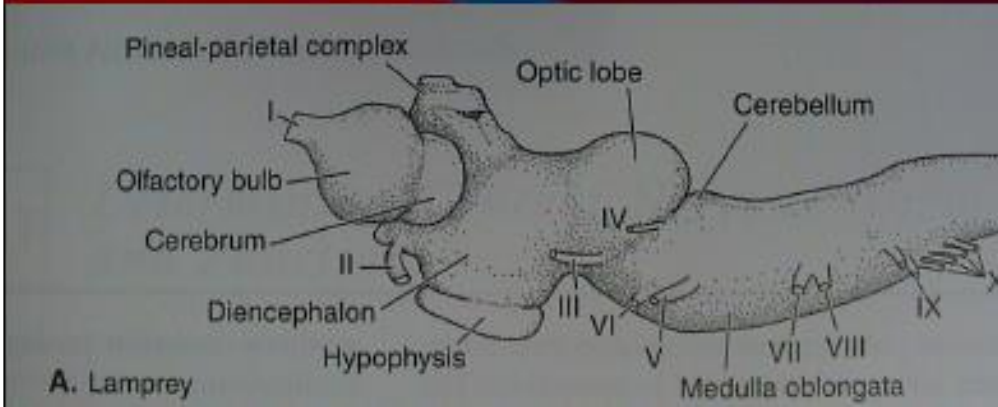
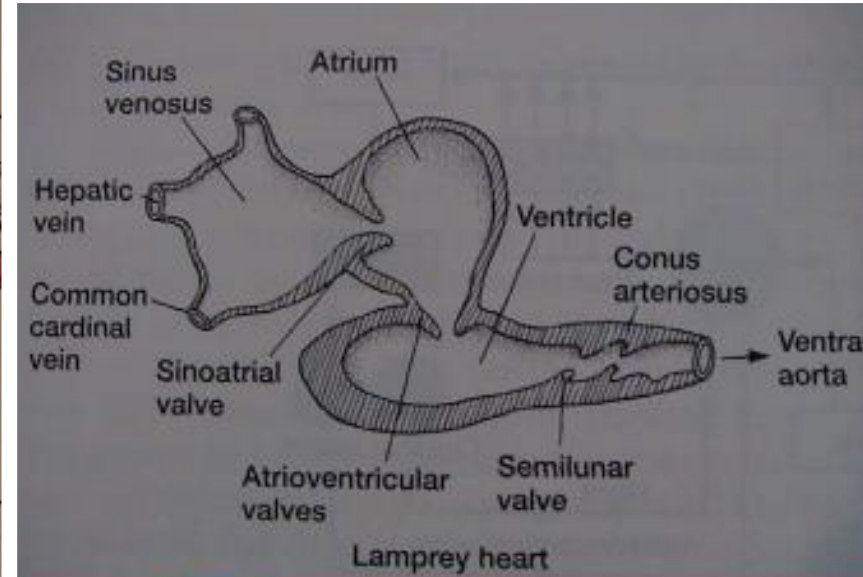
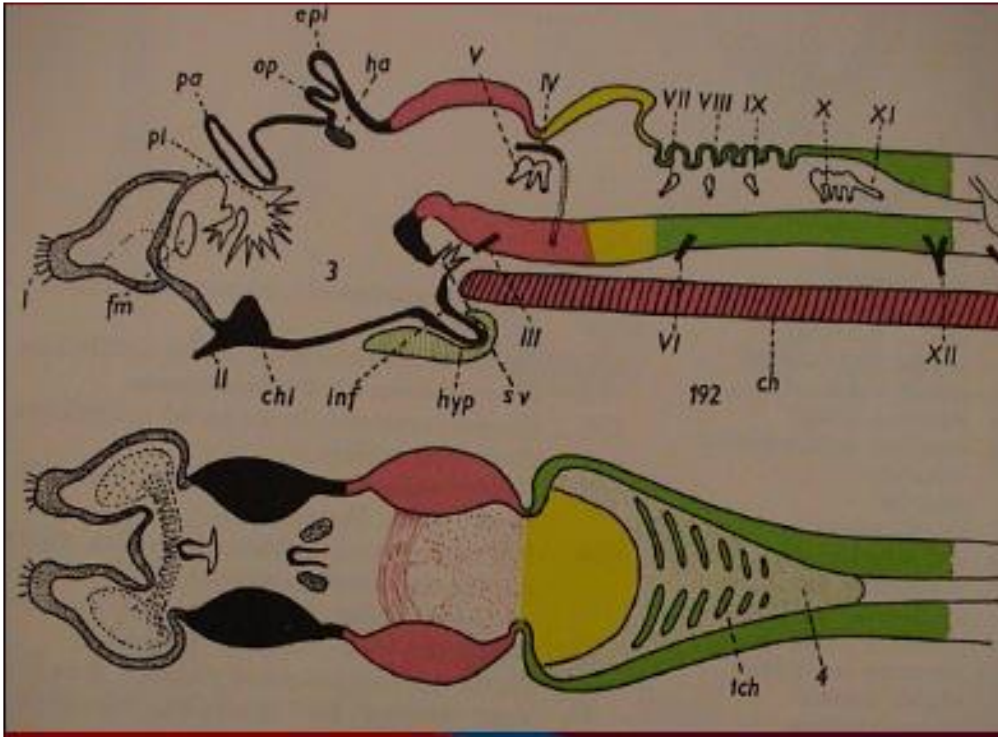
**branchialní skelet:** 9 svislých nepravidelných oblouků(1.a2.před 1.štěrbinou), vzájemně propojená – poslední navazuje na perikard

