



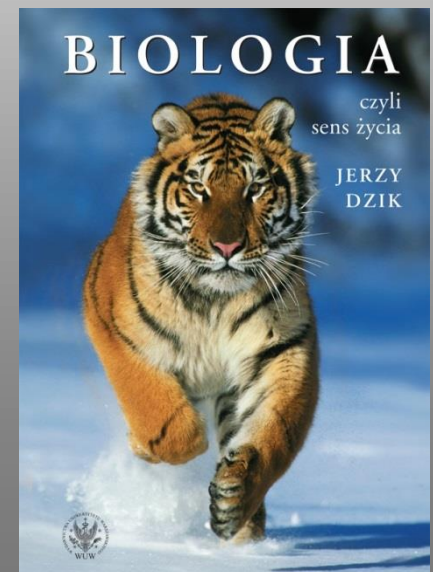
Wstęp do biologii **9.**

EKSPLORACJA PRZESTRZENI *(czym jest zwierzę?)*

Jerzy Dzik

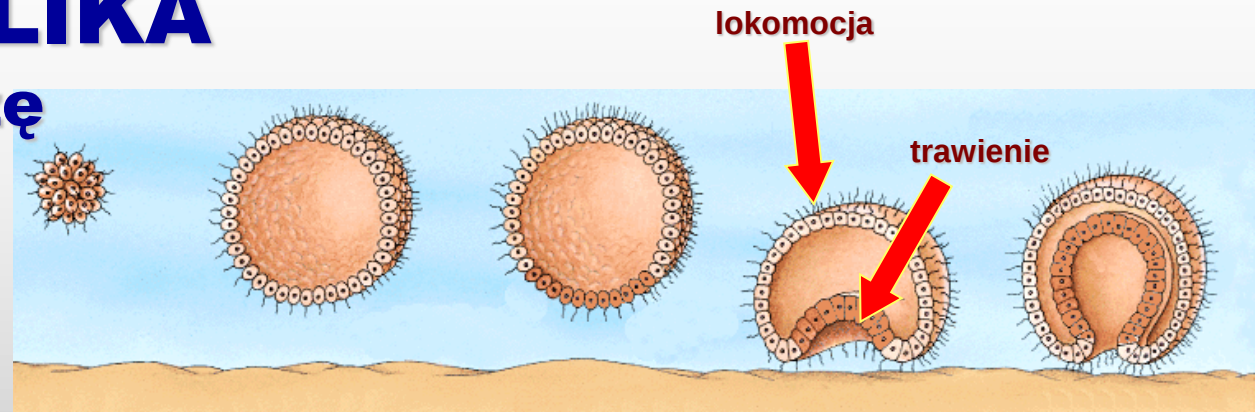
Instytut Paleobiologii PAN
Instytut Zoologii UW

2017



HYDRAULIKA

czyni zwierzę



hipotetyczne początki zwierząt wywnioskowane z rozwoju zarodkowego

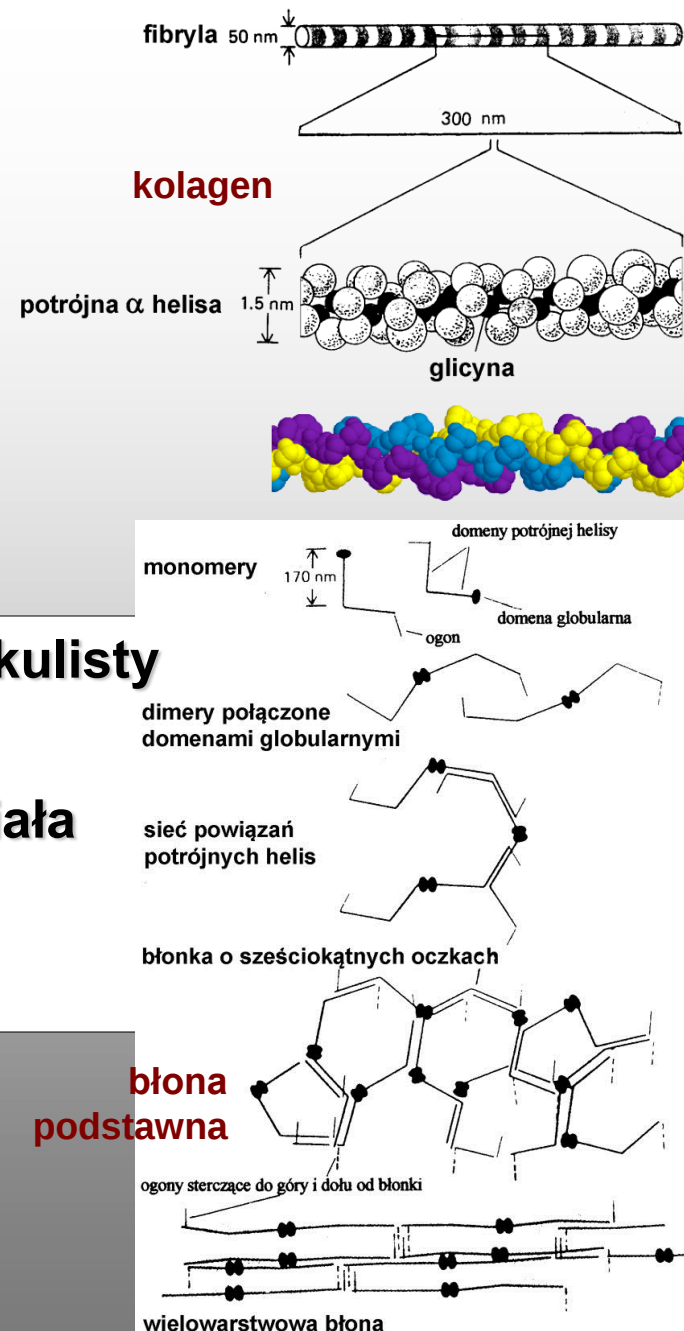
- najpierw rozdział funkcji w klonie komórek: wiciowcowe do pływania, ameboidalne do jedzenia
- przy większych rozmiarach hydrauliczny transport oraz dystrybucja substratów i produktów
- a także mocne i elastyczne połączenia komórek

międzykomórkowy kolagen zapewnił giętkość i elastyczność

KOLAGENOWA błona podstawna

- związek z błoną podstawną wymusza kulisty lub cylindryczny układ komórek
- dając kanałom i komorom wewnątrz ciała wytrzymałość mechaniczną
- umożliwia hydrauliczne usztywnienie

