

Fylogeneze a diverzita živočichů

Gnathostomata



Synapomorfní znaky čelistnatců a mihulí

- Jsou vytvořeny **alespoň chrupavčité základy horních (neurálních) oblouků** obratlů a postupně vznikají obratle s oblouky a centrálním tělem, které se spojují v páteř.
- Nepárové ploutve jsou ovládány radiálními svaly, objevila se hřbetní ploutev.
- Ve vnitřním uchu jsou vytvořeny **alespoň dvě polokružné chodby**. Vznikla postranní smyslová čára s neuromasty.
- Mají dobře **vyvinuté komorové oči**
- **Nejsou přítomna přídatná srdce** a vytvořila se nervová regulace srdeční činnosti. Objem krve je menší než 10% objemu těla, v krvi jsou přítomny pravé lymfocyty vytvářející tři buněčné typy.
- Účinnost trávicích procesů ve střevě je zvýšena **vytvořením spirální řasy** a po jejím zániku v pokročilejších liniích je vnitřní **povrch střeva zvětšen jinými způsoby**.
- Pronefros nepřetrvává do dospělosti, dochází ke změnám morfologie pozdějších vývojových stádií ledvin a k úpravám funkce sběrných kanálků a primárních močovodů.
- Osmotický tlak solí v tělních tekutinách je asi o jednu třetinu nižší než v mořské vodě a vytvořily se **mechanismy hyperosmoregulace**.

Apomorfie čelistnatců (Gnathostomata)

- Jsou vytvořeny čelisti, které vznikly přeměnou párového prvního žaberního oblouku.
- Zpravidla je přeměněn také další párový žaberní oblouk, jazylkový. První žaberní štěrbina (*spiraculum*) mezi čelistním a jazylkovým obloukem je redukována.
- Je vytvořen endoskelet z kostní tkáně vznikající z chrupavky (endochondrální osifikace nebo perichondrální osifikace). Objevují se plakoidní šupiny a pravé zuby.
- Je vytvořen jeden pár předních a jeden pár zadních párových končetin s vnitřní kostrou a pletenci = párové končetiny
- Kořeny dorzálních a ventrálních spinálních nervů se překřížují a splývají.
- Je vytvořena myelinová pochva axonů nervových buněk.
- Dorzální a ventrální svalovinu trupu odděluje vodorovná vazivová přepážka (*septum horizontale*), žebra!!
- párové zevní nozdry, čichový orgán neleží v sousedství s hypofýzou
- V labyrintu vnitřního ucha vzniká třetí, horizontální, polokružná chodba.
- Mají oči s akomodačním aparátem, oční svaly
- V trávicí soustavě je diferencován žaludek.
- Pokud dýchají žábami, leží žábry zevně od kosterního žaberního koše (žaberních oblouků). Změna pozice žaber (žábry zevně) je důsledkem jejich ektodermálního původu. Žábry nejsou uloženy ve váčcích.
- 2. (-3.) duplikace Hox genů
- Pohlavní orgány mají vývody a jsou párové, u samců vznikají zpravidla z vývodů vylučovacích orgánů.
- Je vytvořen adaptivní systém imunitní odpovědi se schopností selektivity, regulace a paměti.

• **Archipterygiová teorie** (Gegenbauer) –
diferenciaci homologonů žaberních oblouků

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

• *Typy končetin*
Biseriální archipterygium

Uniseriální archipterygium



Actinopterygium (basalia, radialia, ceratotrichia)

• Končetina tetrapodů (basipodium, stylopodium, zygopodium,
- metapodium, autopodium)

1. střední a pozdní ordovik (Placodermi, Acanthodii, Chondrichthyes),
silur (Actinopterygii, Sarcopterygii), devonská radiace, zánik bezčelistnatců

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

Přeměny žaberních oblouků

Dnes tak známe okolo 58000 druhů čelistnatců, bezčelistných mihulí a sliznatek je naproti tomu pouhá stovka.

Vznik čelistí

Starší práce - mihule postrádají složitější uspořádání genové exprese v embryonálním hltanu, které čelistnatcům umožnilo vytvořit čelistní kloub.

Ale klíčové geny (Msx, Hand, Gsc a Dlx) i u mihulí \Rightarrow nápadně připomíná stav u obratlovců s čelistmi. Tedy složitá genová exprese není evoluční novinkou, která nás měla odlišit od mihulí.

mihule postrádá expresi Bapx a Gdf5 - právě tam, kde u čelistnatců vzniká kloub

„Mandibular Confinement Hypothesis“ 2016

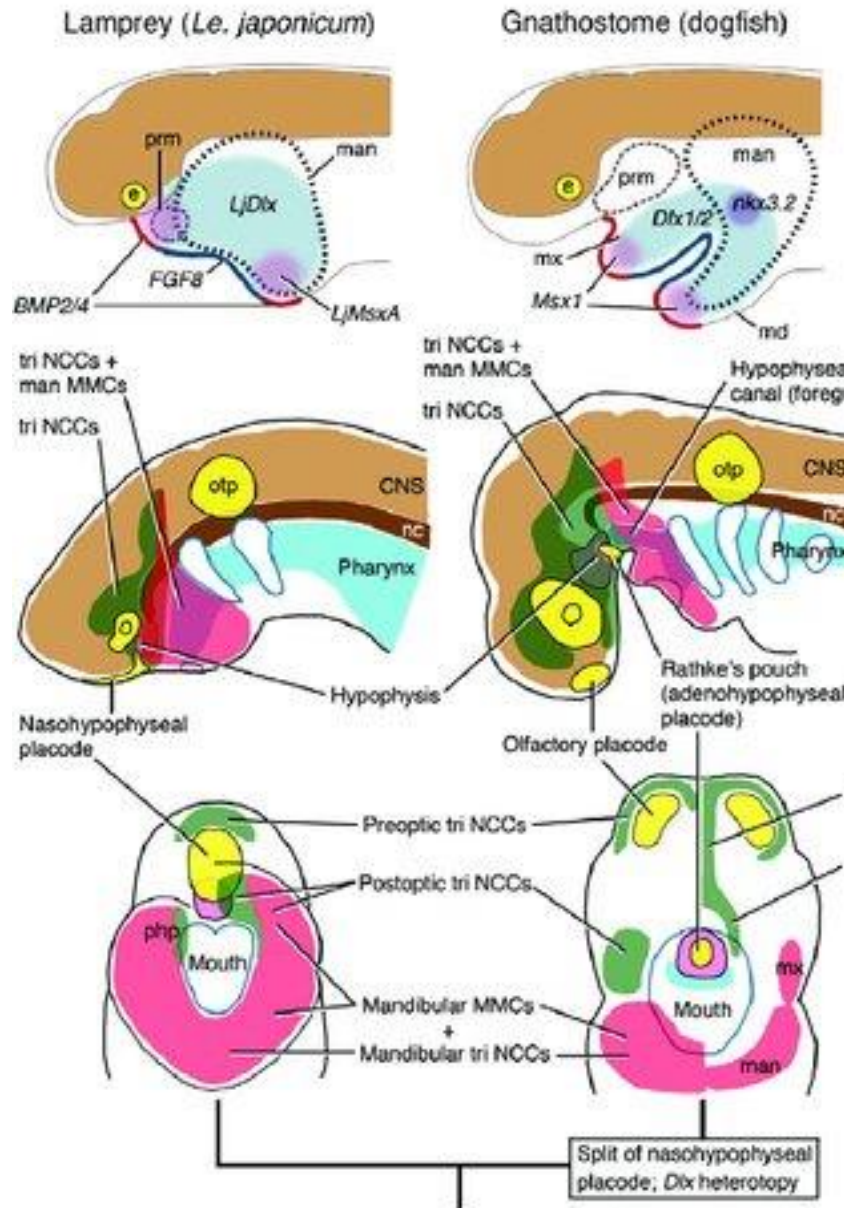
Prostorová izolace struktur čelistního oblouku

Mesenchymální buňky vyplňují prostor uvnitř a kolem čelistního oblouku – izolují ho od další diferenciaci

Mezodermální buňky (před čelistním obloukem) už pak nenabývají dýchací a filtrační funkce (ta se přesouvá dále – posteriorně - na ovlivnitelné žaberní oblouky

– mění se na čelist

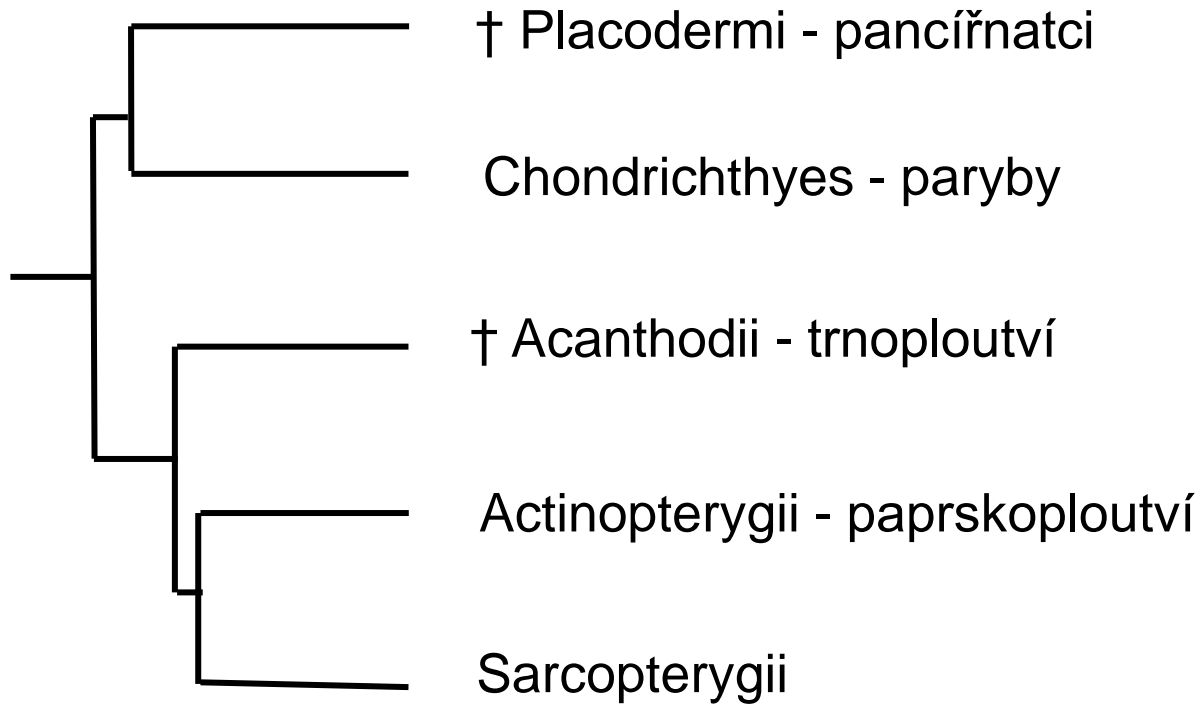
(A) Heterotopy Hypothesis



Premandibulární oblast – bez vlivu mezodermálního mezenchymu (MMCs).

To koreluje s heterotopií exprese *Dtx*

Gnathostomata



!

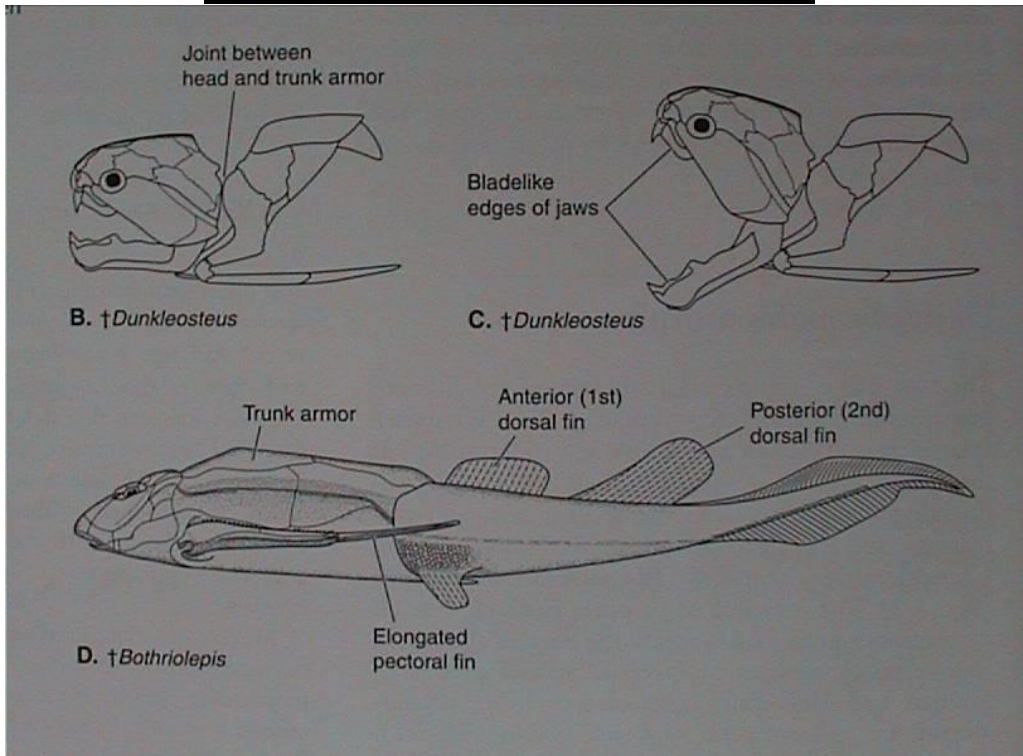
Placodermi – pancířnatci

0,3-10 m, spodní devon, 410-360 m.l., dvoudílný pancíř (hlavový a trupový)
chrupavčitý endoskelet, obratle bez osifikovaných těl, heterocerkní ocas
starší ve sladké vodě, mladší i v moři



Čelisti měli spojeny s neurocraniem ještě přímo a jazykový oblouk zůstal nezměněn (= euaostylie). Šupiny jsou kosmoidní.

