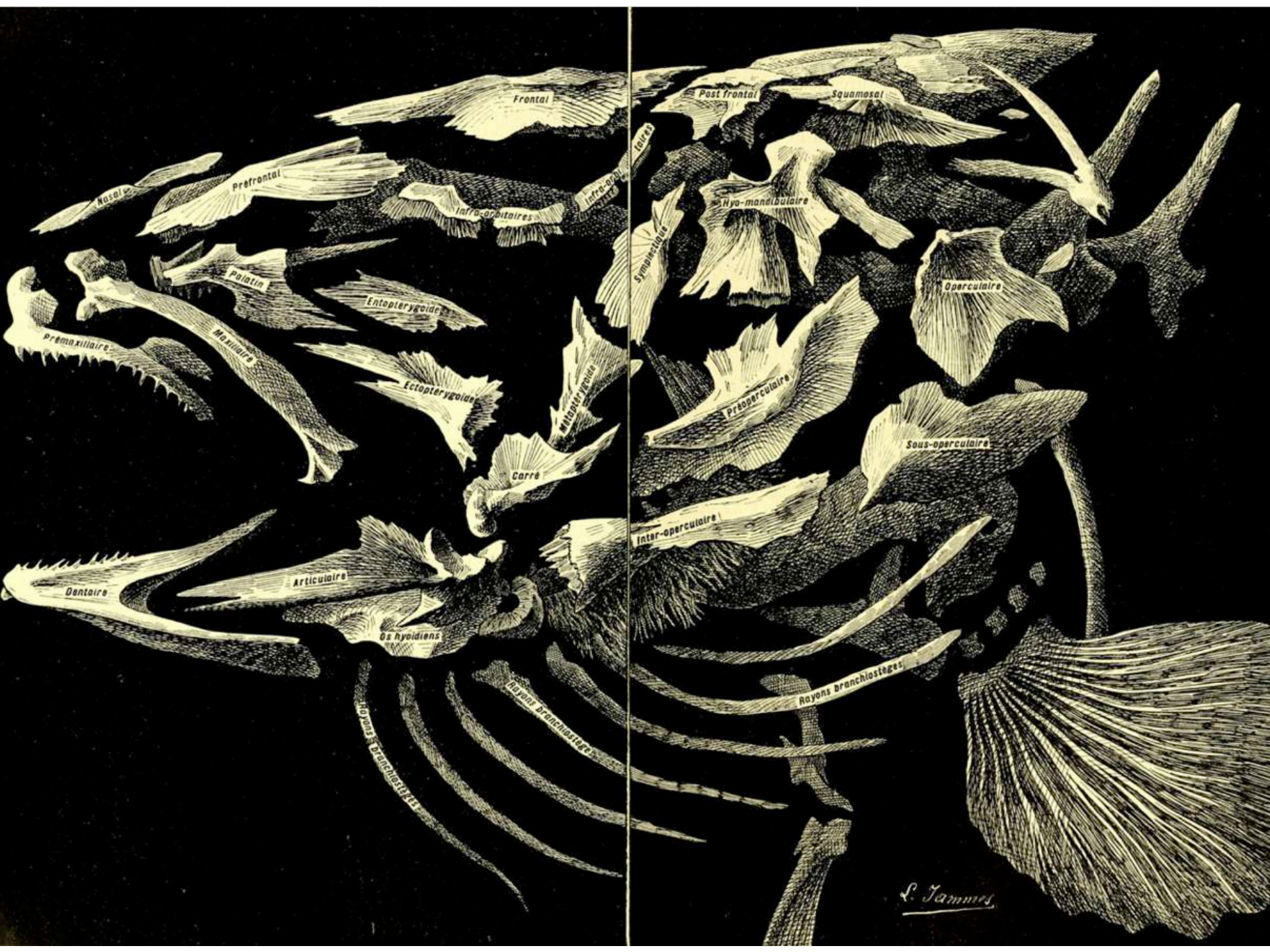


Morfologie živočichů

MB170P46

Od *povrchů* k *opěrné soustavě a skeletu*:
hlavový skelet a lebka obratlovců





Merry Christmas and Happy New Year!

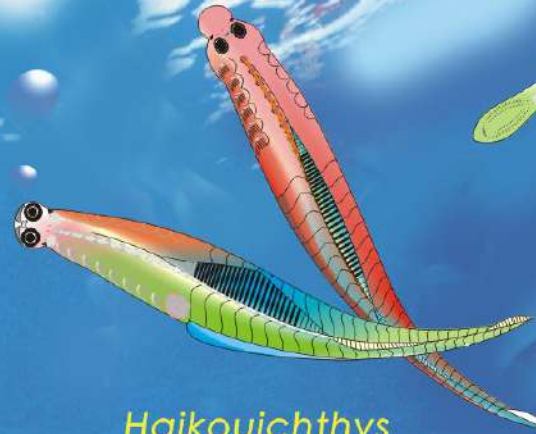
---Greeting from the early Cambrian ancestors of 530 million years ago



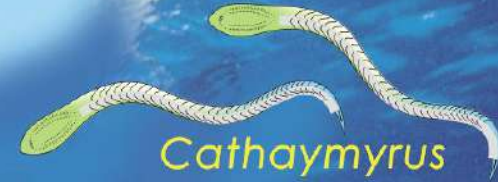
Myllokunmingia



Zhongjianichthys



Haikouichthys



Cathaymyrus



Haikouella



Cheungkongella

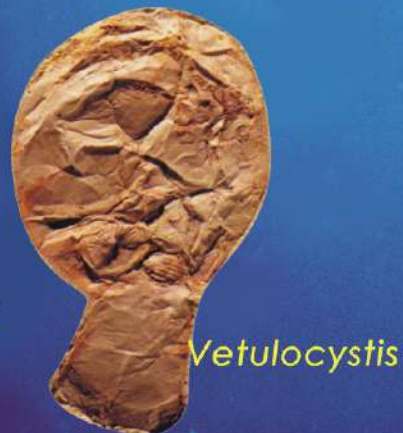


Vetulocystis



Vetulicolians

Kdo je náš bližní, **obratlovec**?
Co je na nás unikátního?
Co umožnilo naši evoluci a diverzifikaci?



Tendence k *hlavovitosti*:

komplexní hlava (a lebka) patří k unikátním znakům nás obratlovců

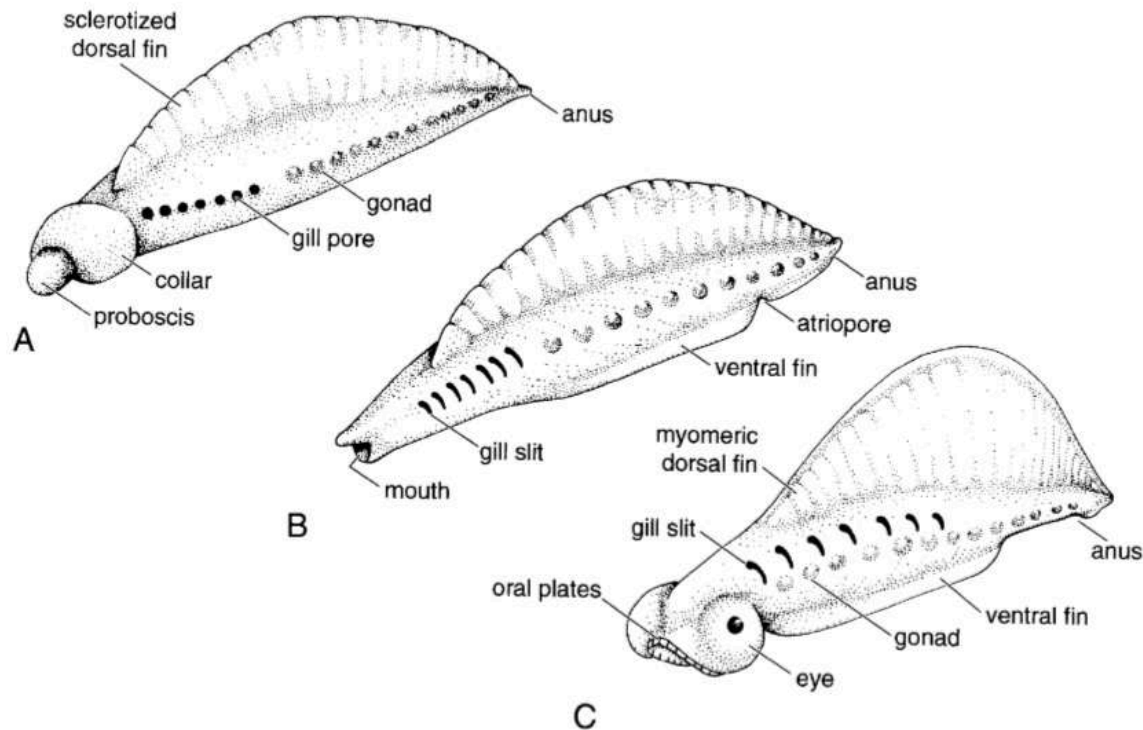


Fig. 4. *Yunnanozoon*, a Lower Cambrian fossil from the Chengjiang Lagerstätte has been reconstructed as (A) a hemichordate (Shu et al., '96), (B) as a cephalochordate (Chen et al., '95), and as an early vertebrate (Dzik, '95). More recently, a closely related animal, *Haikouella* (Fig. 5) has been reconstructed as a member of the sister group to craniates (Mallatt and Chen, 2003), whereas Shu et al. (2003a) have described a new species of *Haikouella* and have interpreted it and *Yunnanozoon* as stem deuterostomes, the vetulicolians.

Yunnanozoon jako polostrunatec (žaludovec) vs. kopinatec vs. obratlovec

Vetulicolians

Tendence k *hlavovitosti*:

komplexní hlava (a lebka) patří k unikátním syn–apomorfiiám nás obratlovců



Fig. 4. *Yunnanozoon*, hemichordate (Shu et al., 2003), a closely related animal, *Haikouella* (Chen, 2003), whereas Shu et al. (2003a) have described a new species of *Haikouella* and have interpreted it and *Yunnanozoon* as stem deuterostomes, the vetulicolians.

reconstructed as (A) a (Dzik, '95). More recently, a relationship to craniates (Mallatt and Chen, 2003), whereas Shu et al. (2003a) have described a new species of *Haikouella* and have interpreted it and *Yunnanozoon* as stem deuterostomes, the vetulicolians.

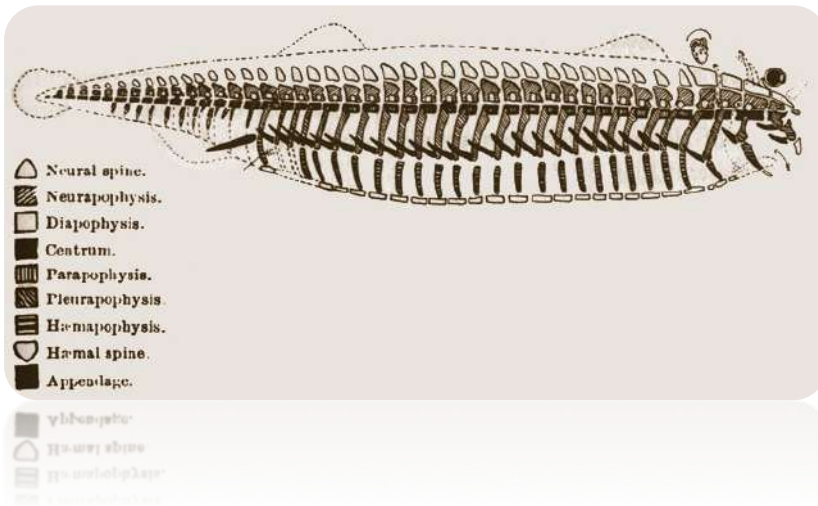
Yunnanozoon jako polostrunatec (žaludovec) vs. kopinatec vs. obratlovec

Vetulicolians

“Das Kopfproblem”

Otázky kompozice hlavy obratlovců a hledání obecných principů hlavového bauplánu představuje odjakživa centrální problém morfologie!

Obratlovec – obratle – ale kolik
(v hlavové části?)



“The question whether the vertebrate head is segmented or not was the origin of morphology itself”

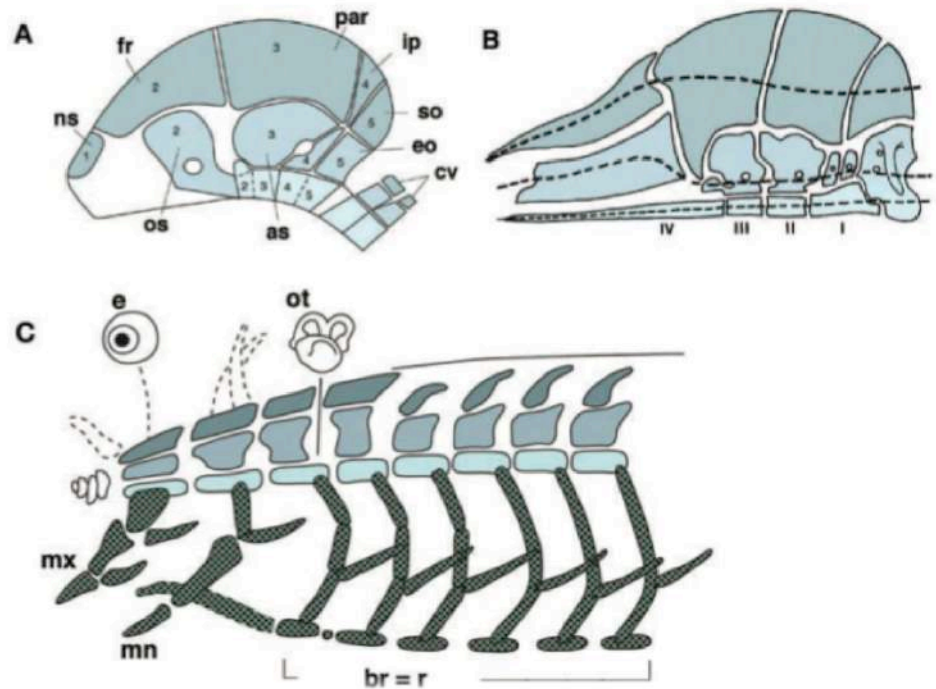
- vzpomeň J. W. Goethe & rozpadlá lebka ssavce na hřbitově v Benátkách!



“Das Kopfproblem”

Otázky kompozice hlavy obratlovců a hledání obecných principů hlavového bauplánu představuje odjakživa centrální problém morfologie!

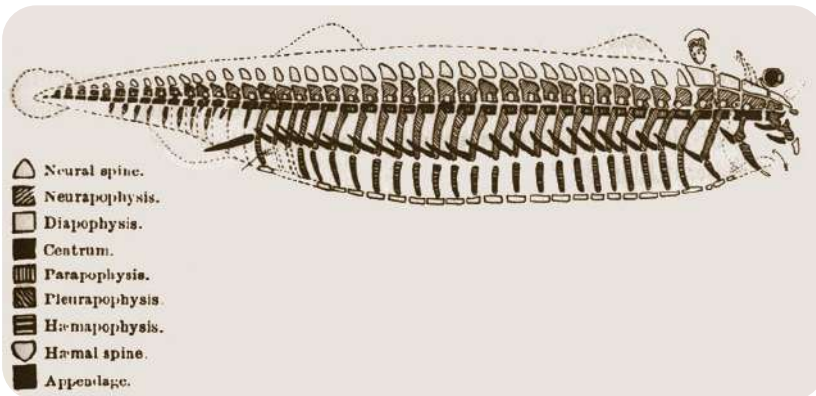
Obratlovec – obratle – ale kolik
(v hlavové části?)



Složené obratle??

Skutečnost je mnohem komplikovanější!

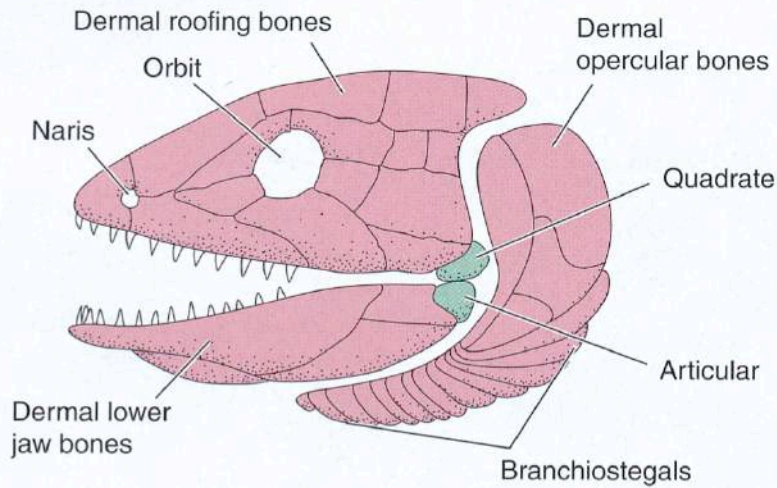
Lebka – unikátní, nejsložitější struktura, vzniká kombinací a vývojovou amalgamací mnoha odlišných zdrojů



“The question whether the vertebrate head is segmented or not was the origin of morphology itself”

- vzpomeň J. W. Goethe & rozpadlá lebka ssavce na hřbitově v Benátkách!

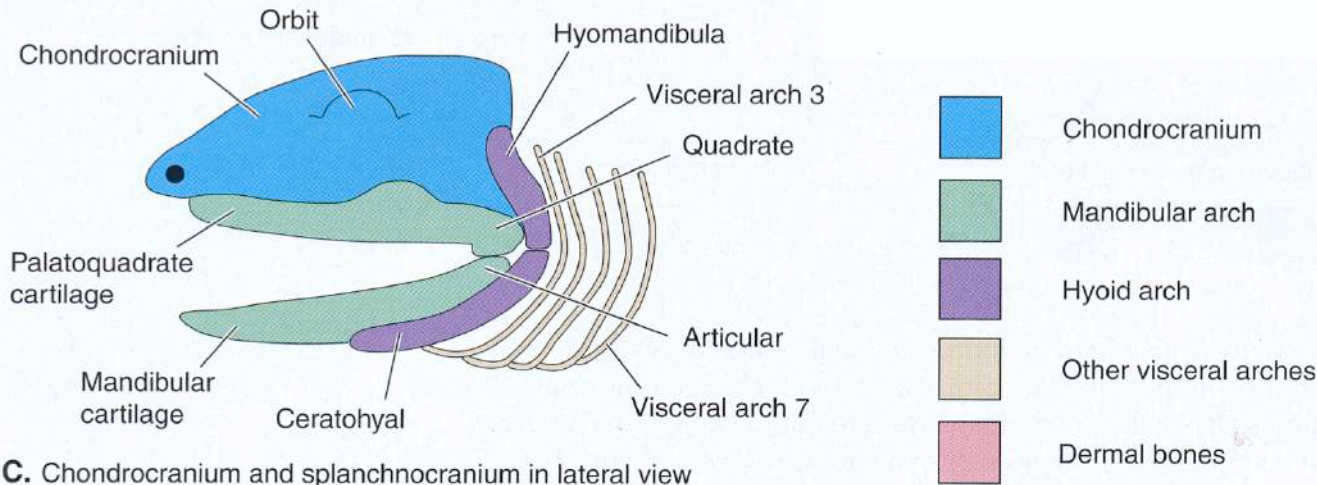
Lebka: hlavový skelet obratlovců



A. Dermatocranium in lateral view

Dermatokranium:
dermis/škára

Chondrokranium:
chrupavka



C. Chondrocranium and splanchnocranium in lateral view

Viscerokranium =
splanchnokranium:
viscerální -
vnitřní

FIGURE 7-4

Diagrams of the components of the cranial skeleton of a generalized early bony fish, loosely based on *Amia*. A, A lateral view to show the dermatocranial bones that cover most of the other components. B, A ventral view of the skull with dermatocranial bones removed from the right side of the drawing to expose other components. C, A lateral view after the removal of the dermatocranium, leaving the chondrocranium and splanchnocranium.

Od *povrchů* k *opěrné soustavě a skeletu*: hlavový skelet a lebka obratlovců

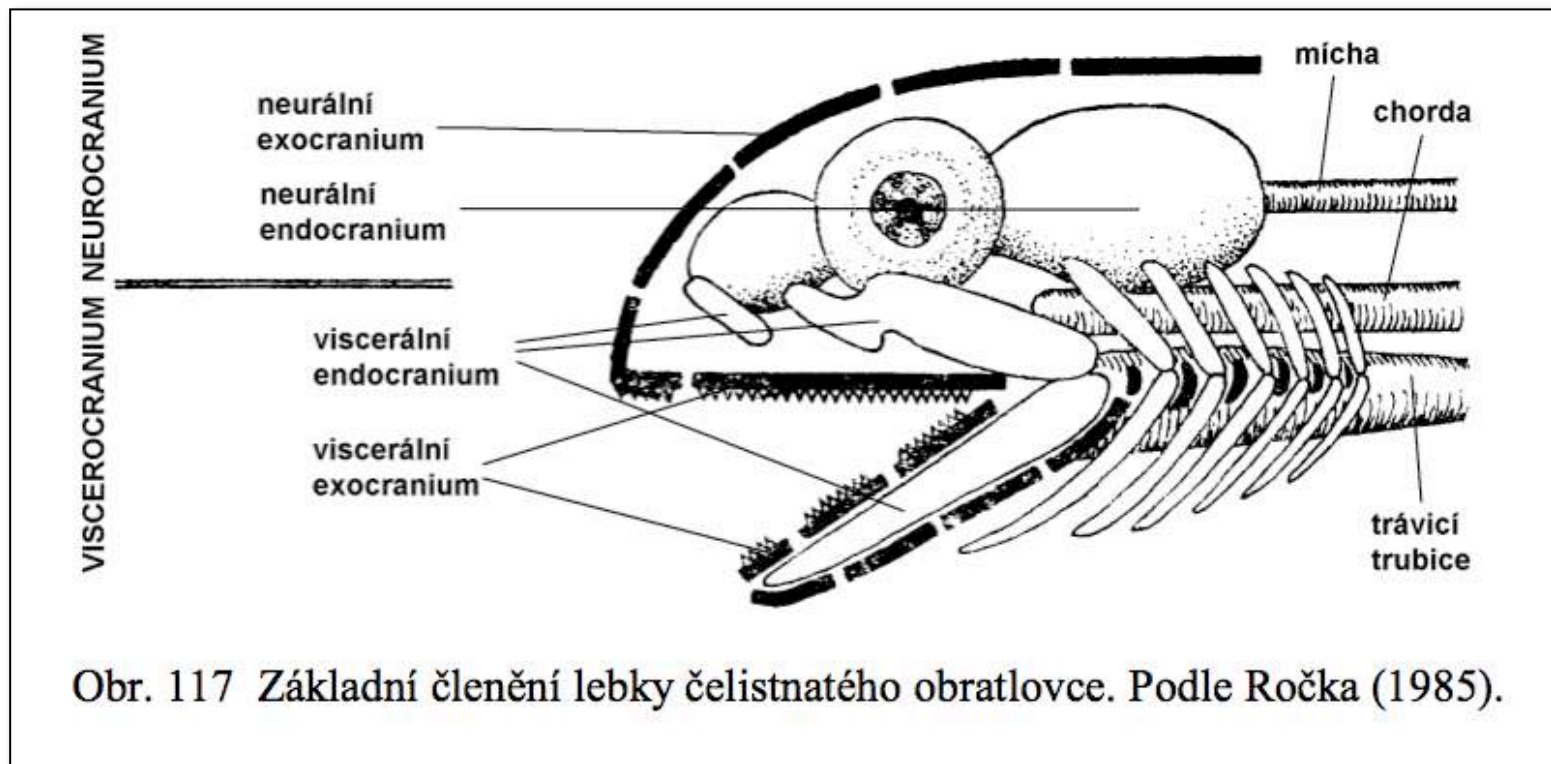
Exoskeleton

vzniká *endesmální osifikací* (dermis)

vs.

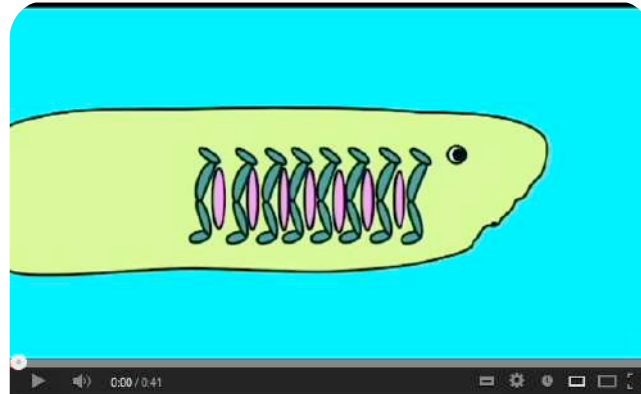
Endoskeleton

vzniká *enchondrální osifikací* (chrupavka)



Obr. 117 Základní členění lebky čelistnatého obratlovce. Podle Ročka (1985).

