

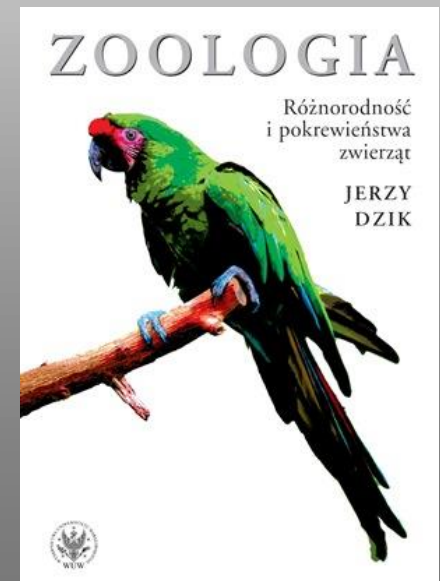
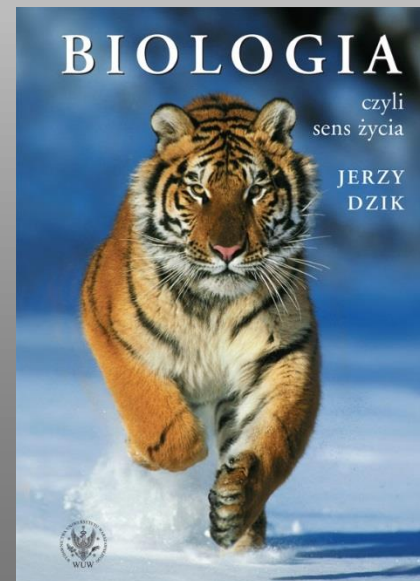
Zoologia **6.**

MIĘCZAKI

Jerzy Dzik

*Instytut Paleobiologii PAN
Wydział Biologii UW*

Warszawa 2019



SPIRALIA = Lophotrochozoa

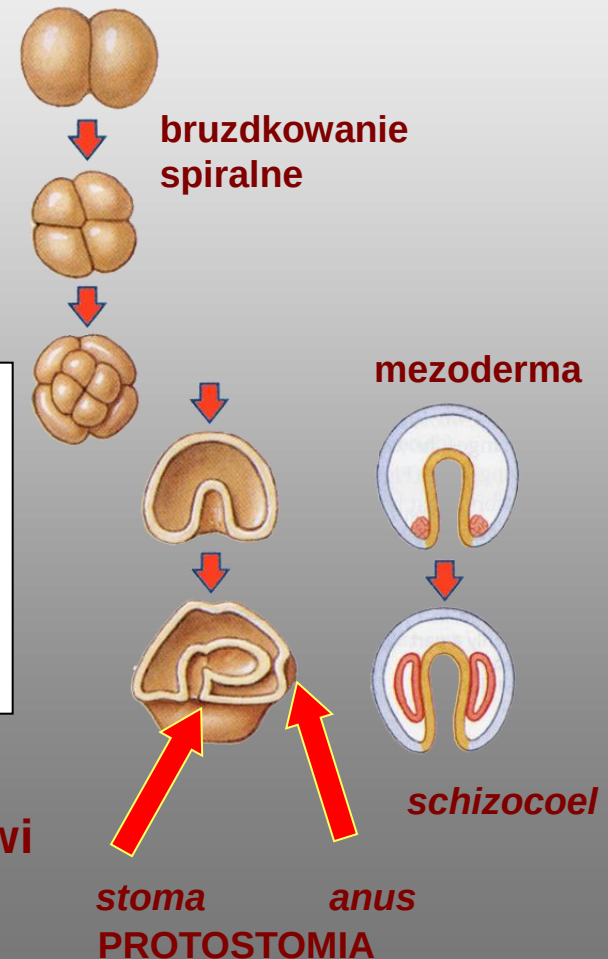
LARWA swoista



pilidium wstężnicy



- niewiele cech wspólnych Spiralia:
- planktonowe larwy typu *trochophora*
- spiralne bruzdkowanie – ukośny podział daje ściśle upakowanie blastomerów



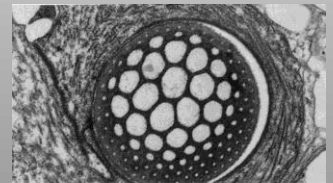
bywa schizocel – niehomologiczny enterocelowi

SPIRALIA

SZCZECINKI

łączą zwierzęta trochoforowe

- u pierścienic, brachiopodów i niektórych mięczaków szczecinki z kanalikami formowane na *microvilli*
- nie wiadomo jak wyglądał przodek



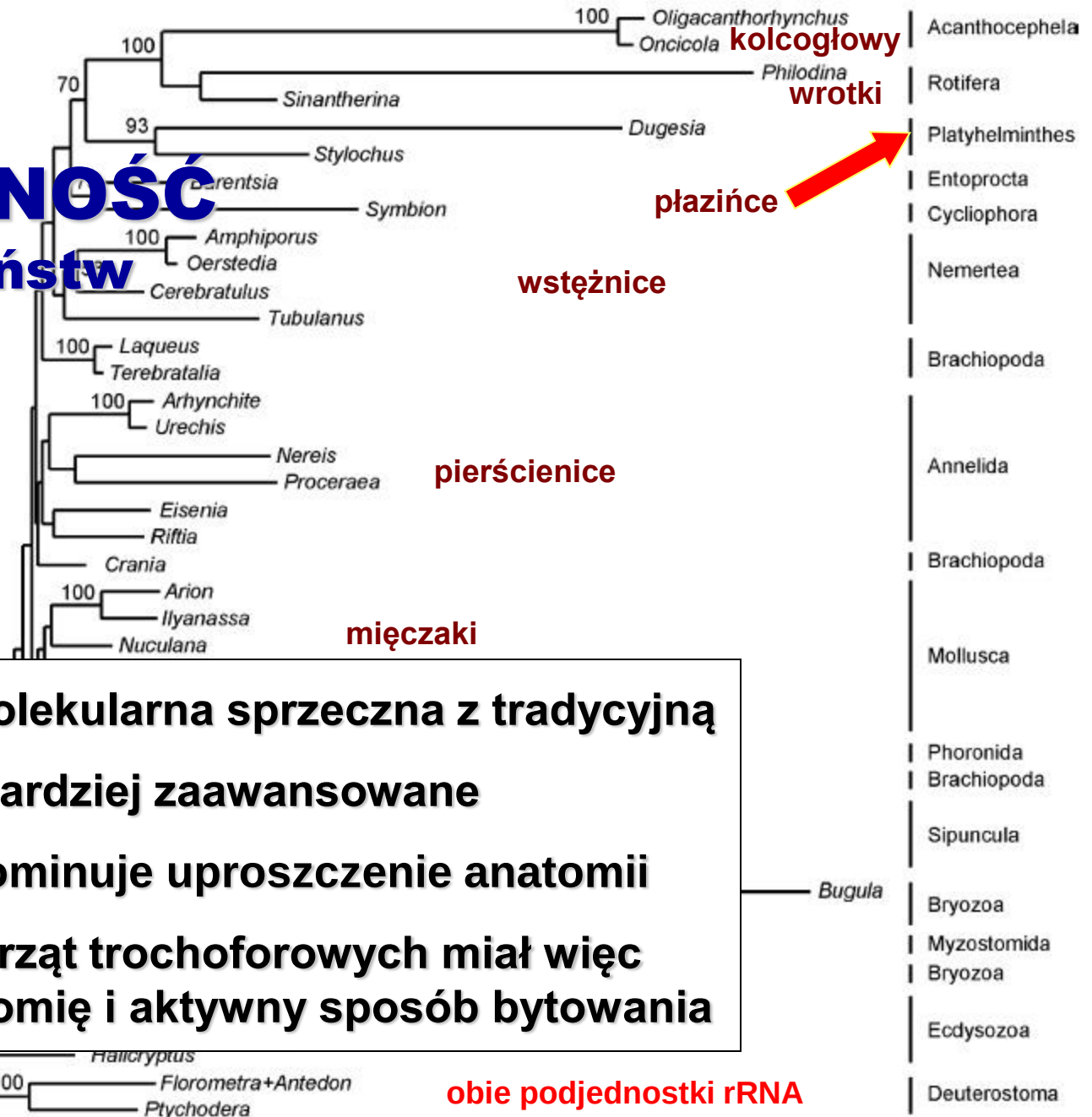
chaeta
wieloszczeta



plany budowy typów bardzo odmienne już w kambrze

SPIRALIA

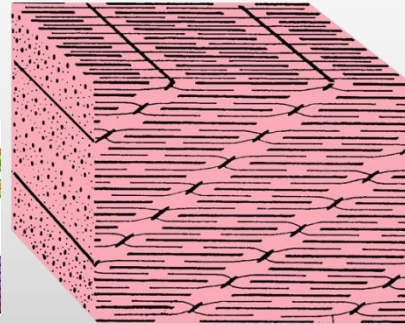
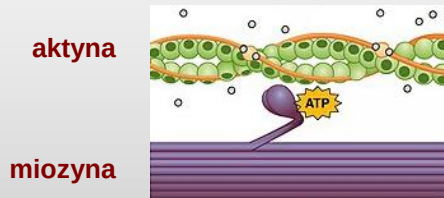
POLARNOŚĆ pokrewieństw