Arthrodira, kloubnatci



Antiarchi, vesloploutví

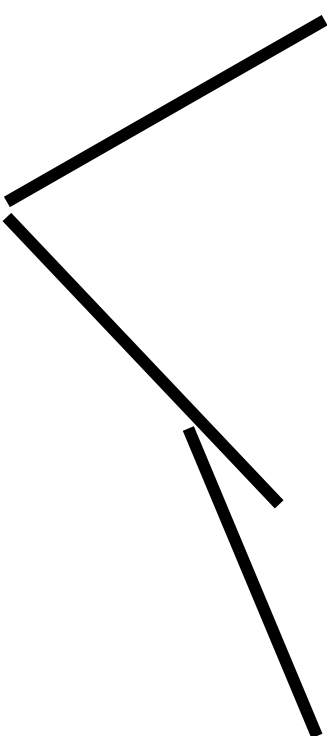


Arthrodira – kloubnatci
párový kloub spojuje obě
části krunýře
ostré lišty a kostěné výrůstky místo zubů
pohyb u dna
Dunkleosteus, Dinichthys (10m)



Antiarchi – vesloploutví
obě části krunýře srostlé
dlouhé prsní trny, kloubně k trupu
spodní ústa
Bothriolepis

Gnatostomata – základní divergence!!!

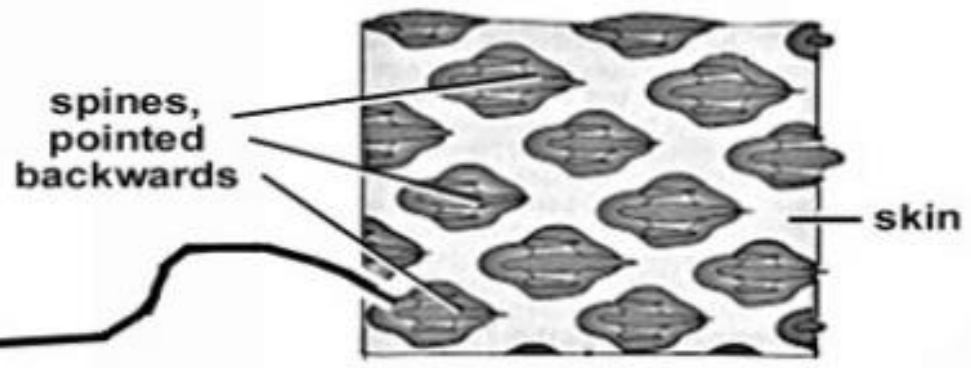
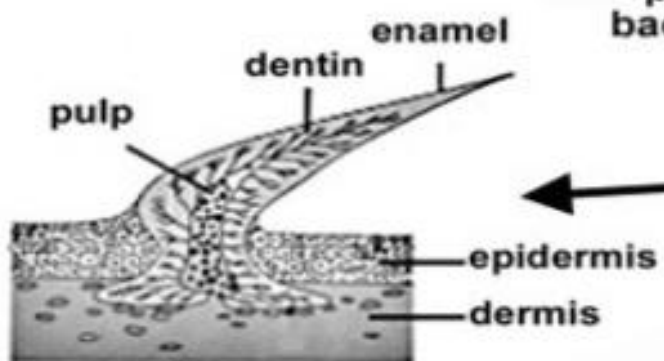


Čelistnatci bez dermálního skeletu a obvykle
chybí endochondrální kost (chondroblasty, chrupavka, kalcifikace)
(chrupavka nahrazená kostí)
plakoidní šupina, rostrum, spodní ústa
paryby **Chondrichthyes** – žraloci, rejnoci, chiméry

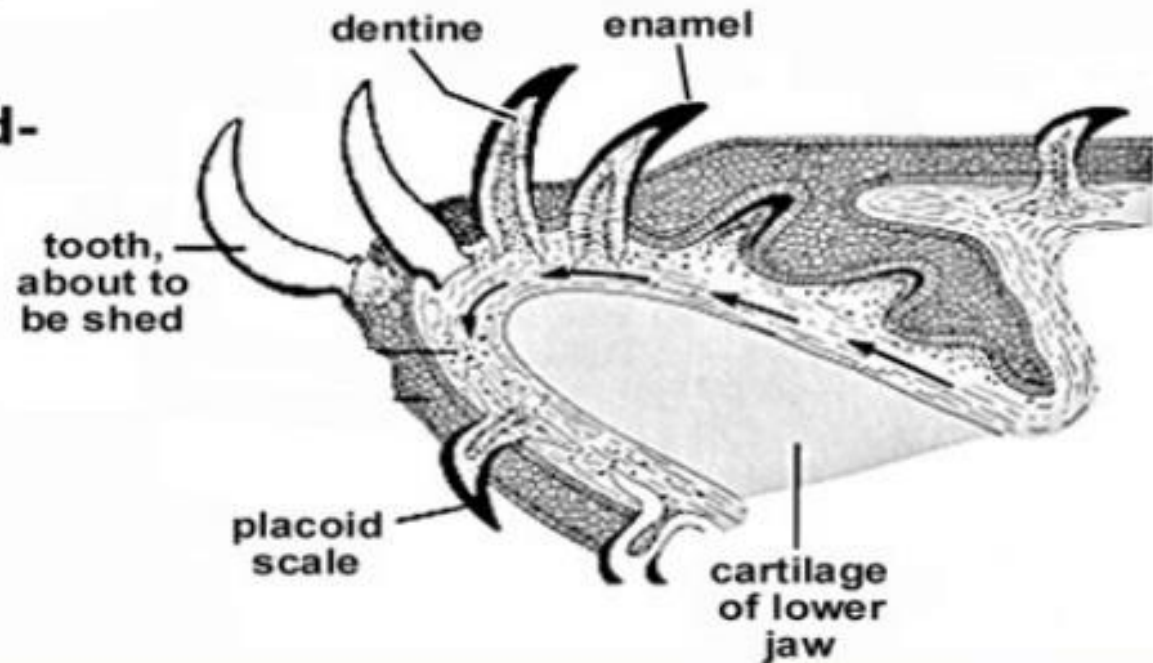
Čelistnatci s dermálním skeletem, dermální čelistní kosti
(přímá přeměna v kost)
šupiny jiného typu, koncová ústa, lepidotrichia
ryby (**Actinopterygii**, **Sarcopterygii** (včetně Tetrapoda)

Operculum a trny (i u **Acanthodii**)

Placoid Scales



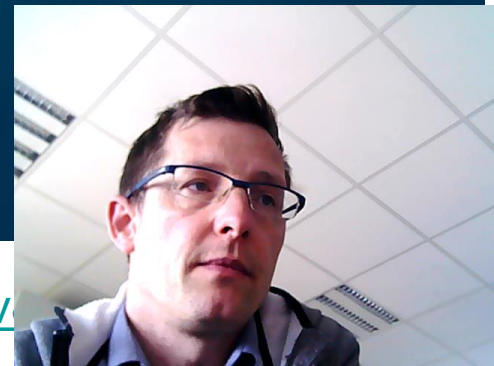
Jaw Longitudinal Section, With Teeth



Chondrichthyes



<https://www.youtube.com/watch?v=w5A2FmNQv>



REÁLNÉ RIZIKO PRO ČLOVĚKA?!

- Přes 200 případů (50 smrtelných) „neprovokovaného“ napadení žralokem bílým...



V New Yorku je ročně pokousáno 10x více lidí jinými lidmi, než celosvětově žraloky

Podle dlouhodobých statistik se vyskytne:
jedna smrt utonutím na 3,5 mil vodních aktivit
jeden útok žraloka na 11,5 mil vodních aktivit

Mezi lety 1995 - 2003 bylo podél pobřeží USA zabito bleskem 1857 lidí.
Ve stejném období je zaznamenáno 740 žraločích útoků – 22 smrtelných.

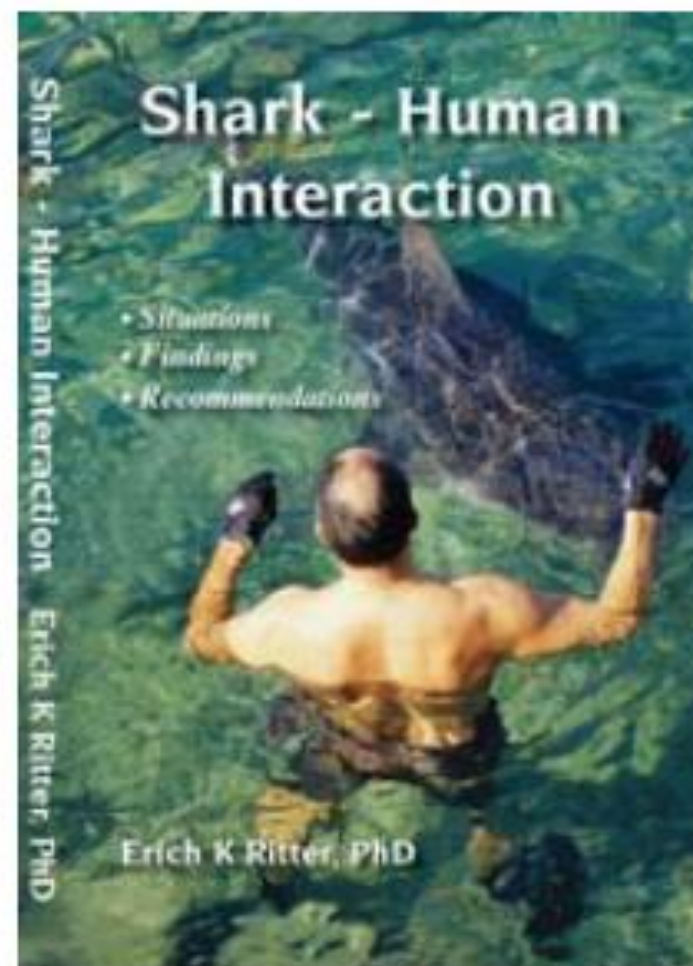
<http://www.flmnh.ufl.edu/fish/sharks/statistics/trends.htm>

Dr. ERICH K. RITTER

„VĚDECKÝ“ VÝZKUM CHOVÁNÍ A PŘÍČIN ÚTOKŮ

- neexistují nebezpeční žraloci
- jen nebezpečné situace ([Erich kousnutí](#))
- většina útoků je vyprovokovaná

- většinou příplavou zezadu
- snažit se být čelem
- vertikální pozice těla, nohy u sebe
- ruce v - pohotovosti na hlazení - odstrčení
- při kontaktu odstrčit stranou či plavat proti
- pokud se vrací, tlačit v oblasti žaber
čímž mu hrozíme, útokem na žábry

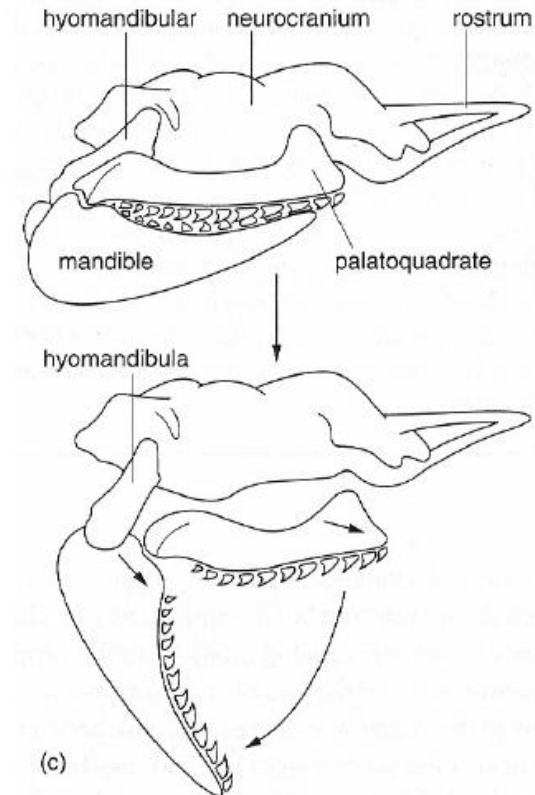
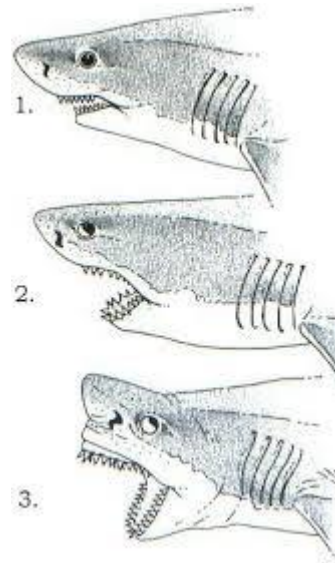


Proč koušou? Explorace – Stress – Kompetice – Provokace – Učení

Apomorfie paryb (Chondrichthyes)

- **Plakoidní šupiny**, zuby a způsob jejich výměny.
- **Redukce dermálního skeletu.**
- **Chrupavčitý endoskelet** s prizmaticky zvápenatělou chrupavkou (kalcifikace)
- **Uzavřené neurocranium** (*chondrocranium*).
- Je vytvořen **protáhlý rypec** (*rostrum*).
- Kopulační orgány na břišních ploutvích samců (**pterygopody**).

