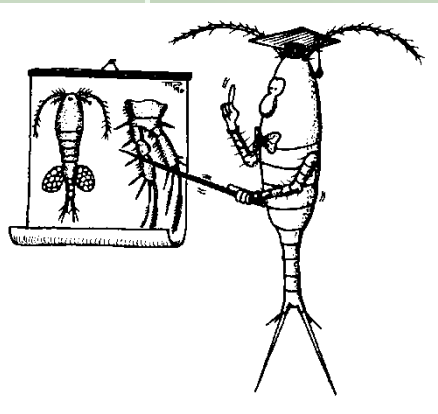


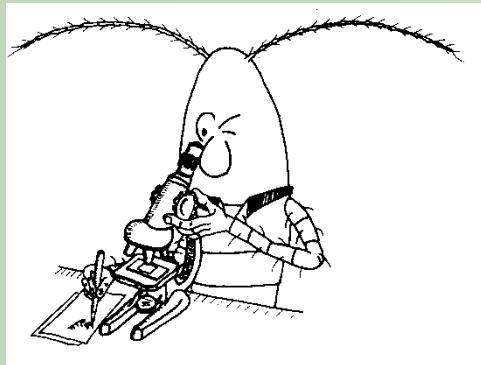
Prof. dr. sc. Renata Matonićkin Kepčija

Beskralješnjaci 2+2+0

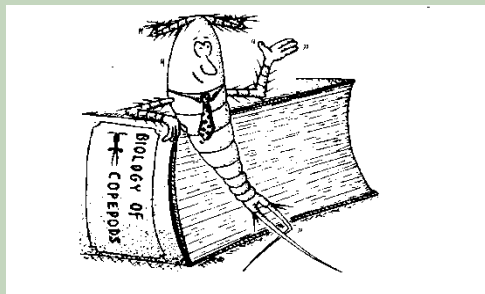


Predavanja: ponedjeljkom 10-12
Predavaonica 102

renata.matonickin.kepcija@biol.pmf.hr



Praktikumi: četvrtak 10-12 h i 12-14 h
Praktikum RTG 302
dr. sc. Zuzana Redžović
zuzana.redzovic@biol.pmf.hr



Literatura

Habdija, Ivan; Primc Habdija, Biserka; Radanović, Ines; Špoljar, Maria; Matoničkin Kepčija, Renata; Vujčić Karlo, Snježana; Miliša, Marko; Ostojić, Ana; Sertić Perić, Mirela (2011, 2021) Protista-Protozoa i Metazoa-Invertebrata. Strukture i funkcije. Alfa, Zagreb

Habdija et al. (2004): Protista-Protozoa i Metazoa-Invertebrata. Funkcionalna građa i praktikum.- Meridijani, Samobor.



PRAVILA 😊

Student može bez nadoknade s **praktikuma** izostati **samo jedanput** tijekom cjelokupne nastave.

Tijekom nastave studenti prema unaprijed dogovorenim i objavljenim rokovima polažu tri pisana kolokvija. Na svakom od kolokvija potrebno je ostvariti $\geq 60\%$.

Studenti tijekom semestra **mogu** izaći na tri pismena kolokvija, koji obuhvaćaju gradivo pojedinih cjelina. Broj bodova na kolokvijima je između 30 i 40, a sastoje se od pitanja:

- a) višestrukog izbora
- b) nadopunjavanja rečenica
- c) povezivanja pojmova
- d) crtanja i označavanja crteža
- e) esejističkog tipa

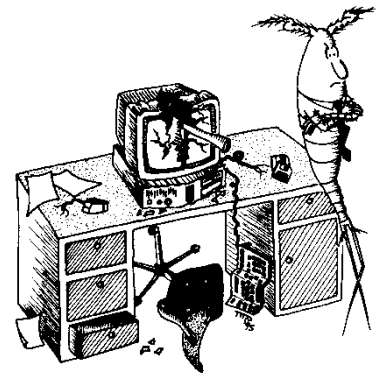
Ukoliko studenti polože sva tri kolokvija, ne trebaju pisati pismeni dio ispita na ispitnim rokovima te se ocjena kontinuirane provjere znanja računa kao ocjena pismenog ispita. Uspjeh na kolokviju računa se prema tablici:

Prosječan uspjeh na kolokvijima	Ocjena
90-100%	izvrstan
80-89%	vrlo dobar
70-79%	dobar
60-69%	dovoljan

TESTOVI:

1. TEST: principi raspodjele beskralježnjaka, Porifera, Cnidaria
Platyhelminthes
2. TEST: Nemertea, Blastocoelomata, Mollusca
3. TEST: Annelida, Arthropoda, enterocelni Coelomata

Ispiti



Konačna **ocjena** oblikuje se na temelju:

- poznavanja raznolikosti beskralježnjaka-
zbirka (Ukoliko studenti polože kolokvij iz zbirke, a padnu pismeni ili usmeni ispit, ocjena iz zbirke im vrijedi na idućim ispitnim rokovima u istoj akademskoj godini.)
- završnog **pismenog ispita** ili uspješno položena sva tri kolokvija tijekom semestra
- **usmenog ispita**

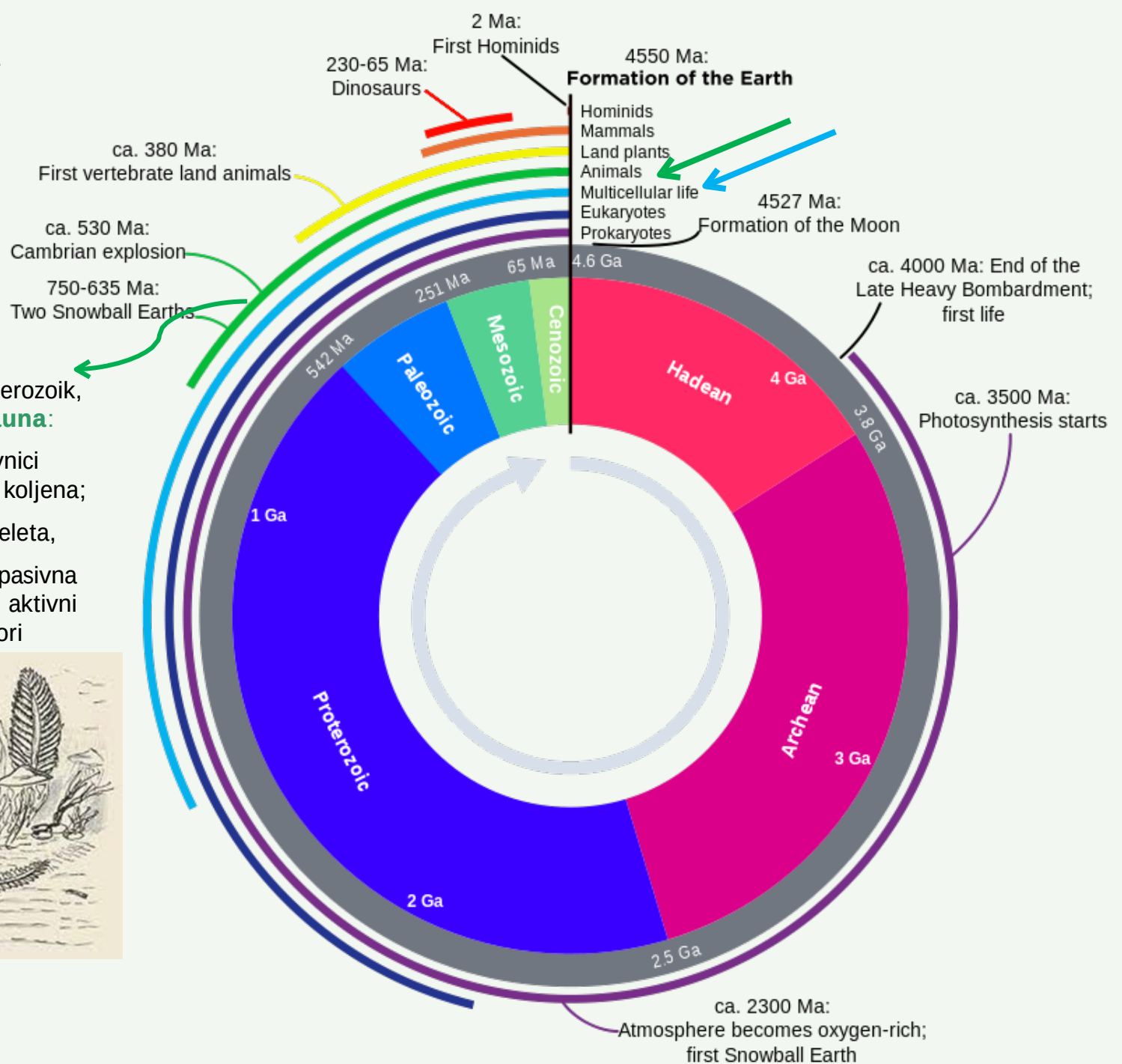
PODRIJETLO METAZOA

Osnovna pitanja o ranom razvoju Metazoa:

- Kada?
- Iz koje skupine protista?
- Kako?

Na koji način (kojim procesom) je od jednostaničnog nastao mnogostanični organizam? Tri modela:

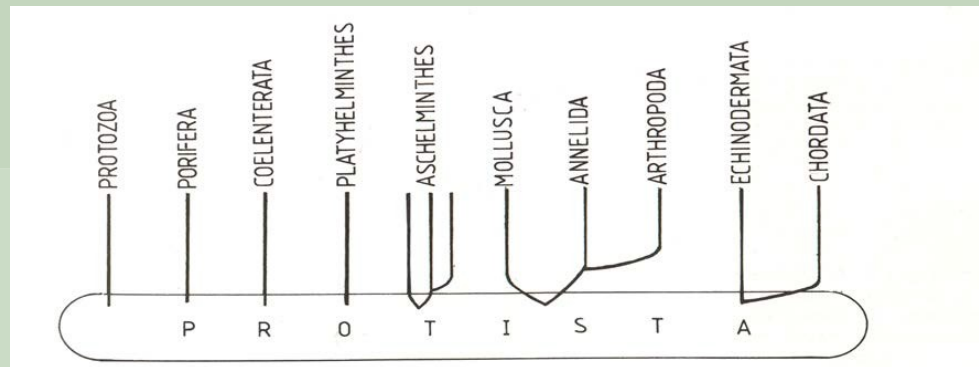
1. agregacijom (združivanjem) prethodno nezavisnih stanica
2. celularizacijom sincitija
3. nepotpunom staničnom diobom



Hipoteze o podrijetlu Metazoa

Osnovni modeli:

- polifiltesko podrijetlo metazoa:
prvobitni oblici metazoa razvili su se iz **različitih** skupina
Protista



- monofiletsko podrijetlo metazoa:
prvobitni oblici metazoa razvili su se iz **jedne** skupine
Protista

Hipoteze zasnovane na monofiletskom modelu

- Osnova flagelatni predak:
Kormijska hipoteza (E. Haeckel)
- Osnova cilijatni predak:
Sincitijalna ili polikarionska hipoteza (J.Hadži & J.Hanson)



Ivan Hadži

Profesor zoologije na Sveučilištu u Ljubljani. Studirao biologiju u Zagrebu i Beču. Godine 1907. izabran za asistenta a 1913 za docenta u Komparativno-anatomskom zavodu Mudroslovnog fakulteta. Za redovitog profesora izabran je 1920. na Katedri za zoologiju Ljubljanskog sveučilišta.

Godine 1963. izdaje u Engleskoj knjigu: The Evolution of the Metazoa. Odbacuje Haecklovu hipotezu o ontogenetskoj rekapitulaciji i dihotomskog rodoslovnog stabla. Svoje ideje i pristupe o srodstavenim odnosima Metazoa zasniva na sincitijalnoj hipotezu o turbelarijskom pretku Metazoa i lineranom rodoslovnom stablu životinja.

Polovinom prošlog stoljeća rigidni napadi Remaneove škole na sincitijalnu hipotezu marginalizirali su Hadžijevu linearnu filogenezu.

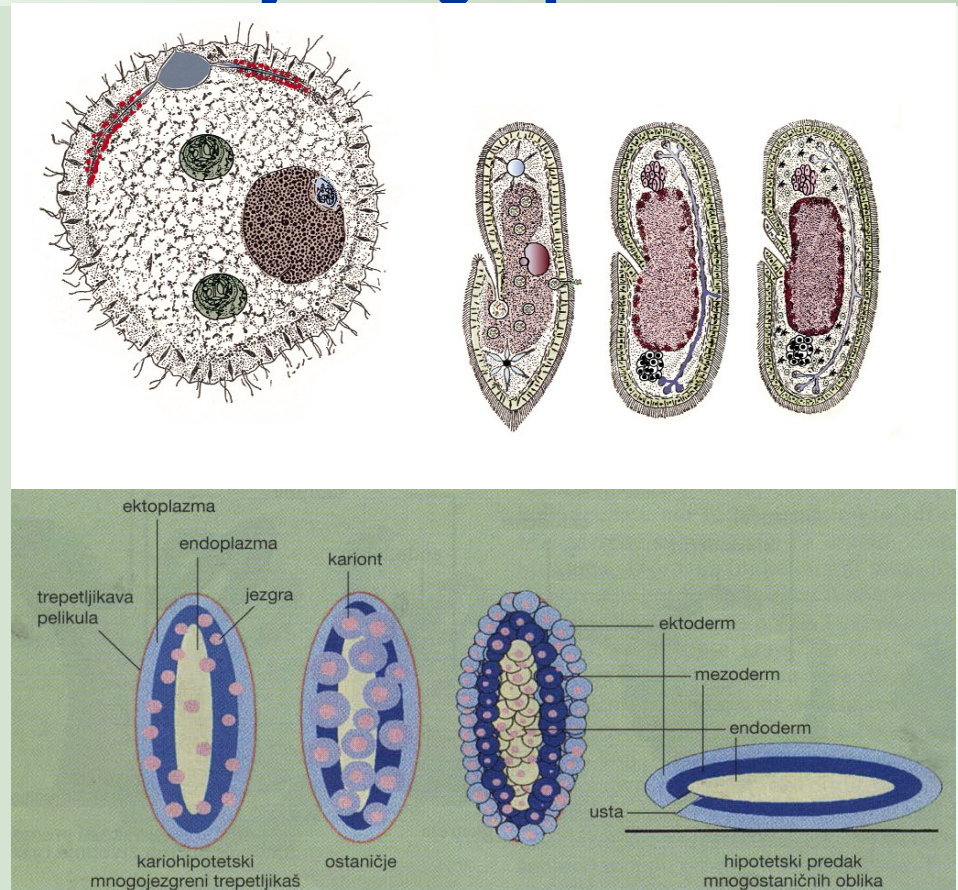
Hadžijeva sincitijalna ili polikarionska teorija

