

# Echinodermata



# Echinodermata



# История группы

- Jacob Klein, 1734 – ввел название Echinodermata (для морских ежей).
- Carl Linnaeus, Systema naturae (10<sup>th</sup>), 1758 – class Vermes (orders Intestina, Mollusca (*Asterias*, *Echinus*, *Holothuria*), Testacea, Lithophyta, Zoophyta).
- J.G. Bruguière, 1791: class Vermes (orders Intestina, Mollusca, Echinodermata, Testacea, Lithophyta, Zoophyta).
- Jean-Baptiste Lamarck, 1801 – 7 classes Mollusca, Crustacea, Arachnida, Insecta, Vermes, Radiata (Mollasses + Echinodermata), Polypi.
- H. Frey & R. Leuckart, 1847 – phylum Echinodermata.
- R. Leuckart, 1854 – phylum Echinodermata.
- T.H. Huxley, 1875 - Enterocoela (Echinodermata, Chaetognatha, Hemichordata, Chordata=Deuterostomia), Schizocoela (Mollusca, Polychaeta, Arthropoda), Epicoela (Tunicata, Coelphalochordata).
- I. Metschnikoff (Илья Ильич Мечников), 1881 – Ambulacraria = Echinodermata + Hemichordata.
- K.C. Schneider, 1903 - Enterocoela = Echinodermata, Hemichordata, Chaetognatha, Chordata.
- K. Grobben, 1908 – Deuterostomia = Echinodermata, Hemichordata, Chaetognatha, Chordata.
- F.A. Bather, 1900 – Echinodermata = Pelmatozoa + Eleutherozoa.

# Echinodermata

- П/т Homalozoa (Camb.-Dev.)

- Ctenocystoidea
- Homostelea
- Stylophora
- Homoiosteala

- П/т Blastozoa

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

- П/т Crinozoa (sensu stricto Pelmatozoa)

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

- П/т Echinozoa

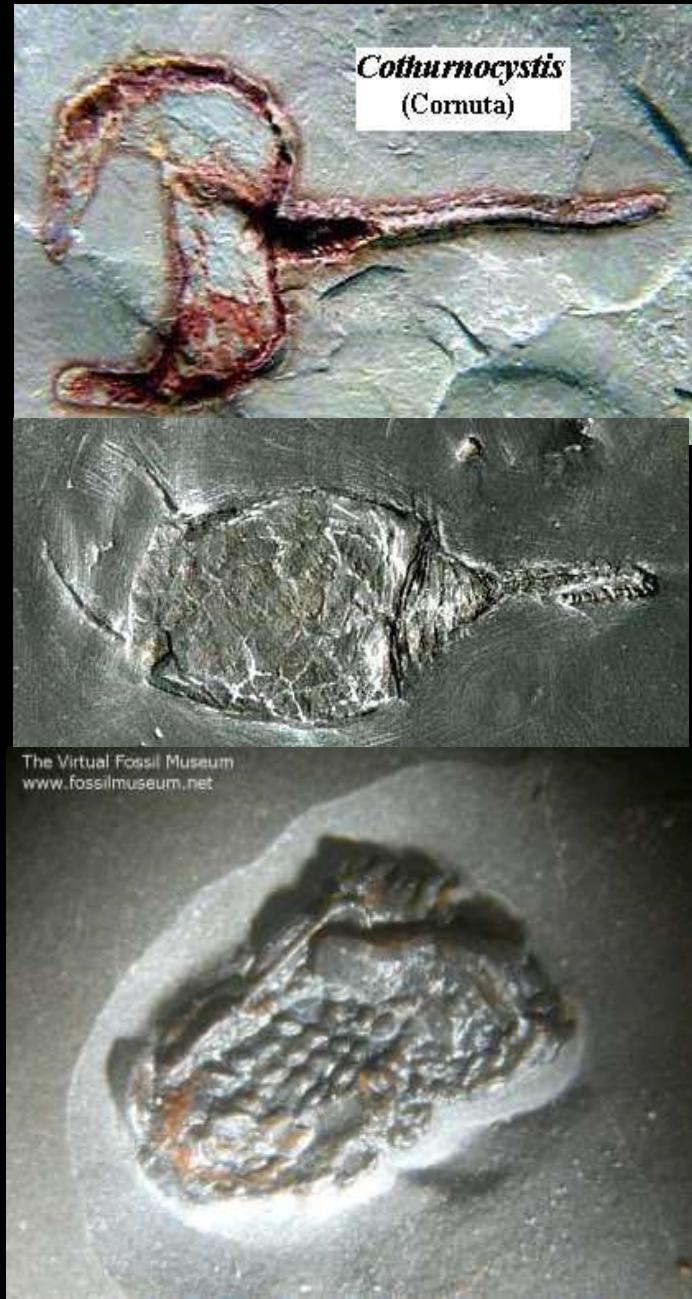
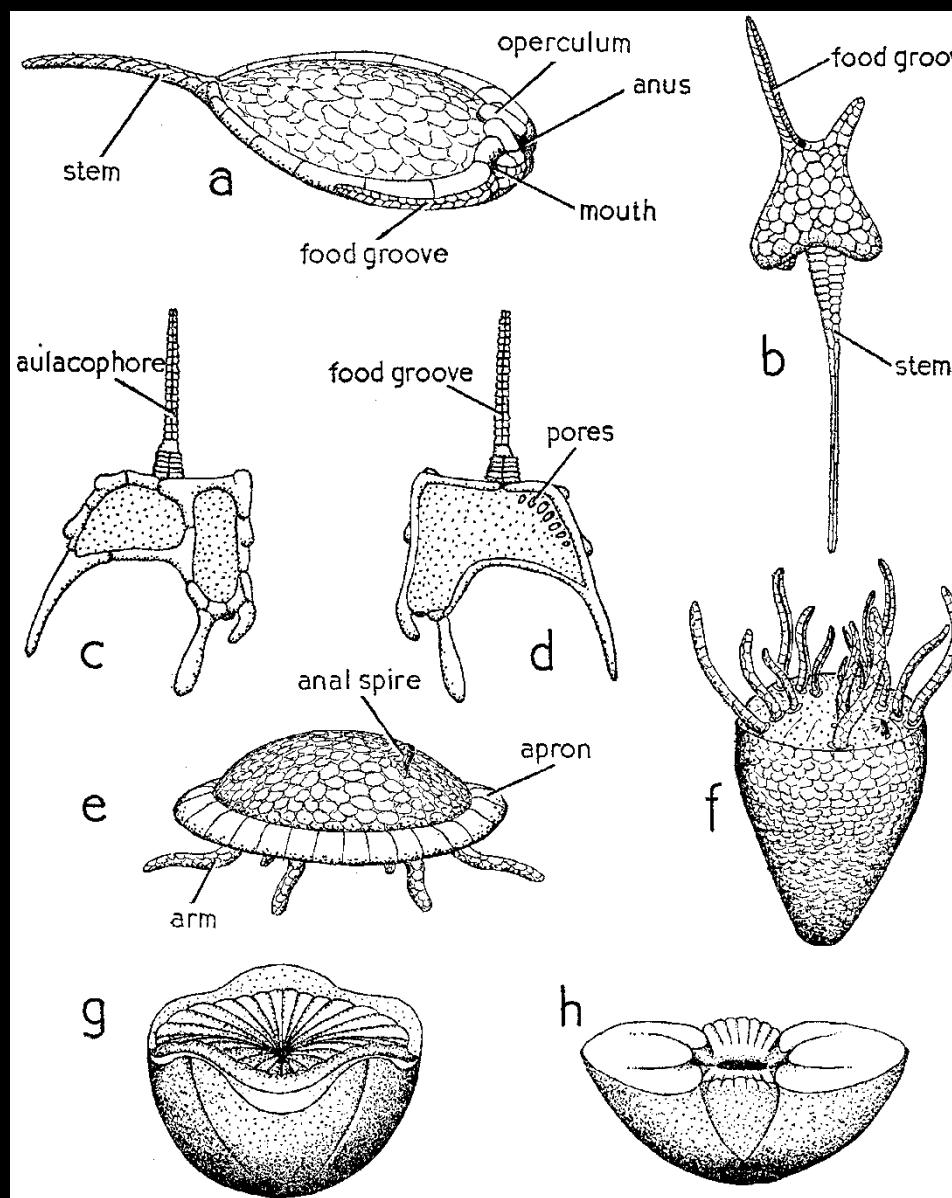
- Camptostromatoidea (Camb.)
- Helicoplacoidea (Camb.)
- Edrioasteroidea (Camb.-Carb.)
- Edrioblastoidea (Ord.)
- Cyclocystoidea (Ord.-Dev.)
- Ophiocystoidea (Ord.-Carb.)
- Echinoidea (Ord.-pr.)
- Holothuroidea (Ord.-pr.)

