



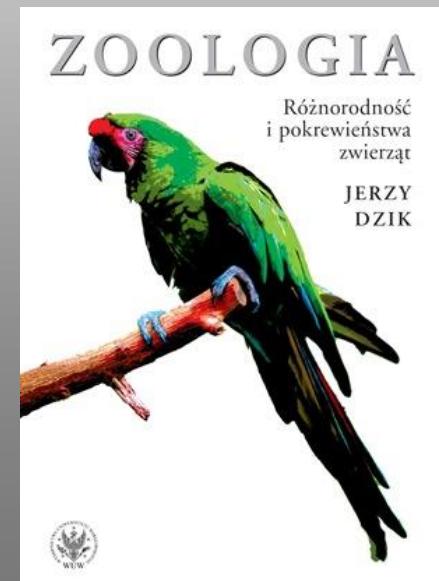
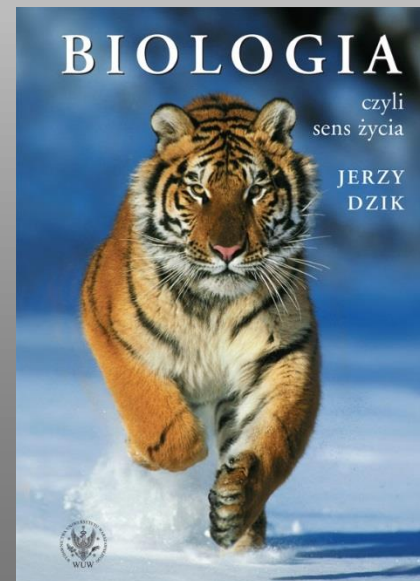
Zoologia **9.**

BEZSZCZĘKOWCE I RYBY

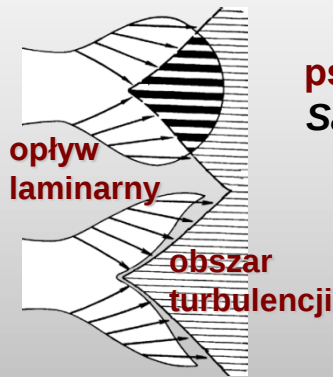
Jerzy Dzik

*Instytut Paleobiologii PAN
Instytut Zoologii UW*

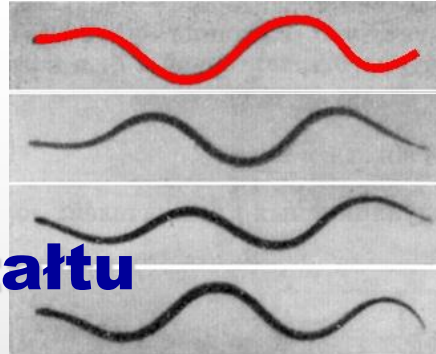
Warszawa 2019



IDEA rybiego kształtu



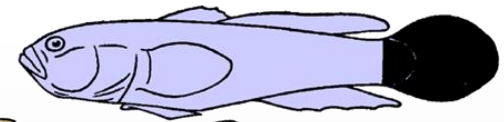
węgorz
Anguilla



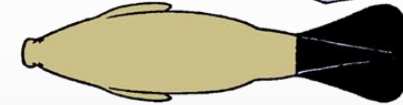
pstrąg
Salmo



babka
Gobius



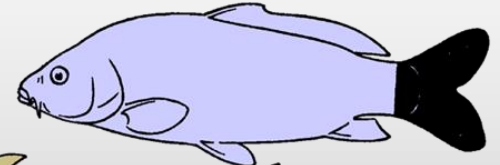
manat
Trichechus



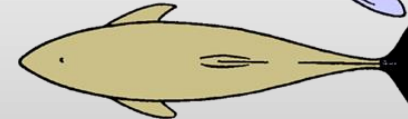
lin
Tinca



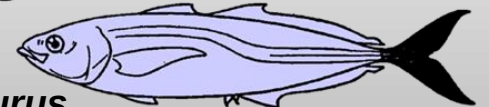
karp
Cyprinus



morświn
Phocaena
max. 40 km/h



Trachurus

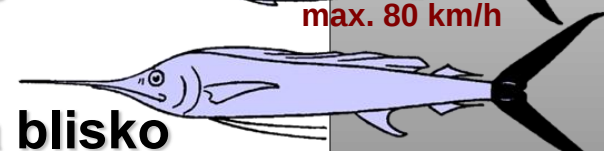


tuńczyk
Thunnus



max. 80 km/h

Istiophorus
max. 96 km/h



- undulacyjny napęd najefektywniejszy na końcu ciała: płetwa ogonowa
- płetwy brzuszne, grzbietowa i analna blisko środka ciężkości wspomagają siłę bezwładności
- turbulencje przy krawędzi spływu strzępią płetwę

kształt płetw powiązany z prędkością pływania

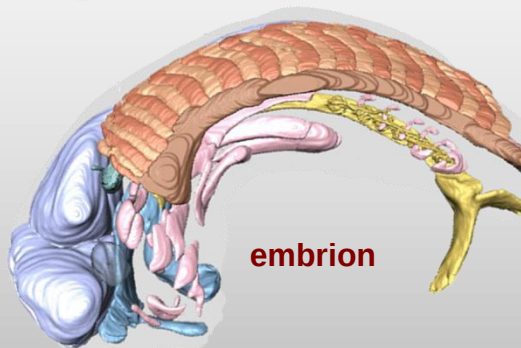
AGNATHA

ŚLUZICE

keratynowy szkielet szczęk

Myxini

Myxine

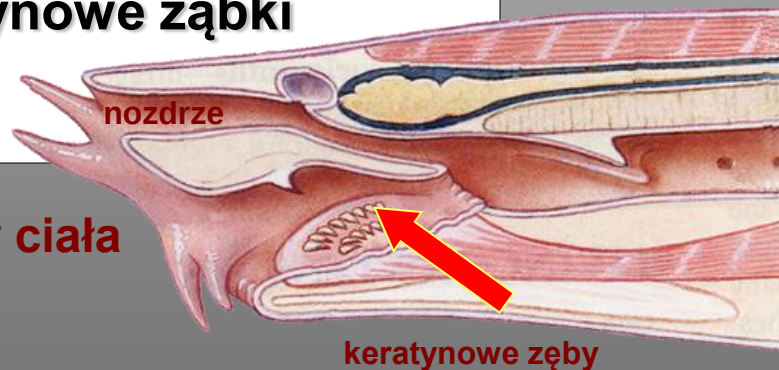


Eptatretus



- nieliczne otwory skrzelowe (ujścia mogą się łączyć)
- fizjologia i aparat gębowy wiążą z konodontami
- ale zamiast fosforanowych keratynowe ząbki
- z obumarłych komórek

niezdolne do regulacji jonowej płynów ciała



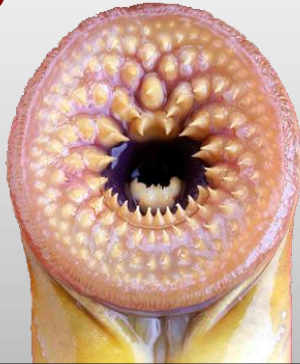
AGNATHA

MINOGI

plan budowy kręgowca

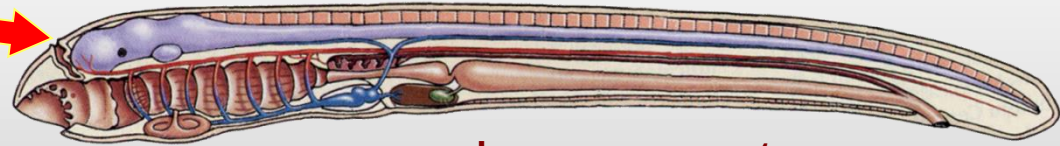
Petromyzoni

nozdrze



szczeliny skrzelowe

Lampetra



larwa ammocoetes

oko ciemieniowe

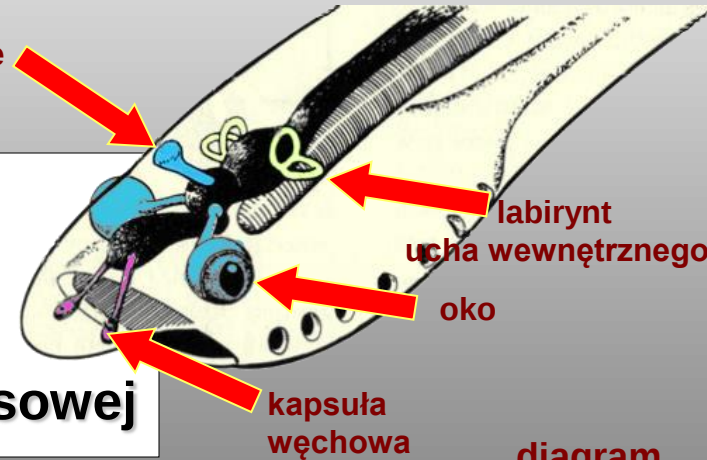


diagram
rozmieszczenia
zmysłów

- nieliczne otwory skrzelowe
- bez szkieletu mineralnego (wtórnie?)
- przyssawka odizolowana od jamy nosowej