Evoluční modifikace lebky obratlovců



PL1_FOSSIL BONY FISH_OSTEICHTHYAN SKULL

PL1_FOSSIL BONY FISH_OSTEICHTHYAN SKULL

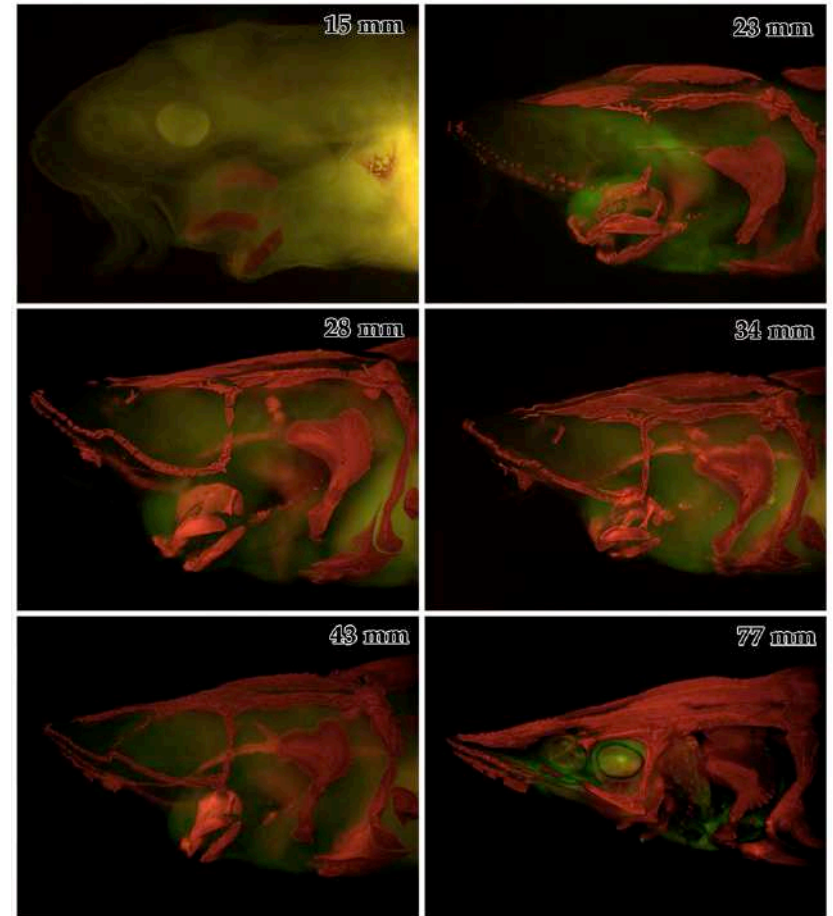
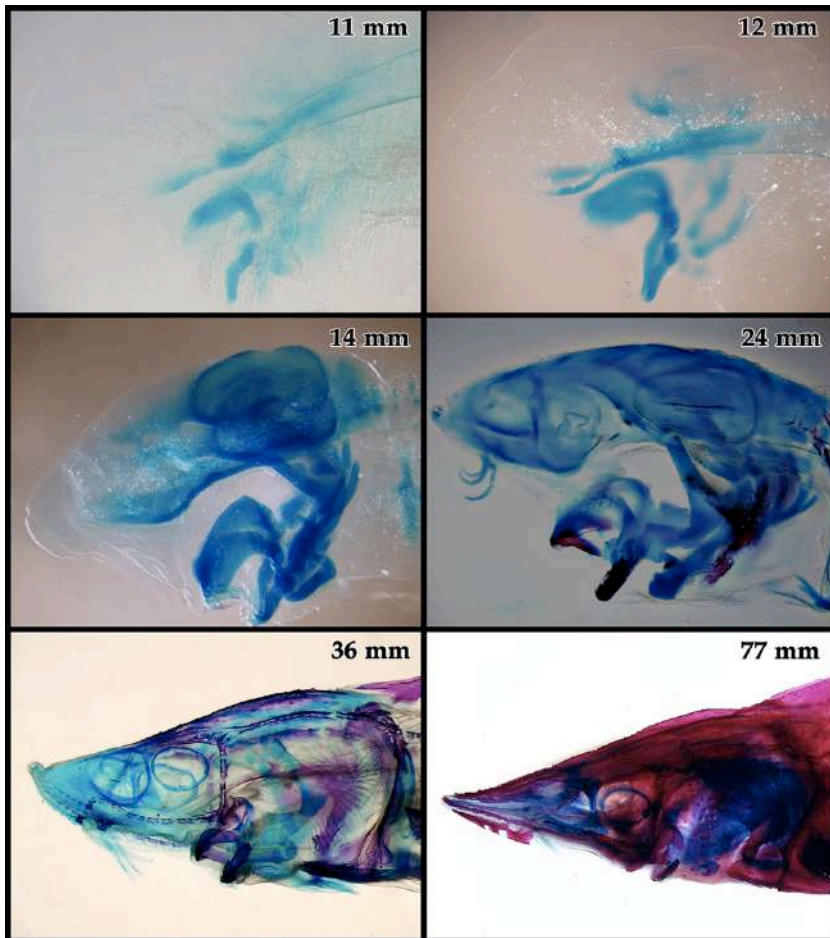
[http://www.youtube.com/watch?](http://www.youtube.com/watch?v=JNBn9L6vsuc&feature=player_embedded)

[v=JNBn9L6vsuc&feature=player_embedded](http://www.youtube.com/watch?v=JNBn9L6vsuc&feature=player_embedded)



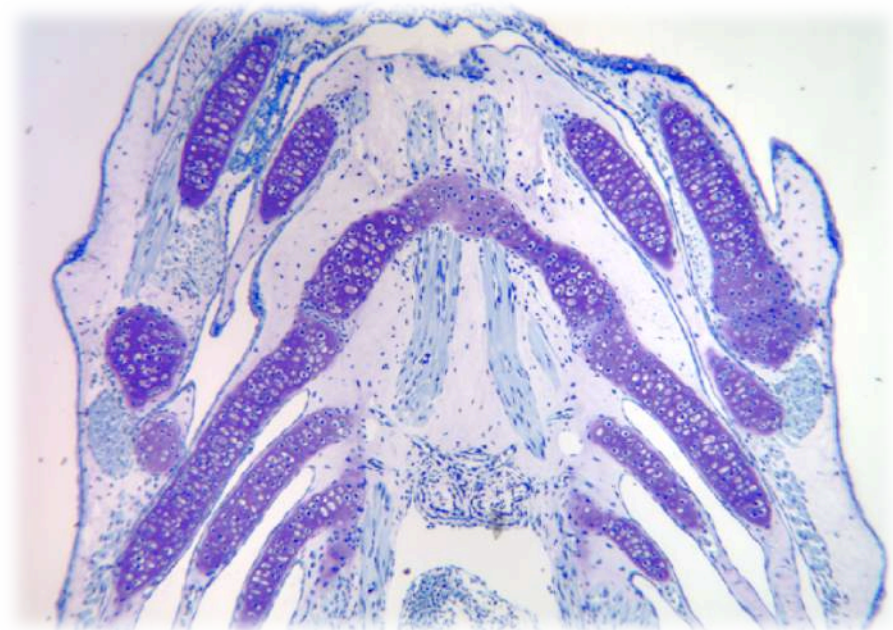
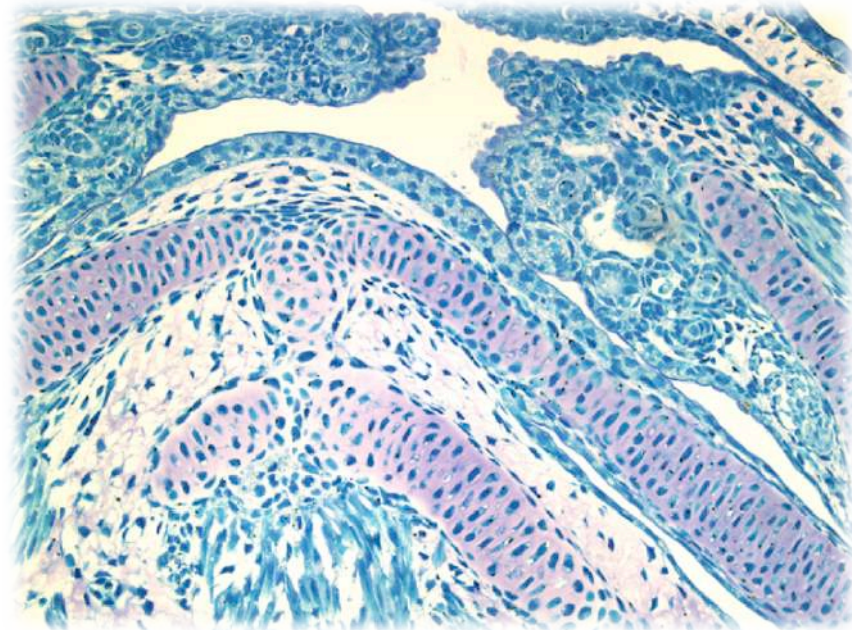
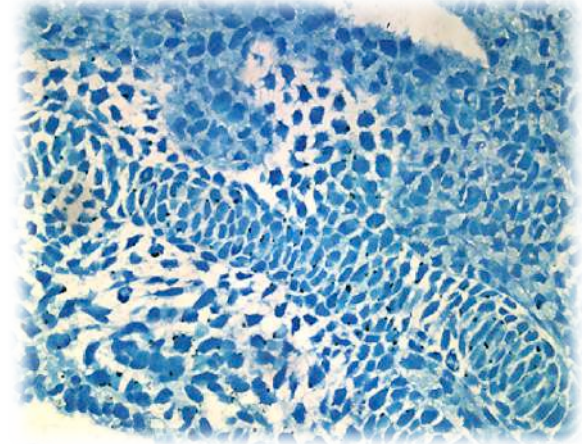
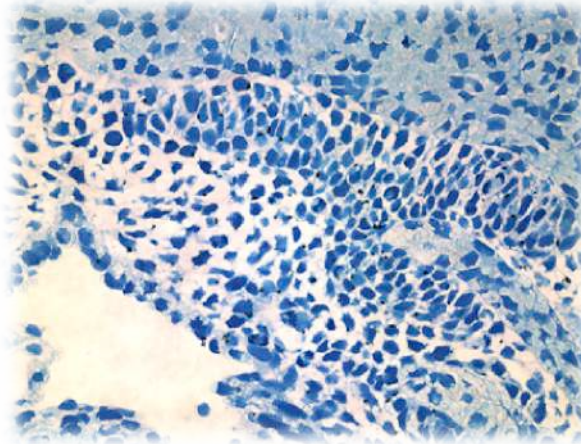
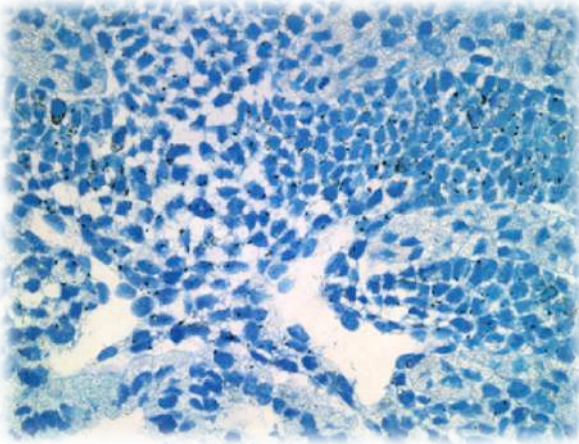
Hlavový skelet (jeseter)

v evoluci i ontogenezi vznik chrupavky (modře) předchází vzniku kosti (červeně)



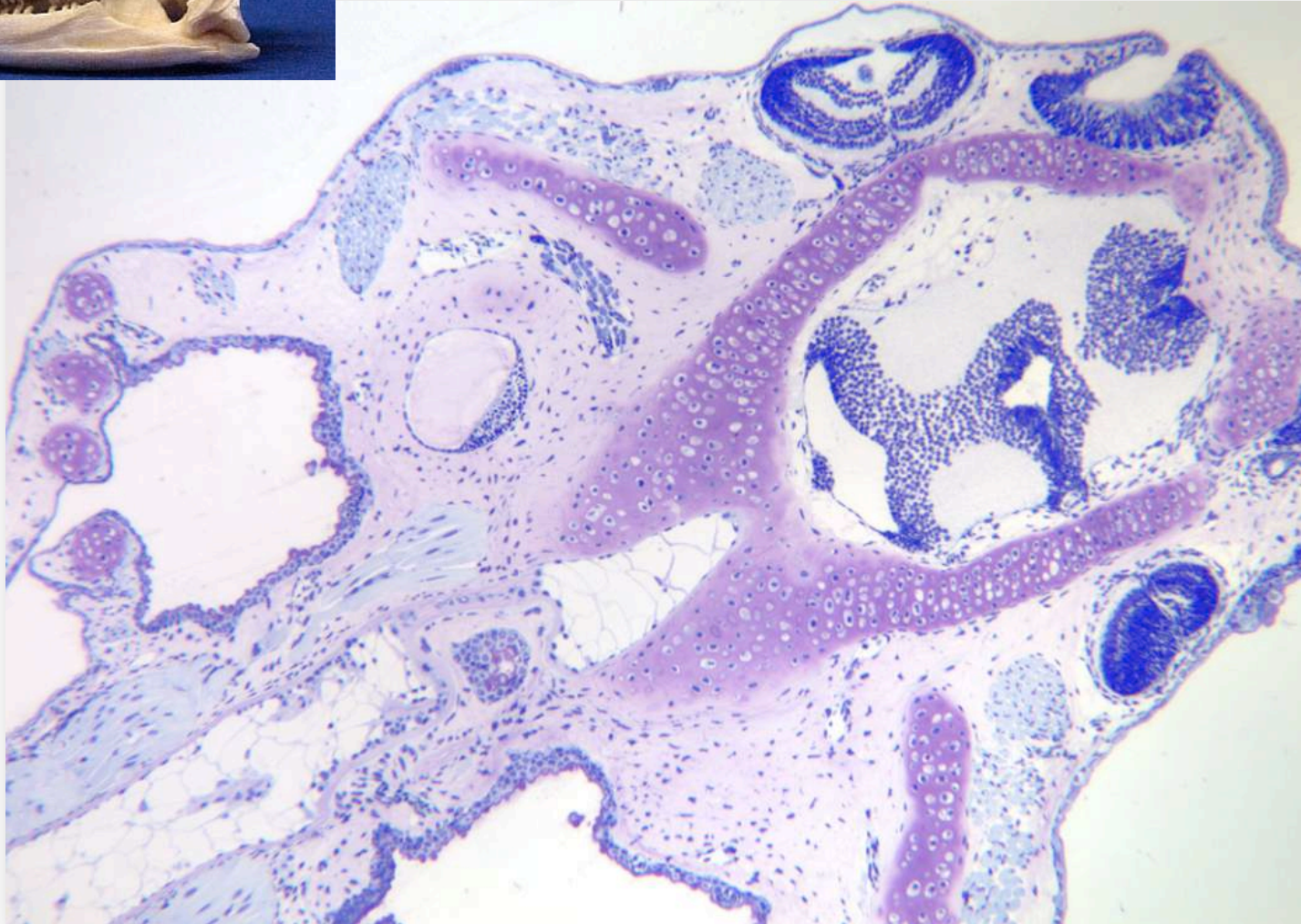
Skeletální elementy vznikají kondenzací mesenchymu:

viz postupná kondenzace mezenchymu ve faryngu axolotla do chrupavek žaberních oblouků

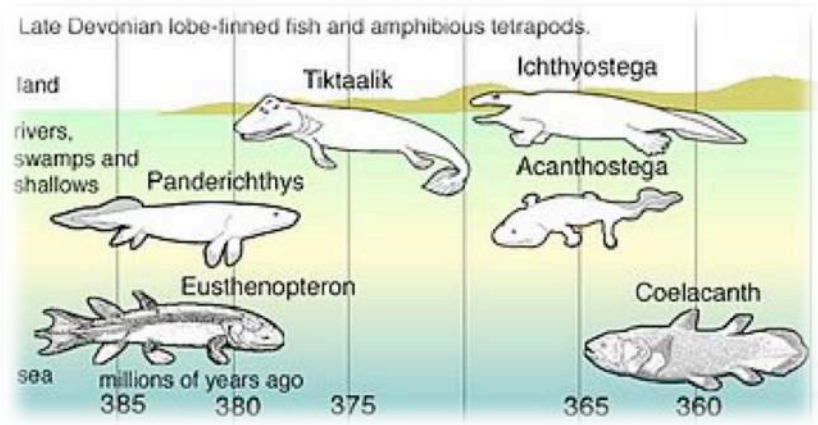
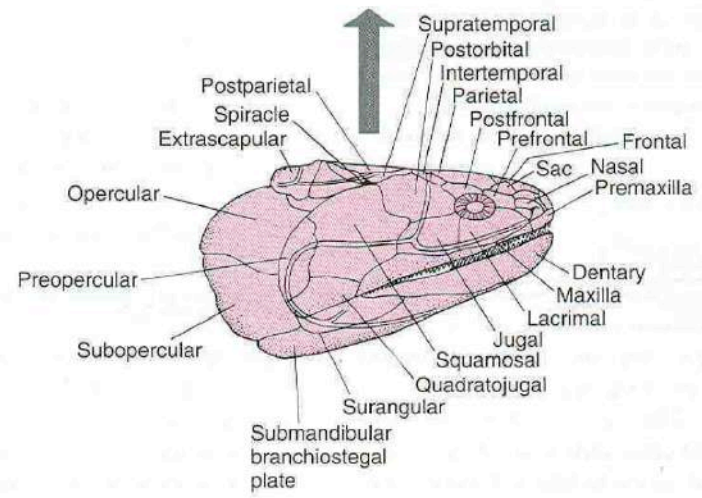
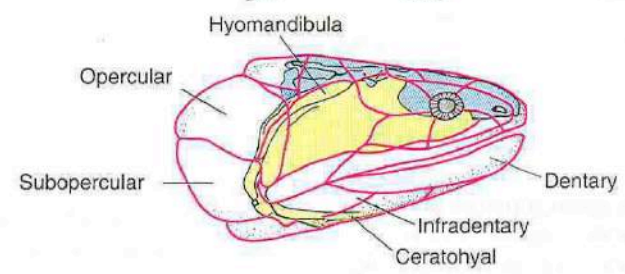
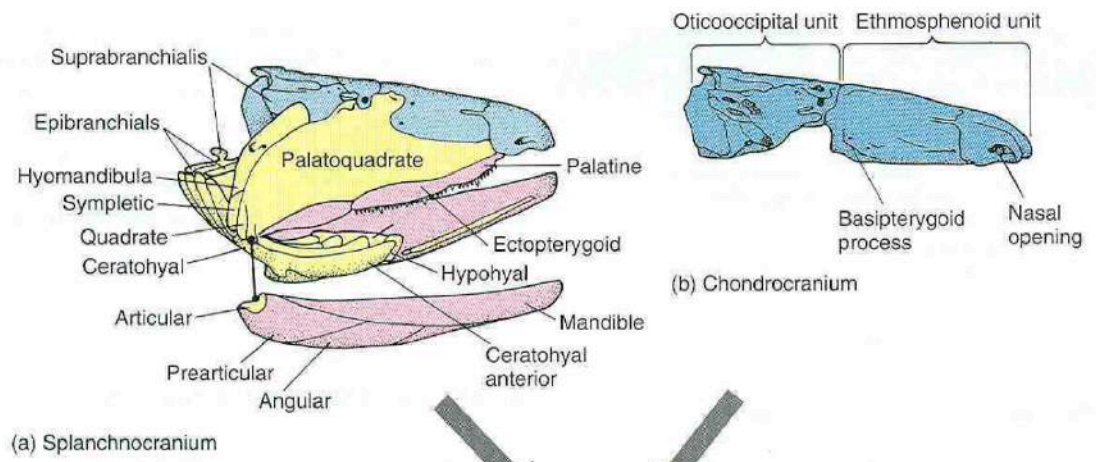
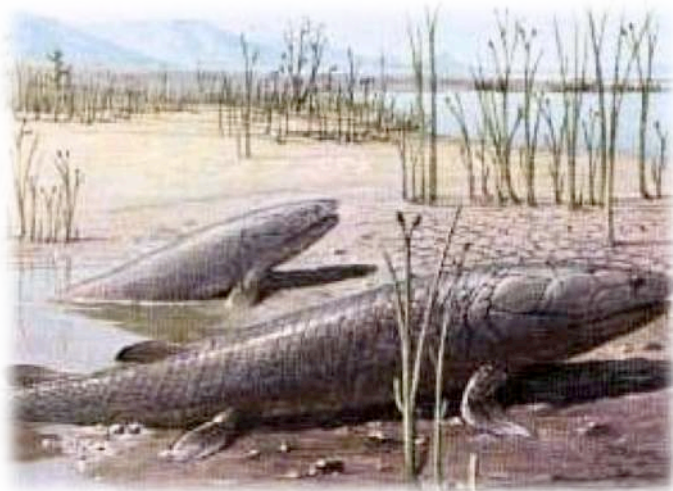


Skeletální elementy vznikají kondenzací mesenchymu:

volný mesenchym barvený na extracelulární matrix (růžová) kondenzuje do chrupavek (fialová). Modře jádra buněk.



"klasický stav" viz
lalokoploutvá ryba
Eusthenopteron:
plně vyvinuté
chondrokranium,
viscerokranium, i
dermatokranium



Chondrokranium:

vzniká jako chrupavčité základy báze lebky a pouzder smyslových orgánů; primární chrupavka může být nahrazena kostí

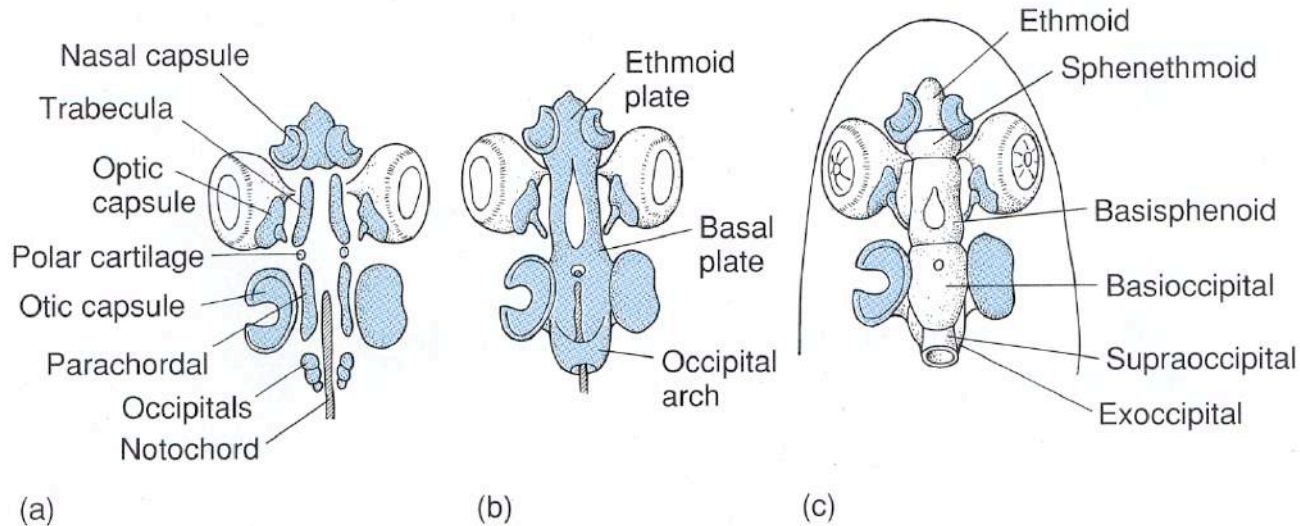
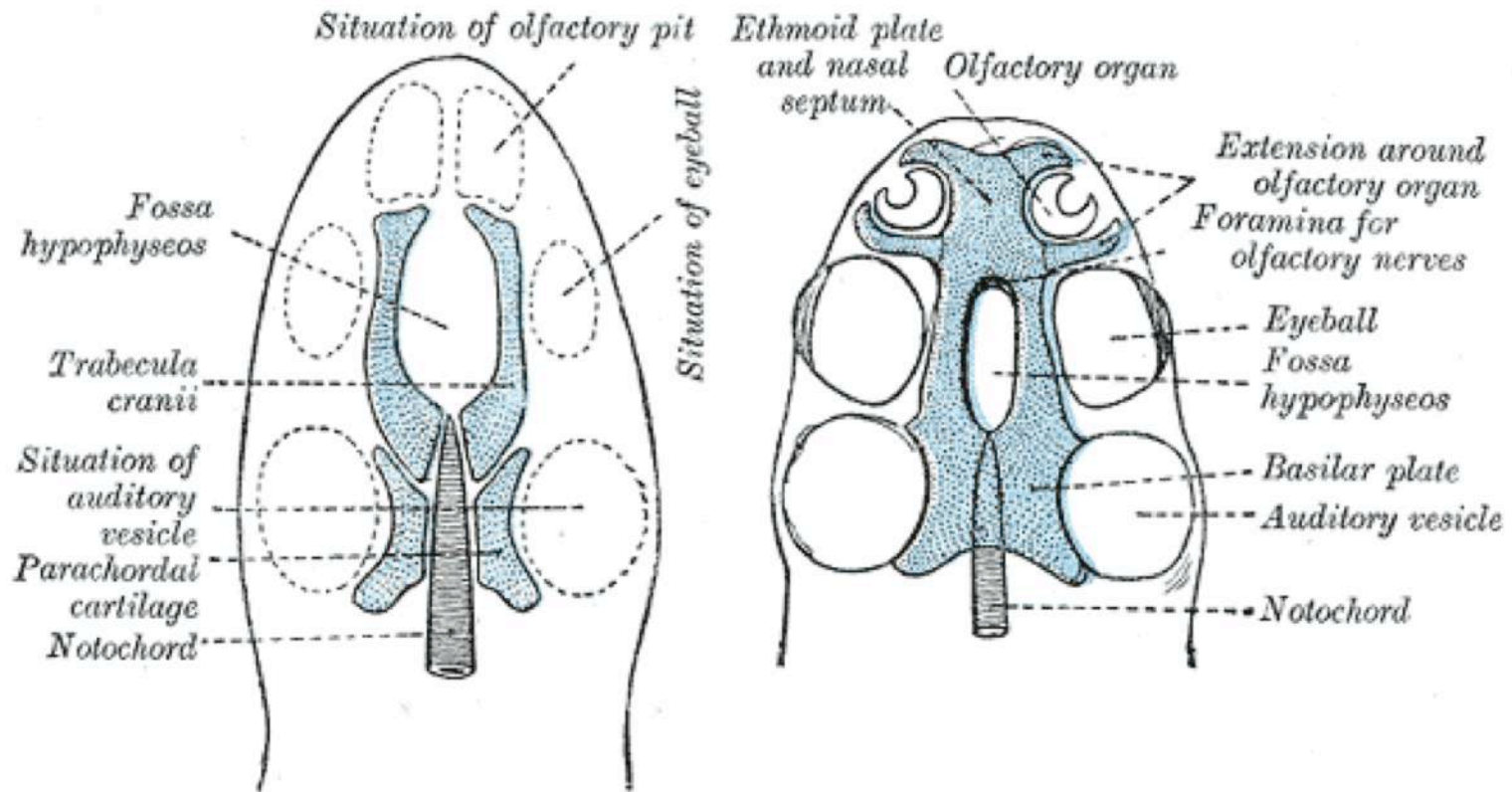


Figure 7.3 Embryonic development of the chondrocranium. Cartilage (blue) appears first but in most vertebrates is replaced by bone (white) later in development. The chondrocranium includes these cartilaginous elements that form the base and back of the skull together with the supportive capsules around sensory

organs. Early condensation of mesenchymal cells differentiates into cartilage (a) that grows and fuses together to produce the basic ethmoid, basal, and occipital regions (b) that later ossify (c), forming basic bones and sensory capsules.