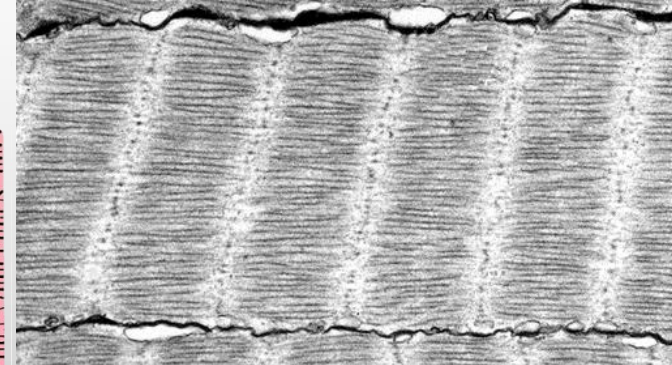
- filogeneza molekularna sprzeczna z tradycyjną
- płazińce najbardziej zaawansowane
- w ewolucji dominuje uproszczenie anatomii
- przodek zwierząt trochoforowych miał więc złożoną anatomię i aktywny sposób bytowania

BILATERIA

ORIENTACJA w środowisku



kalmar *Loligo*
mięsień ukośnie prążkowany



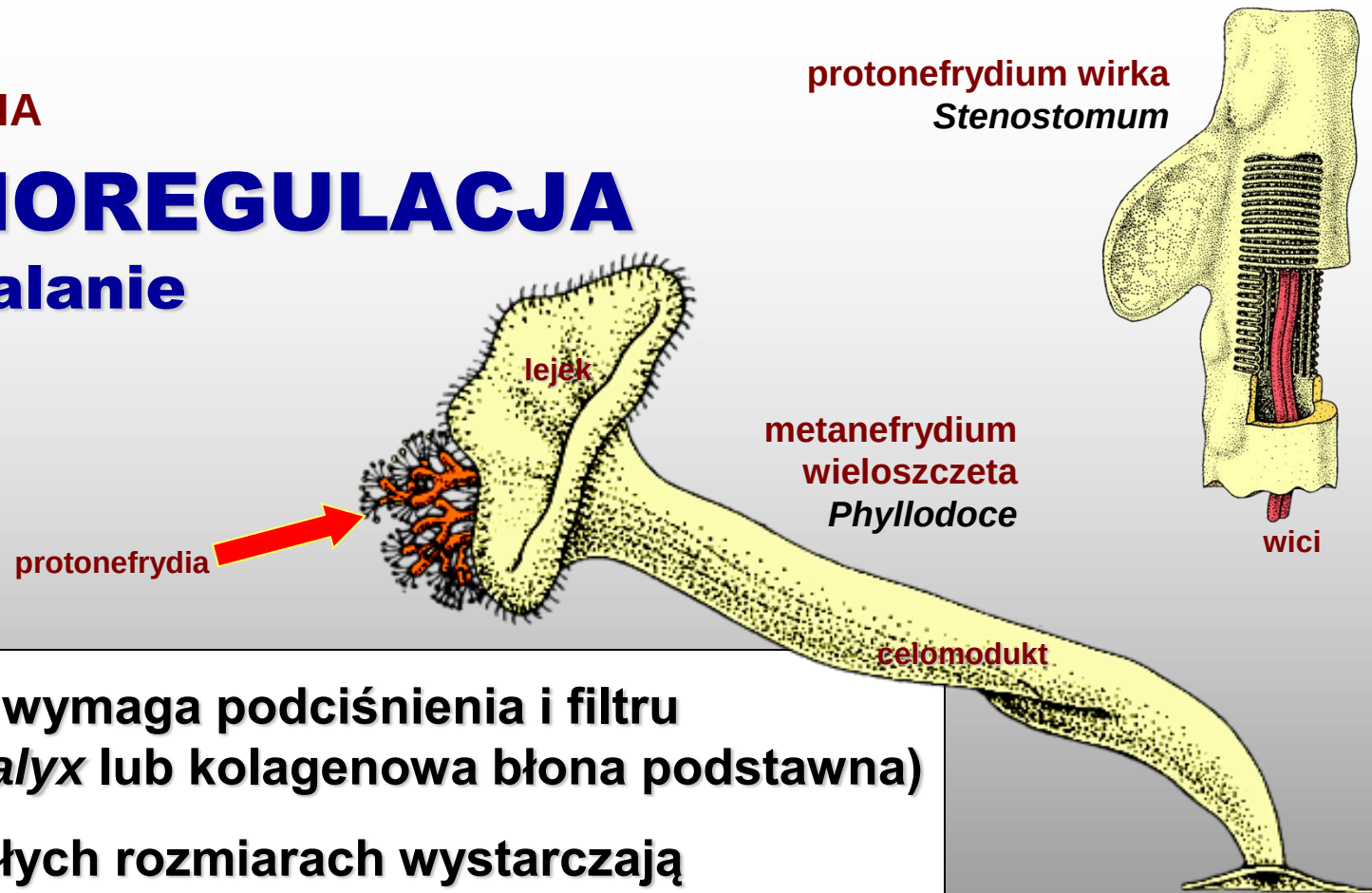
TEM

- każda komórka może mieć zdolność odbioru i przekazu sygnałów: chemicznych – węch, mechanicznych – dotyk, świetlnych – wzrok
- regulacja ekspresji genów specjalizuje funkcje komórek w obrębie klonu
- układ nerwowy przetwarza i przekazuje informację zmysłową do narządów ruchu

przodek Spiralia miał podstawowe organy zmysłów

BILATERIA

OSMOREGULACJA i wydalenie

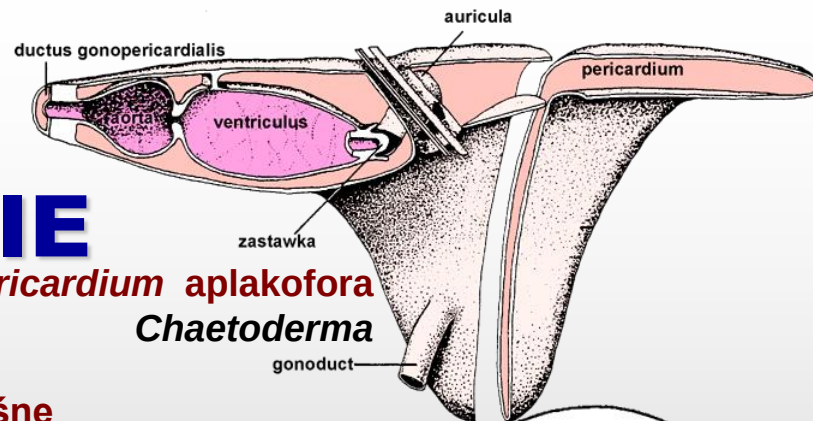


- filtracja wymaga podciśnienia i filtru (*glycocalyx* lub kolagenowa błona podstawna)
- przy małych rozmiarach wystarczają pojedyncze komórki (protonefrydia), przy większych orzęsione lejki (metanefrydia)