- П/т Asterozoa (Stelleroidea)

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



# Homalozoa



# Echinodermata

- П/т Homalozoa (Camb.-Dev.)

- Ctenocystoidea
- Homostelea
- Stylophora
- Homoiosteala

- П/т Blastozoa

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

- П/т Crinozoa (sensu stricto Pelmatozoa)

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

- П/т Echinozoa

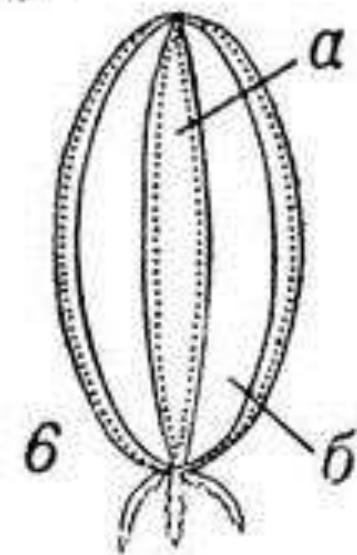
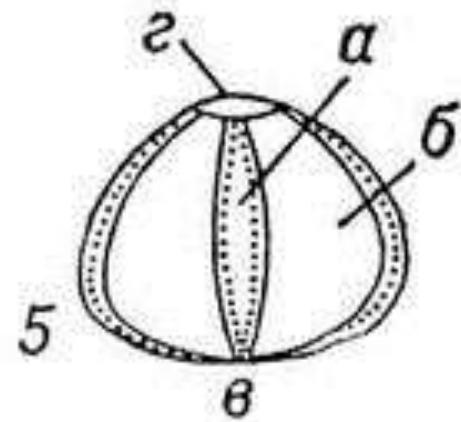
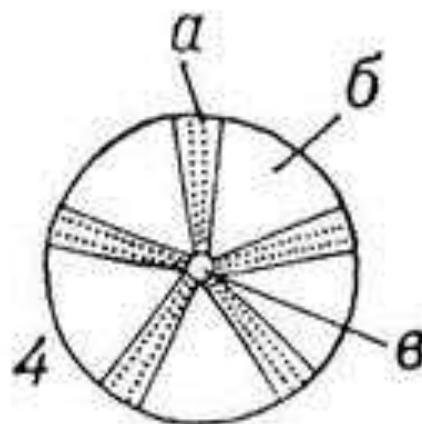
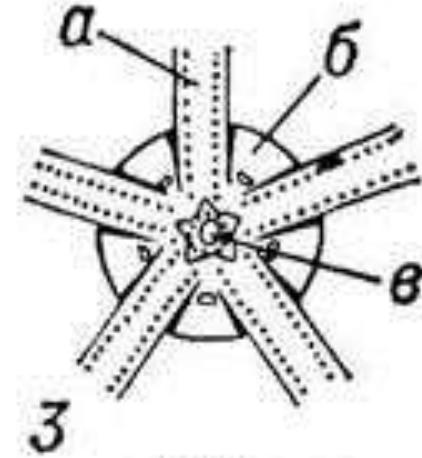
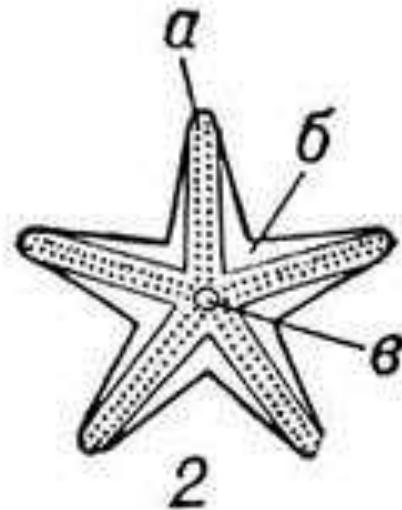
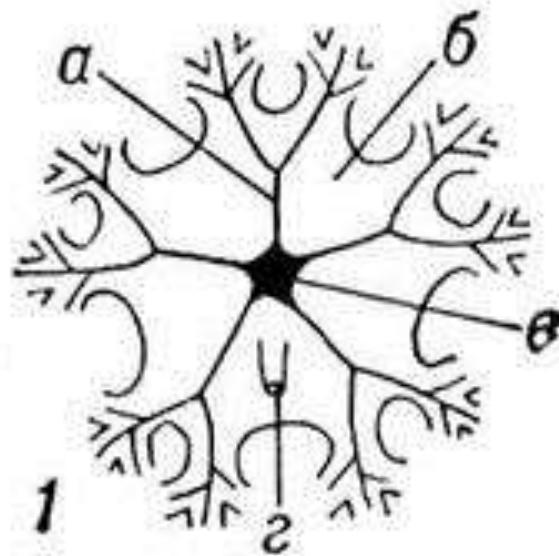
- Camptostromatoidea (Camb.)
- Helicoplacoidea (Camb.)
- Edrioasteroidea (Camb.-Carb.)
- Edrioblastoidea (Ord.)
- Cyclocystoidea (Ord.-Dev.)
- Ophiocystoidea (Ord.-Carb.)
- Echinoidea (Ord.-pr.)
- Holothuroidea (Ord.-pr.)

- П/т Asterozoa (Stelleroidea)

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



# План строения иглокожих: классы современных представителей



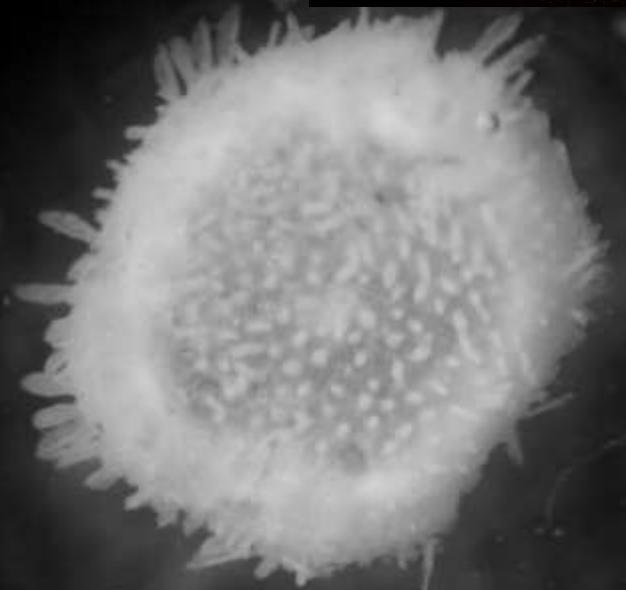
# Concentricycloidea: a new class or a group of uncommon sea stars?

