

# Трепанги – съедобные голотурии



*Cucumaria japonica*



*Stichopus japonicus*

# Echinodermata

## ■ П/т Homalozoa (Camb.-Dev.)

- Ctenocystoidea
- Homostelea
- Stylophora
- Homoiostelea

## • П/т Blastozoa

- Eocrinoidea (Camb.-Sil.)
- Blastoidea (Camb.-Perm.)
- Parablastoidea (Ord.)
- Cystoidea (Ord.-Dev.)
  - Rombifera
  - Diploporita

## • П/т Crinozoa (Pelmatozoa)

- Paracrinoidea (Ord.-Sil.)
- Crinoidea (Camb.-pr.)

## • П/т Echinozoa

- Camptostromatoidea (Camb.)
- Helicoplacoidea (Camb.)
- Edrioasteroidea (Camb.-Carb.)
- Edrioblastoidea (Ord.)
- Cyclocystoidea (Ord.-Dev.)
- Ophiocystoidea (Ord.-Carb.)
- Echinoidea (Ord.-pr.)
- Holothuroidea (Ord.-pr.)

## • П/т Asterozoa (Stelleroidea)

- Somasteroidea (Ord.)
- Asteroidea (Ord.-pr.)
- Ophiuroidea (Ord.-pr.)





# *Cucumaria frondosa*: поза питания



# *Cucumaria miniata*: поза питания





*Holatra* sp.



*Holothuria floridana*





# *Parastichopus californicus*





*Sclerodactyla (Thyone) bryareus*



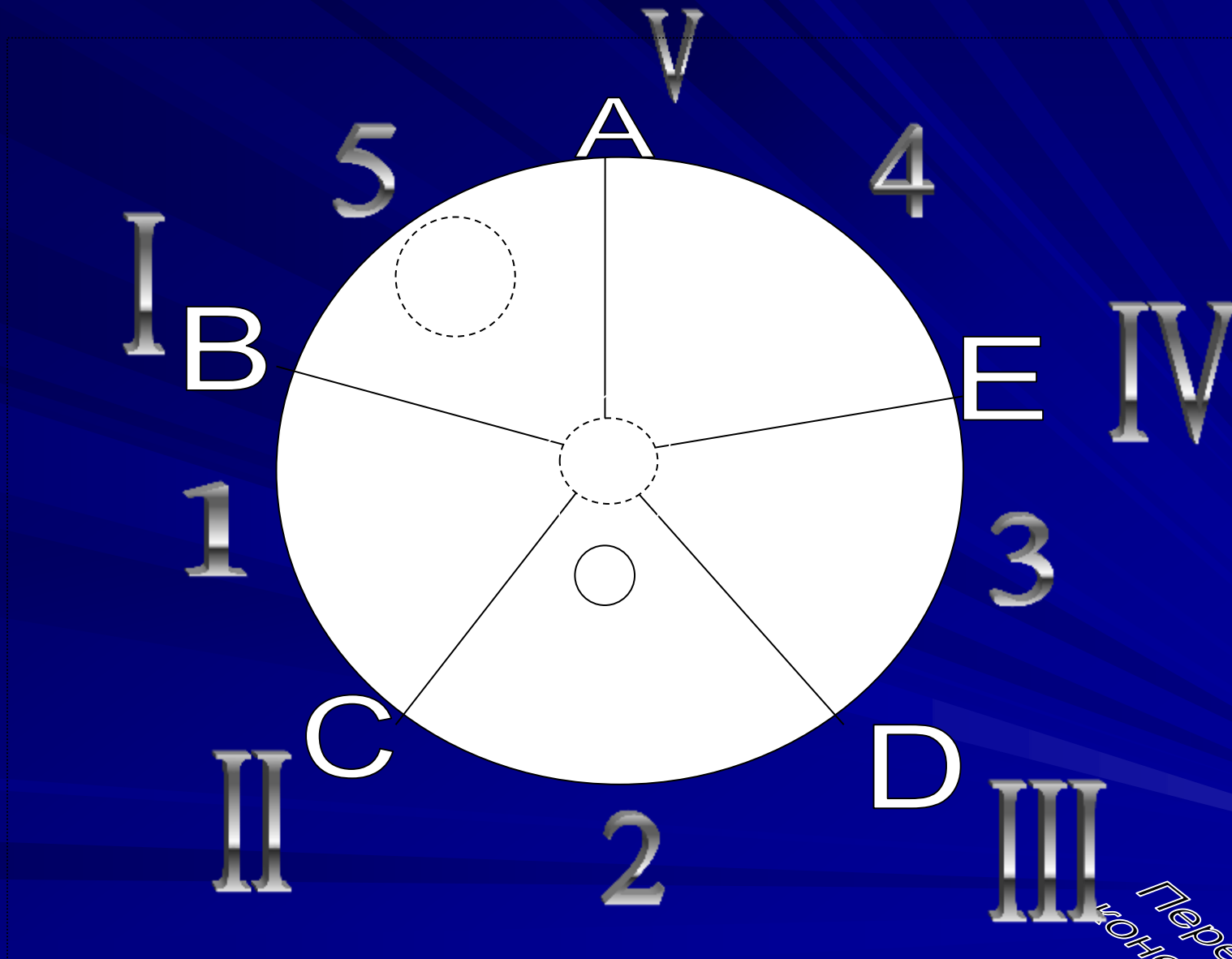
# Holothuroidea



**'Holothurians are echinoderm worms' (Smiley, 1994).**



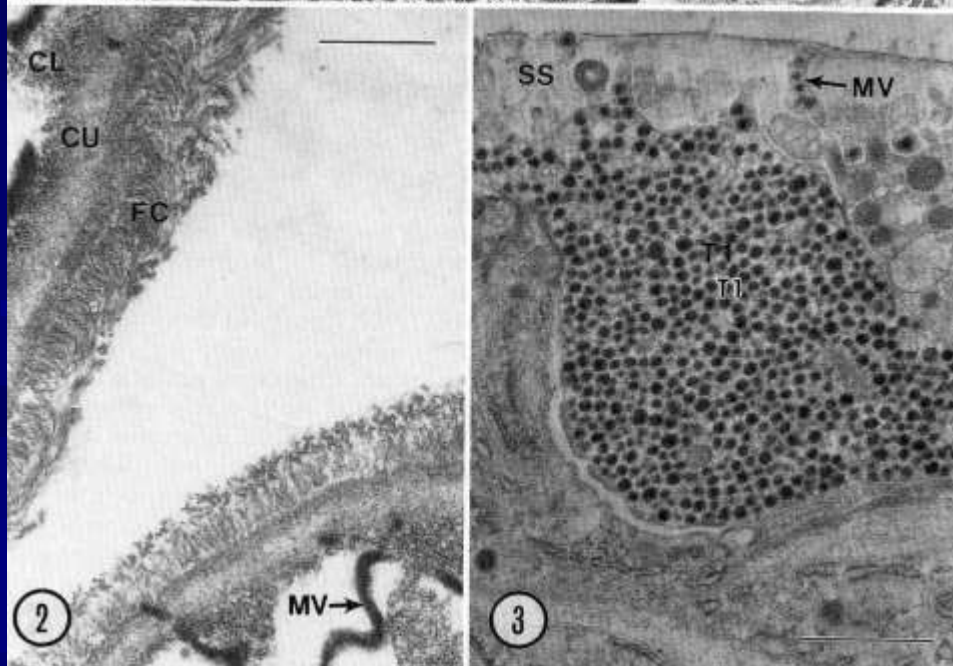
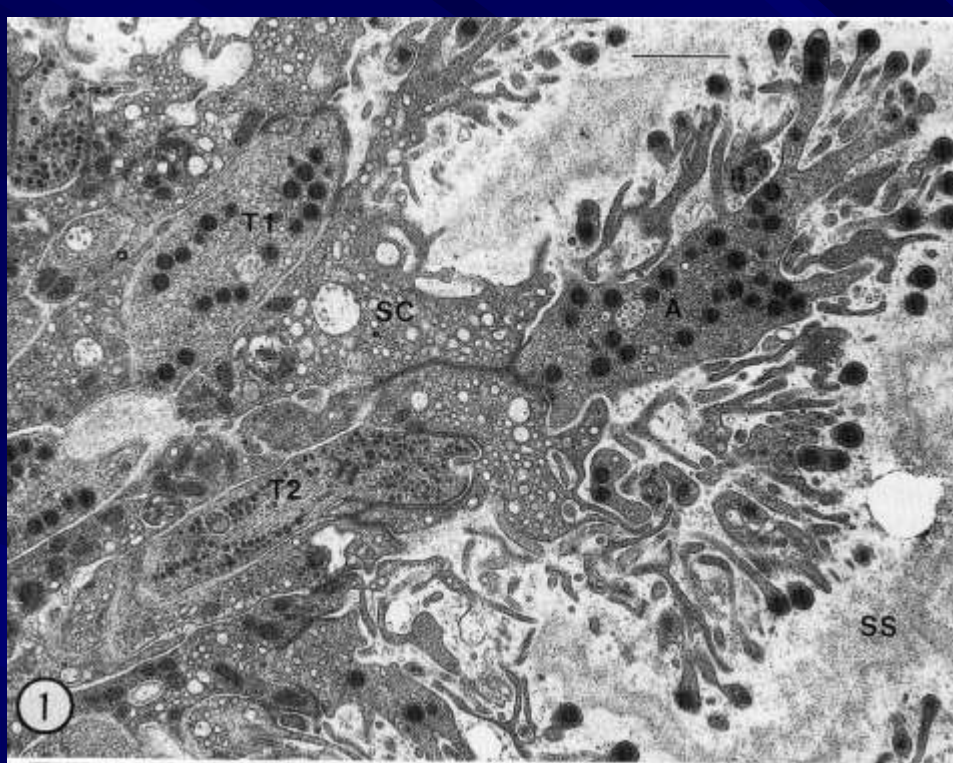
# Carpenter's scheme for the rays of echinodermates



# Lovén's scheme for the rays of echinodermates

Передний  
конец

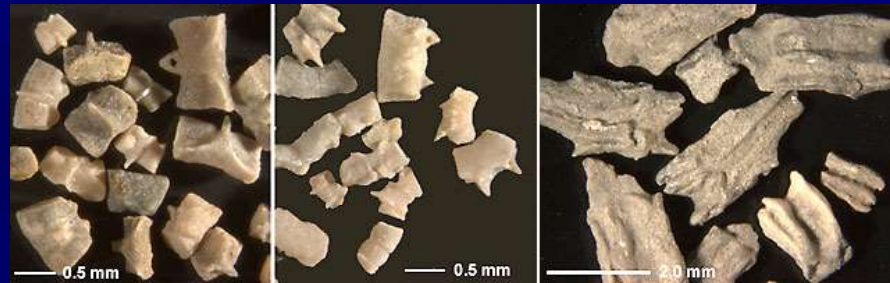
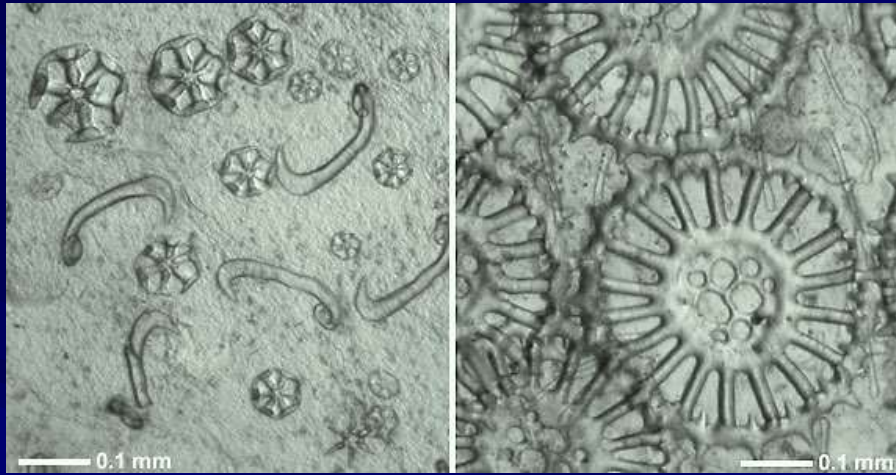
# Integument of holothurians (from Smiley, 1994).



1. The tip of an adhesive papilla from the buccal tentacle of *Aslia lefevrei*. Note the abundance of electron-dense vesicles. TEM. A, adhesive papillary tip; SC, support cells; SS, subcuticular space; T1, type 1 cells; T2, type 2 cells. Scale bar = 0.5 mkm.
2. Cuticle and fuzzy coat in *Thyone roscoivita*. Note the complexity of the cuticle in this preparation. TEM. CL, lower cuticle; CU, upper cuticle; FC, fuzzy coat; MV, microvillus. Scale bar = 1 mkm.
3. Type 1 cell apex from tentacular adhesive papilla from *Leptosynapta* sp. Note the density of electron-dense vesicles in the apical region of this cell. TEM. MV, microvilli; SS, subcuticular space; T1, type 1 cell. Scale bar = 1 mkm.