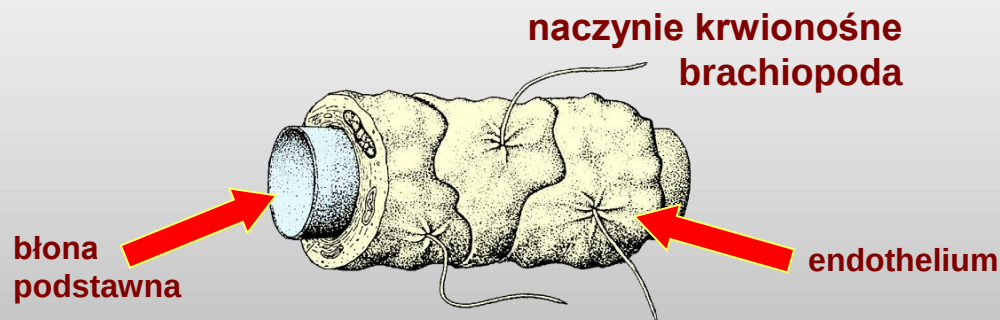
oznacza to wiciową (rzęskową) regulację ciśnienia hemolimfy

MOLLUSCA

ROZPROWADZANIE tlenu i metabolitów

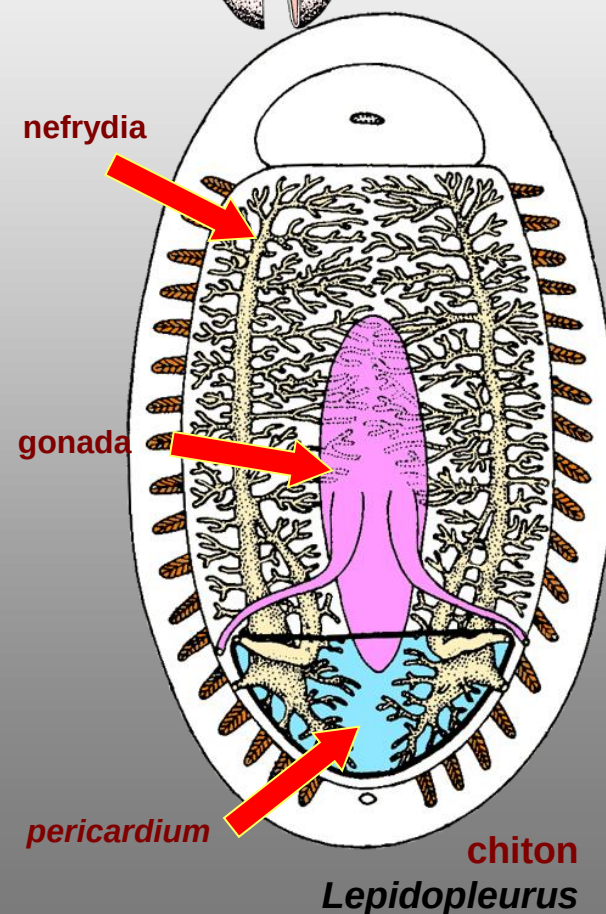


pericardium aplakofora
Chaetoderma



- ciśnienie płynu w jamie *pericardium*, nefrydiach i gonoduktach utrzymane dzięki rzęskom
- układ krwionośny wymusza mięśniowo przepływ płynu

serce niehomologiczne naszemu



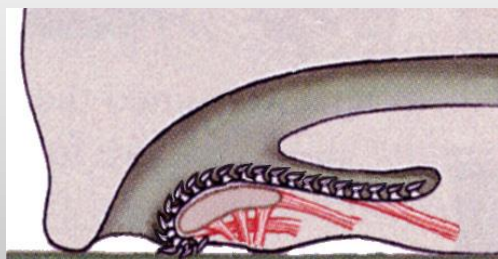
Lepidopleurus

POLYPLACOPHORA

MIĘCZAKI

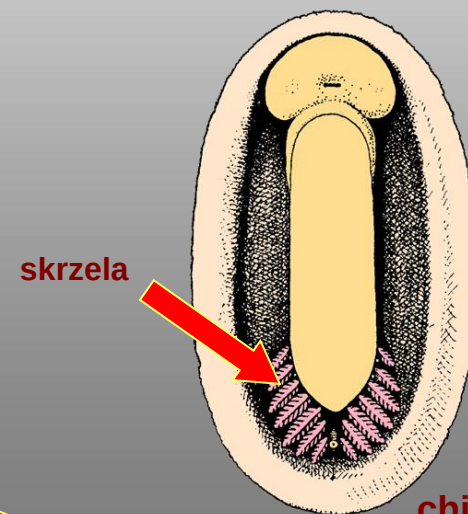
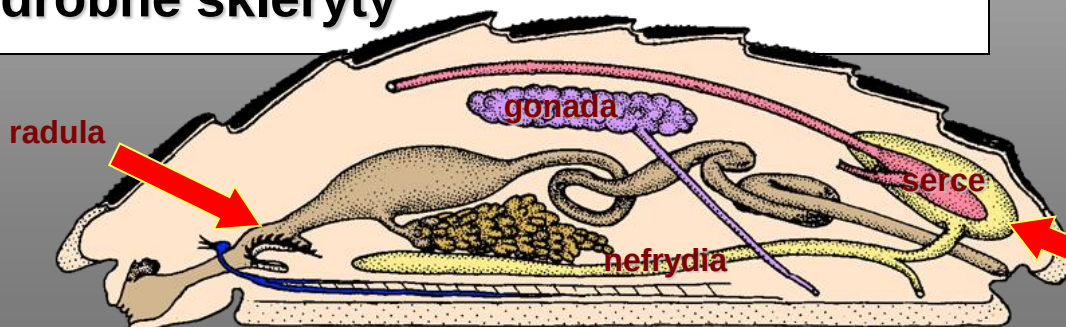
pierwotne

radula chitona



chiton *Acanthochitona*

- dla mięczaków swoista jest **radula**
- pełzanie i osłonięty grzbiet pierwotne
- chitony – 8 wapiennych płytek i liczne drobne skleryty



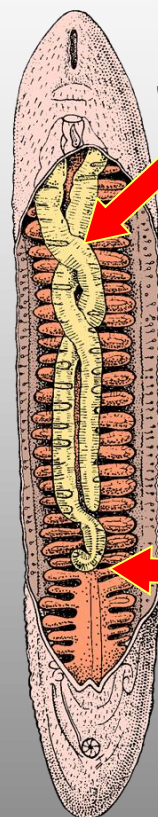
chiton *Lepidopleurus*
pericardium

APLACOPHORA

MIĘCZAKI bez muszli

- nagie lub pokryte wapiennymi igłami
- śladem nogi bruzda
- redukcja szkieletu i nogi jest wtórna

dziś w mule lub na koralach



"ślinianki"