- není homologický s branchiálním skeletem Gnathostomata vně žaberního aparátu, více typů chrupavky



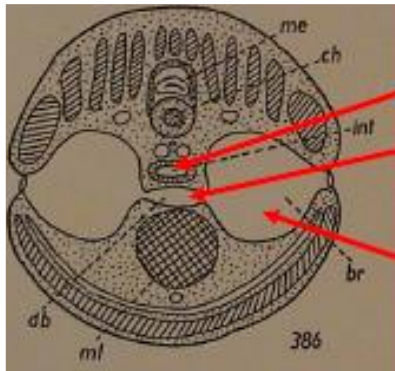
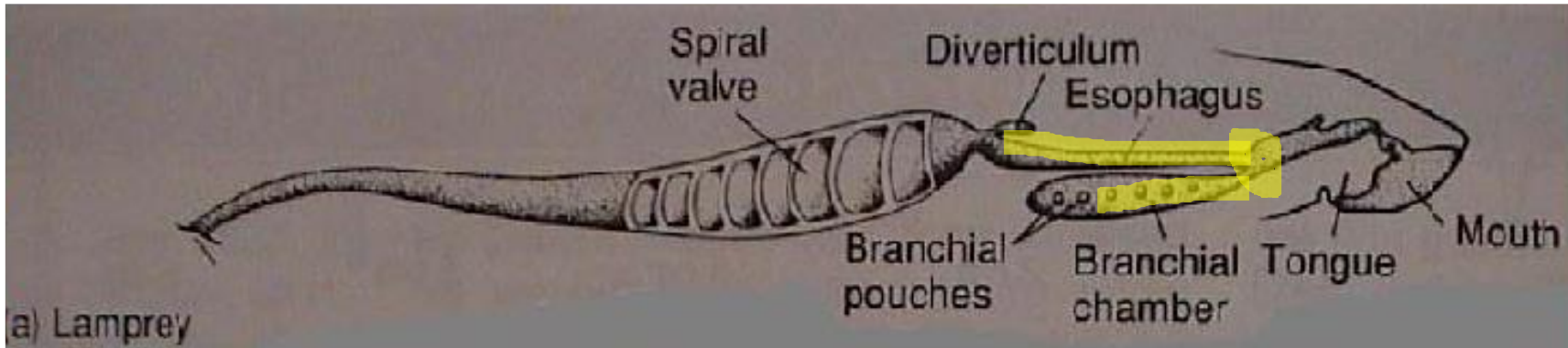
**Pětidílný mozek**, u minoh 3dílný – telencephalon, diencephalon, tegmentum, velký diencephalon - hypothalamus

**žilné srdce** – sinus venosus, atrium, ventriculus, conus arteriosus (srdečný násadec) a jen pravý ductus Cuvieri, více druhů hemoglobinu a granulocytů