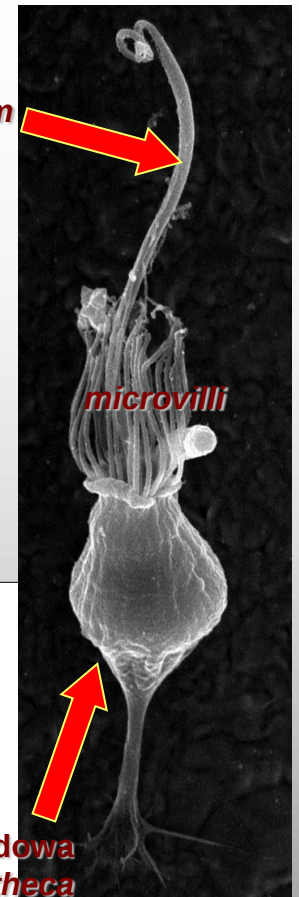
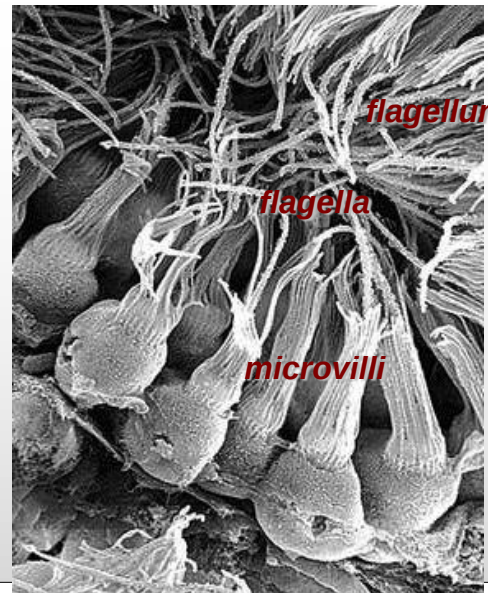
bez istotnych zmian w budowie komórek



WYKORZYSTANIE walorów komórek

SEM

choanocyty gąbek
archetypowe komórki
zwierzęce



choanoflagellat
Monosiga

- hydraulika płynów regulowana przy udziale wici, kurczliwego cytoszkieletu i pomp jonowych
- wici wymuszają przepływ w kanałach i utrzymują ciśnienie płynu wewnątrz jam ciała
- cytoszkielet i połączenia międzykomórkowe nadają kształt tkankom i przemieszczają płyn wewnątrz ciała

choanocyty gąbek przypominają wydalnicze protonefrydia

REGULACJA składu płynów ciała

protonefrydia

naczynie krwionośne

protonefrydium
(cyrtopodocyt)

microvilli

ultrafiltracja

ultrafiltracja

jama
ciała

jelito

protonefrydium

„protonefrydium”

nefrydium

naczynie
krwionośne

wchłanianie jonów
wylądanie metabolitów

lancetnik
Branchiostoma

- ultrafiltracja między *microvilli* lub przez kolagenową błonę podstawną
- przepływ wymuszany wićmi (nefrydia, protonefrydia)
- lub ciśnieniem krwi (glomeruli nerkowe)