*Xyloplax turnerae* - male



*Xyloplax medusiformis*

PHOTO BY DANIEL JANIES



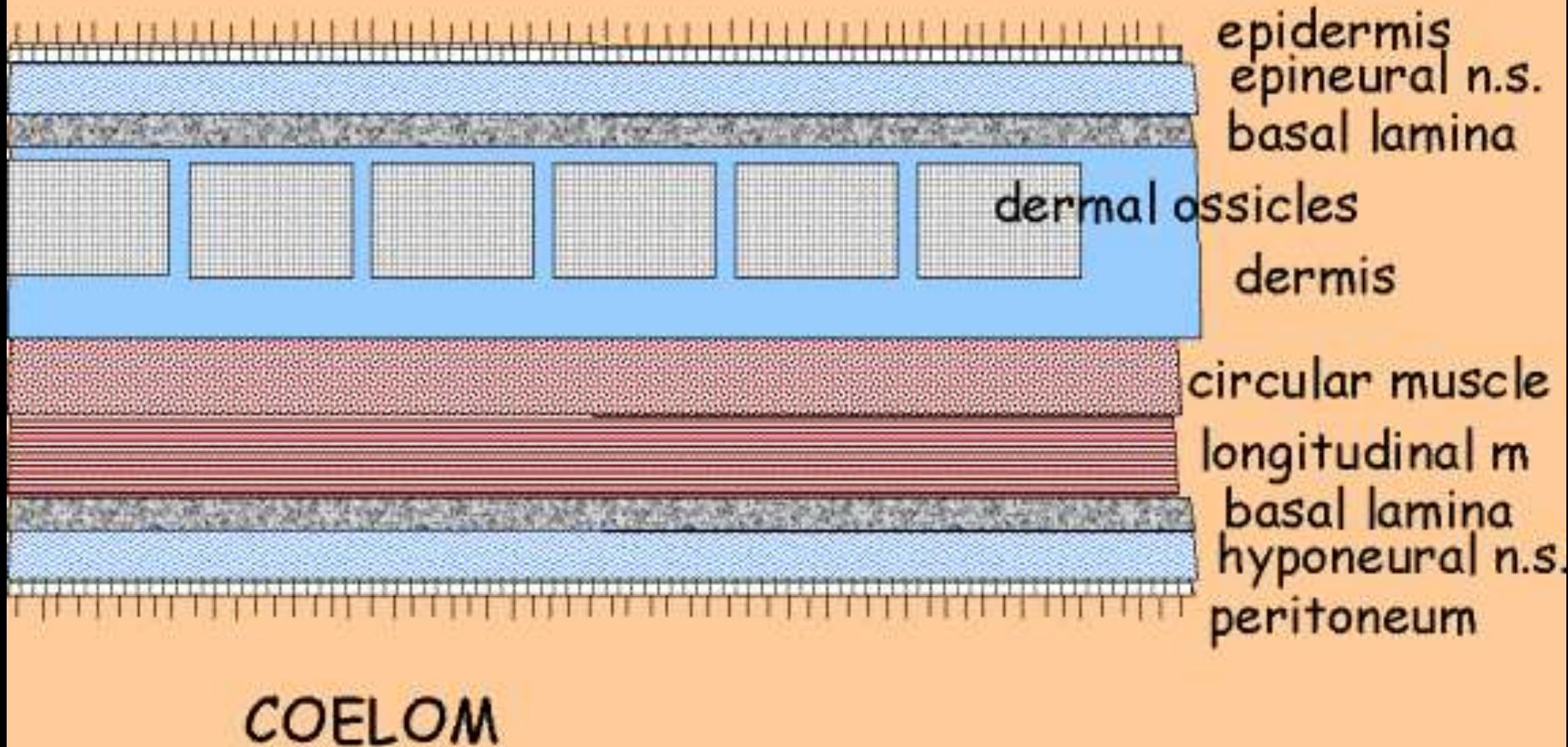
*Xyloplax janetae*



Sea daisies

# Echinoderm Body Wall

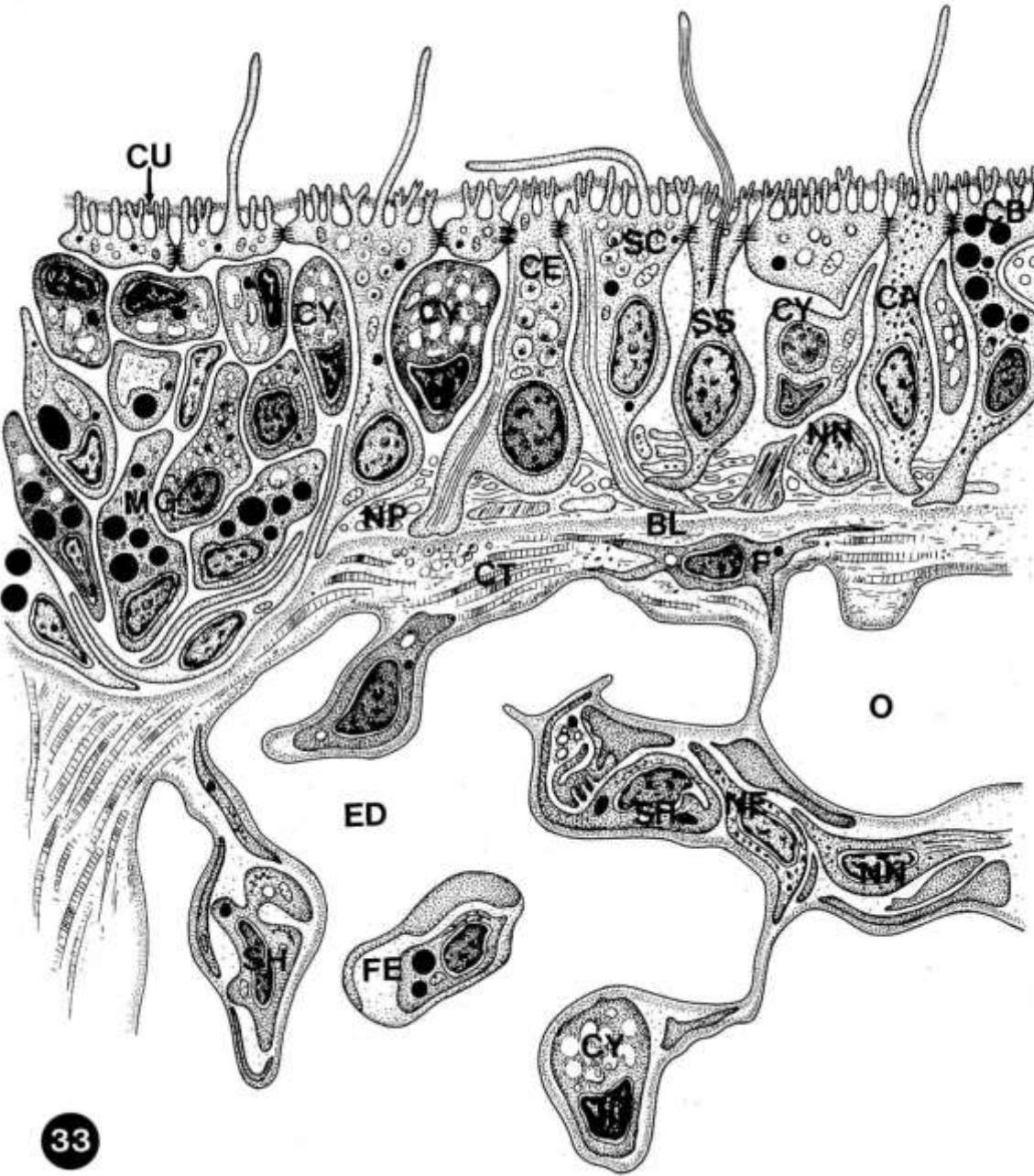
SEA



# Echinoderm Body Wall

E

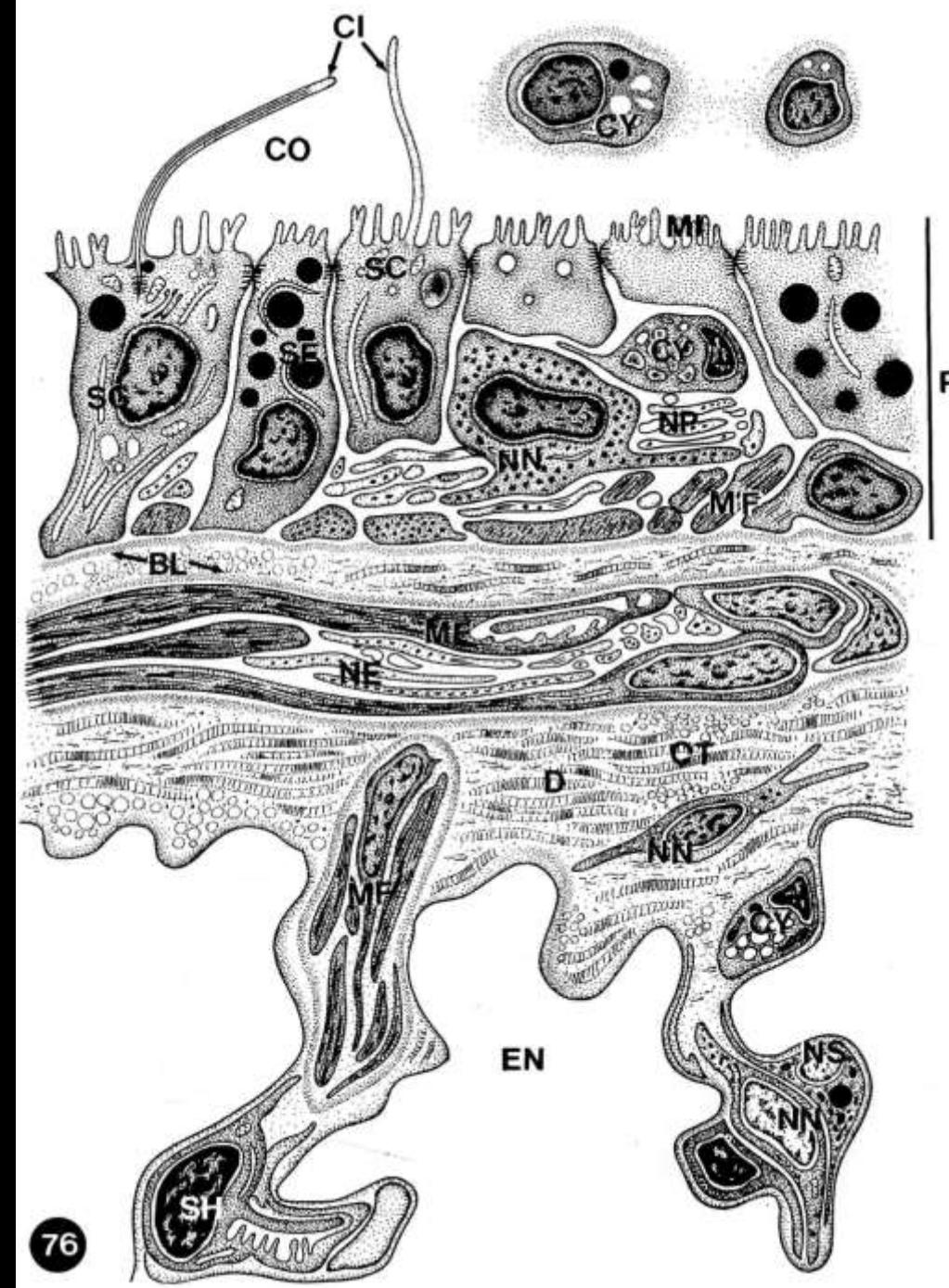
D



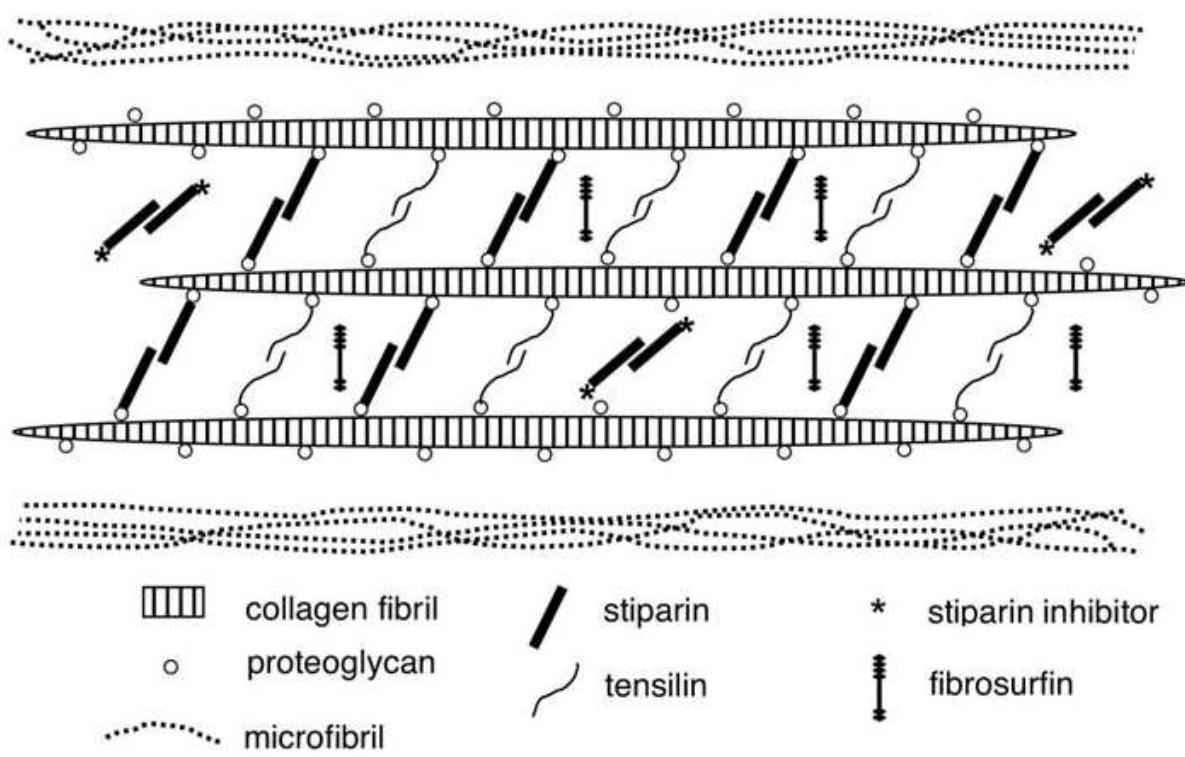
A diagrammatic representation of the composition of the epidermis and part of the dermis of the body wall showing the cuticle (CU), epidermis (E), dermis (D), and basal lamina (BL). Epidermis: CY, celomocytes; SC, a supporting cell; SS, a sensory cell; MG, a multicellular gland; NP, nerve plexus; NN, a neuron; CA, a type A secretory cell; CB, a type B secretory cell; CE, a type E secretory cell. Dermis: CT, connective tissue; O, ossicle; ED, endoskeleton showing fenestrae (FE); F, fibroblast-like cell; SH, sclerocytes; CY, coelomocytes; NN, a neuron; NE, a neurosecretory cell (Chia, Koss, 1994).

# Echinoderm Body Wall

Diagrammatic representation of the interior part of the body wall that faces the coelom (CO). The coelomic lining (P) is composed of supporting cells (SC) with microvilli (MI) and a cilium (CI), coelomocytes (CY), neurons (NN), secretory cells (SE), myoepithelial cells (MF), and nerve plexus (NP). Note that some of the coelomocytes (CY) are free in the coelomic fluid. The coelomic lining is separated from the dermis (D) by a basal lamina. Muscle bands, which are housed within the dermis, are enclosed by a basal lamina (BL) and contain a complement of neurites (NE) and myoepithelial cells (MF). Also shown are connective tissue (CN), neurons (NN), and the endoskeleton (EN). The fenestrae show sclerocytes (SH), coelomocytes (CY), neurosecretory cells (NS), and neurons (NN) (Chia, Koss, 1994).