ukwiał

5 cm

"łodyga"
gorgonii

jelito

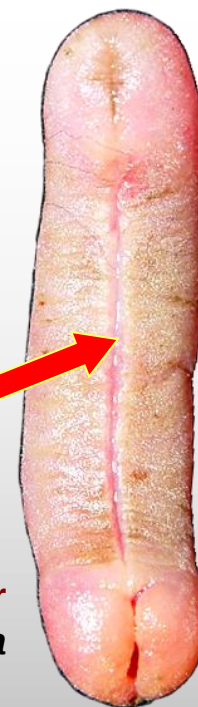
aplakofof
Proneomenia



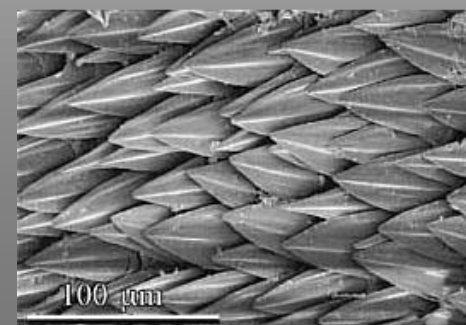
aplakofof

bruzda
brzuszna

aplakofof
Neomenia

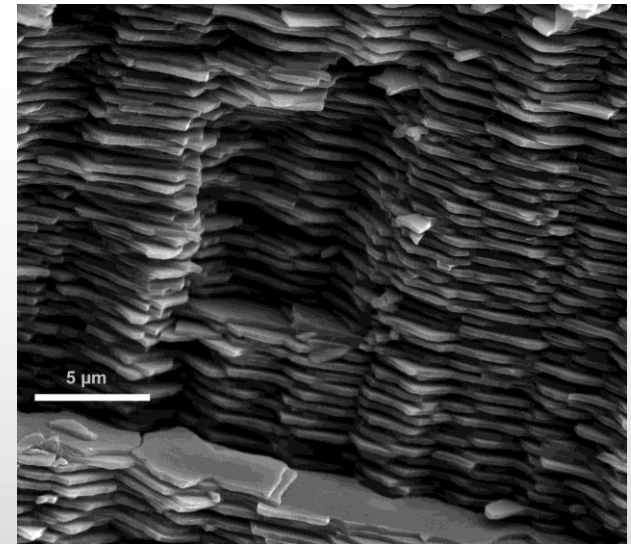
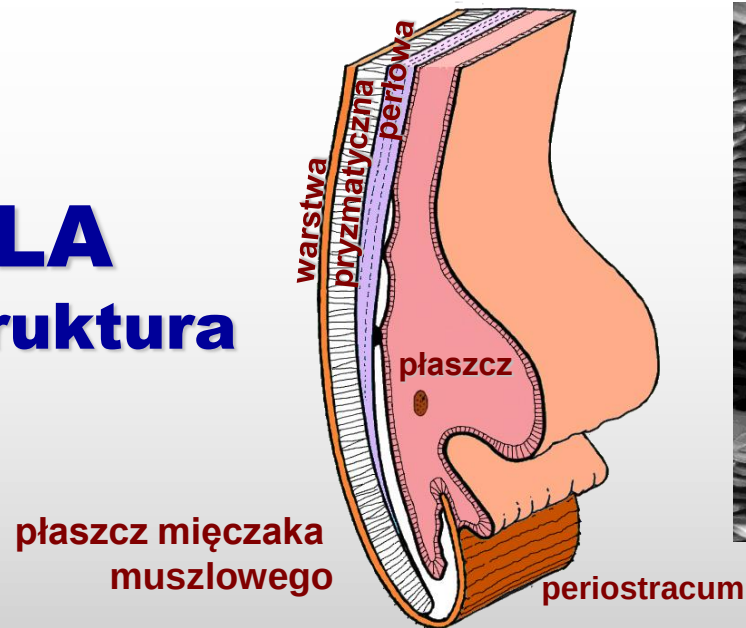


aplakofof
Chaetoderma



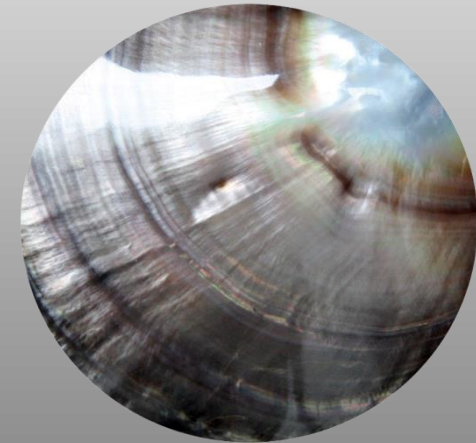
MUSZLA

mikrostruktura



masa perłowa
ucha morskiego *Haliotis*

- muszla przyrasta brzeźnie (płaszcz)
- pierwotna aragonitowa masa perłowa – ma dużą wytrzymałość ale kosztowna
- dlatego w ewolucji powszechne przejście do tworzywa niemal bez organiki
- rzadziej do kalcytowego

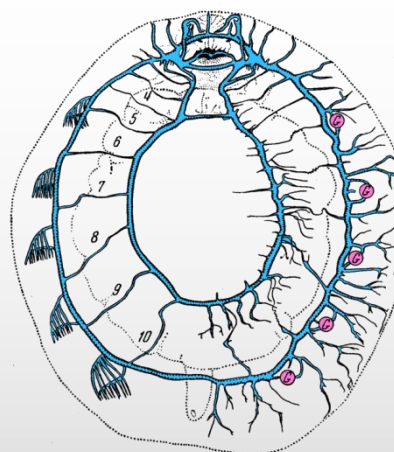


dyfrakcja światła na płytkach
aragonitu rozdzielonych białkiem

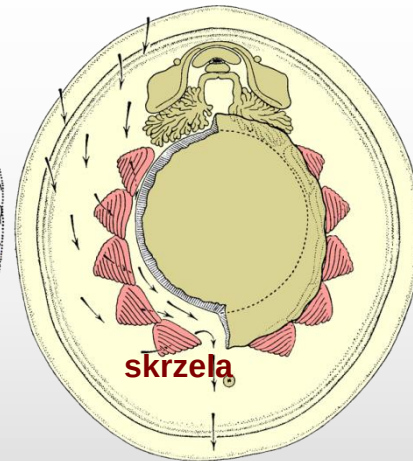
odmienności gromad mięczaków głównie w kształcie muszli

MONOPLACOPHORA

MUSZLA stożkowata

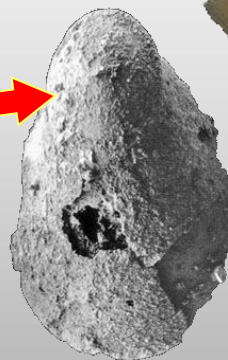


układ nerwowy



skrzela

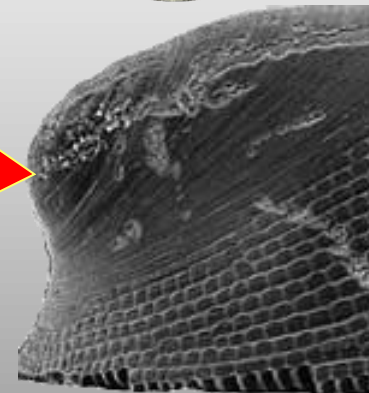
muszla larwalna



jednotarczowiec
Tryblidium
420 mln lat

jednotarczowiec *Neopilina* dziś

muszla larwalna



- reliktowe w głębinach oceanu
- narządy seryjne ale nie ma segmentacji
- rozwój wtórnie? w osłonkach jajowych

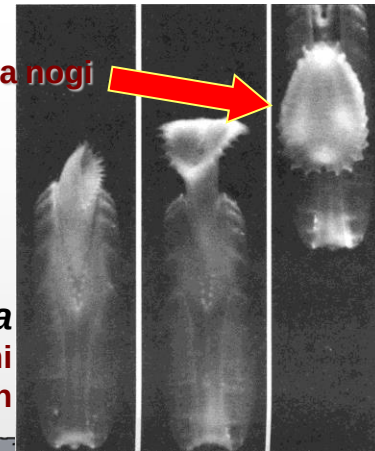
prawdopodobnie z jednotarczowców powstały małże

BIVALVIA

MUSZLA dwuczęściowa

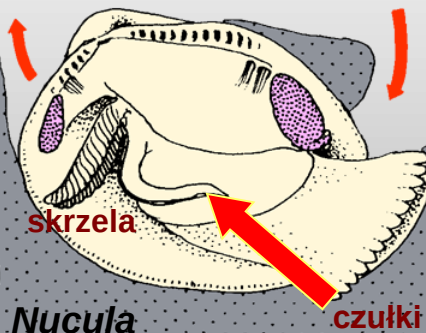
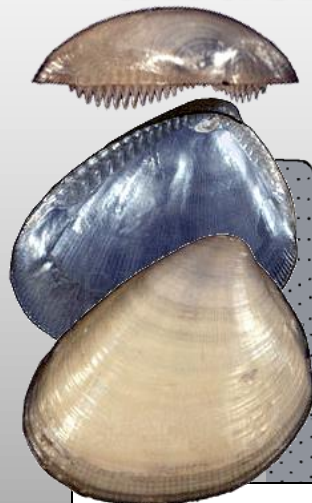


podeszwa nogi



Solemya

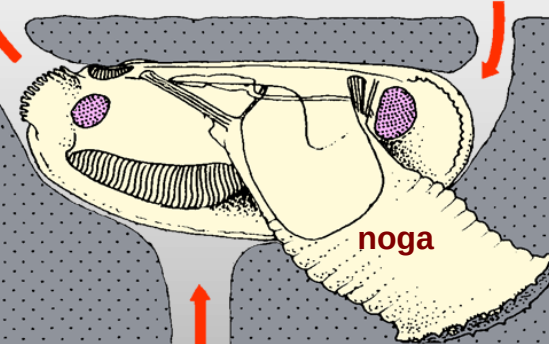
z chemoautotroficznymi bakteriami
w skrzelach