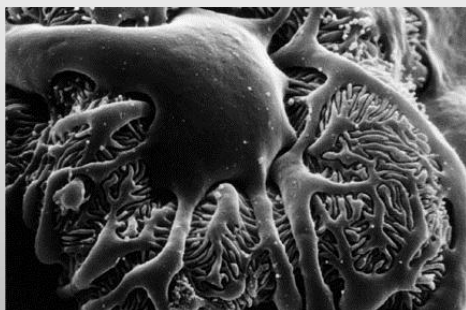
zachowały pełny zestaw organów zmysłu

nefrostom

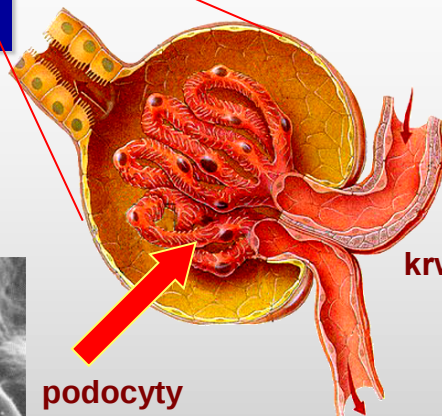
AGNATHA

KANALIKI nerkowe

Petromyzoni



larwa minoga *Petromyzon*



podocyty
glomerulus

kanalik
nerkowy

naczynie
krwionośne

naczynie
krwionośne

moczowód

żyła tętnica

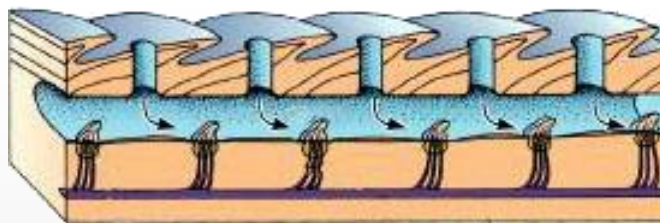
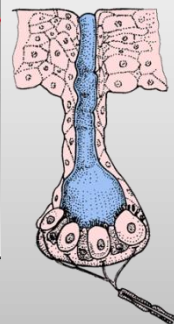
glomerulus

śluzica *Myxine*

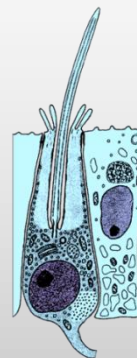
- usuwanie metabolitów ultrafiltracją przez błonę podstawną pod ciśnieniem krwi
- długie kanaliki nerkowe minogów umożliwiają odzyskiwanie soli z moczu

możliwość życia w wodach wysłodzonych od 480 mln lat

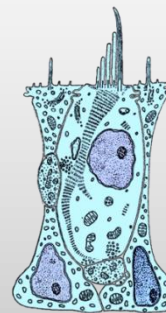
VERTEBRATA NOWE zmysły



kanal *linea lateralis* ryby



osłonica
Ciona



minóg
Lampetra

zmysł przepływu

- zachowały odczuwanie przepływu – *linea lateralis*
- dodawanie łuków limfatycznych labiryntu dostosowaniem do trójwymiarowości przestrzeni
- odczuwanie i generowanie pola elektrycznego

odbieranie sygnałów przewodzonych przez wodę

labirynt ucha
wewnętrznego



ryba
dwudyszna
Neoceratodus



rekin
Chlamydoselachus



minóg
Lampetra



śluzica
Myxine

VERTEBRATA

KOŚĆ powstanie

kanaliki
dentynowe

osteostrak
Tremataspis

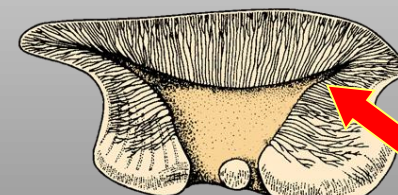
0.2 mm

osteocyty

0.1 mm

heterostrak
Psammosteus
400 mln lat

- **emalia** lita, wydzielana od zewnątrz
- **dentyna** od wewnątrz, z wypustkami komórek mezodermalnych
- **kość** z inkorporowanymi komórkami



heterostrak
Thelodus

0.1 mm

kanaliki
dentynowe

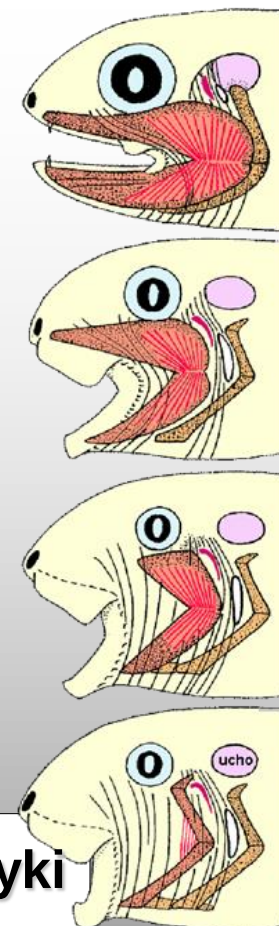
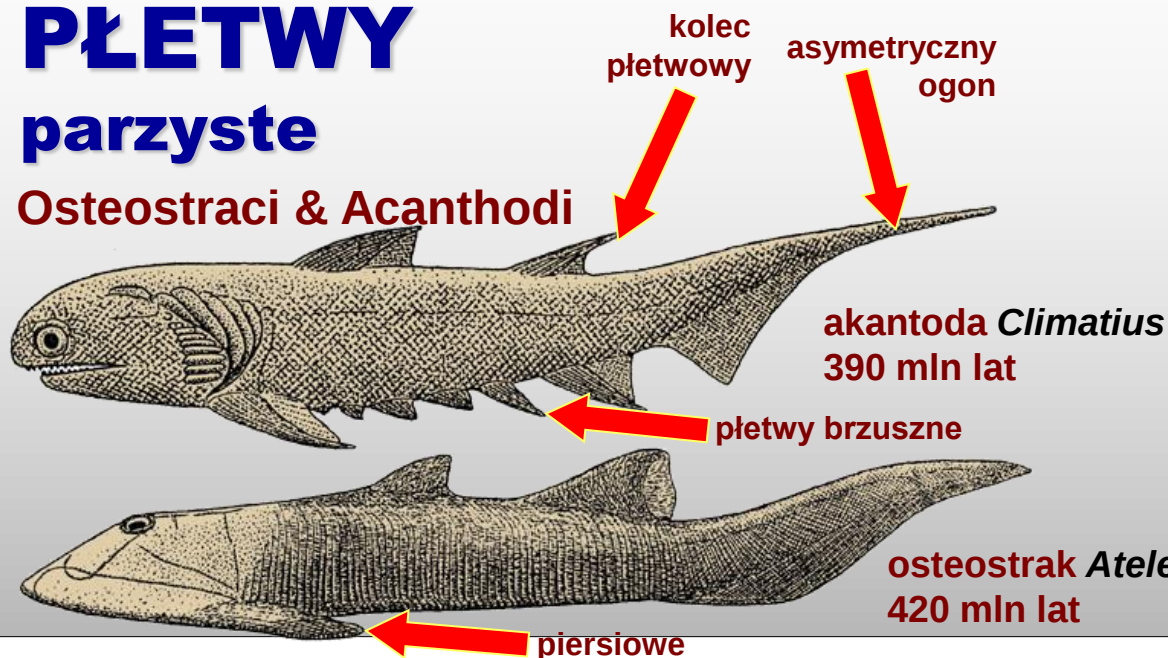
kość uzupełniła dentynę; zastępuje chrząstkę szkieletu osiowego