kłębuszek
nerkowy

podocyty

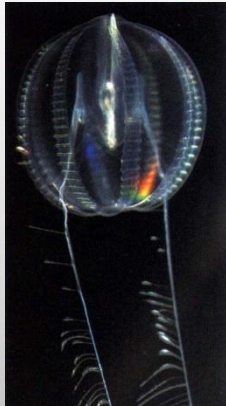
śluzica
Myxine

moczowód

zrozumienie różnorodności wymaga kontekstu historycznego

GAŁĘZIE

drzewa rodowego zwierząt

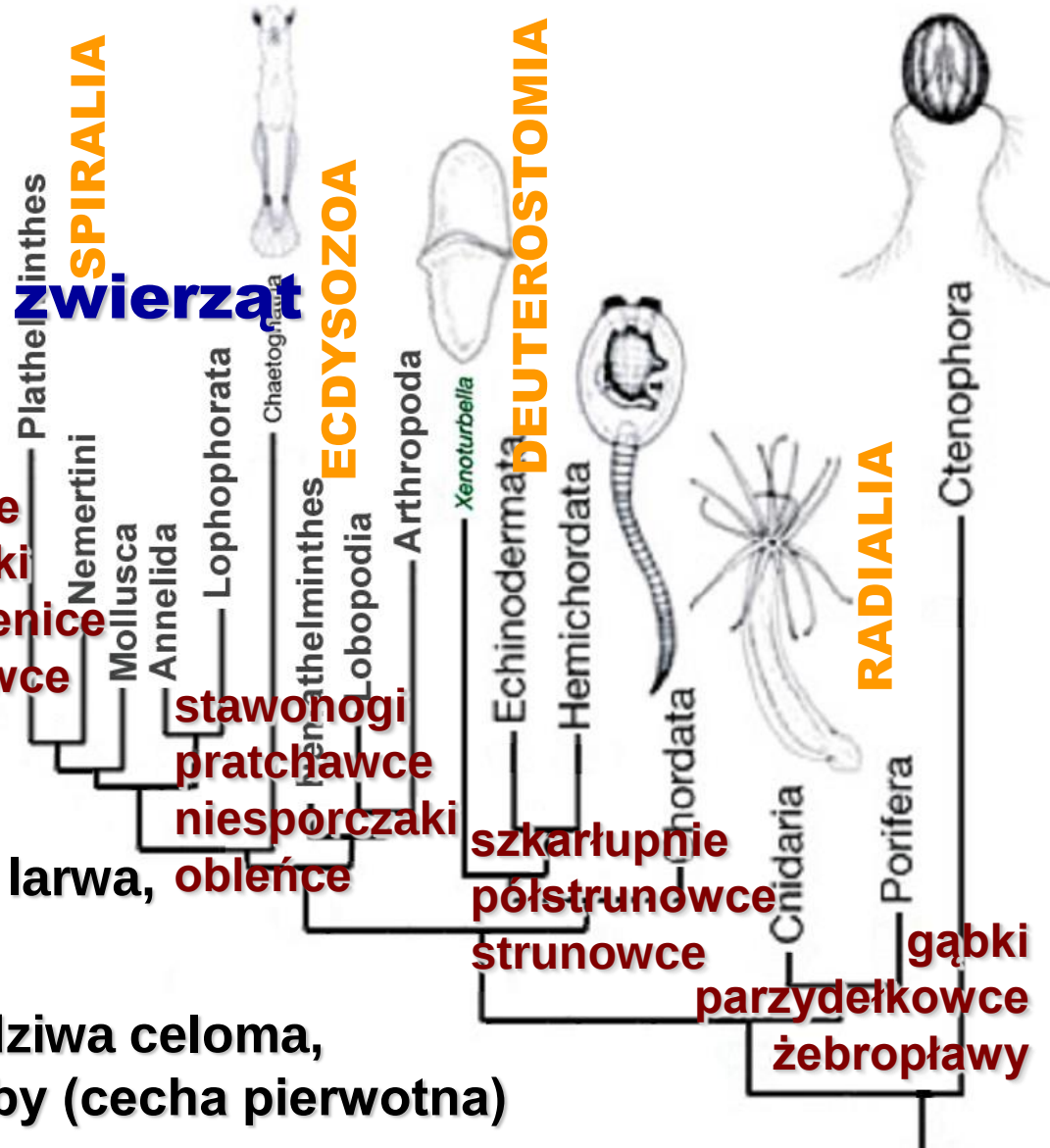


plazińce
mięczaki
pierścienice
czułkowce

stawonogi
pratchawce
niesporczaki
obleńce

szkarłupnie
półstrunowce
strunowce

gąbki
parzydełkowce
żebroplawy



- Ecdysozoa – liniejące
- Spiralia – planktonowa larwa, spiralne bruzdkowanie
- Deuterostomia – prawdziwa celoma, odbył w miejsce prągi (cecha pierwotna)

jak zatem wyglądało pierwsze zwierzę dwubocznie symetryczne?

WYJŚCIOWY plan budowy

- wspólny przodek był chyba skomplikowany
- a seryjne narządy są dziś wtórnie pojedyncze

niesporczak
(Tardigrada, ECDYSOZOA)

mięczak
(Aplacophora, SPIRALIA)

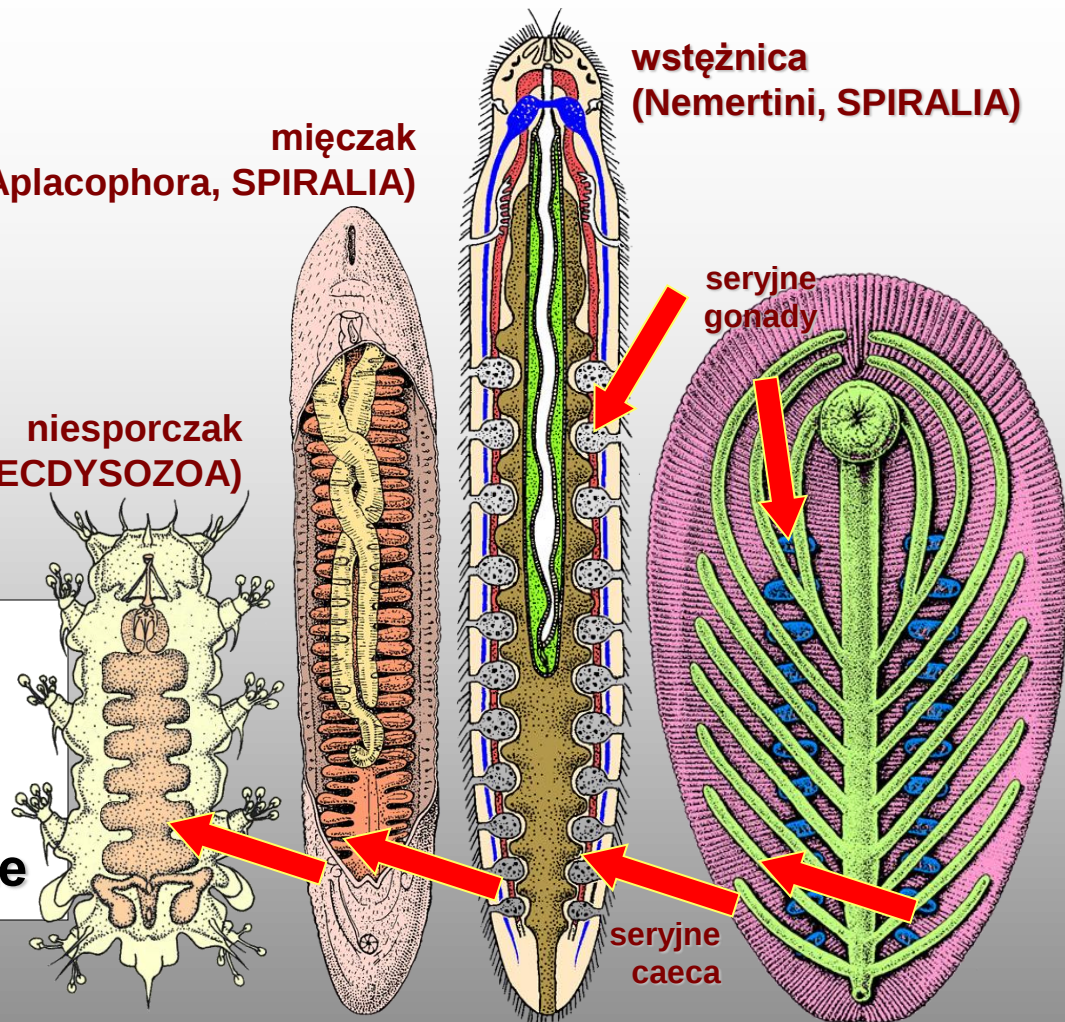
wstężnica
(Nemertini, SPIRALIA)

seryjne
gonady

seryjne
caeca

prekambryjska dickinsonia
(Dipleurozoa, DEUTEROSTOMIA?)

