

Dzieje życia **12.**

Sens eksplozji kambryjskiej

Jerzy Dzik

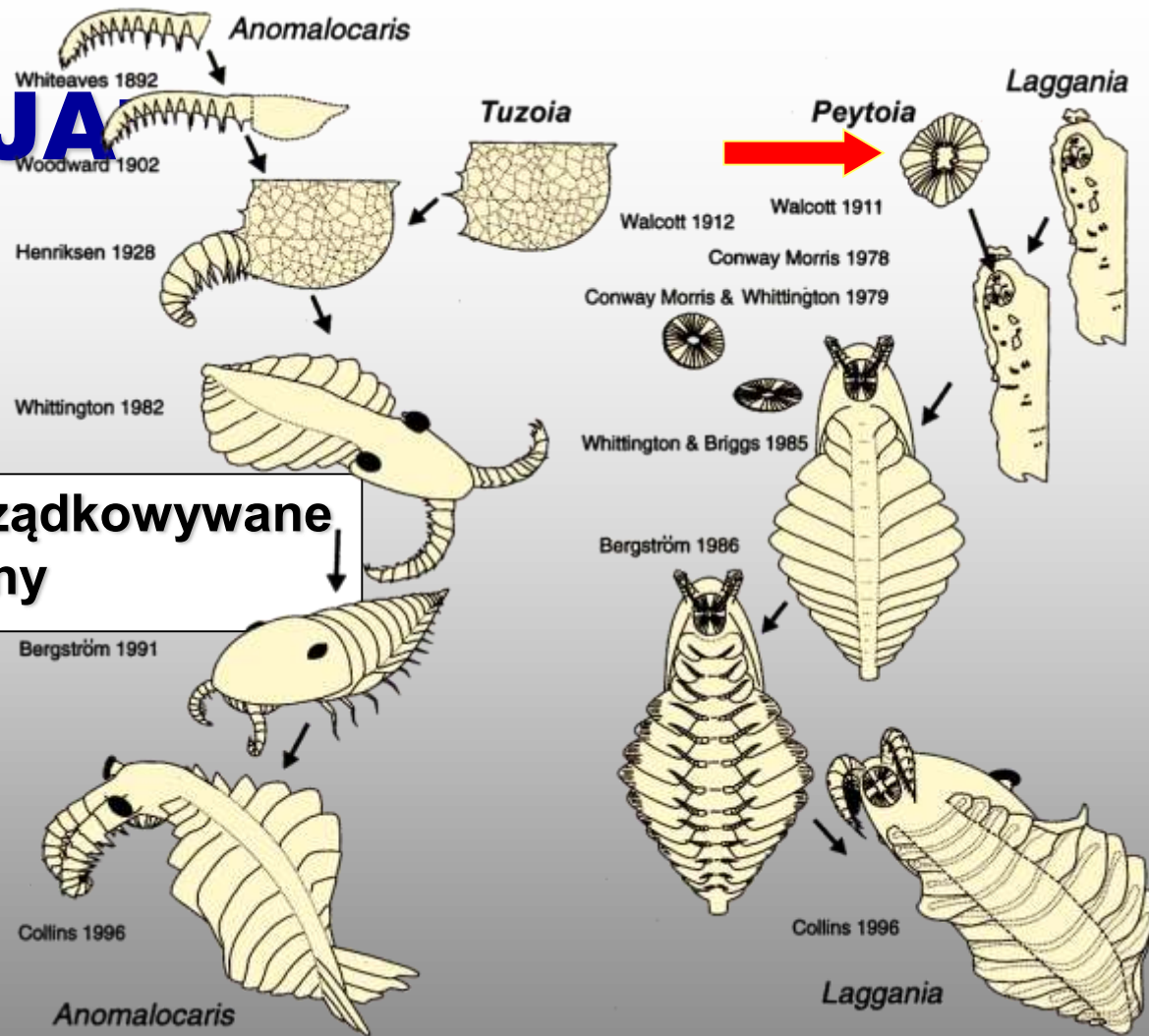
*Instytut Paleobiologii PAN
Instytut Biologii Ewolucyjnej UW*

2023



'EWOLUCJA rekonstrukcji

- stopniowo przyporządkowywane poszczególne organy



Collins (1996)

czteropromienny aparat gębowy interpretowany jako meduza

CONULARIA

zamknięcie typu origami

ujście origami



Conularia
sylur 425 Ma

500 μ m

Dzik (1996)

zamknięte
ujście



500 μ m

embrion
w osłonce jajowej

Olivoooides-Punctatus
kambr 540 Ma

bez przyłgi

pierwotnie symetria biradialna

Chen & Dong (2008)

- symetria promienista wynika ze sposobu zamykania ujścia
- wymaga to uwolnienia zawartości jamy gastralnej
- zabezpieczenia obok lub zamiast nematocytów

GENEZA

planu budowy konularii

Van Iten et al. (2010)

metamorfoza
larwy

Hexaconularia
kambr 540 Ma

Emeiconularia

- bi- lub radialna symetria i
- odrębne stadium larwalne
- bez odbytu lub z U-kształtnym jelitem

embrion w jajach

Olivoooides
kambr 540 Ma

Liu et al. (2017)

0,5 mm

Carinachites

Pentaconularia

bez związku z promienistą symetrią dzisiejszych

Han et al. (2018)

SYMETRIA

nie-czteropromienna

Chatterton *et al.* (2008)



tabulat
Favosites
sylur 430 Ma

- najstarsze polipy meduz miały symetrię biradialną nałożoną na dwuboczną
- ściśle czteropromienne meduzy i polipy są późne ewolucyjnie
- korale ośmiopromienne pierwotnie miały 12 czułek

czarne korale są pierwotne

Bischoff (1989)

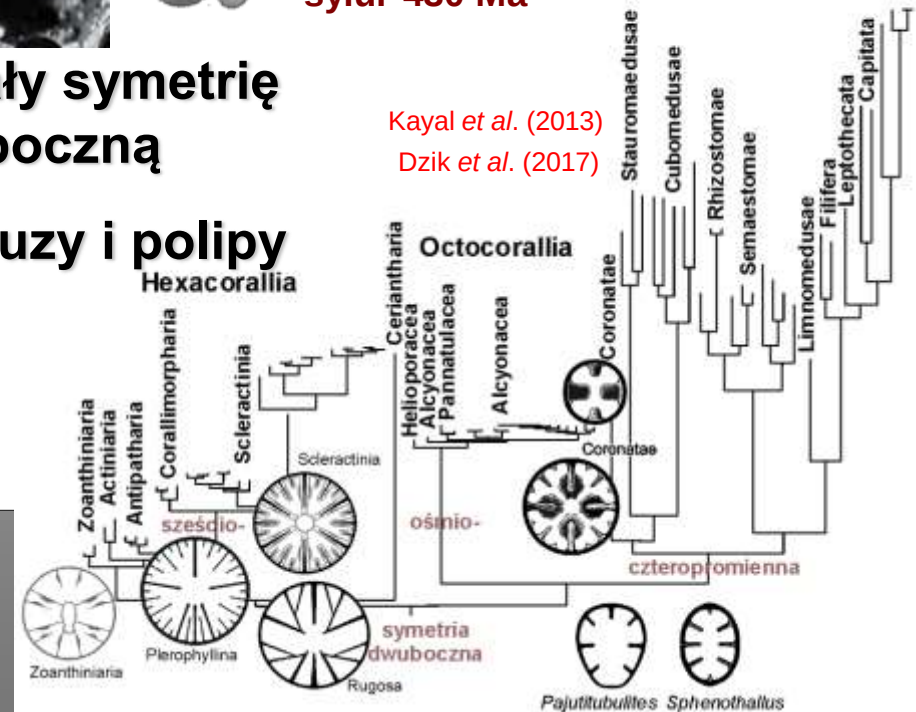
8 „septów”

Tynan (1983)