Hyostylie
jedna párová chrupavka
palatoquadratum a mandibulare



Počet druhů 2199 (Příčnoústí: 1361, z toho rejnoci 787, Chiméry: 51)

Max: *Rhincodon typus* (>18 m), †*Carcharodon megalodon* (15 m)

Min: *Etmopterus perryi* (1985, m:17 cm, f: 19 cm)

Objev století: *Megachasma pelagios* (4,5 m, 1983, žralok havajský)



- plakoidní šupiny (dentin+email)
- **kostra je tvořena výlučně chrupavkou** (exoskelet redukován), mineralizovaná (hydroxyapatitem) – bez přítomnosti osteoblastů a osteoklastů
- chrupavčitá kostra (endoskelet), kalcifikace, chondrocranium, platybazická lebka (široká, oční daleko od sebe), hyostylní (vzácněji amphistylní), amficoelní obratle - ale jiný vznik než u ryb
- heterocerní ocasní ploutev, párové ploutve (**coracoscapulare** výrazné - **ischiopubicum**, basalia, radialia, ceratotrichia)
- boční sval, myomery alternují s těly obratlů, rychlý pohyb (*Isurus oxyrinchus*, mako 50 až 75 km/h, až 6 m nad hladinu)



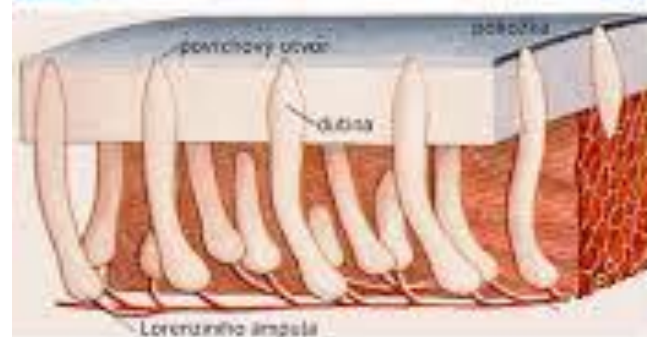
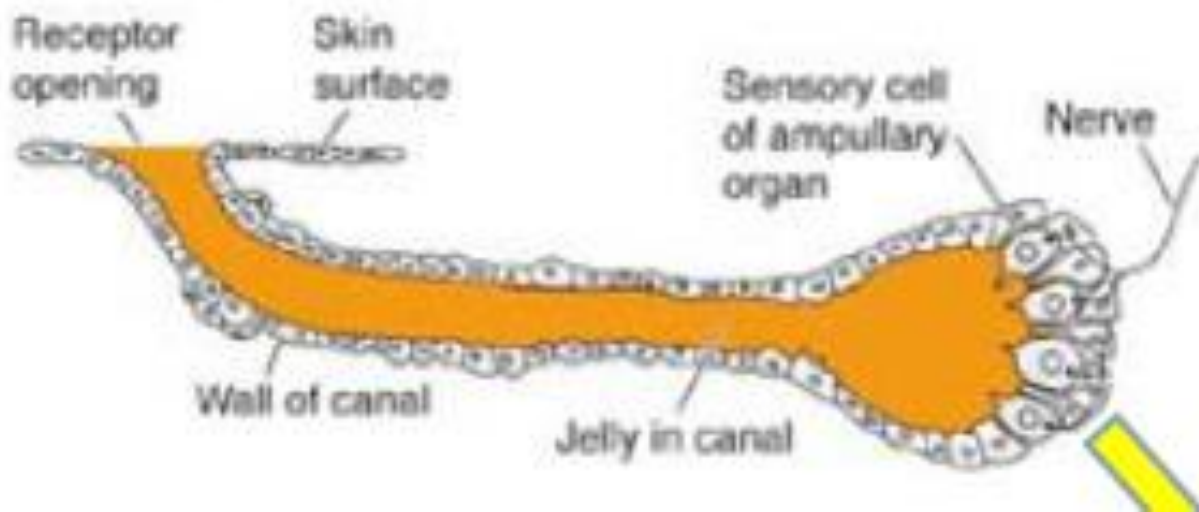
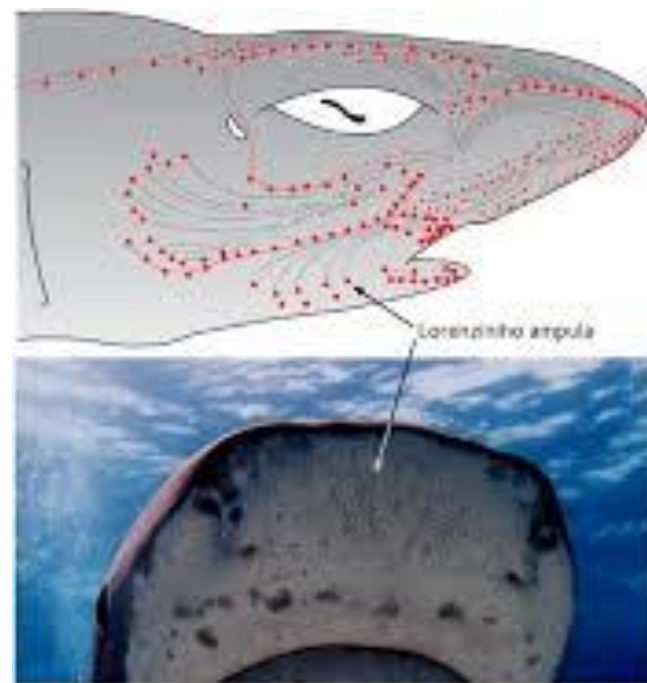
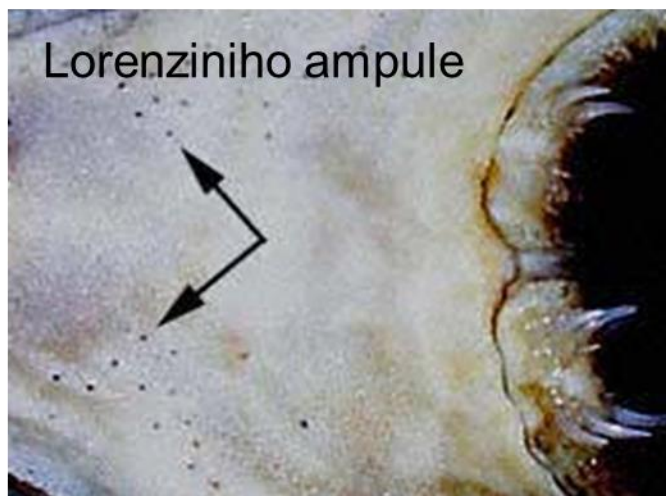
Žraní u žraloků

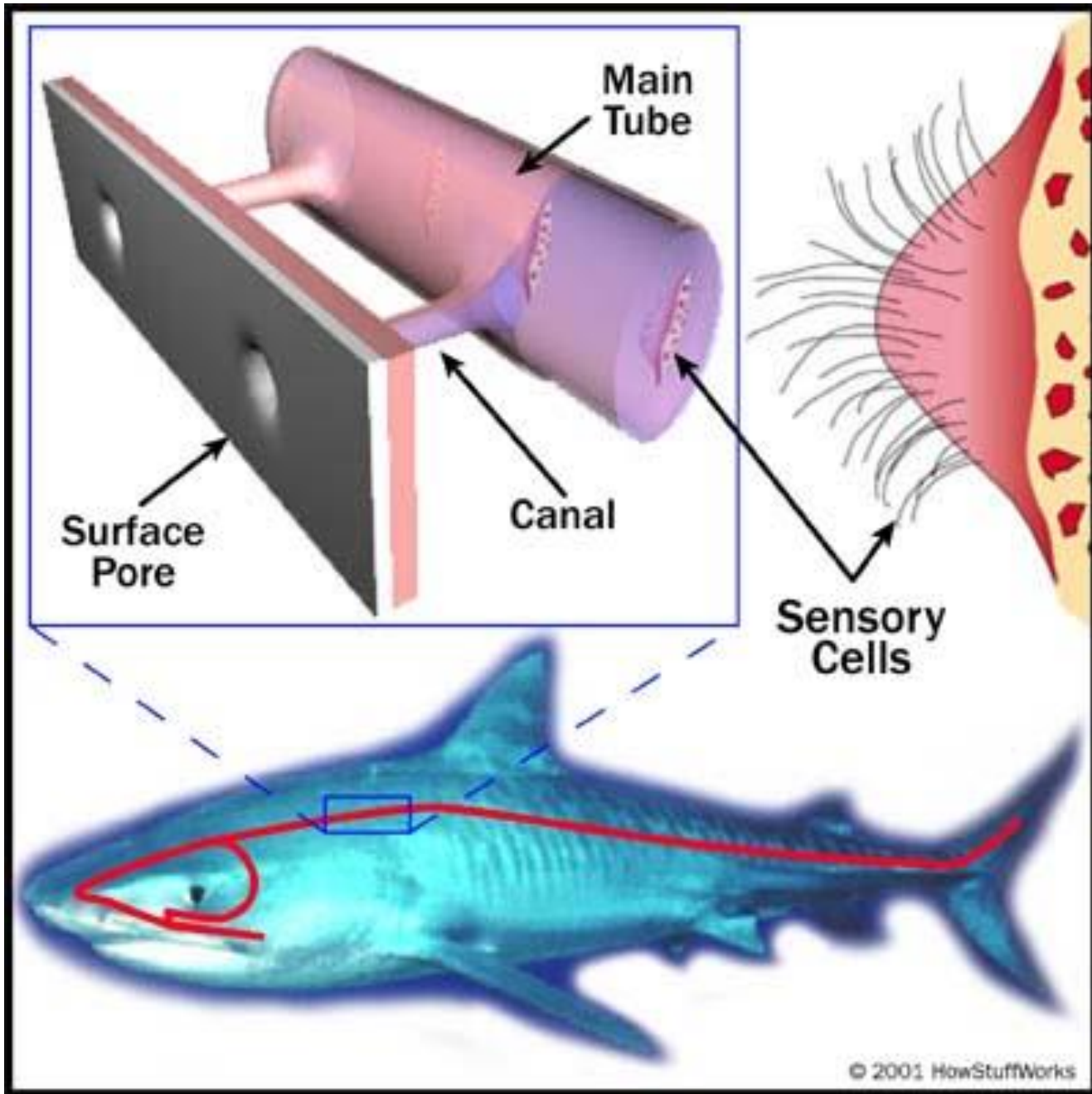
- hyostilie ⇒ kraniální kineze
- vykrvácení kořisti
- čich ⇒ mechanorecepce ⇒ zrak ⇒ elektrorecepce

- velký telencephalon, čichové laloky, mozeček, **extrémní encefalizace u pelagických predátorů**
- smysly: **čich** - krev cítí do 400 m; chuť; proudový orgán jen na hlavě, v blanitém labyrintu drobné statokonie, nízkofrekvenční zvuky vznikající prudkým pohybem ve vodě (poraněná ryba) do vzdálenosti 1,5 km; **extrémně dalekozraké oko** (10-14 D), 10 x citlivější než lidské oči, ve tmě vidí pohyb až do vzdálenosti 8 m, tapetum lucidum; druhé víčko
- příčná ústa pod rostrem (někdy vysunovatelné čelisti), polyfiodontní, heterodontní chrup - funkční 1-3 řady cca 2-3 týdny, za život až 30 000 zubů, tvar zubů dle potravy

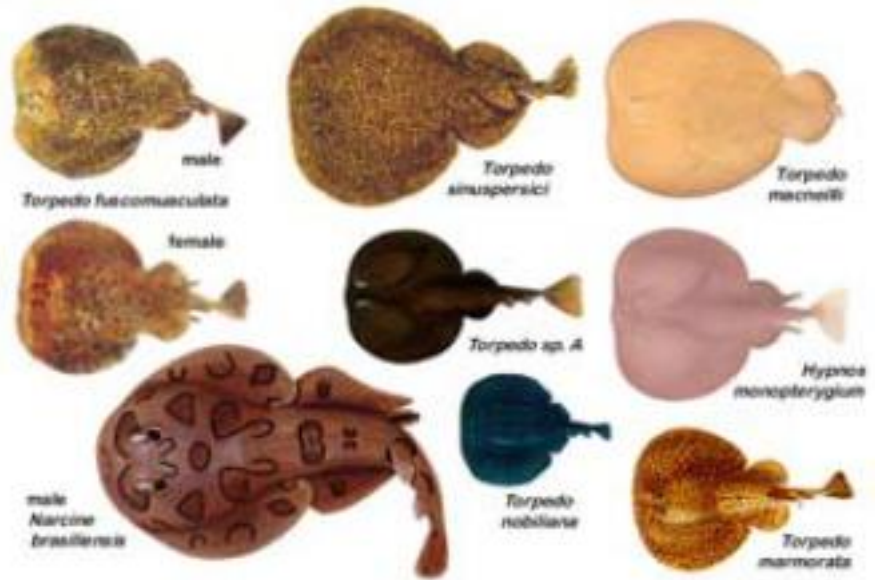
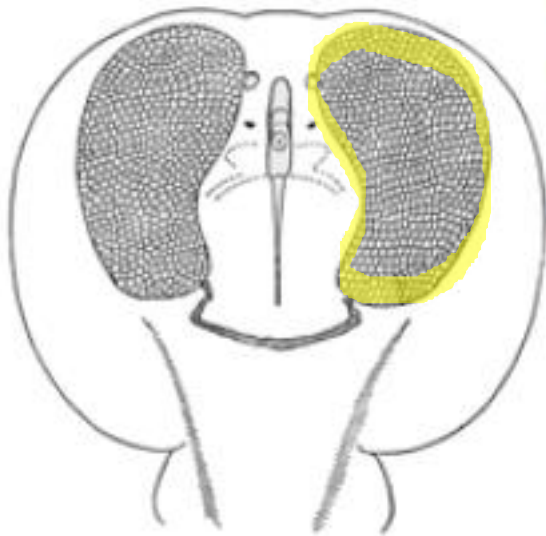


Lorenziniho ampule ($0,005 \text{ mVcm}^{-1}$, tj. $25 \cdot 10^6$ x více než člověk (např. vnímá tep srdce oběti), detekce elektrických impulsů vysílaných jinými živočichy, které vznikají svalovou činností, změna teploty, slanosti vody a hloubky