- predak Metazoa nastao je iz

mногоjezgrenih Protozoa cilijatnog tipa

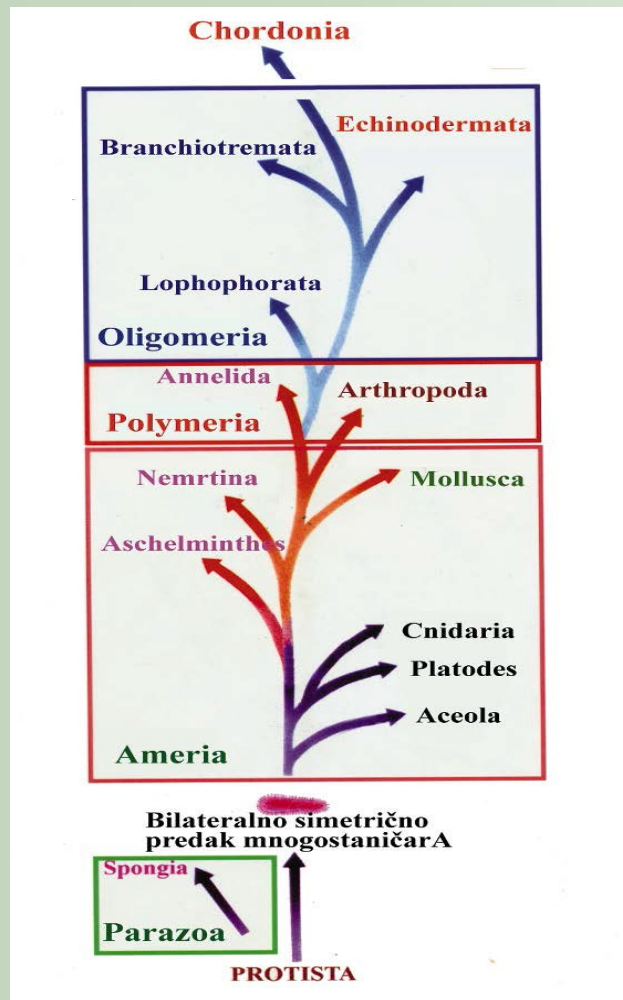
Postavke:

- **proces celularizacije** (ostaničenja)
- mnogojezgrenog **pratrepetljikaša**
- **sincitijalni** prijelazni oblik
- ⇒ razvoj acelnih virnjaka
- primarna **bilateralna** simetrija
- triploblastičnost pretka (sva 3 zametna sloja: ekto-, endo- i **mezoderm**)



Razvoj životinja prema Hadžijevoj hipotezi

Hadžijeva sincitijalna ili polikariontska teorija



Shema **linearnog** rodoslovnog stabla po Hadžiju

Hadžijeva sincitijalna ili polikarionska teorija

U prilog teoriji:

- embriogeneza nekih metazoa (npr. *kukaca*): tek nakon ranog mnogojezgrenog stadija slijedi celularizacija
- Trepetljivost ličinki; trepetljikavi epitel u metazoa
- Celularizirana epiderma, sincitijalni probavni parenhim acelnih virnjaka
- trichociste u pelikuli ⇔ rabdoidi u epidermi

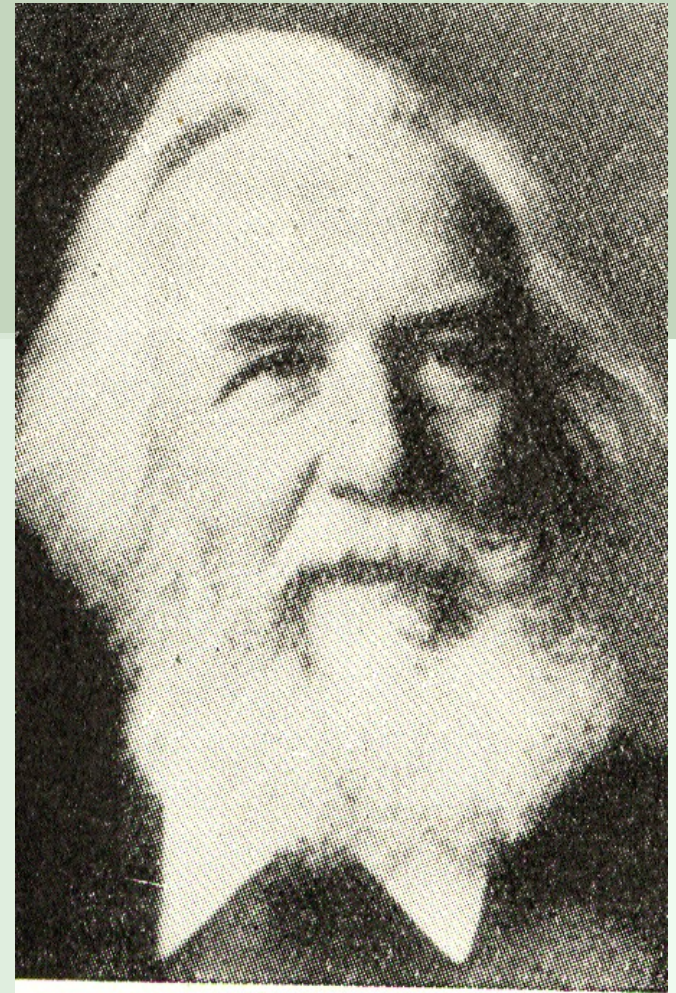
Protiv:

- Jezgreni dimorfizam i konjugacija trepetljikaša – ništa slično kod životinja
- Ne objašnjava opću pojavu bičastog spermija; nema ga u trepet. pa bi morao nastati *de novo*
- Sincitij bescrijevaca nastaje sekundarno, nakon tipičnog dijeljenja stanica; eksperimentalno se može izazvati nastanak sincitija

Ernst Haeckel

Njemački prirodoslovac (Postdam 1834. - Jena 1919.)

Prof. zoologije u Jeni, sljedbenik Darwina. Protivnik klerikalizma: gdje vjera počinje završava znanost.



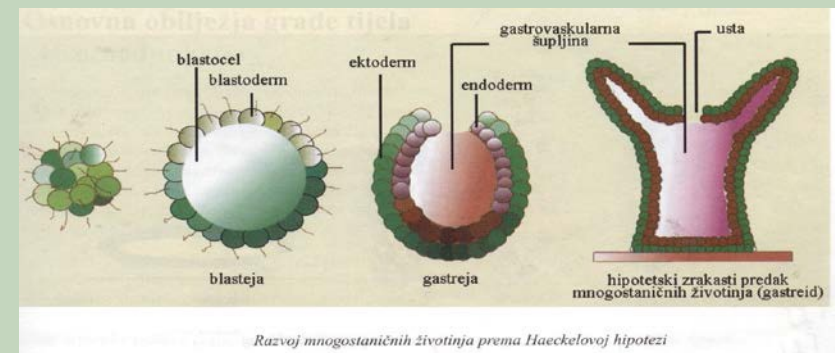
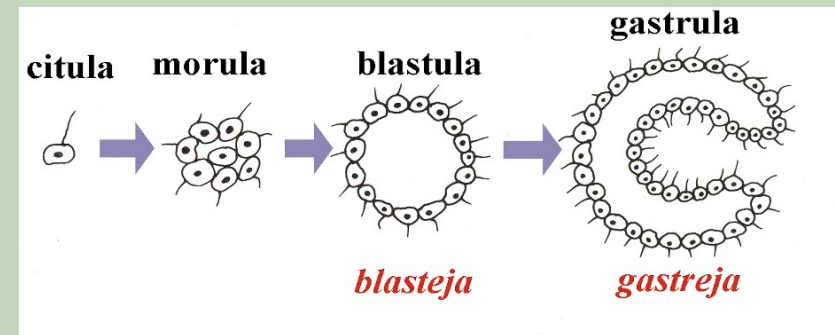
ERNST HAECKEL

Haeckelova kormijska ili kolonijalna teorija

-predak metazoa nastao iz **kolonije flagelatnog tipa** s povećanjem specijalizacije i međuzavisnosti stanica

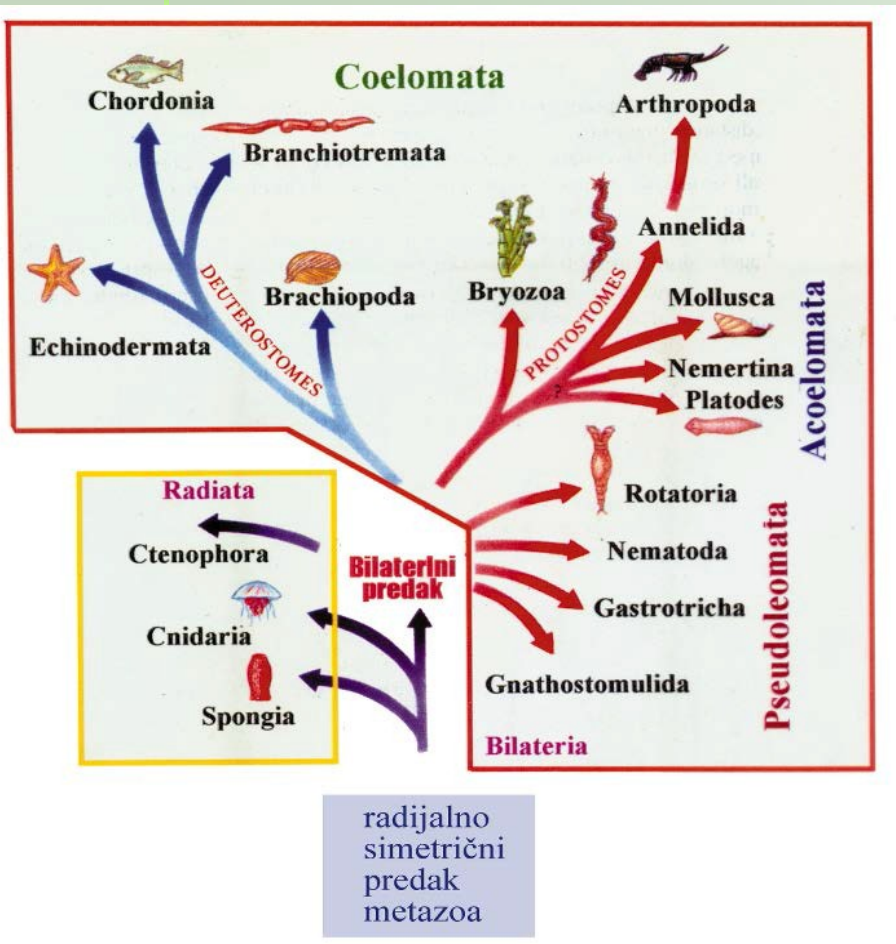
Postavke:

- udruživanje bičastih predaka $\Rightarrow$ kolonijalni bičaši $\Rightarrow$ blasteja $\Rightarrow$ gastreja $\Rightarrow$ gastreid
- $\Rightarrow$ žarnjaci
- primarna radijalna simetrija
- diploblastičnost pretka
- Haeckelov "biogenetski zakon": *Ontogenija je kratka recapitulacija filogeneze*
- bičasti oblik spermija



Razvoj mnogostaničnih životinja prema Haeckelovoj hipotezi

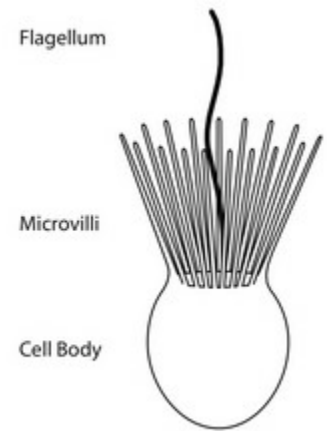
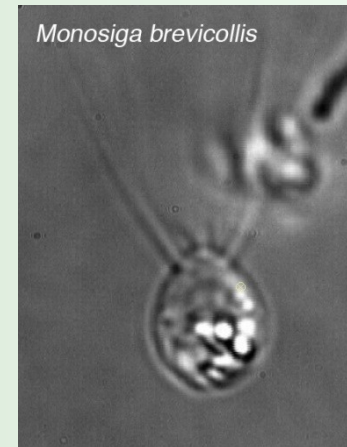
Haeckelova kormijska ili kolonijalna teorija