AGNATHA/PISCES

PŁETWY

parzyste

Osteostraci & Acanthodi



- płetwy piersiowe do szybowania – z braku hydrostatyki
- asymetryczny ogon unosi tył ciała
- szczęki z pierwszego łuku skrzelowego; z drugiego (gnykowego) kostka słuchowa i szkielet języka

dwie płetwy grzbietowe są pierwotną cechą ryb

CHONDRICHTHYES

REKINY

pierwotne

Selachii



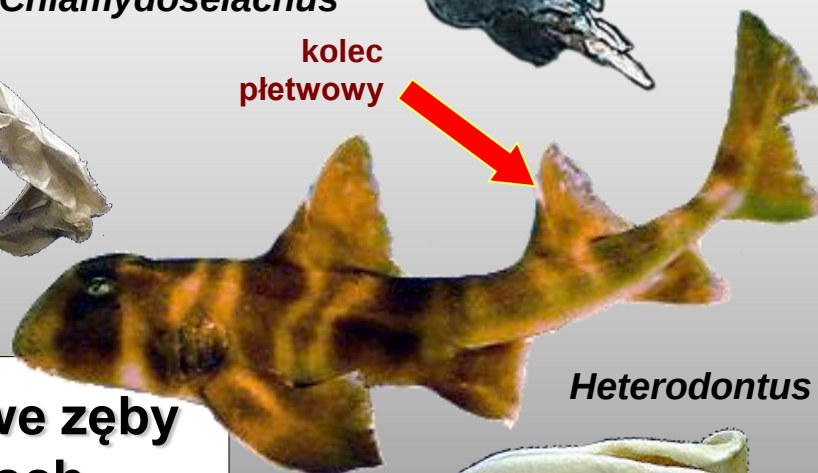
Chlamydoselachus



zab

spirale
zębowe

kolce
płetwowy



Heterodontus

- pierwotnie wielowierzchołkowe zęby do przytrzymywania, w spiralach
- kolce na dwu płetwach grzbietowych
- morskie – mocznik w płynach ciała

ryby są pełnomorskie wtórnie



kapsuła jajowa



CHONDRICHTHYES

REKINY

tnące zęby

Selachii

ewolucja spirali
zębowej

od 130 mln lat

Isistius

Hexanchus

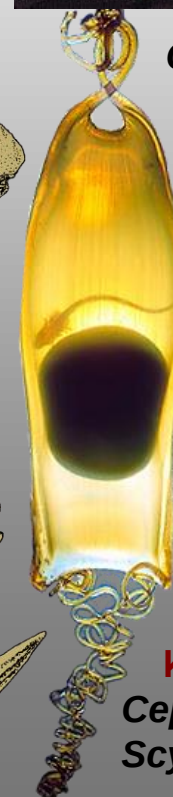
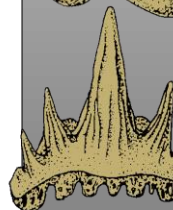
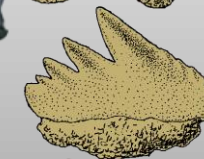
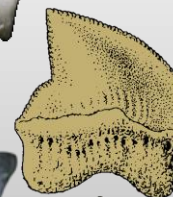
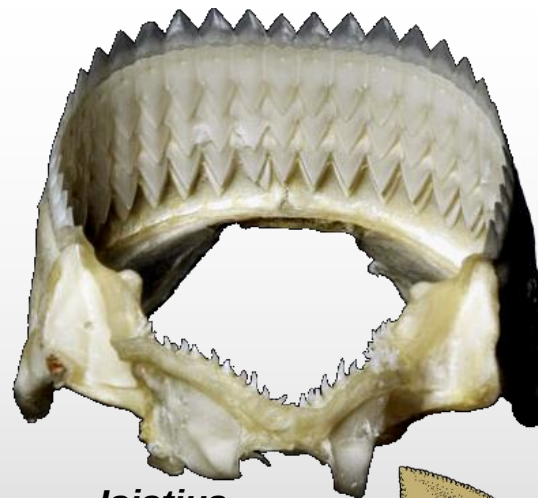
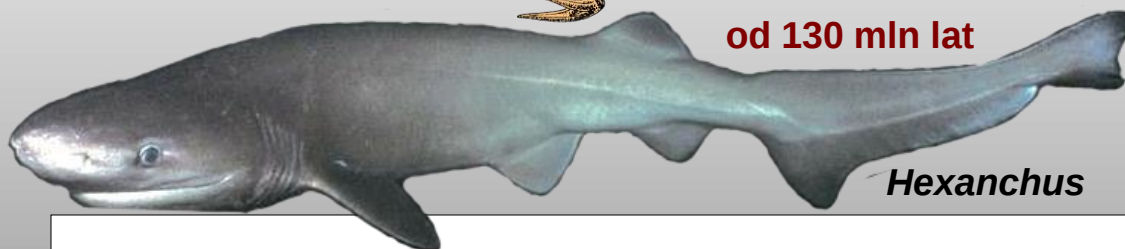
Carcharocles
20 mln lat

kapsuła jajowa
Cephaloscyllium
Scylliorhinus

Phoebodus
370 mln lat

- spłaszczenie zębów i rozluźnienie ich związków w spirali umożliwiło cięcie
- pojedyncza płetwa grzbietowa bez kolca
- płaskie kolagenowe kapsuły jajowe

zęby pierwotnie tylko do chwytania



CHONDRICHTHYES

REKINY

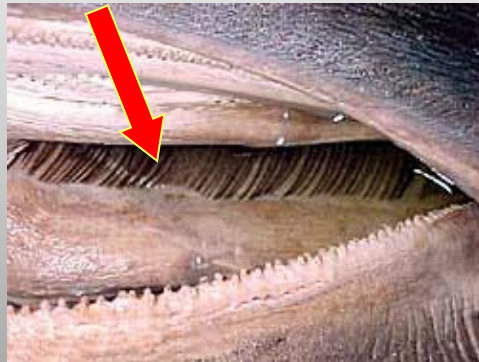
wielorybie

Selachii



Rhincodon

zęby



10 mm



Cetorhinus

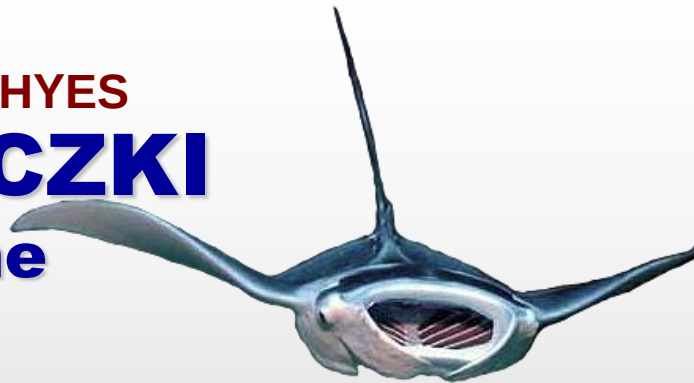
szkielet
wyrostka
filtracyjnego



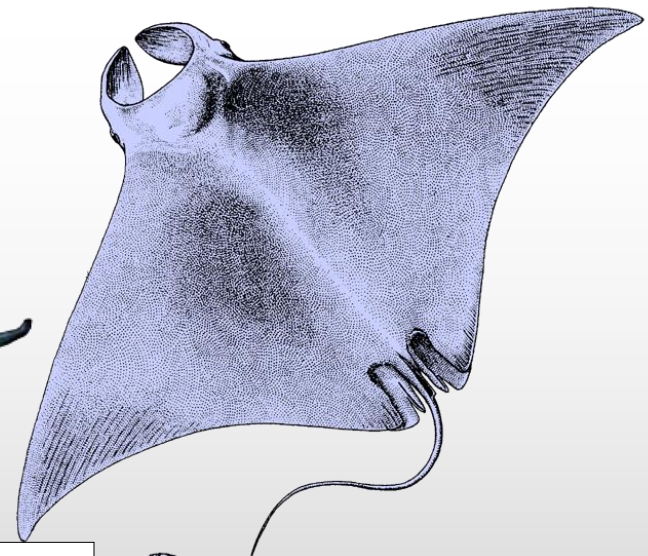
- filtrują zooplankton wyrostkami skrzel
- zmiennocieplność daje przewagę nad wielorybami w niskoproduktywnych morzach

przejście od nektonowego drapieżnictwa do filtracji

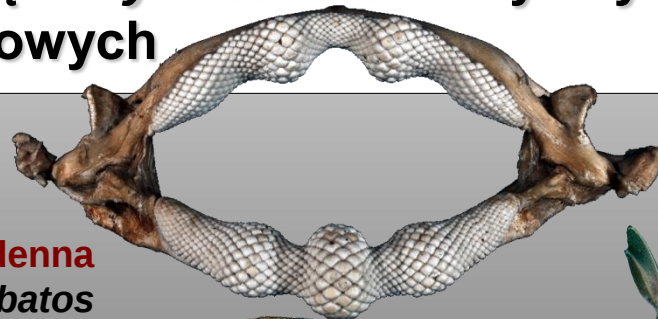
CHONDRICHTHYES
PŁASZCZKI
pelagiczne
Batoidei