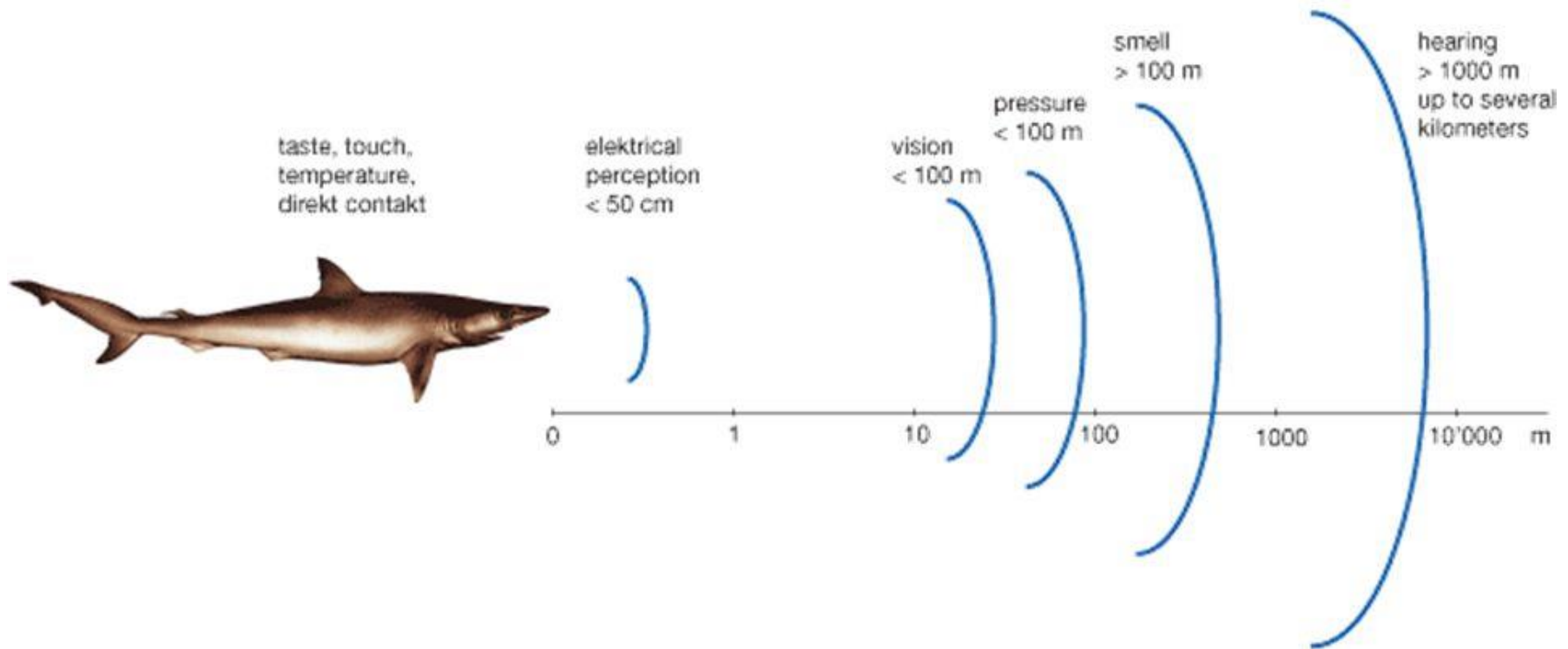




Elektrická energie –
Torpediniformes – cca 60 druhů
30 A, 50-200-2000 V, fén ve vaně

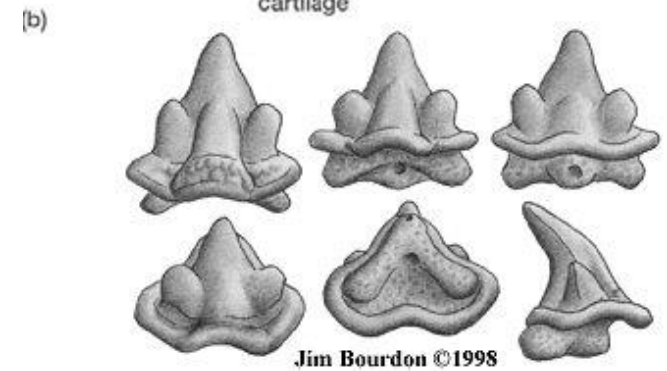
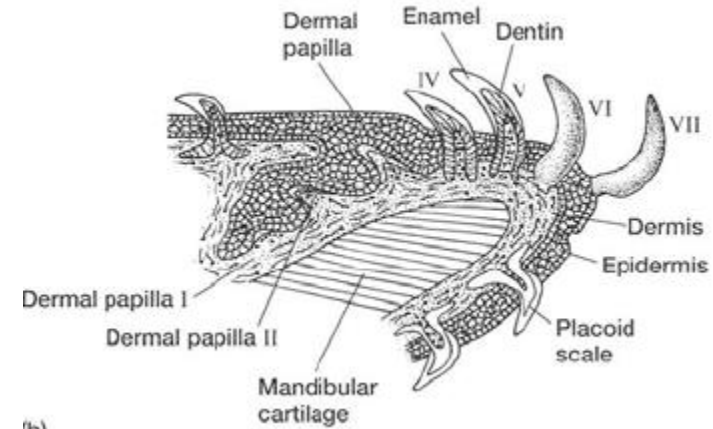
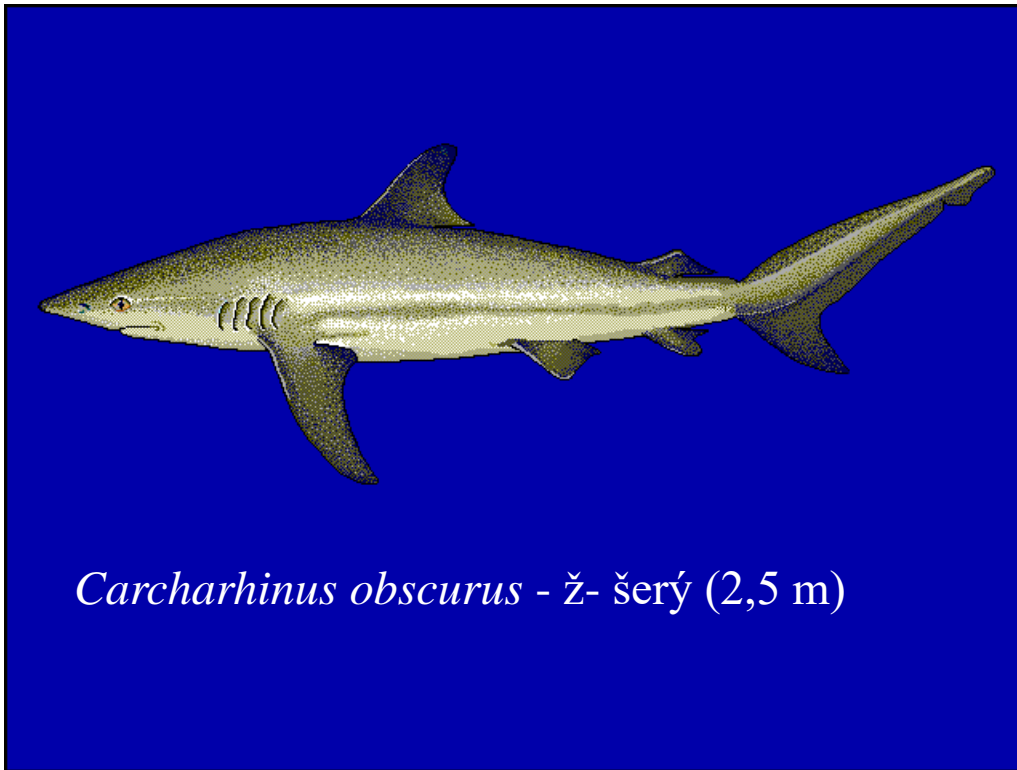


PARYBY – SMYSLOVÁ SOUSTAVA



- heterodoncie (*Carcharhinus* (horní>dolní),
- Hexanchus (naopak)
- drobné zuby planktonofágů počet 7200

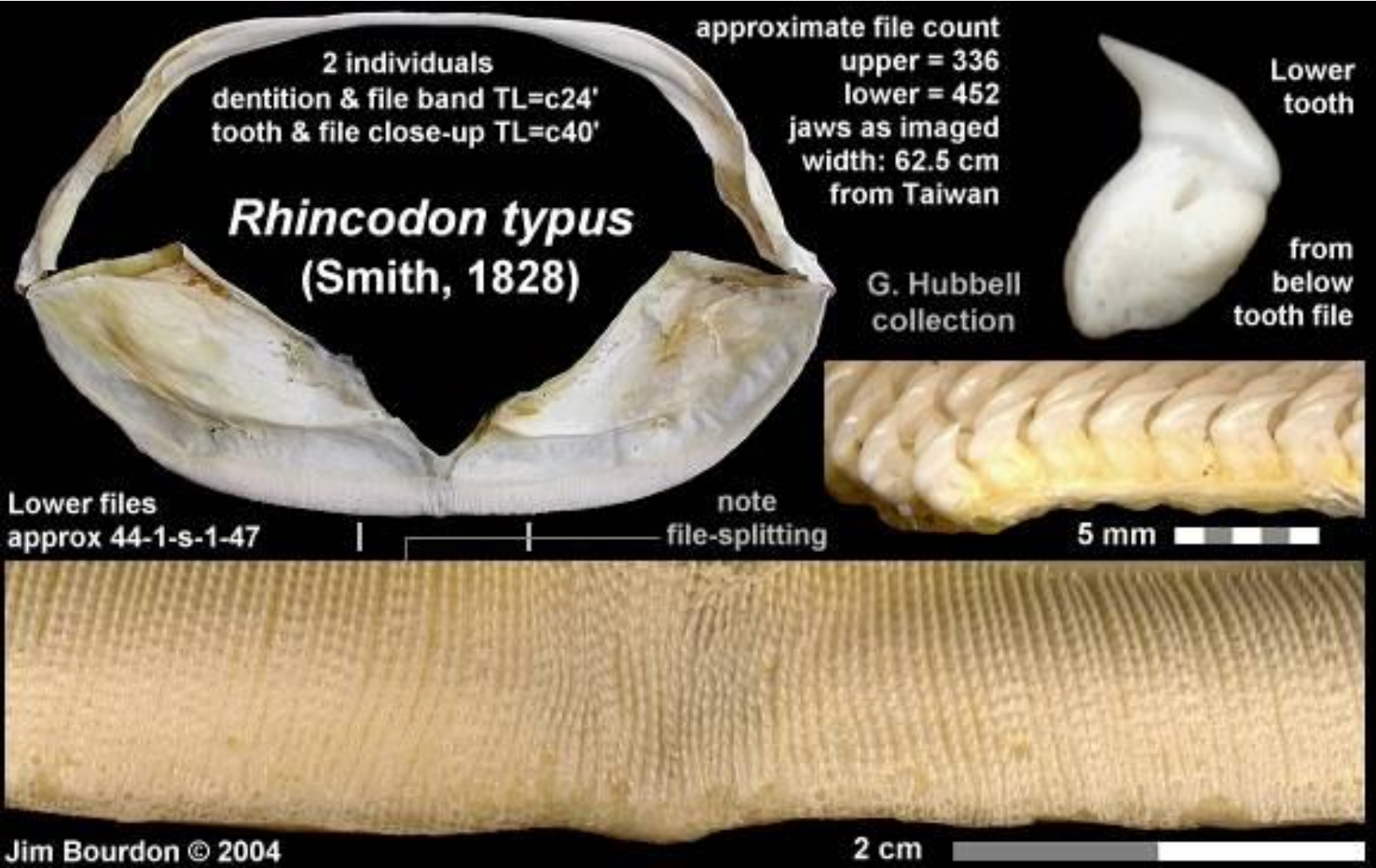
filtrující druhy – *Rhincodon*, *Megachasma* -
vnitřní šupiny protaženy do tyčinek do hltanu



Tlak na špičkách zubů 2 800 kg/cm²



široké trojúhelníkovité s pilovitými hranami



2 individuals
dentition & file band TL=c24'
tooth & file close-up TL=c40'

Rhincodon typus
(Smith, 1828)

approximate file count
upper = 336
lower = 452
jaws as imaged
width: 62.5 cm
from Taiwan