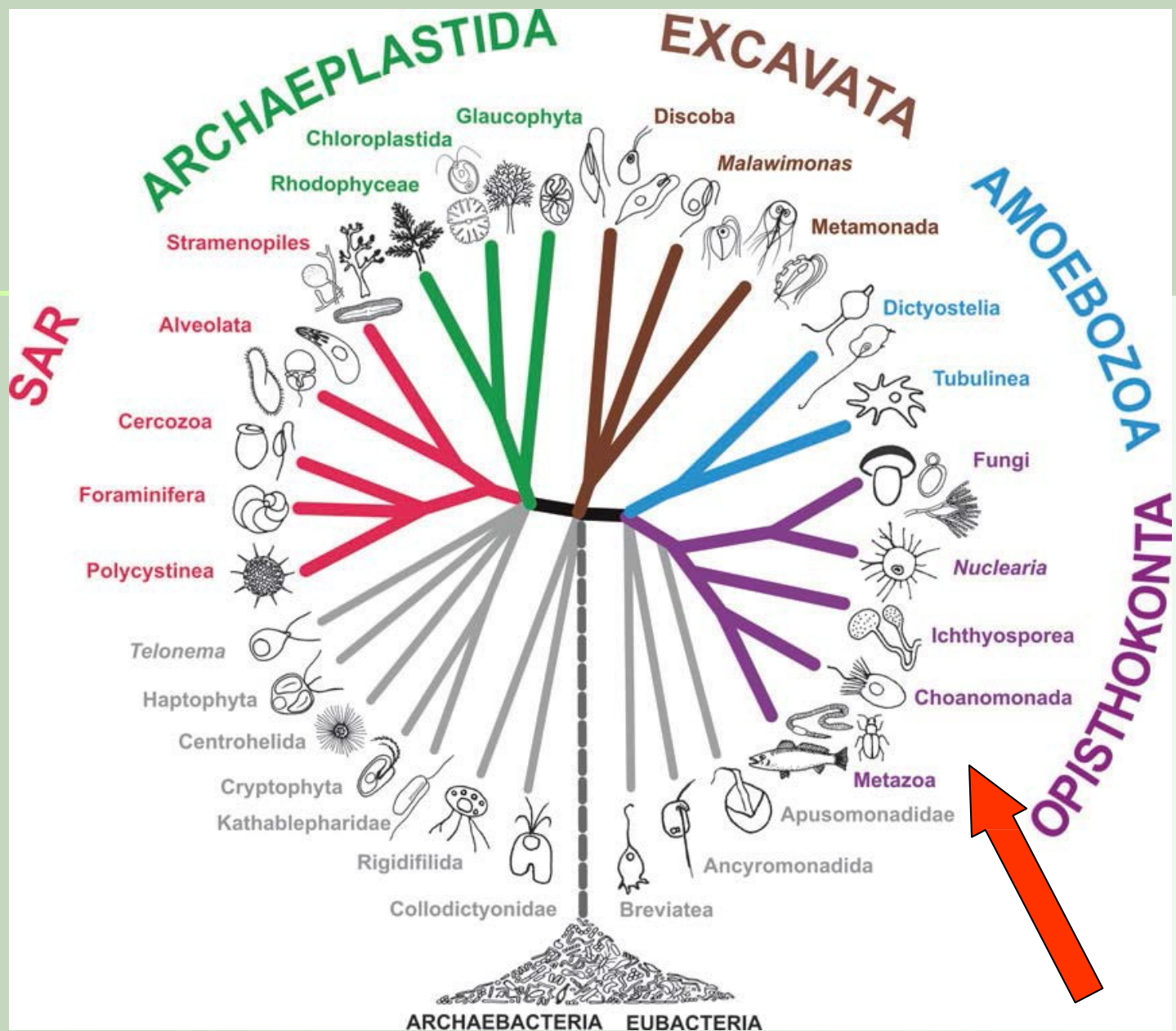


Shema **dihotomskog** rodoslovnog stabla

Morfološke i molekularne analize – Choanoflagellata su sestrinska skupina s Metazoa

- Monofiletska skupina s oko 200 vrsta
- Jednostanični, solitarni ili kolonijalni
- Stanica s 15-50 mikrovila
- 1 trepetljika/bič, duža od ovratnika;
- Kod nekih složeni životni ciklusi s različitim stanicama i tipovima kolonija – moralo bi biti uključeno i spolno razmnožavanje





Adl *et al.* J. Eukaryot. Microbiol., 59(5), 2012

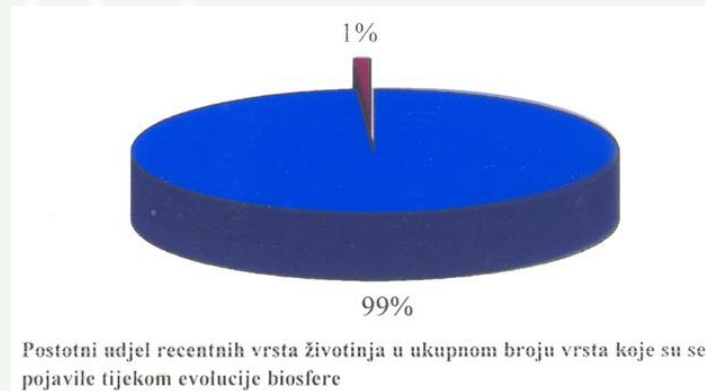
Raznolikost recentne biote

- Oko 2 170 000 ukupno opisanih vrsta:

1 500 000 Invertebrata

70 000 Vertebrata

200 000 Protista



Svake godine opisuje se 15 000 – 20 000 novih vrsta

Neopisanih vrsta

? 10 milijuna i više prokariota

? 2-3 milijuna – 100 milijuna eukariota

CARSTVO: ANIMALIA (METAZOA) - ŽIVOTINJE

Mnogostanični, heterotrofni eukarioti koji se hrane ingestijom (osim spužvi)

Monofiletska skupina; sinapomorfije:

- Embrionalni razvitak teče preko **blastule; gastrulacija i stvaranje zametnih listića**
- jedinstven način oogeneze i spermatogeneze - izuzev gameta, sve stanice diploidne (→razvili se iz diploidnog pretka s mejotičkom gametogenezom)
- jedinstvena građa spermija
- prugasti miofibrili; aktin-miozinski kontraktilni elementi
- prisutnost **bazalne membrane** ispod epitelnih slojeva (epiderm – epitel na površini tijela ektodermalnog podrijetla, mezotel ili mezoderm i endotel ili endoderm)

Raznolikost Metazoa

Broj opisanih živućih vrsta u 32 životinjska koljena (ukupno ~1,382.402 od čega su 96% beskralježnjaci)

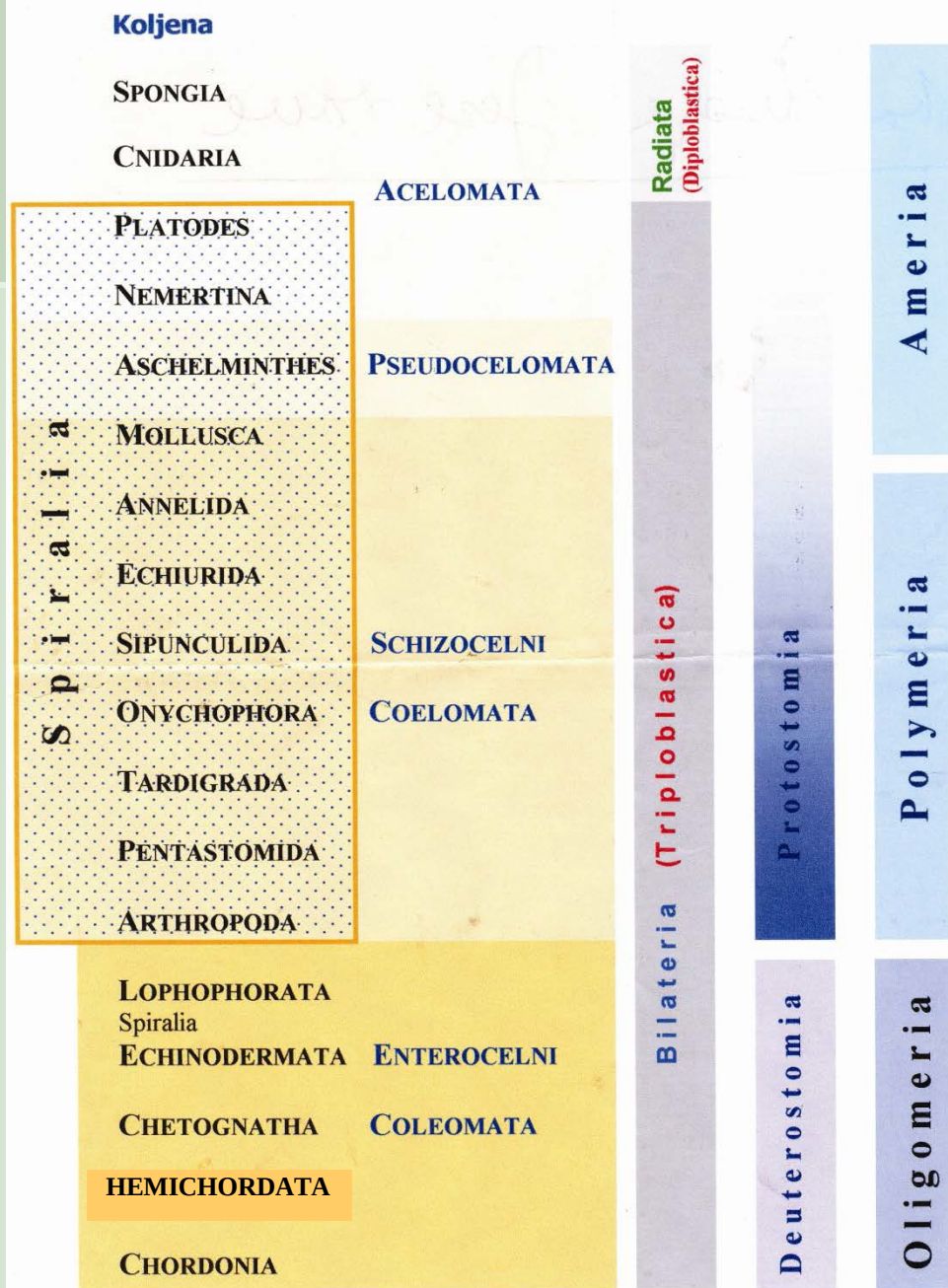
(Brusca et al. 2016)

Taxon	Broj opisanih vrsta	% od ukupno opisanih	Taxon	Broj opisanih vrsta	% od ukupno opisanih
Koljeno Porifera	9000	0,65	Koljeno Tardigrada	1200	0,087
Koljeno Placozoa	1 (ili 2)	0,0001	Koljeno Onychophora	200	0,014
Koljeno Cnidaria	13200	0,95	Koljeno Arthropoda		
Koljeno Ctenophora	100	0,007	Potkoljeno Crustacea	70000	5,06
Koljeno Xenacoelomorpha	400	0,03	Potkoljeno Hexapoda	926990	67,06
Koljeno Chaetognatha	130	0,009	Potkoljeno Myriapoda	16360	1,18
Koljeno Platyhelminthes	26500	1,92	Potkoljeno Chelicerata	113335	8,2
Koljeno Gastrotricha	800	0,06	Koljeno Arthropoda TOTAL	1126685	81,48
Koljeno Rhombozoa (=Dicyemida)	70	0,005			
Koljeno Orthonectida	21	0,002	Koljeno Echinodermata	7300	0,53
Koljeno Nemertea	1300	0,09	Koljeno Hemichordata	135	0,01
Koljeno Mollusca	80000	5,79	Koljeno Chordata		
Koljeno Annelida	20000	1,45	Potkoljeno Cephalochordata	30	0,002
Koljeno Entoprocta (= Kamptozoa)	200	0,014	Potkoljeno Urochordata	3000	0,22
Koljeno Cycliophora	2	0,0001	Potkoljeno Vertebrata	58000	4,2
Koljeno Gnathostomulida	100	0,007	Koljeno Chordata TOTAL	61030	4,41
Koljeno Micrognathozoa	1	0,0001			
Koljeno Rotifera	2000	0,14			
Koljeno Phoronoida	11	0,0008			
Koljeno Bryozoa (= Ectoprocta)	6000	0,43			
Koljeno Brachiopoda	400	0,03			
Koljeno Nematoda (= Nemata)	25000	1,81			
Koljeno Nematomorpha	360	0,03			
Koljeno Kinorhyncha	200	0,014			
Koljeno Priapula	20	0,001			
Koljeno Loricifera	35	0,003			

Kriteriji taksonomske raspodjele životinja

1. Ustrojbene razine
životnih funkcija;
2. Simetrije i građevni
plan tijela;
3. Zametni razvitak
 - tip brazdanja
 - položaj usnog otvora
 - zametni listići
 - položaj i ustroj tjelesnih
šupljina
 - tip ličinke
4. Sekvence DNA

PREGLED KLASIFIKACIJE METAZOA



Ustrojbene razine životnih funkcija u carstvu životinja

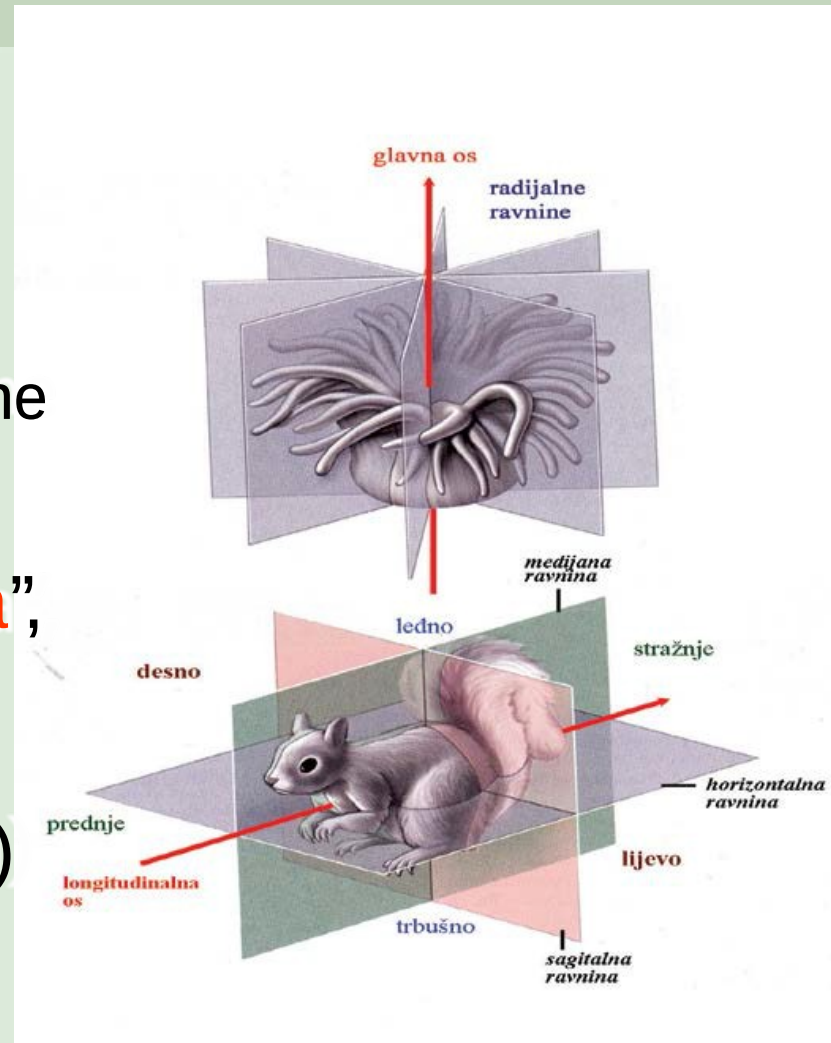
- Mnogostanična razina bez organizacije tkiva (netkivna razina)
 - Tkivna razina;
 - Razina organa i organskih sustava
- } Parazoa
- } Eumetazoa