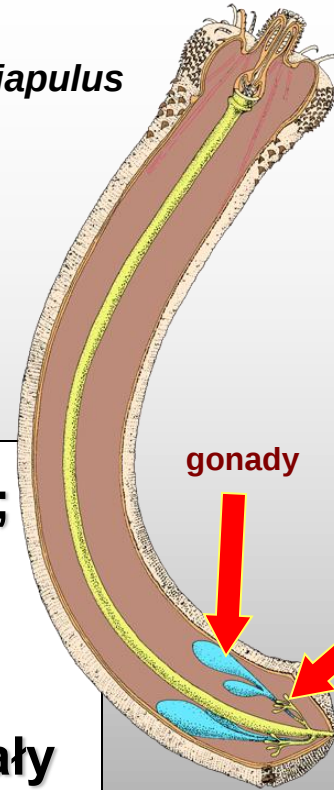
prostota anatomii nie musi oznaczać pierwotności



NAJPROSTSZY plan budowy

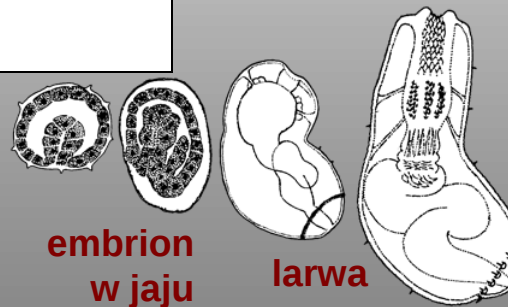
- symetria prawie promienista;
stadium larwalne biradialne
- pierwotna wtóroustość
- reliktowe obleńce przechowały
tę anatomię od kambru

Meiopriapulus



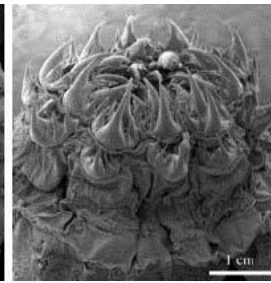
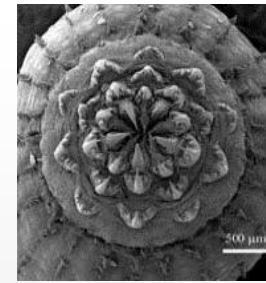
gonady

protonefrydia

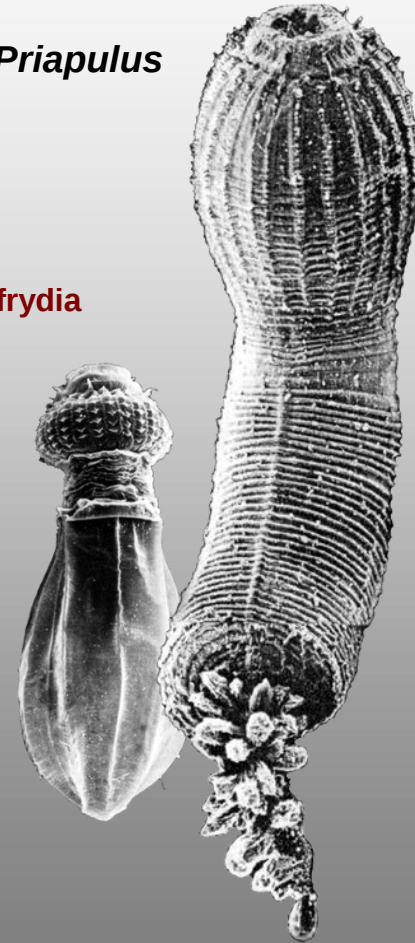


embrion
w jaj

larwa



Priapulus

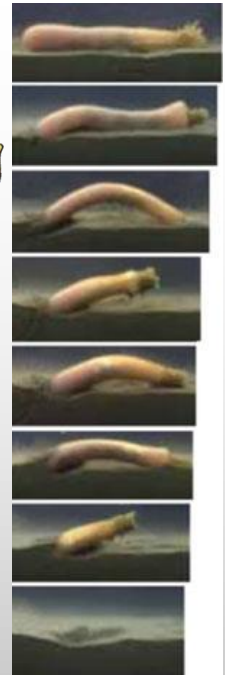
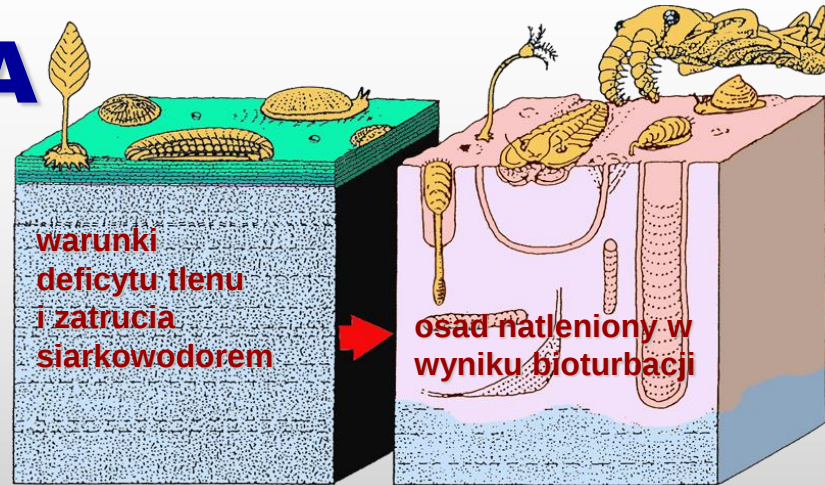


może wcześniej uprościły się przystosowując do rycia

HYDRAULIKA do lokomocji

550 mln lat
„ogród z Ediacara”

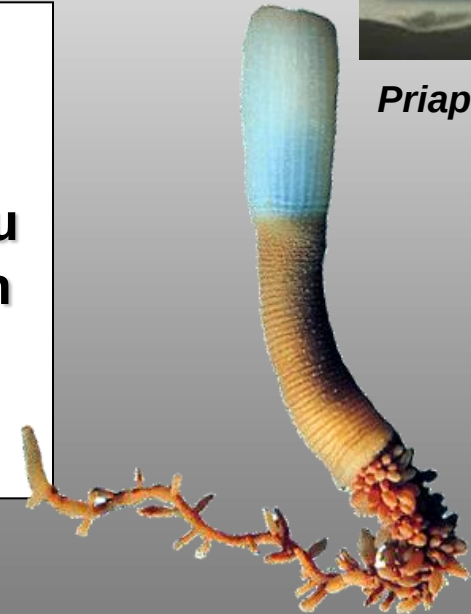
540 mln lat
„eksplozja kambryjska”