Lower
tooth

from
below
tooth file

G. Hubbell
collection

Lower files
approx 44-1-s-1-47

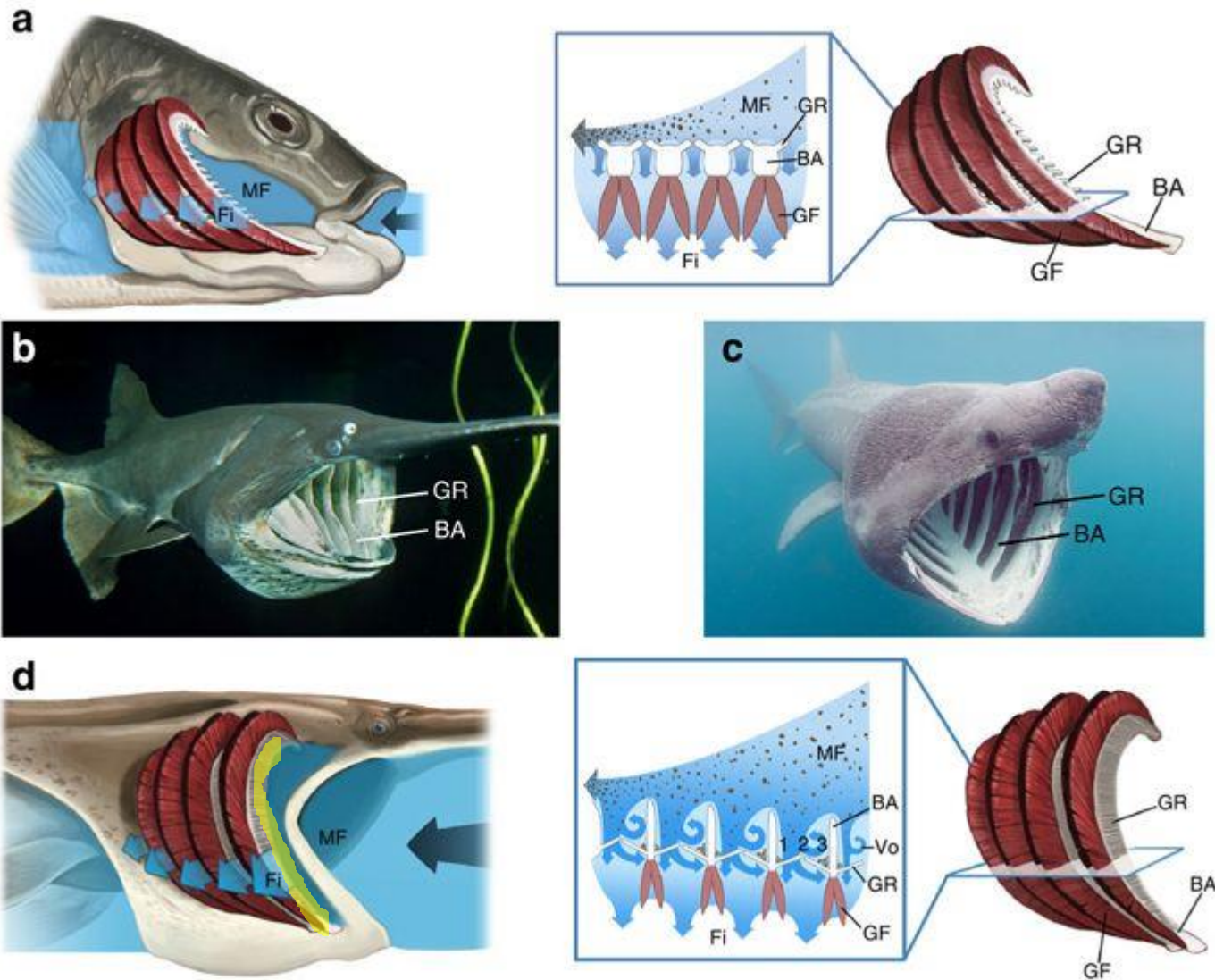
note
file-splitting

5 mm

Jim Bourdon © 2004

2 cm

Filtrátoři – *Rhincodon typus*



Mainstream flow interacts with the series of backward-facing steps formed by the branchial arches. The resulting vortical flow interacts with the gill rakers to concentrate particles in zones 1 and 3 along the slot margins.

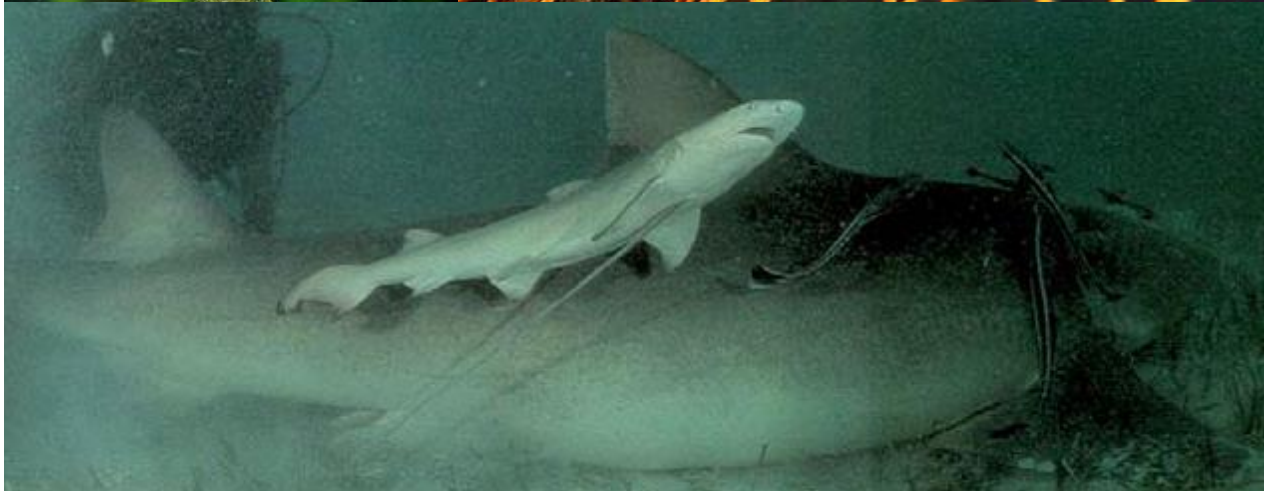
- **velká játra (zásobárna tuku a hydrostatický orgán)** a žlučník (10-33% m těla) - vysoký obsah lipidů, vitaminů (A, D), chybí plyn.měchýř
- získávání potravy: až na výjimky predace
- žravost: *Galeocerdo cuvieri* (ž. tygří) - v žaludku ryby, kytovci, ptáci, leguáni, hlavonožci, krabi, medúzy, kuřata, prasata, skot, kusy dřeva a uhlí, igelitové pytle, plechovky atd.; není vyvolána hladem
- kanibalismus: *G. cuvieri*, *C. leucas* (býčí)
 - srdce – symetrické - žilný splav, síň, komora a srdeční násadec
 - opistonefros - část jako zásobárna spermií (M) = nadvarlata
 - primární močovody=Wolffovy vývody
 - Leydigovy žlázy – produkce sekretu = pohyb spermií a pterygopody
 - adelofagie, oofagie - požívání mladších embryí a pak vajíček)

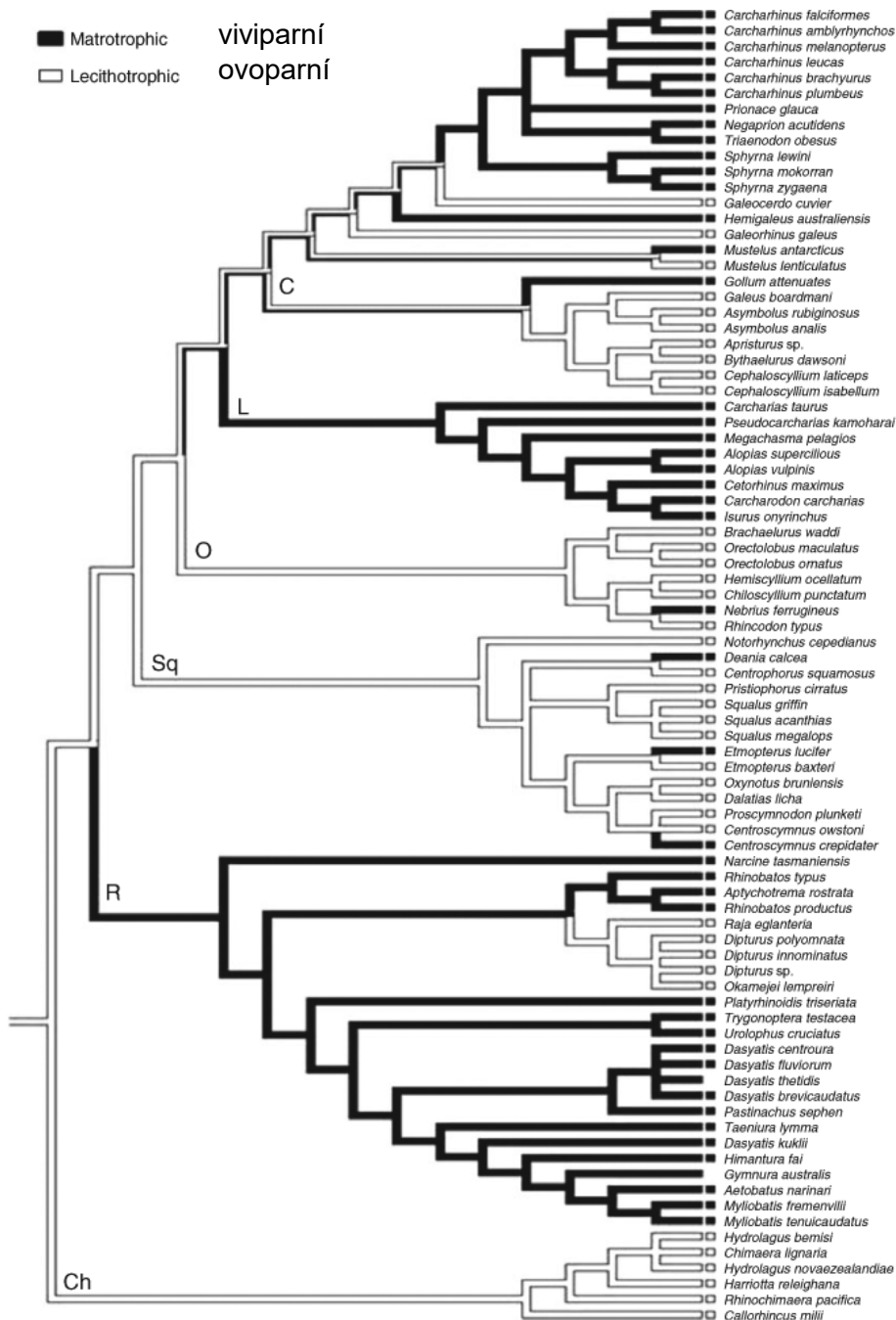


Rozmnožování

- páření,
- vnitřní oplození,
pterygopody
(myxopterygia)

- oviparní - 33%, 5 čeledí, 2-10 vajec, až 35 cm (pštros 20 cm), inkubace 9 měsíců – 2 roky
- ovoviviparní - 40 %, bez placentace
- viviparní - 27 %, žlutková placenta, „děložní mléko“, 2 - 135 mláďat, březost 2-12 měsíců (2 roky), ml. bez žloutku
- dospívání v 15-30 letech, věk 50-70 let



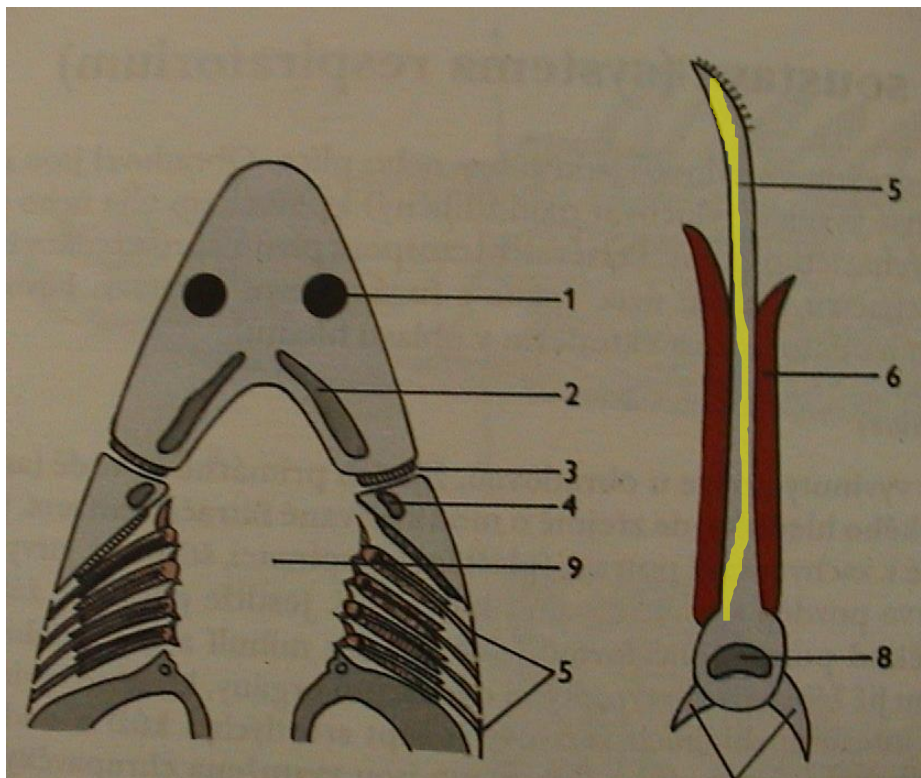


Chimaeriformes (Ch), Rajiformes (R), Squaliformes (Sq), Orectolobiformes (O), Lamniformes (L) and Carcharhiniformes (C)

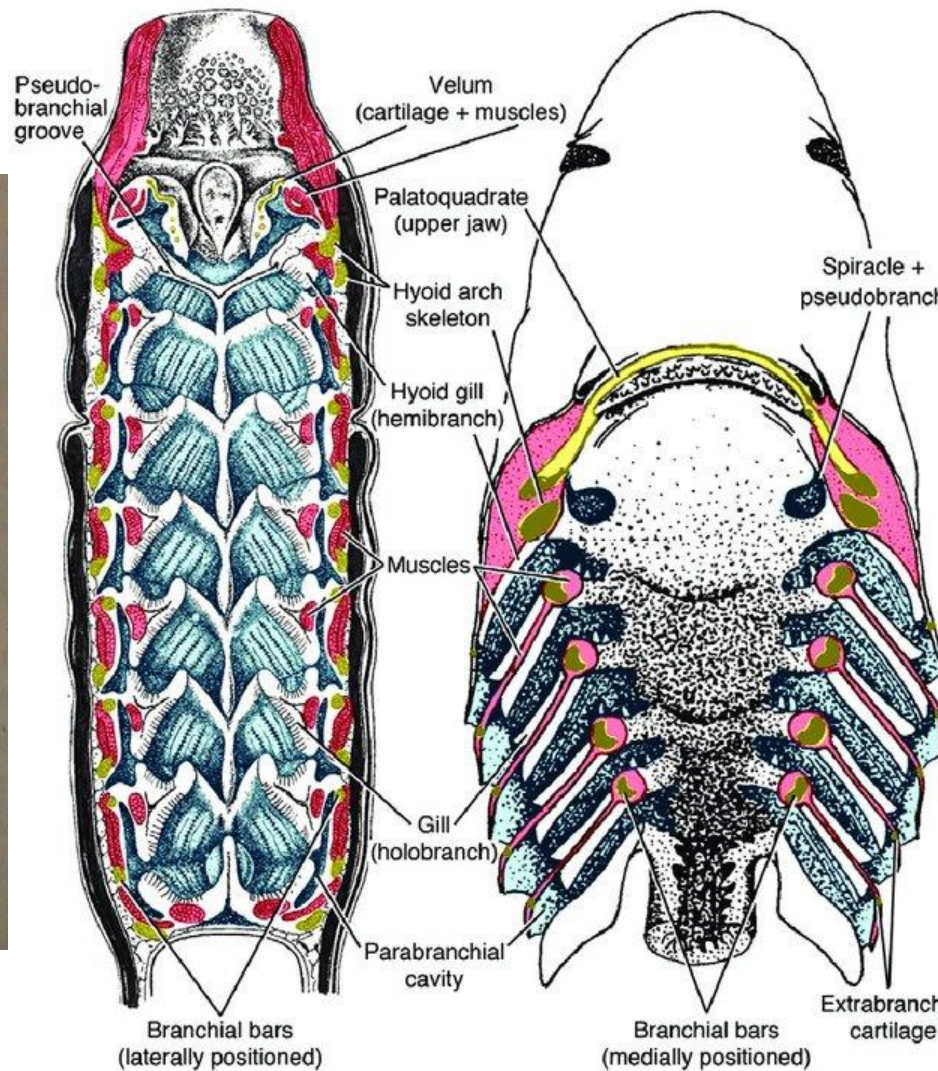
Různé formy živorodosti ve všech liniích