Simetrije i građevni plan tijela

Radijalno i bilateralno simetrične životinje:

1. **Radiata** („Non-Bilateria”,
Diploblastica)

2. **Bilateria** (Triploblastica)



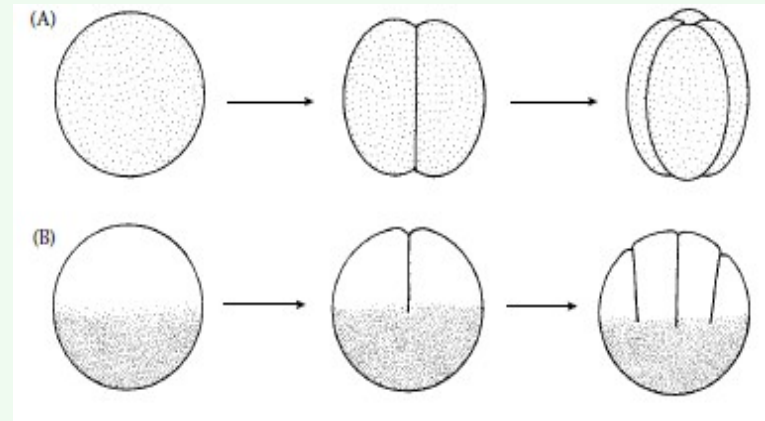
Embriogeneza

Brazdanje jajne stanice

Način brazdanja jajne stanice ovisi o količini i rasporedu hranjivih tvari koje su inertne i teško se dijele

A. Totalno (holoblastičko) brazdanje – zahvaća čitavo jaje (oligo- i alecitelna jaja)

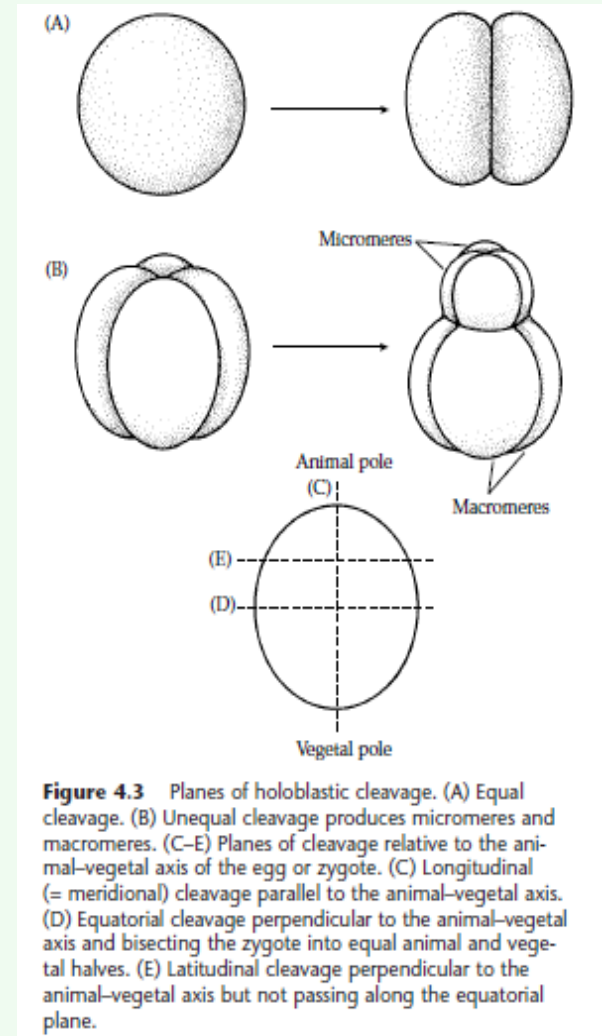
B. Parcijalno (meroblastičko) brazdanje – brazdanjem zahvaćen samo dio citoplazme



A. Totalno (holoblastičko) brazdanje – zahvaća čitavo jaje

a) ekvalno – blastomere su jednake (homolecitelna i alecitelna jaja deuterostomia)

b) inekvalno $\Rightarrow$ mikro- i makromere (homolecitelna i alecitelna jaja protostomia, telolecitelna jaja nekih deuterostomia npr vodozemaca)



S obzirom kako ravnina dijeljenja zahvaća pojedine blastomere unutar totalnog brazdanja razlikujemo **radijalno i spiralno** brazdanje

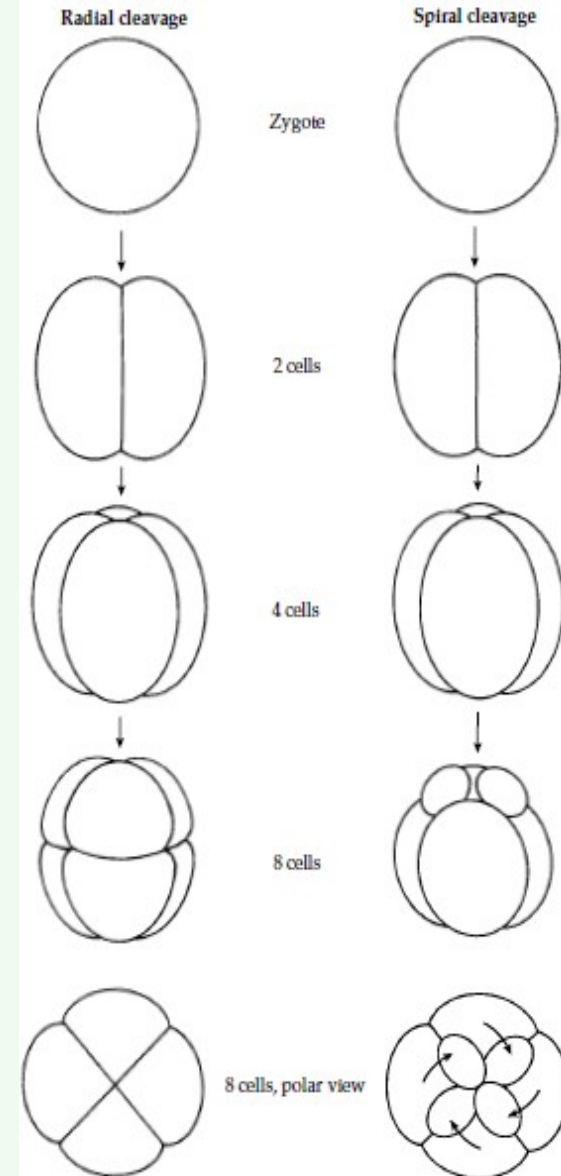
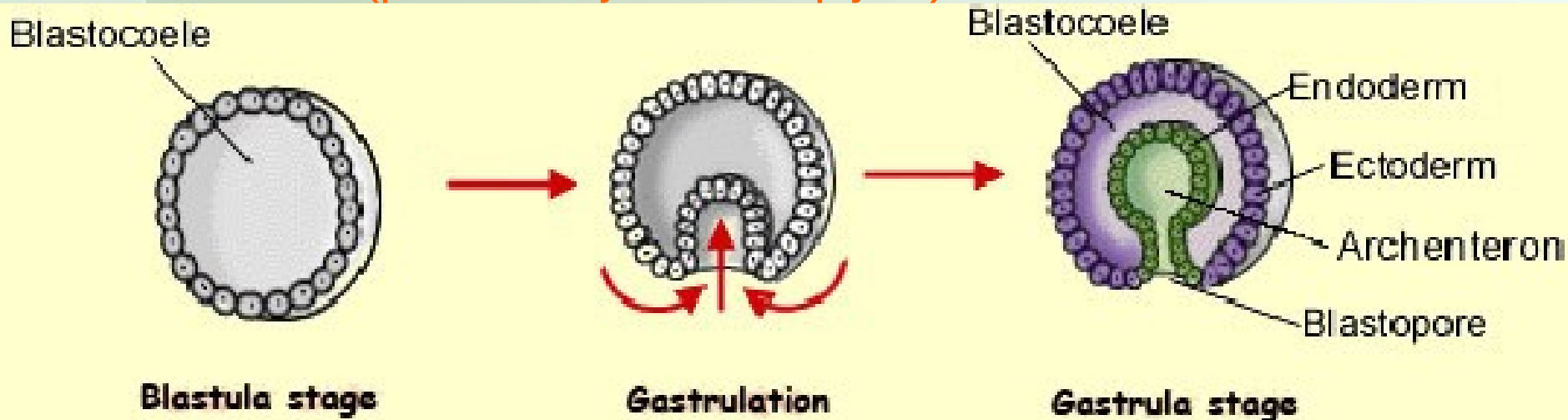


Figure 4.4 Comparison of radial versus spiral cleavage through the 8-cell stage. During radial cleavage, the cleavage planes all pass either perpendicular or parallel to the animal-vegetal axis of the embryo. Spiral cleavage involves a tilting of the mitotic spindles, commencing with the division from 4 to 8 cells. The resulting cleavage planes are neither perpendicular nor parallel to the axis. The polar views of the resulting 8-cell stages illustrate the differences in blastomere orientation.

Blastula i gastrula

- ⇒ **gastrula** – nastaje procesom **gastrulacije** – stanice vegetativnog pola uvraćaju (invaginiraju) u unutrašnjost pa nastaju 2 sloja stanica:
- ⇒ **ektoderm** i **endoderm** (kasnije se razvija i mezoderm)
 - blastoporus** (prausta)
 - archenteron** (pracrijevo)
 - blastocel** (primarna tjelesna šupljina)



Zametni listići

Diploblastica (2 zametna listića: ektoderm + endoderm);
tradicionalno: Porifera, Cnidaria i Ctenophora

Triploblastica (sva 3 zametna listića ektoderm + endoderm +
mezoderm)

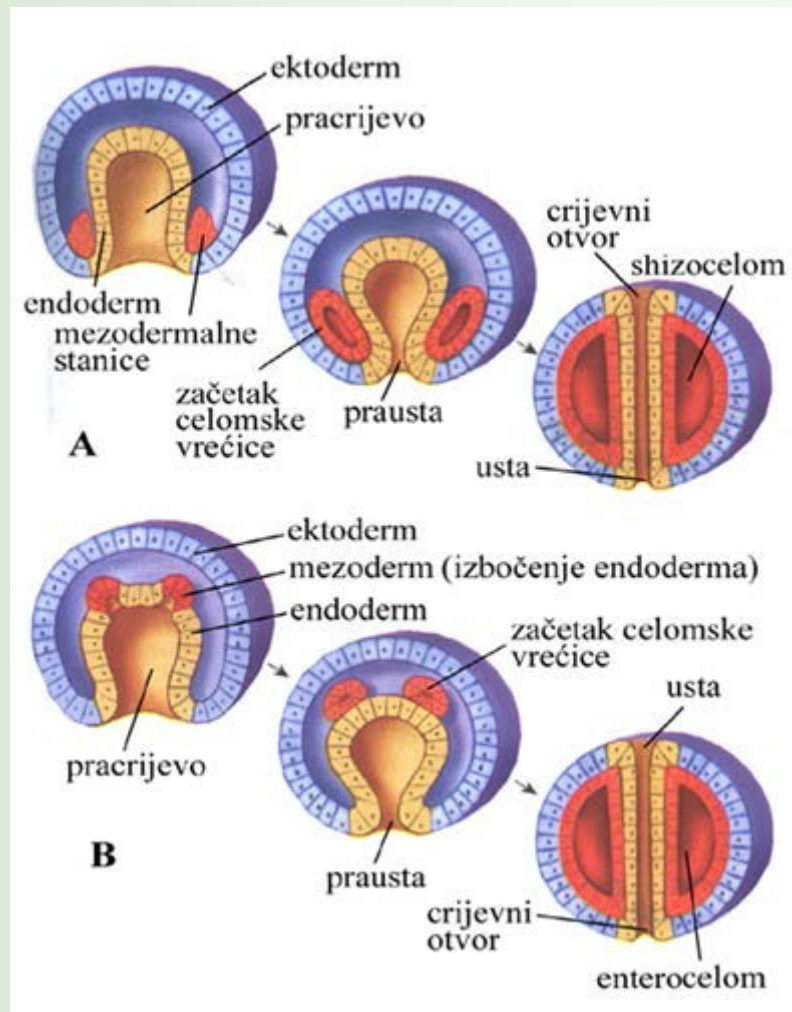
Ektoderm – iz gornjeg (animalnog) pola zametka

Endoderm – iz donjeg (vegetativnog) pola većine zametaka

Mezoderm – nastaje iz primarnog/ih listića (→ „sekundarni zametni listić”)

Mezoderm: može nastati na različite načine, u različito vrijeme i biti različitog podrijetla