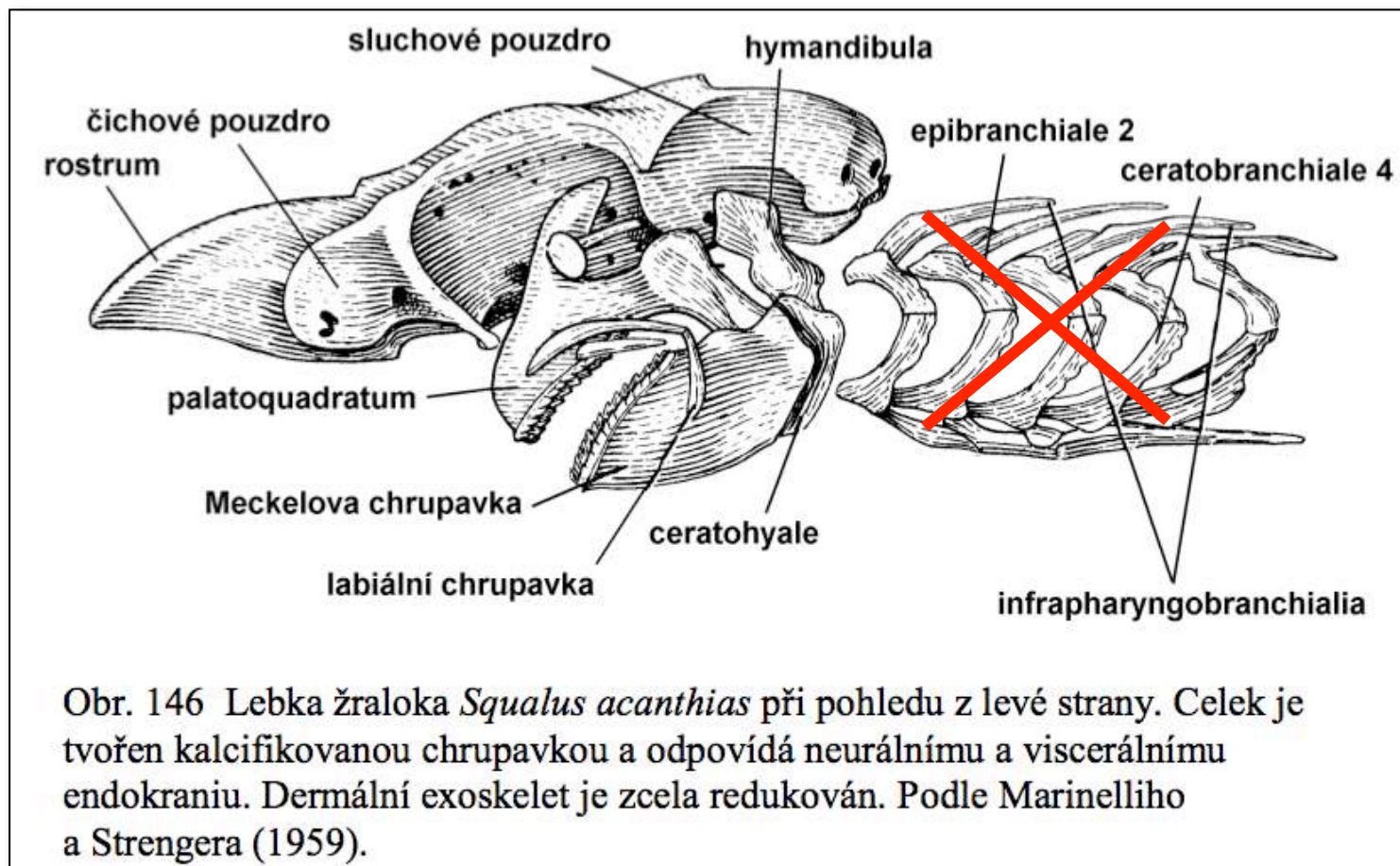
Chondrokranium:

vzniká jako chrupavčité základy báze lebky a pouzder smyslových orgánů; primární chrupavka může být nahrazena kostí



Chondrokranium:

masivně vyvinuté u paryb, chybí kostní tkáň (sekundárně), chrupavčitá (kalcifikovaná) lebka, **chybí dermatokranium**



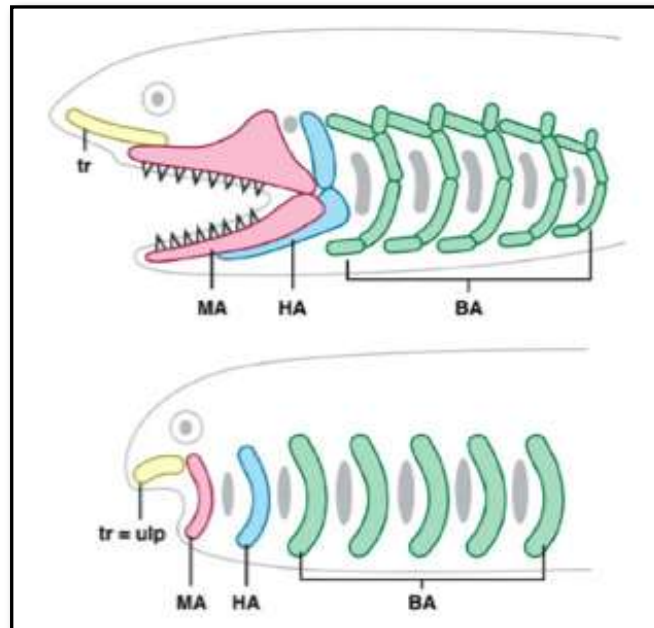
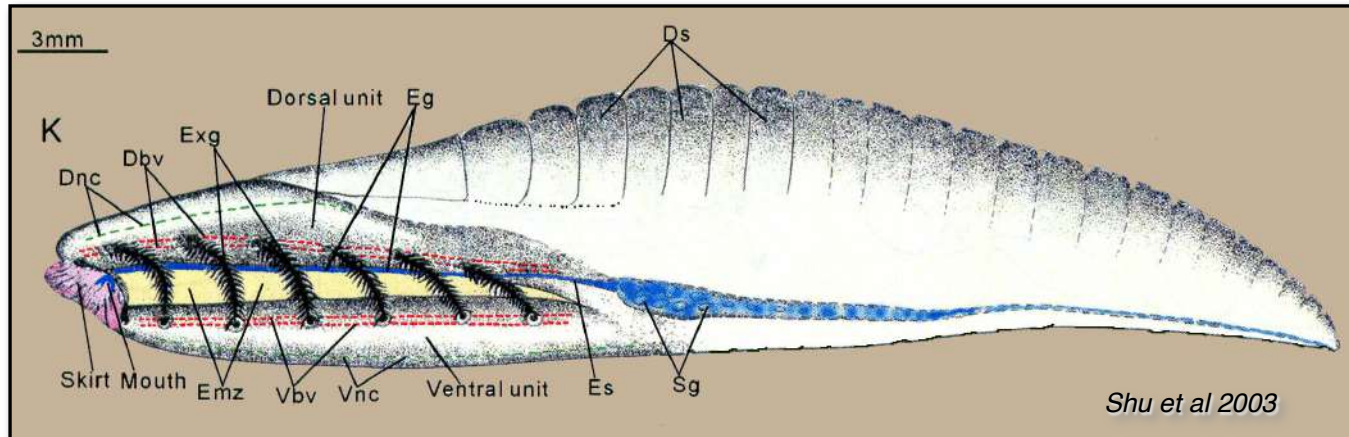
Chondrokranium:

masivně vyvinuté u paryb, chybí kostní tkáň (sekundárně), chrupavčitá (kalcifikovaná) lebka, **chybí dermatokranium**



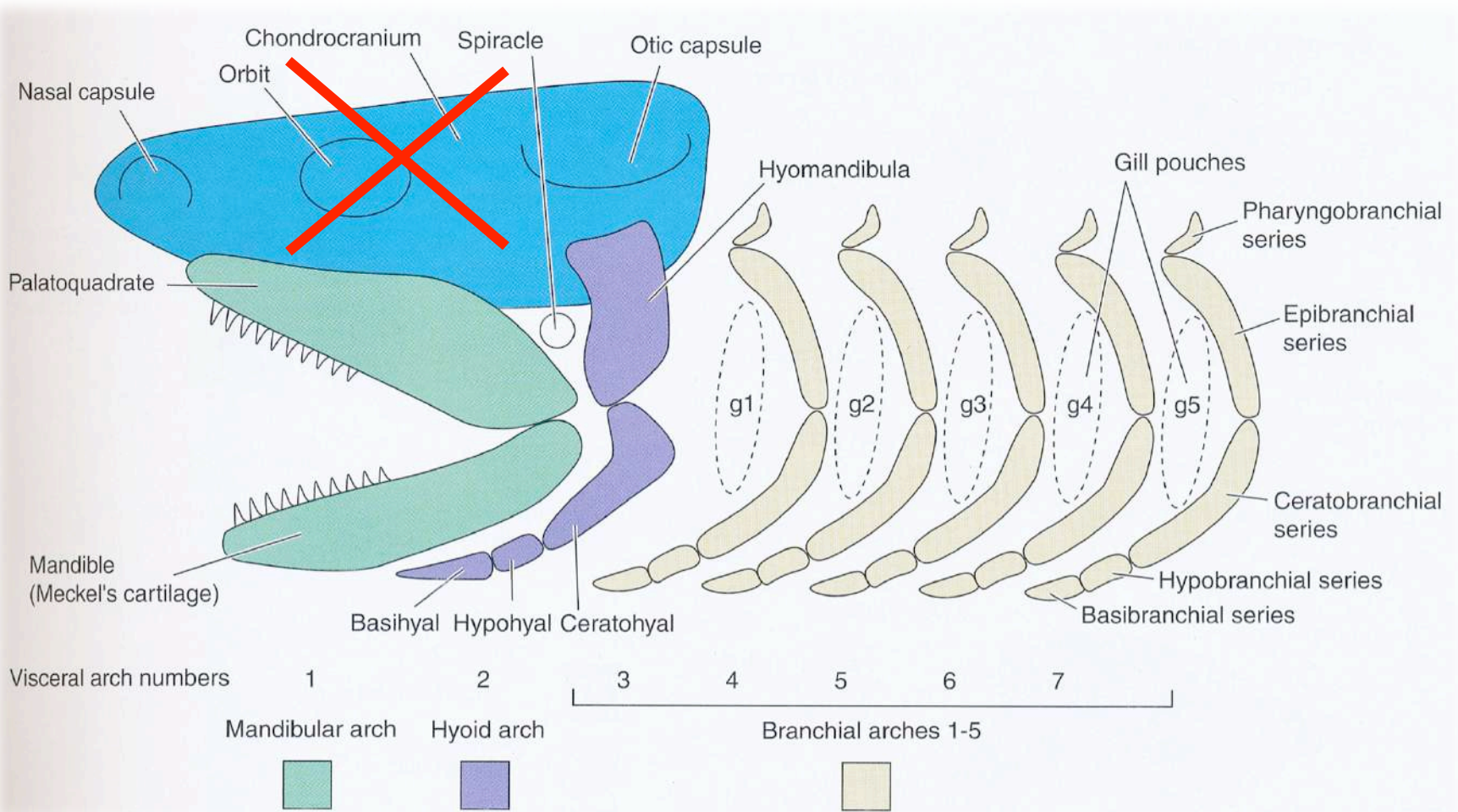
Viscerokranium:

chrupavčité elementy odvozené od původních výztuh žaberní oblasti



Viscerokranium:

chrupavčité elementy odvozené od původních výztuh žaberní oblasti



(1)mandibulární, (2)hyoidní (3-7)branchiální oblouky/elementy; srv. *branchie*;
faryngeální oblouky - farynx

Viscerokranium:

chrupavčité elementy odvozené od původních výztuh žaberní oblasti, vznikají kondenzací buněk **neurální lišty**

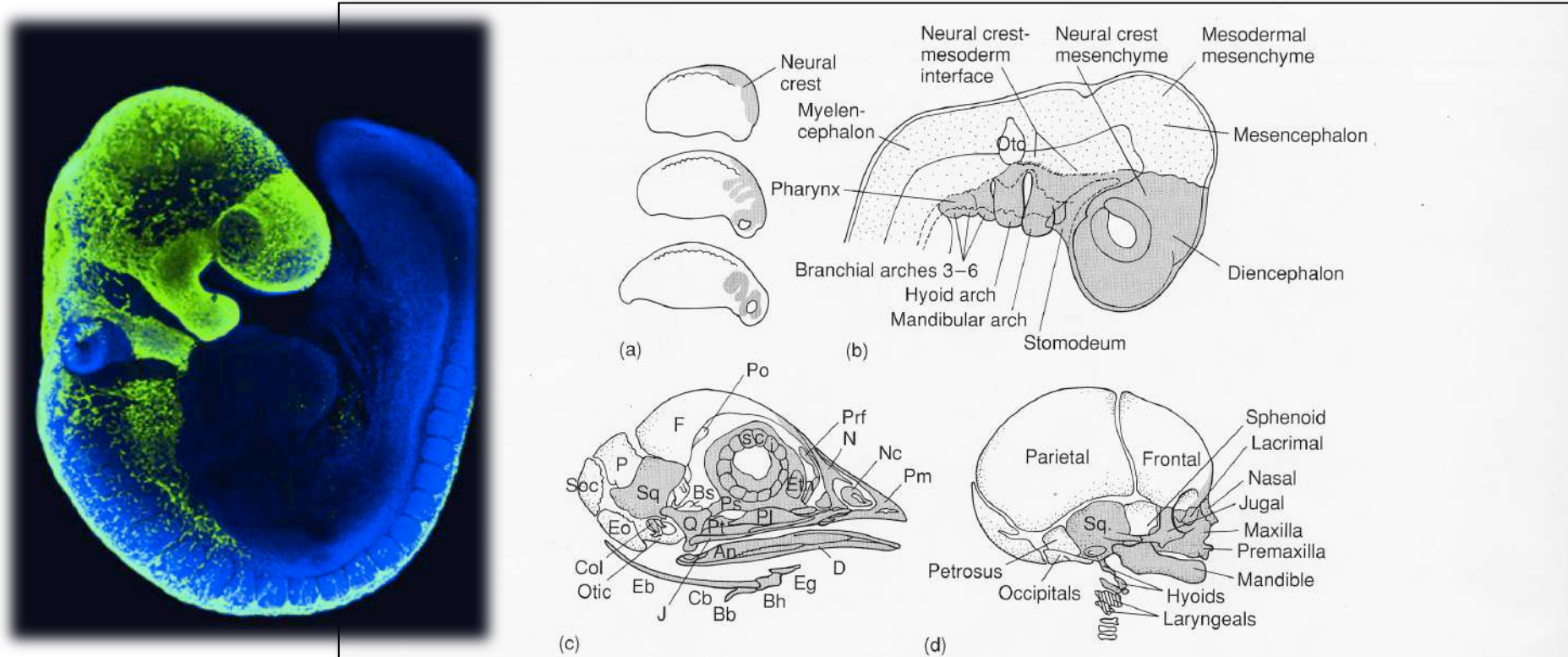


Figure 7.4 Neural crest contributions to the skull. (a) Salamander embryo illustrating the sequential spread of neural crest cells. During early embryonic development, neural crest cells contribute to the head mesenchyme, which is called the ectomesoderm because of its neural crest origin. (b) Also contributing to the head mesenchyme are cells of mesodermal origin, the mesodermal mesenchyme. The position of the mesodermal (stippled) and the neural crest (shaded) mesenchyme, and the approximate interface between them, are indicated in the chick embryo. Skull of a chick (c) and a human

fetus (d) show bones or portions of bones derived from neural crest cells (shaded). Abbreviations: angular (An), basibranchial (Bb), basihyal (Bh), basisphenoid (Bs), ceratobranchial (Cb), columella (Col), dentary (D), epibranchial (Eb), entoglossum (Eg), exoccipital (Eo), ethmoid (Eth), frontal (F), jugal (J), nasal (N), cartilage nasal capsule (Nc), parietal (P), palatine (Pl), premaxilla (Pm), postorbital (Po), prefrontal (Prf), parasphenoid (Ps), pterygoid (Pt), quadrate (Q), scleral ossicle (Sci), supraoccipital (So), squamosal (Sq).

Viscerokranium:

chrupavčité elementy odvozené od původních výztuh žaberní oblasti, vznikají kondenzací buněk **neurální lišty**

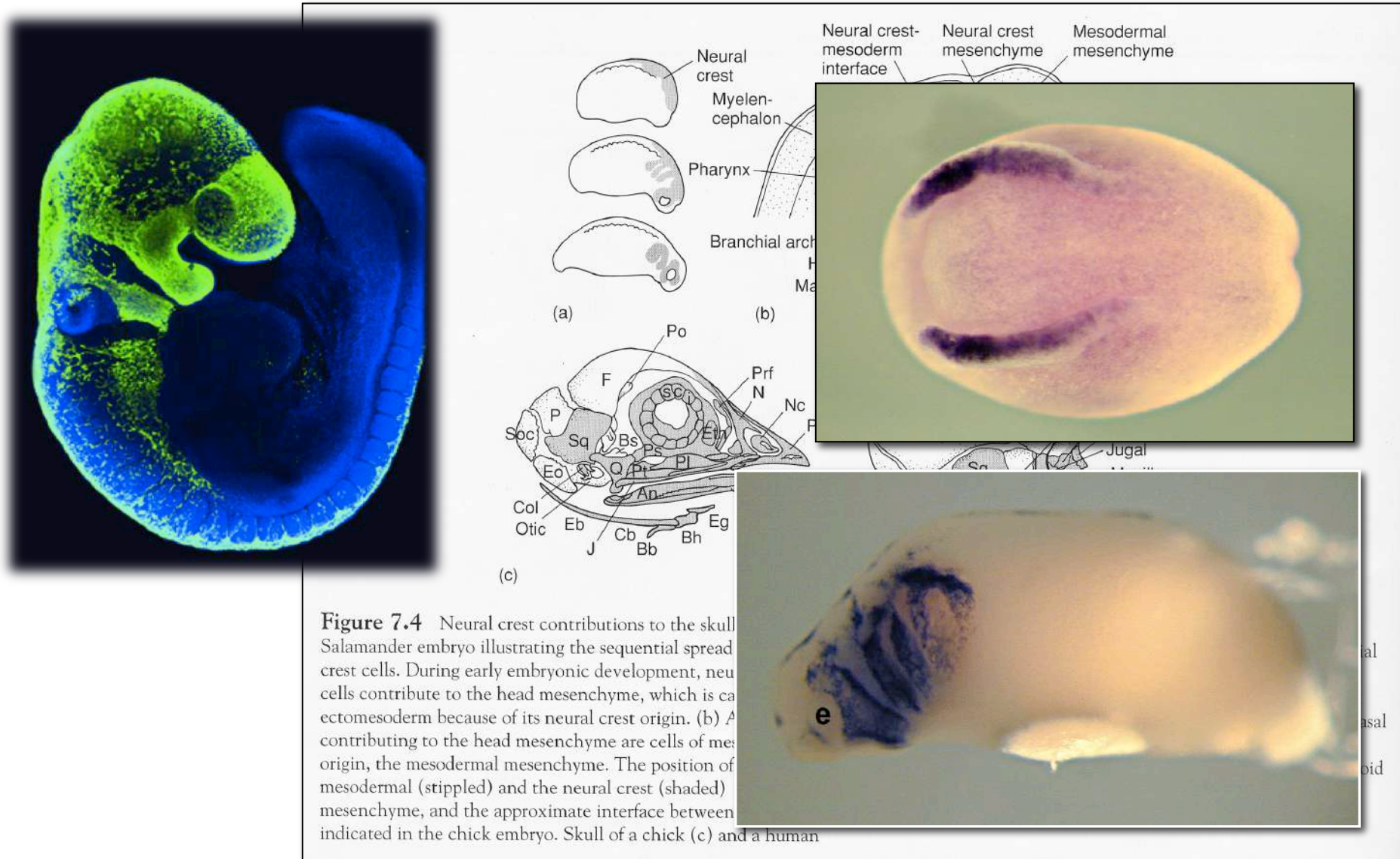
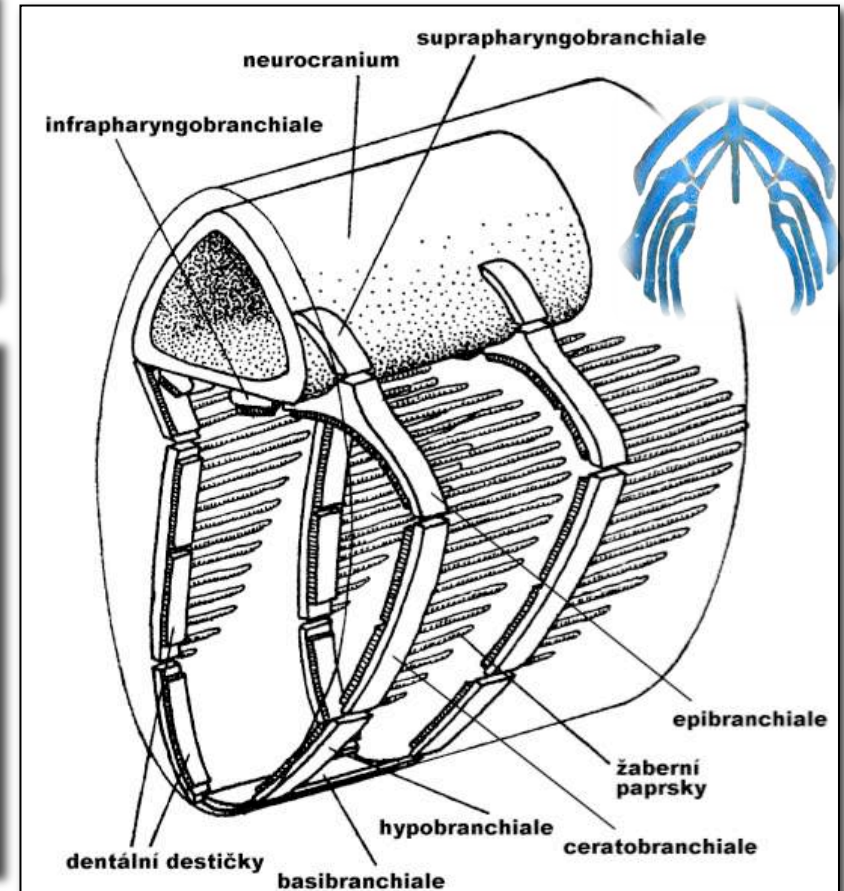
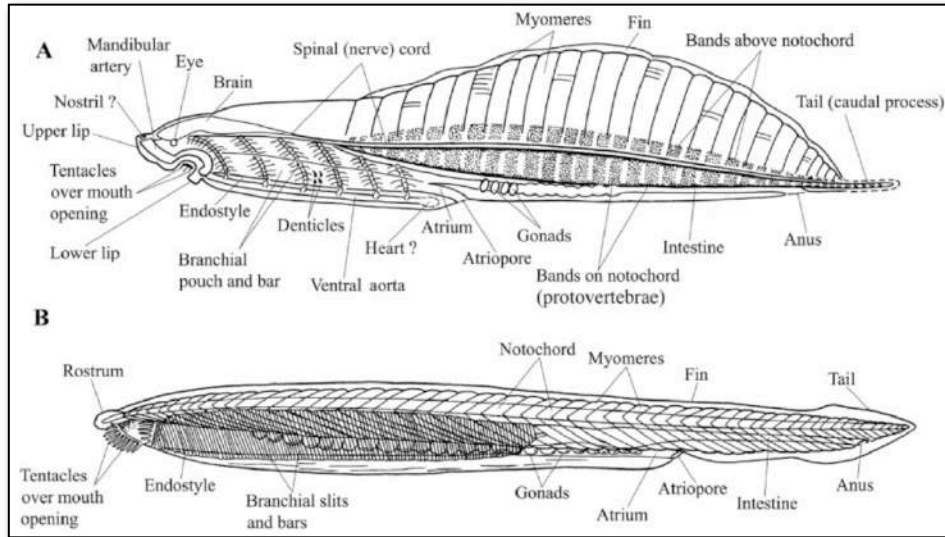
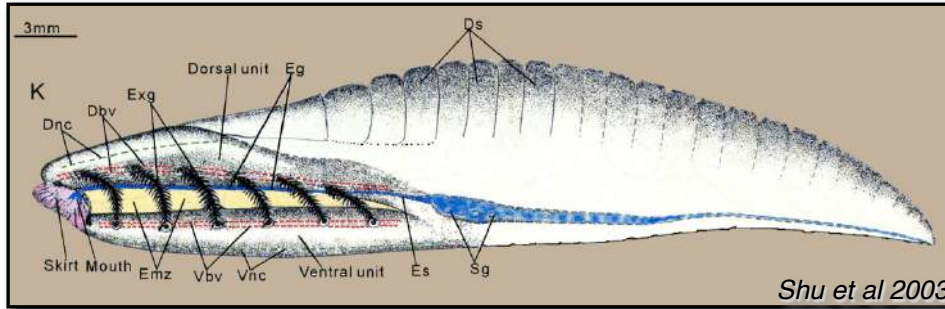


Figure 7.4 Neural crest contributions to the skull Salamander embryo illustrating the sequential spread crest cells. During early embryonic development, neu cells contribute to the head mesenchyme, which is ca ectomesoderm because of its neural crest origin. (b) A contributing to the head mesenchyme are cells of mes origin, the mesodermal mesenchyme. The position of mesodermal (stippled) and the neural crest (shaded) mesenchyme, and the approximate interface between indicated in the chick embryo. Skull of a chick (c) and a human

Viscerokranium: archetypální výztuha žaberní oblasti obratlovců



pra-obratlovec *Haikouella*,
vs. kopínatec
bez žaberních elementů/viscerokrania

Obr. 139 Schema základního členění žaberního oblouku a topografický vztah žaberních oblouků vůči neurálnímu endokraniu. Z Ročka (1985).