- žábry – žaberní přepážky, na nich žaberní plátky přirostlé celou plochou, obvykle 5 párů štěrbin, **ektodermálního** původu

žaberní plátky přirůstají k ž. přepážkám



(A) Cyclostome (larval lamprey) (B) Gnathostome (dogfish shark)



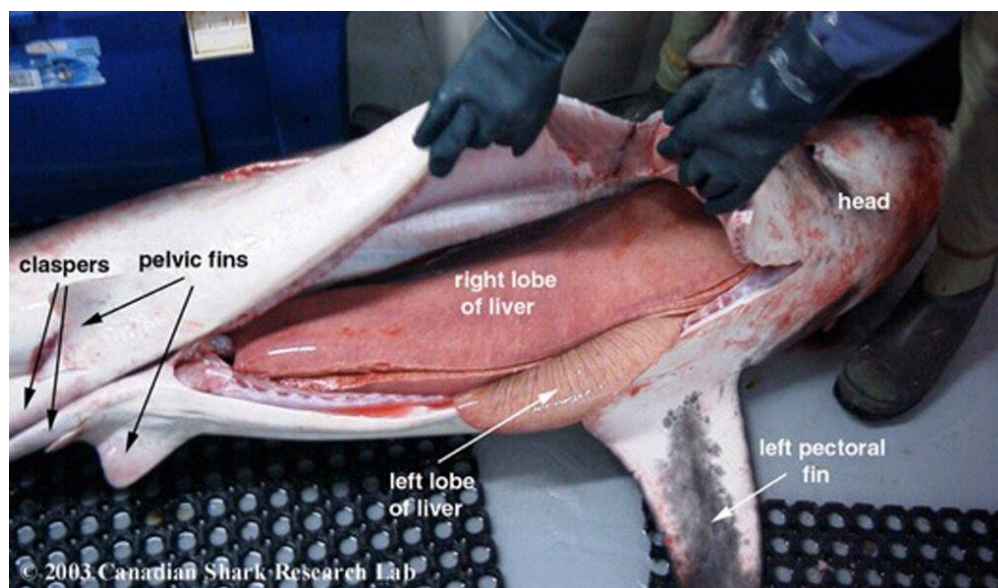
Chrupavčitá kostra – svaly – pevně ke kůži, při plavání efekt gumy,

Efektivní pohyb, šetří energii

Asymetrická ocasní ploutev – pohyb u dna

Symetrický ocas – pelagičtí, vysoké rychlosti

Rejnoci chybí ocasní ploutev – manta, pohyb prsními ploutvemi



Bez plynového měchýře, ale olejnatá játra – obsahují squalen

Hydrostatický orgán – až 25% hmotnosti

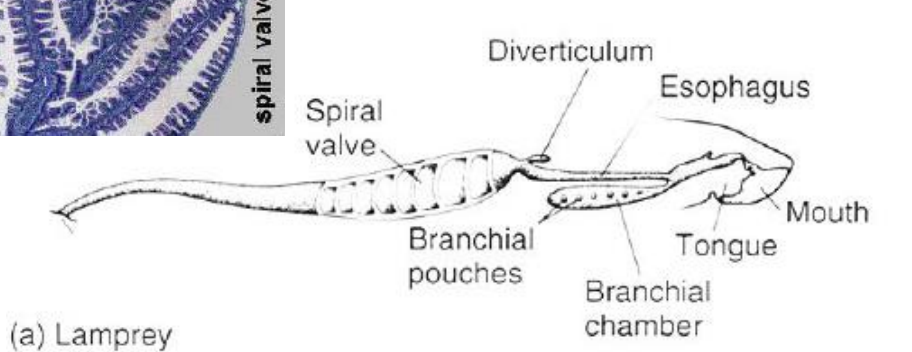
Olej je lehčí než voda, je nestlačitelný, nevdá tlakový gradient při pohybu vodním sloupcem



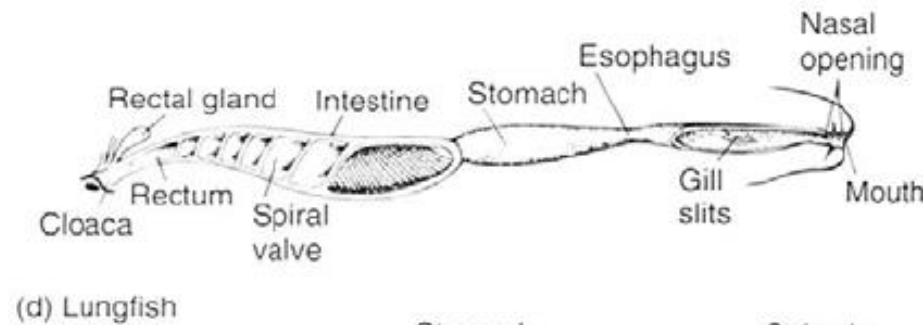
- svalnatý hltan - prostorný žaludek - střevo se spirální řasou (typhlosolis) - kloaka

spirální řasa – typhlosolis

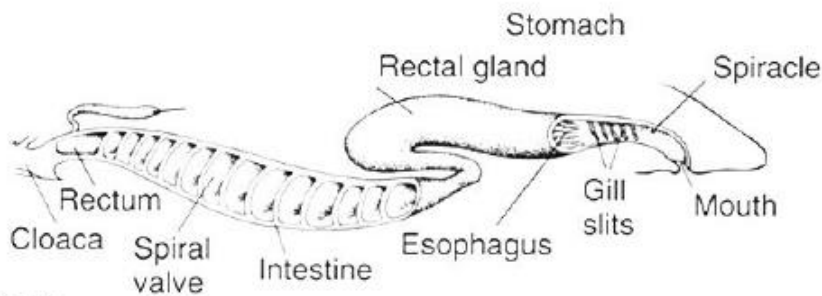
změny v organizaci – paryby a ryby



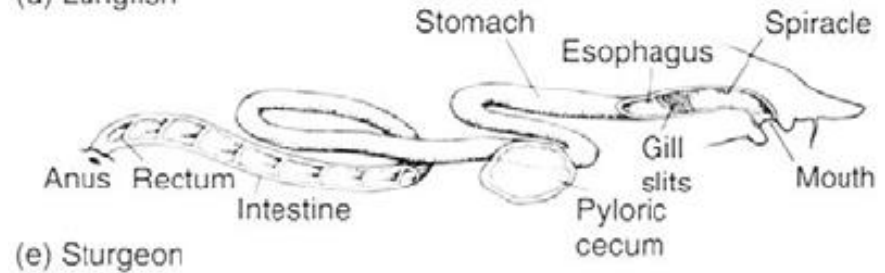
(a) Lamprey



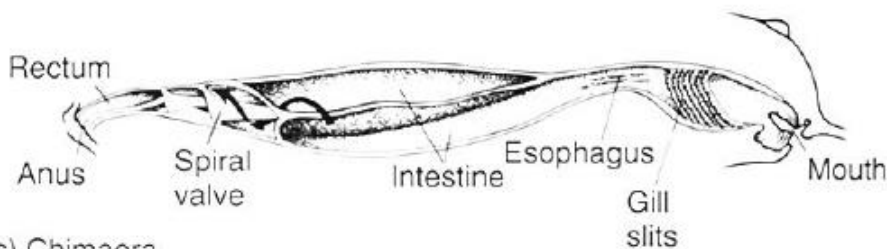
(d) Lungfish



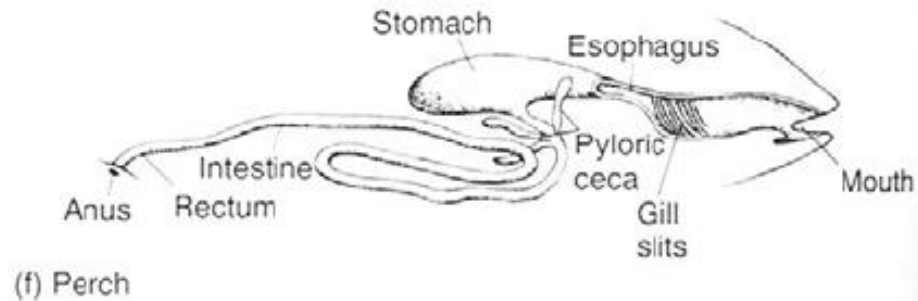
(b) Shark



(e) Sturgeon



(c) Chimaera

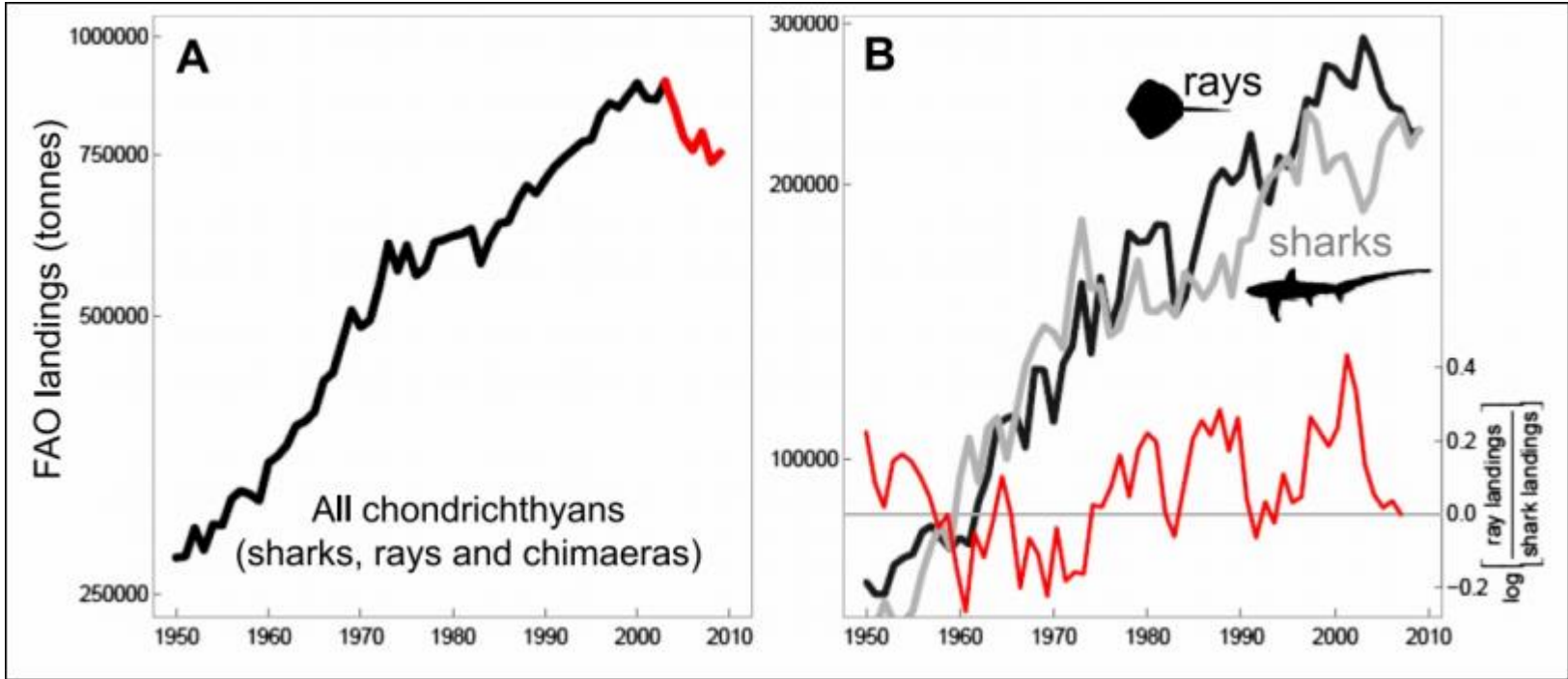


(f) Perch

zvláštní lovecké strategie: žraloci rodu *Alopias* - liškoun



Ryby v hejnech, omráčení ocasem



Ekoturistika – potápění se žraloky

https://www.youtube.com/watch?v=xb-Ngb_Dikw



planktonofágové:

Cetorhinus maximus - žralok veliký
(1600 t vody/hod)

Filtruje přes vláknité plakoidní šupiny

Megachasma pelagios - ž. havajský

Rhincodon typus - ž. obrovský (velrybí)