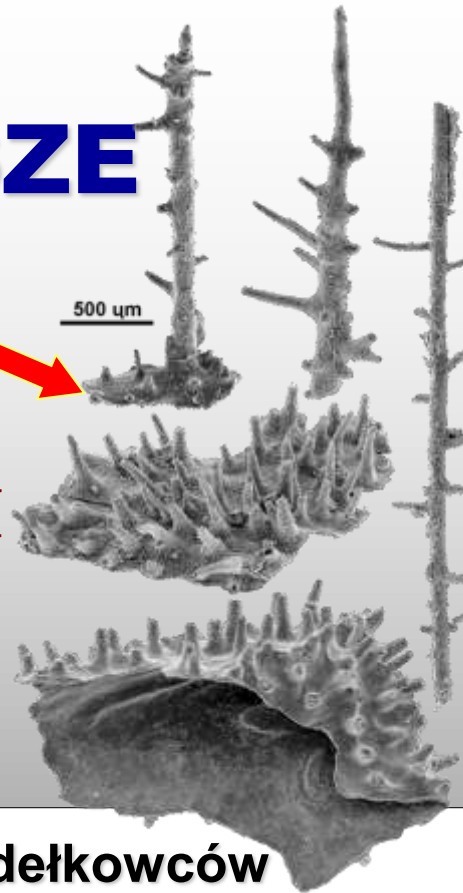
Sphenothallus
(=Praestephanoscyphus)
sylur 430 Ma

Paiutitubulites
kambr 535 Ma

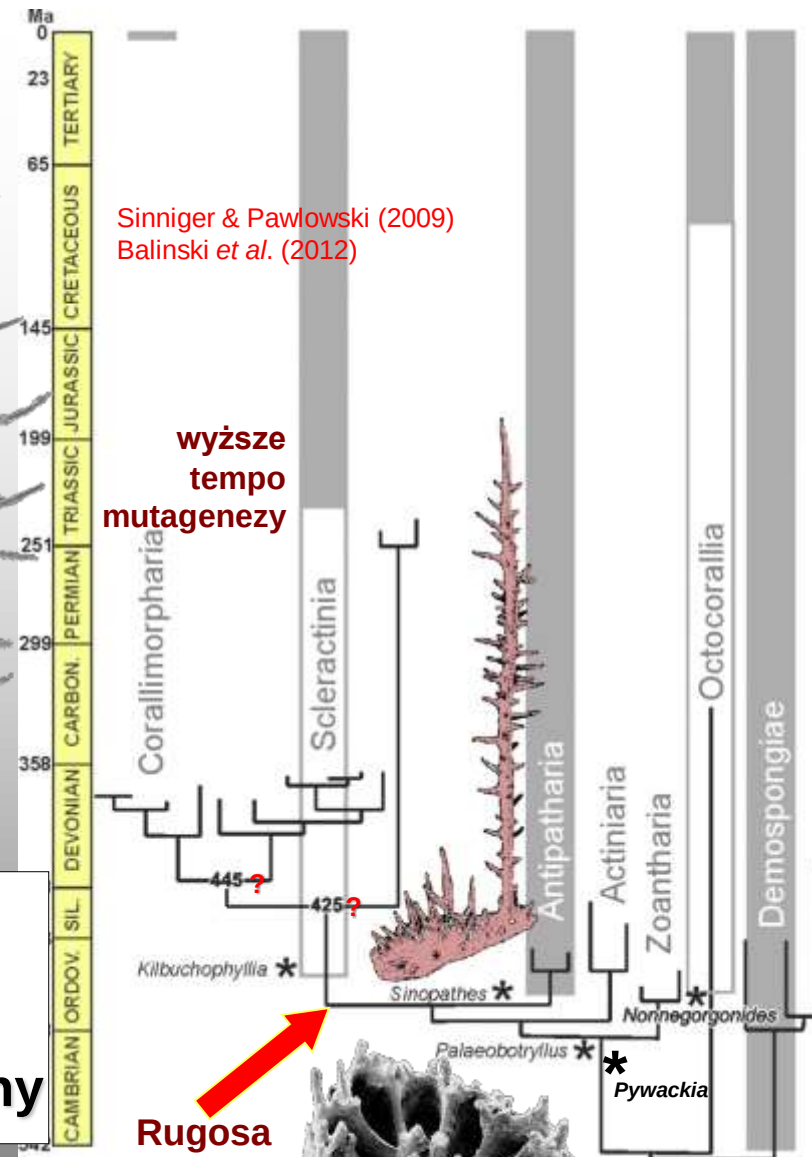


PIERWSZE koralowce

Sinopathes
Antipatharia
ordowik 470 Ma



- w gałęzi parzydełkowców najpierwotniejsze są koralowce
- ale zapis kopalny niejednoznaczny



klonalność oczywiście wtórna



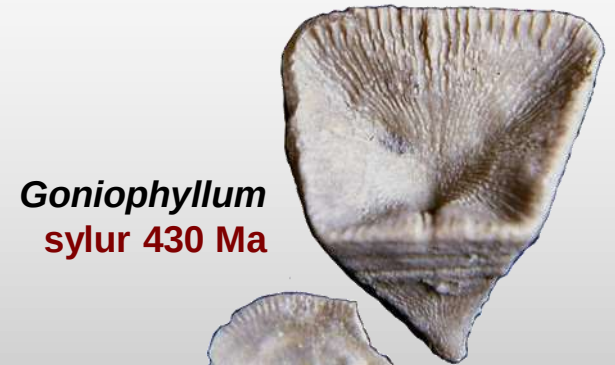
Palaeobotryllus
kambr 495 Ma

CNIDARIA

pochođenje nematocytów

- po co wczesnym koralom wieczka?
- albo nie miały nematocytów
- albo były one nieskuteczne wobec drapieżników okrytych kutikulą
- *Cothonion* to może brachiopod?

nematocyty groźne dla mięczaków



Dzik (1993)