# Ossicles and spicules of Holothuroidea

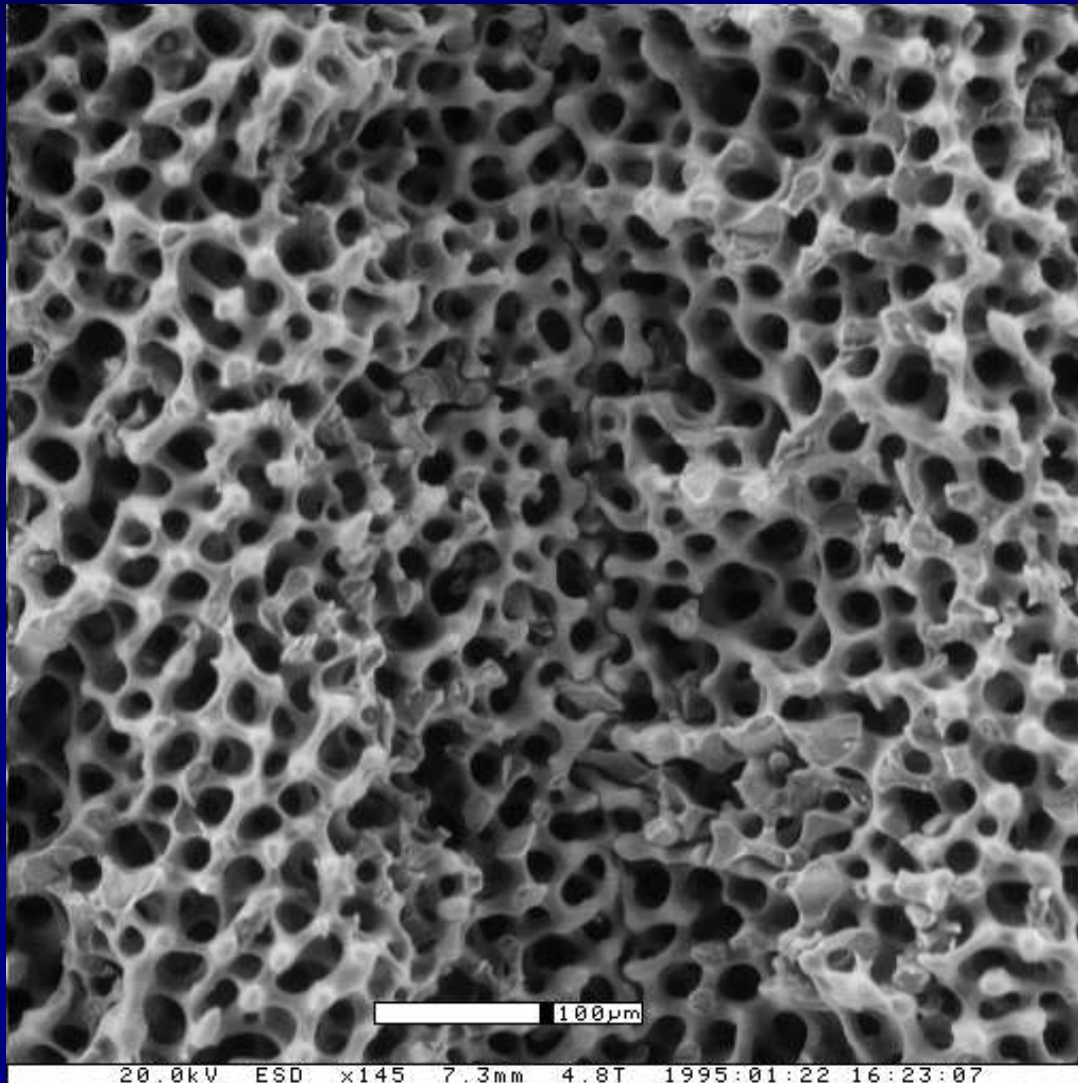


(From different sources)



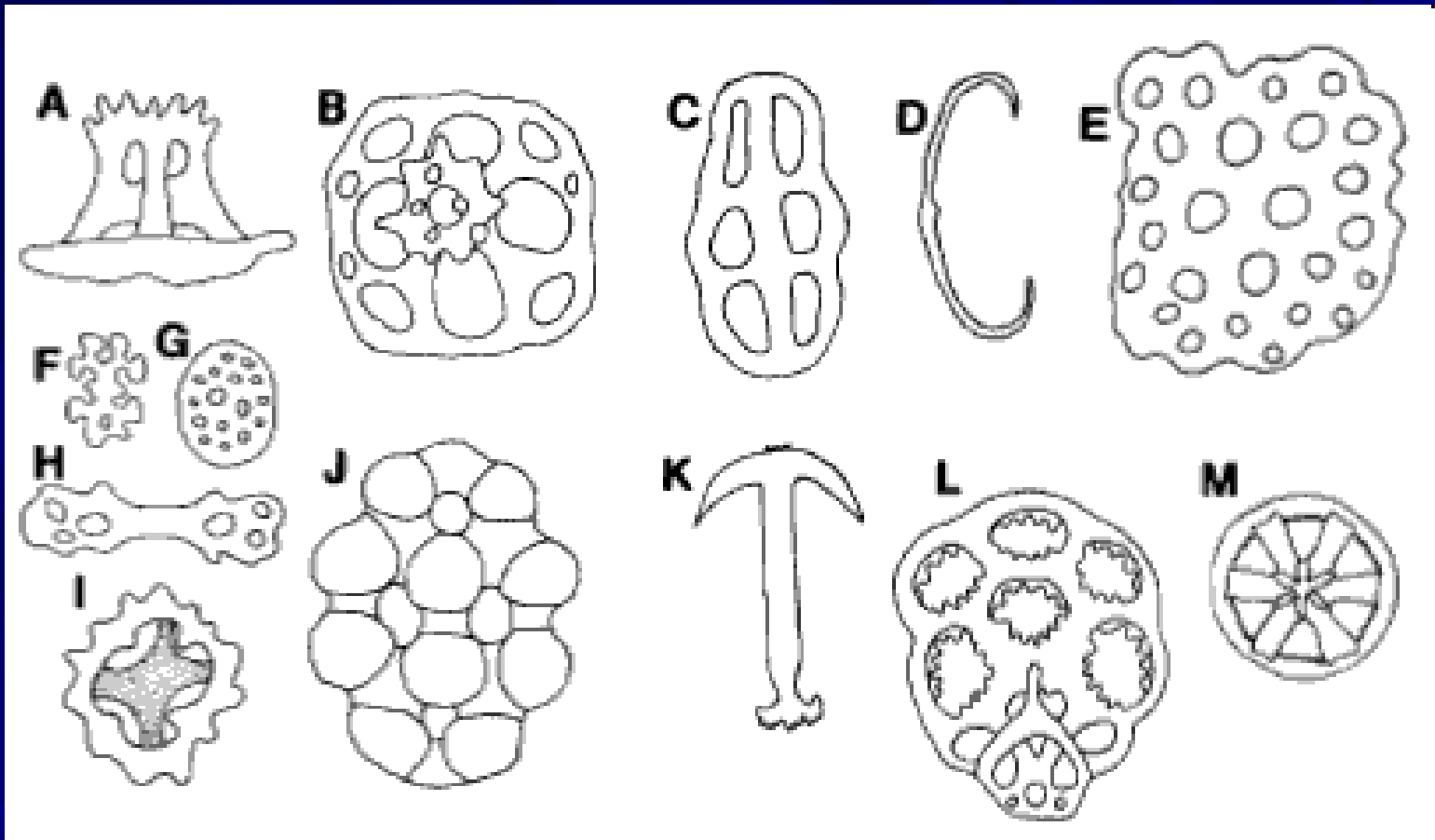
Wheels in young individual *Chiridota laevis*

# Stereom



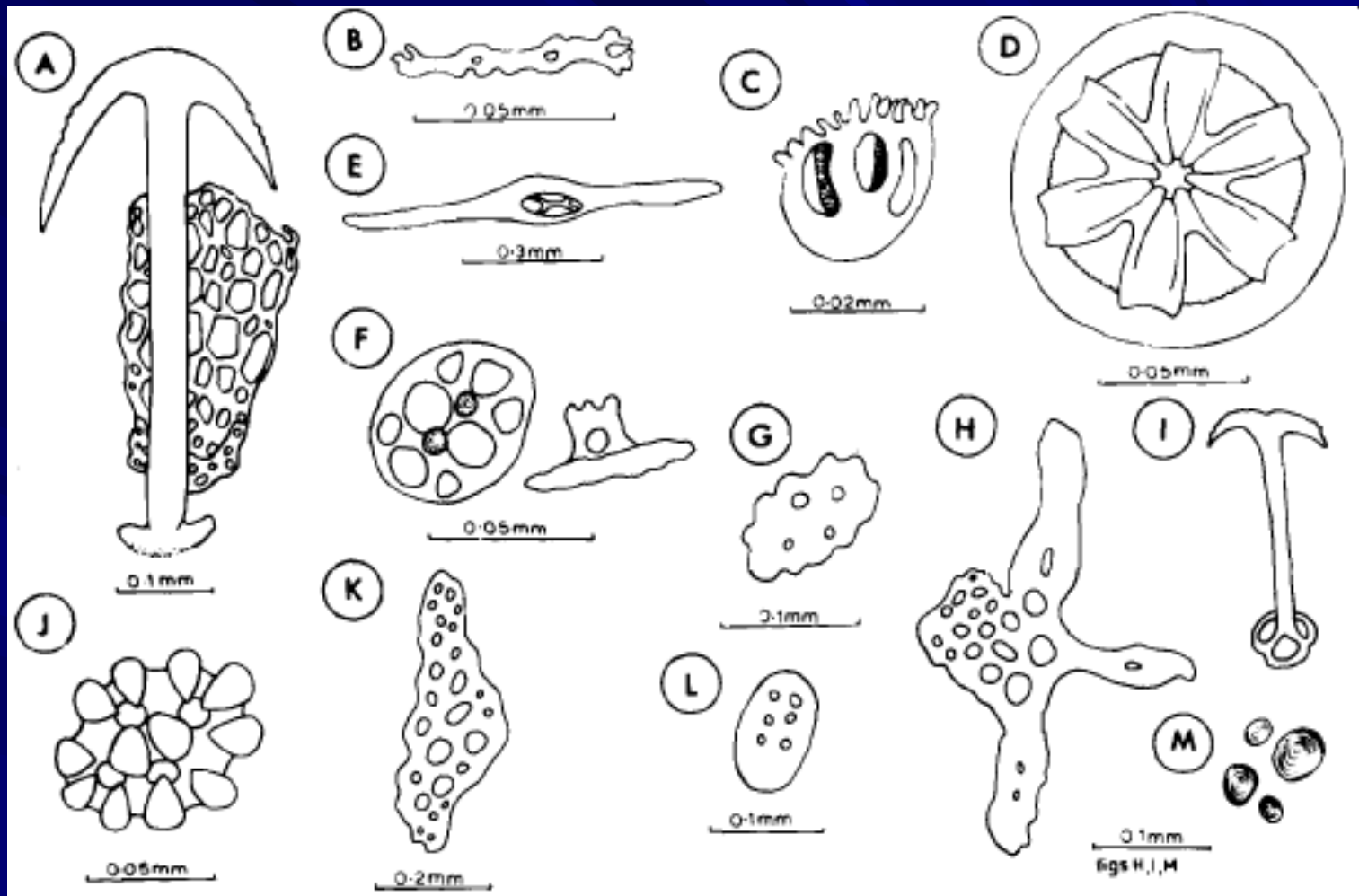


# Склериты



Характерные спикулы голотурий. А – столик, башенка (англ. table, tower), вид сбоку; В – столик, вид сверху; С – сглаженная кнопка; D – С-образная спикула; E – перфорированная пластинка; F – розетка; G – бисквитобразная спикула; H – палочка; I – корзинка, чашечка (англ. basket, cup); J – кнопка с наростами; K – якорь; L – якорная пластинка; M – колёсико.

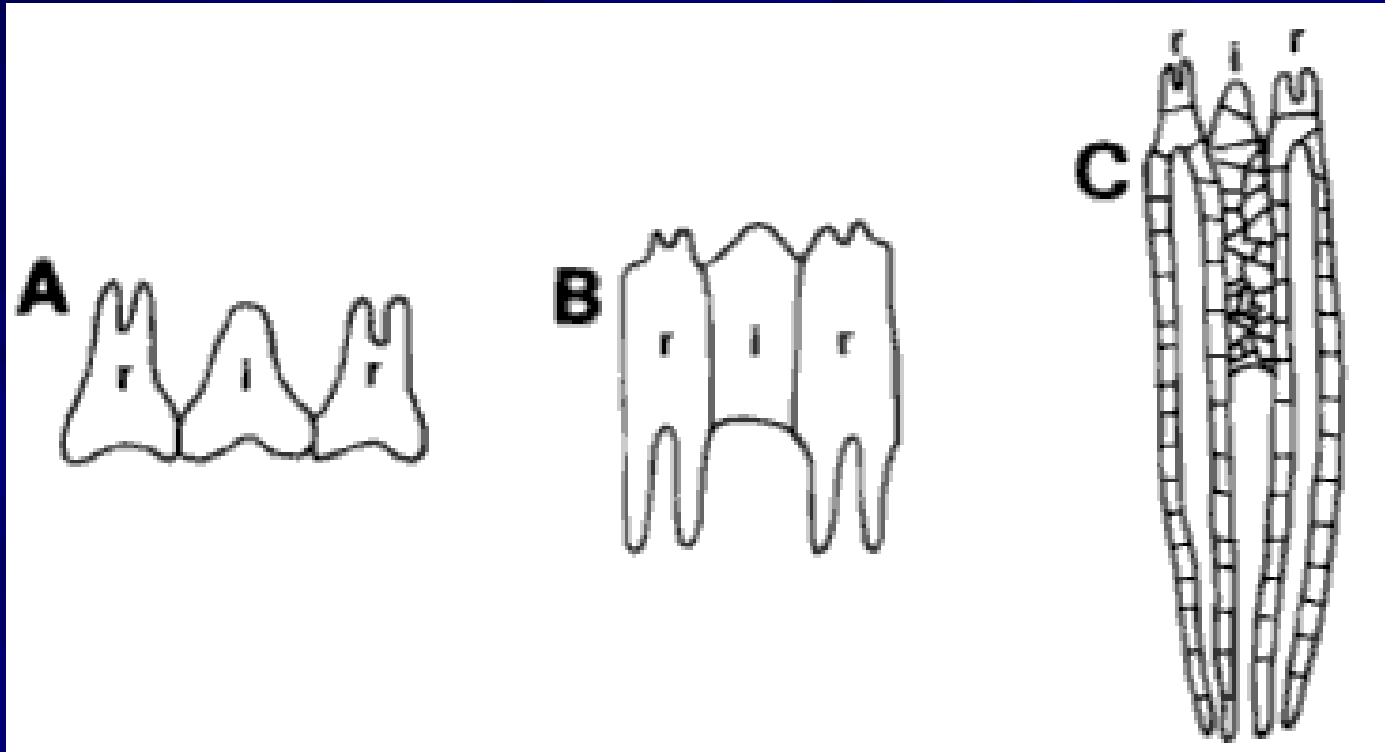
(Miller, Pawson, 1984)



А – якорь и якорная пластинка (Aporidida), В – палочка (Dendrochirotida), С – корзинка, чашечка (англ. basket, cup) (Dendrochirotida), D – колесико (Aporidida), E – палочка (Molpadida), F – столик, башенка (англ. table, tower) (Dendrochirotida), G – кнопка (Dendrochirotida); H – якорная пластинка (Molpadida), I – якорь (Molpadida); J – пластинка с наростами (Dendrochirotida); K – сглаженная пластинка (Dendrochirotida); L – кнопка (Dendrochirotida); M – фосфатические спикулы (Molpadida).