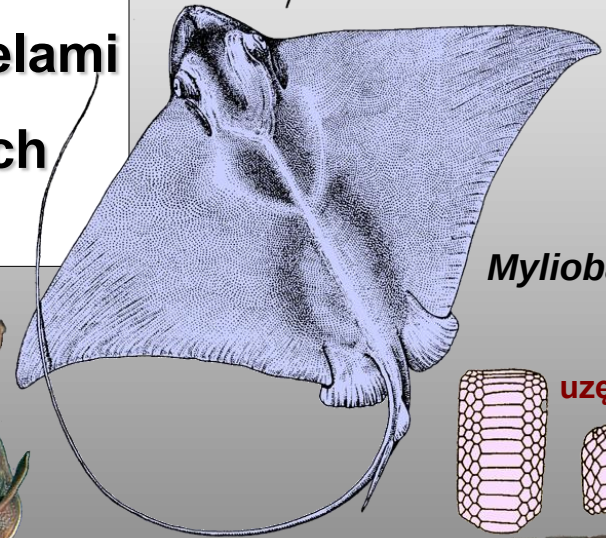
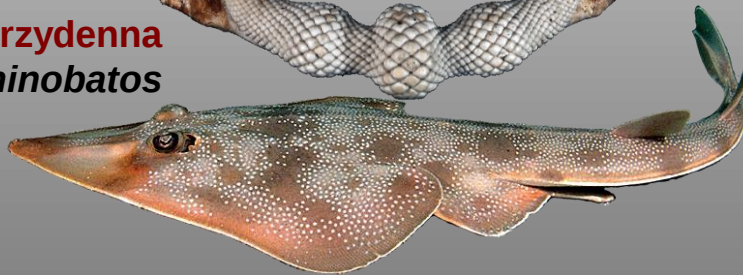
planktonożerna *Manta*



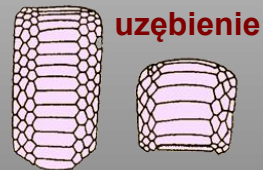
- płaszczyki *Manta* filtrują plankton skrzelami
- wywodzą się z *Myliobatis* o masywnych płytach zębowych



przydenna
Rhinobatos



Myliobatis



uzębienie



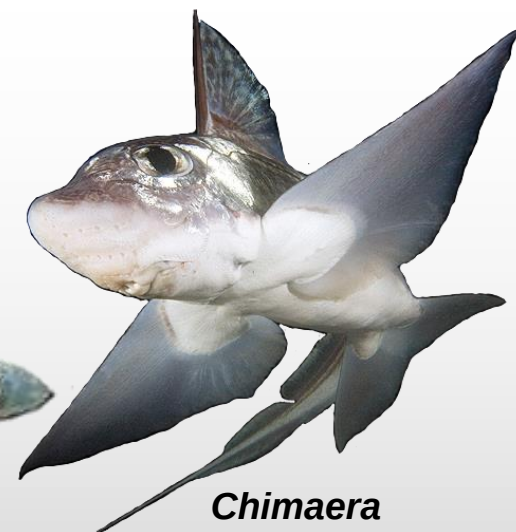
od bentosowego wyżerania mięczaków do planktonożerności

HOLOCEPHALI

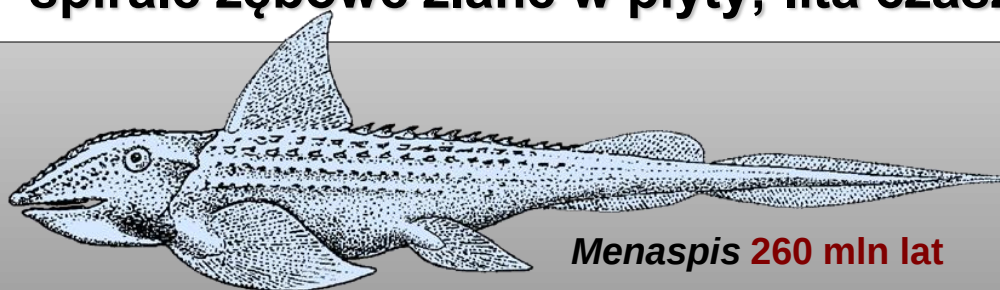
CHIMERY

podwodne skrzydła

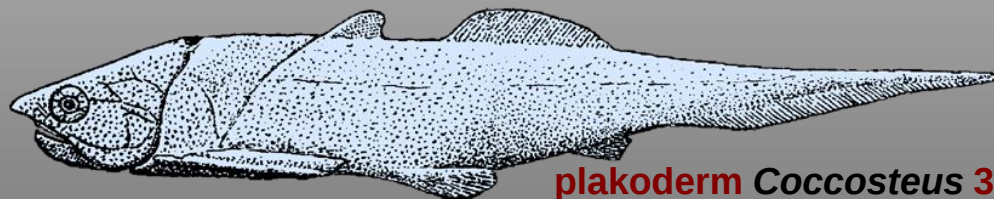
- lokomotoryczne płetwy piersiowe
- spirale zębowe złane w płyty; lita czaszka