Nucula

czułki

siarkowódor



noga

muszla
embrionalna



larwa *veliger* *Eopteria*
Rostrochonchia
470 mln lat

- ryjące w mule filtratory – zanikła radula i oczy
- przodkowie mieli dwuklapową muszlę ale w stadium larwy jednoczęściową (*Rostrochonchia*)
- pierwotne małże mają płaską podeszwę i pierzaste skrzela (jak ślimaki i *Neopilina*)

BIVALVIA

MAŁŻE **osiadłe**

przyczep mięśnia
zwieracza muszli



asymetryczna perłowa *Pinctada*

symetryczna *Pinna*



bisior



rafa ostrygowa



cementująca się
kalcytowa *Ostrea*

- białkowy bisior przytwierdza do podłoża
- redukcja przedniego zwieracza muszli
- częsta asymetria skorup
- końcowym stadium permanentna cementacja

bisior *Pinna* niegdyś zastępował jedwab

BIVALVIA

SKRZELA blaszkowate



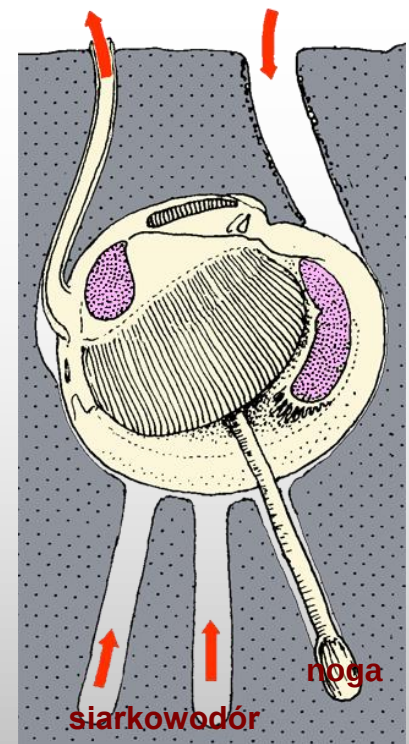
plaszcz



wycięcie
na bisior



rafowa *Tridacna*
z fotosyntezującymi
bruzdnicami w płaszczu



noga

siarkowodór

Lucina

z chemoautotroficznymi bakteriami
w skrzelach

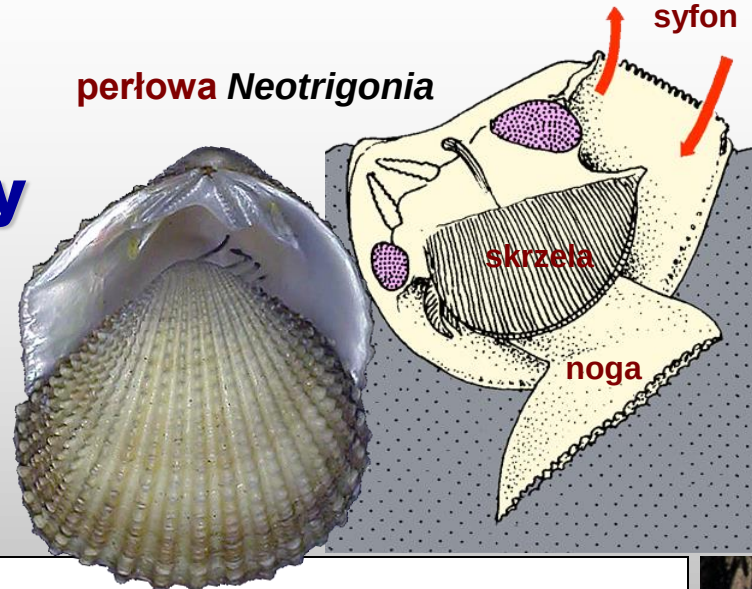


- siatkowate skrzela ułatwiają filtrację
- u ryjących w mule niekiedy symbiotyczne chemoautotroficzne bakterie w skrzelach
- u rafowych symbiotyczne bruzdnice w płaszczu

inne wykorzystują siarkowodór podmorskich gorących źródeł

BIVALVIA

SYFONY przepływ wody



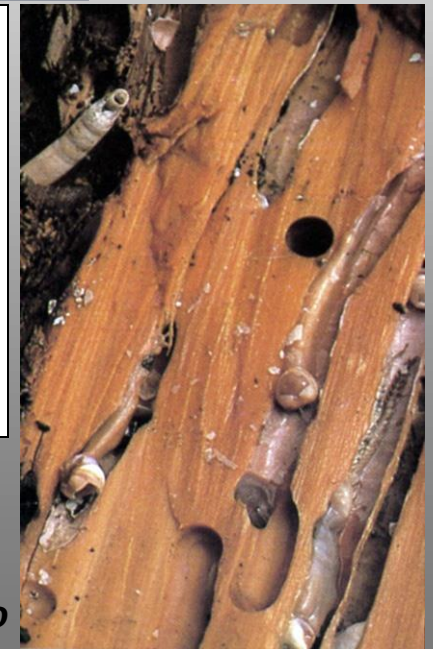
piaskołaz
Mya



- pierwotnie woda przepływa wzdłuż muszli
- wpływ i wypływ na jednym końcu muszli ułatwia głębokie rycie
- a modyfikacje nogi także penetrację twardego podłoża: drewna lub wapienia

u wierzących redukcja muszli

wierzące w drewnie *Teredo*



BIVALVIA

MAŁŻE słodkowodne

morska
Neotrigonia
z Australii



słodkowodny *Unio*
i jego pasożytnicze larwy



Dreissena

rozdzielony
syfon

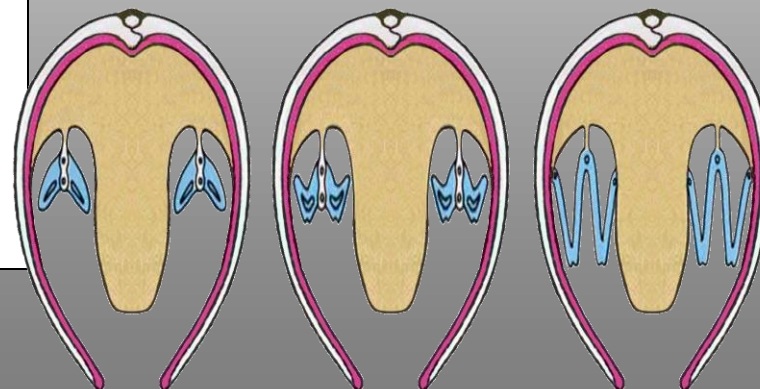


Sphaerium



- wielokrotna inwazja wód słodkich przez niespokrewnione małże
- perłowe skójki najpierwotniejsze – wywodzą się z morskich trigonii