# Окологлоточное скелетное кольцо



Основные типы окологлоточных колец голотурий.

A – простое глоточное кольцо без отростков;

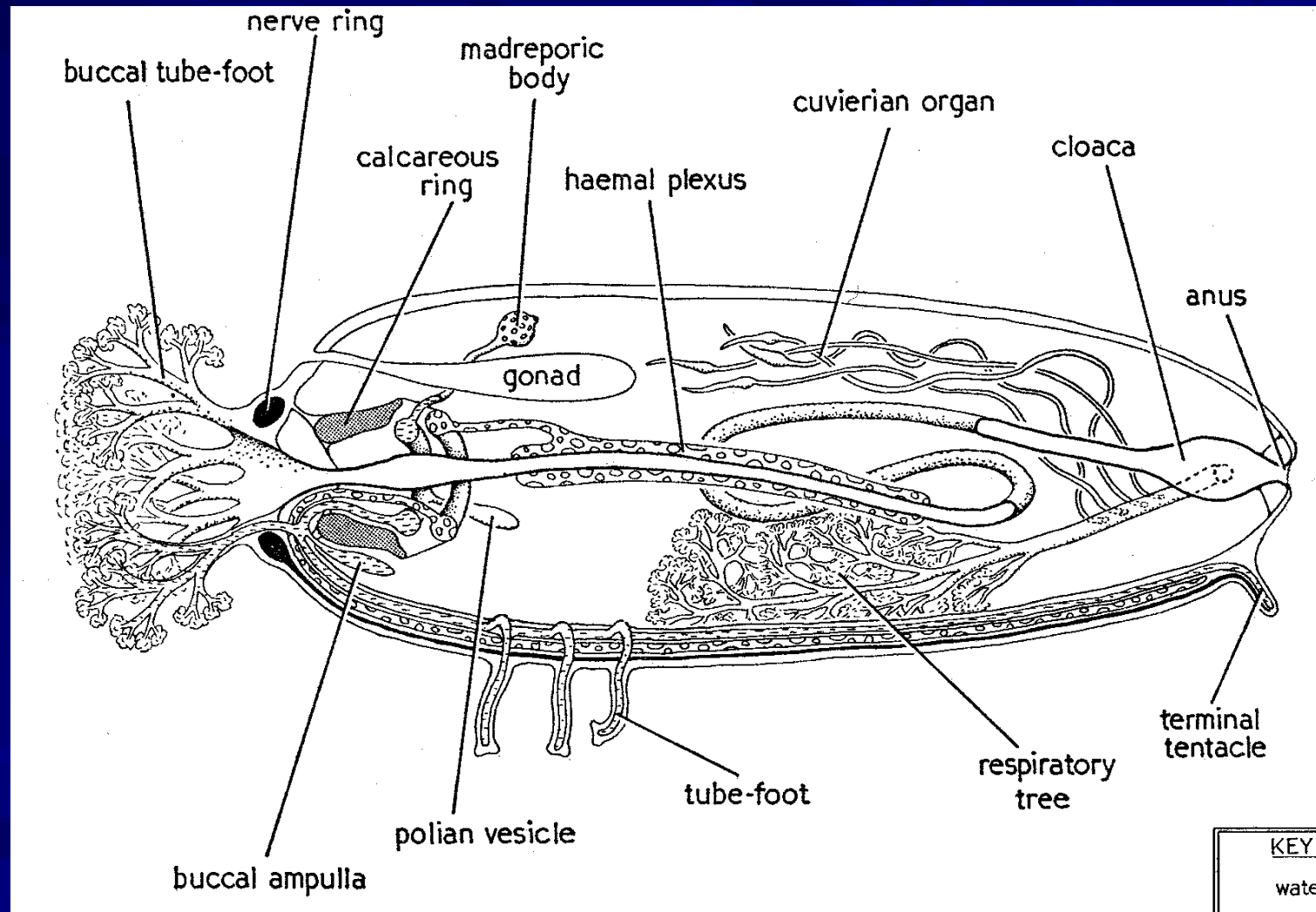
B – простое глоточное кольцо с отростками;

C – сложное глоточное кольцо с длинными отростками, состоящих из множества маленьких кусочков – мозаичное перигнатическое скелетное кольцо:

r – радиальные пластинки; i – интеррадиальные пластинки

([Miller, Pawson, 1984](#))

# Anatomy of Holothuroidea



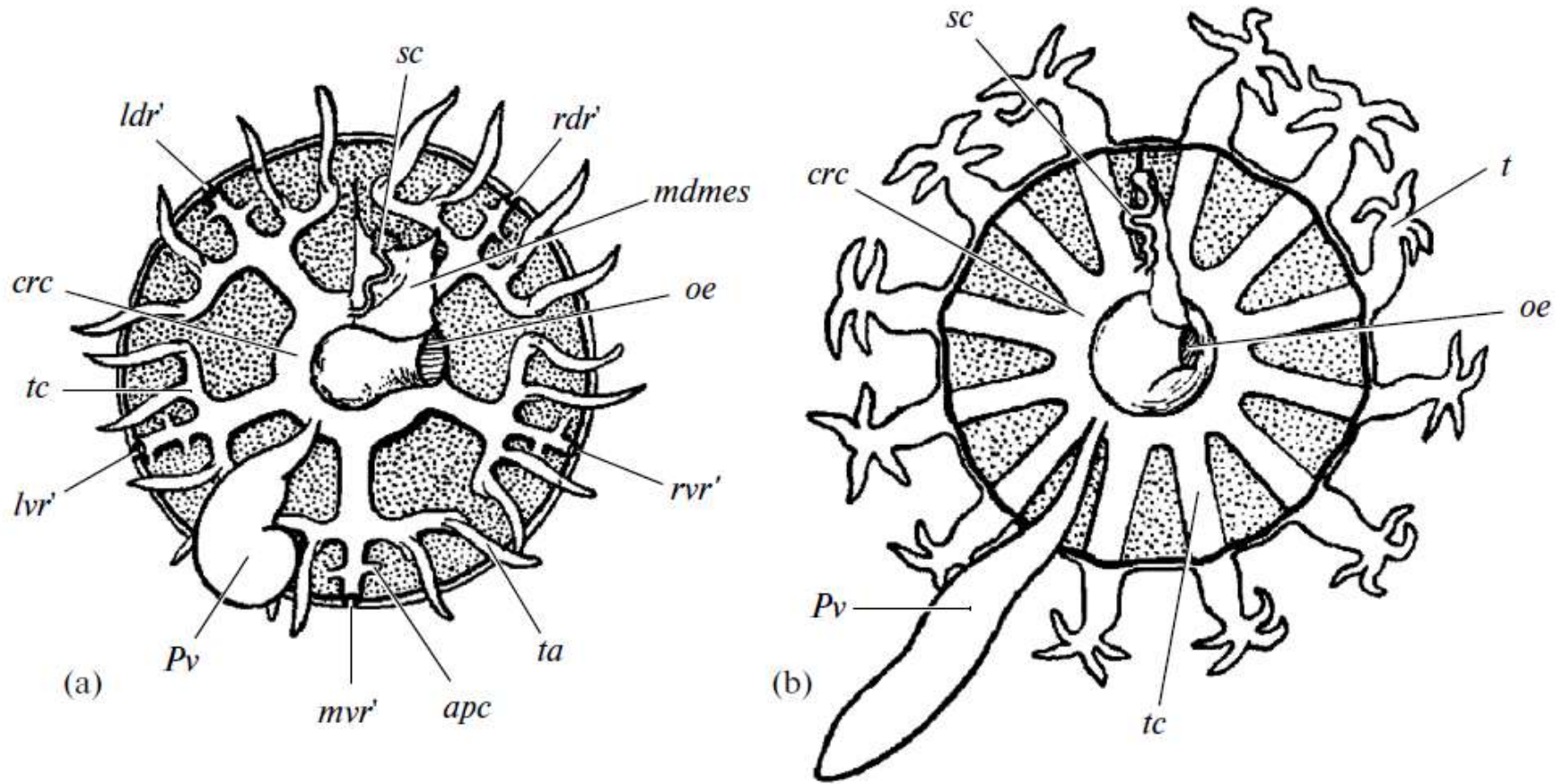
Nichols, 1969

## KEY to systems

water vascular	
haemal	
perihemal	
skeletal	
nervous	

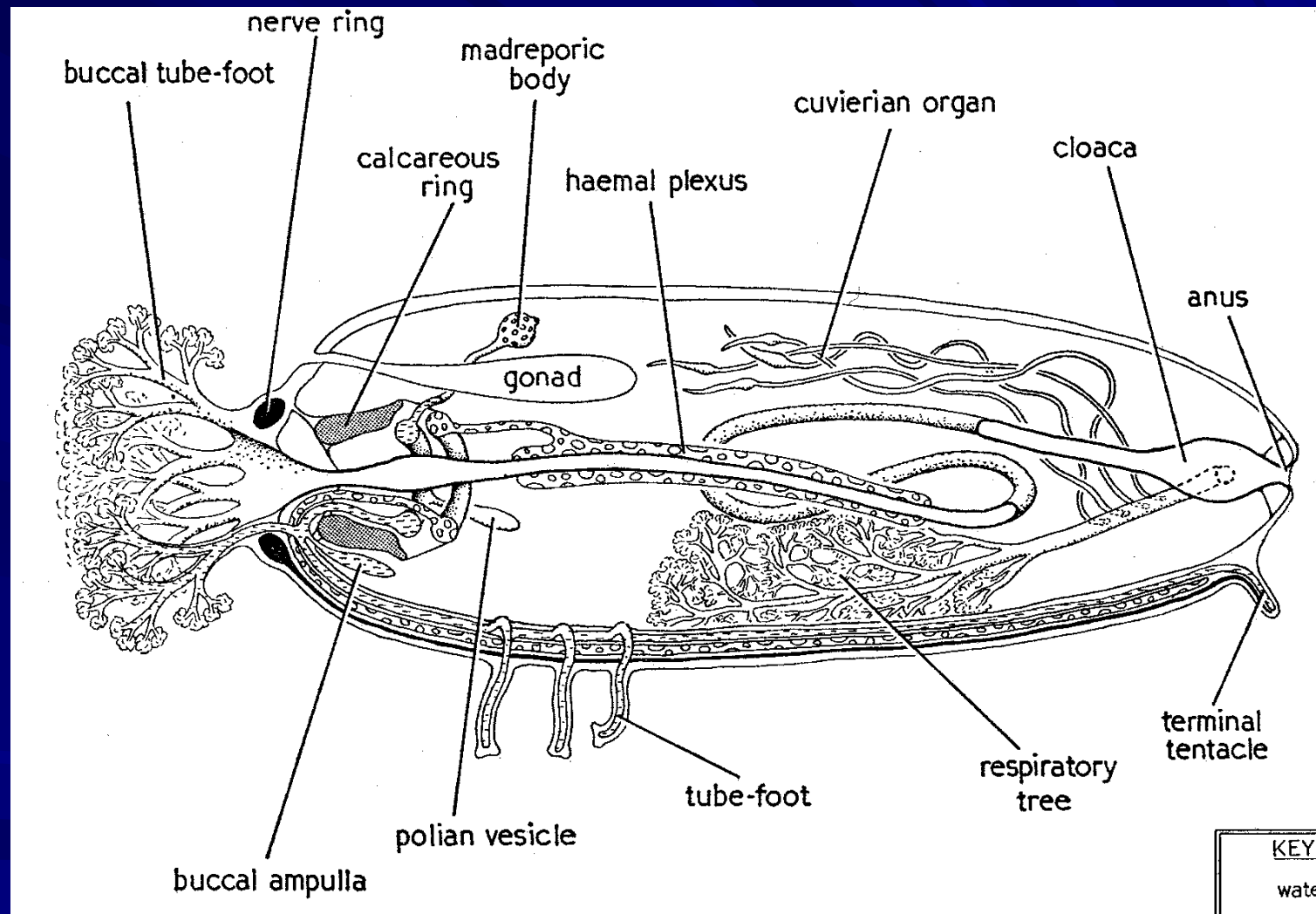


# Амбулакральная система голотурий



Schematic diagram of the water vascular (ambulacral) system of holothurians (aboral view): (a) with radial ambulacral canals, *Holothuria forskali*, order Aspidochirotida; (b) with reduced radial ambulacral canals, *Oestergrenia digitata*, order Synaptida. Explanation: (*apc*) water vascular (ambulacral) podia canal; (*crc*) circumoral water vascular (ambulacral) ring canal; (*ldr'*) left dorsal radial water vascular (ambulacral) canal; (*lvr'*) left ventral radial water vascular (ambulacral) canal; (*mdmes*) mid dorsal mesenterium; (*mvr'*) midventral radial water vascular (ambulacral) canal; (*oe*) oesophagus; (*Pv*) Polian vessel; (*rdr'*) right dorsal radial water vascular (ambulacral) canal; (*rvr'*) right ventral radial water vascular (ambulacral) canal; (*sc*) stone canal; (*t*) tentacle; (*tc*) tentacular water vessel (ambulacral) canal; (*ta*) tentacle ampulae. From Bather (1900) (Smirnov, 2014).