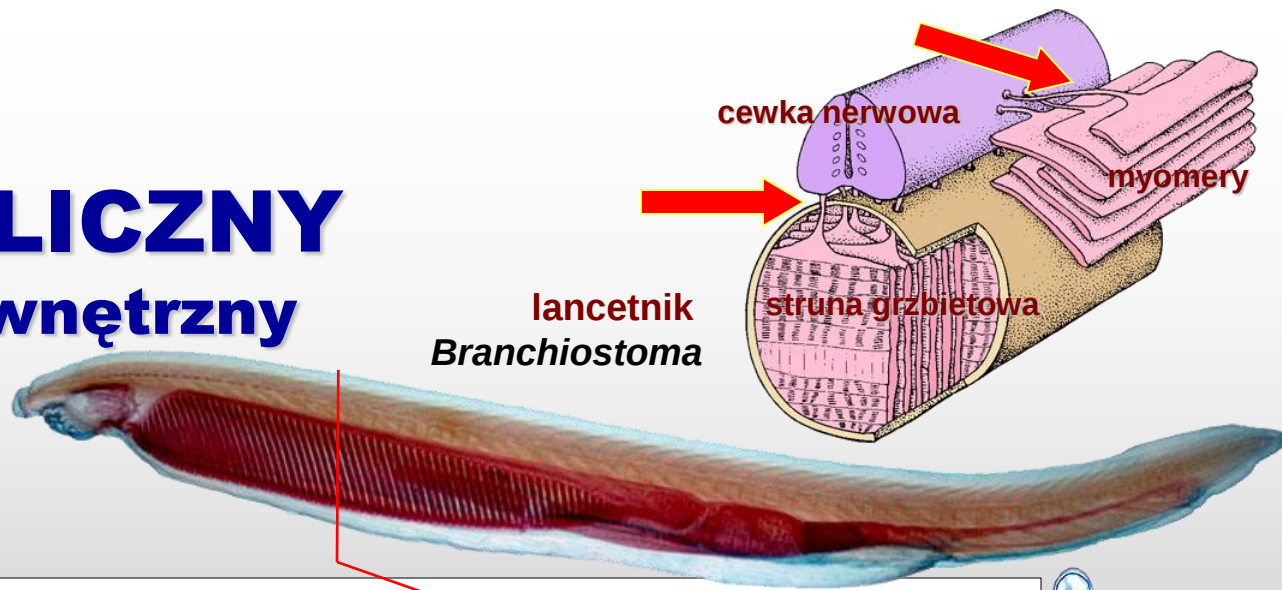
Priapulus

- obleńce zapoczątkowały penetrację mułu w ucieczce przed drapieżcami
- hydrauliczne rycie dzięki przemieszczaniu płynu ciała falą skurczu mięśni okrężnych
- później stosowane przez rozmaite niespokrewnione mułojady

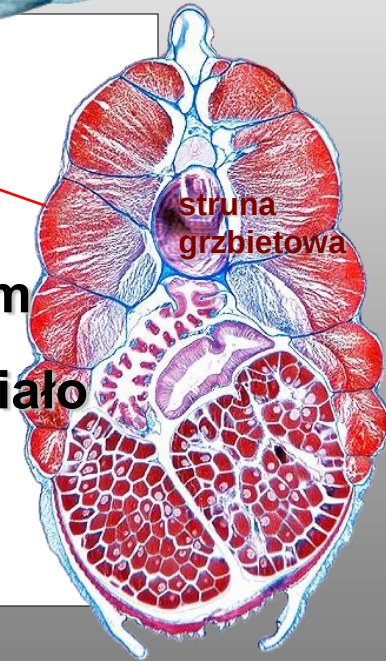
ciśnienie płynów ciała nadaje mu sztywność



HYDRAULICZNY szkielet wewnętrzny



- ciało obleńców i szczecioszczękich usztywnione ciśnieniem płynu pierwotnej jamy ciała
- struna grzbietowa – powłoka kolagenowa + cytoplazma komórek mięśniowych pod ciśnieniem
- skurcze mięśni podłużnych po bokach wyginają ciało
- myomery strunowców są zmodyfikowanymi komorami mięśniowymi z kolagenową powłoką



ciśnienie w zamkniętych jamach utrzymuje pompa jonowa

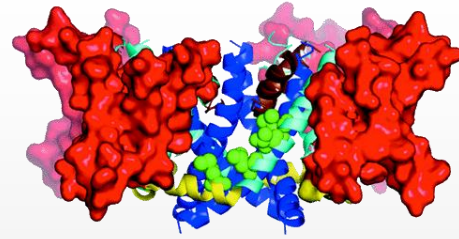
ZASTOSOWANIA

pompy sodowej

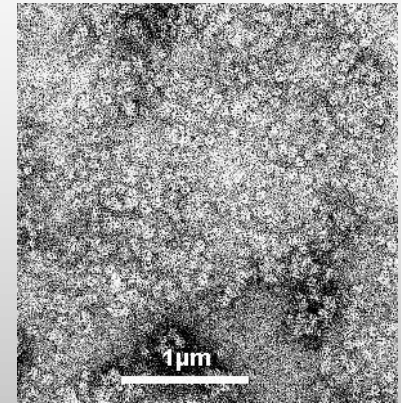


Jens Ch. Skou (1918-)
1957 pompa sodowa w neuronach kraba

kanal sodowy otwierany
potencjałem błony



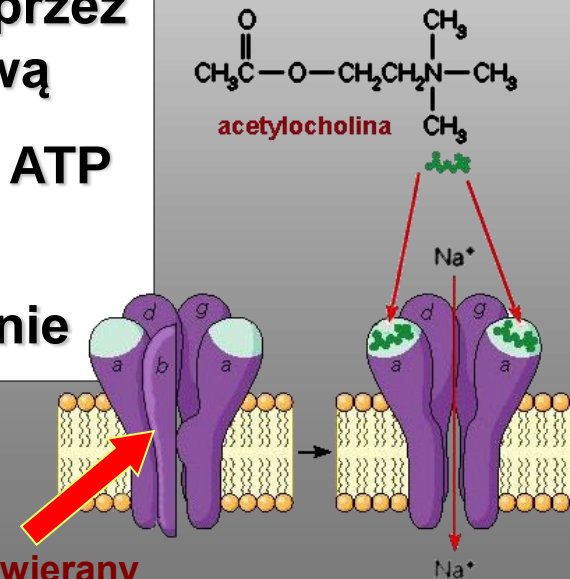
receptory acetylocholiny
w błonie (TEM)