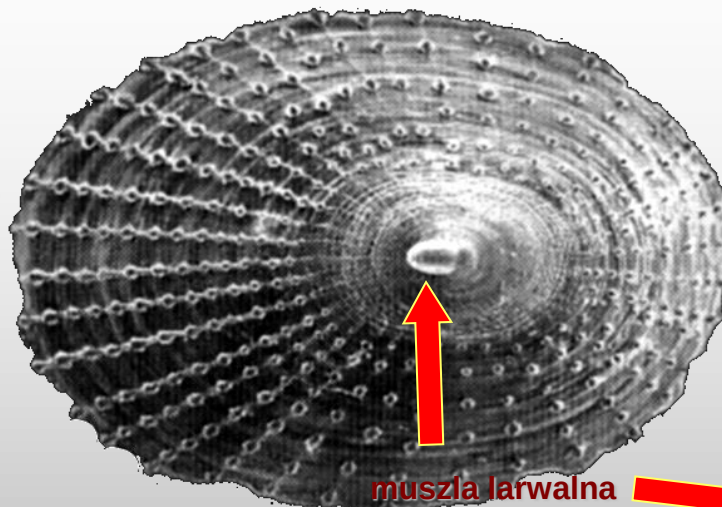
ryby roznoszą larwy pod prąd



ewolucja skrzeli małżów

GASTROPODA

VELIGER a trochofora

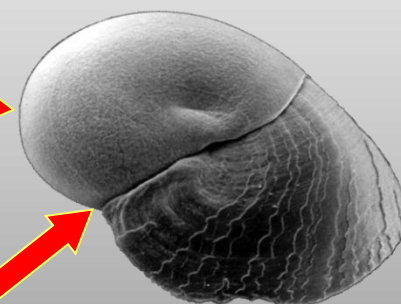


Patella

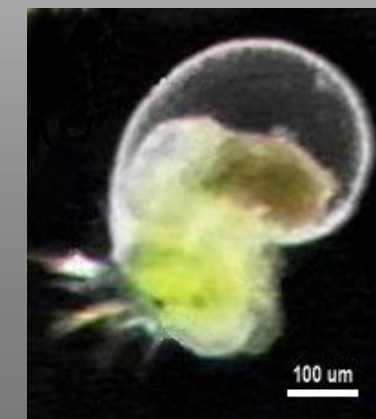
muszla larwalna



veliger
(typu *echinospira*)
Marenzelleria



metamorfoza



larwa
Haliotis

- muszla ślimaków już w stadium larwy wysokostozkowata i spiralnie zwinięta
- zwykle planktonowa larwa i metamorfoza
- u zaawansowanych *veliger* z płatkami

muszla jest ciasnospiralna już w stadium larwy

GASTROPODA

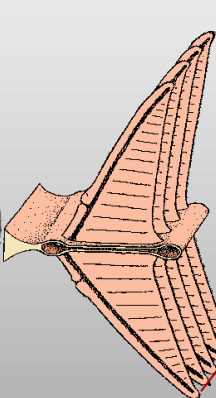
SPIRALNA muszla



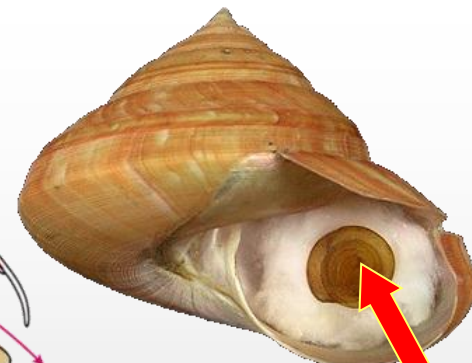
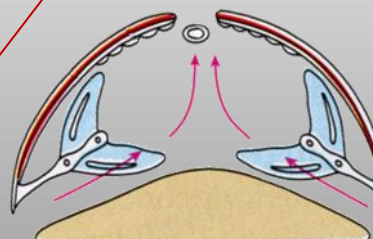
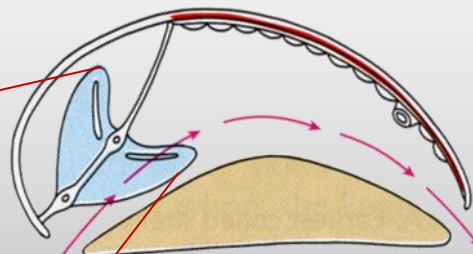
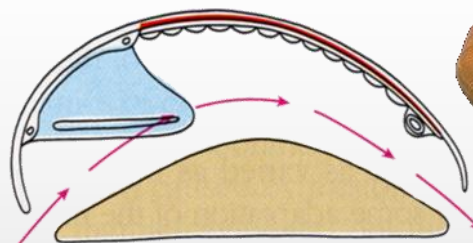
muszla bellerofonta
380 mln lat



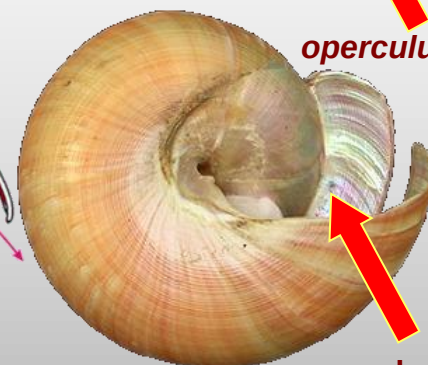
ewolucja asymetrii
jamy skrzelowej
ślimaków



ctenidium



operculum



masa perłowa

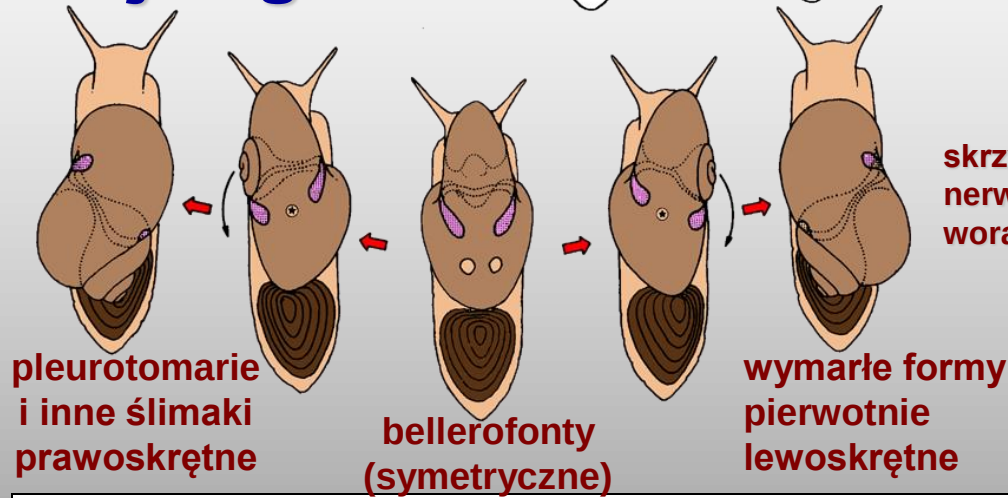
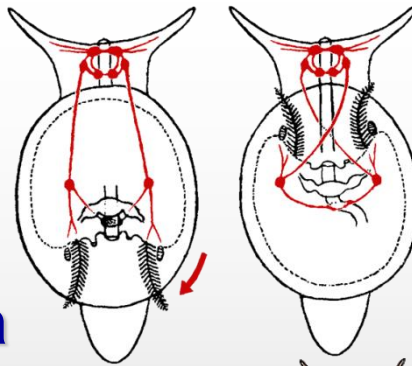
reliktowa pleurotomaria
Pterotrochus

- ujście muszli zakryte wieczkiem **operculum**
- u wymarłych form dwubocznie symetryczna

operculum ma sens tylko w długiej muszli

GASTROPODA

TORSJA fizjologiczna



skrzyżowanie pni
nerwowych
wora trzewiowego



reliktowa
głębinowa
pleurotomaria
Pterotrochus

- symetryczna spiralna muszla przyjęła zwartą trochoidalną formę i stabilne położenie ("torsja")
- rezultatem rotacja muszli, skrzyżowanie pni nerwowych i przemieszczenie skrzel do przodu

pierwsze przypuszczalne ślimaki miały pęki szczecinek

GASTROPODA

SZYBKIE

ślimaki

Neogastropoda



syfon

ryjek

Conus

otwór kanału
jadowego

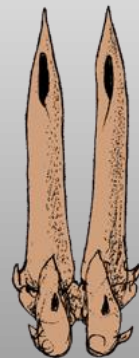


turrid
Clavatula



Borsoniinae

ewolucja kolca
jadowego Turridae
(Conoidea)