# Anatomy of Holothuroidea



Nichols, 1969

## KEY to systems

water vascular	
haemal	
perihemal	
skeletal	
nervous	

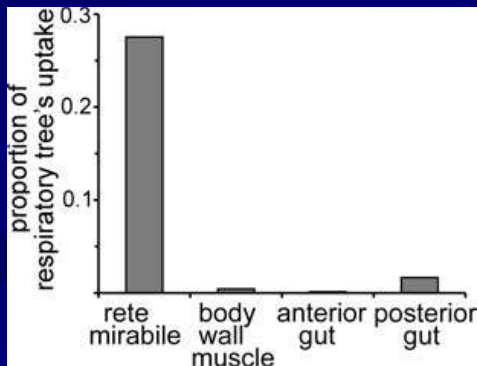




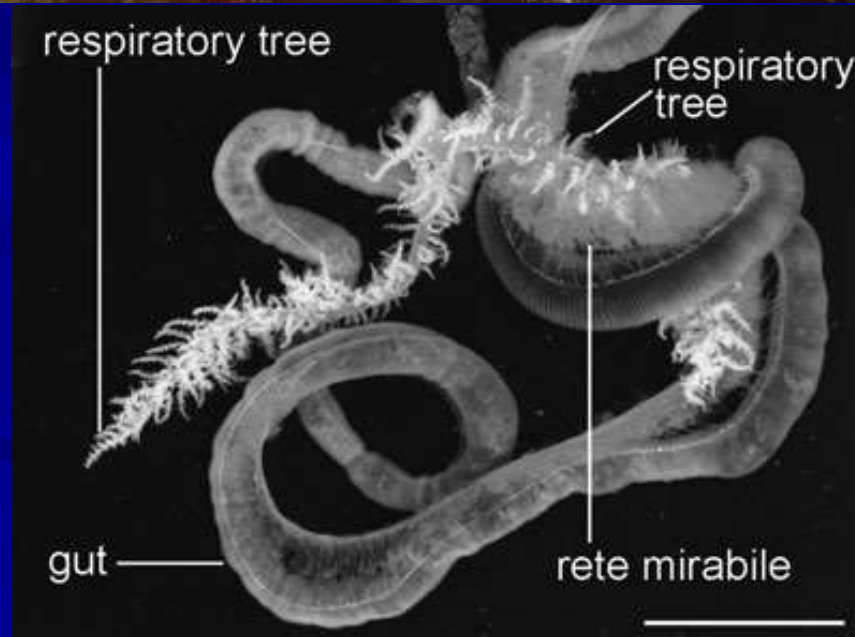
*Parastichopus californicus*



Holothurians with respiratory trees are nutritionally bipolar; the anus serves as a second mouth.



Amount of label (nmol  $^{14}\text{C}$  g wet weight $^{-1}$ ), expressed as a proportion of the label in the respiratory tree, in the rete mirabile, body wall muscle, anterior digestive system, and posterior digestive system of an adult of *Parastichopus californicus* incubated with  $^{14}\text{C}$ -labeled cells of *Rhodomonas sp.* for 7.6 h.



(Jaeckle, Strathmann, 2012)

Viscera of *Parastichopus californicus*, with respiratory tree and hemal system. One branch of the respiratory tree is associated with the rete mirabile of the hemal system. Scale bar=3 cm.

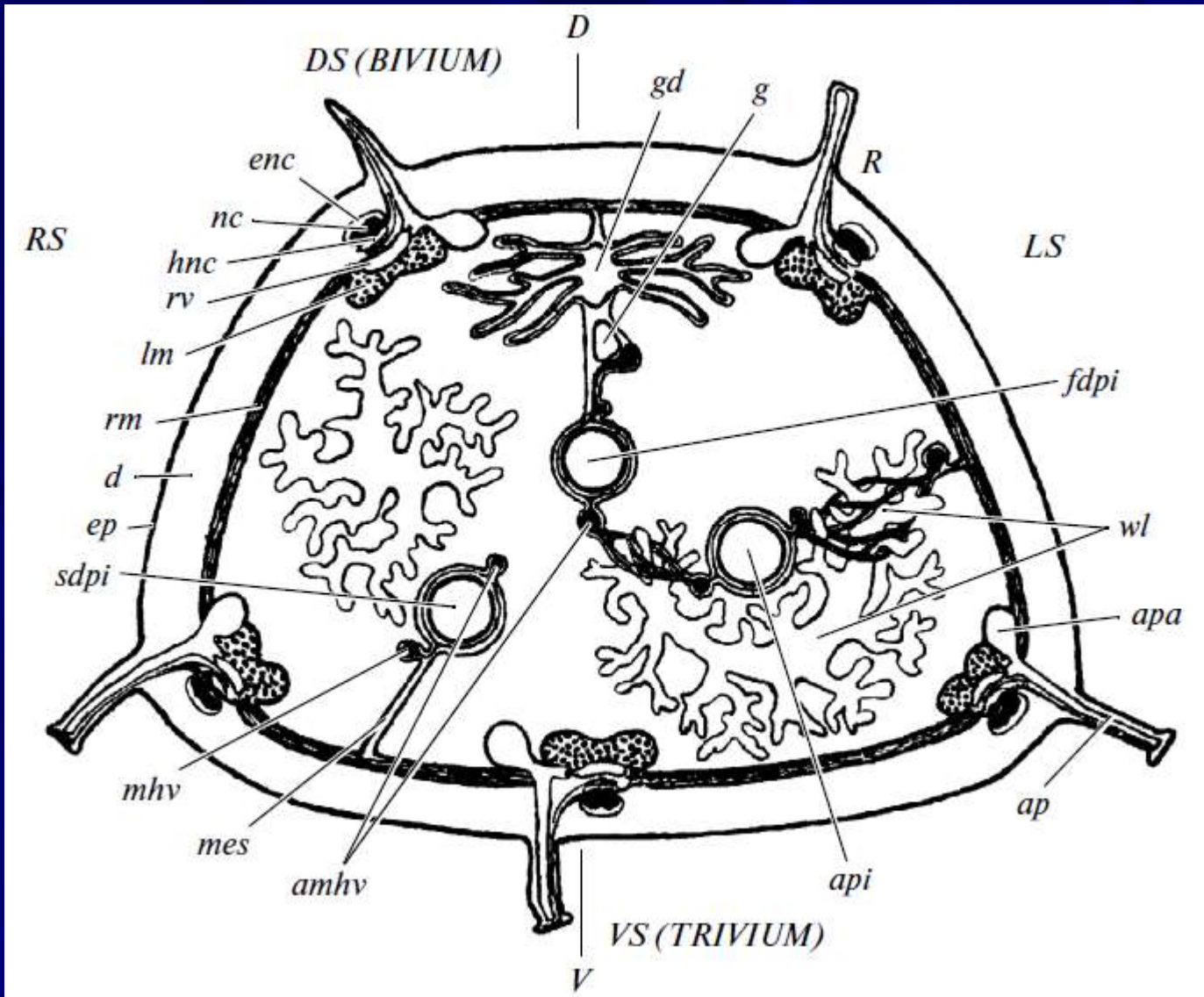


*Carapus boraborensis* is coming out from  
a seacucumber *Bohadschia argus*



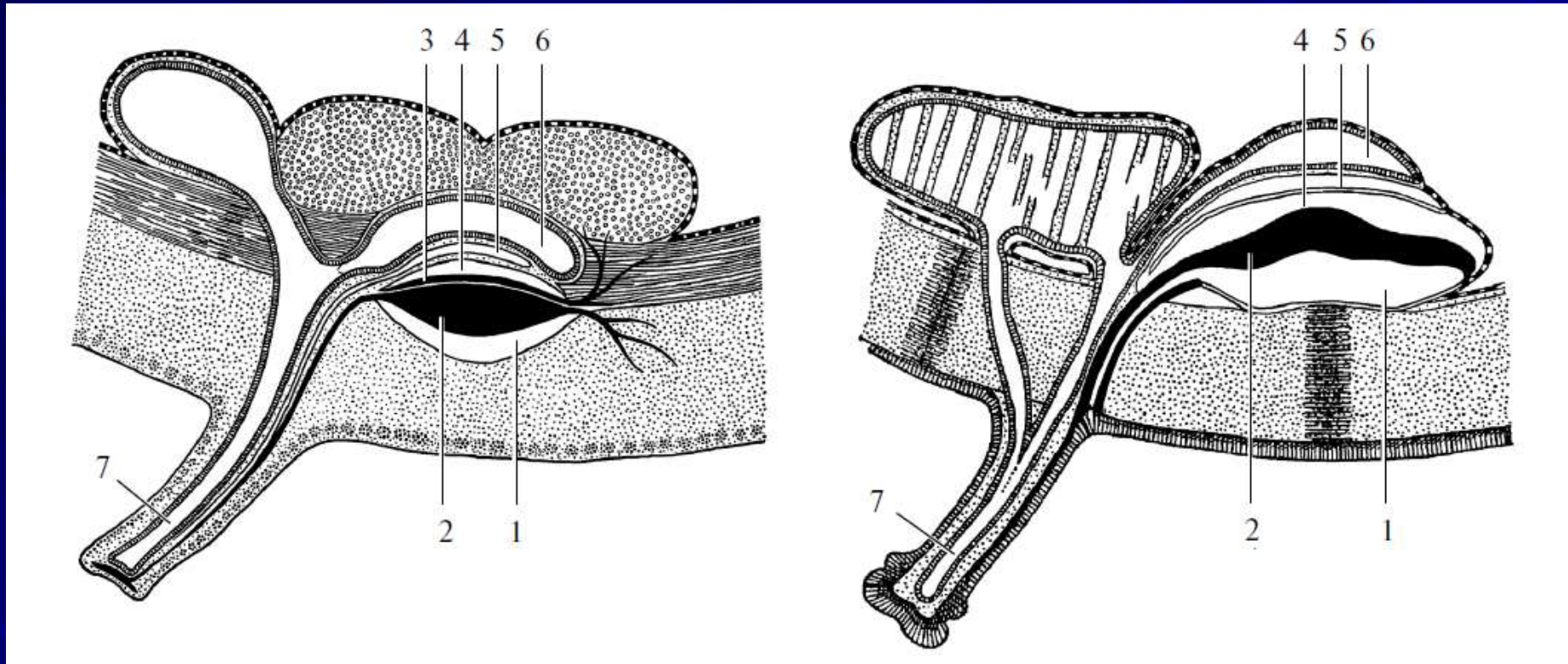
*Carapus boraborensis*





Schematic section through a holothurian (oral view). Explanation: (*D-V*) bilateral plane of symmetry; (*DS*) dorsal side of the body (bivium); (*LS*) left side of the body; (*RS*) right side of the body; (*VS*) ventral side of the body (trivium); (*R'*) holothurian radius; (*amhv*) antimesenterial haemal vessel; (*ap*) tube feet; (*apa*) tube feet ampulae; (*api*) ascending part of intestine; (*d*) dermis; (*enc*) epineural canal; (*ep*) epidermis; (*fdpi*) first descending part of intestine; (*g*) gonada; (*gd*) gonoduct; (*hmc*) hyponeural canal; (*lm*) longitudinal muscle band; (*mes*) mesenterium; (*mhv*) mesenterial haemal vessel; (*nc*) radial ectoneural and hyponeural nerve cords; (*rm*) ring muscles; (*rc*) radial water vascular (ambulacral) canal; (*sdpi*) second descending part of intestine; (*wl*) water lung. After Becher from from Kaestner (1963) (Smirnov, 2013).

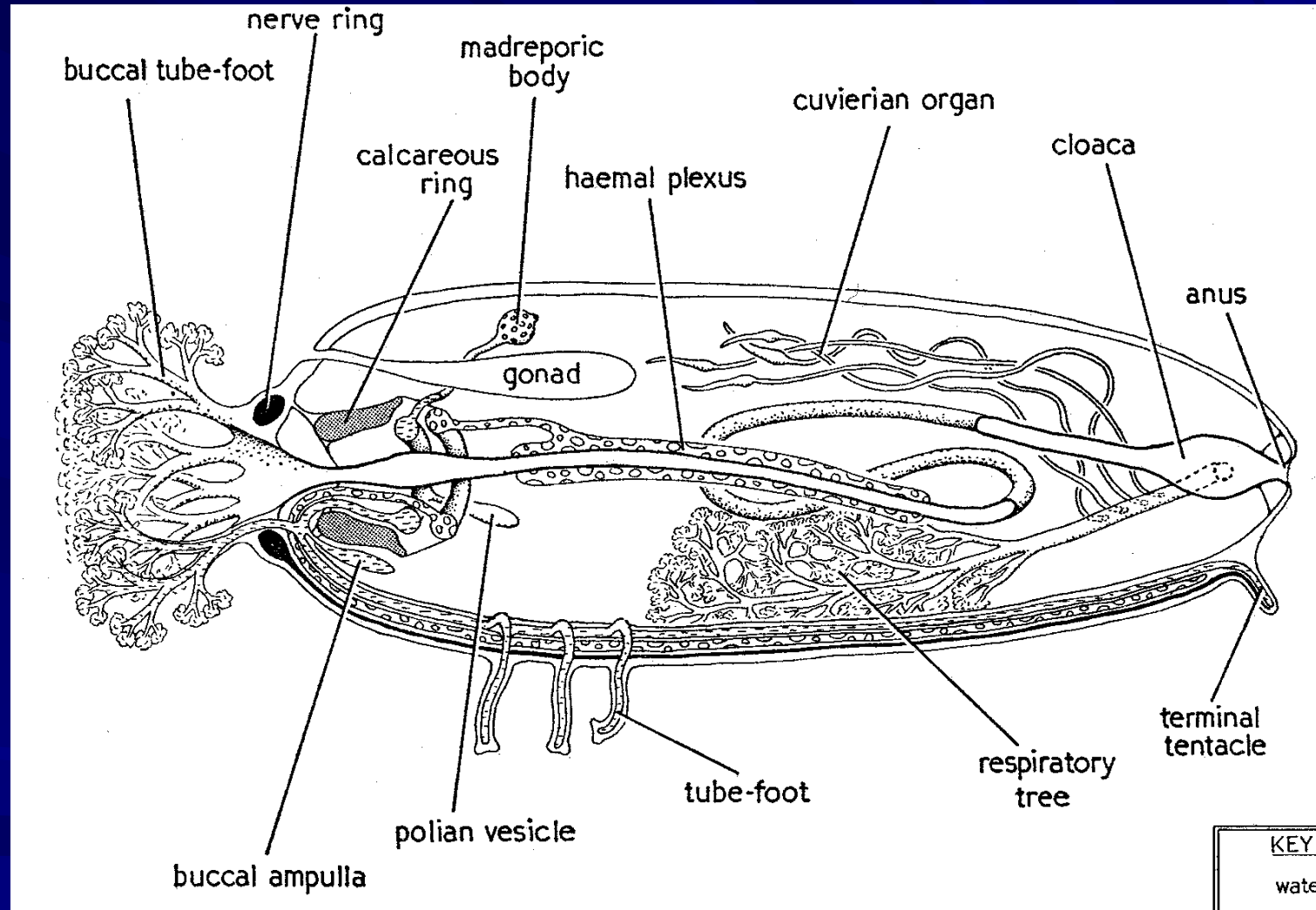
# Схема строения радиуса



Section through radii: (a) holothurian, (b) echinoid. Explanation: (1) epineural radial canal; (2) ectoneural radial nerve cord; (3) hyponeural radial nerve cord; (4) hyponeural radial canal; (5) haemal sinus; (6) radial watervascular (ambulacral) canal; (7) podia watervascular (ambulacral) canal. Redrawn from Lang (1894, 1896) (Smirnov, 2014).