Chimaera



Menaspis 260 mln lat



plakoderm *Coccosteus* 370 mln lat



dzisiejsza



170 mln lat

chimery są pokrewne dewońskim pancernym plakodermom

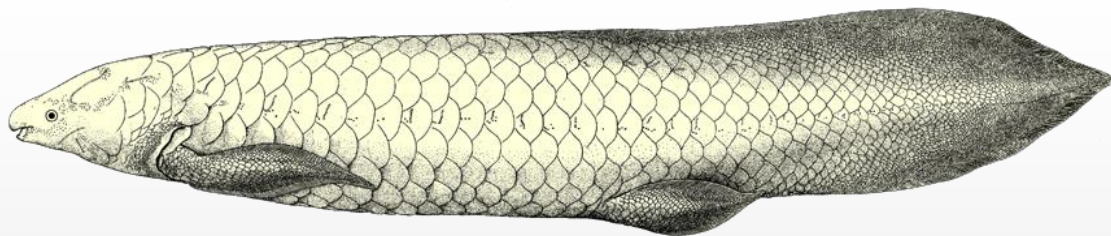
kapsuła jajowa
Callorhynchus

SARCOPTERYGII

PŁUCA

i mięśnie płetw

Dipnoi

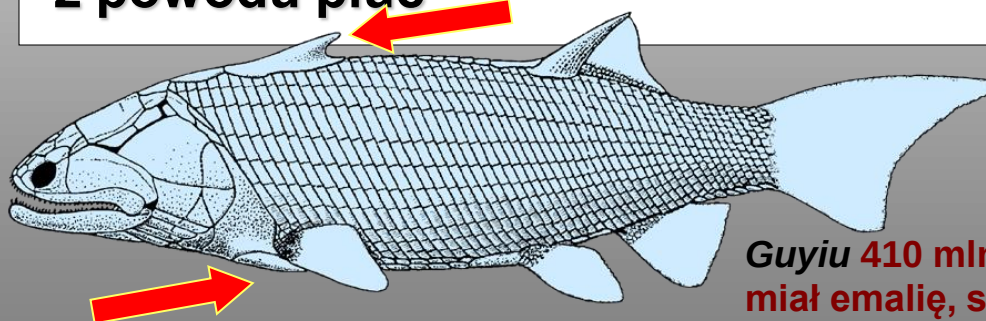


dwudyszna *Neoceratodus* Australia



kijanka dwudysznej
Protopterus Afryka

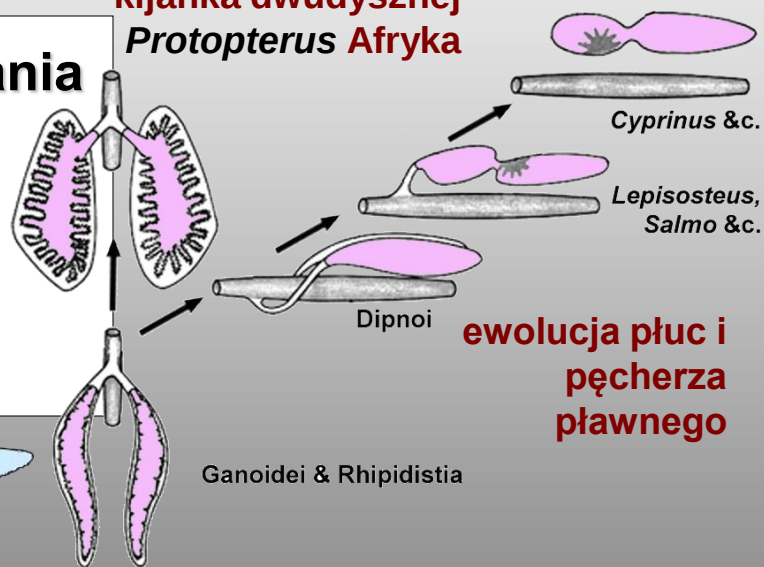
- płuca to adaptacja jelita do oddychania powietrzem w płytkich zbiornikach
- umięśnione płetwy piersiowe do stabilizacji ciała niestatecznego z powodu płuc



Guyu 410 mln lat

miał emalię, spirale zębowe i kolce płetwowe

powłoka emalii tracona wielokrotnie w ewolucji łusek



SARCOPTERYGII

LATIMERIA

lokomocja

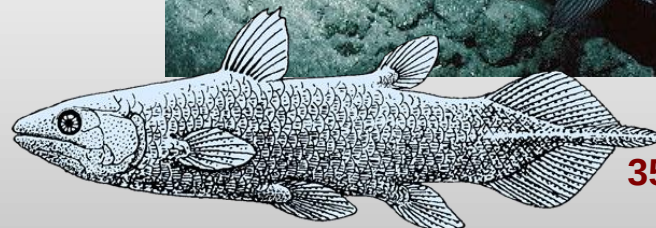
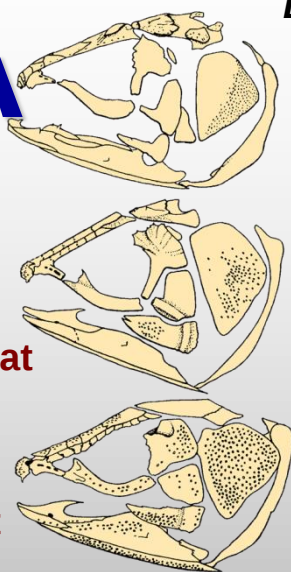
Crossopterygii

reliktowa
Latimeria

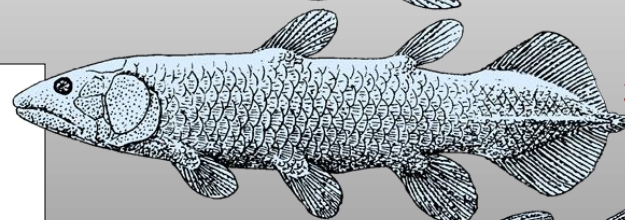


145 mln lat

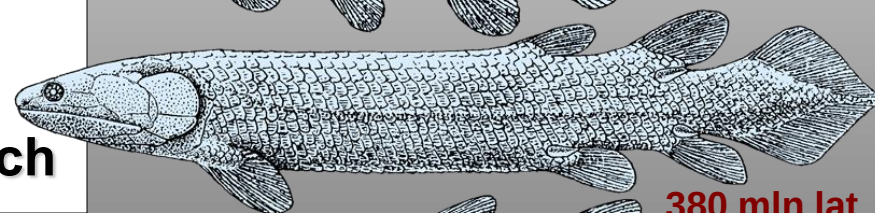
135 mln lat



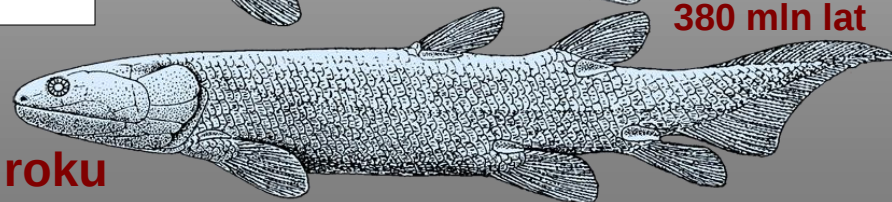
350 mln lat



370 mln lat



380 mln lat



- głębokowodna – nie ma płuc;
mocznik w płynach ciała
- napęd płetwami parzystymi,
ogon tylko przy nagłych ruchach

ewolucyjny relik – odkryty w 1938 roku

OSTEICHTHYES

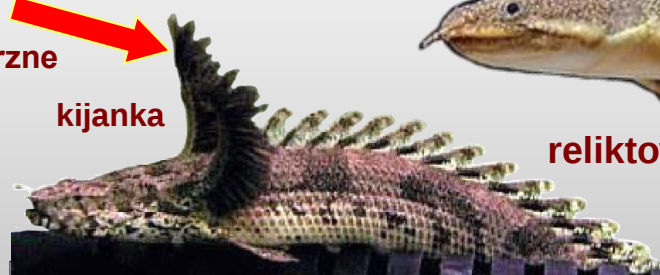
KIJANKI

kostnoszkieletowych

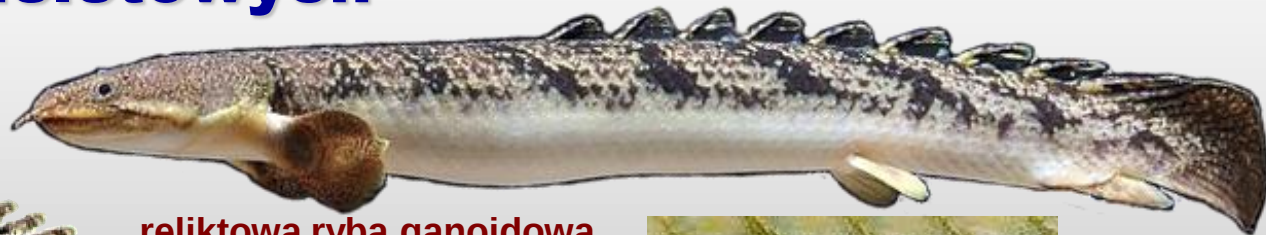
Ganoidei

skrzela
zewnętrzne

kijanka



reliktowa ryba ganoidowa
Polypterus Afryka



umięśniona
nasada
płetwy



łuski
ganoinowe



- zewnętrzne skrzela to przystosowanie do życia w okresowych zbiornikach
- stadium kijanki i płuca pierwotne
- innowacją pojedyncza płetwa grzbietowa

dziś relikty Gondwany

umięśniona nasada płetwy



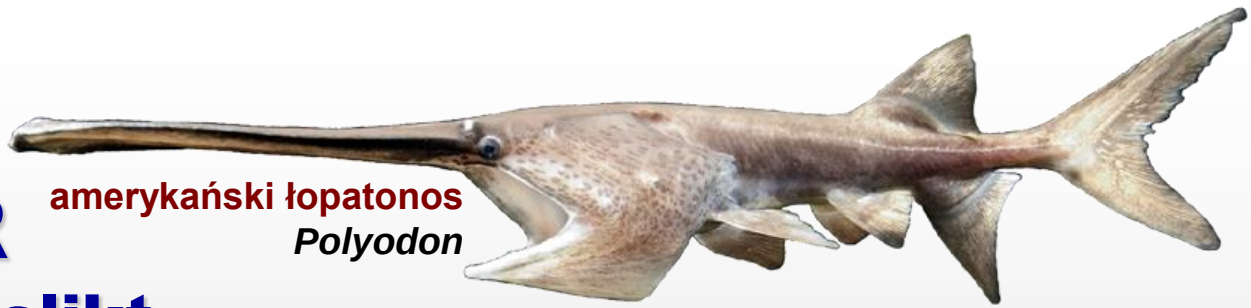
ganoidowa
Cheirolepis
370 mln lat

OSTEICHTHYES
JESIOTR

zmieniony relik

Acipenseri(formes)