Mangeliinae



Clavinae

- z raduli pozostał jeden rurkowaty ząb jadowy
- długi ryjek z radulą przy końcu
- w kilku liniach ślimaków zdolność wiercenia

tropikalne drapieżne i jadowite *Conus* polują nawet na ryby

GASTROPODA

ASYMETRIA anatomii

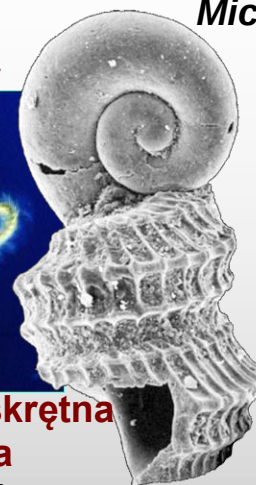
niewyspecjalizowana
przodoskrzelna
żyworódka
Viviparus



larwa veliger

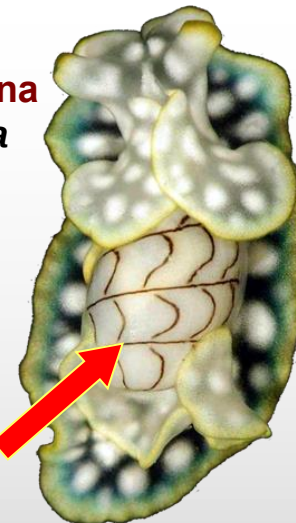


lewoskrętna
muszla
larwalna



prawoskrętna
dojrzała
Mathilda

tyłoskrzelna
Micromela



muszla

Philinopsis
wewnętrzna
muszla



- helikoidalne zwiniecie ciała w muszli stopniowo doprowadziło do nieparzystości skrzeli i narządów
- porządkowanie ich układu wyeliminowało skrzyżowanie pni nerwowych
- skrzela i odbył znalazły się znów z tyłu

muszla larwalna tych ślimaków jest lewoskrętna



nagi
planktonowy
Glaucus

GASTROPODA

ŚLIMAKI lądowe



morski tyłoskrzelny
Actaeon



pierwotne
płucodyszne
Ellobium



Pupilla



cienkomuszlowa
Succinea



polimorficzna
Cepaea

oko

- większość ślimaków słodkowodnych i lądowych wywodzi się z tyłoskrzelnych
- lądowe nie mają skrzeli a jama skrzelowa działa jak płuco niezależnie od pochodzenia



płucodyszny *Arion*
z wewnętrzną muszlą

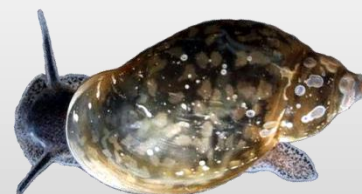
deficyt wapnia w glebie sprzyja redukcji muszli

GASTROPODA

CHIRALNOŚĆ muszli



lądowa
płucodyszna
Clausilia



wodna
płucodyszna
Physa



anatomicznie lewoskrętny
złotoczek *Planorbis*
z płaskospiralną muszlą

- wszystkie dzisiejsze ślimaki wywodzą się z prawoskrętnego przodka
- determinacja w stadium spiralnego bruzdkowania
- zdarza się genetyczne odwrócenie chiralności, ale niewiele linii ewolucyjnych utrwaliło lewoskrętność

lewoskrętność bywa pozorna („przenicowanie” skrętki)

CEPHALOPODA

ŁODZIK

żywa skamieniałość



Nautilus

- pompa sodowa w nabłonku syfonu wytwarza osmotyczne podciśnienie w komorach muszli
- prowadzi do wydzielania gazu z płynu komorowego
- spiralna muszla umożliwia horyzontalny ruch wyrzutem wody z jamy skrzelowej

reliktowy *Nautilus* ma zewnętrzną perłową muszlę

Centrocyrtoceras 450 mln lat

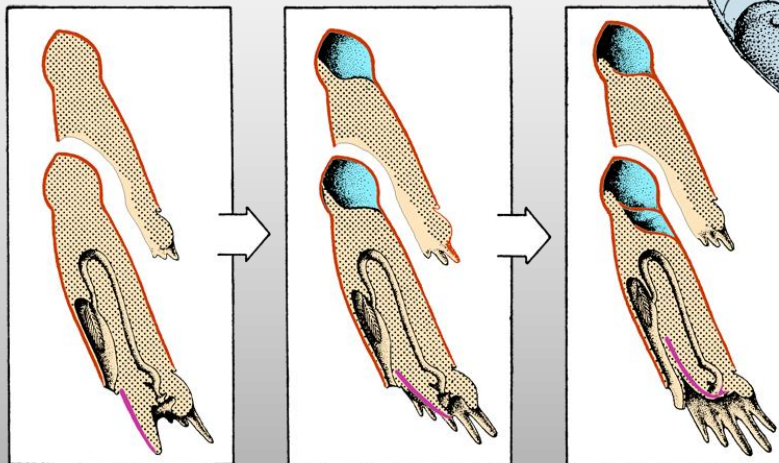


CEPHALOPODA

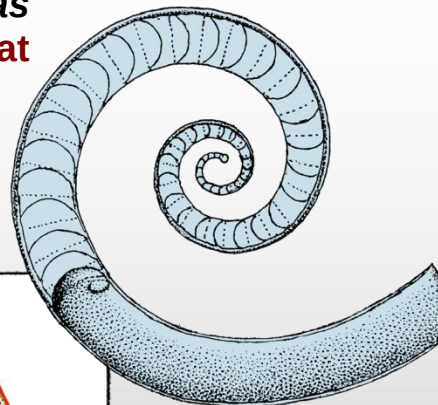
GŁOWONOGI

pochodzenie

ontogeneza



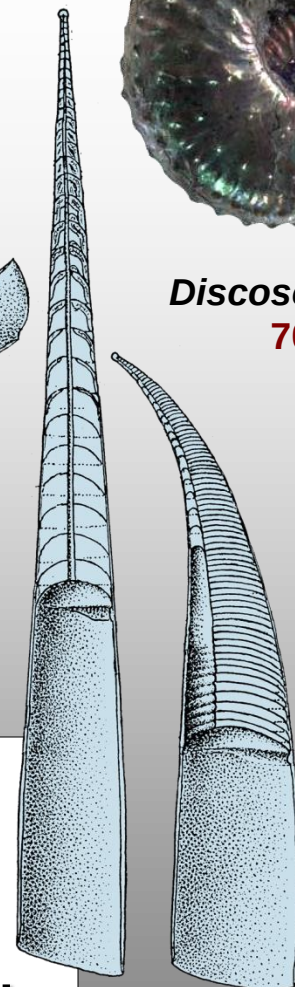
amonit
Anetoceras
400 mln lat



amonit
Discoscaphites
70 mln lat



ortoceras
Geisonoceras
430 mln lat



- redukcja zbytecznej podeszwy nogi, rozrost i powielenie czułek
- permanentne połączenie miękkich tkanek z wierzchołkiem muszli (syfon) poprzez przegrody

wieczko przekształcone w dolną szczękę dzioba

Plectronoceras
510 mln lat

CEPHALOPODA

SEPIE

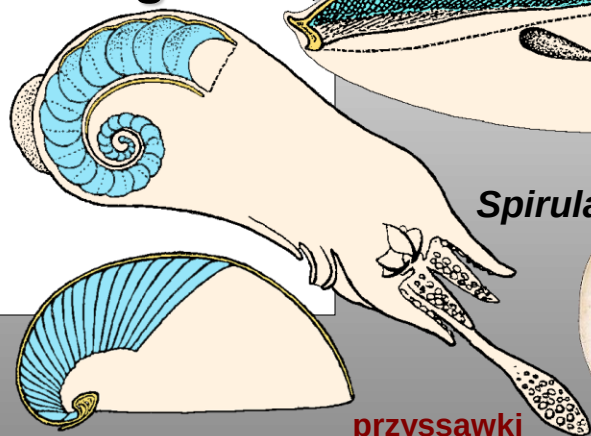
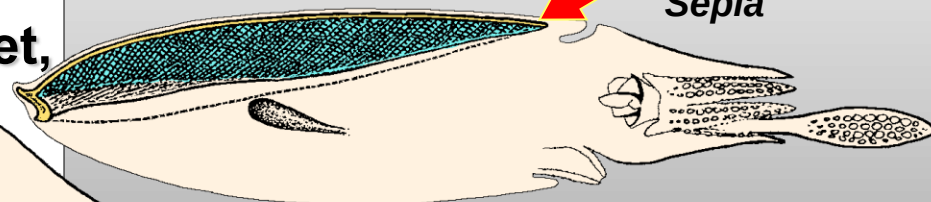
wewnętrzna muszla