# Anatomy of Holothuroidea



Nichols, 1969

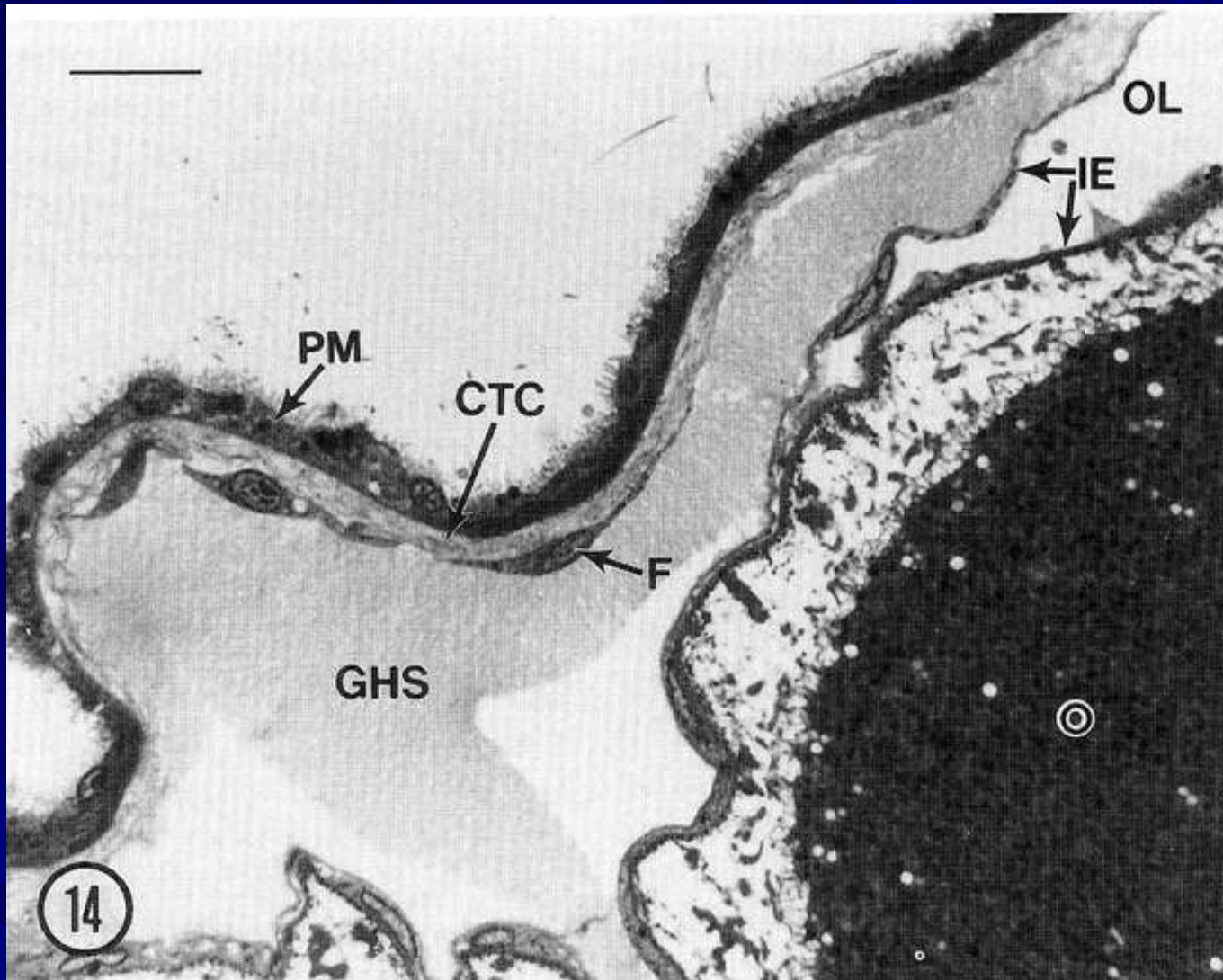
# Sticky Cuvierian Tubules



*Bohadschia argus*



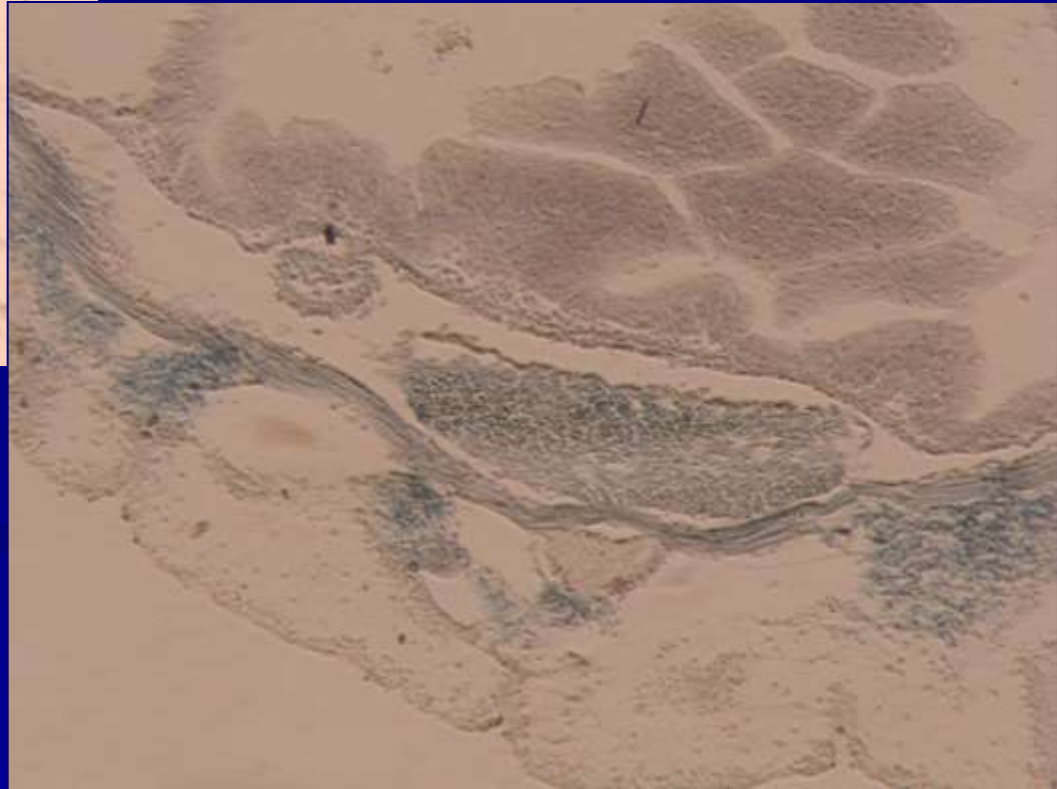
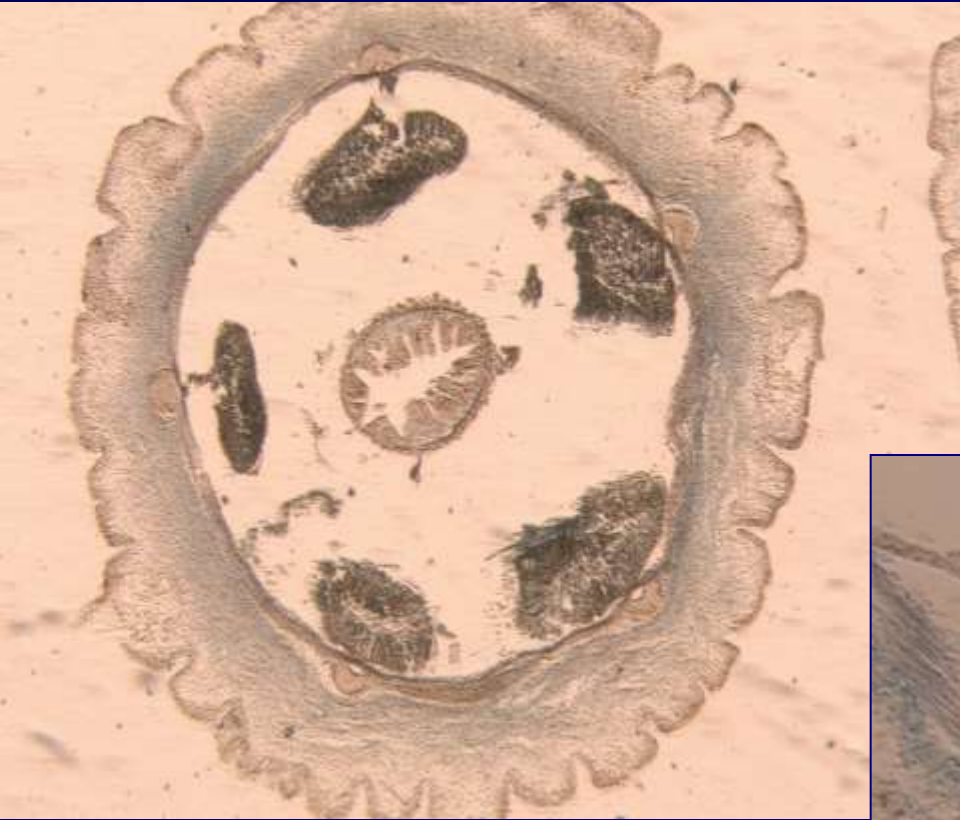
# Gonad hemal sinus (Smiley, 1994)