MIĘCZAKI

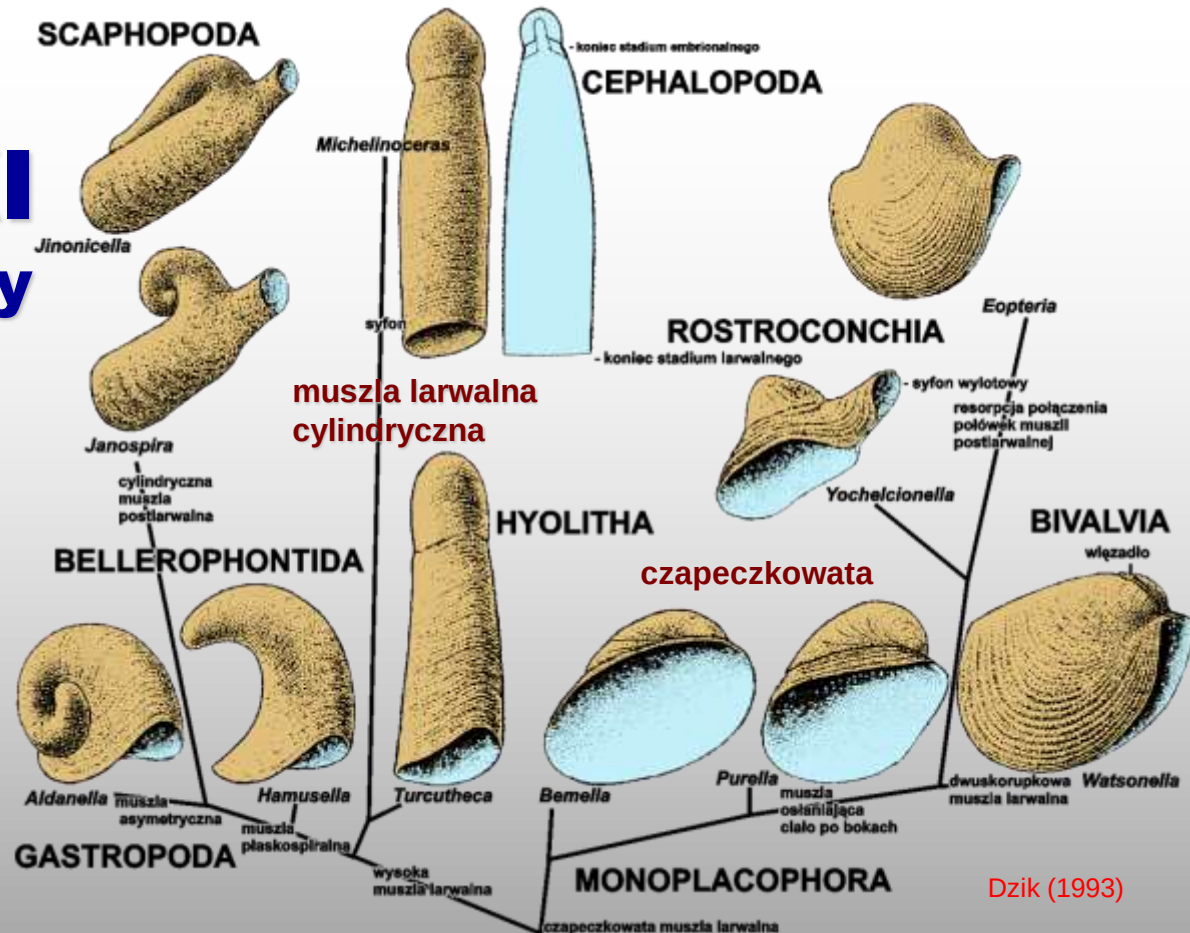
ewolucja larwy



Pseudopelagiella
kambr 500 Ma

Thomas et al. (2010)

chaetae



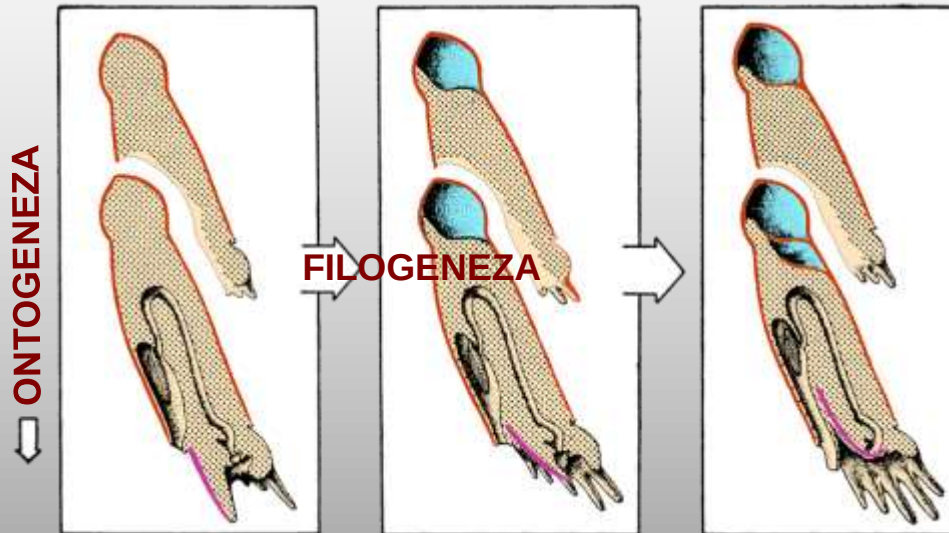
Dzik (1993)

- pierwsze ślimaki, małże i walconogi milimetrowe
- zmiany nierzadko inicjowane w stadium larwy
- muszla niewiele mówi o anatomii

głowonogi – najpierw wyporność, później napęd odrzutowy

PRZEDŁUŻENIE

pelagicznego życia larwy



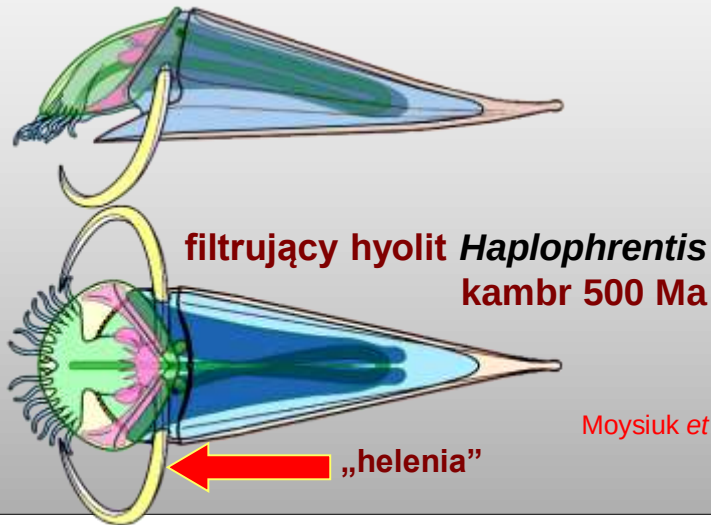
- larwalny retraktor stał się syfonem
- wyporność – usuwanie jonów sodowych z płynów
- podciśnienie w komorach – powietrze zastępuje wodę

hyolit?
Turcutheca
kambr 540 Ma



ontogeneza muszli jak u ruchliwych ślimaków i pasywnych hyolitów

FILTRUJĄCE i mułozerne mięczaki?



filtrujący hyolit *Haplophrentis*
kambr 500 Ma

mułozerny hyolit
Conotheca
kambr 540 Ma

jelito
wypełnione
mułem



Devaere et al. (2014)

Moysiuk et al. (2017)



mułozerny hyolit
Orthotheca
ordowik 445 Ma

- helenia zaawansowanych hyolitów to chaetae?
- aparat czułkowy wskazuje na filtrację
- ale pierwotne hyolity mułozerne

rozwój mięczaków pierwotnie w jaju czy planktonowa larwa?

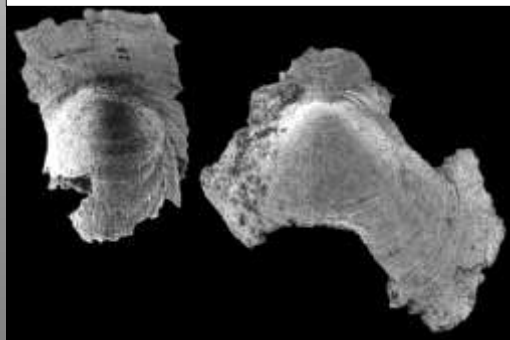
POCHODZENIE muszli

Dzik (1996)

jednotarczowiec
Tryblidium
sylur 430 Ma



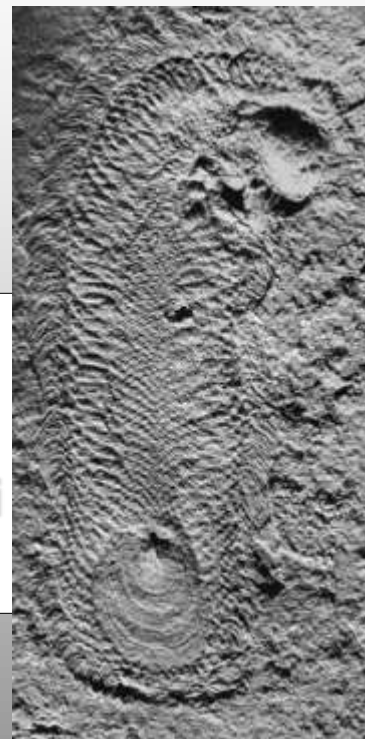
- wczesnokambryjskie halkierie miały wapniejące wypustki i dwie muszle
- przednią trudno odróżnić od helcionelli uważanych za jednotarczowce



Bemella
kambr 540 Ma

Conway Morris & Peel (1995)

muszla?