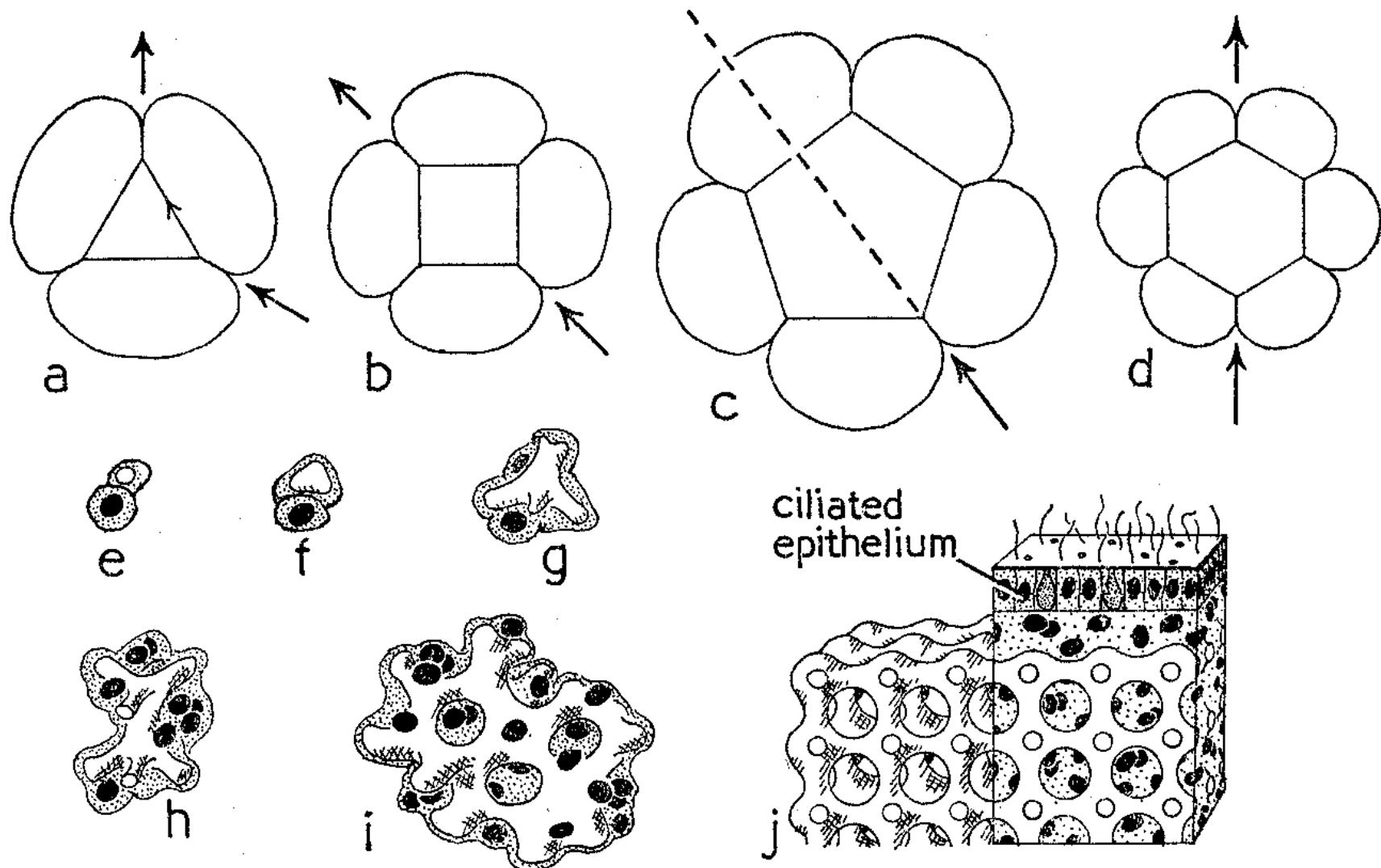
# Mutable Collagenous Tissue (MCT)



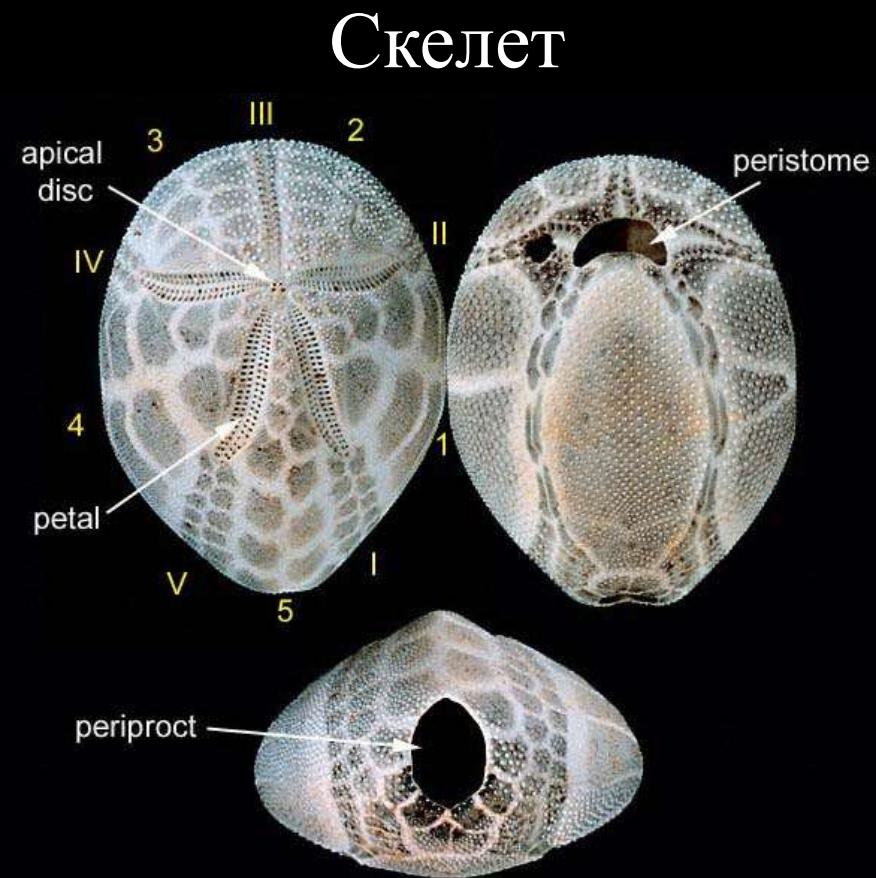
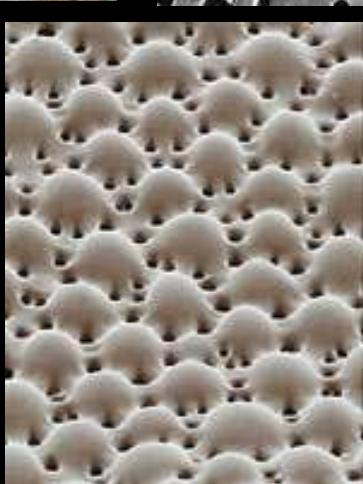
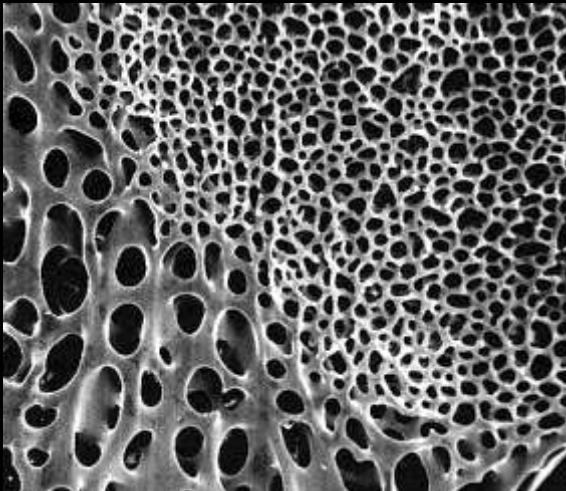
Model of MCT molecular organisation, which is based on current evidence and assumes that the few mutable structures from which that evidence has been derived are representative. Most MCT consists of parallel aggregates of discontinuous, spindle-shaped collagen fibrils to which are attached PGs (proteoglycans) and other GAG-containing (glycosaminoglycans) molecules whose functions include serving as binding sites for molecules responsible for interfibrillar cohesion. Amongst the latter are the proteins stiparin and tensilin, the fibril-aggregating activities of which are modified by a variety of specific inhibitors. The mechanisms by which stiparin and tensilin cause fibril aggregation are incompletely understood. For simplicity, the model assumes that they form dimers that act as interfibrillar crossbridges. Fibril bundles are delimited by loose networks of elastic fibrillin-containing microfibrils that return the tissue to its resting dimensions after it has undergone deformation when in a compliant condition. The functions of fibrosurfin are as yet unknown (Wilkie, 2005).