A. Lamprey

**U mihulí je dýchací část hltanu se 7 páry vnitřních žaberních skulin oddělena od trávicí části, u minoh jsou trávicí i dýchací cest v hltanu společné, žalubek chybí, střevo – spirální řasa**



trávicí část hltanu  
dýchací část hltanu

**žaberní váček**

**Mesonefros**, párová Wolfova chodba,  
urogenitální sinus

stavba žaber více jako u paryb než u  
sliznatek

Gonády nepárové, vajíčka oligoleciální

## A) Parasitické druhy:

kata- i anadromní (*Petromyzon*, *Lampetra fluviatilis*, *Geotria*) i trvale sladkovodní (*Eudontomyzon danfordi*, *E.mariae*), některé mrchožravé (*Caspiomyzon*), velké – parazitický život (18-30 měsíců)

## B) Neparazitické druhy:

po metamorfoze nepřijímají potravu, menší než larva, nemigrují, žijí 6 měs. (*Lampetra planeri*, *Eudontomyzon gracilis*, *E.vladykovi*, aj.)

**Petromyzontidae (NAm, EuAs:** *Petromyzon marinus* - m.mořská

**Lampetridae:** *Lampetra fluviatilis* - m.říční

*L. planeri* - m. potoční,

*Eudontomyzon danfordi* – m.karpatská,

*E.mariae* - m.ukrajinská

**Geotridae (Au, NZ, 4 druhy) - mihulicovití**

**Mordaciidae (Sam, Au 3 druhy) - mihulkovití**





## ***Petromyzon marinus* – mihule mořská**

Minoha-filtrace detritu, po několika letech hematofágní a migrace do moře

Predace-přisávají se ozubeným ústním terčem a jazykem narušují kůži ryb a nasávají kaši ze svalů s krví

## **Ekologická katastrofa**

Ontario (1835), kanál Ontario Erie 1919

1921 Erie, 1936 Michigan, 1937 Huron, 1946 Horní,  
nyní ve všech jezerech; Extinkce 3 druhů lososovitých  
ryb, dříve výlov 3000 tun/rok, nyní 5-10 t