Halkieria
kambr 530 Ma



operculum?

radula dowodem mięczakowej natury

HALKIERIE

ewolucja



łuska
Sinosachites
kambr 530 Ma

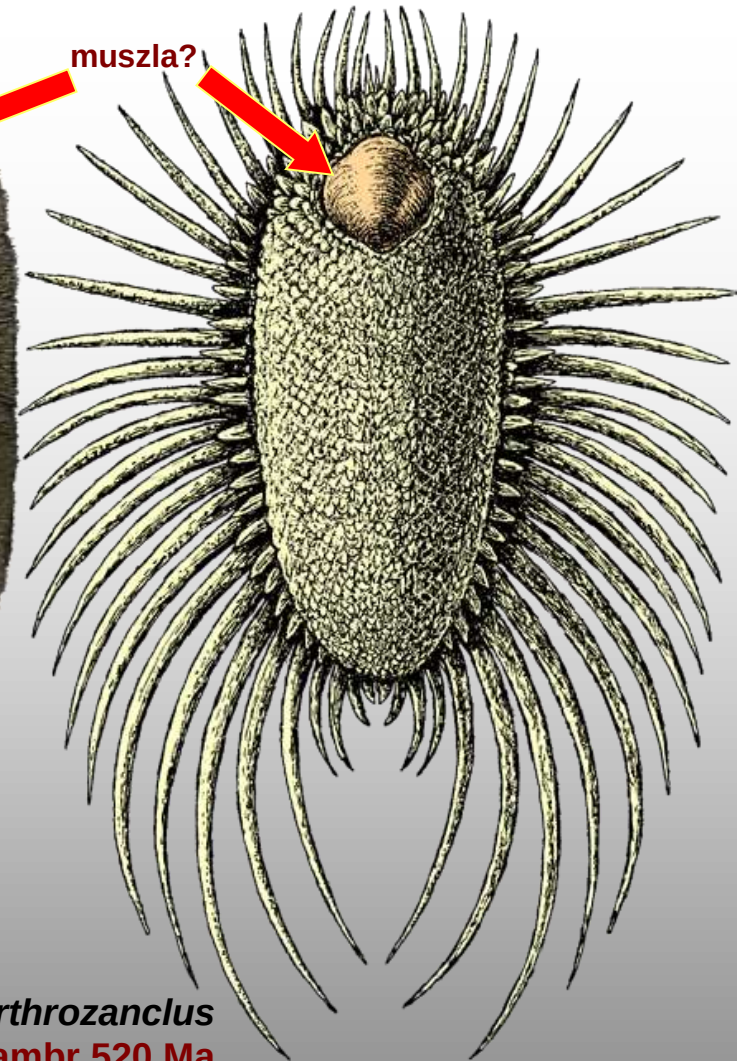
Vinther et al. (2017)

Vinther (2009)

Calvopilosa
ordowik
480 Ma



muszla?



Orthrozanclus
kambr 520 Ma

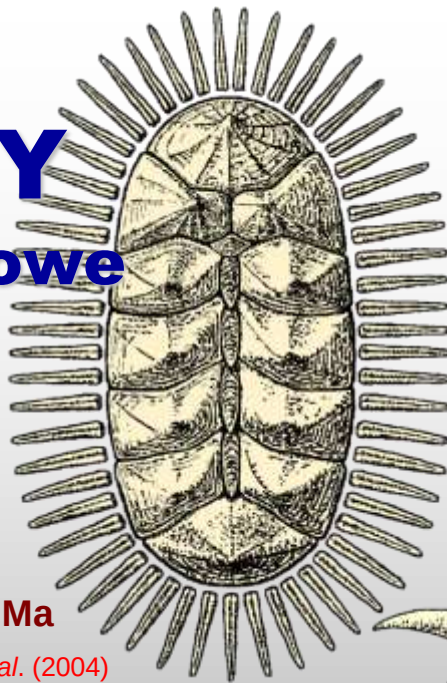
Conway Morris & Caron (2007)

- kanały w łuskach homologiczne estetom chitonów
- środkowokambryjskie i ordowickie z jedną tylko muszlą
- i długimi bocznymi kolcami

nie wiadomo czy pierwotniejsze są jednotarczowce, czy chitony

CHITONY

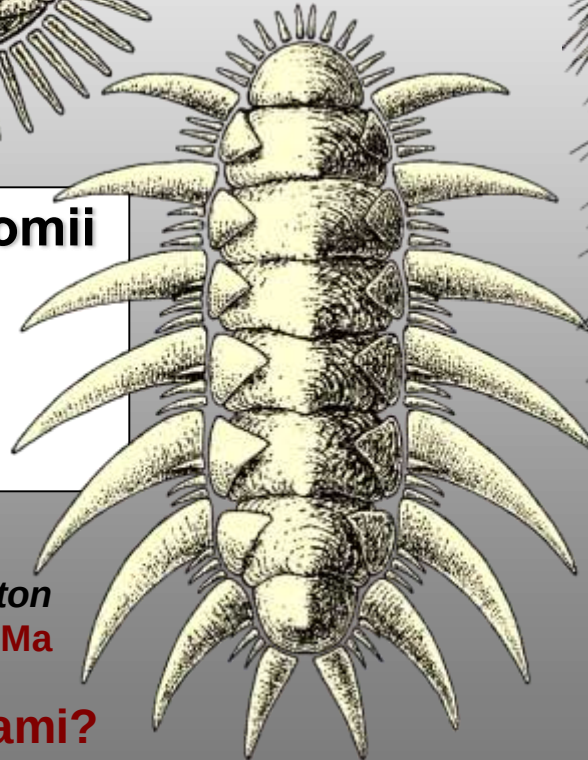
wielotarczkowe



Polysacus
karbon 320 Ma

Vendrasco et al. (2004)

- wielka różnorodność anatomii pierwotnych chitonów
- sylurski *Acaenoplax* nie miał podeszwy nogi

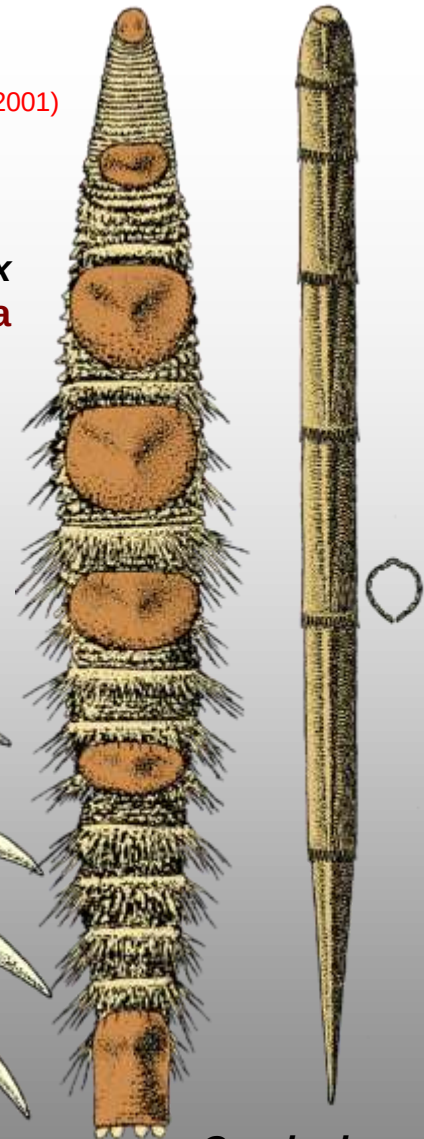


Echinochiton
ordowik 480 Ma

Pojeta et al. (2003)

Sutton et al. (2001)

Acaenoplax
sylur 430 Ma



Carnicoleus
sylur 430 Ma

Dzik (1986)

nieostra granica z wieloszczetami?

WIELOSZCZETY

czy pra-Spiralia?