Evolve viscerokrania & vznik čelistí

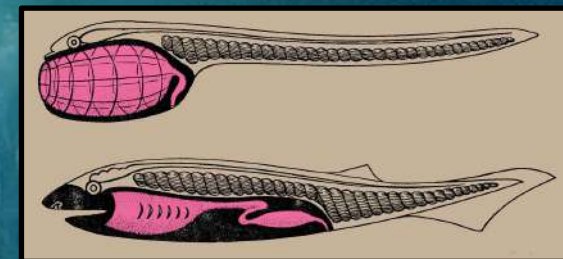


**Vznik čelistí jako
zásadní evoluční
inovace**

bezčelistnaní < 100 druhů
čelistnatí > 57 000 druhů !

**Filtrace vs. aktivní
predace**

**(díky čelistem):
jeden ze znaků
evoluce obratlovců!**

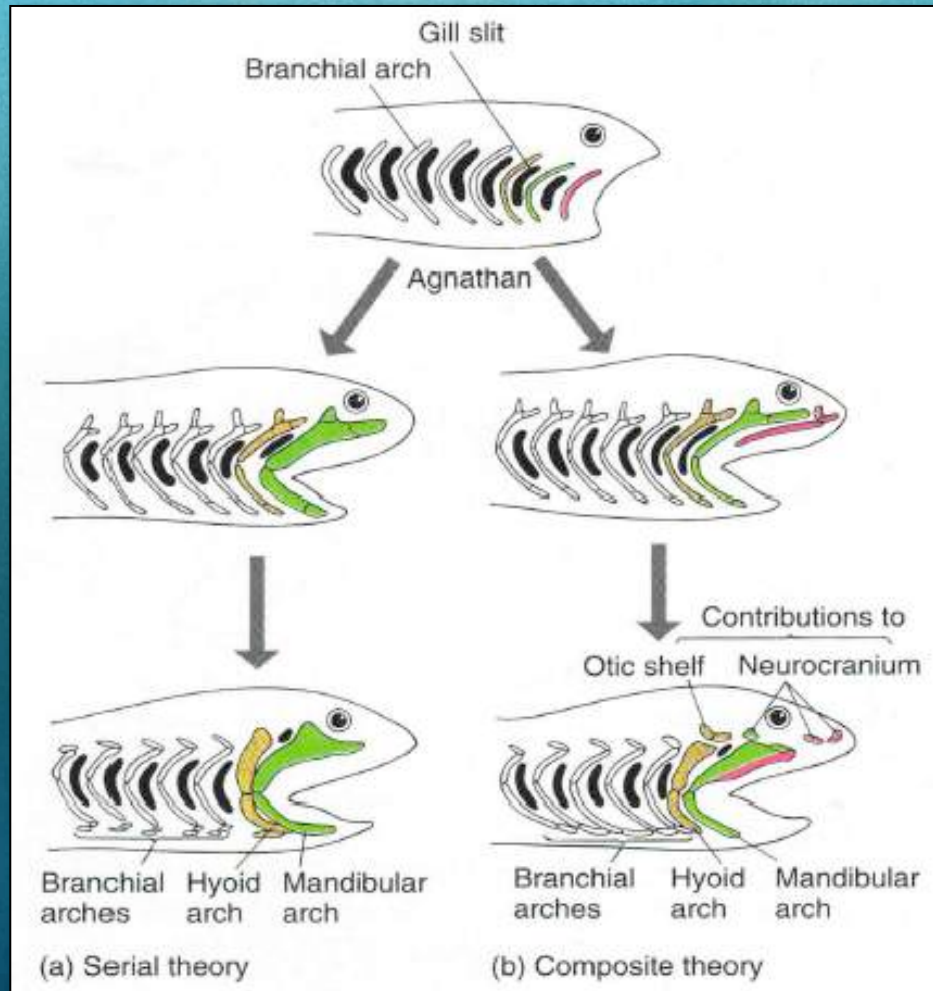


JAWS

Copyright 1975 Universal Studios



Evoluce viscerokrania & vznik čelistí: čelisti vznikly modifikací původně jednoduchých a stereotypních výztuh žaberních aparátů



Typy připojení čelistí k lebce

- **Autostylie:** připojení pomocí PQ (*palatokvadratum*)
- **Hyostylie:** připojení pomocí hyomandibuly
- **Amfistylie:** PQ + hyomandibula
- **Holostylie:** pevné spojení PQ + neurokrania
- **Streptostylie:** pomocí pružných vazů

...

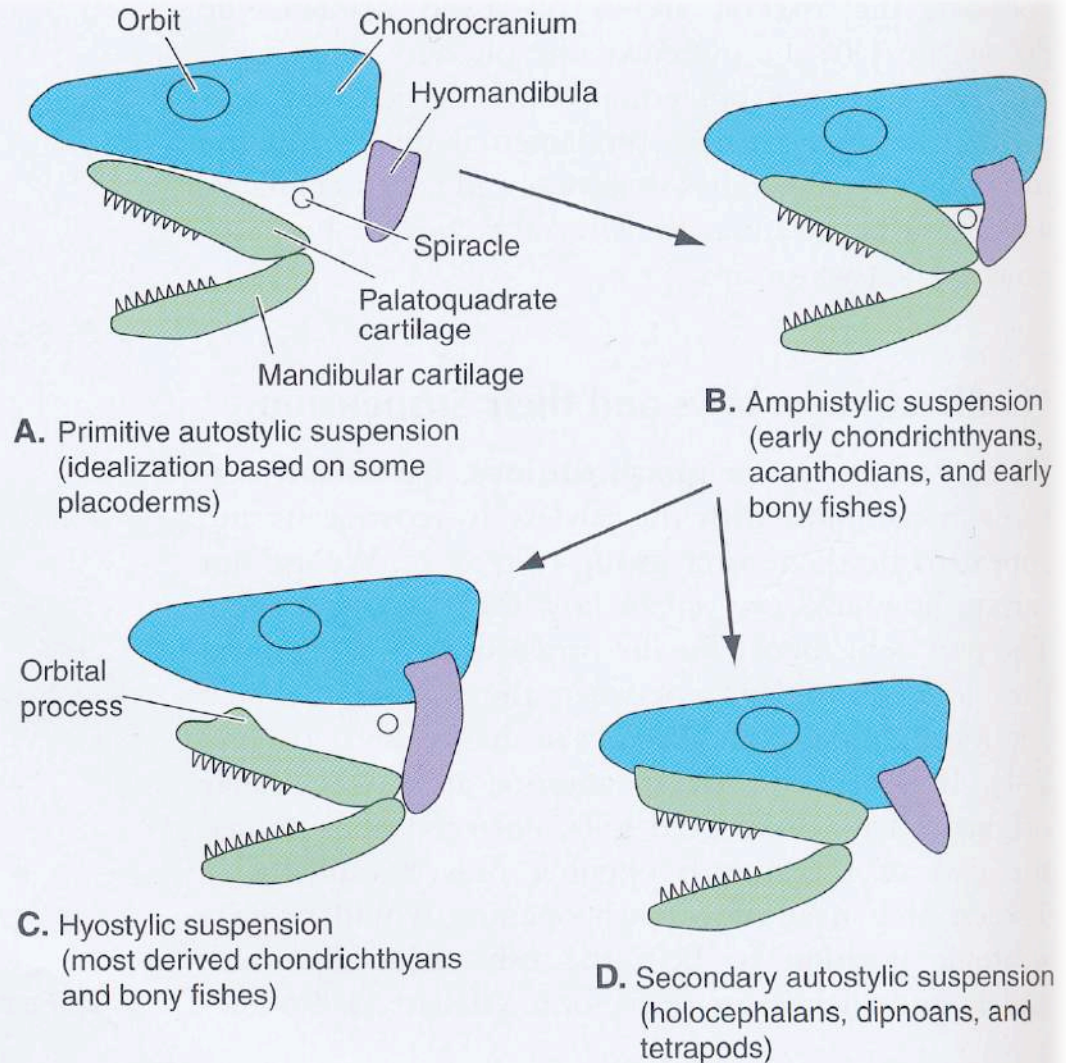


FIGURE 7-6

A–D, The probable evolution of the suspension of the palatoquadrate cartilage in fishes. The embryonic cartilaginous elements are shown, but many of these become ossified in bony fishes. See Figure 7-4 for color code.

Typ připojení čelistí určuje mj. potravní ekologii: hyostylie poskytuje čelistem žraloků unikátní pohyblivost!

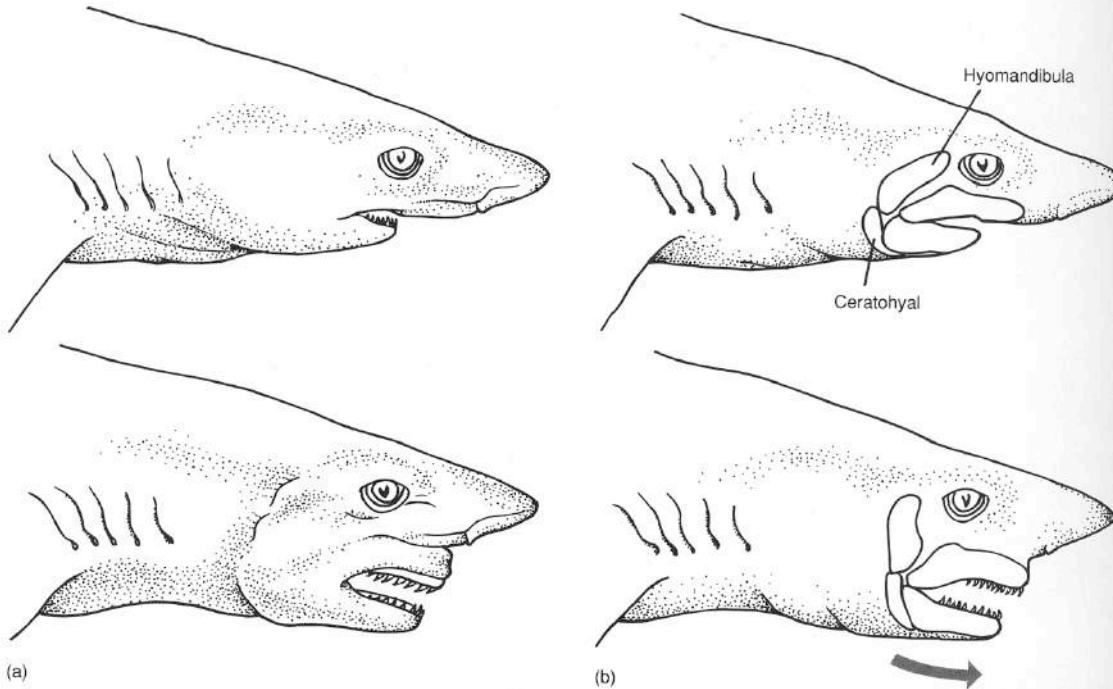
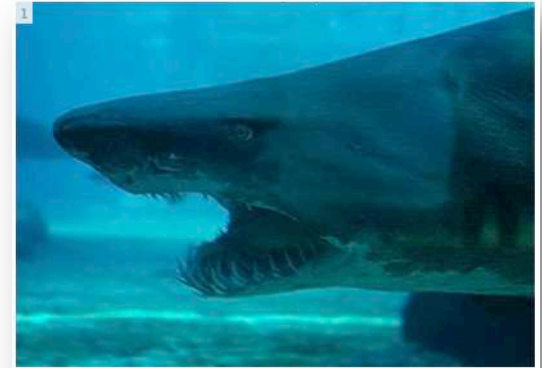


Figure 7.19 Feeding in sharks. (a) Sketches of shark with jaws retracted (top) and manually protracted (bottom). (b) Interpreted positional changes in the mandibular arch as it rides forward on its suspension from the ceratohyal. Position

depicted is near the completion of jaw closure on the prey. Arrow indicates ventral and forward shift of the jaws. Based on the research of T. H. Frazetta.



CARD
18

Monsters of the Deep

GOBLIN SHARK

One of the scariest-looking sharks ever discovered haunts the dark depths of the ocean. The goblin shark's long snout and pointy teeth make it look like a true sea monster. This fish can't swim well compared with other sharks, but it has a wide variety of tools and skills that make it a great predator.

SUCK IT UP: The goblin shark sets a unique trap for prey. The creature can push its jaws outward and widen its throat to create a strong sucking action. This pulls the victim into the shark's jaws so the predator can stab it with needle-sharp teeth.

HANGIN' OUT: With short, round fins and a skinny tail, the goblin shark isn't a very fast swimmer. The shark usually stays motionless, just hanging in the deep waters and waiting for prey.

Creature Features

SPECIES: *Mitsukurina owstoni*

SIZE: Length up to 12.5 ft.

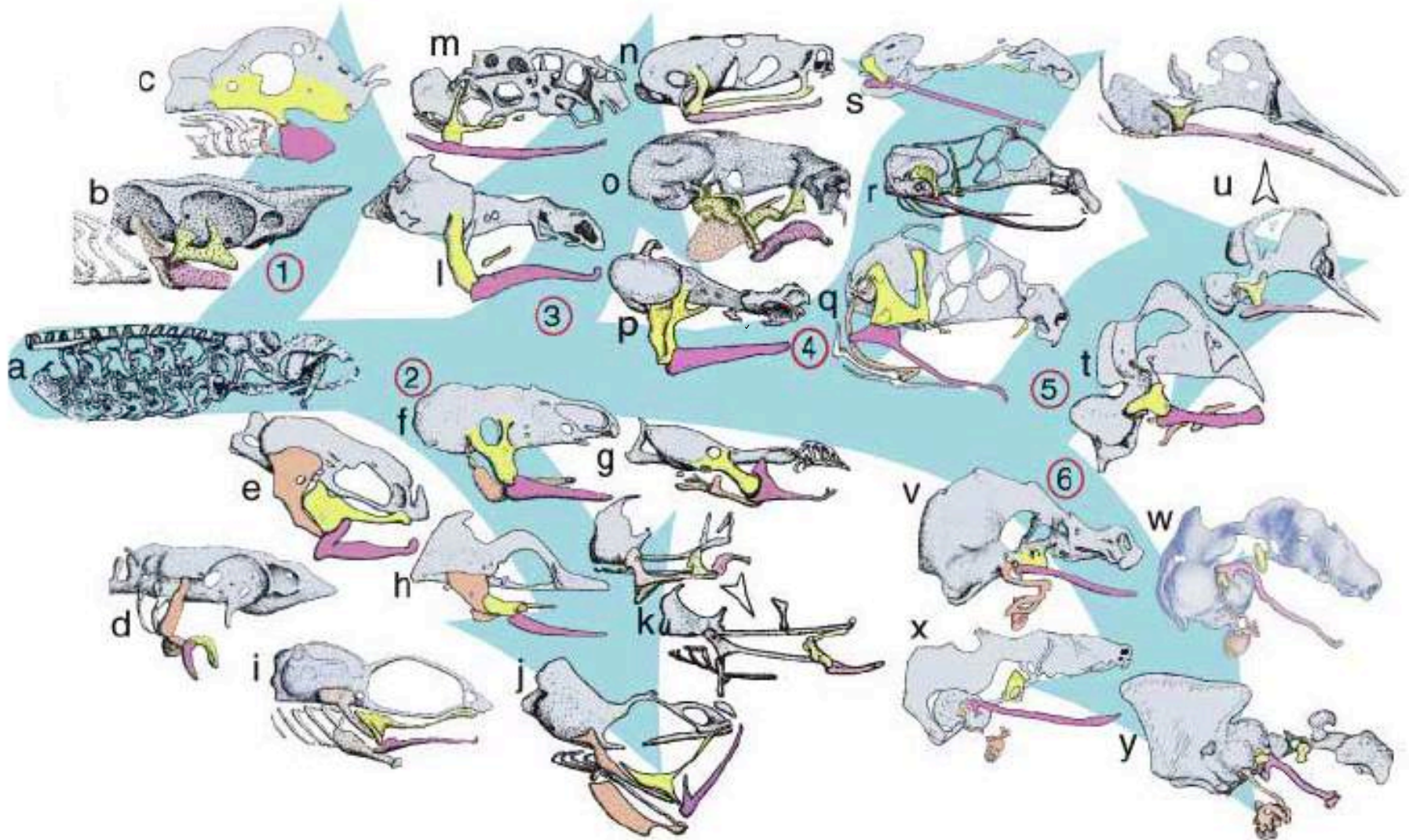
BODY PARTS: Long snout; thin, pointy teeth; soft, pink body

HABITAT: Deep areas of the oceans

PREY: Fish, squid and crustaceans



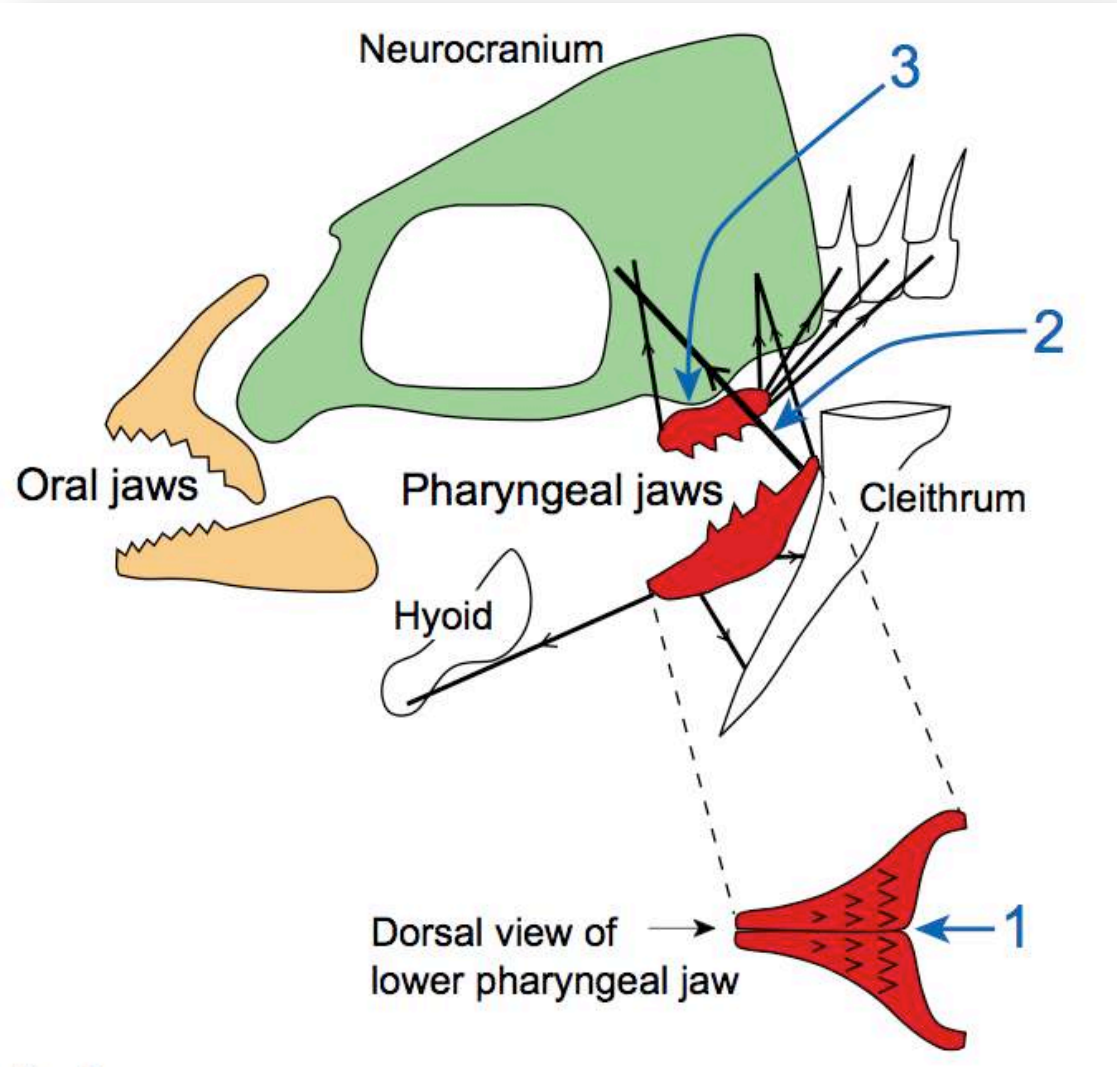
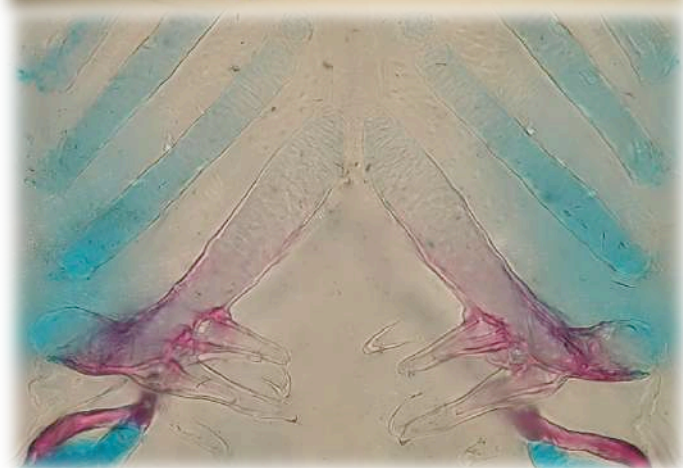
Chrupavčité skelety hlav obratlovců: neurokrania šedě, elementy **čelistí vybarveny**



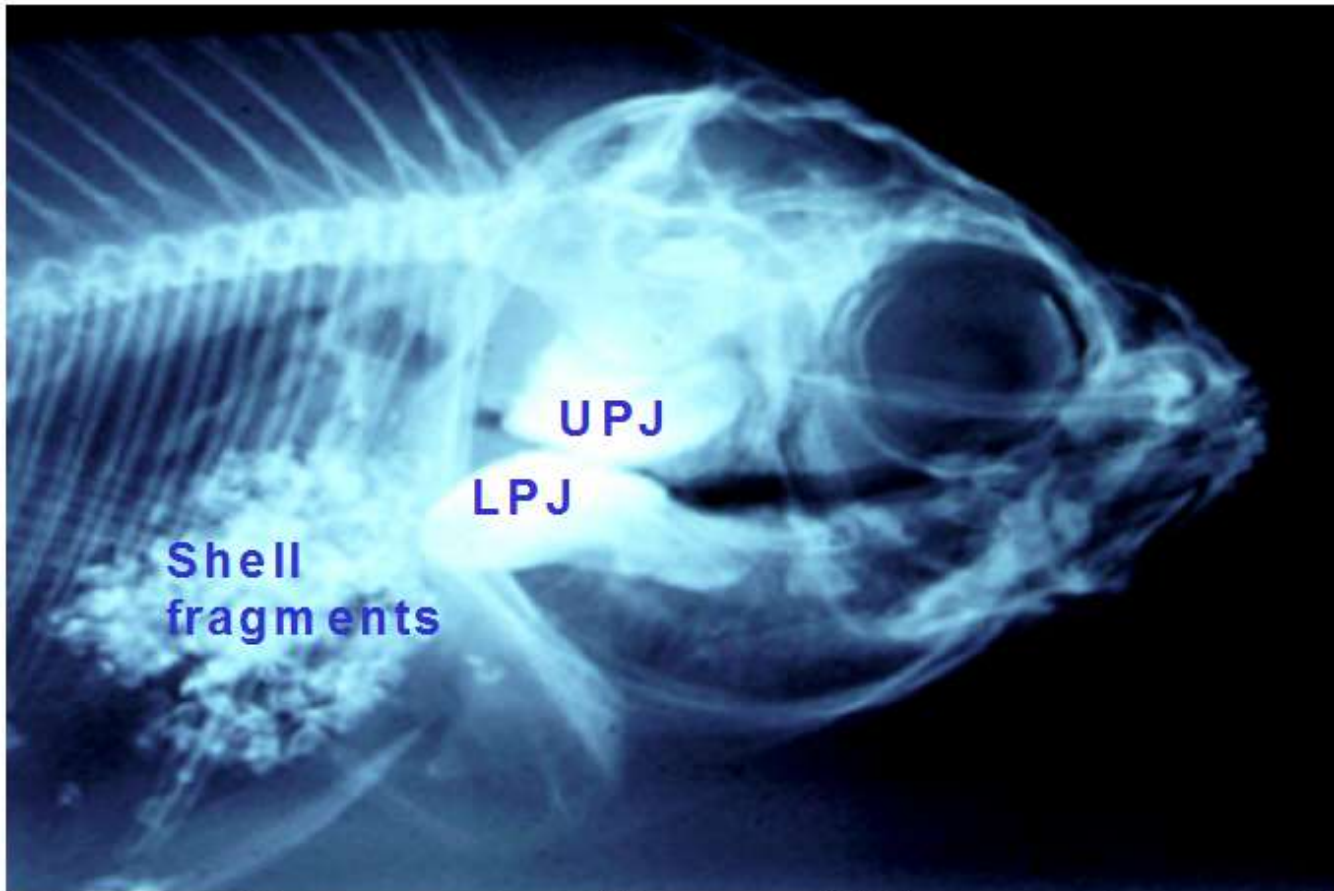
Chondrokrania obratlovců: paryby (1), ryby (2), obojživelníci (3), plazi (4), ptáci (5) savci (6)

Čelisti nemusí být jen orální:

faryngeální čelisti a požerákové zuby
(zvláště kaprovitých) ryb



Faryngeální čelisti a dentice



The pharyngeal jaw apparatus of *R. vacca*. UPJ = upper pharyngeal jaw. LPJ = lower pharyngeal jaw. Together, the UPJ and LPJ shear gastropod shells into tiny fragments, allowing digestive enzymes to break down food, which would otherwise be protected by an intact shell and operculum.