*Stichopus horrens* Selenka, 1867 before and after dermal liquefaction (photos: Katherine Brunson) (from Clous et al., 2015)

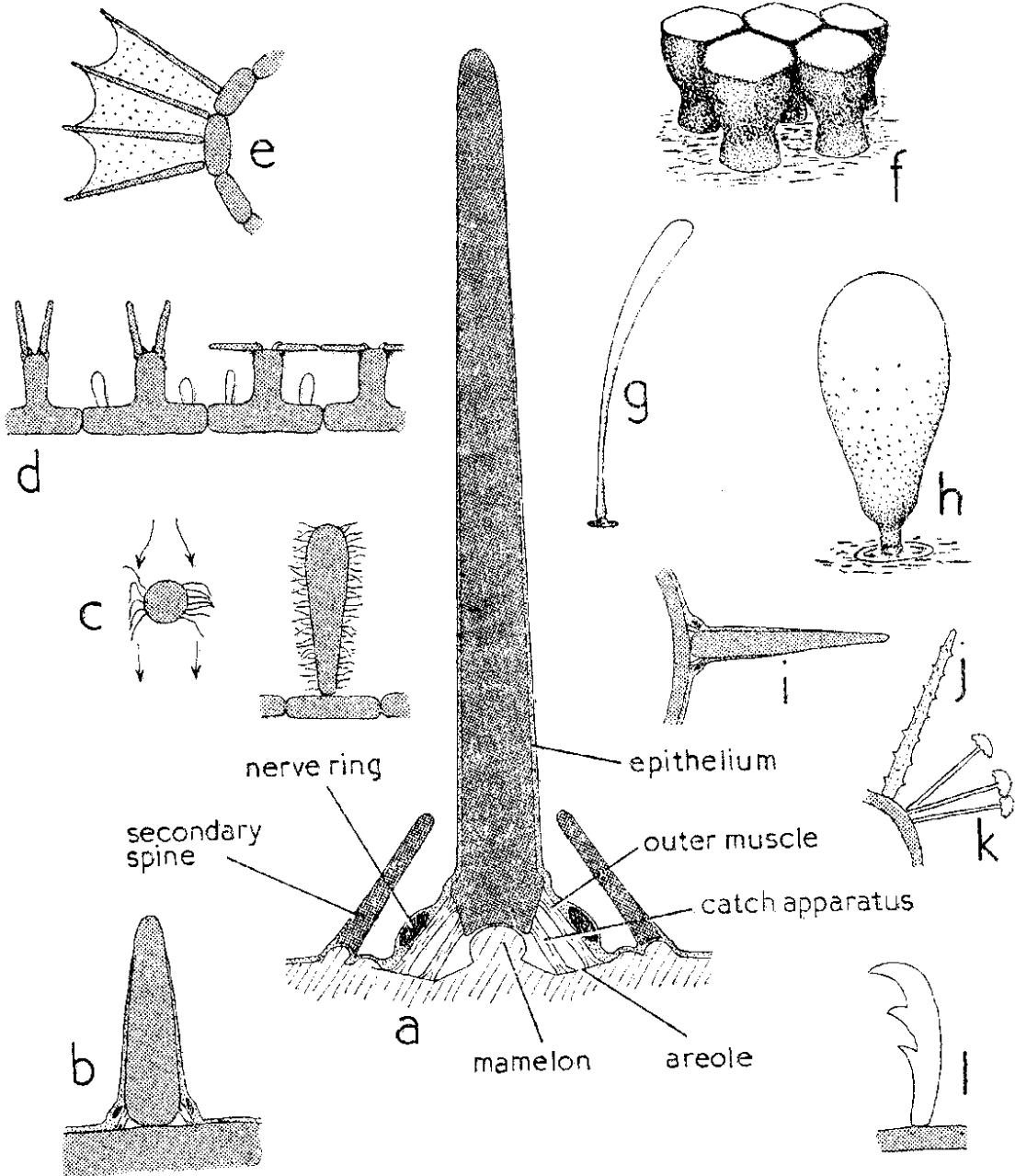
# Скелет



(Nichols, 1969)



# Иглы



а - схема продольного среза через первичную иглу и туберкулем морских ежей.

б-е - иглы морских звезд:

б - простая игла без туберкулема.

с - вид сбоку и сверху на клавулу, видны ресничные ленты.

д - группа из 4 паксилл сaborальной поверхности (Phanerozona). Две паксиллы слева открыты, две справа - закрыты.

е - вееровидные иглы *Pteraster*.

ф-х - иглы морских ежей:

ф - защитные иглы *Colobocentrotus*, уплощенные на верхушке.

г - лопастевидная игла спатангоидов.

х - булавовидная игла ископаемых цидарид, вероятно, ядовитая.

и-л - иглы змеевосток:

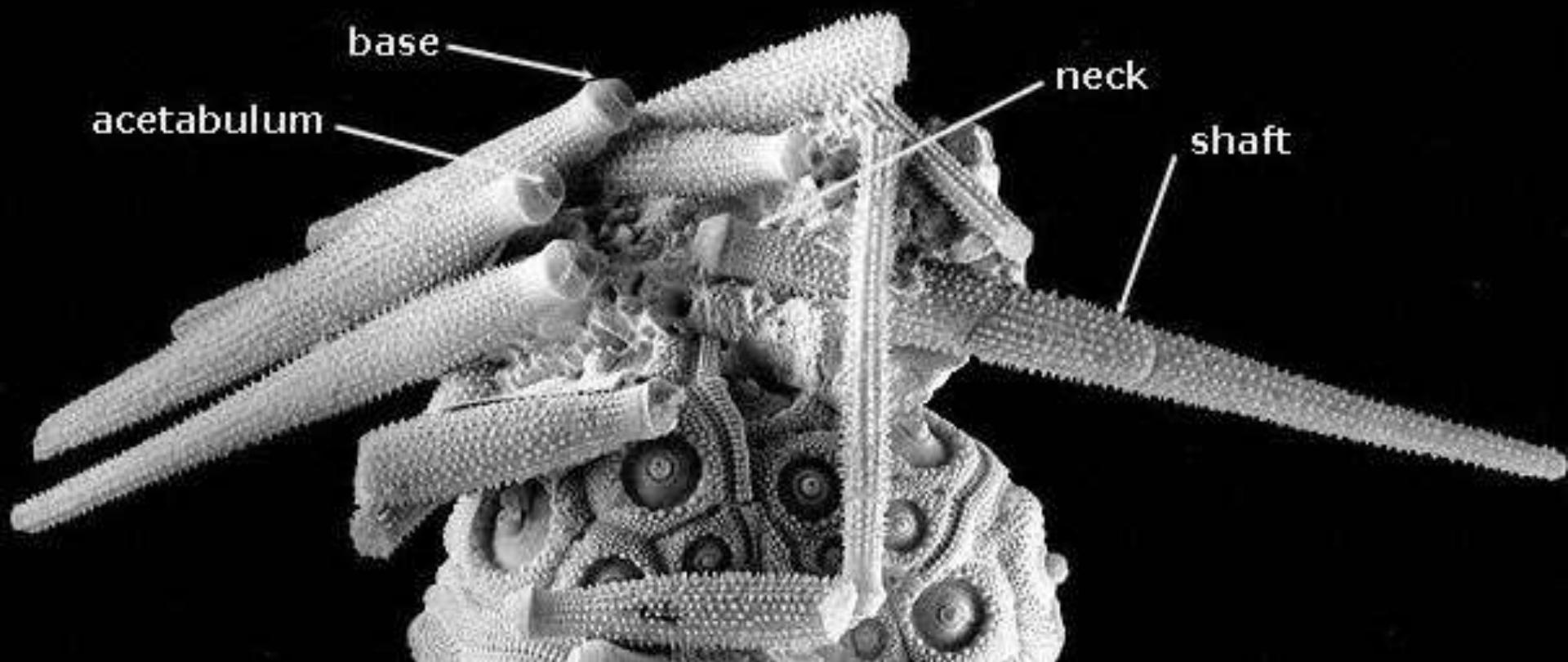
и - простая латеральная игла.

ж - шиповатая игла,

к - зонтиковидная игла *Ophiotholia*.