Tommotia
kambr 540 Ma

- dwa rzędy wapniejących elytrae
- w kambrze fosforanowych
- pęczki szczecinek na parapodiach

Dzik (1986)
Vinther et al. (2007)



Machaeridia



Aulakolepos



Turrilepas

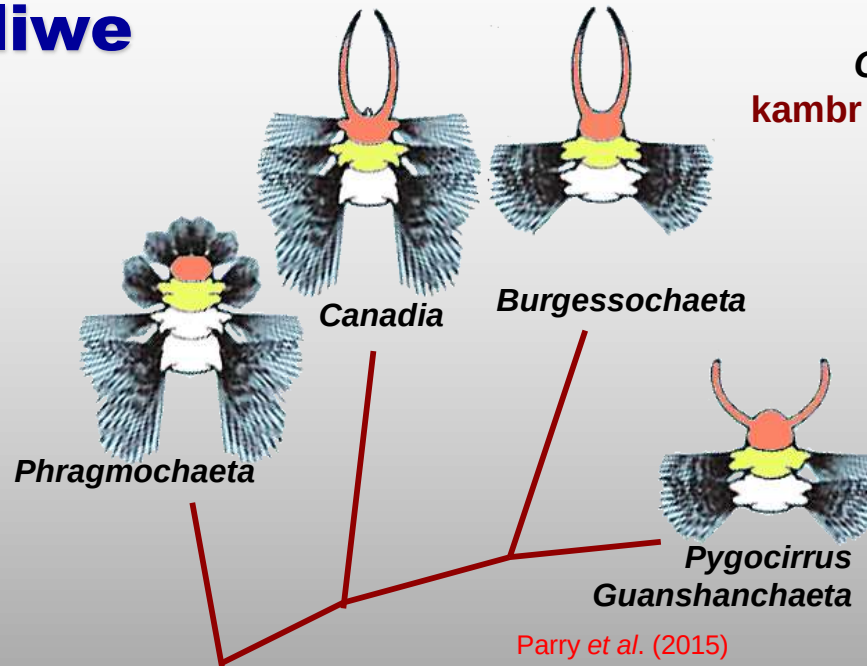


Plumulites
ordowik 460 Ma

pęczki szczecinek i ich struktura pierwotne dla Spiralia

WIELOSZCZETY

niewątpliwe



Conway Morris (1979)
Parry & Caron (2019)

Canadia
kambr 520 Ma



- swobodnie żyjące od wczesnego kambru
- czułki głowowe w miejsce szczecinek

głównym źródłem wiedzy łupki Burgess

ŁUPKI BURGESS w Górach Skalistych

zbocze pod g. Wapta
niedaleko Banff, Kanada



Mt Wapta

łom Walcotta

- 1907 pierwsze kambryjskie skamieniałości miękkich tkanek
- docenione dopiero po półwieczu

łom Walcotta

wydobyto dotąd około 150 000 skamieniałości



SKOLEKODONTY

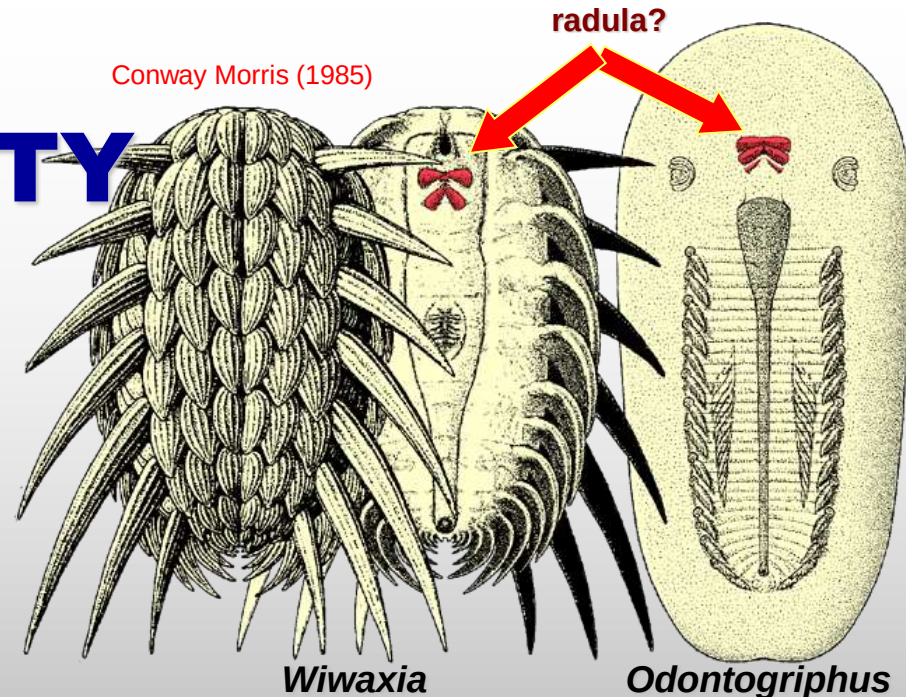
czy radula?



Butterfield (2009)



chaeta



Conway Morris (1985)

Wiwaxia

Odontogriphus

Caron et al. (2006)

- kambryjskie wiwaxie miały szczęki podobne jak u wieloszczetów
- i płaskie kapilarne *chaetae* na grzbiecie



skolekodont
Archaeoprion
ordowik 450 Ma



Mierzejewska & Mierzejewski (1975)

boczne wygięcia ciała jak nitnikowców i strunowców

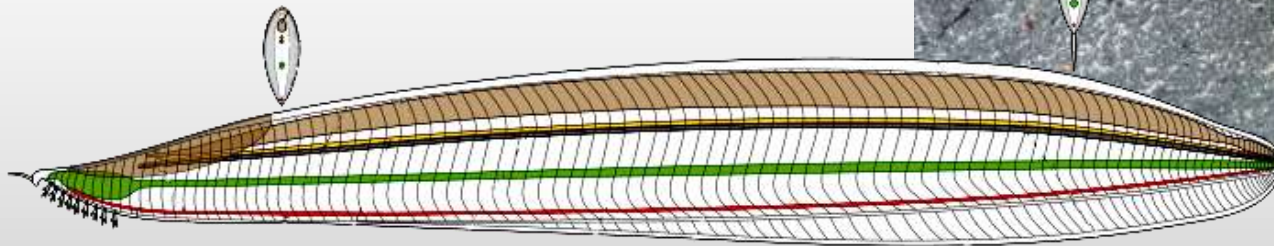
ANALOGIA

funkcjonalna strunowców

Caron (2009)

Pikaia
520 Ma

czułki



Conway Morris & Caron (2012)

Dzik (2004)



Myoscolex 530 Ma

- środkowokambryjska *Pikaia* była bocznie spłaszczona
- ale czułki i seryjne przydatki w przedzie ciała
- podobnie jak wczesnokambryjski *Myoscolex*

prawdziwe strunowce od wczesnego kambru Chengjiang

CHENGJIANG

okno na wczesny kambryj

pierwszy łomik



- 1985 trójwymiarowo zachowane skamieniałości miękkich tkanek
- w zwietrzałym mułowcu – 530 Ma

niedaleko miasta Chengjiang nad jeziorem Fuxian
Yunnan, Chiny



muzeum fauny Chengjiang

liczne skamieniałości strunowców z kilku stanowisk w regionie

KAMBRYJSKI strunowiec



Branchiostoma **dziś**

Yunnanozoon (=Haikouella) **kambr 530 Ma**



Dzik (1995)



- osiowy szkielet hydrauliczny o niskiej zawartości substancji organicznej z powłoką organiczną (kolagenową)
- seryjne gonady rozmieszczone wzdłuż struny grzbietowej