Photo by Jeff Jensen.

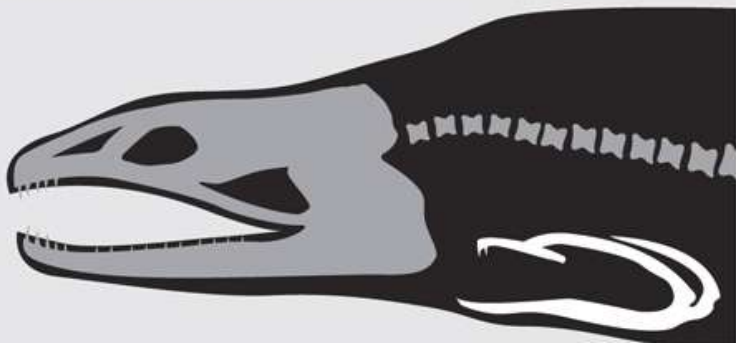
Faryngeální čelisti murény

Raptorial jaws in the throat help moray eels swallow large prey

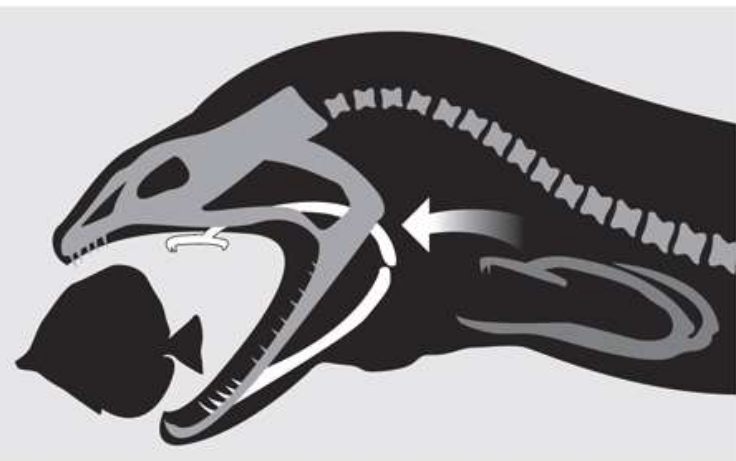
Rita S. Mehta¹ & Peter C. Wainwright¹

'ALIEN'-LIKE ATTACKERS

The moray eel has a second jaw that launches to kill prey



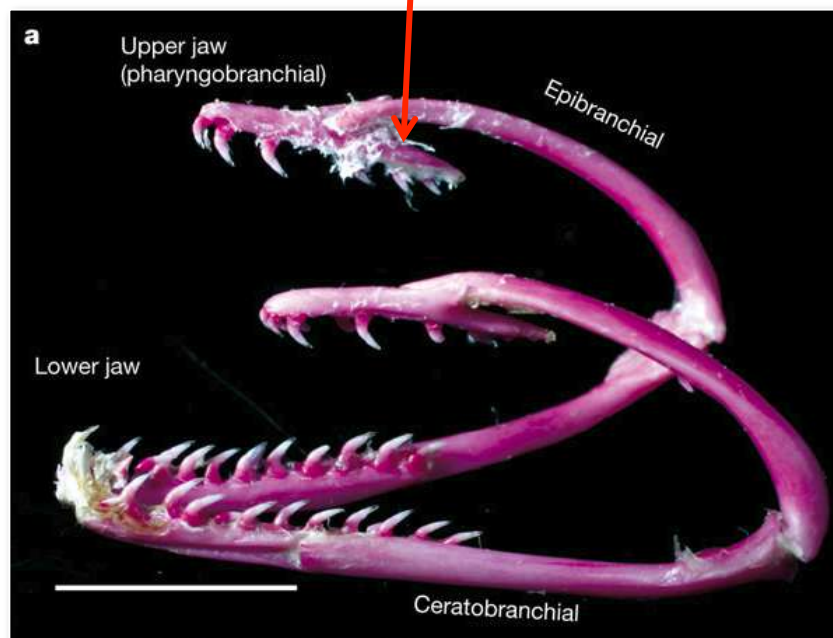
The jaw rests in the eel's throat ...



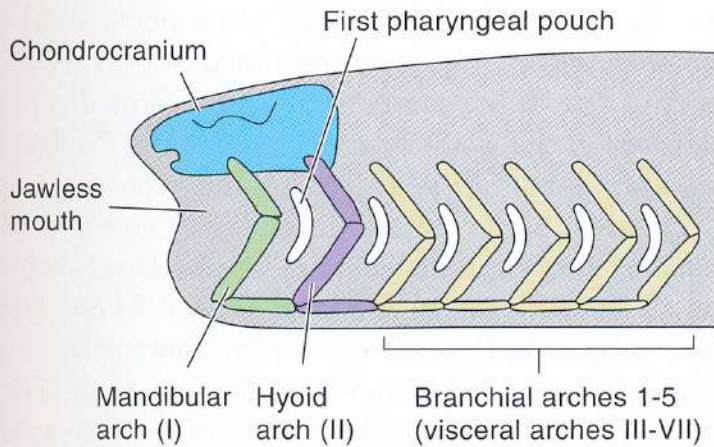
... and is launched forward to grasp the prey and help move it down the esophagus.

SOURCE: DISCOVERY CHANNEL.

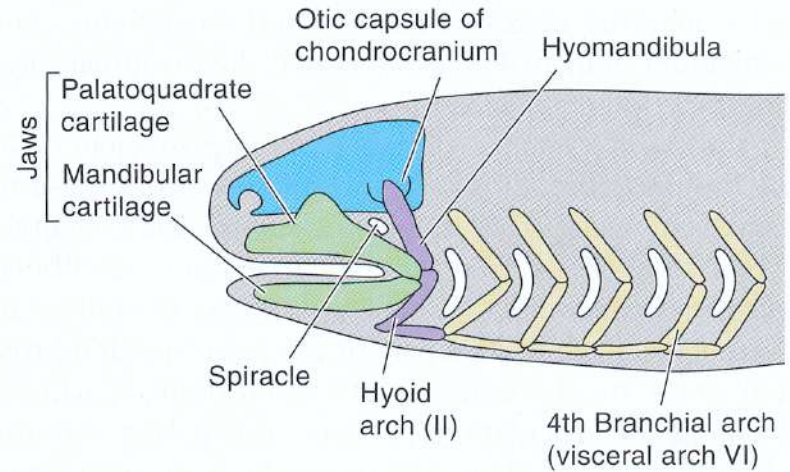
JONATHAN RIVAIT / NATIONAL POST



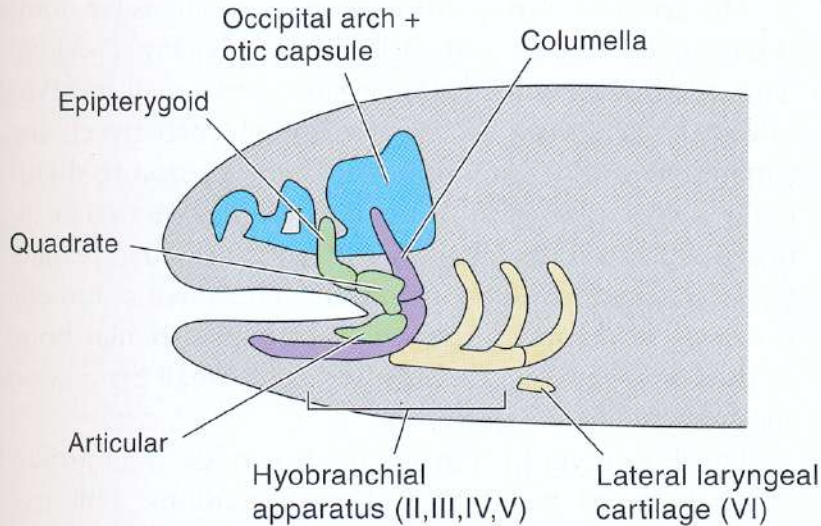
Evolve viscerokrania



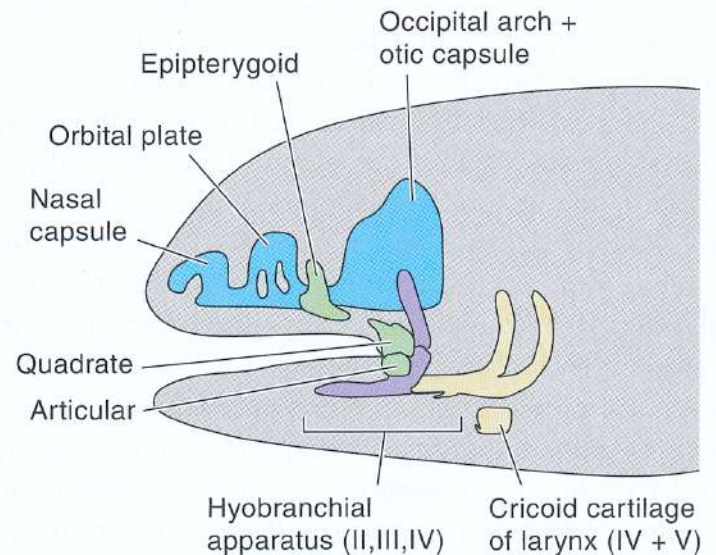
A. Hypothetical jawless condition



B. Gnathostome



C. Hypothetical early tetrapod



D. Hypothetical advanced therapsid

Evolve viscerokrania

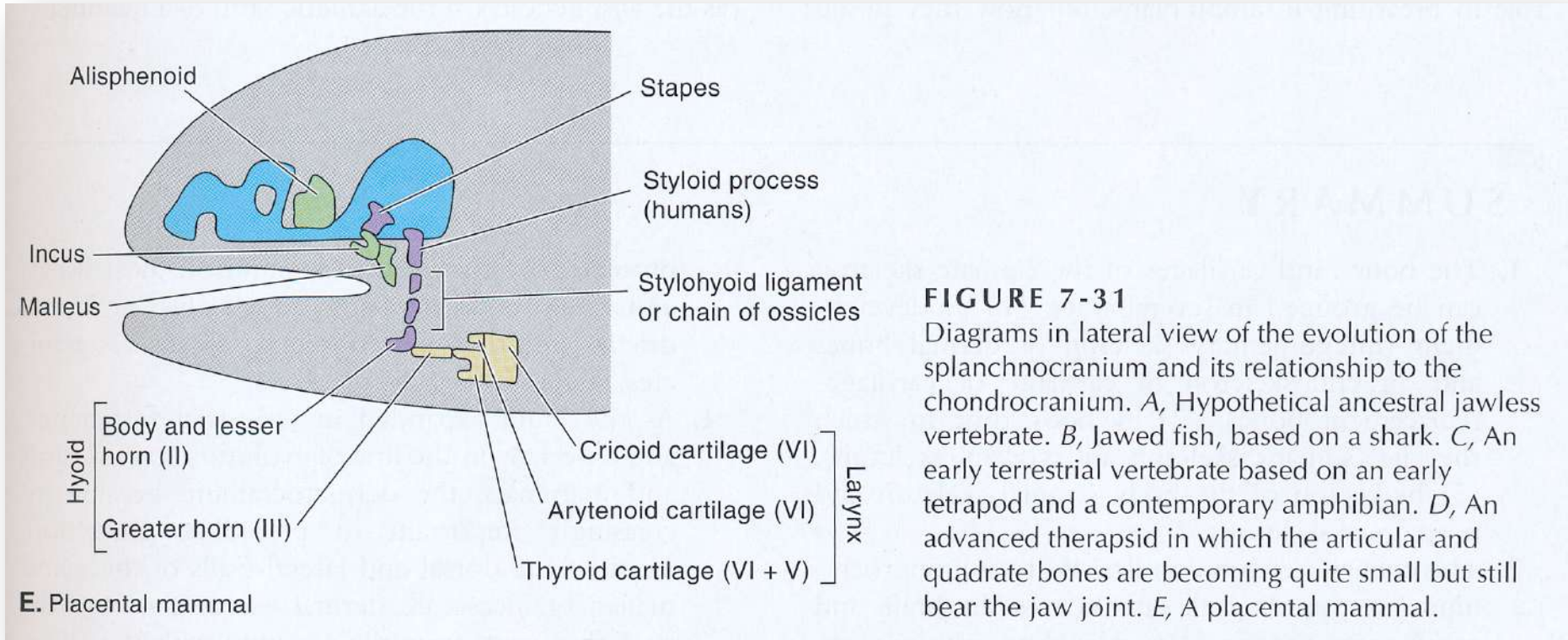
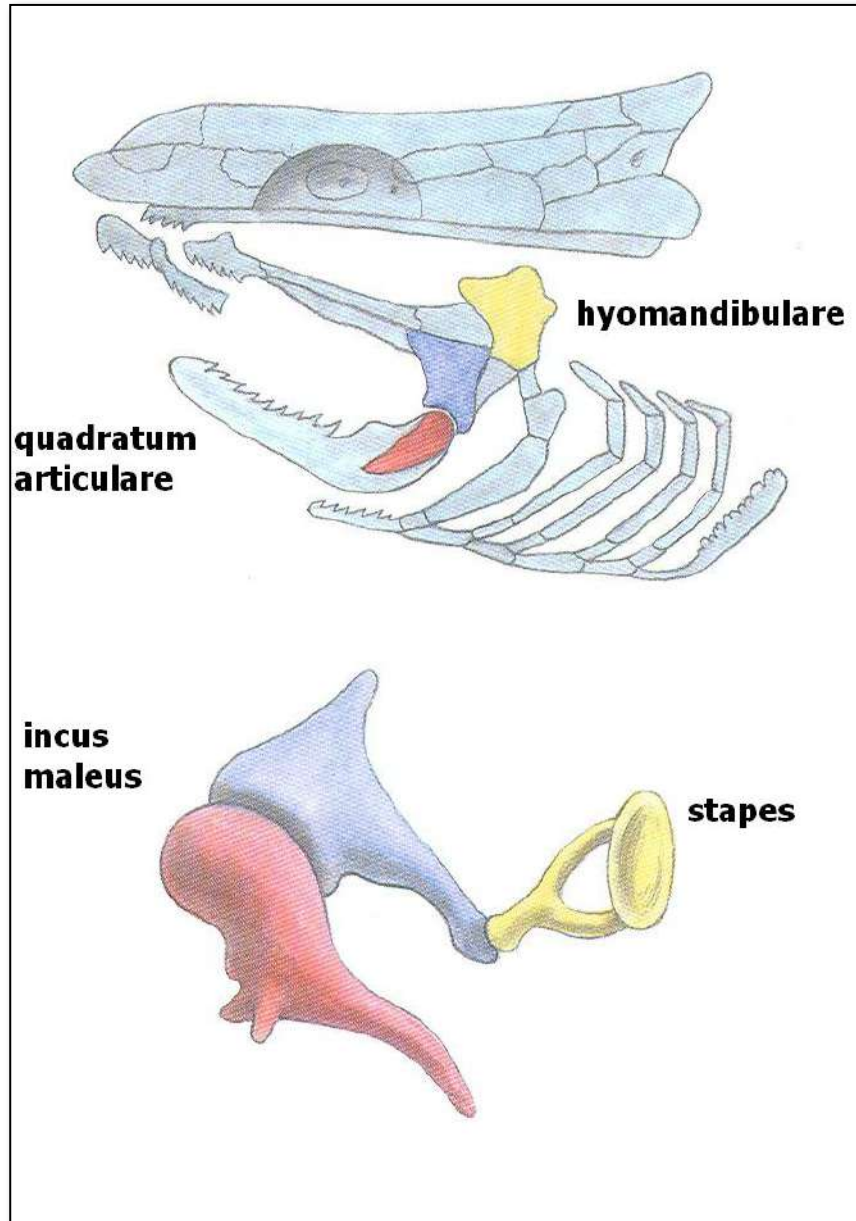


FIGURE 7-31

Diagrams in lateral view of the evolution of the splanchnocranium and its relationship to the chondrocranium. *A*, Hypothetical ancestral jawless vertebrate. *B*, Jawed fish, based on a shark. *C*, An early terrestrial vertebrate based on an early tetrapod and a contemporary amphibian. *D*, An advanced therapsid in which the articular and quadrate bones are becoming quite small but still bear the jaw joint. *E*, A placental mammal.

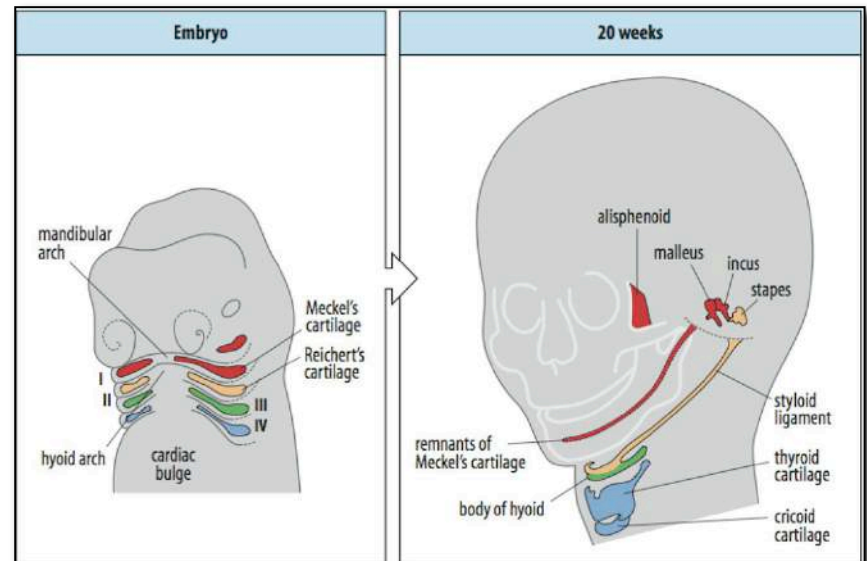
Evoluce viscerokrania: primární čelistní kloub se mění na sluchové kůstky (*synapsidní plazi*)



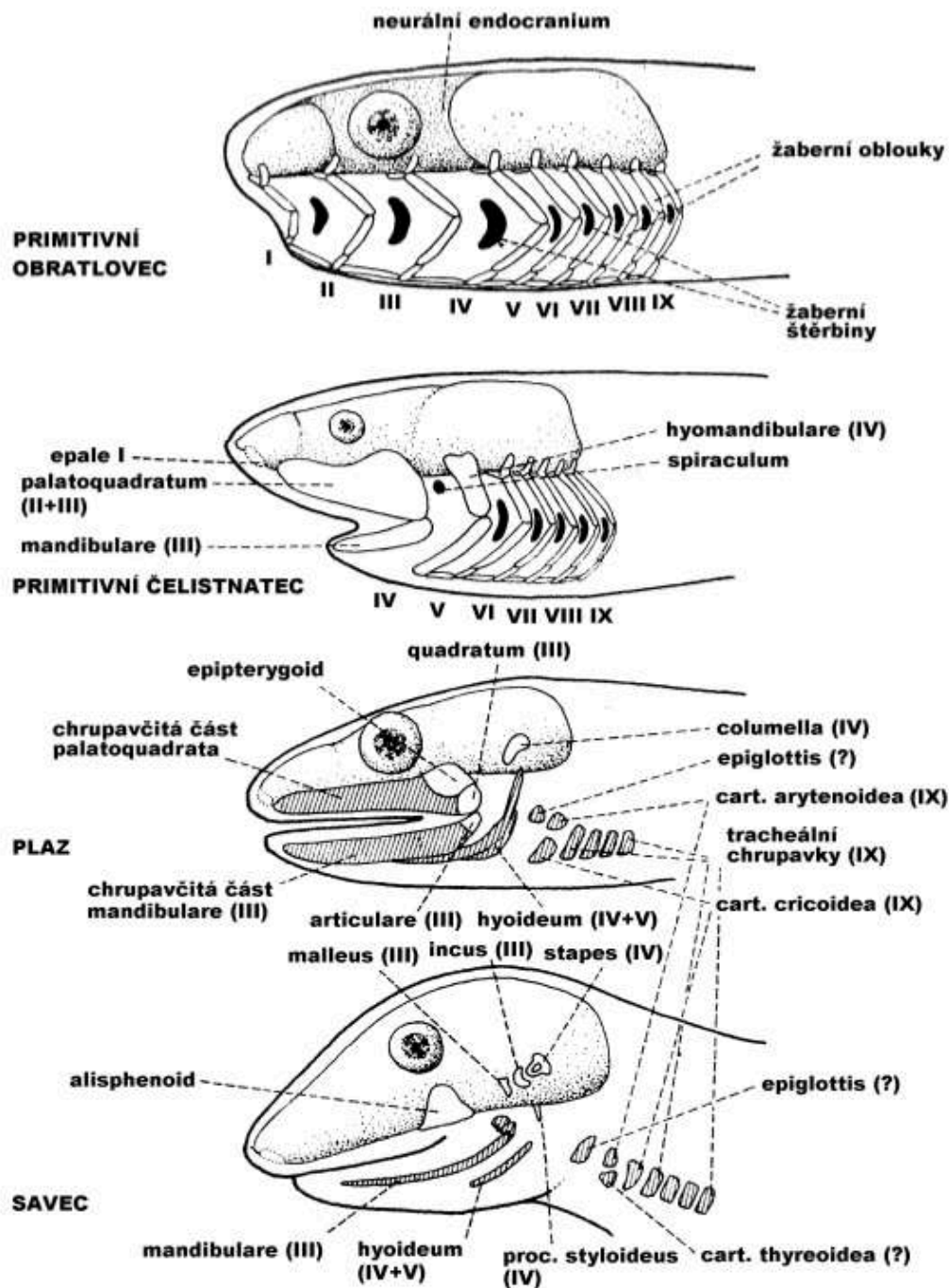
Primární čelistní kloub:
chrupavka **PQ** + Meckelova chrupavka (**MC**)
jejich osifikace: **quadratum** (-PQ) a
articulare (-MC).

Savci: sluchové kůstky:
quadratum » **kovadlinka** (incus)
articulare » **kladívko** (malleus).

Hyomandibula (hyoidního oblouku):
» **sluchová kůstka** (columella)



Souhrn: evoluce viscerokrania



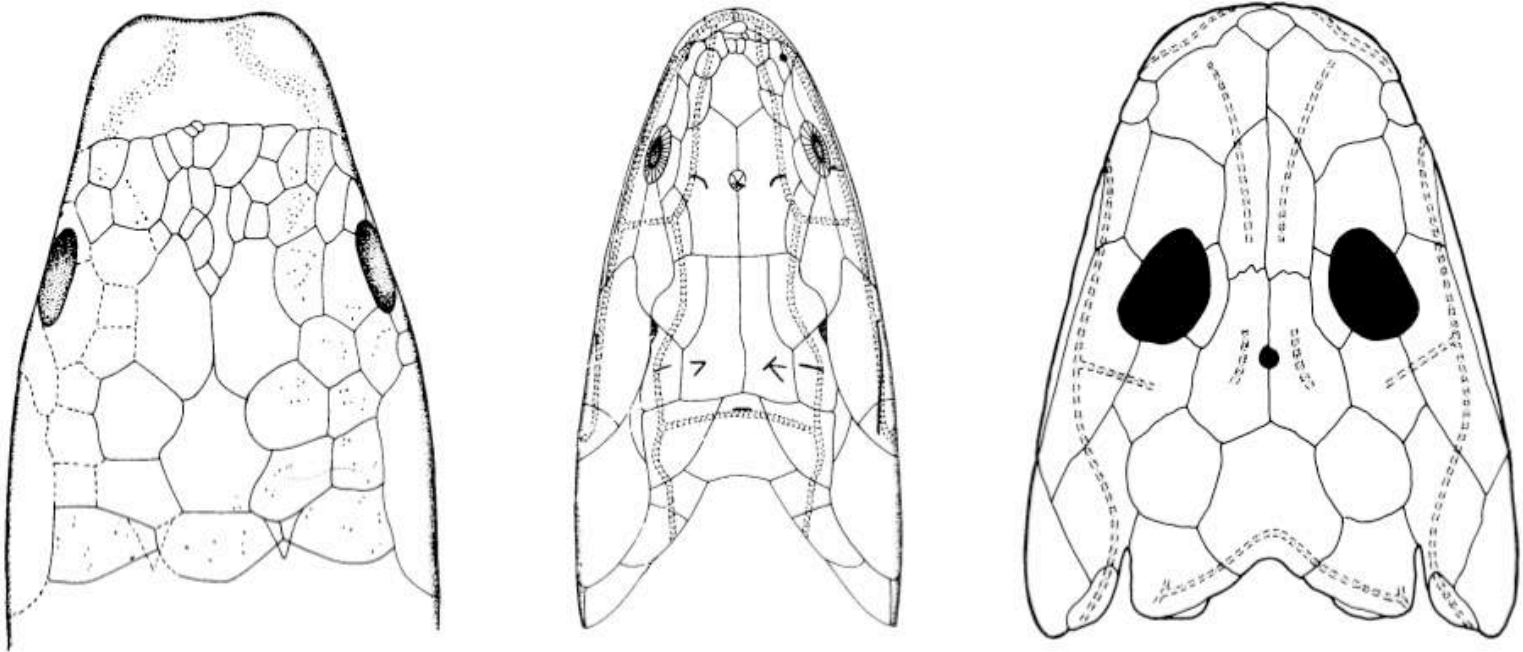
Obr. 140 Schema znázorňující modifikace viscerokrania během evoluce obratlovců. Šrafované jsou znázorněny deriváty žaberních oblouků, které zůstaly na stadiu chrupavky. Částečně podle Remaneho, Storcha a Welsche (1976).