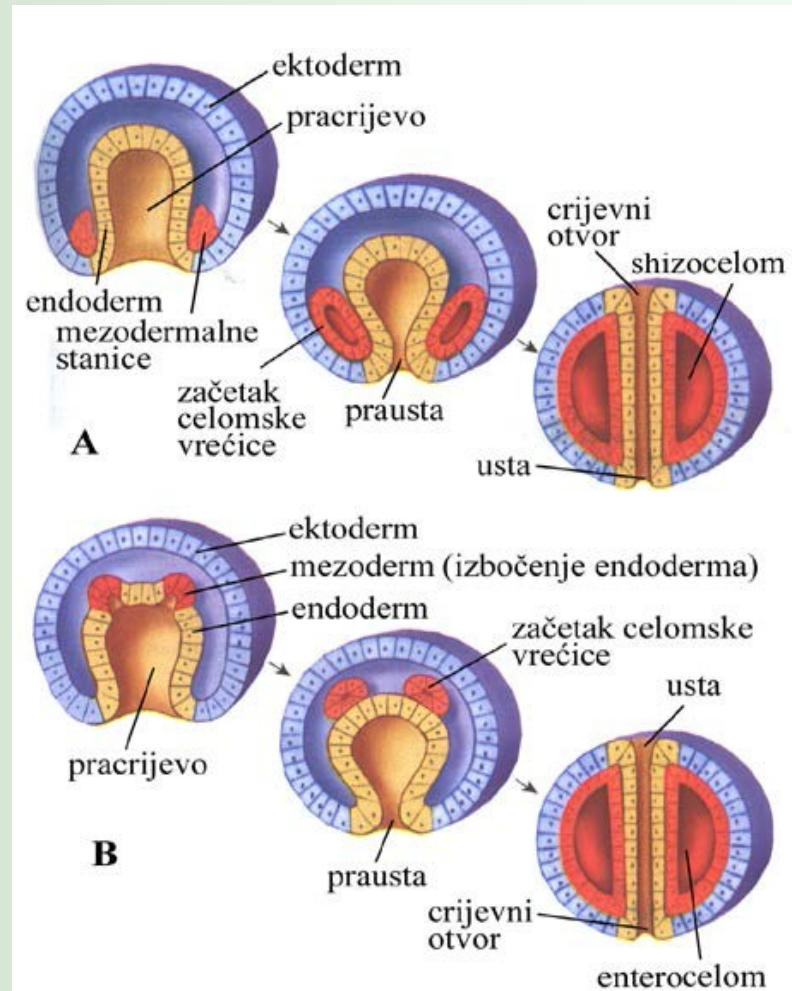
- A. Ekto- i endomezoderm (mezoderm nastaje i iz ektoderma i endoderma) – dio stanica iz „usana” prausta ulaze u područje lijevo i desno od pracrijeva – kod protostomia
- B. Endomezoderm – mezoderm nastaje iz izvrata pracrijeva pa je on isključivo endodermalnog podrijetla – enterocelni deuterostomia



Podrijetlo coeloma

A. shizocelni
razvoj celomskih
pukotina u mezodermu

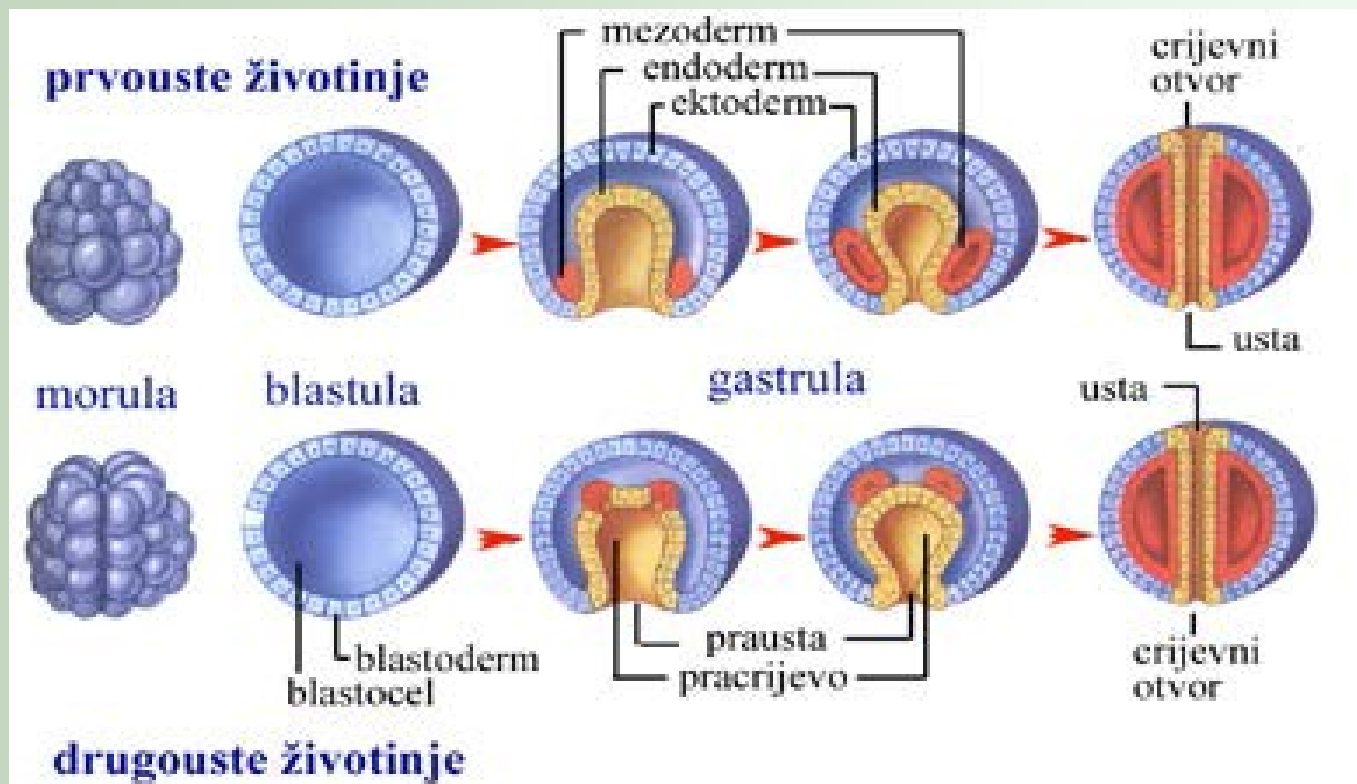
B. enterocelni iz
izbočenja praccrijeva



Sudbina blastopora

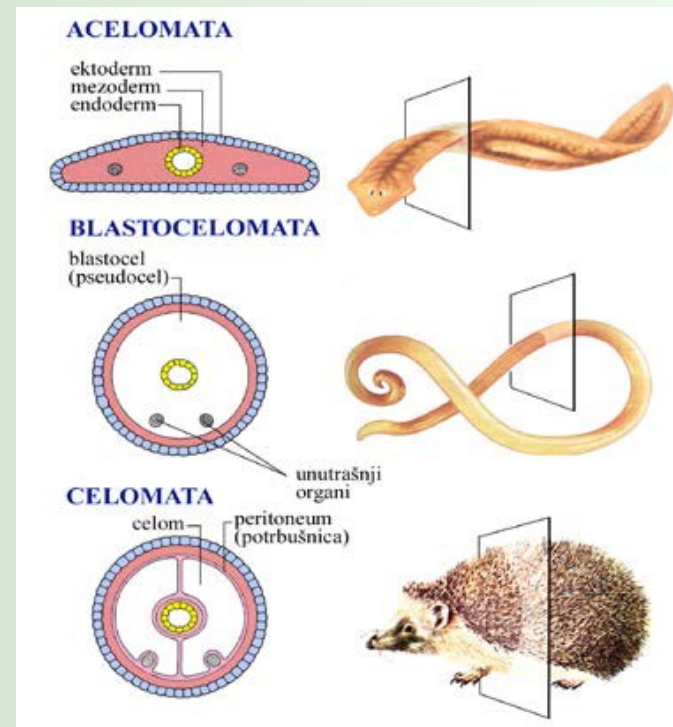
Protostomia (prvousti) – iz blastopora razvoj usta

Deuterostomia (drugousti) – iz blastopora razvoj analnog otvora



Položaj tjelesnih šupljina

1. Primarna tjelesna šupljina ili blastocoel
2. Sekundarna tjelesna šupljina ili coelom – šupljina sa svih strana omeđena tkivom mezodermalnog podrijetla; razvojem mezoderma potpuno se istiskuje blastocel, a unutar mezoderma nastaje celom



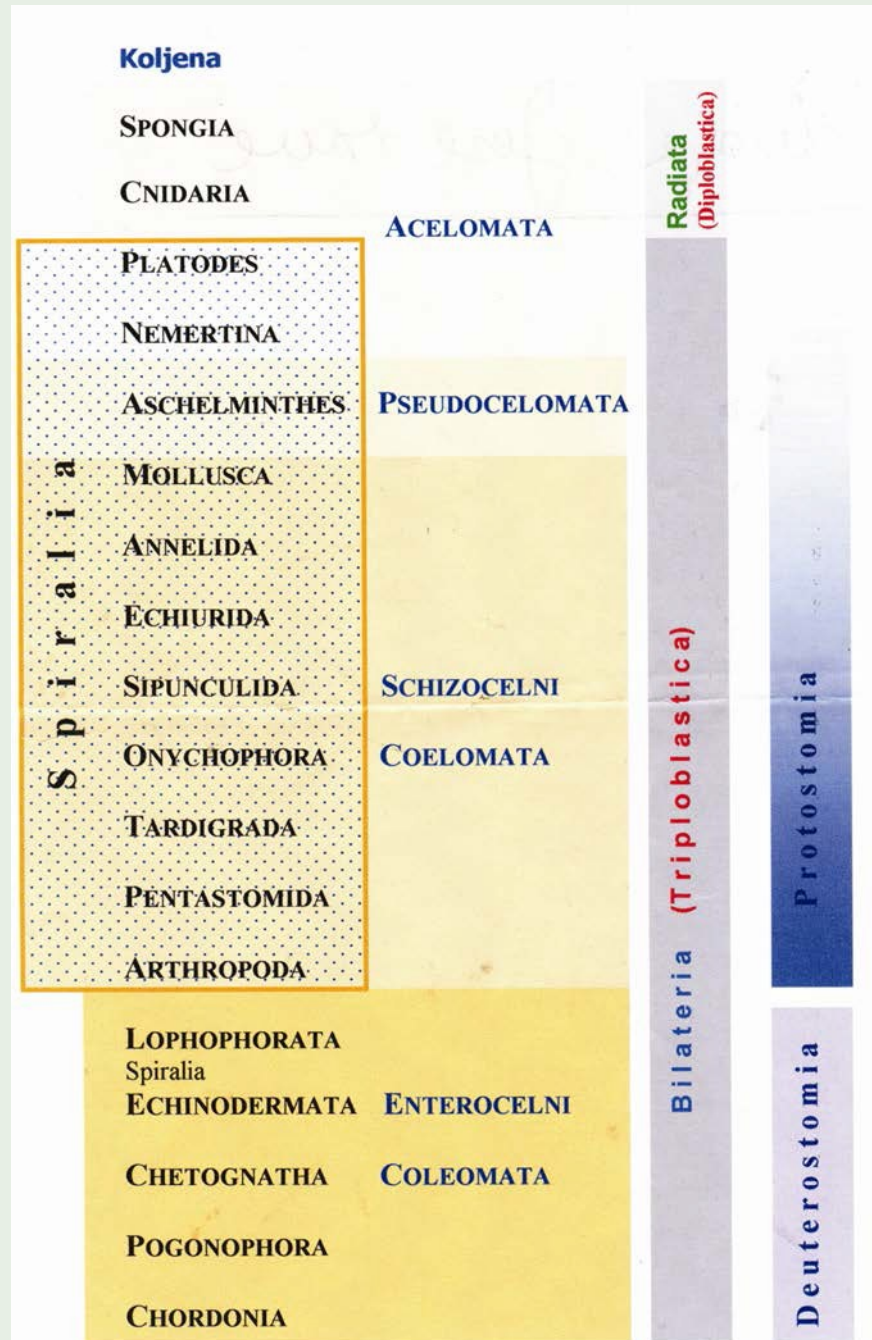
Funkcije tjelesnih šupljina:

- **Distribucija** hranjivih tvari i plinova (prolaz kroz tanku stijenku tijela i probavila)
 - ⇒ omogućuje povećanje veličine tijela,
- **Pohrana** hranjivih, ali i otpadnih tvari;
- **Slobodne kontrakcije** srca i peristaltika crijeva (odvojeno od stijenke tijela)
- **Nezavisan rast** pojedinih **organa**, npr. gonada - sezonske promjene u veličini, pohrana gameta – povećana uspješnost reprodukcije
- **Hidrostatski skelet** – novi način života ukopavanje i rovanje, a puzanje i plivanje olakšano
- Izbacivanje **everzibilnih** struktura (npr. proboscis) – različite metode prehrane

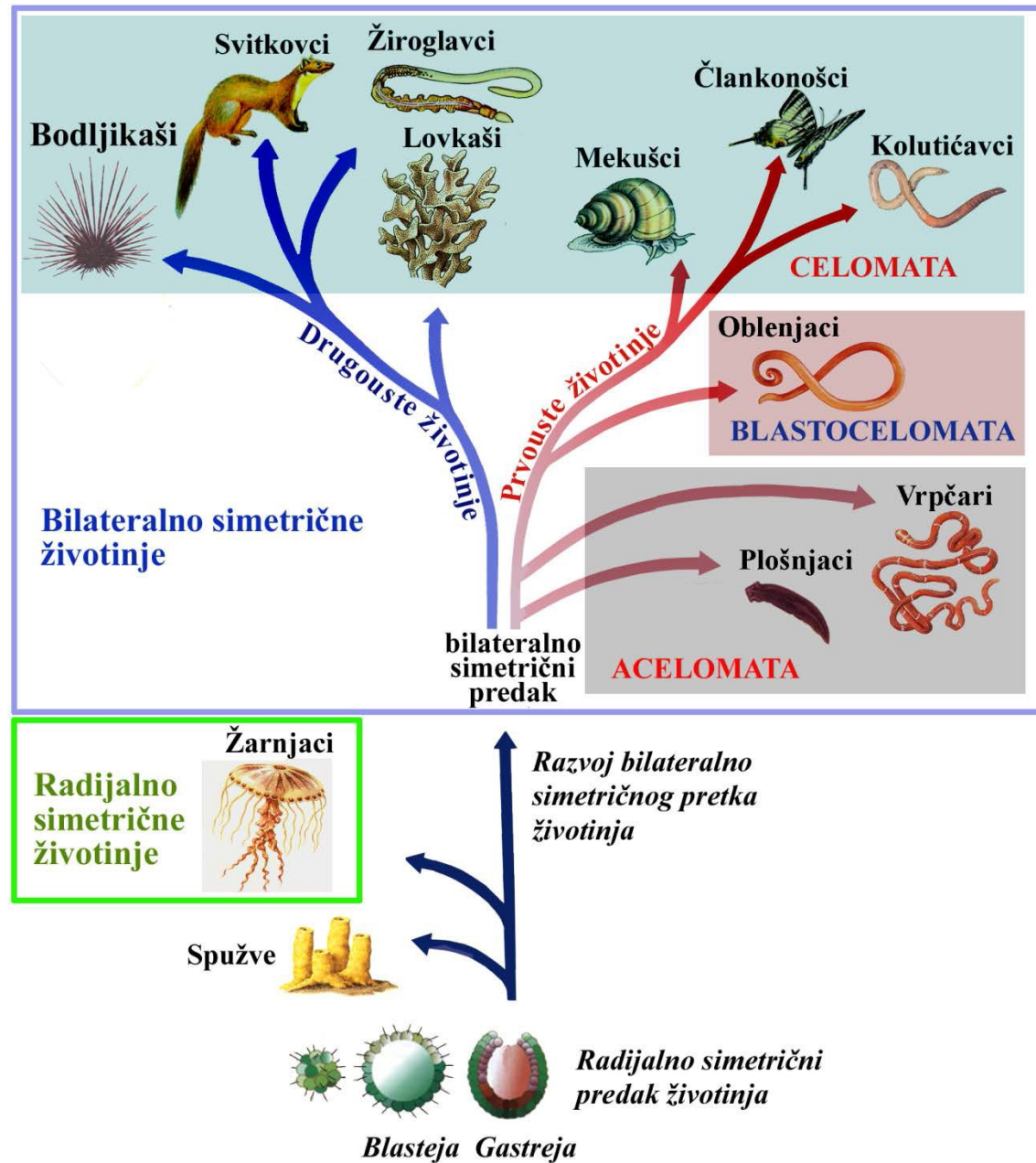
Raspodjela prema tjelesnim šupljinama

- Acoelomata
- Blastocoelomata (Pseudocoelomata)
- Coelomata:
 - A) shizocelni Coelomata
 - nekolutićavi
 - kolutićavi
 - B) enterocelni Coelomata