- horyzontalne ustawienie przez obciążenie wierzchołka
- komory przesunięte na grzbiet, muszla zwinięta
- napęd do przodu płetwami, do tyłu odrzutowy



komory powietrzne na grzbiecie

Sepia



Spirula

Ceratosepia
70 mln lat

phragmocon z komorami powietrznymi

przyssawki

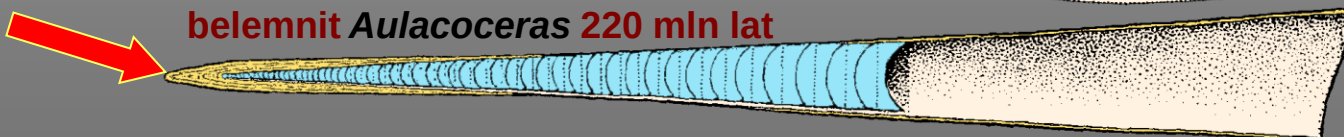
Phragmoteuthis 180 mln lat



haki

rostrum

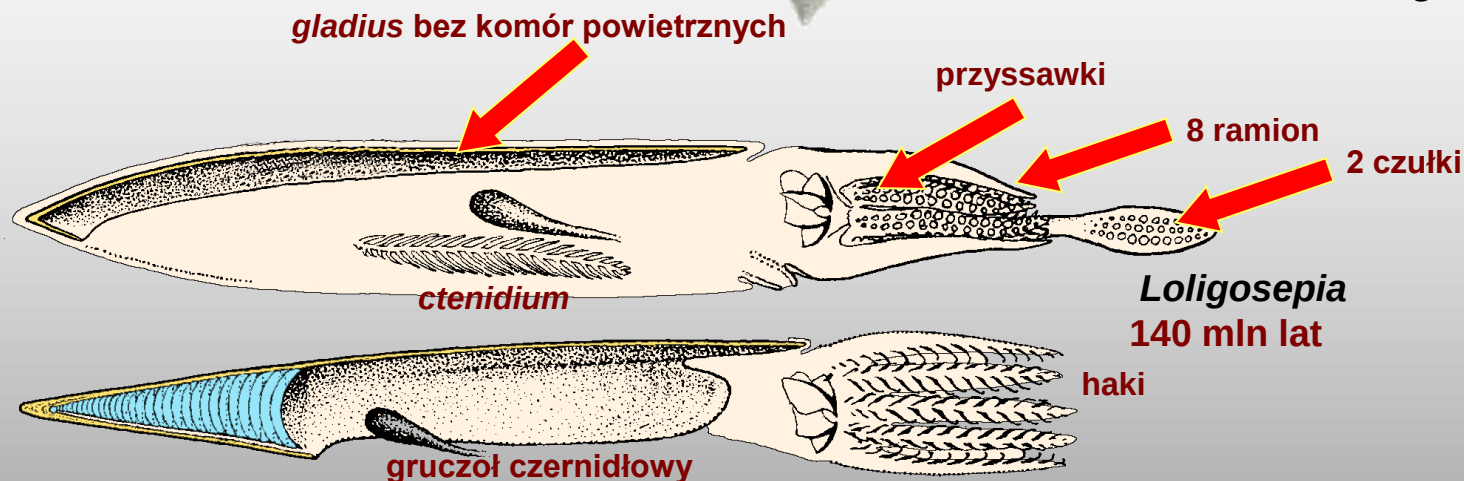
belemnit Aulacoceras 220 mln lat



CEPHALOPODA
KALMARY
gladius



kalmar *Loligo*



- nie mają aparatu hydrostatycznego
- rudymmentem muszli przejrzysty **gladius**
- o funkcji szkieletu wewnętrznego

belemnit *Phragmoteuthis*
180 mln lat

przyssawki na ramionach (jak u sepii), a nie haki (jak u belemnitów)

CEPHALOPODA

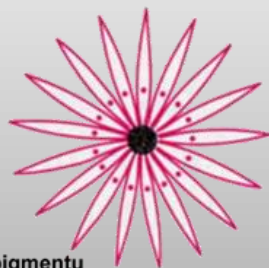
KALMARY

latające

mięśniowe chromatofory
swoiste dla głowonogów



mięśniowa kontrakcja pigmentu



kalmary *Sthenoteuthis* w locie

- undulujące mięśniowe płetwy umożliwiają pływanie do przodu (jak sepie)
- wyrzut wody z jamy płaszczowej daje mocny napęd do tyłu, nawet lot w powietrzu



kalmar *Todarodes*

głowonogi potrafią zmieniać barwę ciała

CEPHALOPODA

OŚMIORNICE

pełna redukcja muszli

Cirrotheuthis

z jednym rzędem przyssawek



- ramiona przejęły funkcje lokomotoryczne
- rudymet muszli z trudem rozpoznawalny;
- umięśniony płaszcz z chromatoforami

relikty dawnej różnorodności głębinowe

Octopus



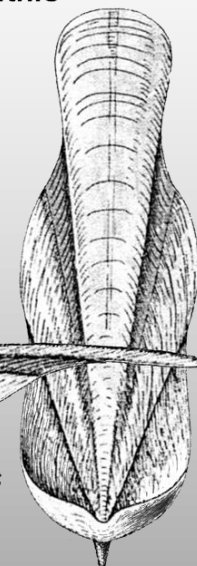
Palaeoctopus



redukcja muszli



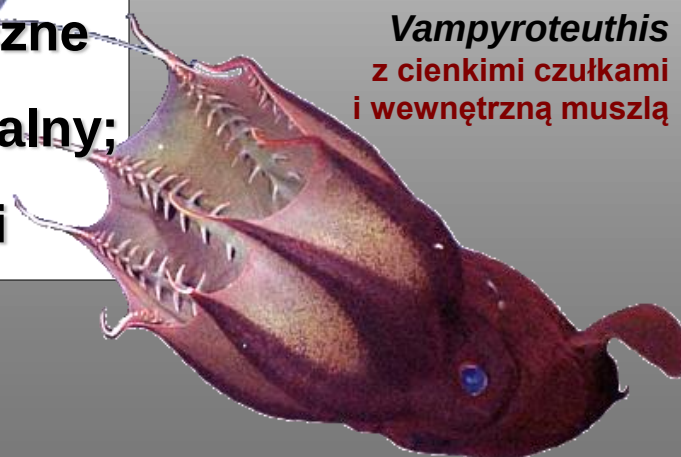
Cirrotheuthis



Vampyroteuthis

Vampyroteuthis

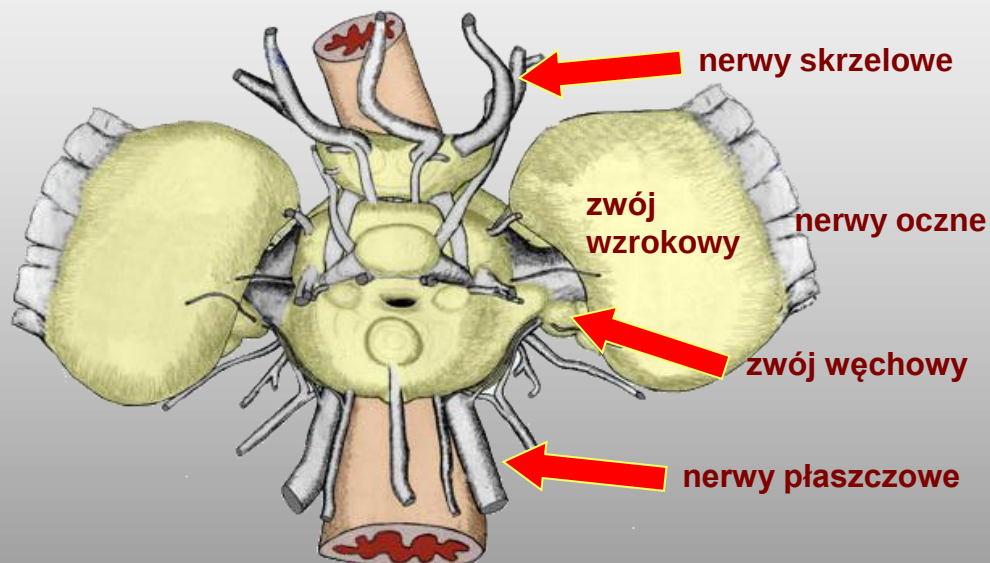
z cienkimi czułkami
i wewnętrzną muszlą



CEPHALOPODA

OŚMIORNICE

inteligencja i zręczność



Octopus



domek Octopus

- oczy z soczewkami; czuły węch (*osphradia*)
- bardzo złożony behavior rozrodczy

najwyżej rozwinięty mózg wśród bezkręgowców