# Životní cyklus

tření – jaro, štěrky, 16°C

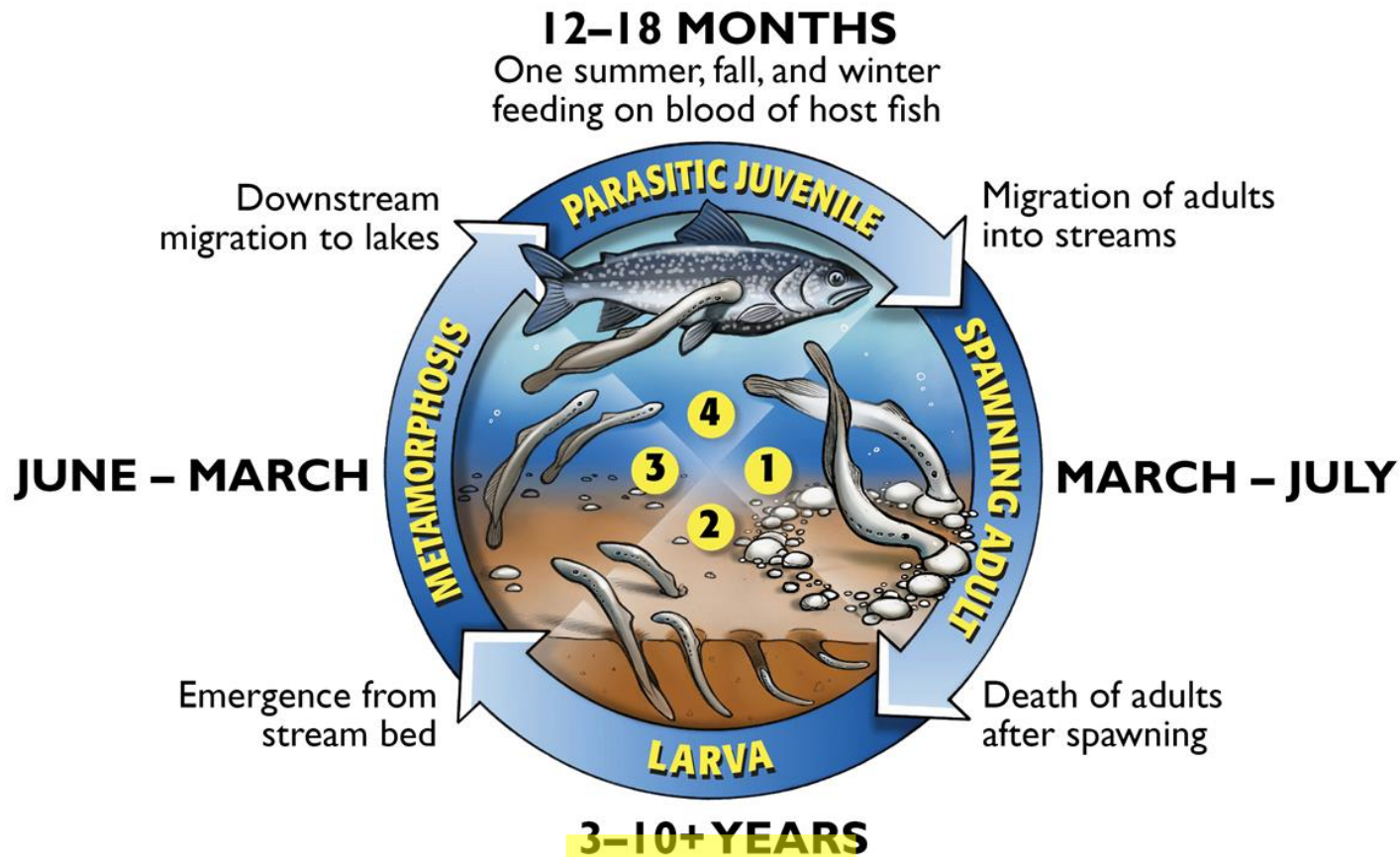
monogamní teritoriální *Petromyzon*

koloniální *Lampetra*

velké druhy stovky tis. vajíček

malé tisíce

po spáření úhyn





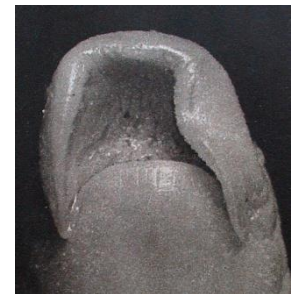
*Lampetra planeri*

Konrad P. Schmidt



vnější oplození  
po tření hynou  
nepřímý vývoj  
– larva minoha

minoha



Adulti zahrabávají jirky do písku, za 14 dní se líhnou 5-7 mm velké minohy (minoha, "*Ammocoetes branchialis* (Linne), endostyl, hltan nerozdělen, velum jako filtr.orgán, oči nevyvinuty, mikrofágní, vývoj 1-10 (3-6) let, metamorfóza koncem léta trvá 4-5 týdnů: zkrácení těla, ústní terč, pigmentace, ploutve, zuby a oči

Larva mihule: horní ret s filtračními ciry, kruhové velum, nerozdělený jícen, hltan se šterbinami, endostyl – po metamorfóze do párové thyreoidy, mozek nedifer. – oční skvrna bez dif.jednotlivých struktur, základy otického vaku, po vykulení – jednovrstevná pokožka



## Myxinoidea

sliznatky

## Petromyzontida

mihule

## Gnathostomata

čelistnatci

- **jen chorda**
- metamerní slizové žlázy
- **1 polokružná chodba**
- nasohypofyzární chodba
- dorzální a ventrální kořeny
- spojení v míšní nerv
- **osmokonformita**

- **jen základy neurálních oblouků obratlů**
- jen slizové buňky
- **2 polokružné chodby**
- nasohypofyzární vak
- kořeny se nespojují
- **osmoregulace**