Dermatokranium:

ploché kostěné elementy vznikající přímou osifikací z mesenchymu ve škáře;

v průběhu evoluce *tendence* ke kompaktnosti a zjednodušování kostí;

zároveň dochází k zatačování viscerokrania a chondrokrania



Obr. 123 Kostní schema střechy lebeční devonské dvojdyšné ryby *Dipterus* (vlevo), lalokoploutvé ryby *Eusthenopteron* (uprostřed) a primitivního obojživelníka *Ichthyostega* (vpravo). Z Jarvika (1980).

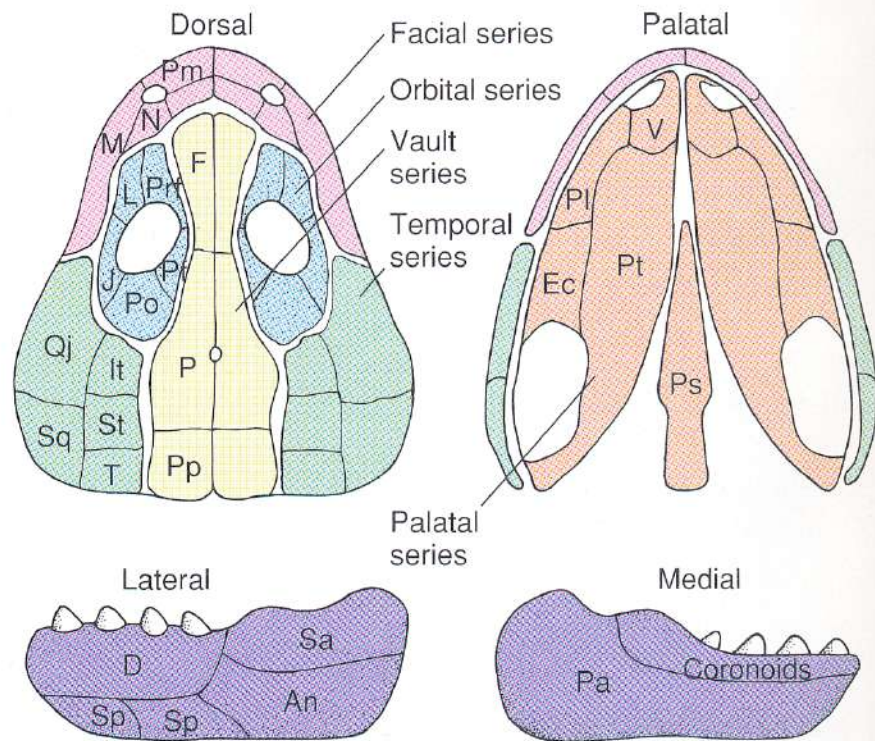


Figure 7.10 Major bones of the dermatocranium. Sets of dermal bones form the facial series surrounding the nostril. The orbital series encircles the eye, and the temporal series composes the lateral wall behind the eye. The vault series, the roofing bones, run across the top of the skull above the brain. Covering the top of the mouth is the palatal series of bones. Meckel's cartilage (not shown) is encased in the mandibular series of the lower jaw. Abbreviations: angular (An), dentary (D), ectopterygoid (Ec), frontal (F), intertemporal (It), jugal (J), lacrimal (L), maxilla (M), nasal (N), parietal (P), prearticular (Pa), palatine (Pl), premaxilla (Pm), postorbital (Po), postparietal (Pp), prefrontal (Prf), parasphenoid (Ps), pterygoid (Pt), quadratojugal (Qj), surangular (Sa), splenial (Sp), squamosal (Sq), supratemporal (St), tabular (T), vomer (V).

Hlavní kosti a kostěné série dermatokrania

Faciální série (horní čelist): systém kolem nozder; Pm.+Max. zubonosné.

Orbitální série: kolem oka; neplést se sklerotikálním prstencem!

Temporální série: postorbitální pozice, častá *fenestrace*.

Série střechy lebeční: chrání mozek shora; "*parietální oko*".

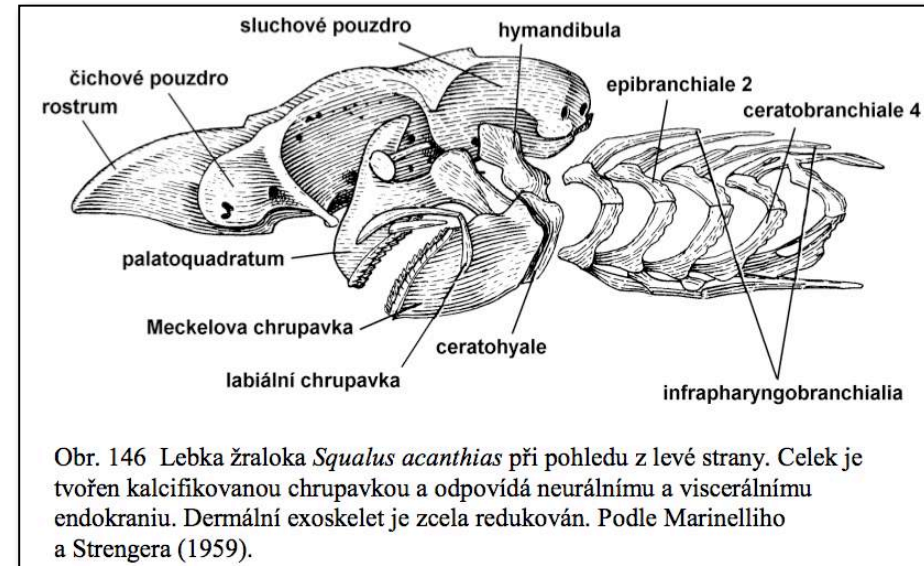
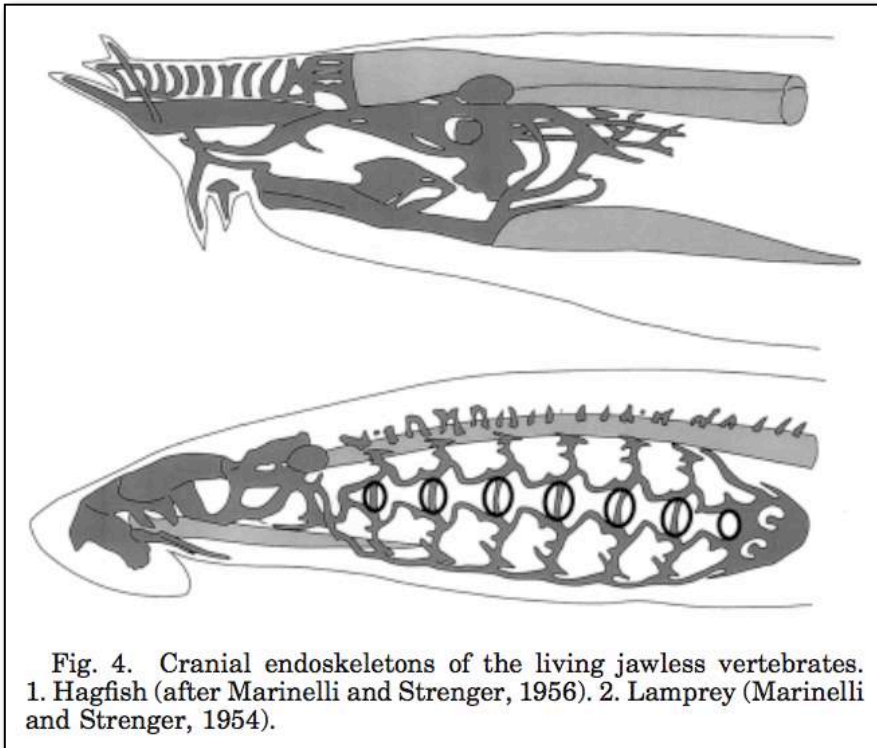
Palatální (ústní) série: prim. patro, mohou nést zuby.

Mandibulární série: kolem Meckelovy chrupavky.

Operkulární série, série kostí pletence lopatkového, ...

...všechny série v zásadě didaktické, nicméně kosti vznikají podél otvorů postranní linie !

Dermatokranium zcela chybí u mihule a sliznatek (současných bezčelistnatých), ale také u paryb (prim. čelistnací)... ... primární, či sekundární stav?



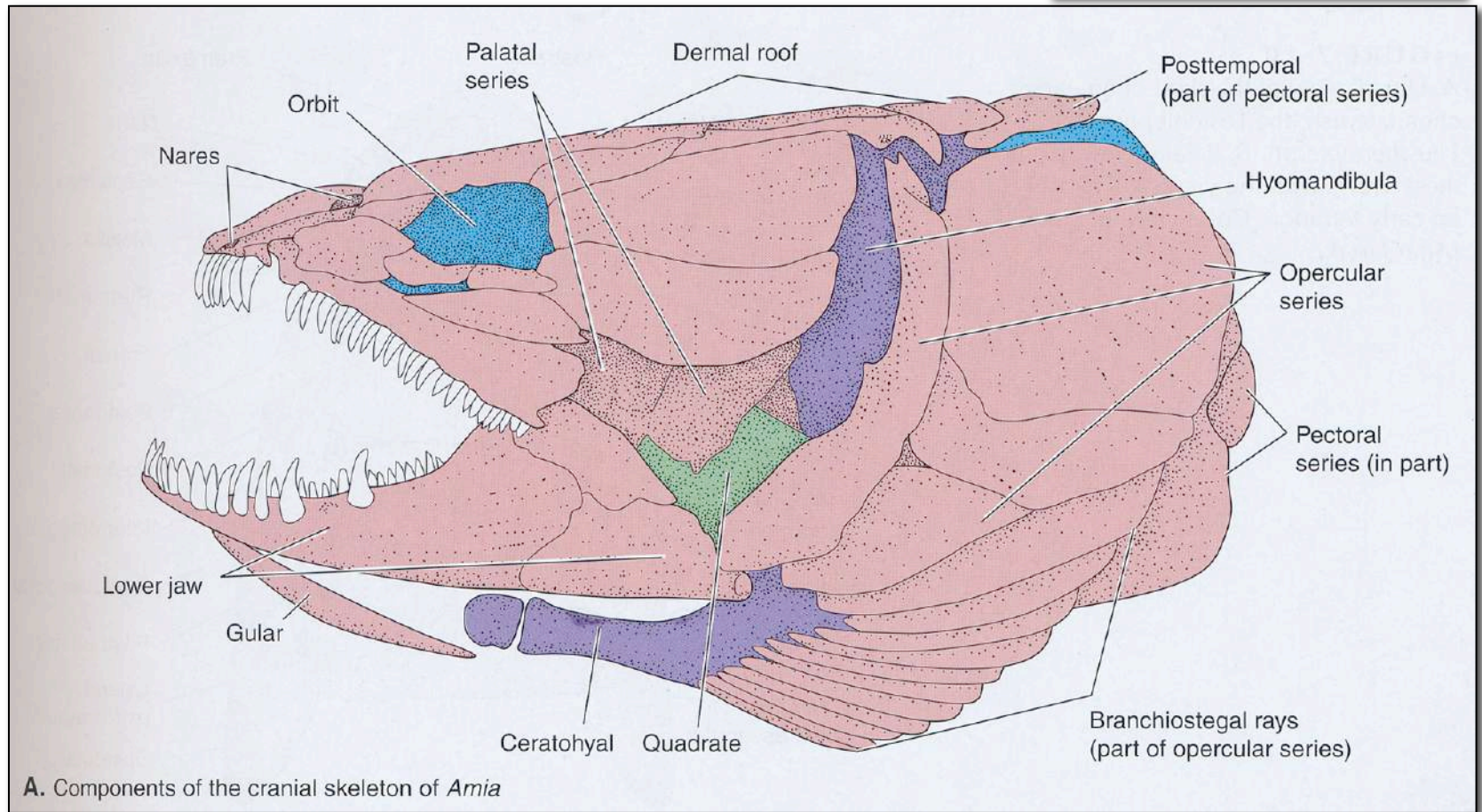
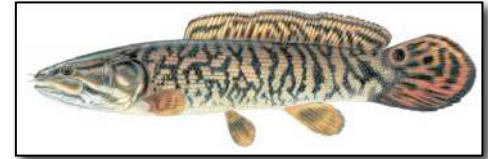
- Chybí dermatokranium a exoskeleton
- Pololebka
- Nejasná homologie endoskeletálních elementů
- Branchiální (žaberní) koš umístěn superficiálně, pod povrchem

- Chybí kostěná lebka (“progresivní zástava osifikačního procesu”)
- Kalcifikovaná chrupavka (“makroskopicky kost”)
- Kost (acelulární) pouze v centrech obratlů, na bázi zubů a plakoidních šupin
- Masivní srostlé neurokranium: čichová, optická, oticko-okcipitální část

Obrovský rozvoj dermatokrania – rybovití obratlovci



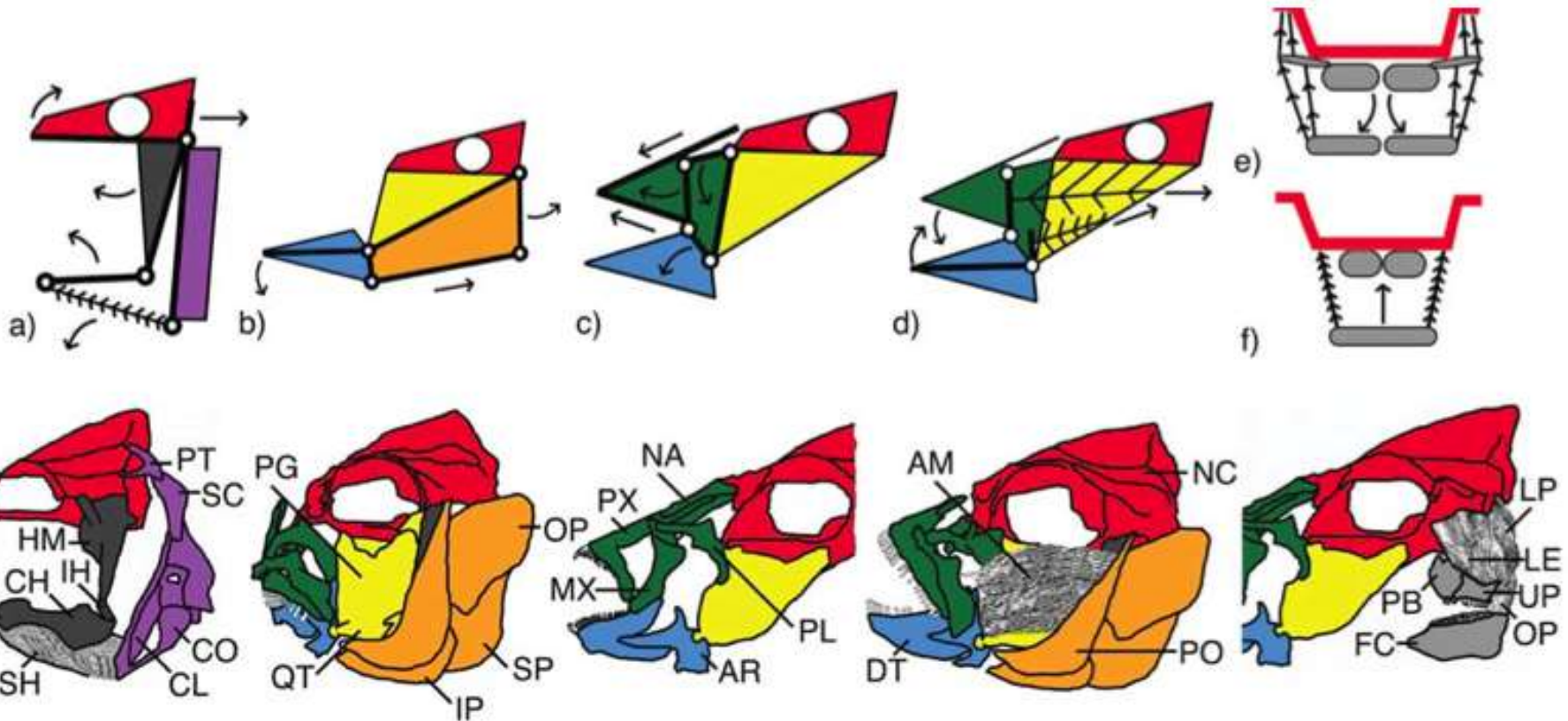
Obrovský rozvoj dermatokrania – rybovití obratlovci

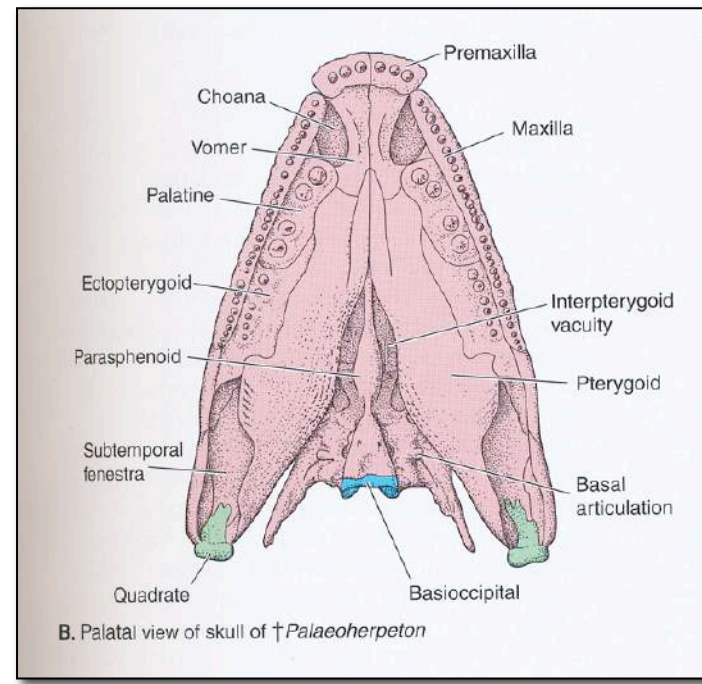
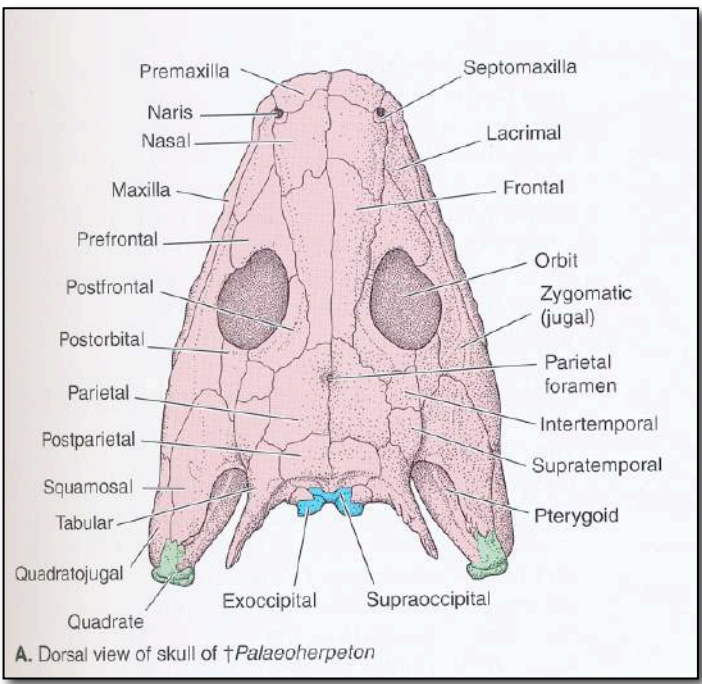
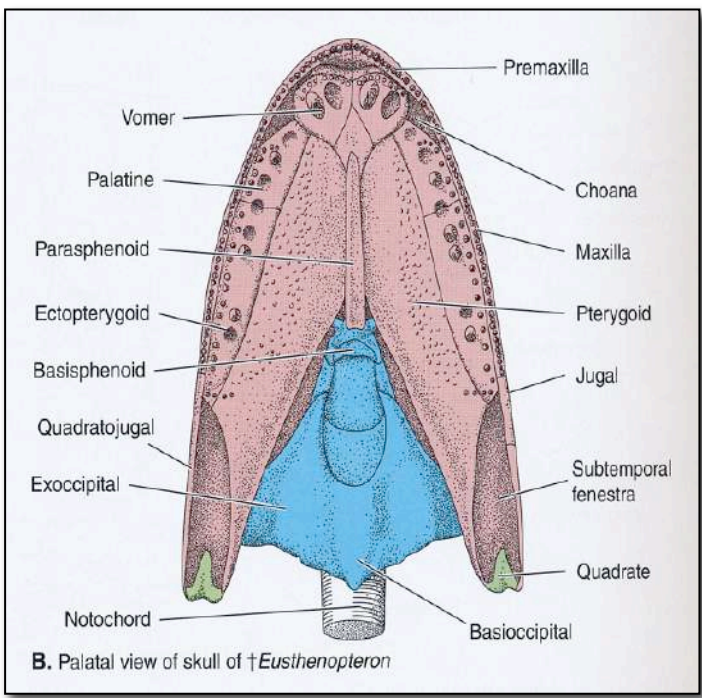
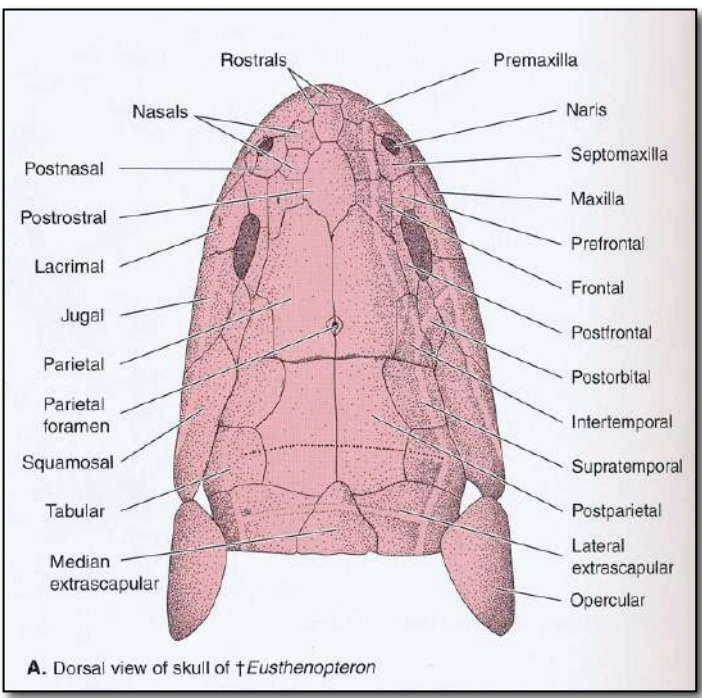


- Obrovský rozvoj dermatokrania
- Diversita typů a velmi kinetická lebka
- Operkulární série plochých kostí, branchiostegalia – chrání žábry a umožňují pohyb vody

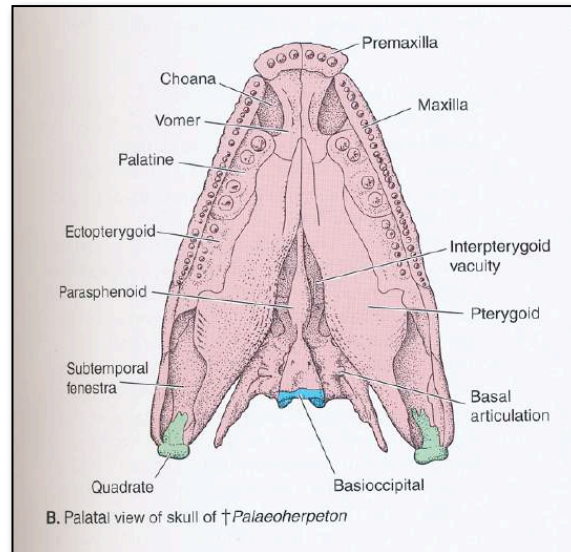
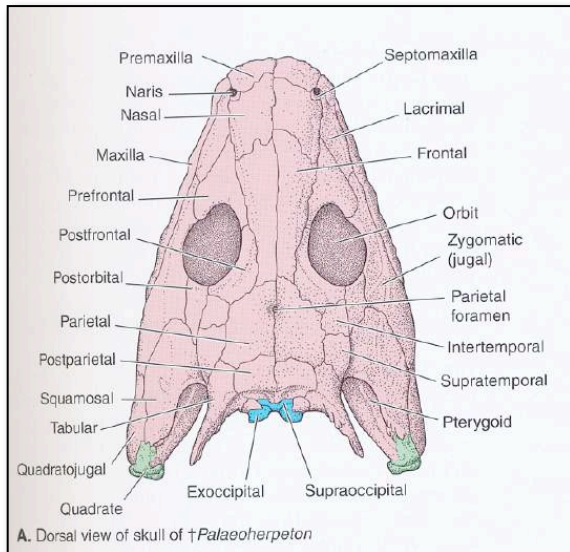
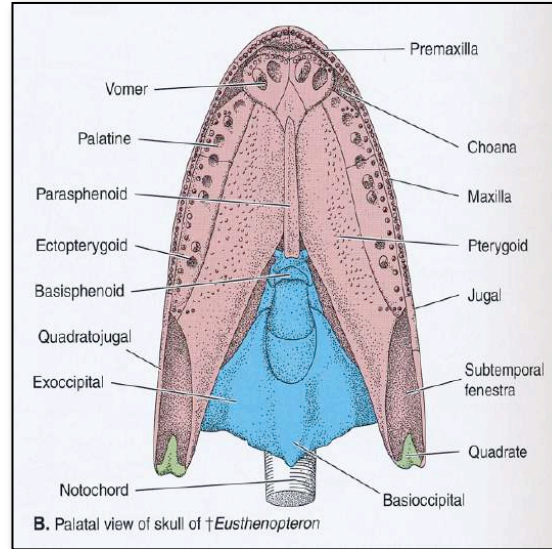
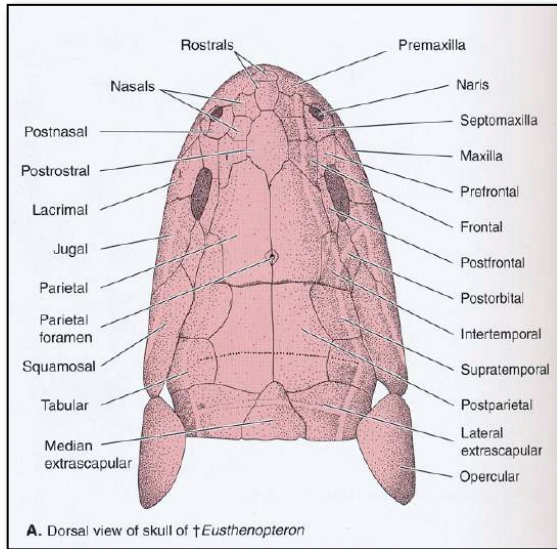
Obrovský rozvoj dermatokrania + extrémní kineze (pohyblivost) lebky kostnatých ryb (Teleostei):

svaly, kosti, zuby a klouby tvoří převelice kinetický a modulární systém se vzájemně propojenými prvky » zásadní vývojová inovace kostnatých ryb (srv. jejich druhová diversita cca 35 tis.!)