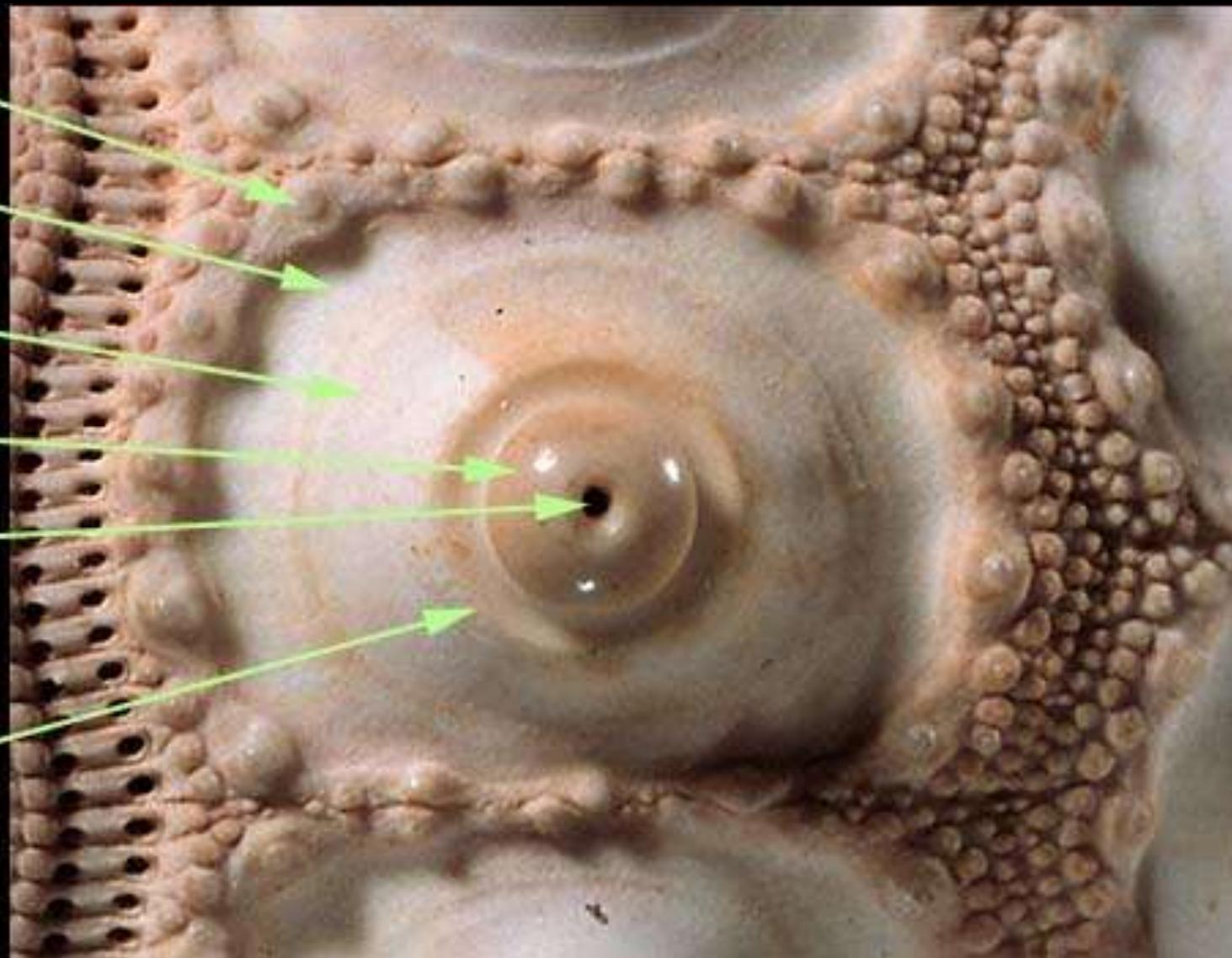
л - крючковатая игла *Ophiothrix*.

# Строение игл: морфология



# Строение перфорированного гладкого туберкула

scrobicular circle  
areole  
boss  
mamelon  
central ligament pit  
parapet



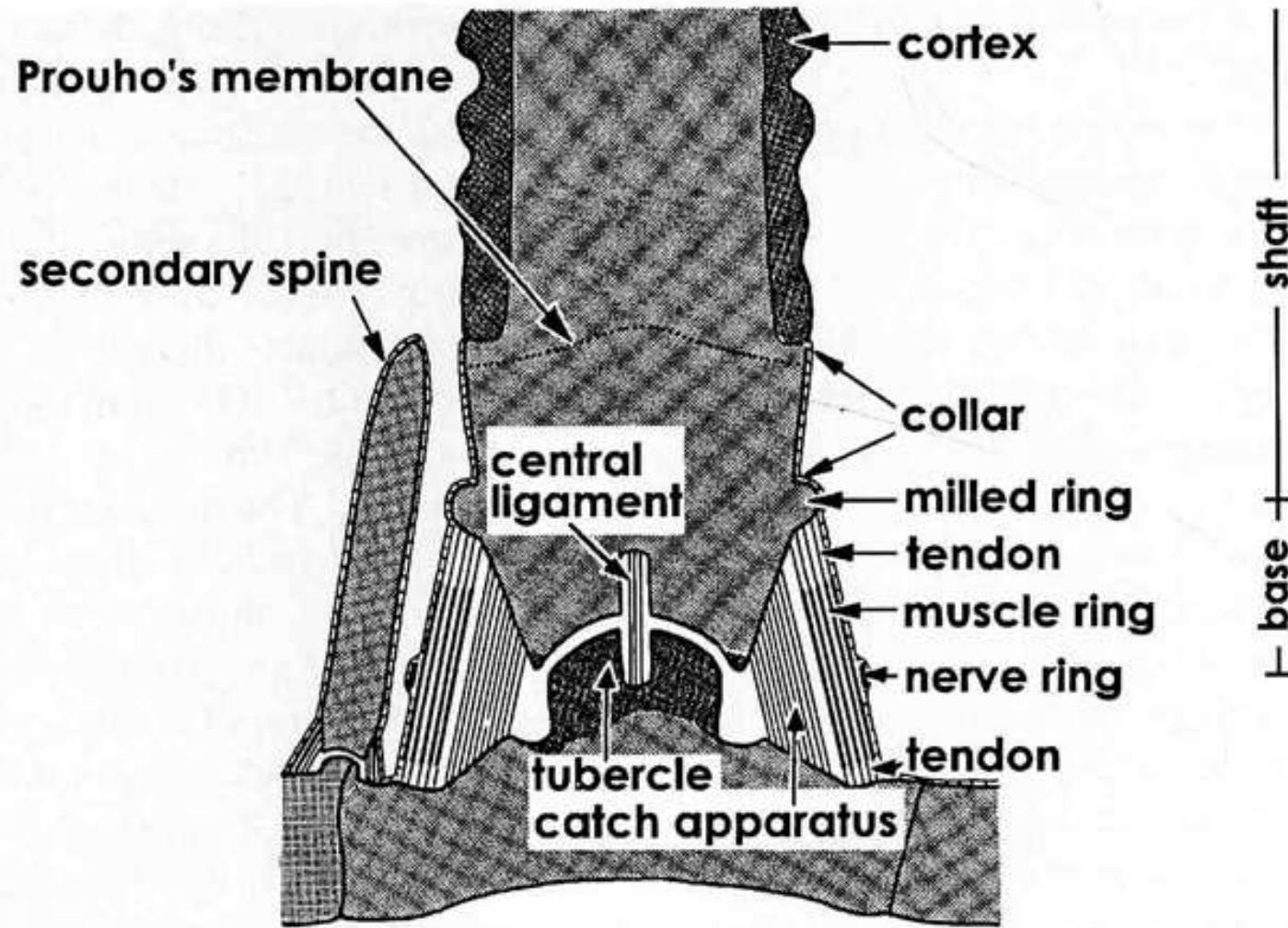
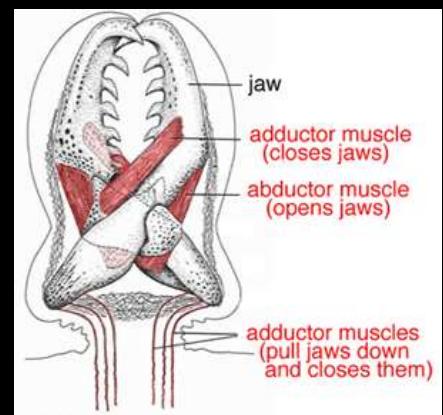
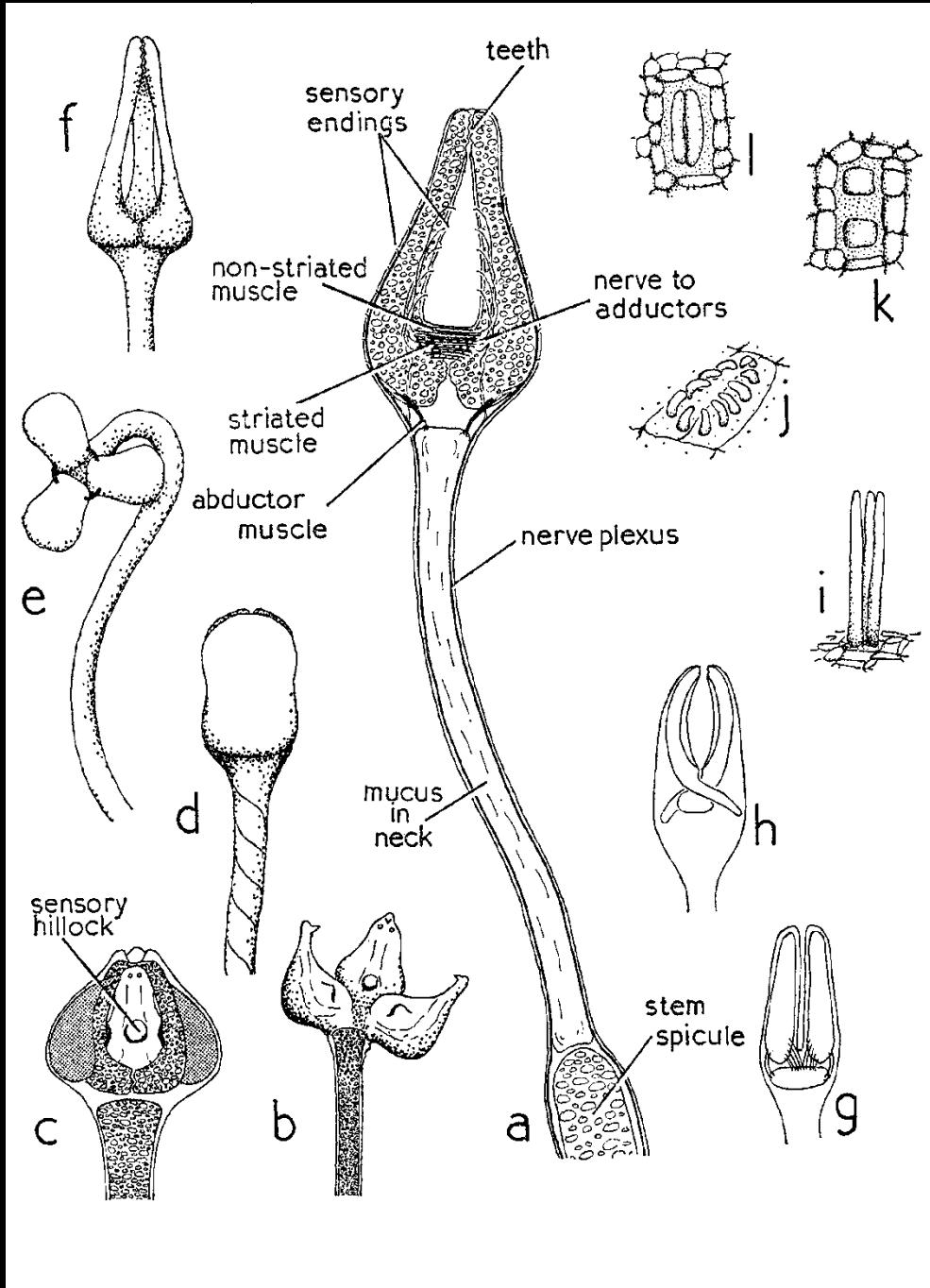