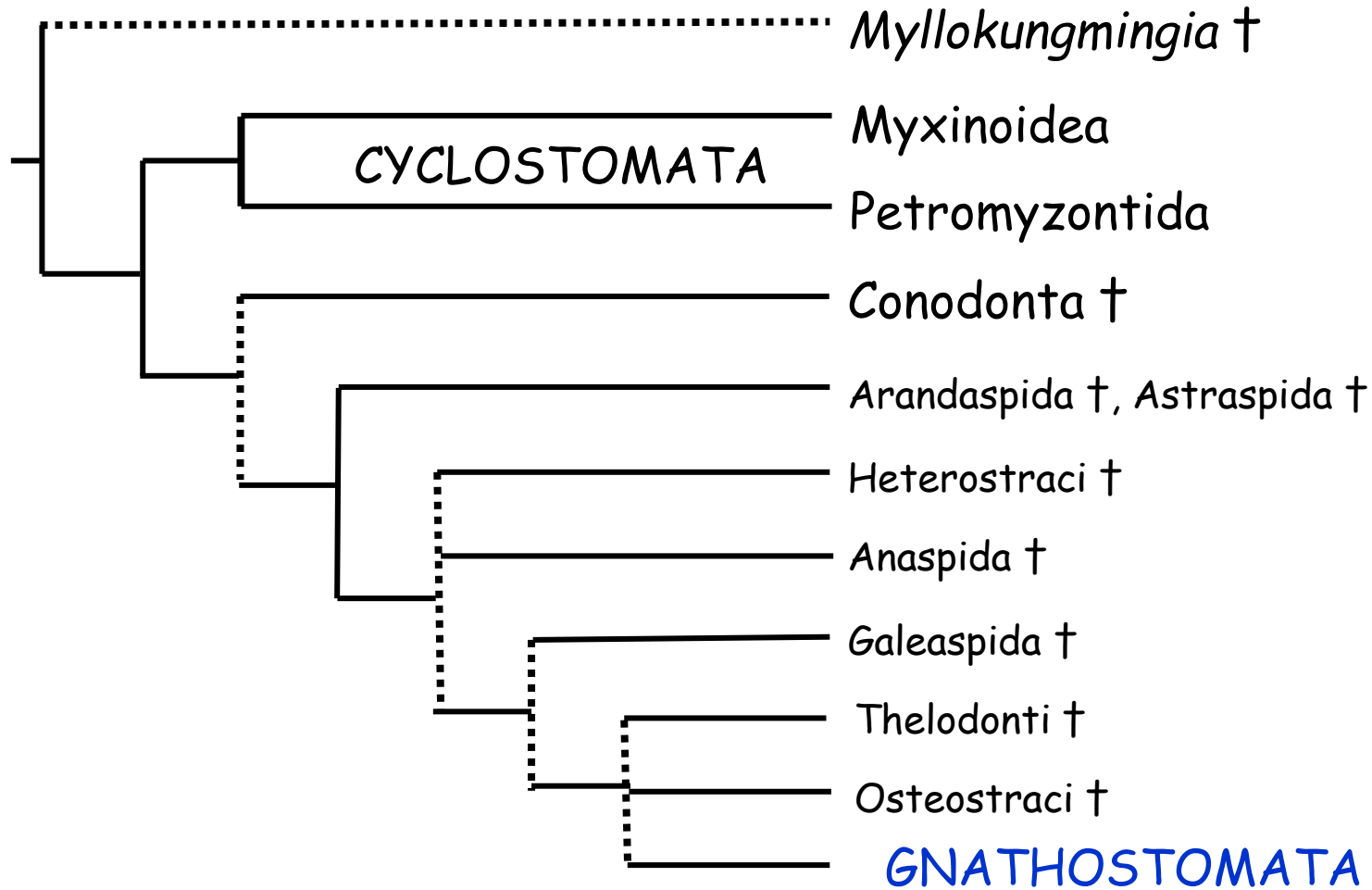
- **obratle**
- slizové buňky, kožní žlázy
- **3 polokružné chodby**
- dorzální a ventrální kořeny
- spojení v míšní nerv
- **osmoregulace**



- jen chrupavka, není kost
- 7-9 žaberních oblouků
- nepárový ploutevní lem
- nepárová nozdra
- žábry ve váčcích - entoderm
- nepárová gonáda bez vývodů
- odontoidy v ústech – sání
- složitý jazyk

- chrupavka a celulární kost
- čelisti
- párové končetiny
- párové nozdry
- žábry na přepážkách (obloucích)
- plíce
- párové gonády