amerykański łopatonos
Polyodon



jesiotr *Acipenser*

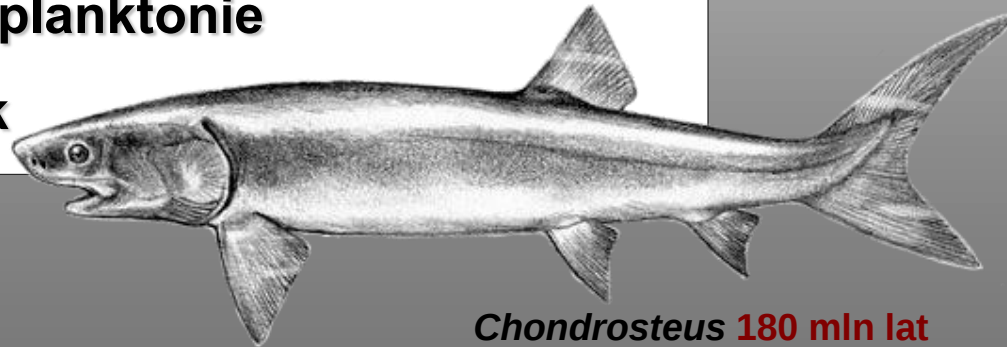


chiński pra-łopatonos
Protopsephurus
135 mln lat



- potomek ryb ganoidowych – asymetria ogona, jedna płetwa grzbietowa, słabe skostnienie kręgosłupa
- położenie otworu gębowego przystosowaniem do żerowania na dnie lub na planktonie
- redukcja uzębienia i łusek

wcale nie pierwotna biologia



Chondrosteus 180 mln lat

OSTEICHTHYES

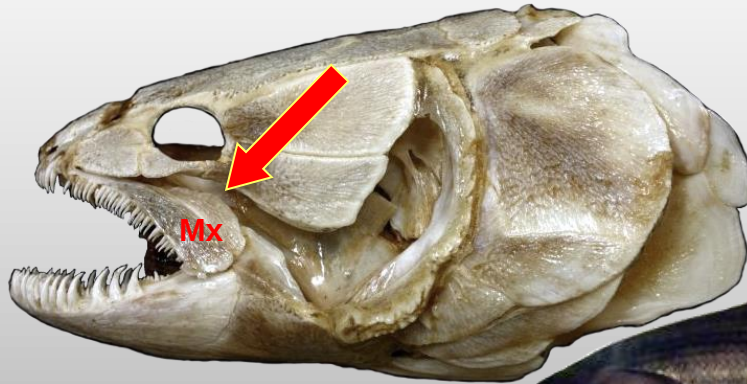
PRZEJŚCIE do cienkołuskich



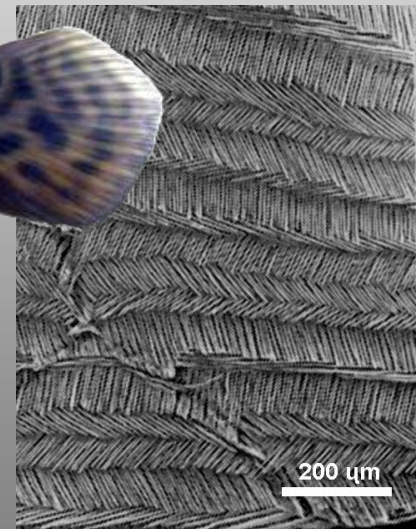
gar *Lepisosteus*



łuski



amia *Amia*
z ruchomą Mx



- łuski pierwotnie kostne z emalią
- redukowane do kolagenowej "sklejki"

zwinność i drapieżnictwo zwalniają z pasywnych zabezpieczeń

włókna kolagenu
w łusce *Neoceratodus*

TELEOSTEI

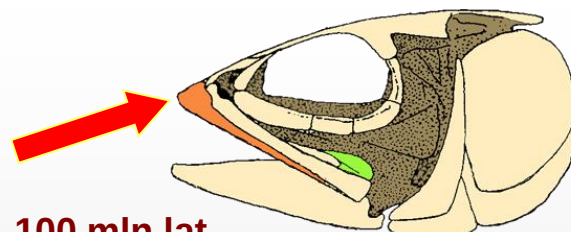
RYBY OŚCISTE

elastyczność czaszki

- luźne połączenie kości czaszki
wzmacnia i rozszerza chwyt szczęk
- cienkie łuski i zagłębione kości skórne
– mniejsze koszty ale słabsza osłona
- ości przejęły funkcję
zniechęcania drapieżników

analogia do ewolucji jaszczurek i węży

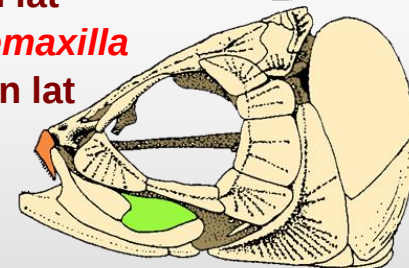
praemaxilla



100 mln lat

rozrost praemaxilla

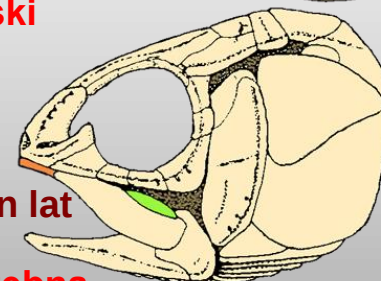
140 mln lat



cienkie łuski

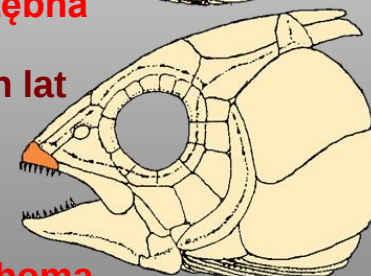
230 mln lat

maxilla bezzębna



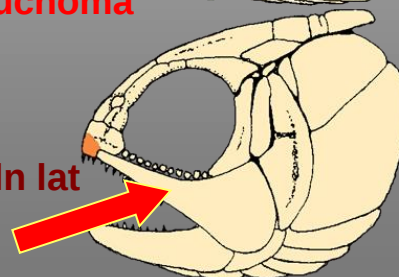
270 mln lat

maxilla ruchoma



350 mln lat

maxilla pierwotnie uzębiona

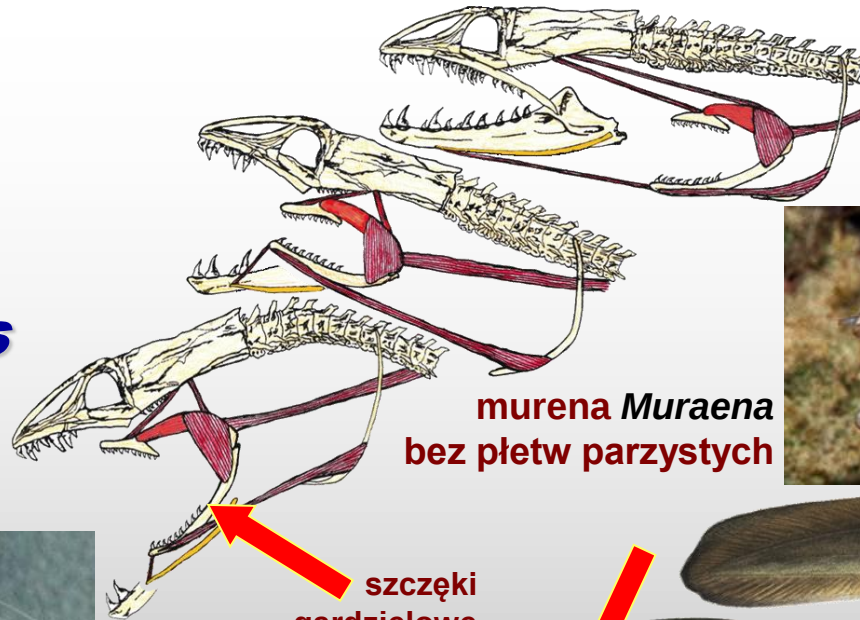


TELEOSTEI

LARWA

leptocephalus

Anguilli(formes)