“Tetrapoda”



- Srv. proporce lebky!
- Choany (vn. nozdry) » plíce
- Eusthen.: operkulární série » žábry, br.oblouky
- Tetrapoda: ztráta br. aparátu+krycích kostí
- Tetrapoda: vznik krku » odloučení kostí hr.pletence (pletence lopatkového)
- Parietální otvor (par. vs. pineální orgán)
- Postupná ztráta systému laterální linie
- Homodontní zuby

Obojživelníci

- Plochá a široká lebka » úpon svalů

- Neosifikované chondrokranium

- Basiokcipitální oblast redukce

- Orbit. + temp. série ztracena

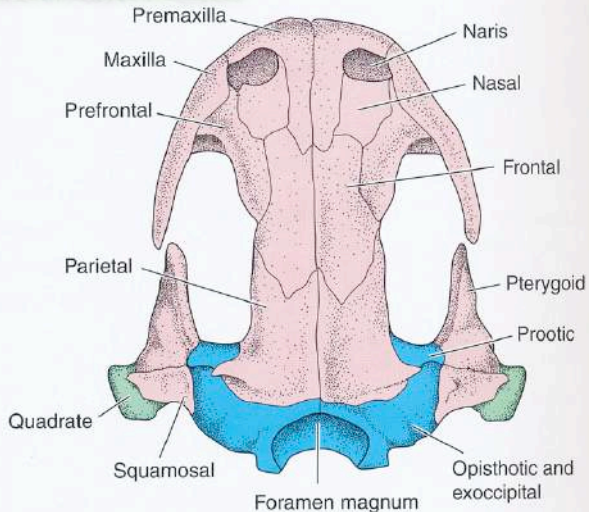
- Žáby: frontoparietale + častá ztráta zubů

- MC často neosifikuje, ztráta kostí na sp.čelisti

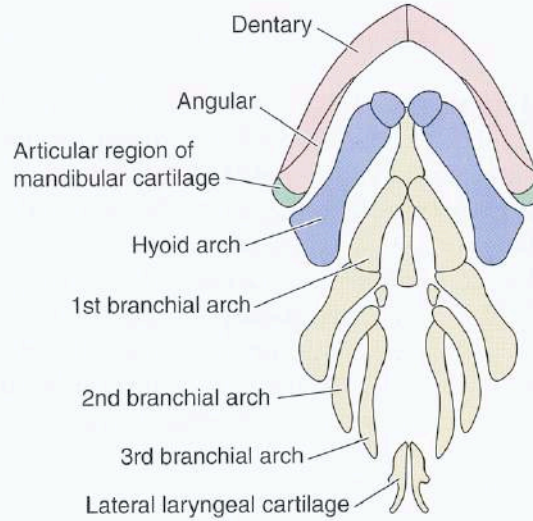
» **heterochronie / pedogeneze!!!**

- Chrupavčitý hyobranchiální aparát (pohyb jazyka: polykání a výměna plynů)

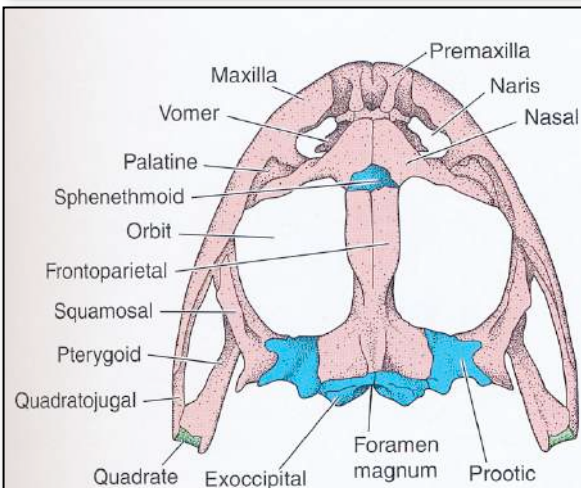
- Laryngeální chrupavky



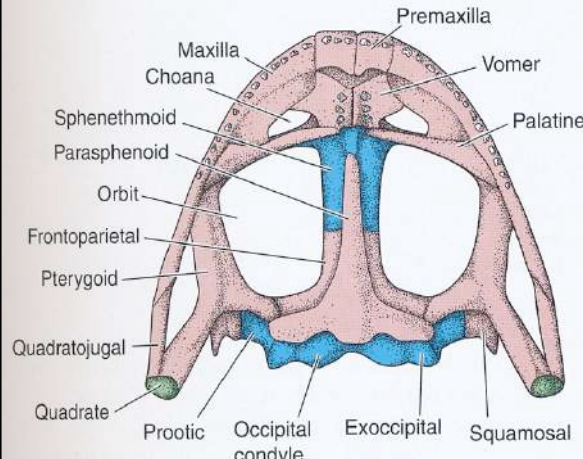
A. Dorsal view of skull of *Ambystoma*



B. Lower jaw and hyobranchial apparatus of *Necturus*



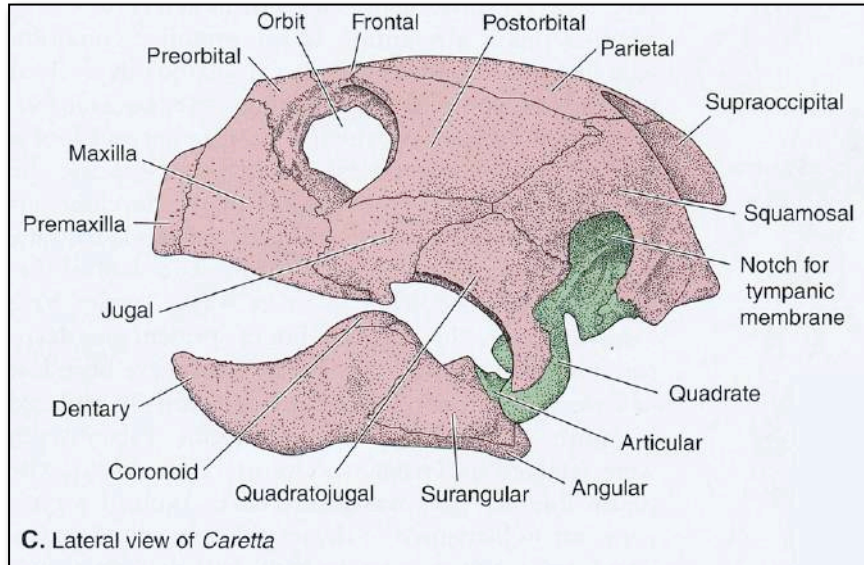
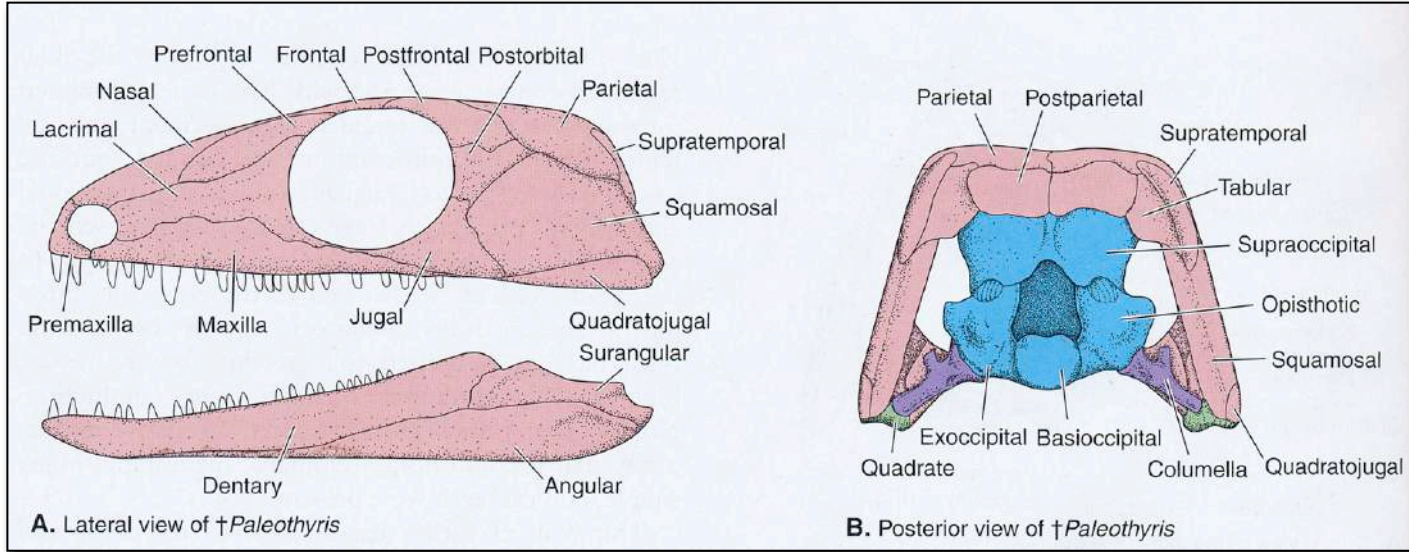
A. Dorsal view of the skull of *Rana*



B. Palatal view of the skull of *Rana*



Anapsidní lebka (bez spánkových jam) – Reptiliomorpha



Evolve dermatocrania amniot

Umístění a počet tzv. *spánkových jam* definuje reptilomorfní linie:

Anapsidní lebka je výchozí

Synapsidní (*quadratojugale, jugale, postorbitale, squamosum*) je evolučně nejstarší

Diapsidní: 2 otvory: spodní viz výše + horní (*parietale, squamosum, postorbitale*)

Euryapsidní: zachován pouze horní otvor

+ další modifikace...

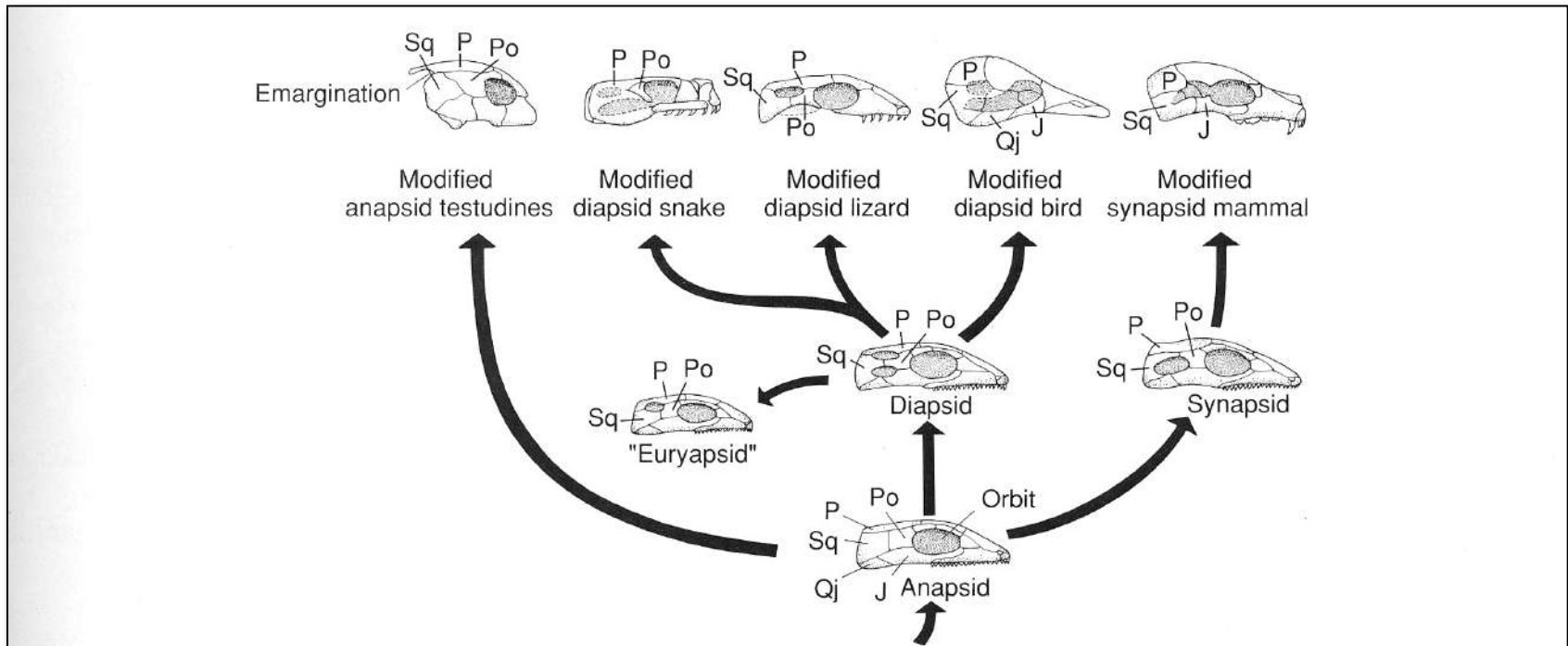


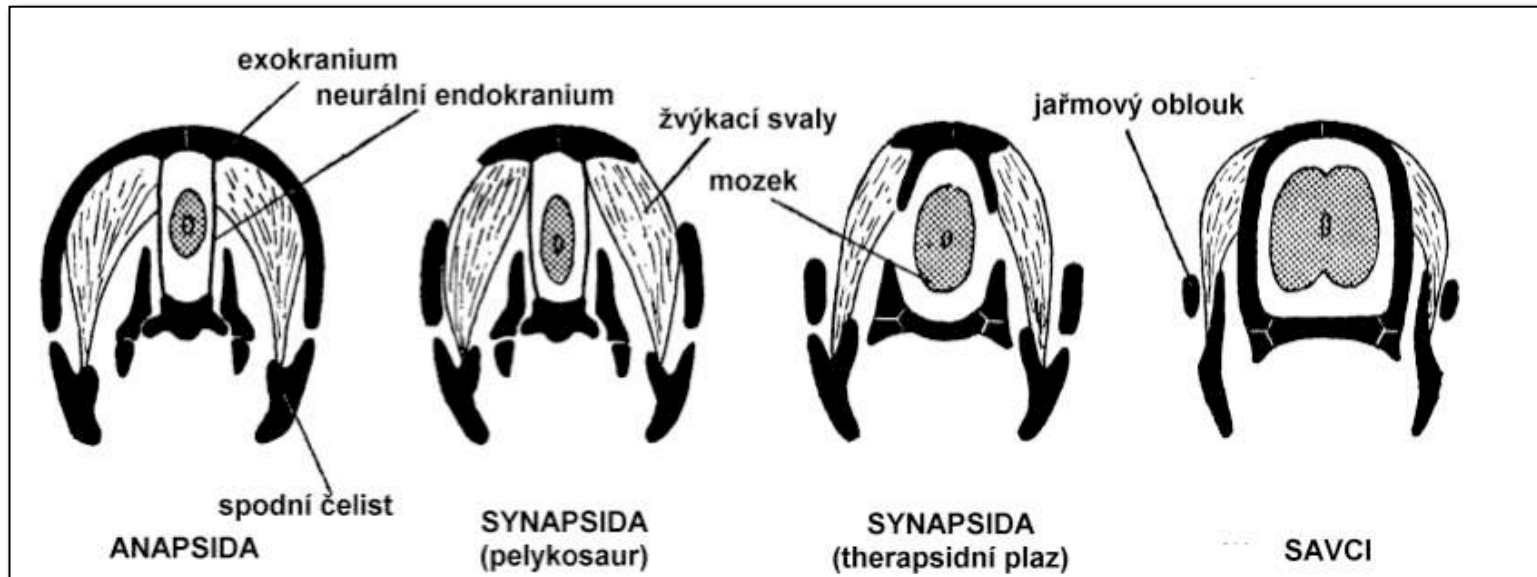
Figure 7.34 Major lineages of dermatocranium evolution within amniotes. The anapsid skull occurs in cotylosaurs and their modern descendants, turtles and tortoises. Two major groups, the diapsids and synapsids, independently evolved from the anapsids. *Sphenodon* and crocodylians retain the primitive

diapsid skull, but it has been modified in diapsid derivatives such as snakes, lizards, and birds. Shading indicates positions of temporal fenestrae and orbit. Abbreviations: jugal (J), parietal (P), postorbital (Po), quadratojugal (Qj), squamosal (Sq).

Evoluce dermatokrania amniot

Rozvoj žvýkacích svalů a tzv. temporální fenestrace

Zvětšení žvýkacích svalů (pův. *adduktor* žaberních oblouků mezi CB a EB) vedlo k fenestraci (otevření) lebky podél míst největšího namáhání (švů).

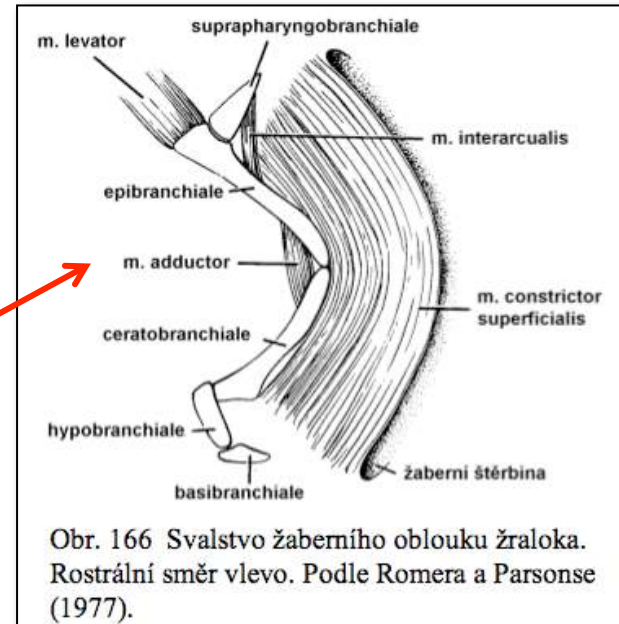


Obr. 128 Mechanismus vzniku spánkových jam u plazů znázorněný na schematizovaných příčných řezech lebkou anapsidního plaza (např. zástupce skupiny Cotylosauria), primitivního zástupce skupiny Synapsida, pokročilého zástupce skupiny Synapsida a savce. Podle Grodzinského a kol. (1976).

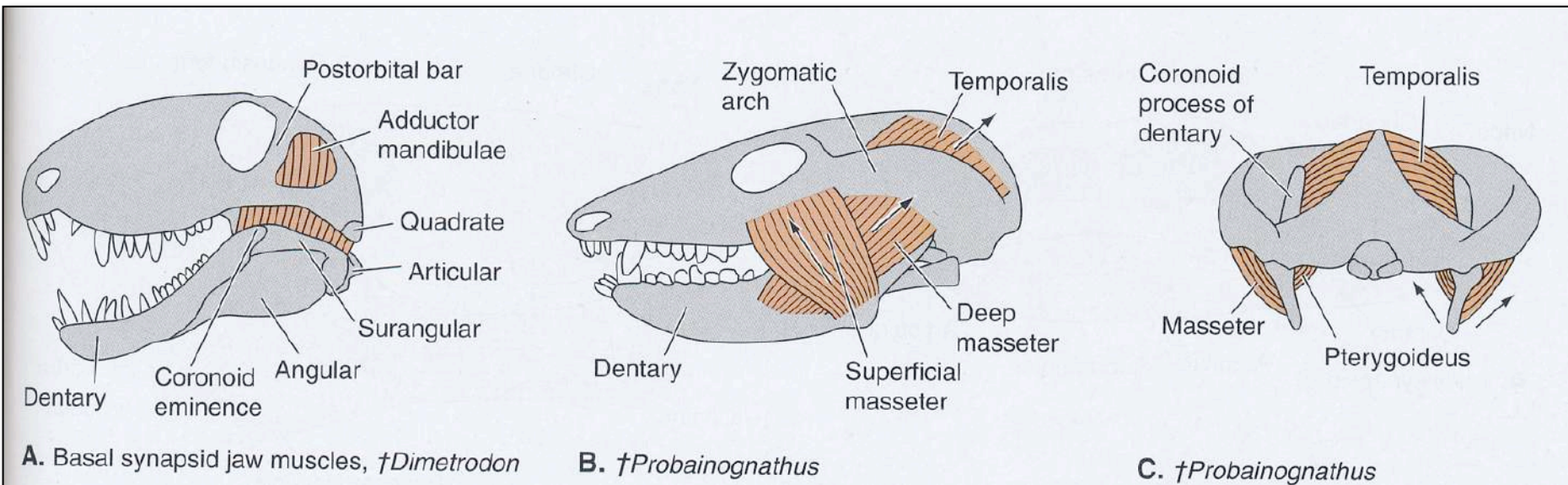
Evoluce dermatokrania amniot

Rozvoj žvýkacích svalů a tzv. temporální fenestrace

Zvětšení žvýkacích svalů (pův. *adduktor* žaberních oblouků mezi CB a EB) vedlo k fenestraci (otevření) lebky podél míst největšího namáhání (švů).



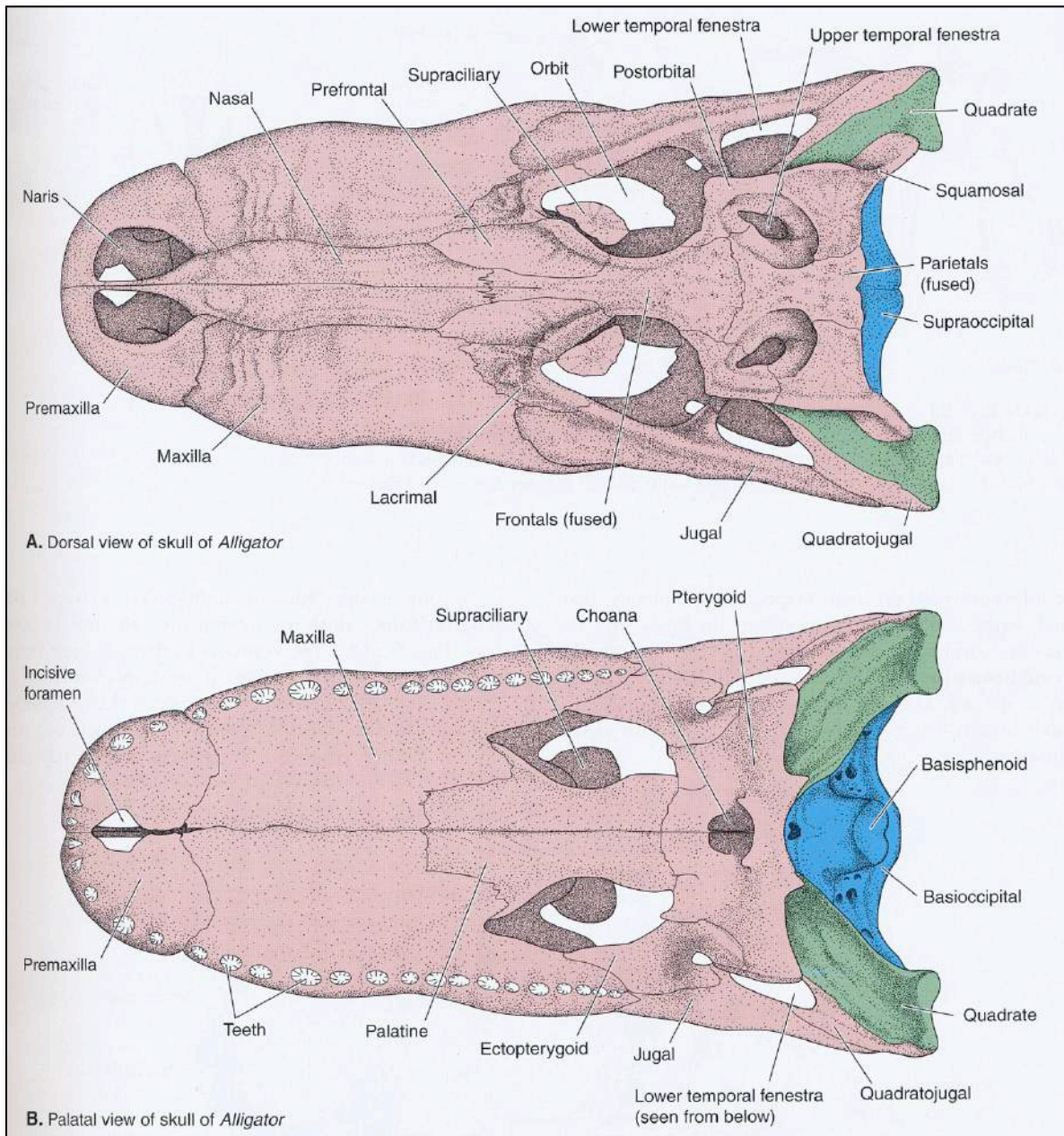
Obr. 166 Svalstvo žaberního oblouku žraloka. Rostrální směr vlevo. Podle Romera a Parsonse (1977).