Taksonomska podjela recentnih koljenja na temelju komparativne anatomije i embriologije



Dihotomsko rodoslovno stablo

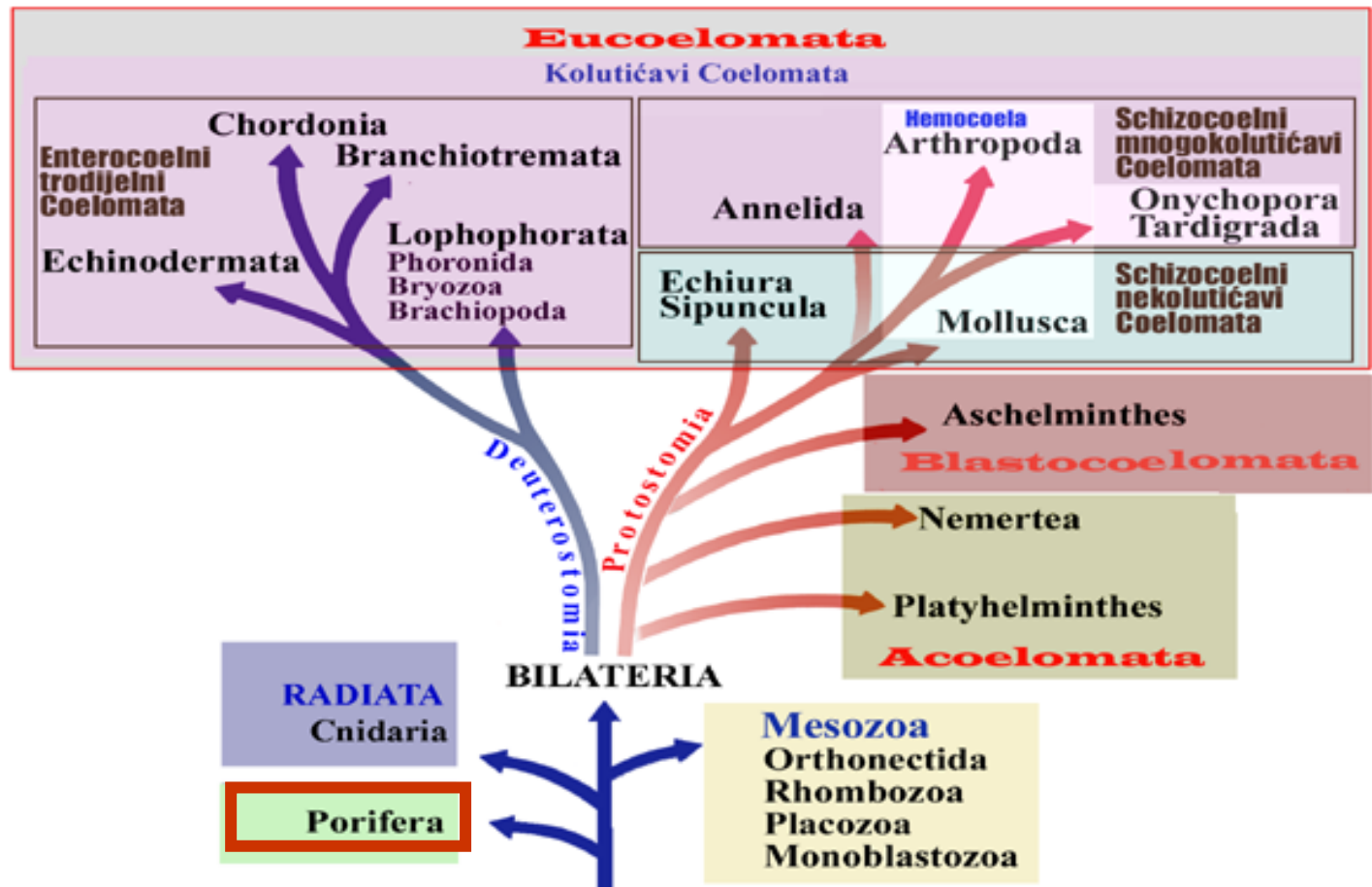


PARAZOA ($\neq$ Eumetazoa)

- Životne funkcije integrirane na mnogostaničnoj razini,
- **bez diferenciranih tkiva**; životne funkcije obavljaju specijalizirane stanice

1. Koljeno: Porifera (Spongia)
2. Koljeno: Mesozoa

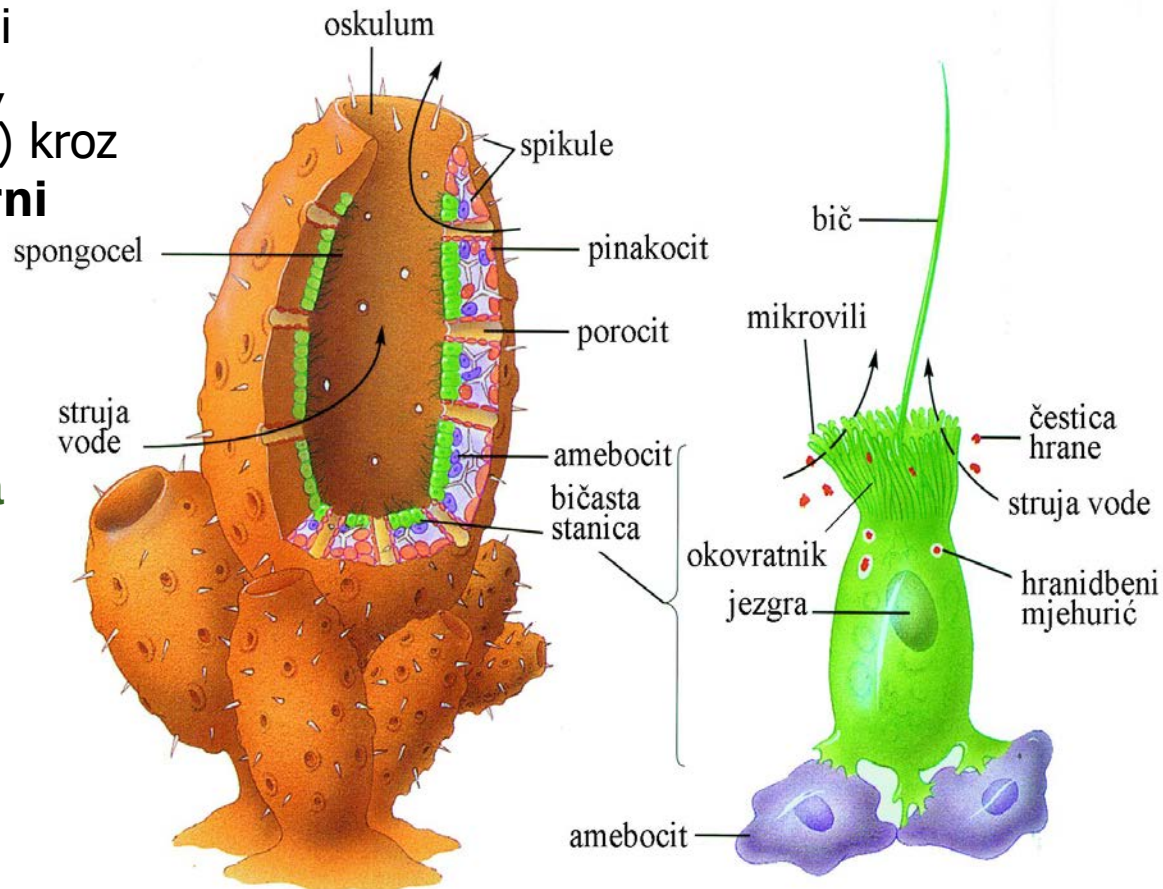
Položaj spužvi (Porifera) u rodoslovnom stablu



Koljeno: Porifera (Spongia) - spužve

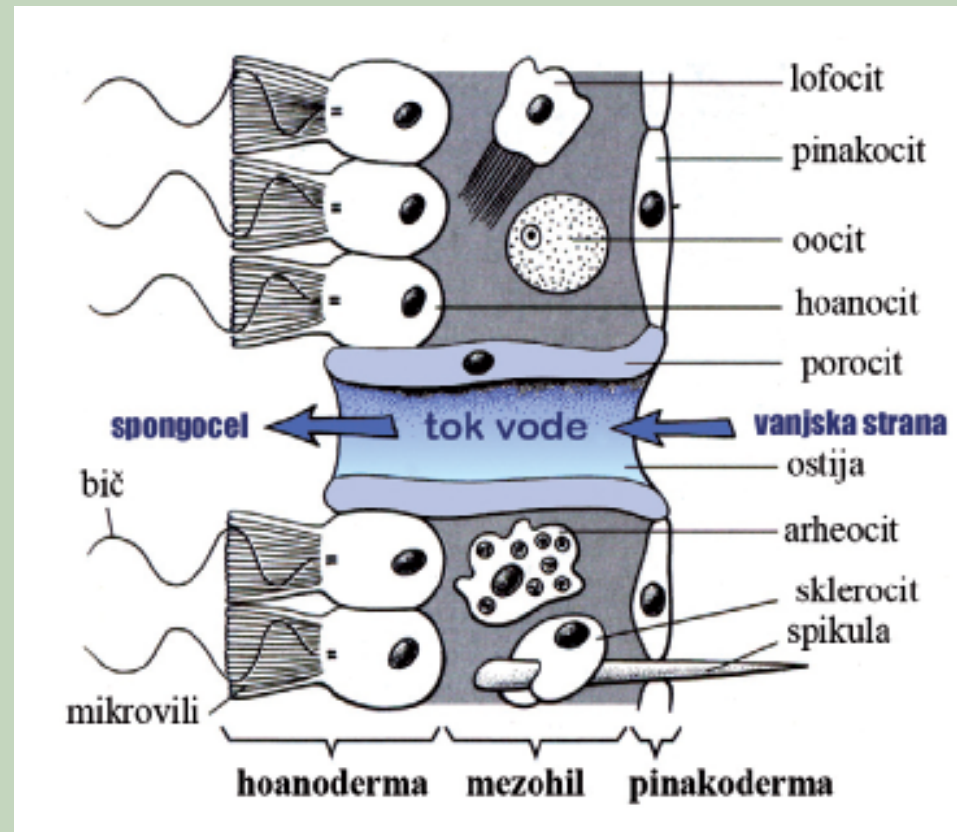
- ✿ Sjedilački, većinom morski
- ✿ nemaju pravog tkiva ni organa
- ✿ specijalizirane stanice pokazuju visoki stupanj nezavisnosti
- ✿ veći ili manji broj šupljina, komorica i cijevi (kanalića) kroz koje struji voda – **akviferni sustav**

- ✿ **Pinakoderma**, **mezohil** (želatinozni matriks s pokretnim stanicama i skeletom) i **hoanoderma**

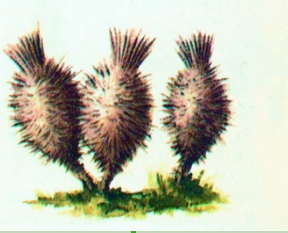


Grada stijenke tijela

- **pinakociti**
- **porociti**
- **miociti**
- **amebociti**: skleroblasti, arheociti, kromociti, ...
- **hoanociti**