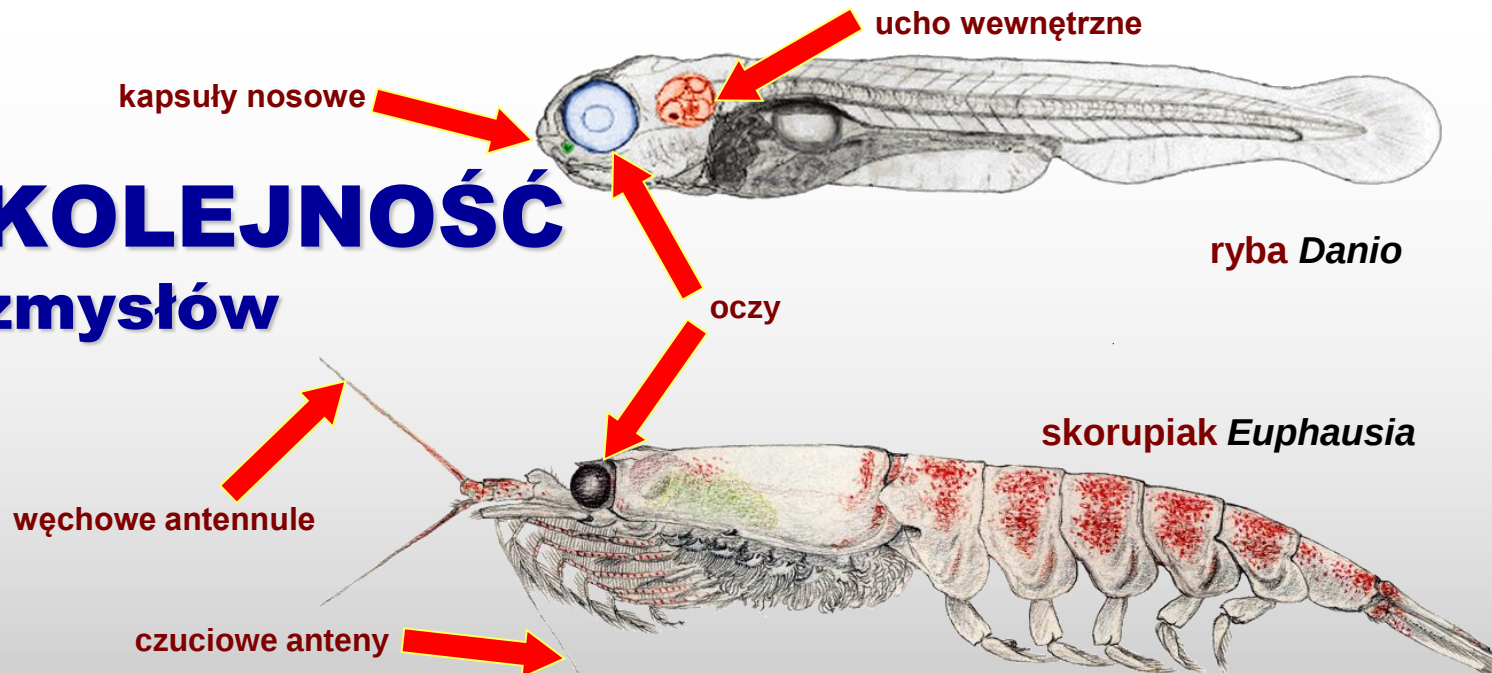
- brak ściany komórkowej kompensowany przez regulację turgoru pompą sodowo-potasową
- czyli ATPazą Na^+/K^+ usuwającą sól – 25% ATP na ten cel (z czego 70% w neuronach)
- otwarcie kanału sodowego działa przeciwnie

to także mechanizm komunikacji nerwowej

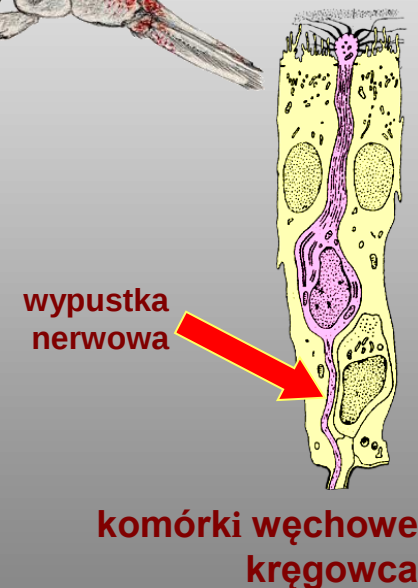
kanal sodowy otwierany
acetylocholiną



KOLEJNOŚĆ zmysłów



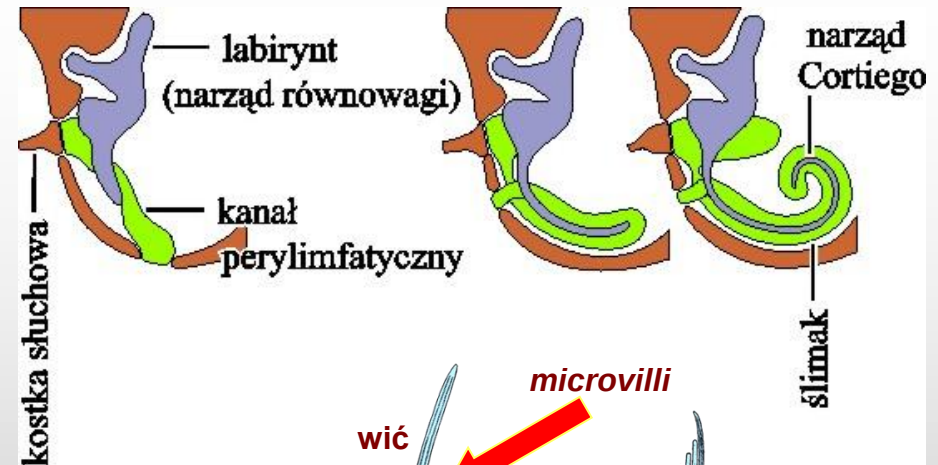
- bez odbioru sygnałów chemicznych niemożliwe odżywianie ani procesy płciowe
- wyspecjalizowane komórki rozwinęły funkcje dostępne już pierwotniakom
- wypustki ku cewce nerwowej są przejawem archaiczności kapsuł węchowych strunowców