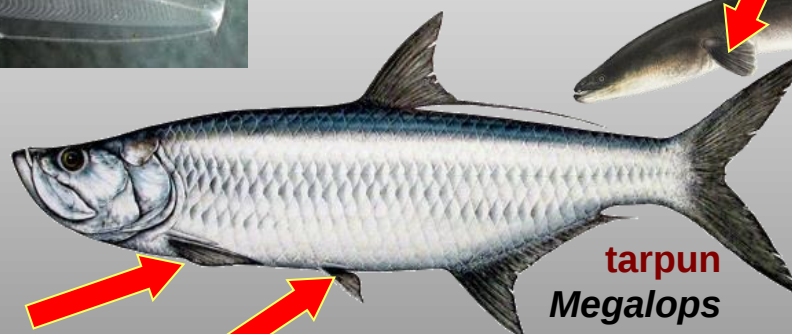


murena *Muraena*
bez płetw parzystych



larwa *leptocephalus*

szczęki
gardzielowe



tarpun
Megalops



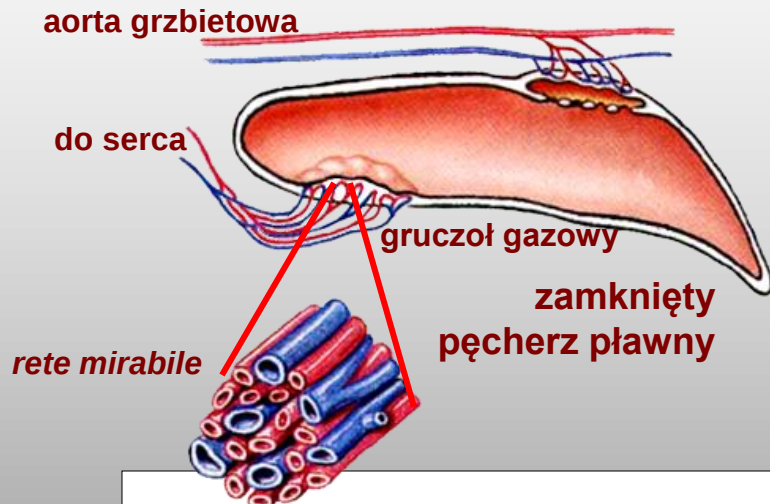
węgorz *Anguilla*
bez płetw brzusznych

- larwa wiąże węgorze z tarpunami
- sztywne szczęki przejawem pierwotności

wczesne specjalizacje anatomii

TELEOSTEI

PŁETWA tłuszczowa



- pysk wysuwany
- dodatkowa płetwa bez szkieletu
- pęcherz wyłącznie organem hydrostatycznym

łosoś *Salmo*

płetwa tłuszczowa

głębinowe
Myctophum
z fotoforami

planktonożerny śledź
Clupea

śledzie utraciły płetwę tłuszczową

TELEOSTEI

KARPIOWATE

podwodny słuch

płetwa tłuszczowa



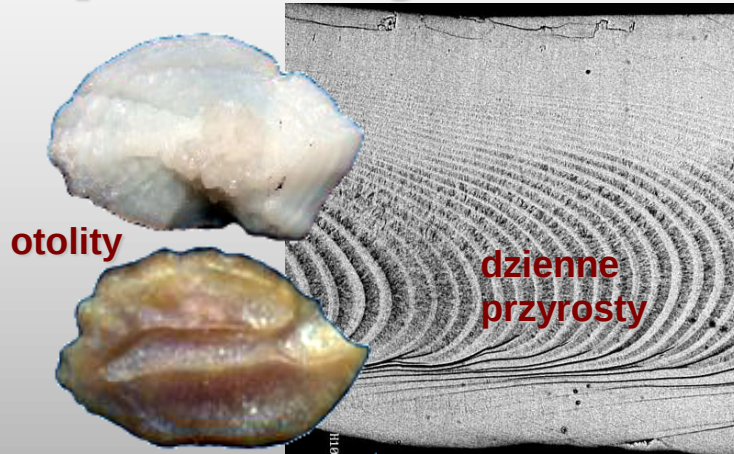
pirania
Pygocentrus



zęby gardzielowe
certy
Vimba



zebrafish
Danio rerio



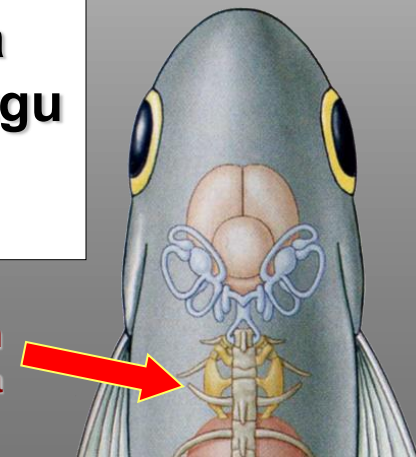
otolithy

dzienne
przyrosty

- aragonitowe otolithy Teleostei odbiornikami drgań
- karpiowate: zęby gardzielowe oraz organ Webera przenoszący drgania pęcherza pławnego do mózgu
- *maxillae* wyparte z krawędzi szczęk

piranie zachowały płetwę tłuszczową

organ
Webera



TELEOSTEI

SZCZUPAK a ryby latające

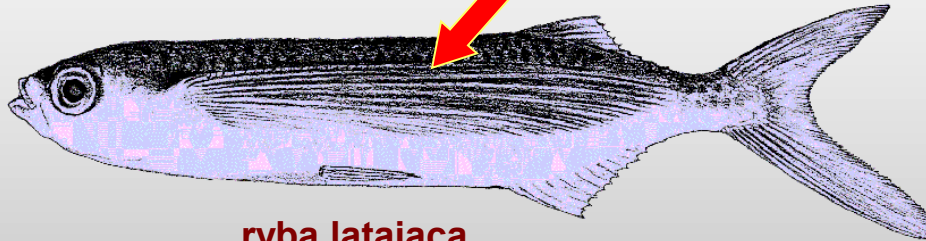
szczupak *Esox*



słodkowodna *Umbra*



ryba latająca
Exocoetus



belona
Belone



- wszystkie płetwy nieparzyste przesunięte do tyłu umożliwiają nagły atak lub ucieczkę
- powiększony dolny płąt ogona napędza nawet po wynurzeniu ciała z wody

płetwa tłuszczowa wyparta przez grzbietową



TELEOSTEI

OKONIOWATE

ewolucja lokomocji

Perci(formes)

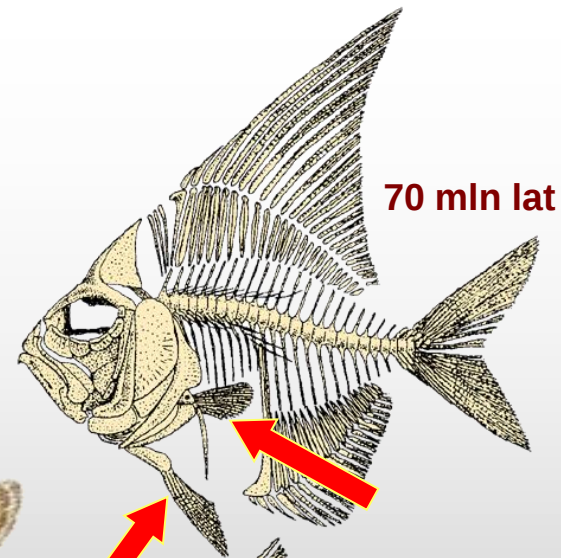
słodkowodny
jazgarz *Acerina*



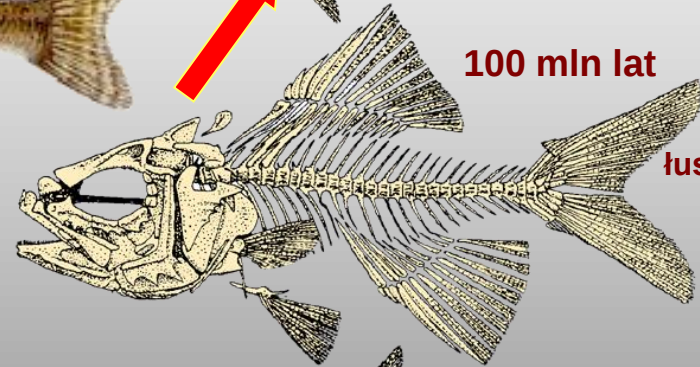
morska *Beryx*

- płetwy brzuszne przed piersiowymi
- kolce płetwowe, grzebykowate łuski, zagłębione kości czaszki