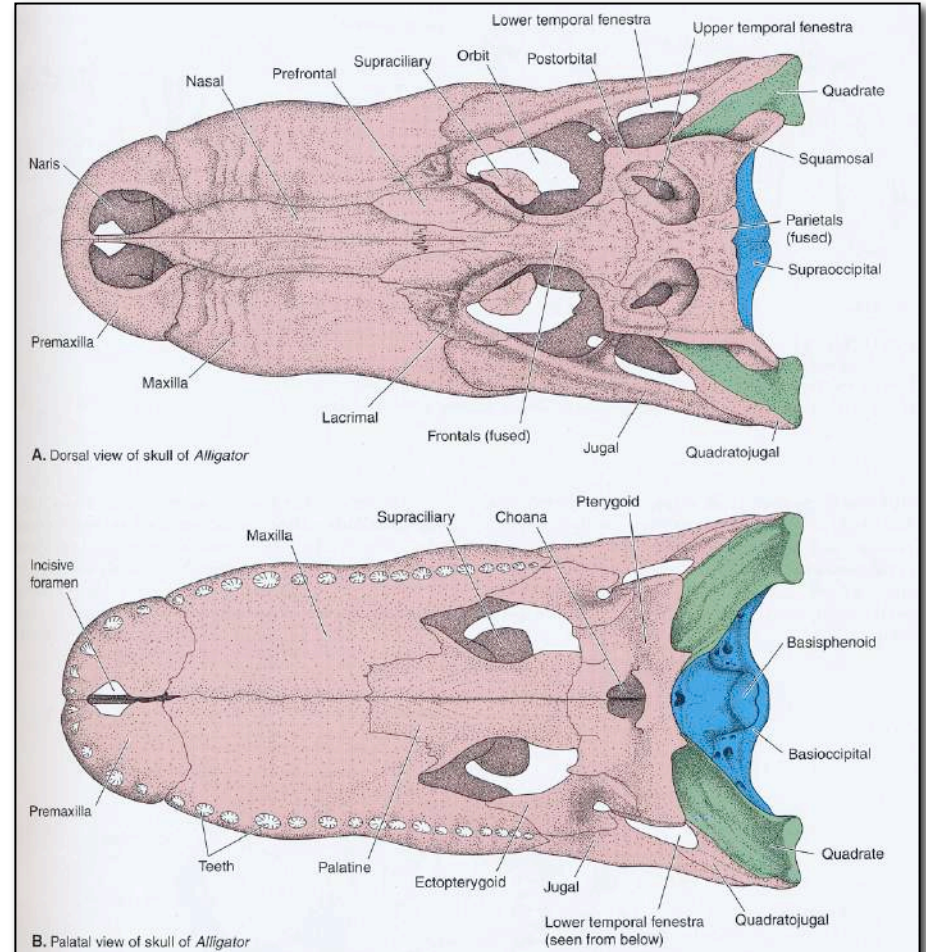
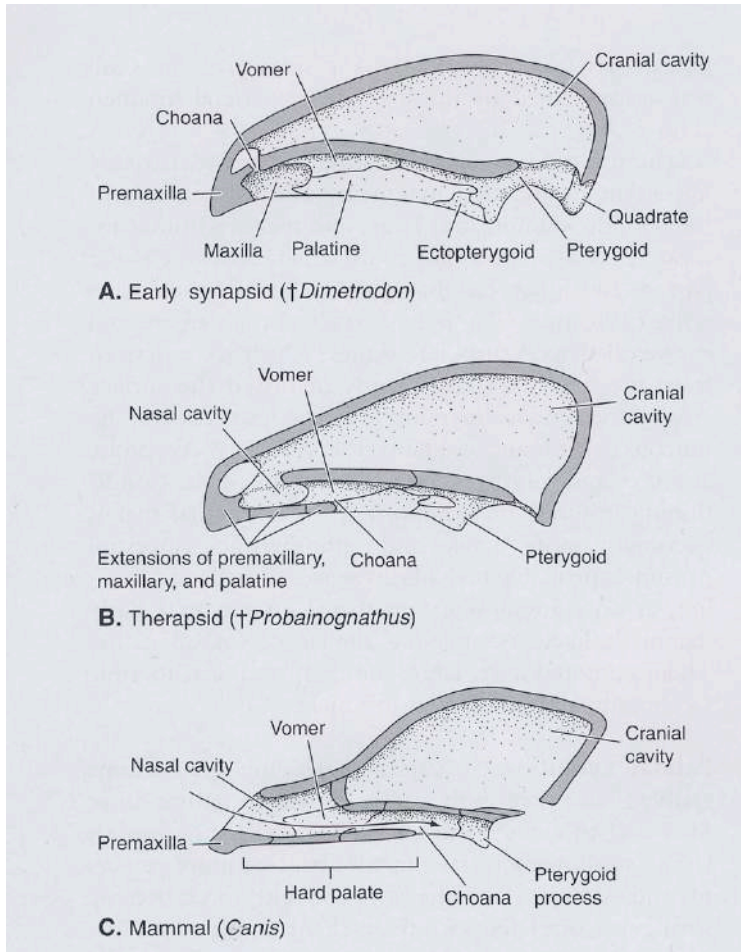
A. Basal synapsid jaw muscles, †*Dimetrodon*

B. †*Probainognathus*

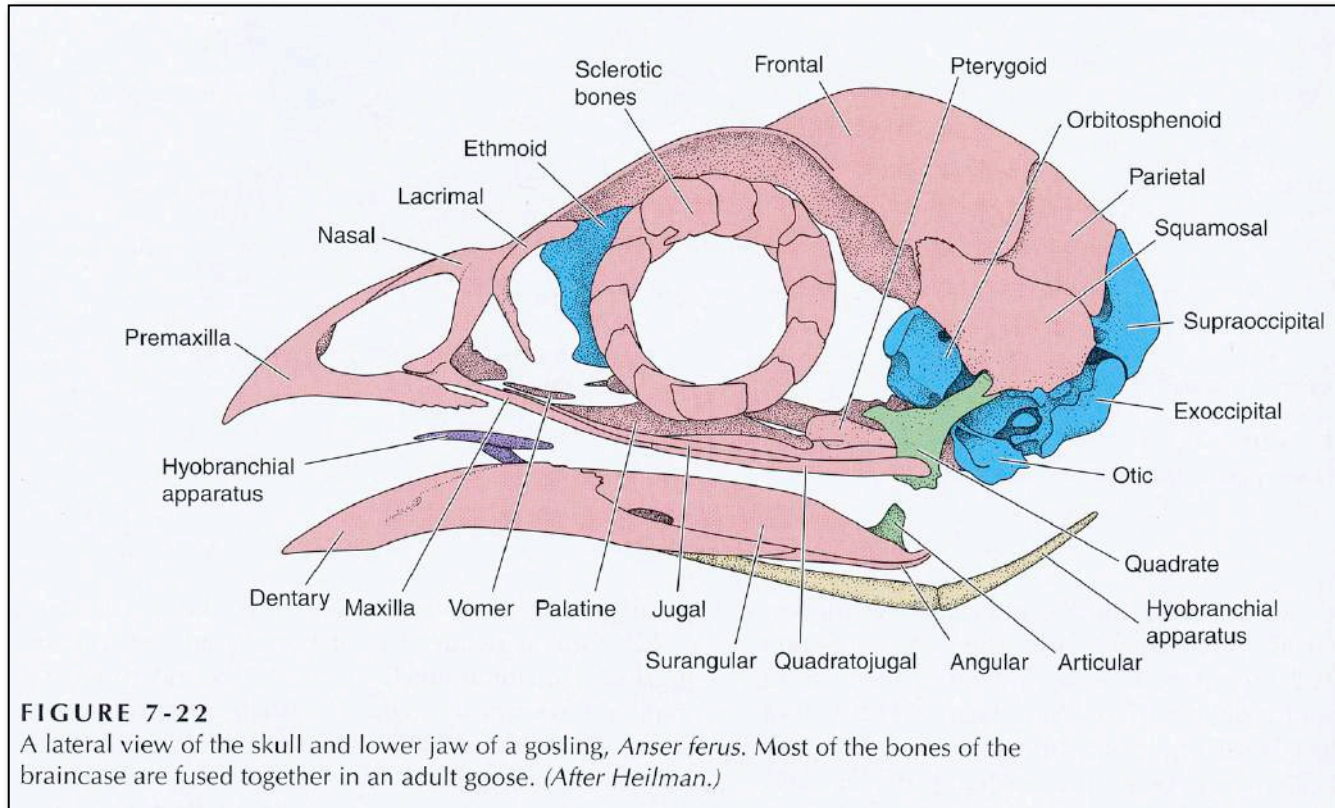
C. †*Probainognathus*



Sekundární (tvrdé) patro obratlovců

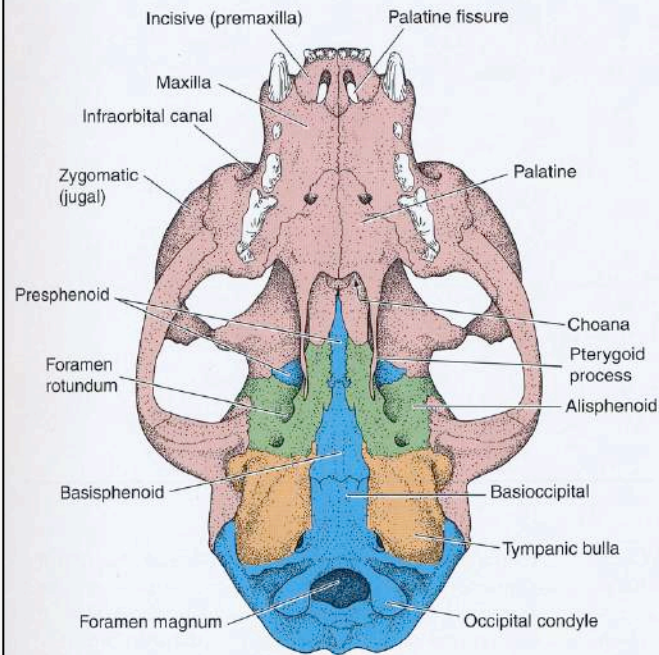
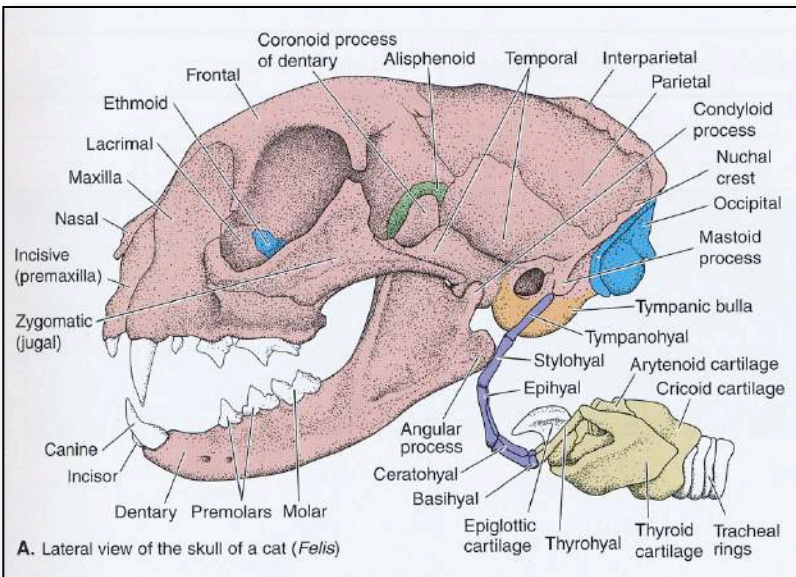


Ptáci



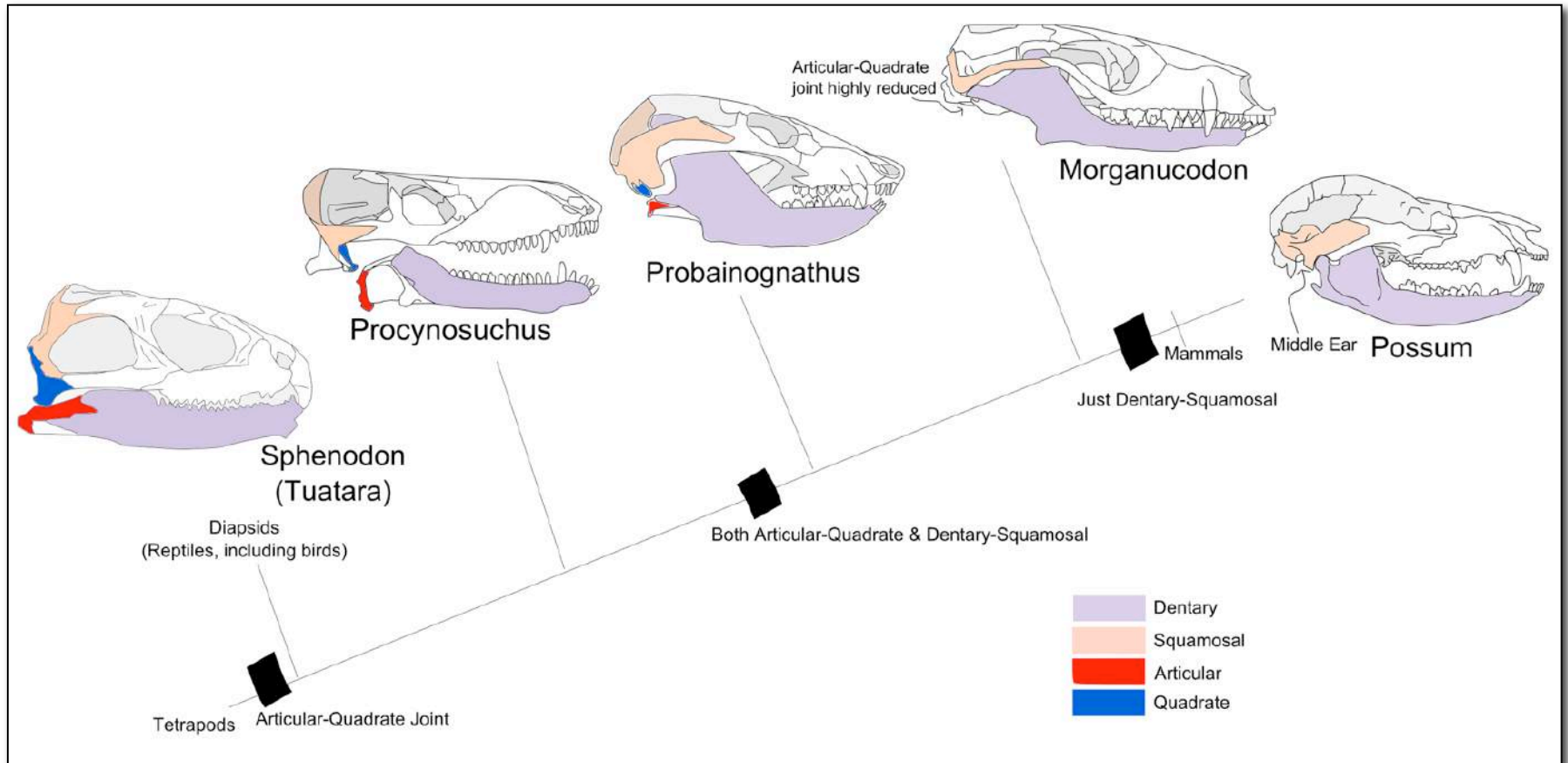
- Splynutí premaxily, maxily a nasale + dentale a spleniale »
kostěná výztuha zobáku – keratinová ramfotéka

Savci



- Splynutí dalších kostí (premaxila, maxila, jugale, frontalia a parietalia)
- Jediná kost spodní čelisti: dentale
- Endokranium vystupuje na povrch

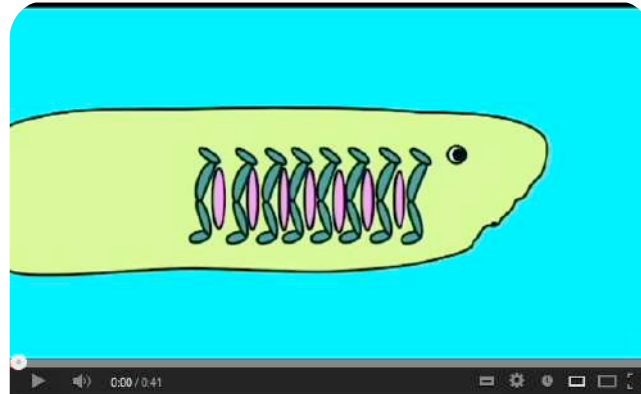
Primární vs. sekundární čelistní kloub



primární čelistní kloub = quadratum (PQ) + articulare (MC)

sekundární čelistní kloub = squamosum + dentale

Evoluční modifikace lebky obratlovců



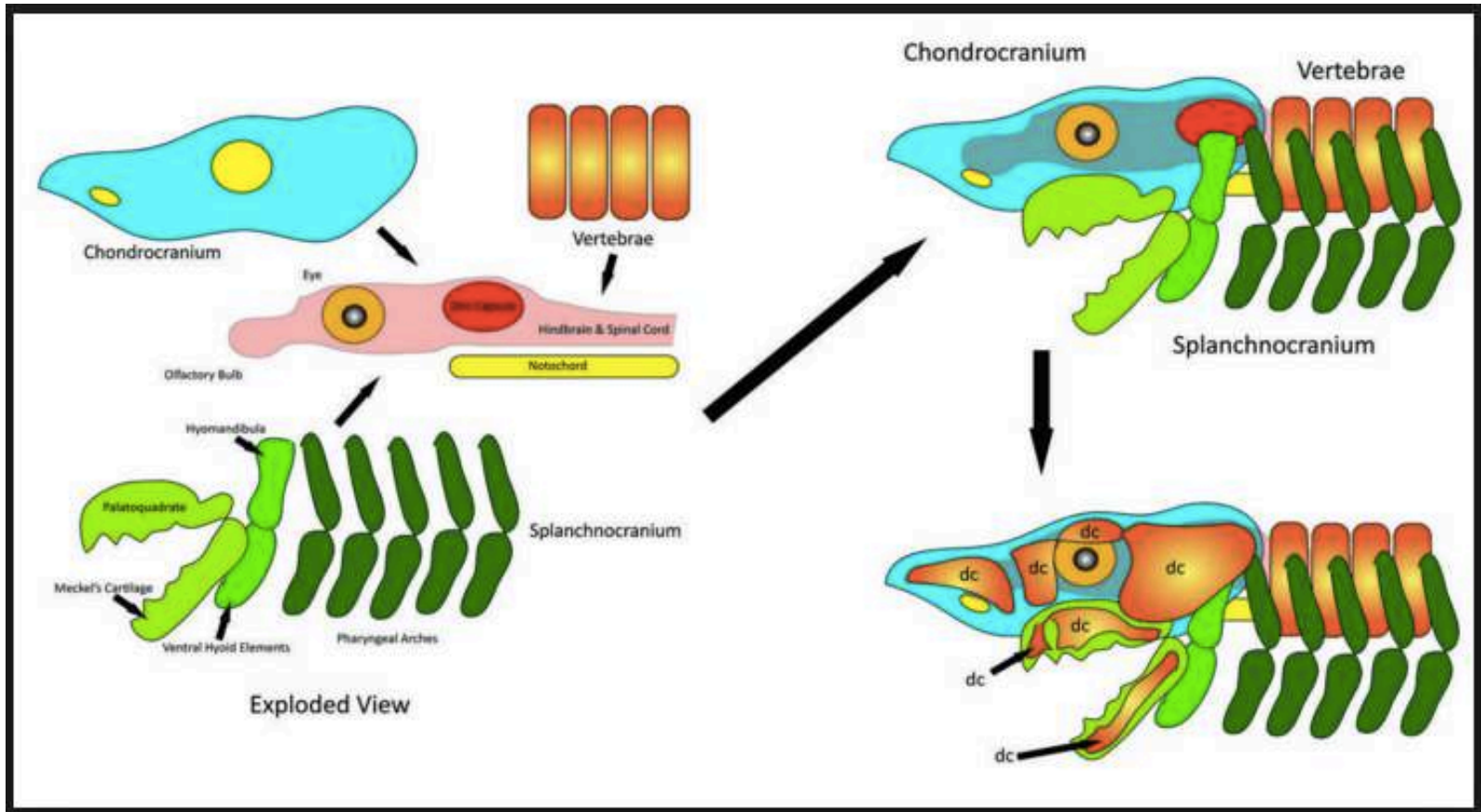
PL1_FOSSIL BONY FISH_OSTEICHTHYAN SKULL

PL1_FOSSIL BONY FISH_OSTEICHTHYAN SKULL

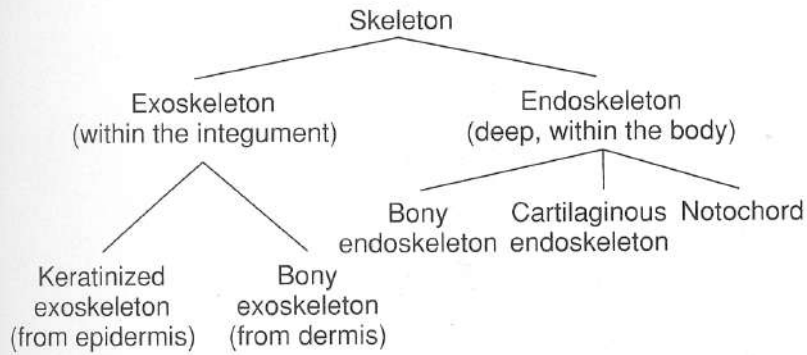
http://www.youtube.com/watch?v=JNBn9L6vsuc&feature=player_embedded



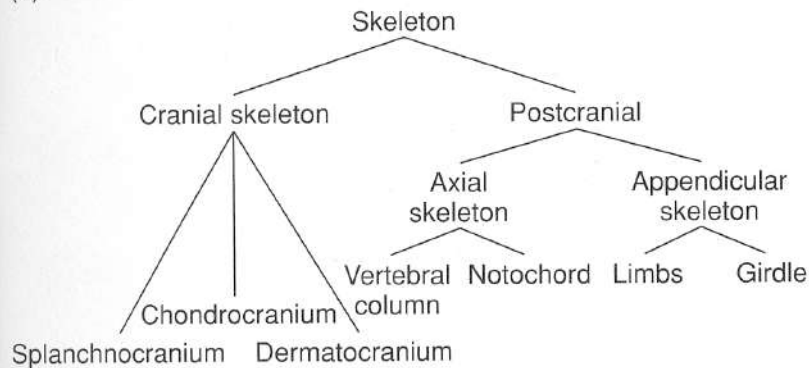
Od *povrchů* k *opěrné soustavě a skeletu*: hlavový skelet a lebka obratlovců



Obecné dělení skeletu obratlovců



(a)

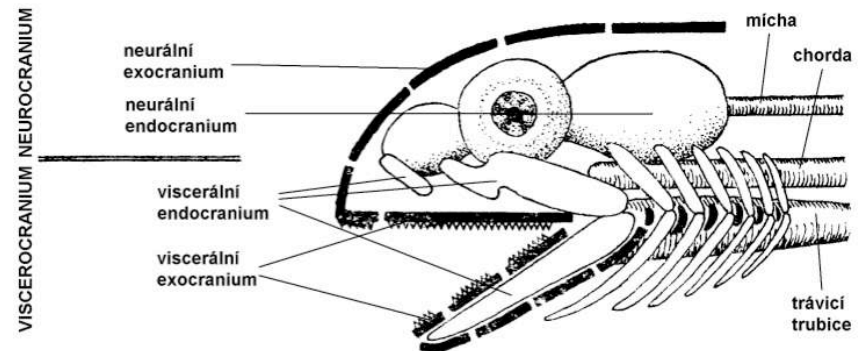


(b)

Figure 7.1 Organization of skeletal tissues in vertebrates. Components of the skeletal system function together as a unit but, as a convenience, they can be divided into manageable parts for closer analysis. (a) As a protective and supportive system, the skeleton can be divided into structures on the outside (exoskeleton) and inside (endoskeleton) of the body. (b) On the basis of position, the skeleton can be treated as two separate components, the cranial skeleton (skull) and the postcranial skeleton. The postcranial skeleton includes the axial and appendicular skeletons.

**Exoskeleton
vs.
Endoskeleton:**

vzniká *endesmální osifikací* (dermis)
vs.
enchondrální osifikací (chrupavka)



Obr. 117 Základní členění lebky čelistnatého obratlovce. Podle Ročka (1985).