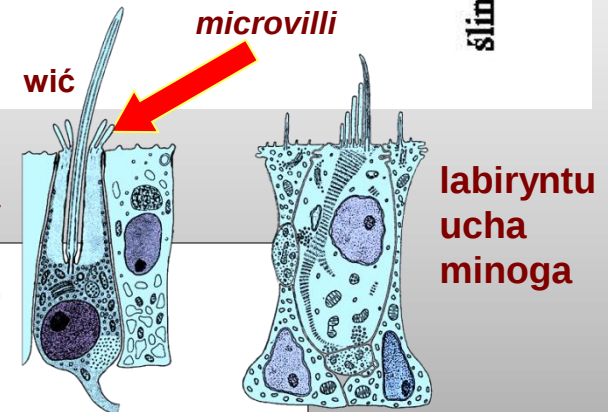
rozmieszczenie odzwierciedla historię – od węchu do słuchu

SŁUCH w wodzie i na lądzie

geneza ucha wewnętrznego ssaków



komórka czuciowa
organu kupularnego osłonicy

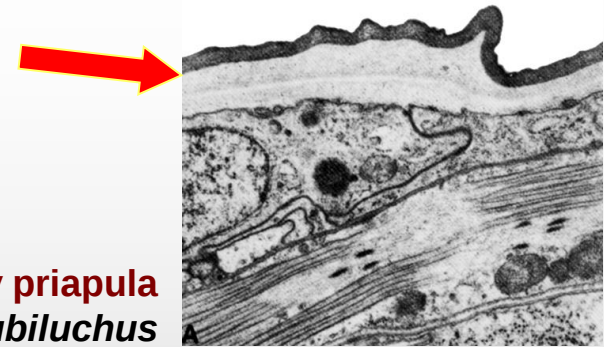


- pola czuciowe w dole labiryntu i statolity umożliwiają rybom odbiór drgań wody
- kanały labiryntu określają trzy wymiary przestrzeni
- ucho kręgowca modyfikacją narządu linii nabocznej
- bębenek wzmacnia i odbiera drgania powietrza

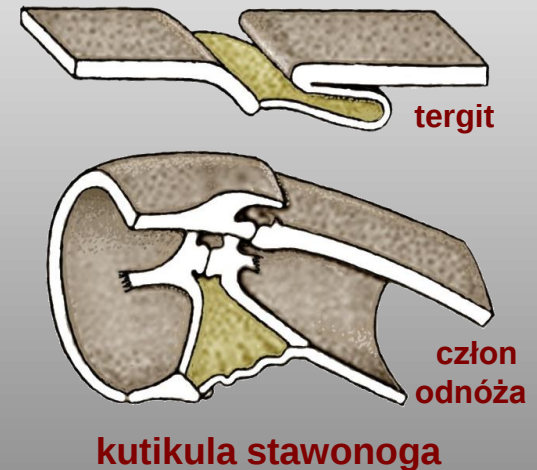
analogiczne narządy słuchu stawonogów – kutikularne

PRZEMIANY funkcji kutikuli

kutikula larwy priapula
Tubiluchus



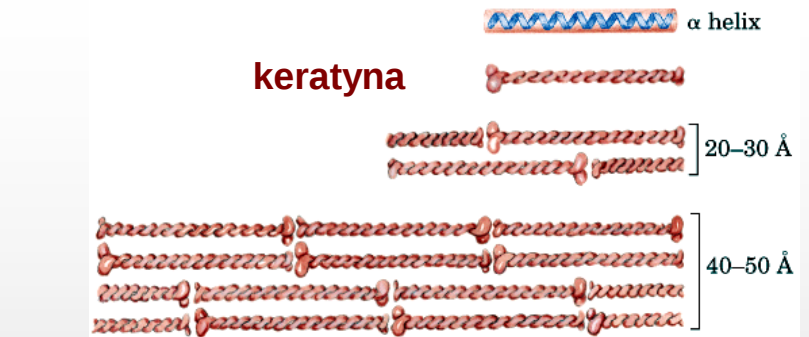
- **ektodermalny nabłonek wydziela białkowo-chitynową kutikulę, która**
- **wzmacnia mechanicznie okrywy ciała**
- **i jest jego osłoną przed pasożytami**
- **zwapnienie kutikuli uczyniło z niej sztywny szkielet zewnętrzny**



w środowisku leśnym i glebowym łatwo dostępny azot, wapń deficytowy

KERATYNOWA

analogia kutikuli

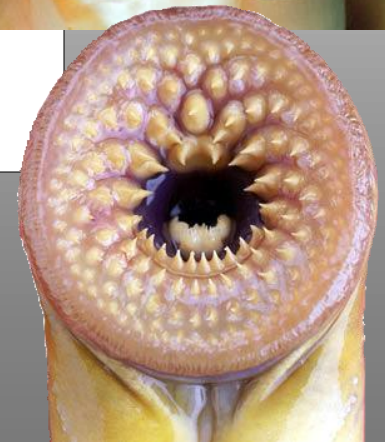


rogowe szczęki
śluzicy *Eptatretus*



- wtórouste nie wytwarzają szkieletu zewnętrznego
- jego funkcje wypełnia tkanka rogowa z martwych komórek wypełnionych keratyną
- być może dawniejsza od fosforanowej ale
- szczególnie zróżnicowaniu dopiero wśród lądowych czworonogów: łuski, pióra, włosy