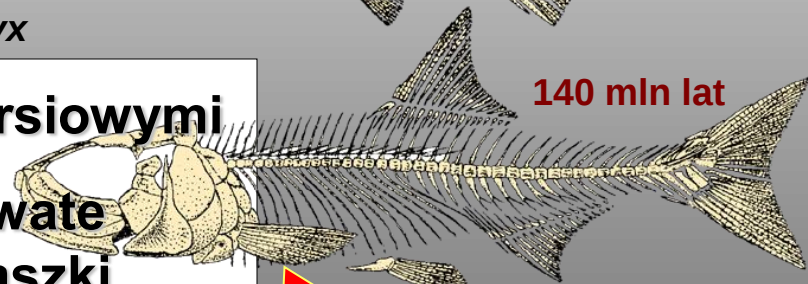
płetwy brzuszne pod środkiem masy ciała



70 mln lat

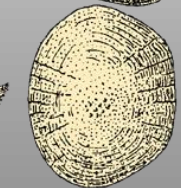
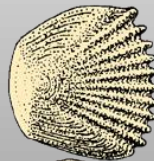


100 mln lat

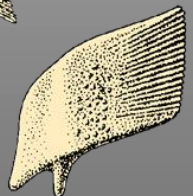


140 mln lat

łuska ktenoidalna



cykloidalna



łuska ganoinowa

TELEOSTEI **ZANIK** ogona

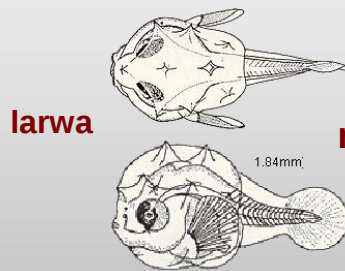
Gasterostei(formes)



Ranzania Molidae

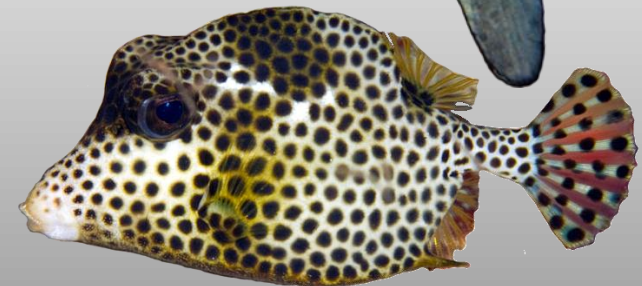


meduzożerna *Mola*
największa cienkołuska



larwa

- tarcze kostne i kolce już u ciernika
- elastyczny lub lity pancerz tułowiowy u rafowych



rafowa *Lactophrys*
Ostracidae



ciernik *Gasterosteus*

płetwa ogonowa nieużyteczna przy powolnym ruchu

TELEOSTEI

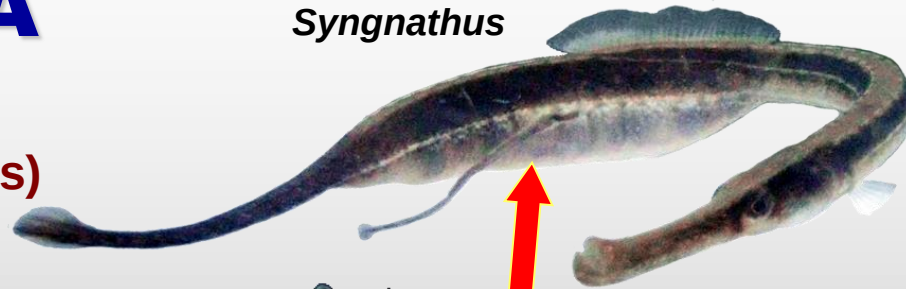
ZAMIANA

ról płetw

Gasterostei(formes)

- płetwa ogonowa zanika
- funkcje ogona przejęła płetwa grzbietowa

samiec igliczni
Syngnathus



torba lęgowa

konik morski
Hippocampus



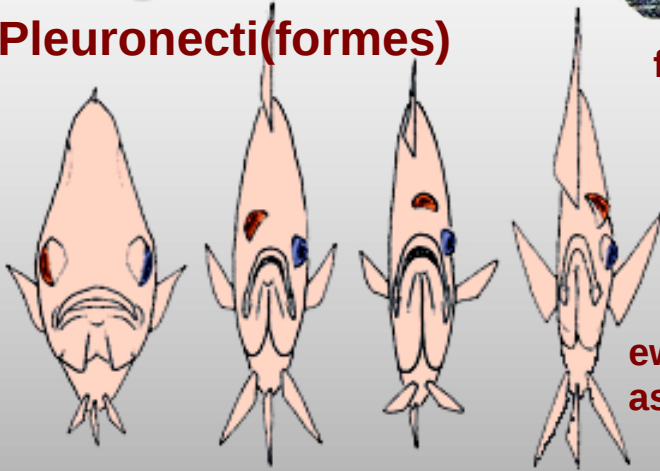
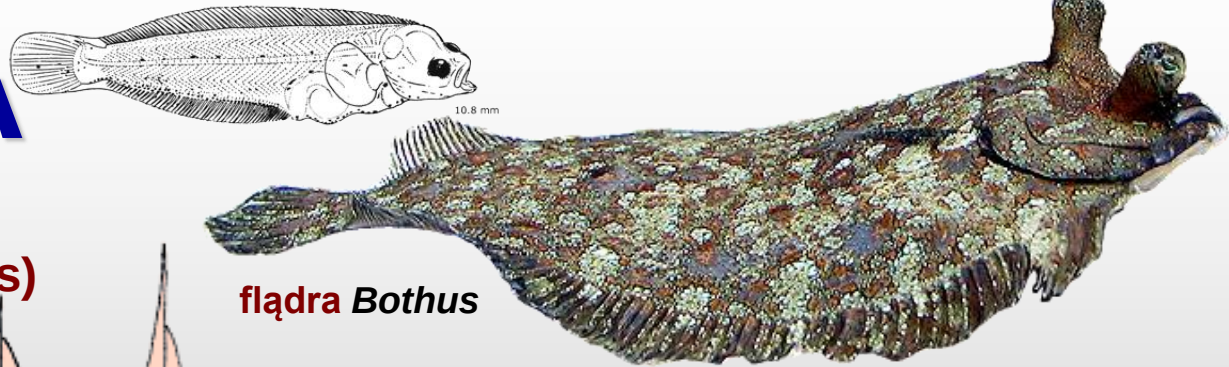
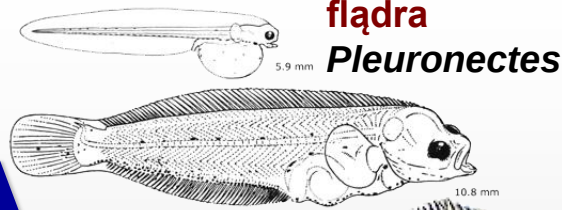
australijska
iglicznia
Phycodurus



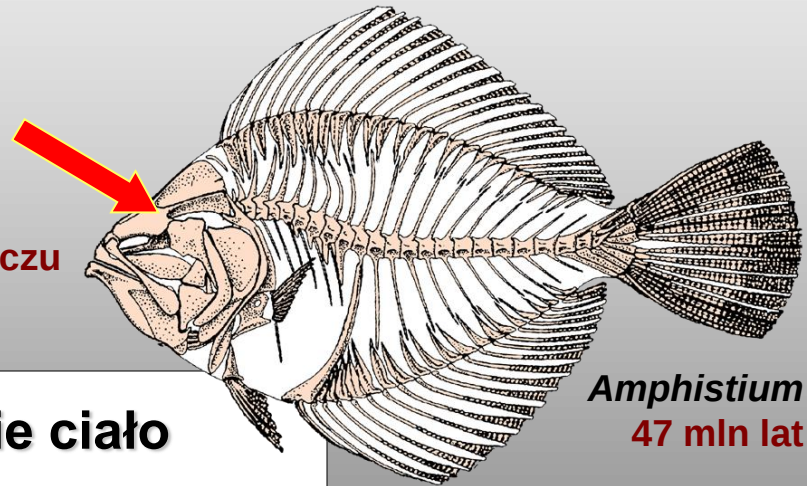
przy powolności dobór na pasywne wtapianie się w tło

TELEOSTEI MIMIKRA i asymetria

Pleuronecti(formes)



Trachinotus Amphistium Psettodes Citharus



- okoniowaty przodek miał wysokie ciało
- mógł skryć się w piasku tylko leżąc na boku
- wyzwoliło to selekcję na asymetrię czaszki

i wykorzystanie chromatoforów do mimikry

chromatofory
(żaby)