# VERTEBRATA

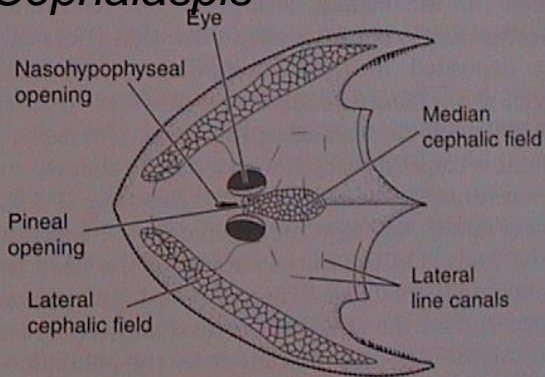


“Agnatha”

## Osteostraci – štítohlaví, silur – devon

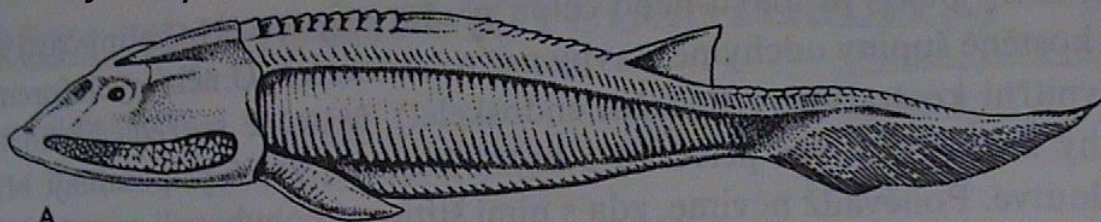
široký hlavový štít, na trupu destičky z dentinu, na povrchu něco jako sklovina  
perichondriální osifikace, preadaptace ke zvětšování těla, sladkovodní,  
oči nahoře na hlavě, shora na hlavě 3 políčka ze štítků chránících kanálky (hlavové nervy, postranní čára, elektrorecepce?), na dně hltanu destičky – pohyblivost, drcení potravy

### Cephalaspis

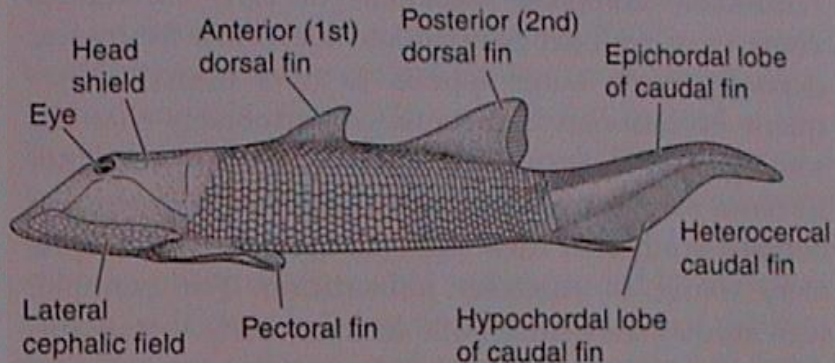


H. †*Cephalaspis*

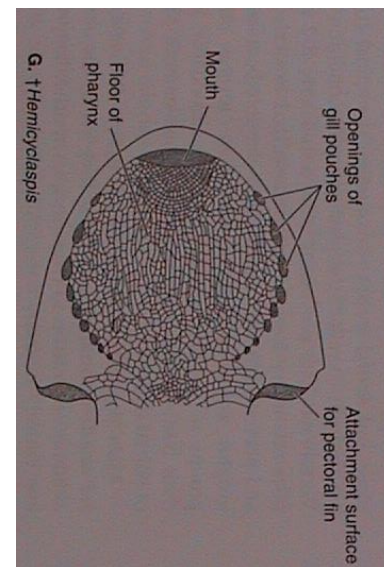
### Hemicyclaspis



A



F. †*Ateleaspis*



G. †*Hemicyclaspis*

## Perichondriální osifikace

Do chrupavky **vápenaté soli**, buňky chrupavky odříznuty od kyslíku a živin - smrt. Pak do ní **krevní vlásečnice**, pórovitá struktura, posléze známá jako kostní dřeň.

V jádru kosti se ustanoví tzv. **primární osifikační jádro**; z něj osteoblasty (ale i osteoklasty s neméně důležitou rolí) šíří do všech částí budoucí kosti.

Postupně až do růstových plotének, kde neustále vzniká nová chrupavka, odstupuje do stran, mineralizuje a po osídlení kostními buňkami se mění v **regulérní**