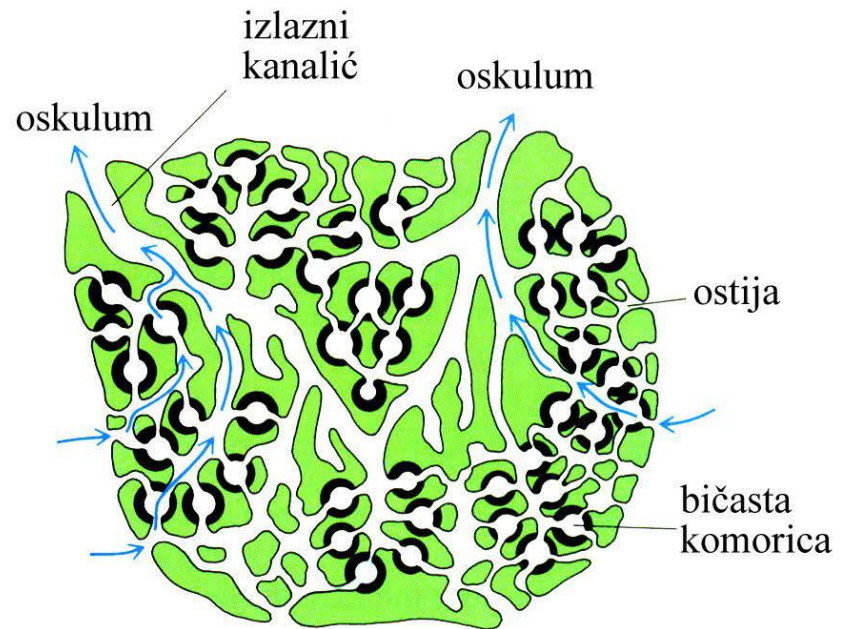
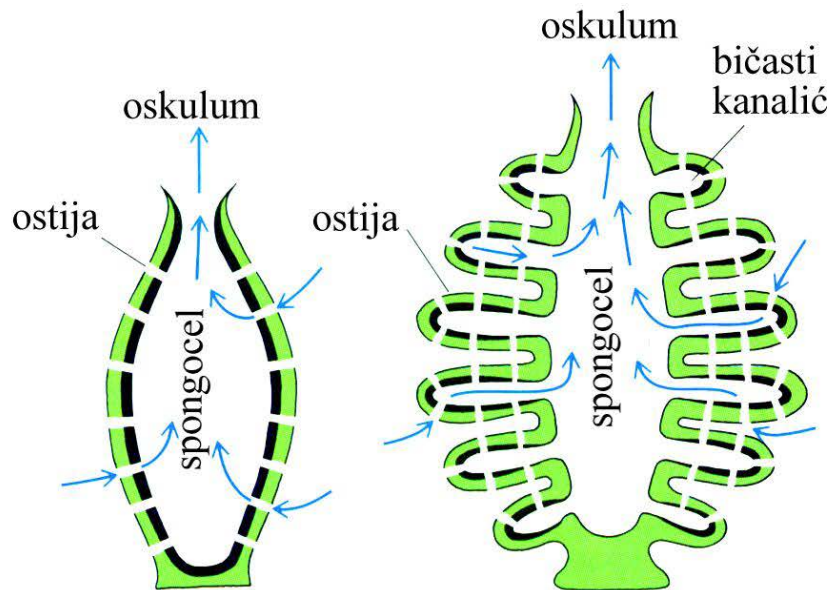
Morfološki tipovi spužava



askon

sikon

leukon



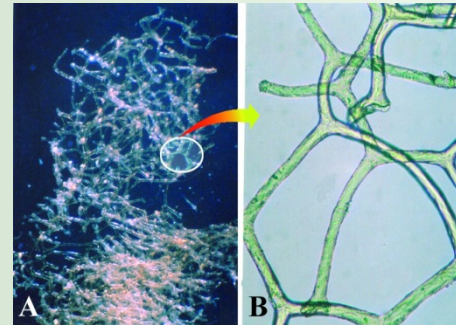
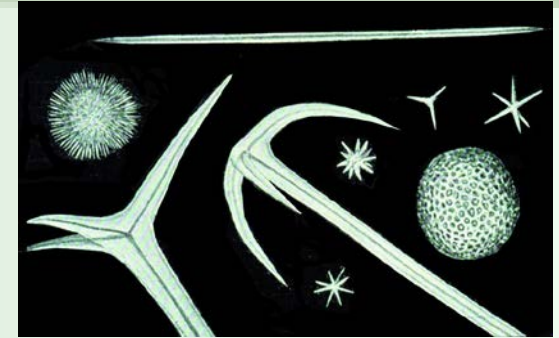
Porocita -
spongocel

Vodoravno nabiranje
→ **epidermalni džepovi**
obloženi hoanocitima:
dermalna pora – ulazni kanalić
– prosopila – bičasti kanalić –
apopila – spongocel – oskulum.

Vertikalno nabiranje bičastih džepova →
bičaste komorice obložene hoanocitima.
Umjesto spongocela sustav cijevi:
dermalna pora – ulazni kanal – prosopila
– bičasta komorica – apopila – izlazni
kanal – oskulum

Grada skeleta

1. **spikule** (iglice) izgrađene od **SiO₂**
2. **spikule** izgrađene od **CaCO₃**
3. **sponginoznih niti**
4. **spikule od SiO₂ + spongin**

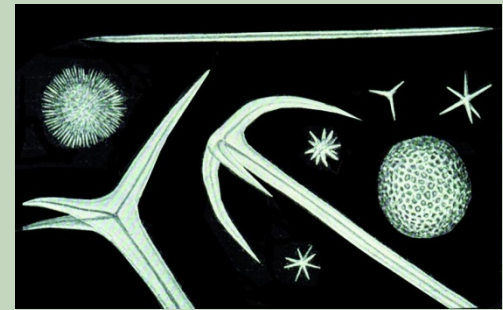


Prema veličini spikula:

mikrosklere i makrosklere

Prema broju osi koje možemo povući kroz spikulu:

monaksone, triaksone, tetraksone i poliaksone

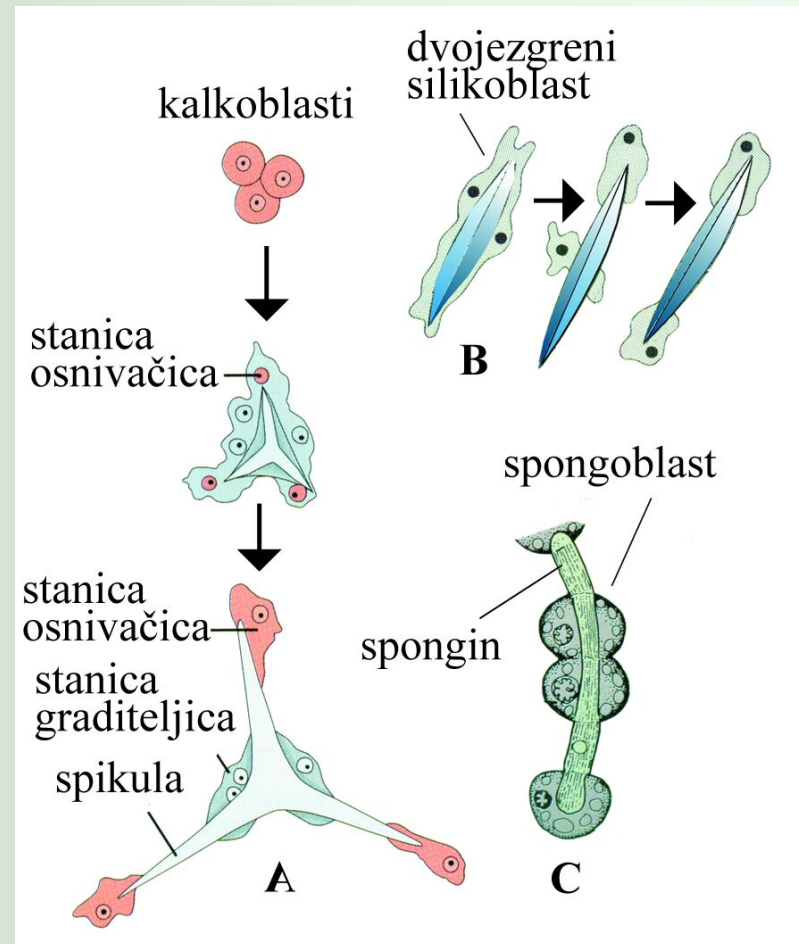


Stanice koje grade skelet:

kalkoblasti

silikoblasti

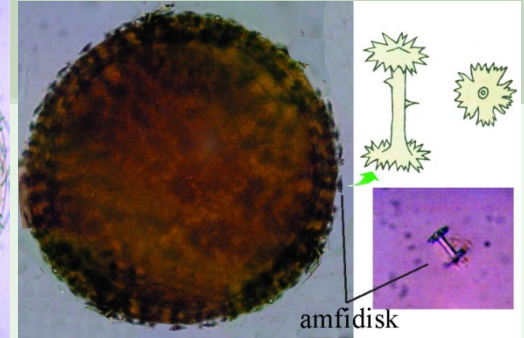
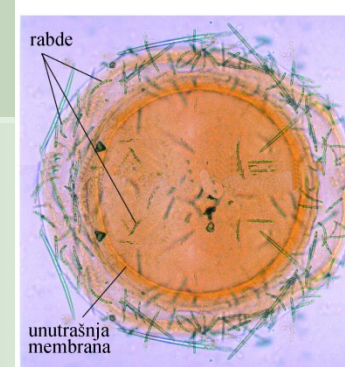
spongoblasti



Razmnožavanje i embrionalni razvitak

Nespolno razmnožavanje:

1. unuarnje pupanje → **gemule**
nakupljanje većeg broja arheocita (totipotentne) i trofocita (za prehranu) u loptaste nakupine.
2. stvaranje **redukcijskih tijela** - tijelo se smanji na loptastu nakupinu svih tipova stanica obavijenih epidermalnim staničjem

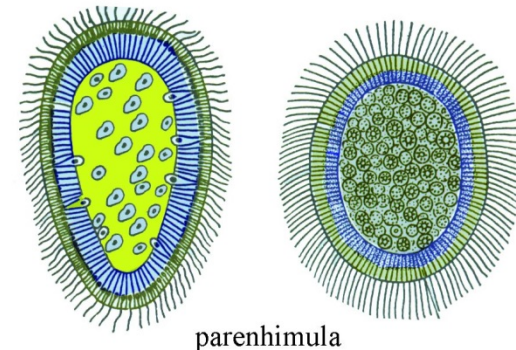
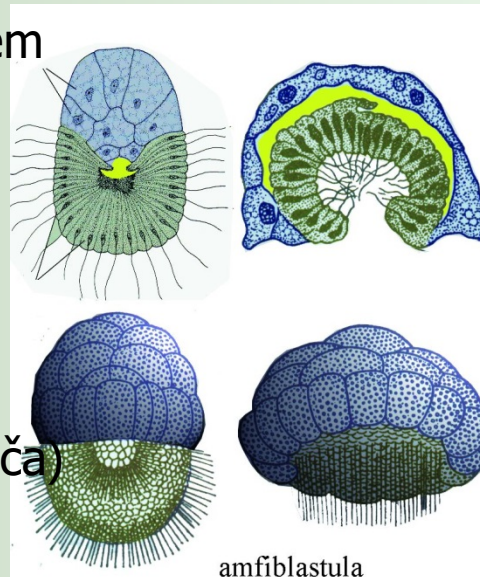


Spolno razmnožavanje:

većinom dvospolci,
većinom unutarnja oplodnja
totalno ekvalno brazdanje

Ličinke:

1. amfiblastula (uvraćanje b. st.)
2. parenhimula (većina kremenorožnjača) (migriranje bičastih stanica u unutrašnjost)



amfiblastula

Klasifikacija

- ☀ opisano oko 8 000 vrsta
- ☀ većina živi u moru (izuzev 1 porodice - Spongillidae)
- ☀ sve žive bentoski

Raspodjela prema građi skeleta:

1. Calcarea ili Calcispongia (vapnenjače),
2. Hexactinellida (staklače)
3. Demospongia (kremenorožnjače)

1. Razred: Calcarea - vapnenjače

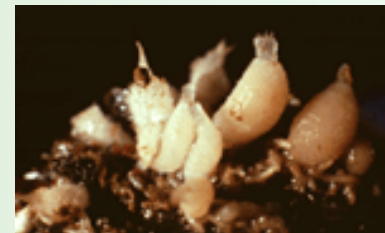
spikule od kalcijevog karbonata

U Jadranskom moru:

Clathrina - askonoidna vapnenjača

Sycon raphanus - sikonoidna

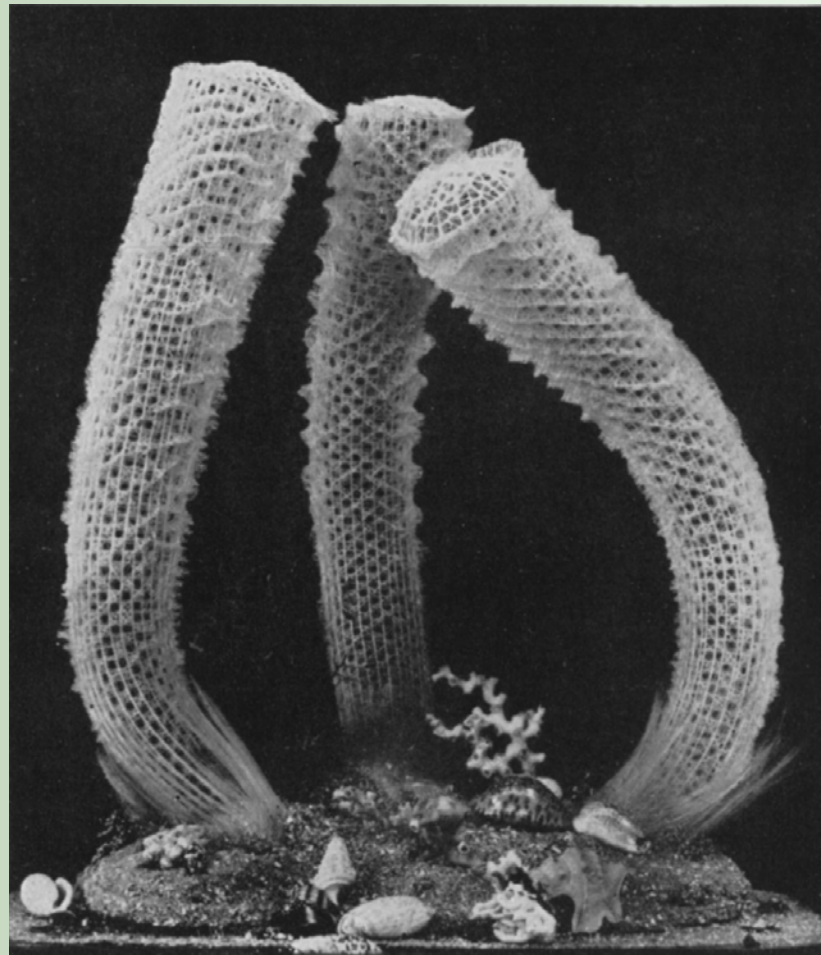
Leuconia aspera - leukonoidna



2. Razred: Hexactinellida - staklače

- Šesteroosne spikule izgrađene od silicijevog dioksida.
- Tijelo je cjevasto i u obliku vrča
- Žive i na većim dubinama od 500 do 1 000 metara.