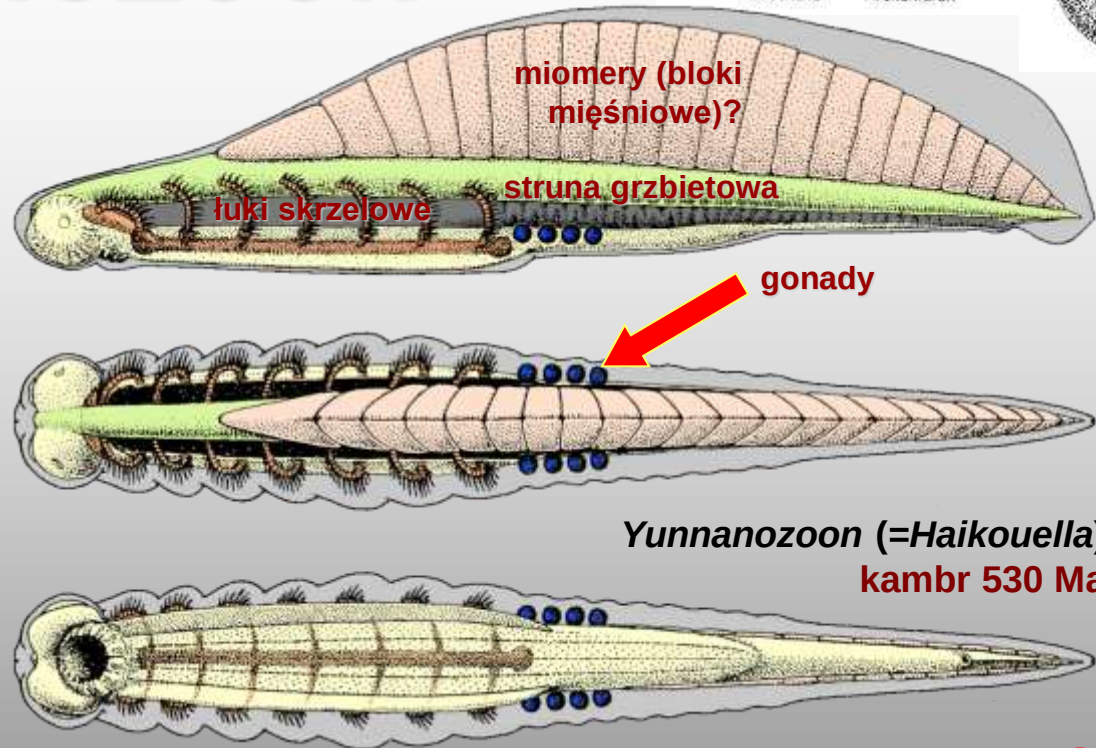
Branchiostoma **dziś**

YUNNANOZOOON

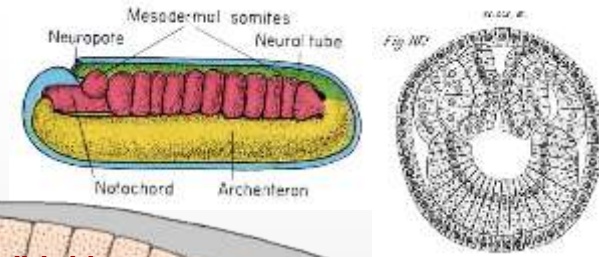
anatomia



aorta



Yunnanozoon (=Haikouella)
kambr 530 Ma



- grzbietowe położenie bloków mięśniowych
- zgodne z rozwojem embrionalnym lancetnika

Dzik (1995)
Chen *et al.* (2004)
Cong *et al.* (2014)

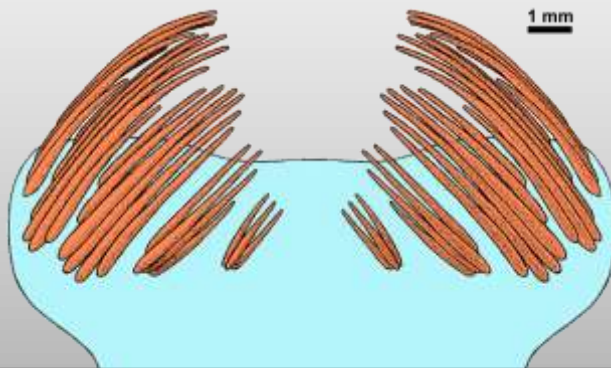
strzałki morskie wyprzedziły strunowców w oceanach

CHAETOGNATHA

w toni wodnej

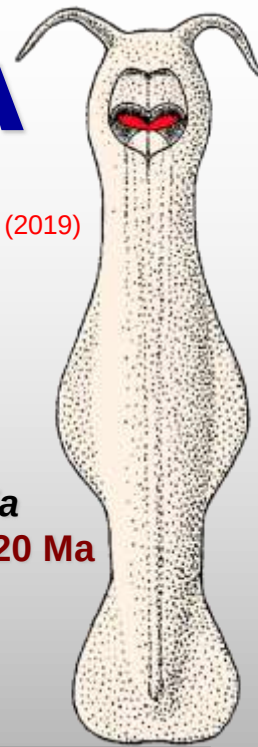
Ankalodous
kambr 530 Ma

Shu et al. (2017)

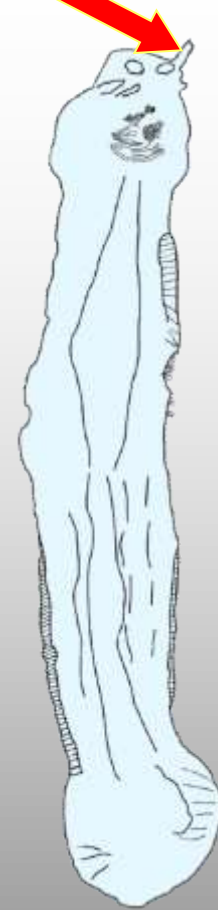


Caron & Taung (2019)

Amiskwia
kambr 520 Ma



czułki



Protosagitta
kambr 530 Ma

Shu et al. (2017)

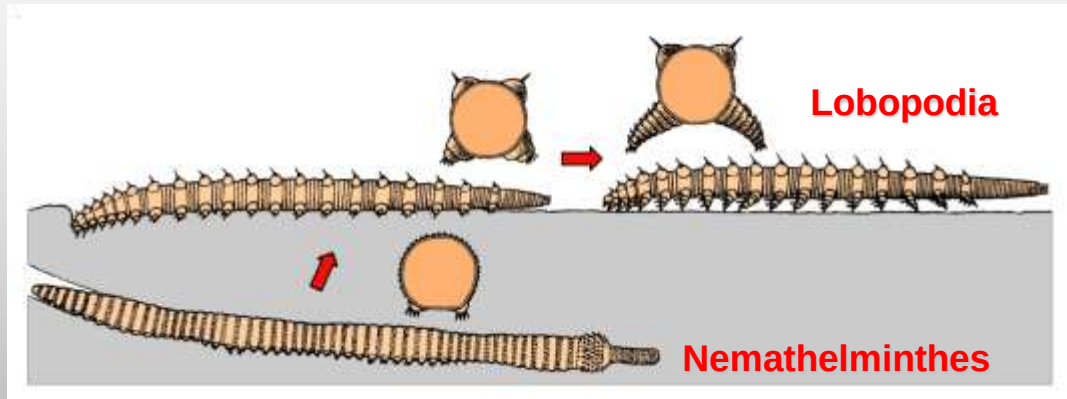


- najstarsze tuż przed początkiem kambru
- literalnie wtórouste i enteroceliczne
- pokrewne wrotkom (Rotatoria)

filogenetycznie pomiędzy strunowcami i zwierzętami liniejącymi

OGNIWO WIAŻĄCE

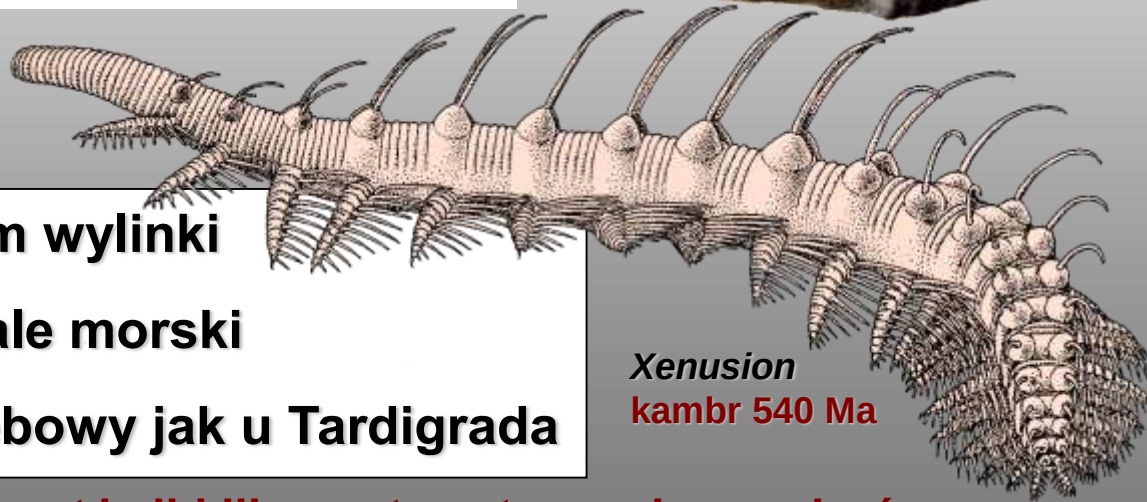
Ecdysozoa



Dzik & Krumbiegel (1989)