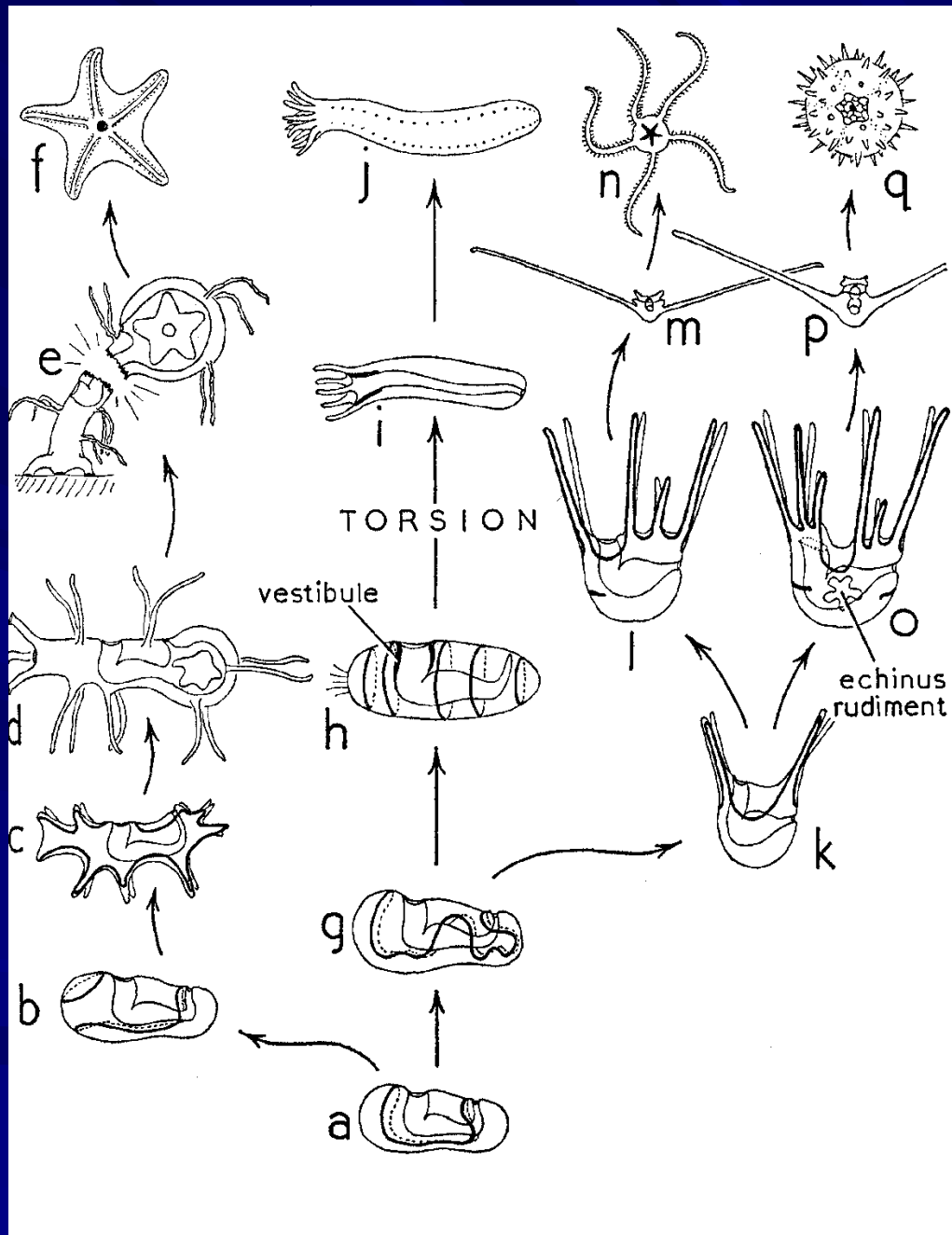


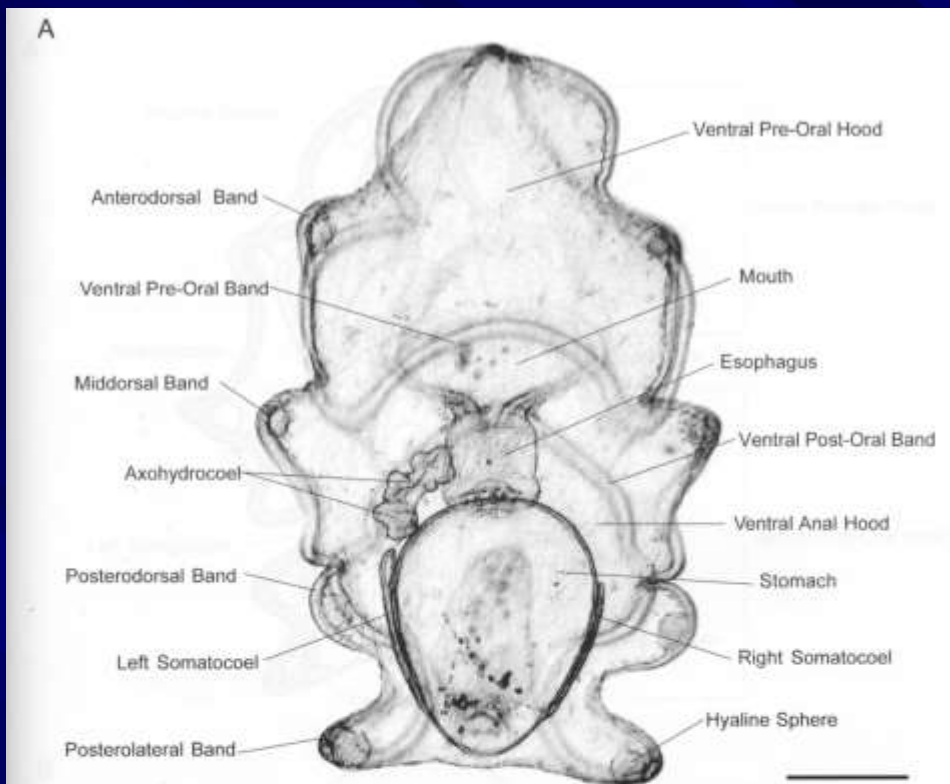
The ovarian wall in *Parastichopus californicus*. LM. CTC, connective tissue compartment; F, fibroblast; GHS, gonad hemal sinus; IE, inner epithelium; O, oocyte; OL, ovarian lumen; PM, perivisceral mesothelium. Scale bar = 20 mkm.



*Chiridota laevis*



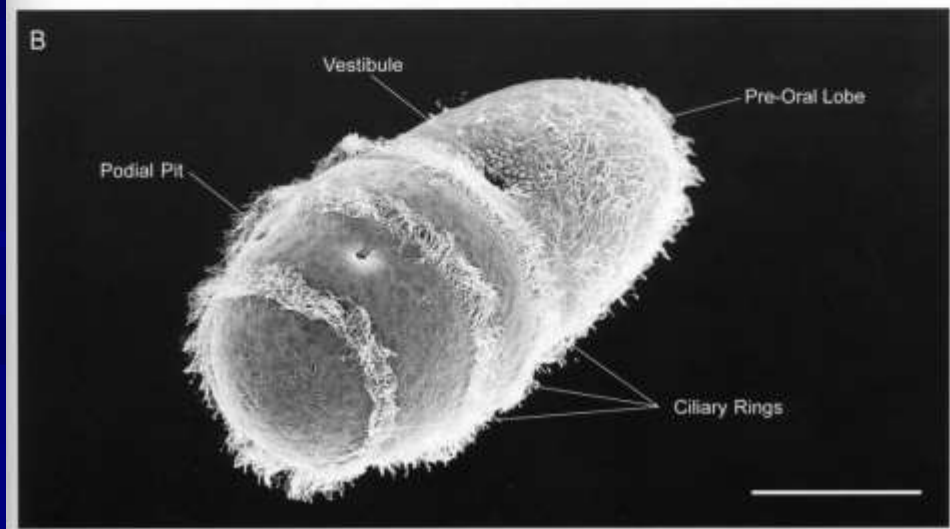




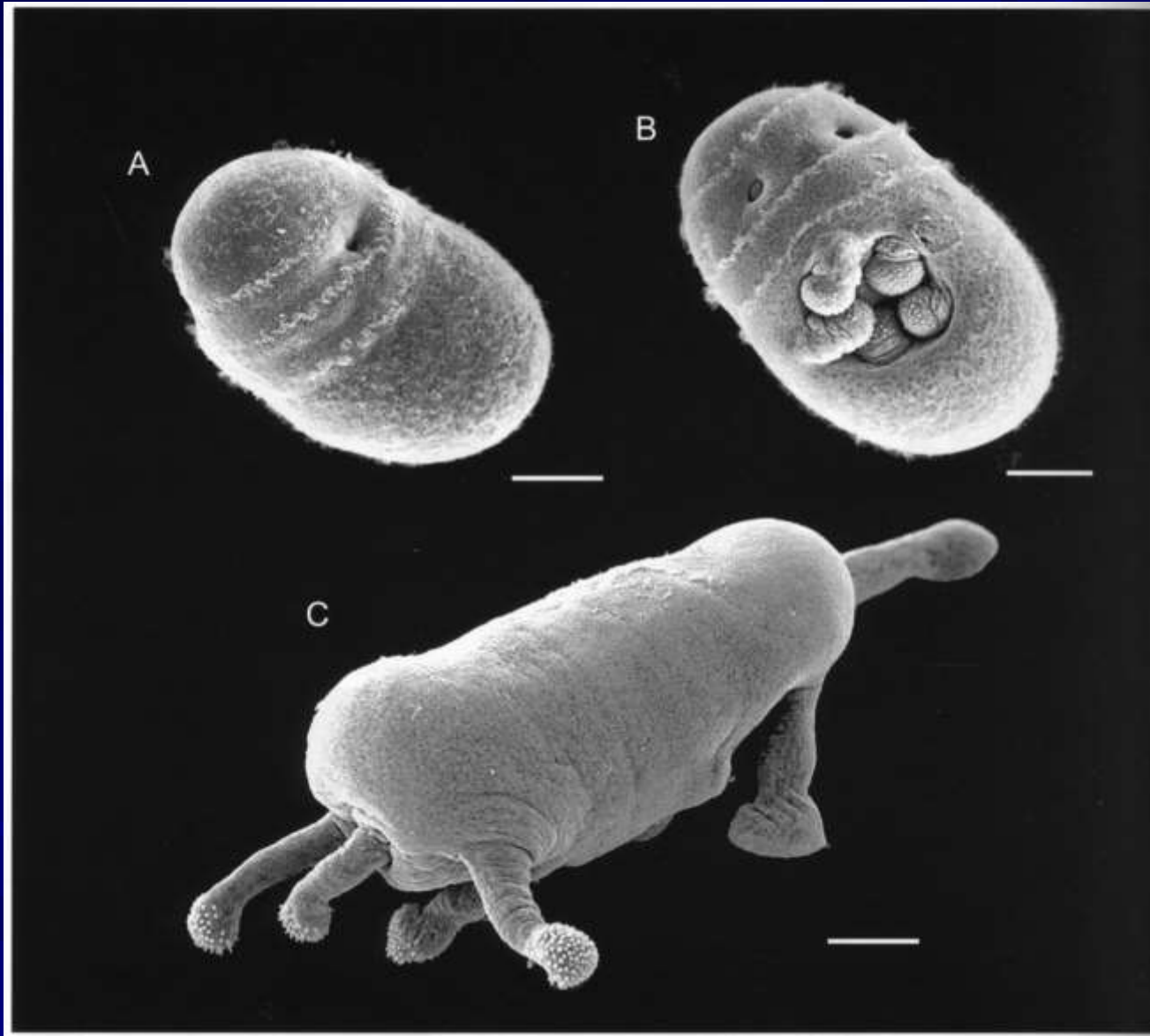
### Characteristic larval forms of the class Holothuroidea

A. Indirect development via an auricularia larva. Dorsal view of the auricularia of the aspidochirote holothurian *Parastichopus (Stychopus) californicus* (family Stichopodiae). The axocoel and hydrocoel remain connected as an axohydrocoel during development. Scale bar: 100 mkm.

B. Direct development via a doliolaria larva. Scanning electron micrograph of the three-ringed doliolaria of the dendrochirote *Pentamera populifera* (family Phyllophoridae) in lateroventral view. The podial pits and vestibule are on the ventral surface. Scale bar: 100mkm.







**Development of the doliolaria to the settled pentactula in *Psolus chitonoides* (family Psolidae)**

A. Three-ringed doliolaria at 7 days (dorsal view). Note the three distinct ciliary bands, the uniformly ciliated pre-oral lobe, and the dorsal pore between the second and third rings. Scale bar: 100mkm.

B. Ventral view of pentactula showing the five primary tentacles emerging from the vestibule. The podial pits are between the second and third ciliary rings. Scale bar: 100 mkm.

C. Settled pentactula after loss of the cilia. The primary tentacles at the anterior are covered with “knob-like” papillae; the primary podia at the posterior emerged from the podial its shown in B. Scale bar: 100 mkm.

# Отряд Dendrochirotida Grube, 1840

- щупальца древовидные, в числе 10-30; нет свободных ампул околоротовых щупалец;
- амбулакральные ножки без ампул, расположены строго по радиусам или разбросаны по всему телу;
- разница тривиума и бивиума слабо выражена; Psolidae – резкая дифференциация;
- известковое окологлоточное кольцо состоит из 10 сегментов, простое или мозаичное; интроверт выражен; хорошо развиты мускулы ретракторы;
- у ряда форм тело покрыто пластинками, формирующие панцирь; спикулы в стенке различной формы; радиальные мускульные ленты одинарные;
- имеются водные легкие; «чудесная сеть» развита слабо, не связана с левым легким;
- развитие без стадии аурикулярии, через стадию долиолярии, возможно развитие через вителлярию (есть ресничные шнуры, нет рук, не питается);
- седентарные формы, сестонофаги (выбор органических частиц из толщи воды или с поверхности грунта), распространены по всем морям.

# Отряд Dendrochirotida



*Sclerodactyla (Thyone)  
briareus*



*Cucumaria pulcherrima*



*Pentamera sp.*



*Cucumaria miniata*



*Cucumaria piperata*



# Отряд Dendrochirotida

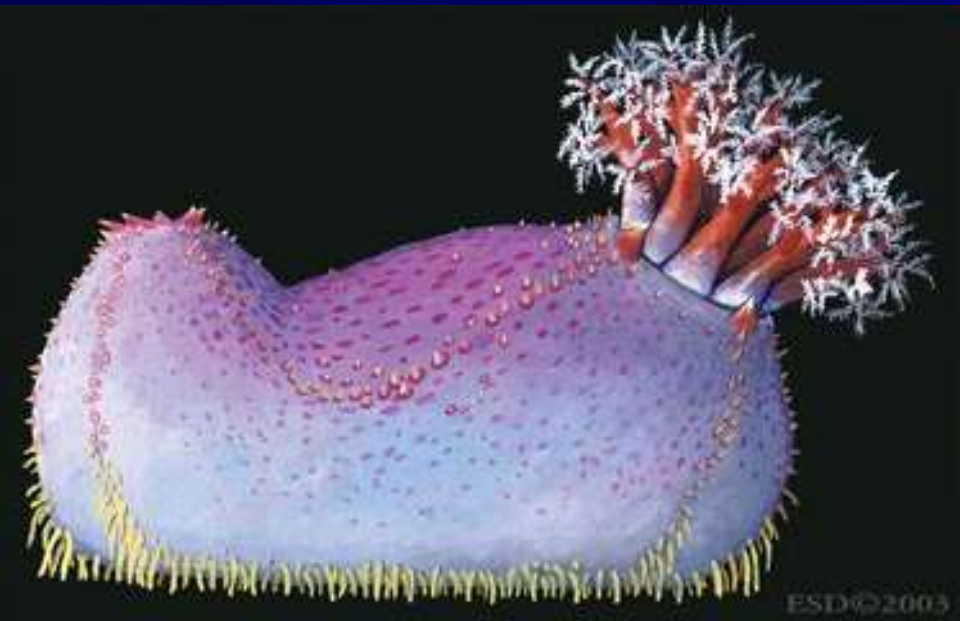


*Psolus chitinoides*



*Psolus fabricii*

# Отряд Dendrochirotida



*Pseudocolochirus*  
(*Paracucumaria*)  
*violaceus*



*Pseudocolochirus*  
(*Paracucumaria*) sp.



Zubi 04

# Отряд Dactylochirotida Pawson et Fell, 1965

- 8-30 щупалец, не ветвящиеся, пальцеобразные и пальчатые; нет выраженных ампул околоротовых щупалец;
- интроверт и мускулы-ретракторы хорошо развиты;
- амбулакральные ножки и радиальные амбулакральные каналы имеются;
- билатеральная симметрия выражена слабо;
- U-образная форма тела; черепицеобразные пластинки покрывают все тело; радиальные мускульные ленты одинарные;
- каменистый канал с мадрепоритом свободно свешивается в полость тела;
- окологлоточное скелетное кольцо простое, из 10 сегментов, нет отростков;
- водные легкие имеются;
- детритофаги; глубоководные формы.



# Отряд Dactylochirotida



*Rhopalodina lageniformis*



*Ypsilothuria bitentaculata*



# Отряд Aspidochirotida Grube, 1840

- 10-30 щитовидных (дисковидных) щупалец; ампулы свободно свешиваются в полость или отсутствуют;
- амбулакральные ножки без ампул; спинные ножки часто превращены в папиллы;
- бивиум и тривиум дифференцированы; ротовое отверстие занимает субвентральное или вентральное положения;
- интроверт и мускулы-ретракторы не развиты, втягивают лишь щупальца;
- каменистый канал с мадрепоритом лежит в медиодорсальном мезентерии и открывается наружу или свободно свешивается в полость тела;
- окологлоточное кольцо массивное, из 10 сегментов;
- водные легкие имеются; хорошо развита «чудесная сеть» вокруг левого легкого; у некоторых представителей развиты Кювьеровы органы.
- радиальные мускульные ленты двойные;
- один или два пучка трубок гонад; развитие с аурикулярией; *Holothuria floridana* – из яйца выходит пентактула;
- эпибионты, детритофаги (не избирательно поглощают грунт); преимущественно субтропики и тропики



# Отряд Aspidochirotida



*Actinopyga echinites* & *A. mauritiana*



*Holothuria mexicana*



*Holothuria* sp.