Euplectella



3. Razred: Demospongia - kremenorožnjače

Skelet:

- spikule (od SiO_2)
- spikule + spongin
- spongin

U Jadranu najčešće:

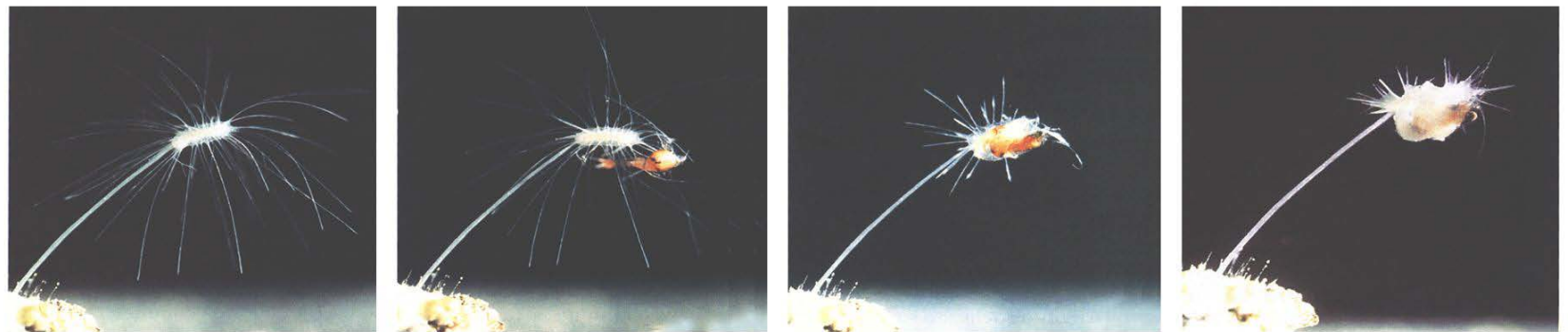
- *Geodia cydonium*
- *Polymastia mamillaris*
- *Tethya aurantiacum* (morska naranča)
- *Suberites domuncula*
- *Cliona* sp. (kamotočna spužva)
- *Axinella* sp.
- *Verongia aerophoba* (promjenljiva sum)
- *Spongia officinalis*

Slatkovodne spužve (por. Spongillidae)

- *Spongilla lacustris*
- *Ephydatia fluviatilis*



Asbestopluma hypogea – karnivorna spužvica visoka do 2 cm, dosad nađena samo u Sredozemnom moru kod Marseillea i u Jadranskom moru u podmorskoj jami na Dugom otoku na dubini od 24 metra



MESOZOA

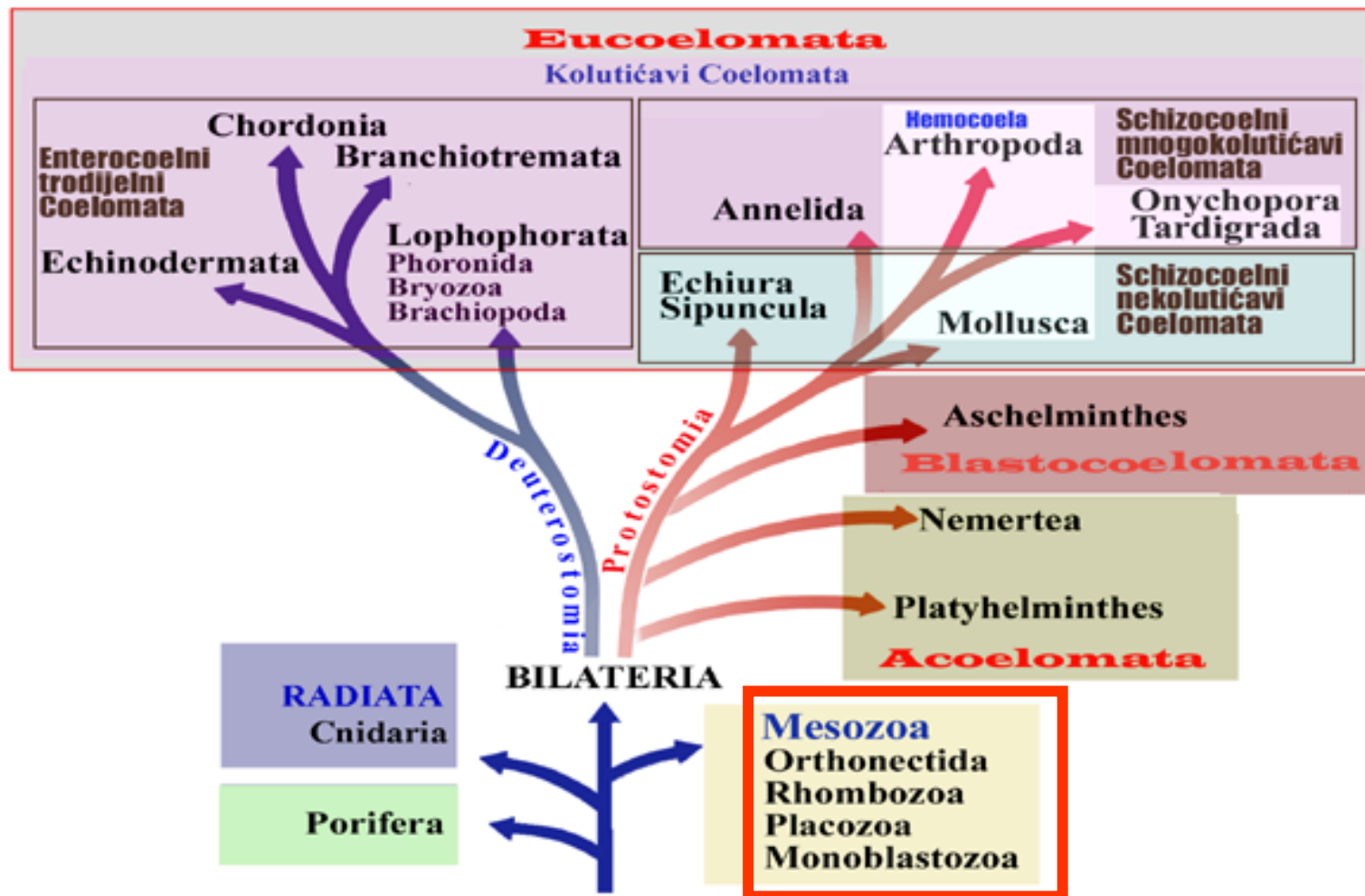
prijelazni oblici između jednostaničara i Metazoa;
nemaju slojevitu građu tijela;
u zametnom razvoju nemaju gastrulaciju;
ne izgrađuju prava tkiva i organe; sve životne funkcije obavljaju se na staničnoj razini;
žive u moru;
nametnici i simbionti

Filogenetski položaj

1. hipoteza: bili su Eumetazoa, ali s prijelazom na nametnički način života izgubili su tkivnu građu;

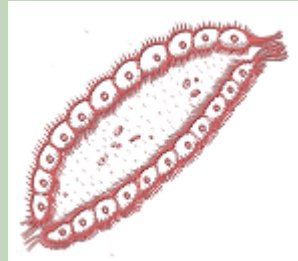
2. hipoteza: primarno imaju jednostavnu staničnu građu

Položaj Mesozoa u dihotomskom rodoslovnom stablu

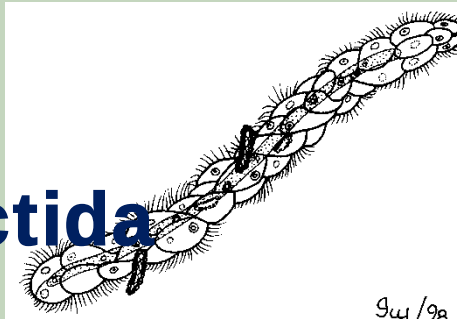


1. koljeno: Placozoa

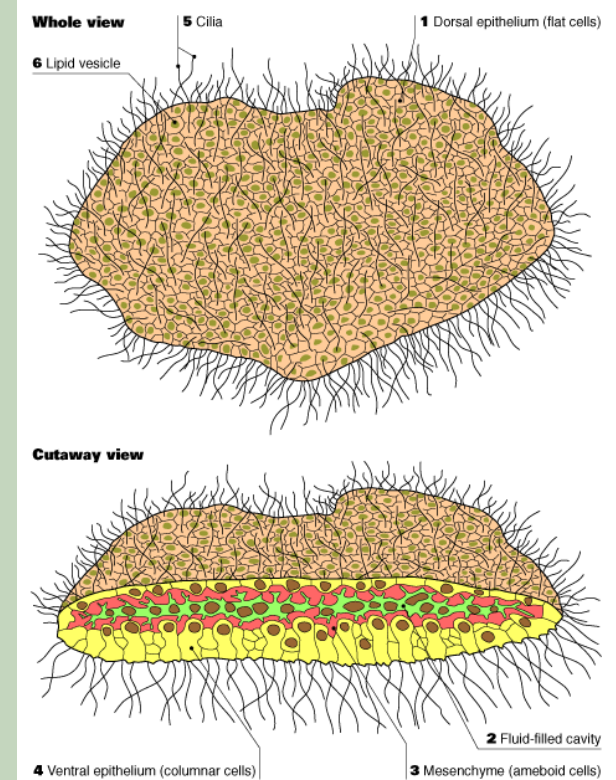
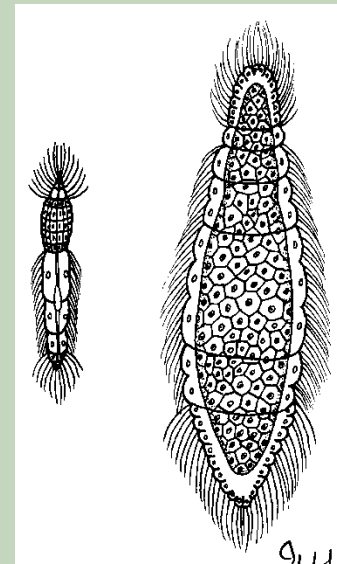
2. koljeno: Monoblastoza



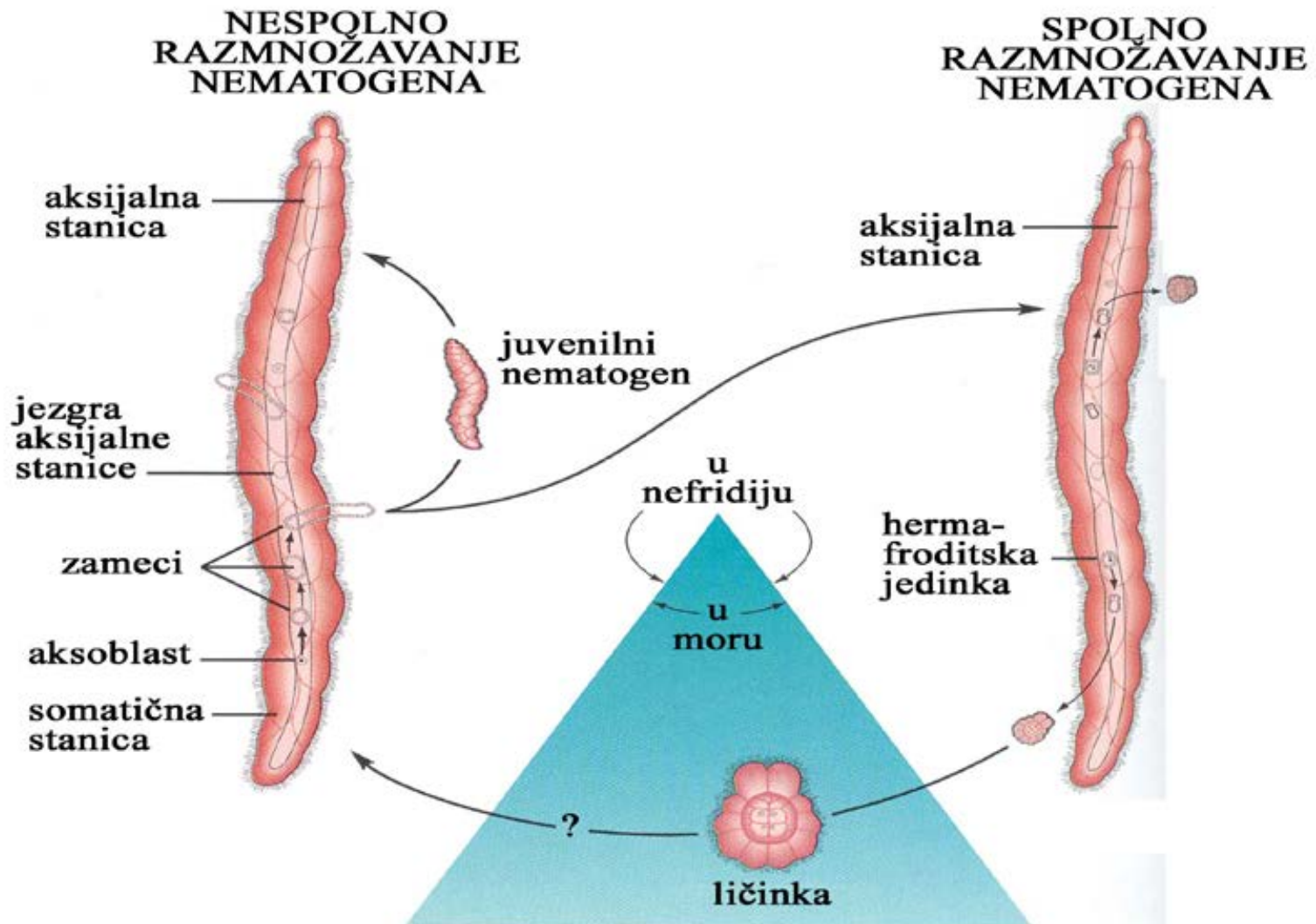
3. koljeno: Tricladida



4. koljeno: Orthonectida



Životni ciklus Rhombozoa



Životni ciklus Orthonectida