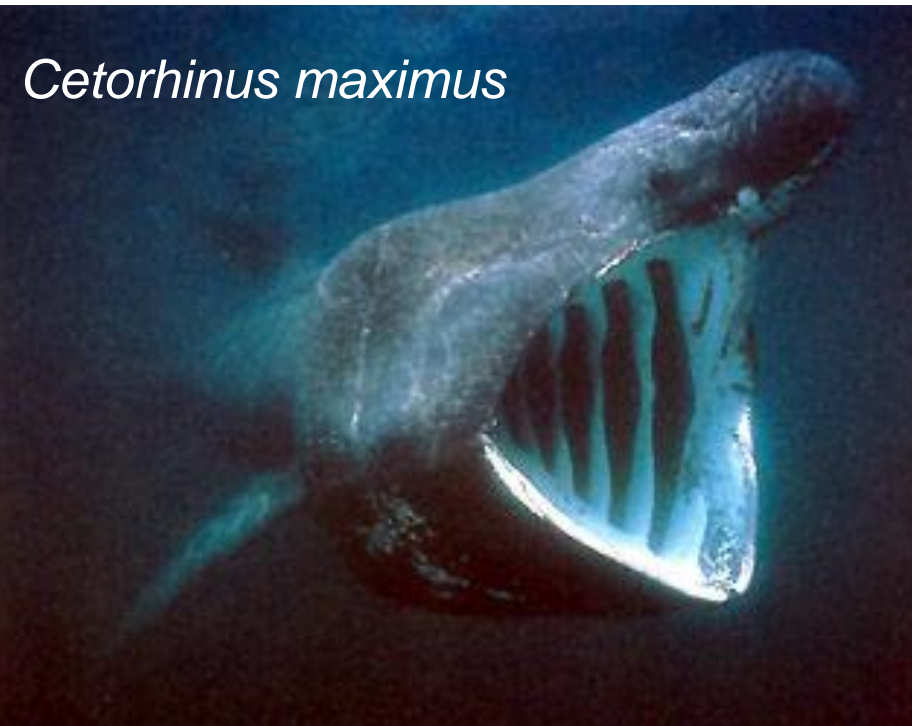
Manta birostris - rejnok obrovský

Filtrují přes žaberní oblouky

Manta birostris - rejnok obrovský



Cetorhinus maximus



Rhincodon typus

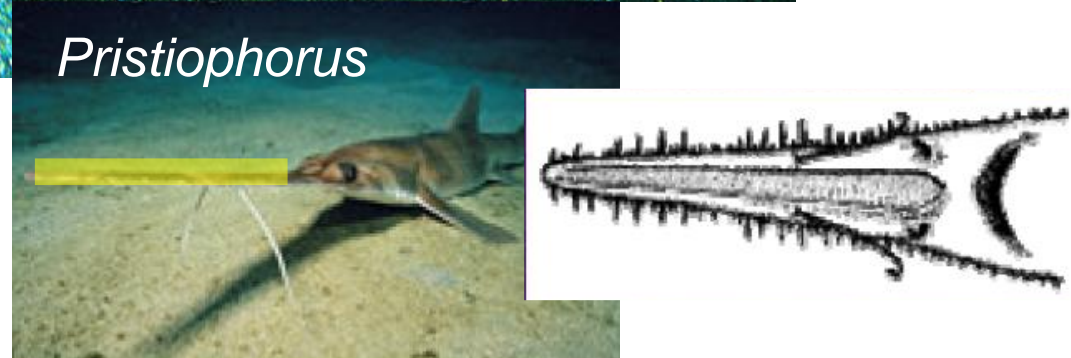
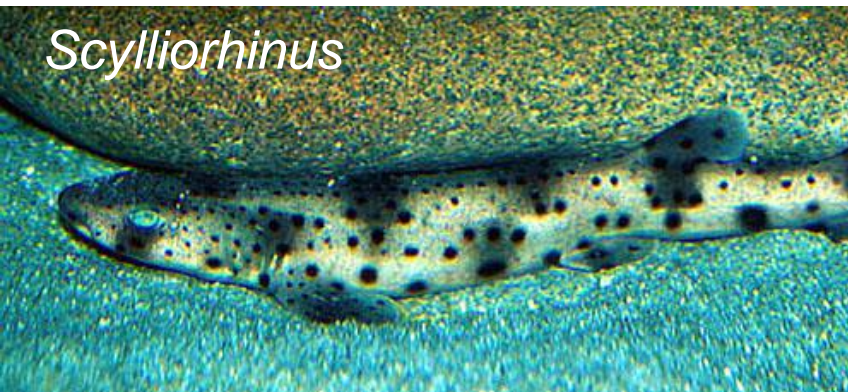
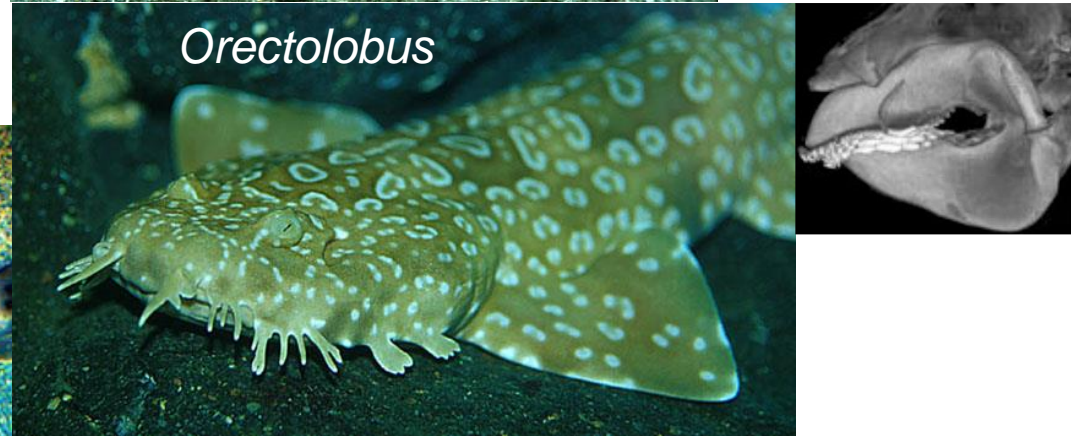
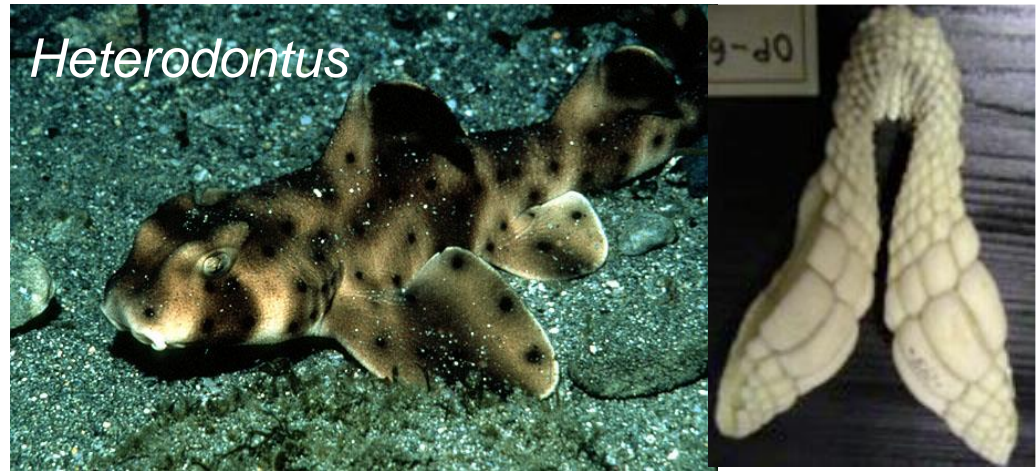
bentofágové:

Heterodontus - různozubec

Scylliorhinus - máčka

Orectolobus – ž. kobercový

Pristiophorus - pilonos

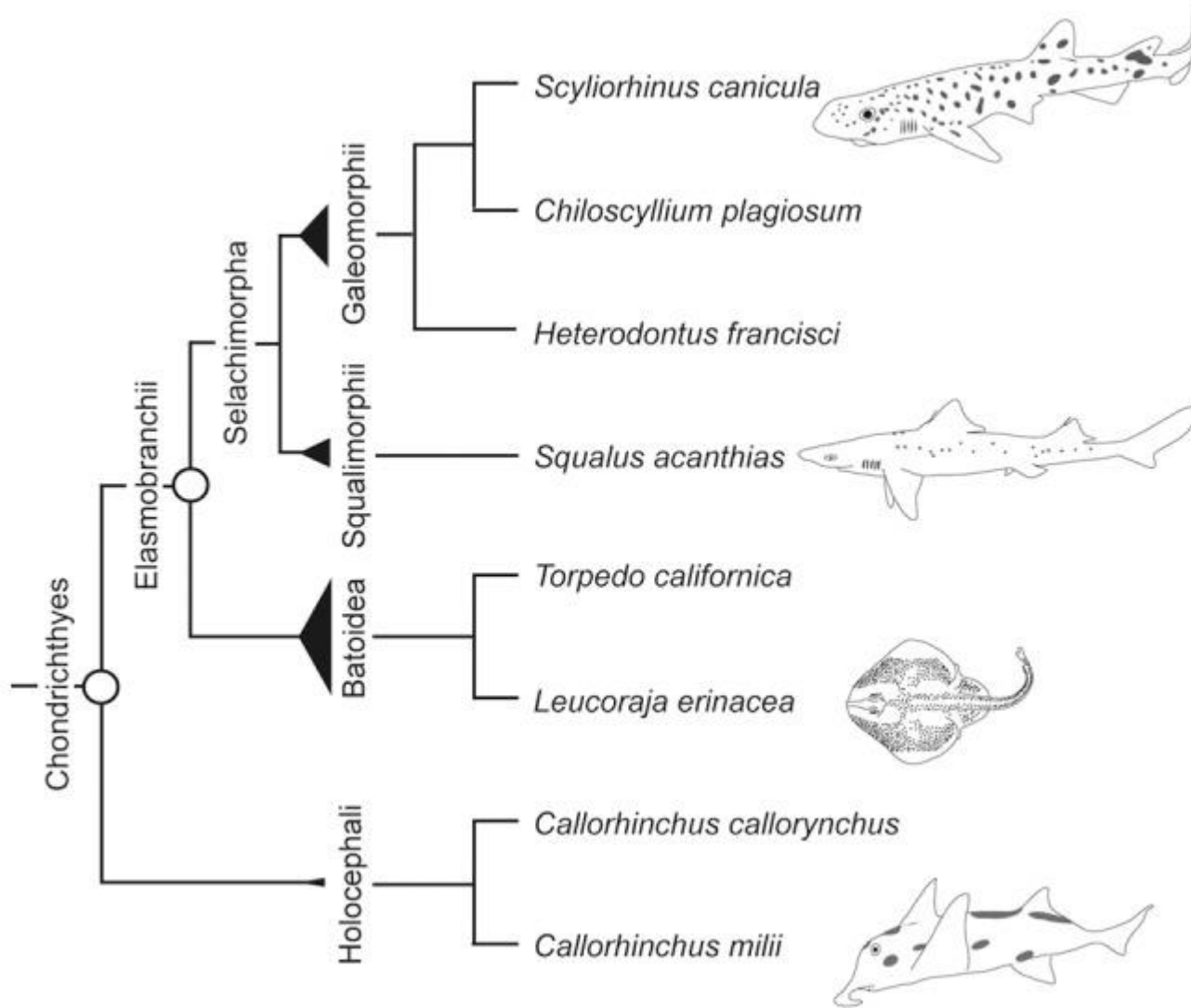


Pristiophorus – pilonos – pilovité rostrum

drobné ploché zuby, rostrum k prorývání dna

pelagiční lovci





Chiméry ± 50 druhů
Žraloci ± 520 druhů
Rejnoci ± 640 druhů

ELASMOBRANCHII

Batomorphi (Batoidea) - pilouni a rejnoci (456)

- **Rajiformes** – praví rejnoci (Rajidae 200, Rhinobatidae 45, Dasyatidae 70, Plesiobatidae 1)
- **Torpediniformes**
- **Pristiformes** (Pristidae 4) pilouni

Squalimorphi - rejnoci

- **Squaliformes** (74) - ostrouni (4:Squalidae-10, Dalatiidae 49)
- **Squatiniformes** (12) - polorejnoci (Squatinidae 13)
- **Hexanchiformes** (5) - šedouni (Hexanchidae-4, Chlamydoselachidae-1)
- **Pristiophoriformes** (5) - pilonosové (Pristiophoridae 5)

Galeomorphi - moderní žraloci († Ctenacanthoidea, Hybodontoidae), rec:

- **Heterodontiformes** (8) - různozubí (-bci) (Heterodontidae 8)
- **Orectolobiformes** (31) - nozdrovousí, malotlamci (7:Hemiscyllidae 11, Orectolobidae 6, Rhincodontidae 1)
- **Lamniformes** obrouni (7:Alopiidae 3, Cetorhinidae 1, Megachasmidae 1, Lamnidae 5, Mitsukurinidae 1, Pseudocarchariidae 1) (16) (*C. carcharias*)
- **Carcharhiniformes** žralouni (Carcharhinidae-50, Proscyllidae 6, Scylliorhinidae 89, Sphyrnidae 8, Pseudotriakidae 1, Hemigalidae 7, Triakidae 34) (208)