# Отряд Molpadiida Haesckel, 1896

- 10-15 пальчатых или пальцевидных щупалец; ампулы околотротовых щупалец свободно свешиваются в полость тела;
- бочонкообразной формы, с вытянутым хвостобразным задним концом;
- амбулакральные ножки отсутствуют; радиальные каналы заканчиваются в анальных папиллах вокруг ануса;
- интроверт и мускулы-ретракторы не развиты; втягивают лишь щупальца;
- каменистый канал с мадрепоритом может открываться наружу или свешиваться в полость тела;
- окологлоточное кольцо массивное, из 10 сегментов;
- водные легкие имеются; «чудесная сеть» не развита;
- развитие через стадию долиолярии (без аурикулярии);
- зарываются в грунт, питаются грунтом; всесветны, эврибатны.



# Отряд Molpadiida



*Molpadia oolitica*



*Molpadia musculus*



*Molpadia intermedia*



# Отряд Elasipodida Theel, 1882

- 10-20 щитовидных (дисковидных) или пальчатых щупалец; нет свободно свешивающихся в полость ампул;
- билатеральная симметрия выражена хорошо; вентральная сторона уплощена;
- амбулакральные ножки дорсальной стороны преобразованы в папиллы или в лопасти, паруса; амбулакральные ножки брюшной стороны не многочисленные, но достигают значительных размеров; ампулы амбулакральных ножек могут лежать в особых интердермальных полостях, а не свешиваться в полость тела;
- интроверт и мускулы-ретракторы не развиты;
- каменистый канал с мадрепоритом открывается наружу;
- окологлоточное кольцо из 10 сегментов, степень кальцификации у разных видов различается: соединительнотканное – известковое;
- водные легкие не развиты; радиальные мускульные ленты одинарные;
- детритофаги (поверхностная органическая пленка или из толщи воды); бентосные, эпибентические, бентопелагические, планктонные формы.

# Отряд Elasipodida



*Psychropotes longicauda*



*Scotoplanes globosa*



*Peniagone diaphana*



# Отряд Elasipodida



*Pelagothuria sp.*



*Benthodytes sp.*



*Enypniastes sp.*



*Enypniastes sp.*



# Отряд Elasipodida

Parasitic association between *Mirandotanais* sp. (a small crustacean of the Order Tanaidacea) and the sea pig *Scotoplanes*.



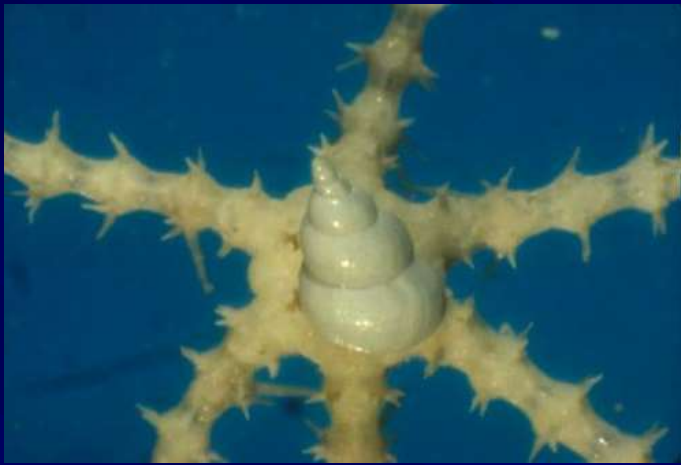
Photo: S. Schiaparelli

1 cm



Photo: S. Schiaparelli

Parasitic association between *Stilapex* (snail) and *Scotoplanes* (holothurian 'sea pig').



*Ophiacantha dallasi* with parasitic snail, *Stilapex* sp.

Snails of the family Eulimidae are often found on echinoderms and many species are very host-specific, parasitizing only on a particular species of echinoderm or a few closely related species. The eulimids are parasitic, and are usually associated with species of echinoderms. The animal has a long proboscis with which it can excavate deeply into the body of its prey, and since there is no radula it is assumed that they feed primarily upon body fluids.



*Eulimid* shell, *Apicalia* sp., on a sea basket star



*Luetzenia asthenosomae* на *Asthenosoma varium*

# Отряд Apodida (Synaptida MacBride, 1906)

- 8-27 пальчатых, пальцевидных или перистых щупалец; нет свободносвешивающихся ампул; амбулакральные каналы щупалец отходят прямо от кольца;
- билатеральная симметрия выражена слабо, рот может быть смещен на вентральную сторону;
- амбулакральные ножки и радиальные амбулакральные каналы отсутствуют;
- интроверт и мускулы-ретракторы не развиты;
- окологлоточное кольцо плотное, хорошо развито, из 10 или больше сегментов (за счет интеррадиальных вставочных сегментов);
- водные легкие отсутствуют; одинарные мускульные ленты по радиусам и сплошной слой хорошо развитой поперечной мускулатуры всего тела;
- ресничные воронки на мезентериях в полости тела (очистка целом.жидкости);
- развитие через аурикулярию или сокращенное; известны случаи живорождения;
- избирательные детритофаги; на поверхности грунта или в грунте, всесветны, эврибатны.



# Отряд Aporodida (Synaptida)



*Chiridota sp.*



*Chiridota hawaiiensis*



*Synapta sp.*

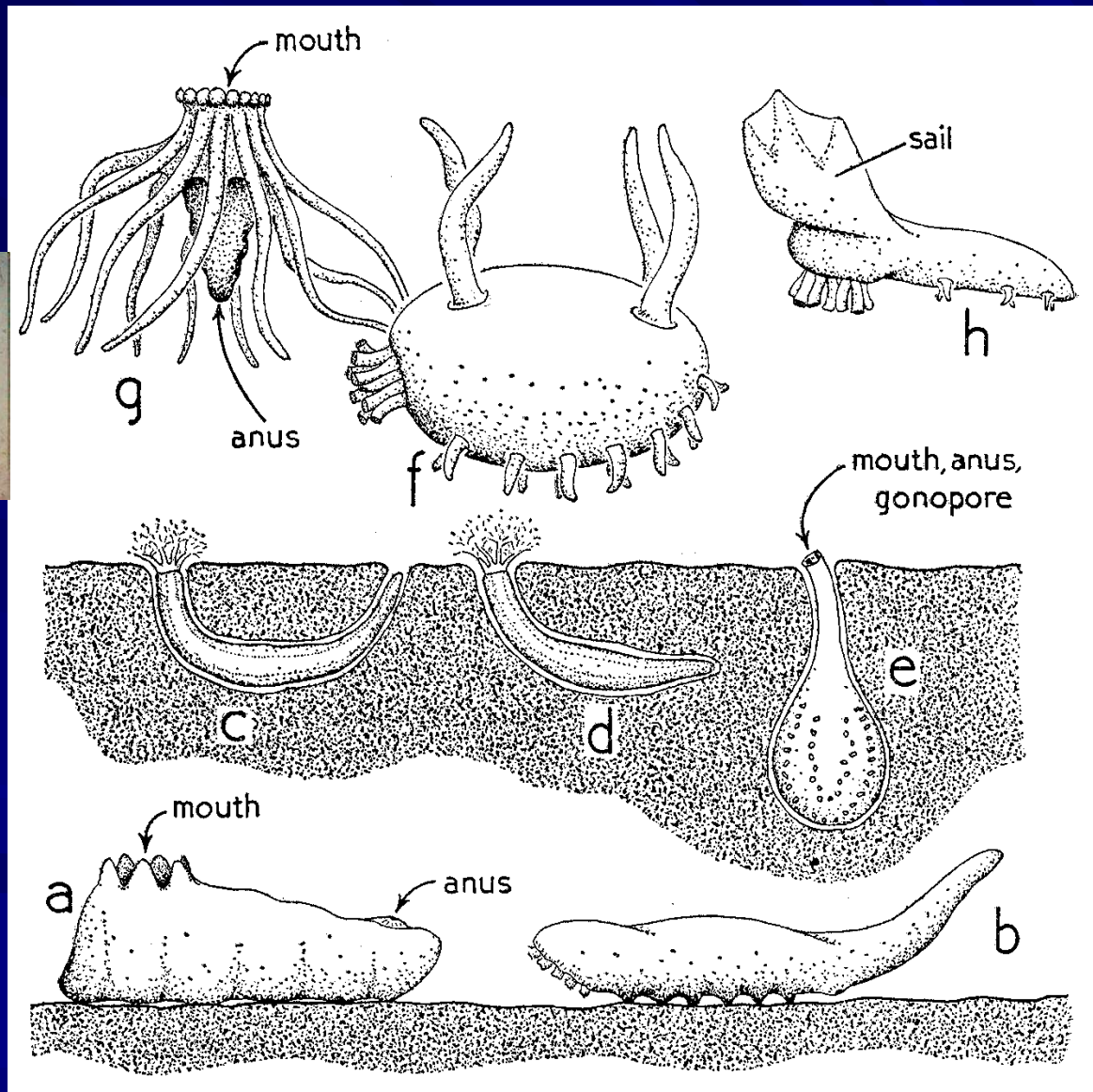


© www.deepseaimages.com

*Synapta maculata*



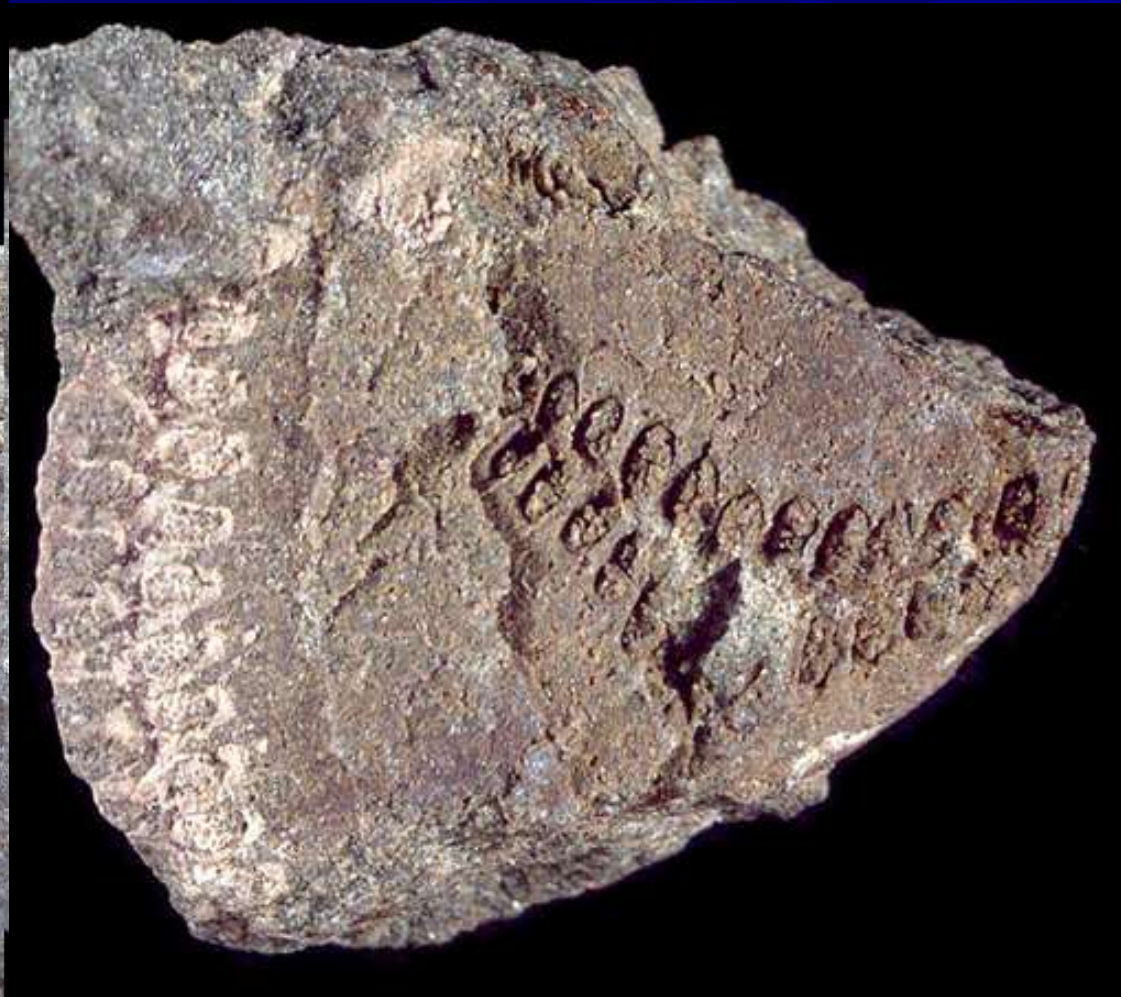
# Жизненные формы и среда обитания голотурий





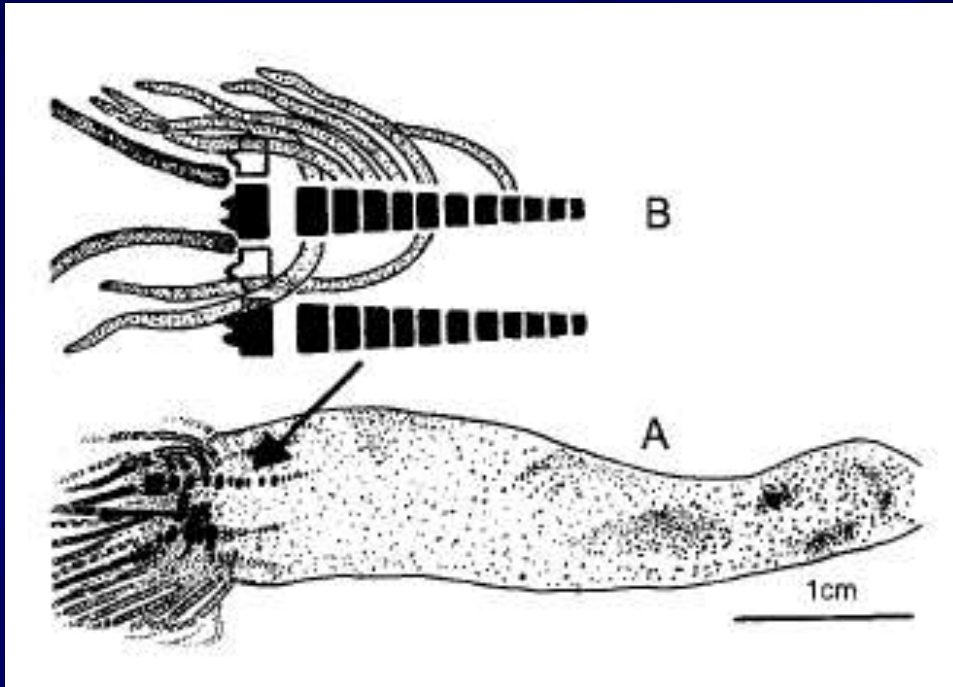
# Происхождение голотурий - ???