rogowe szczęki i zębki
minoga *Petromyzon*



wewnętrzny szkielet kostny współdziała z rogowym

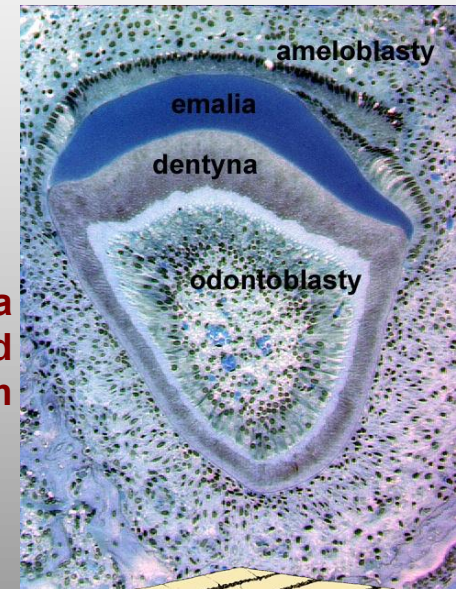
**pokryte emalią łuski
reliktowej ryby *Polypterus***

FOSFORANOWY szkielet wewnętrzny



- **najpierwotniejszym rodzajem szkieletu mineralnego strunowców są łuski i zęby**
- **powstają pod powierzchnią nabłonka**
- **lita emalia od zewnątrz, do wnętrza dentyna z kanalikami wypustek komórek**
- **w tkance kostnej uwięzione komórki**
- **także w wyniku mineralizacji chrząstki**

**zab ssaka
przed
wyrżnięciem**



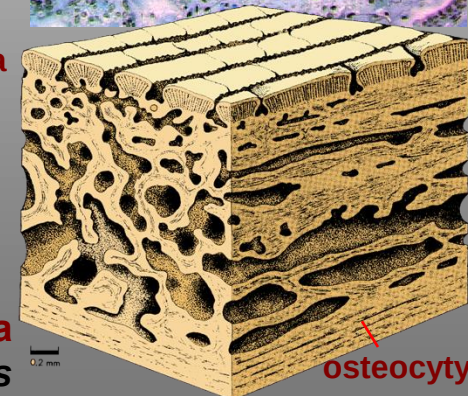
dentyna

ekspansja mineralizacji bywała odwracana

tarcza kostna bezszczękowca

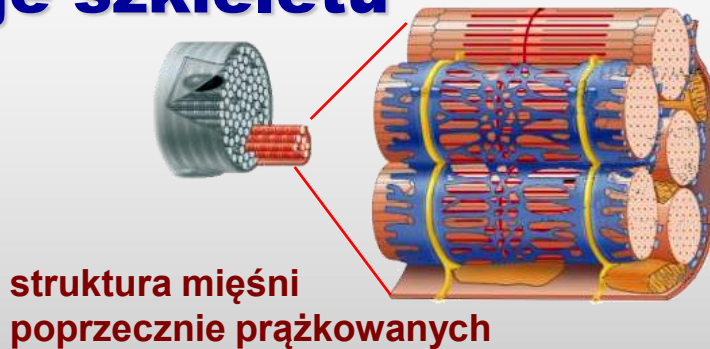
Psammosteus

sprzed 400 mln lat

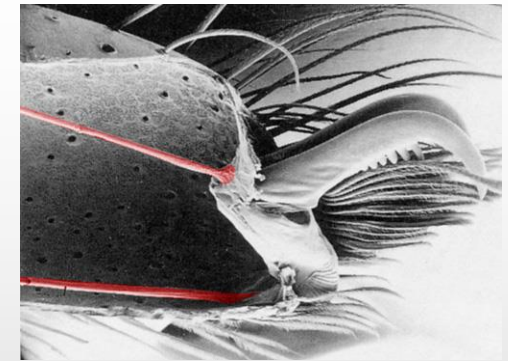


LOKOMOTORYCZNE

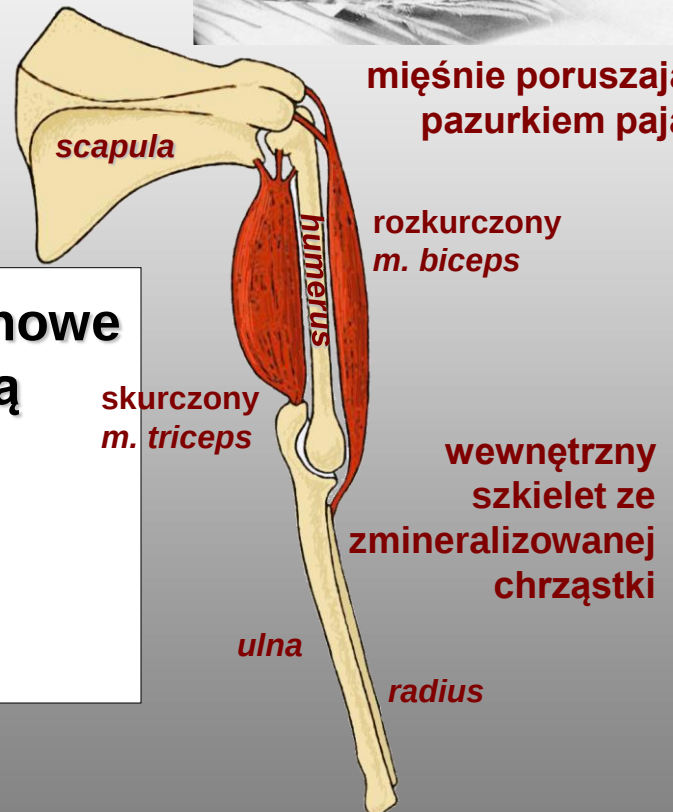
funkcje szkieletu



- przytwierdzone do szkieletu kolagenowe ścięgna połączone z błoną podstawną
- skurcz mięśni daje efekt dźwigni
- dzięki sztywności szkieletu nie ma strat energii na deformację



mięśnie poruszające
pazurkiem pająka



szkielet zewnętrzny i wewnętrzny jednakowo współdziałają z mięśniami

ZWIERZĘ

w środowisku

- **prawa fizyki narzucają jednakie techniczne rozwiązania problemów funkcjonalnych**
- **niezależne od pokrewieństw i historii**
- **dawne zaszłości wymuszają niekiedy wybór określonych dróg do podobnego celu**

problemy stwarza nie tylko środowisko, ale i inne organizmy