- wypełnione piaskiem wylinki
- pokrój pratchawca ale morski
- terminalny otwór gębowy jak u Tardigrada

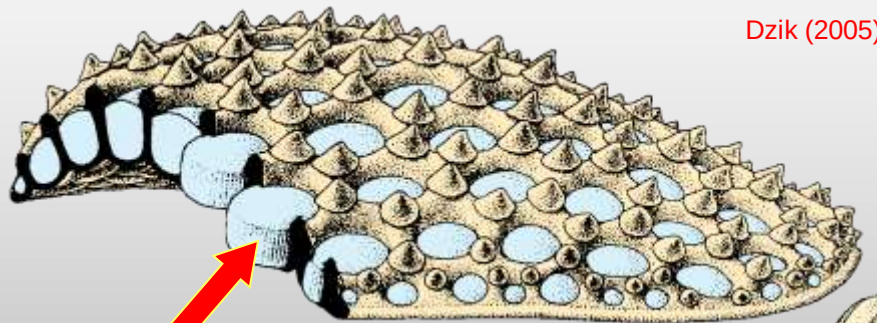


Xenusion
kambr 540 Ma

przodkowie typów zwierząt byli kilkucentymetrowych rozmiarów

OCZY ZŁOŻONE

pierwotniejsze od stawonogów?



soczewki

Microdictyon kambr 530 Ma

Dzik (2005)



nowy skleryt

- otwory w sklerytach wypełnione niefosfatyzującymi soczewkkształtnymi tworami
- *ectopic eyes* na każdym segmencie

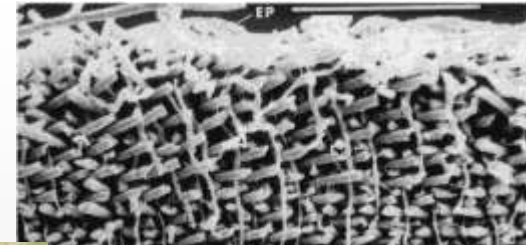
w kambrze różnorodne też obleńce



PIERWOTNOŚĆ

Nematomorpha

Bresciani (1991)



Maas et al. (2007)

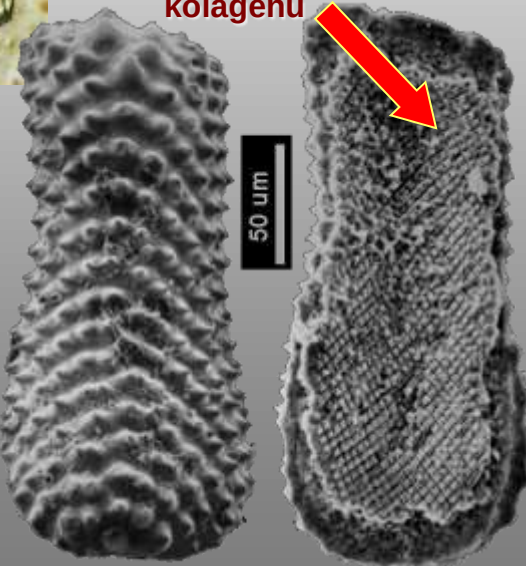


Palaeoscolex
kambr 530 Ma



Gordius dziś

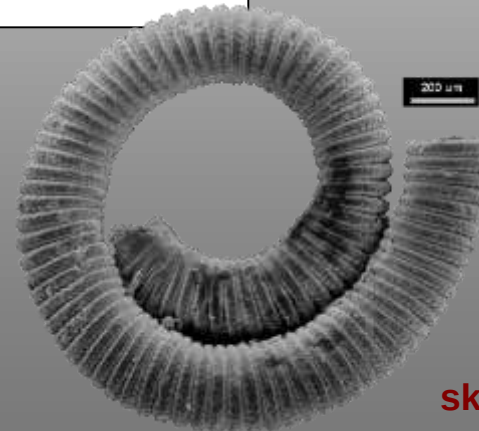
próżnie po
sznurach
kolagenu



skleryty *Milaculum* ordowik 480 Ma
Dzik (1986)

- bez mięśni okrężnych
- prostopadłe sznury kolagenu w warstwach także u pierścieni

Schistoscolex
kambr 520 Ma
Müller & Hinz-Schallreuter (1993)



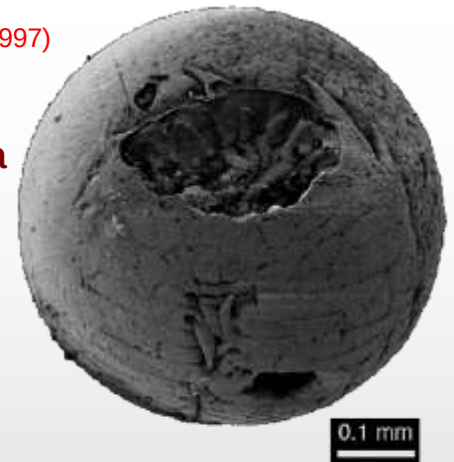
rozpoznana embriogeneza

BRAK LARWY

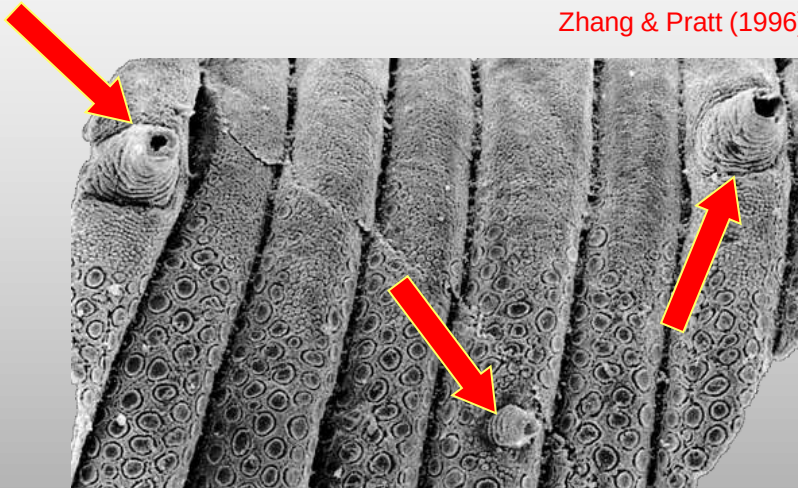
planktonowej pierwotny

Bengtson & Zhao (1997)

embrion *Markuelia*
kambr 540 Ma



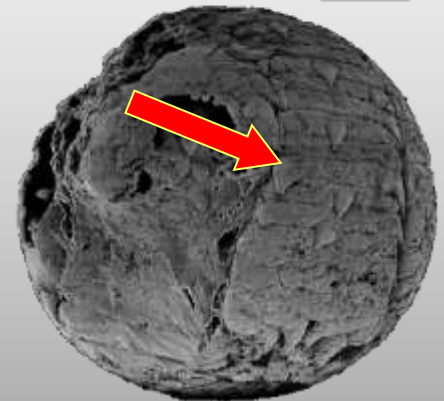
Zhang & Pratt (1996)



fragment kutikuli *Huoscolex* kambr 520 Ma

Maas et al. (2007)

larwa
Shergoldana



200 µm

- embriony w jajach i larwy dowodzą prostego rozwoju
- seryjne wypustki kutikuli



Eokinorhynchus
kambr 540 Ma
Zhang et al. (2015)



larwa
Chordodes
dziś

nitnikowce mają wspólne korzenie z priapulami

Bohall et al. (1997)