*Eothuria beggi* (Upper Ordovician) – кандидаты в предки?  
Сейчас относят к Echinoidea.

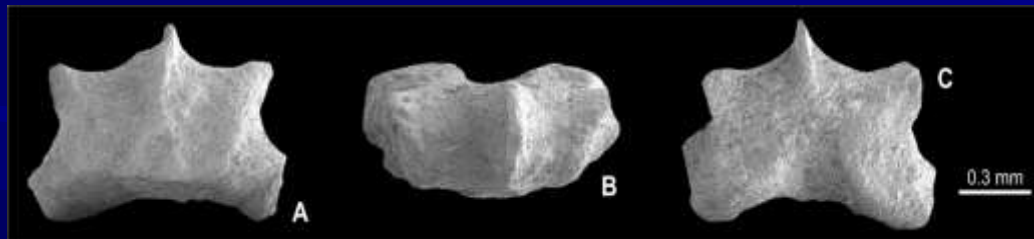




# Происхождение голотурий - ???



*Palaeocucumaria hunsrueckiana*

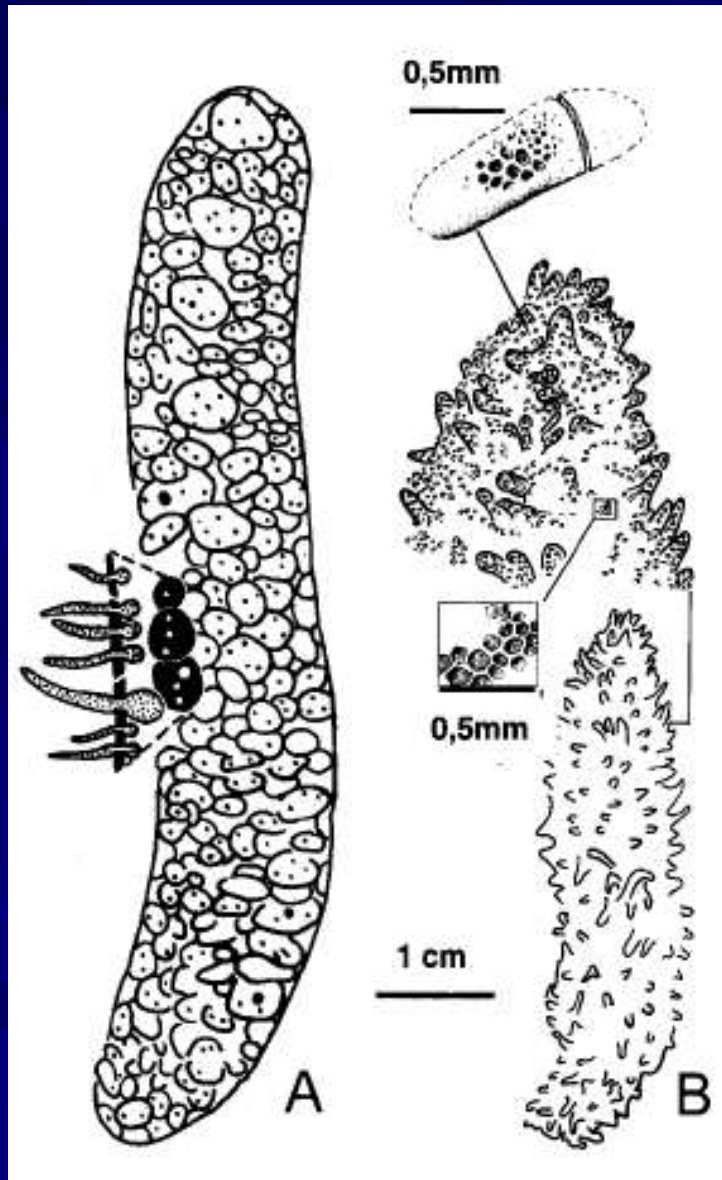


*Palaeocucumaria* sp. nov. (Arthrochirotida), radial element of the calcareous ring in different views. A: outer view, B: anterior view, C: inner view. Late Silurian of Gotland, Sweden; Eke Fm. (Ludfordian), Petsarve (Reich, 2010).



(R.Haude, 2002)

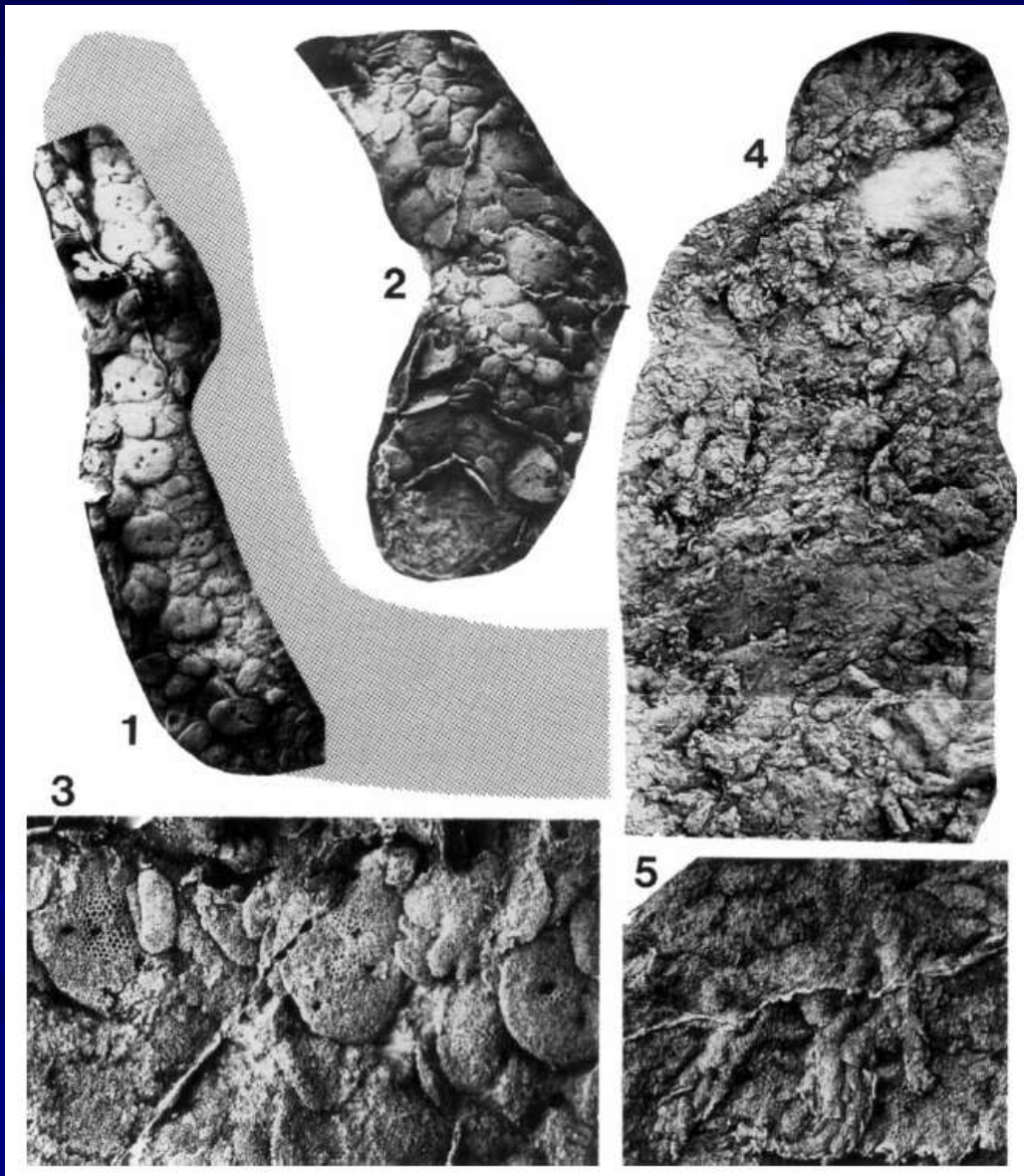
# Происхождение голотурий - ???



Palaeozoic pedate holothurians:  
A. Lower Devonian *Prokrustia*.  
B. Middle Devonian *Podolepithuria*



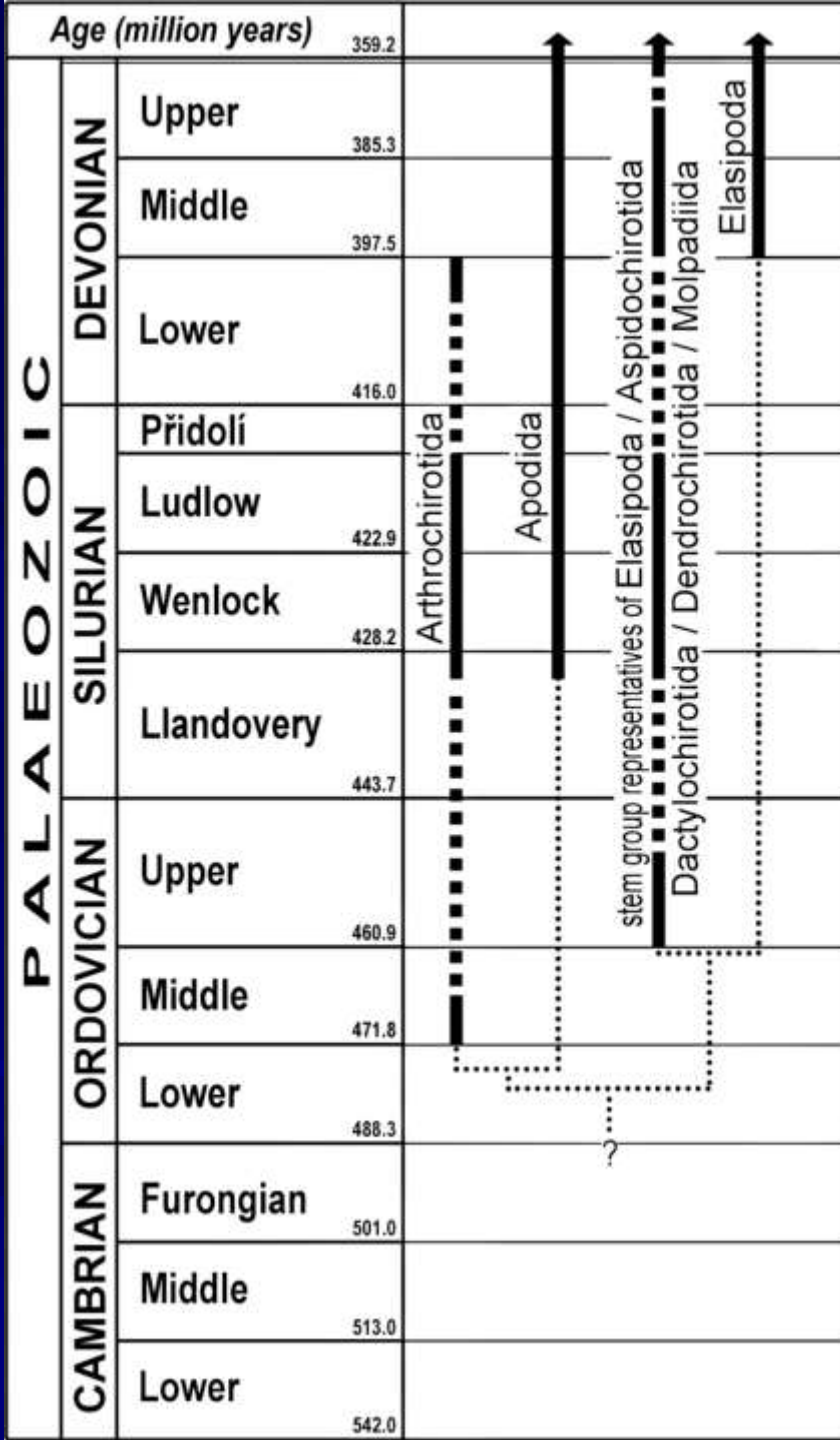
# Происхождение голотурий - ???



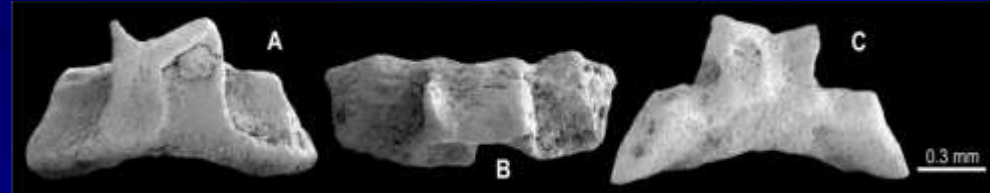
1-3. *Prokrustiu tabuliferu*

4-5. *Podolepithuriu walliseri*

(R.Haude, 2002)



## Stratigraphic distribution and inferred phylogeny of Holothuroidea (Reich, 2010)



Gen. et sp. nov. (Apodida: ?Myriotrochidae), element of the calcareous ring in different views. A: outer view, B: anterior view, C: inner view. The perforation for the radial nerve is filled with sediment, but well visible. Late Silurian of Gotland, Sweden; Eke Fm. (Ludfordian), Petsarve (Reich, 2010).