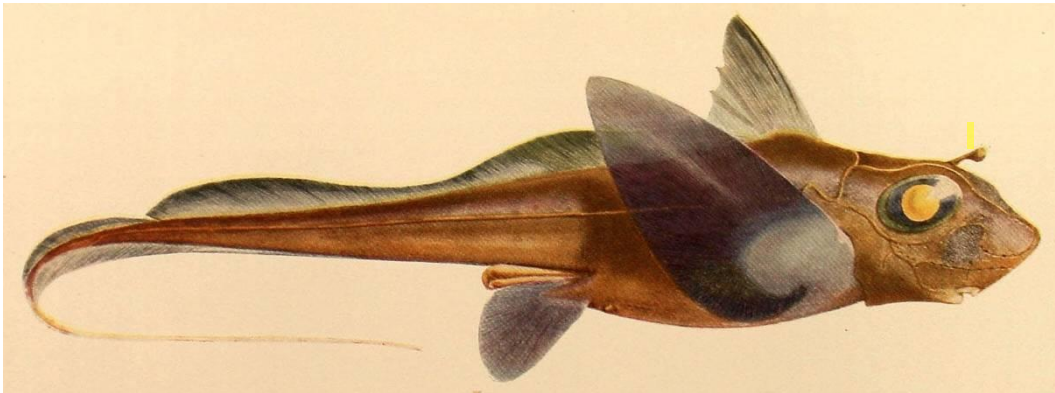
HOLOCEPHALI

Chimaeroidei (31): Chimérovití (Chimaeridae), Chimérovkovití (Callorhynchidae), Pachimérovití (Rhinochimaeridae)

Holocephali (Chimaeroidei)

- velké prsní ploutve, bičovitý ocas
- šupiny jen místy (hlava, hřbet, pterygopody)
- velká hlava, krátké rostrum, primární autostylie (**holostylní I.**)
- obratle bez těl, chorda zachována, chybí žebra
- 4 páry žaberních štěrbin krytých kožním žaberním víčkem, podepřeným chrupavkou připojenou k jazylkovému oblouku

Chimaera monstrosa - chiméra podivná



- deskovité **zuby bez skloviny**, monofodontní chrup

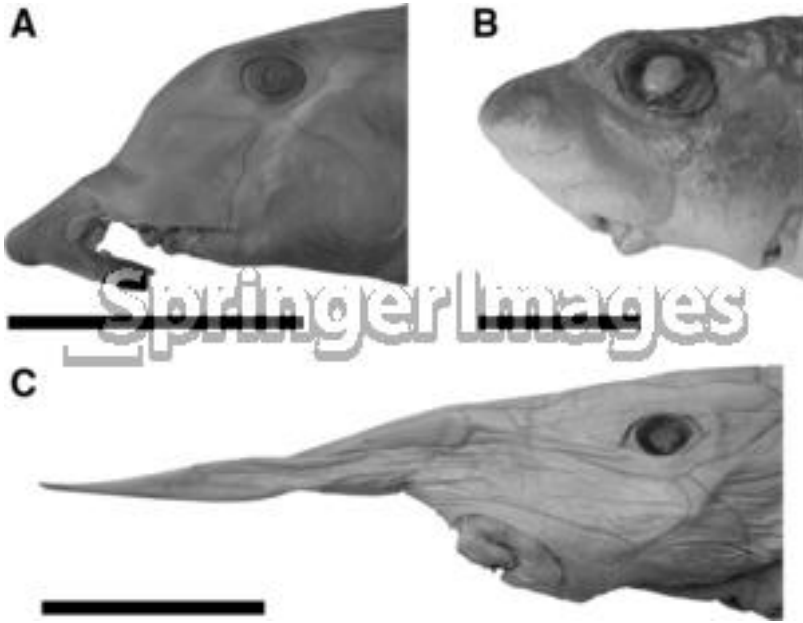
- **pohlavní dimorfismus** - samice větší (2 m)

- samec má na hlavě výrůstek k přichycení samice při páření (tenaculum), 2 další výrůstky před břišními ploutvemi

- chybí kloaka, oviparní—1-2 vejce až 30 cm

- benticky, 200-2000 m

- hřbetní jedový trn



A - Callorhynchidae

B - Chimaeridae

C - Rhinochimaeridae



Chimaera monstrosa

<http://www.youtube.com/watch?v=LS7GvJ02KKk>

Rhinochimaeridae

<https://www.youtube.com/watch?v=J6oNUJ5aGoU>

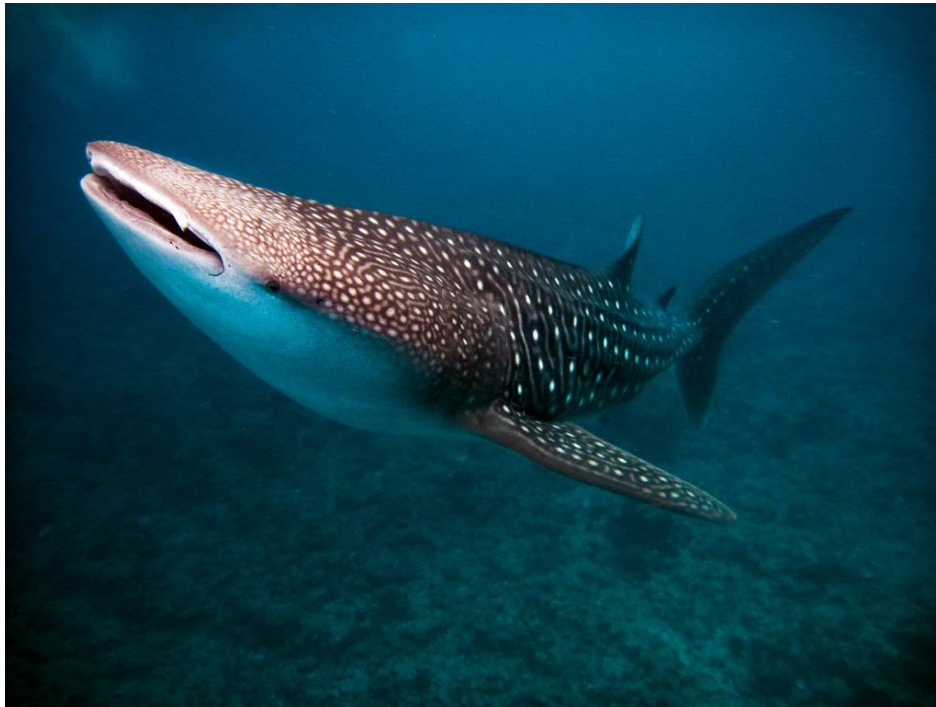
Elasmobranchii

Galeomorphi

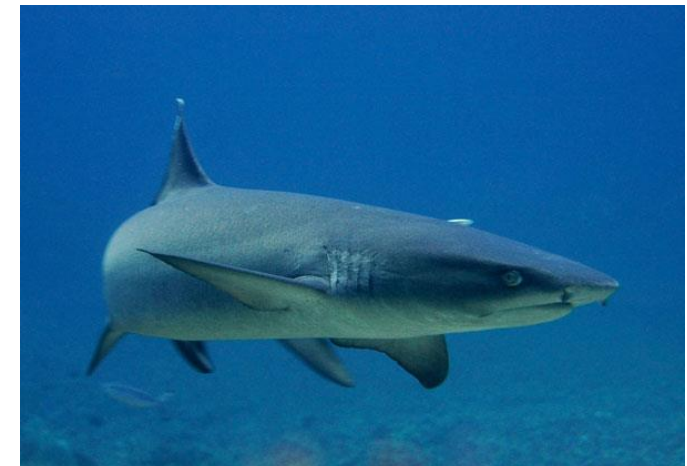
– Mají řitní ploutev, specifika repr. systému (funkční jen pravé ovarium, uchovávání spermií)

- Heterodontiformes - různozubci 9 spp.
 - Orectolobiformes - malotlamci 46 spp.
- ž.obrovský *Rhincodon typus* 18 m

rozlišené zuby, durofágní výživa,
koncová ústa, 5 žaberních štěrbin,
velká spirakula, vejcorodost
různozubec přilbovitý
(*Heterodontus galeatus*)



- Carcharhiniformes - žralouni 337 spp., máčka *Scyliorhynchus*, hladkoun *Mustelus* (Triakidae –39), ž. tygří *Galeocerdo*, ž. bělavý *Carcharhinus leucas*, kladivoun *Sphyrna*



Lamniformes - obrouni 15 spp. , ž. velký

Cetorhinus (1), *Megachasma* (veletlamovití), liškoun *Alopias* (3), ž.bílý (lidožravý) *Carcharodon carcharias*, mako *Isurus*, šotek *Mitsukurina*



Mitsukurina owstoni - ž.šotek, 3.5 m

hlubinný predátor hlavonožců, extrémní hyostylie, raritní, ale asi kosmopolit

<https://www.youtube.com/watch?v=Ce4xq4ANF44>

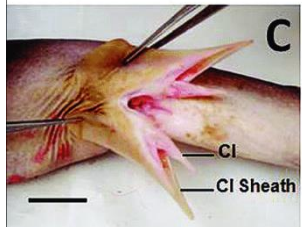
Squalimorphi

- Hexanchiformes - šedouni (1 hř.pl, malé spiraculum, dlouhá žab. oblast) 5 spp.
 - *Hexanchus*, *Heptanchias*
- Squaliformes - ostrouni (2 hřb.pl, trn, bez řitní pl.) 131 spp.
 - žraloček *Isistius*, ostroun *Squalus acanthias*
- Squatiniformes - polorejníci (oči dors., ústa koncová, nozdry s vousky, dnoví) 13 spp.
 - polorejník křídlatý *Squatina squatina*

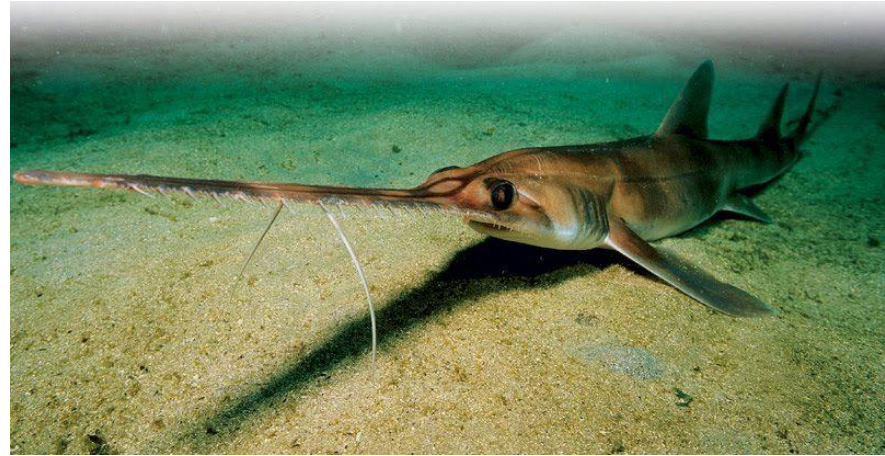


©ANDY MURCH ELASMODIVER.COM

Squatina



- Pilonosi (Pristiophoriformes)
pilovitě ozubené rostrum, živorodost
pilonos Schroederův (*Pristiophorus schroederi*)

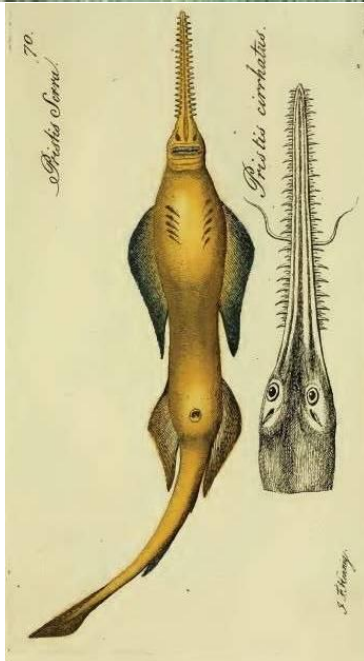


- Pilouni a rejnoci (Batoidea)
párové ploutve navzájem spojené, malá ocasní ploutev, velká spirakula za očima
Pristiformes (*Pristis pectinata*)
Torpediniformes (*Torpedo marmorata*)
Rhinobatiformes ?
Rajiformes (*Raja clavata*)
Myliobatiformes (*Manta birostris*, *Dasyatis*, *Potamotrygon*)

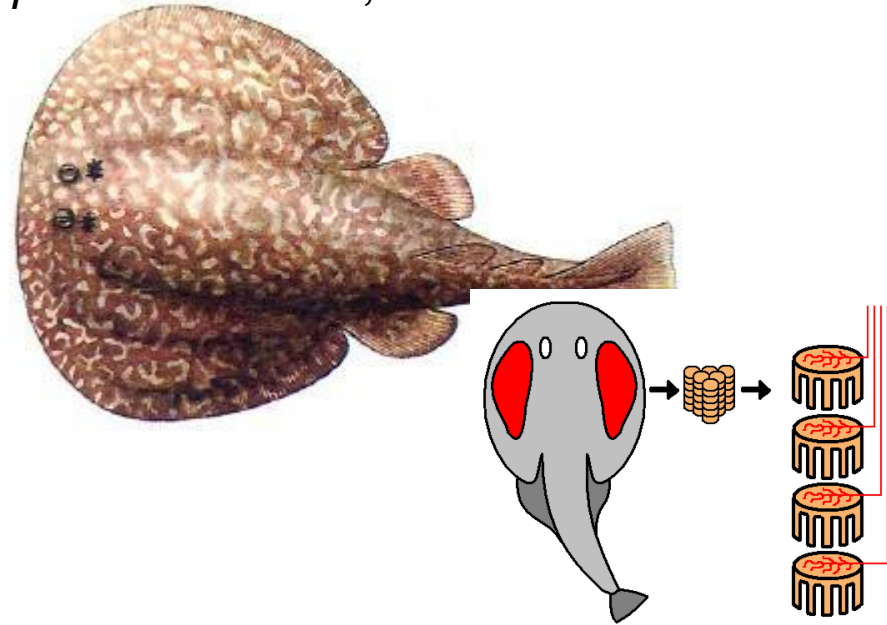
Batoidei rejnoci

Pristiformes

piloun obecný – *Pristis pectinata*



Torpediniformes – parejnoci, rejnoci električní
Torpedo marmorata, 500 V



rejnoci neteční – *Narcine brasiliensis*



Batoidei – rejnoci

Rajiformes – praví rejnoci

párové ploutve srůstají v lem

Raja – rejnok

Dasyatis - trnucha