PRIAPULA

relikty kambru

Priapulites
dziś



Maotianshania kambr 530 Ma

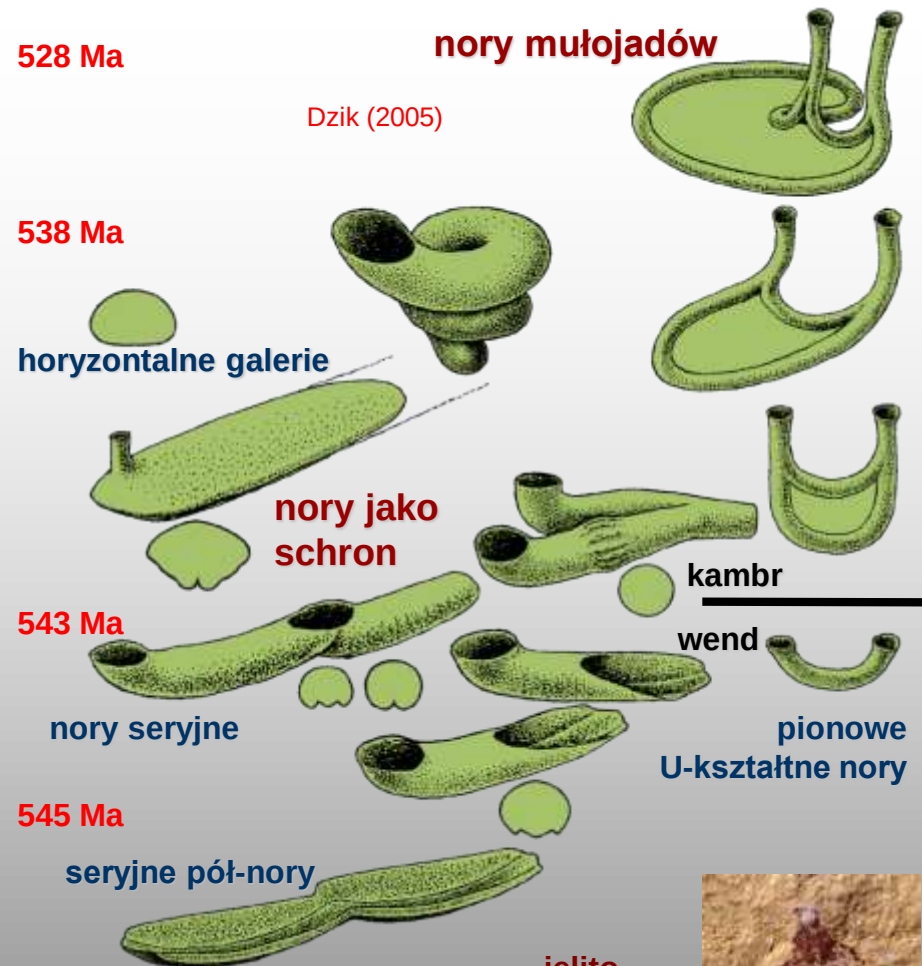
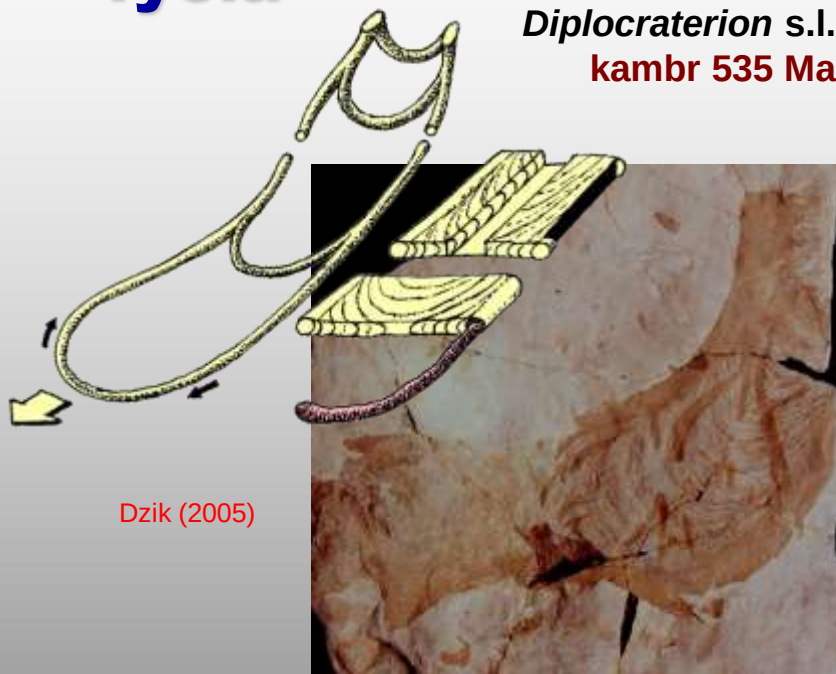
- ryjek z hakami – zwykle drapieżne
- hydrauliczne rycie przy udziale mięśni okrężnych nie występujących u innych obleńców

skrajnie konserwatywne ewolucyjnie

Priapulites
karbon 310 Ma
Schram (1973)



EWOLUCJA rycia



- najstarsze nory płytkie w twardym mule
- U-kształtne pogłębiane nory mułojadów stosunkowo późne

pierwotny osad niebioturbowany, a więc i nienatleniony

jelito
wypełnione
mułem

priapulid
Sicyophorus
kambr 530 Ma

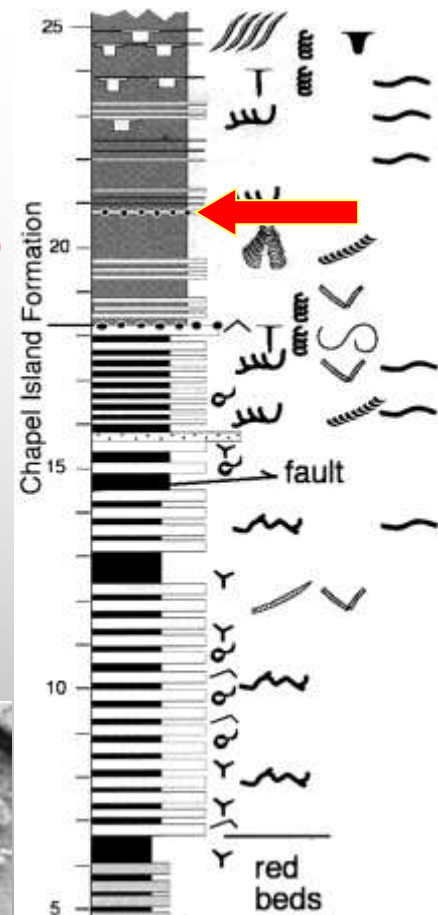
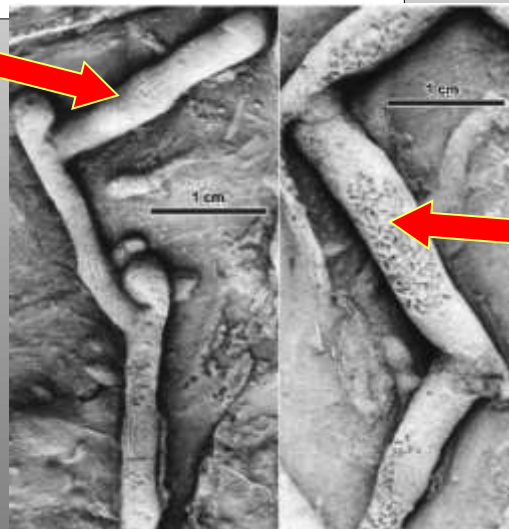
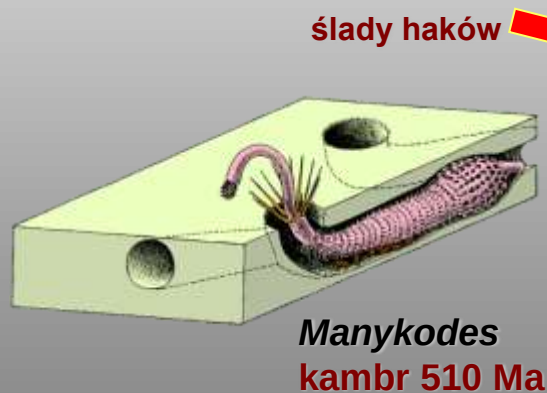


Maas (2007)

GRANICA

kambr-wend (=ediakar)

- ustanowiona na warstwie, gdzie miałyby się pojawić pierwsze zygzakowate nory
- w rzeczywistości występują znacznie niżej



Gehling et al. (2001)

Orłowski & Żylińska (1996)

niewiele miejsc z zapisem tych zdarzeń