Diagram of a cidaroid primary spine  
(From Cavey and Markel, 1994)

# Педицеллярии



**a** - срез через трехстворчатую педицеллярию морских ежей.

**b-f** - педицеллярии морских ежей:

**b** - ядовитая, открытая;

**c** - закрытая, на срезе показана ядовитая железа.

**d** - офиоцефальная.

**e** - трехстворчатая, открытая.

**f** - трехстворчатая, закрытая.

**g-l** - педицеллярии морских звезд:

**g**- прямая, показана мускулатура.

**h** - крестообразная.

**i** - сидячая.

**j** - гребенчатые.

**k** - грануловидные.

**l** - вальватная.

(Nichols, 1969)



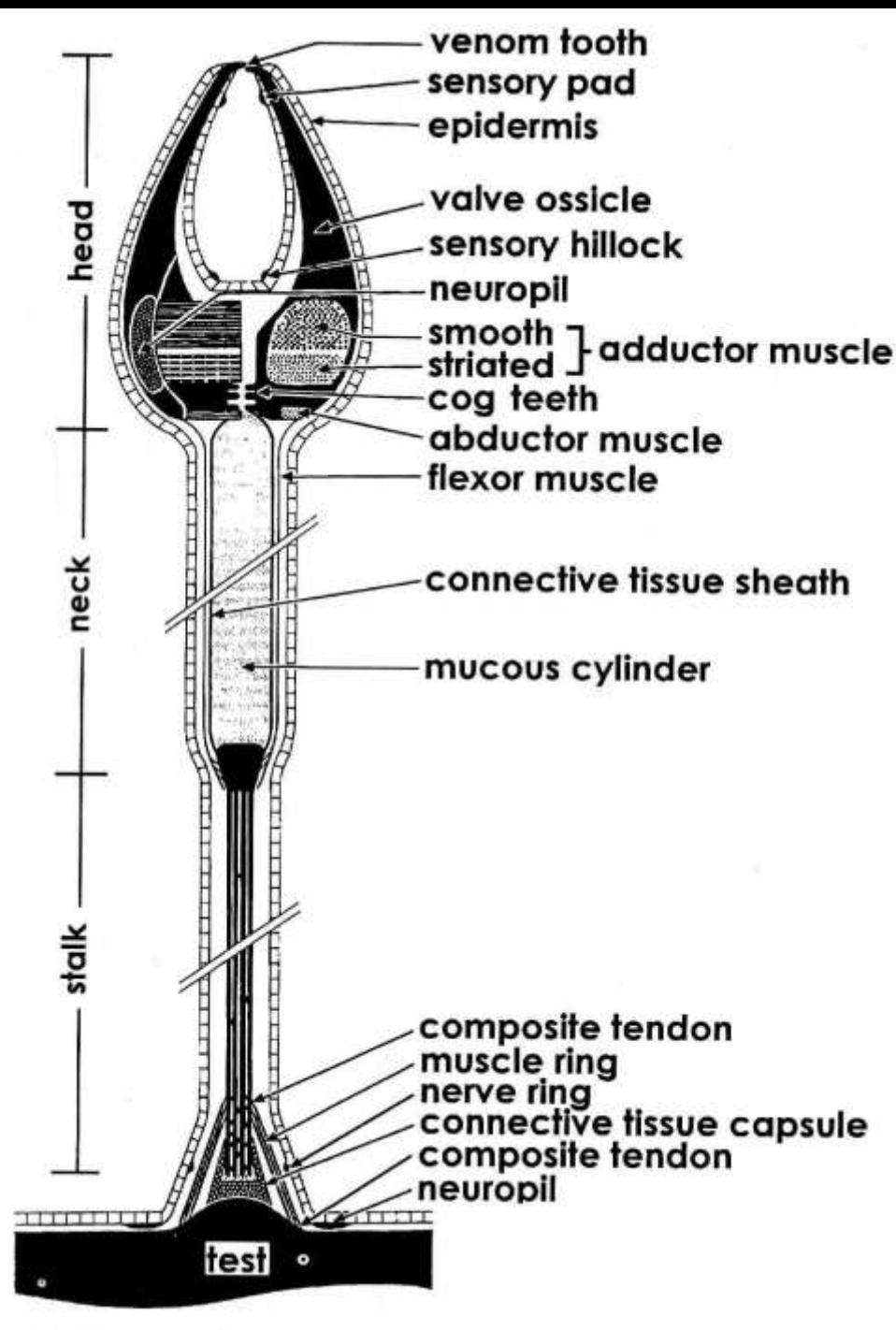
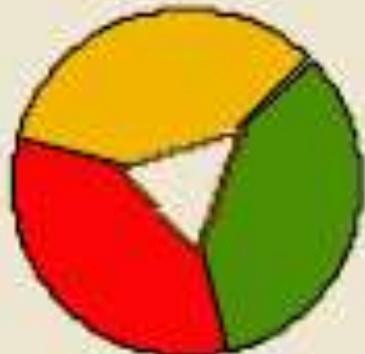


Diagram of a pedicellaria  
(From Cavey and Markel, 1994).

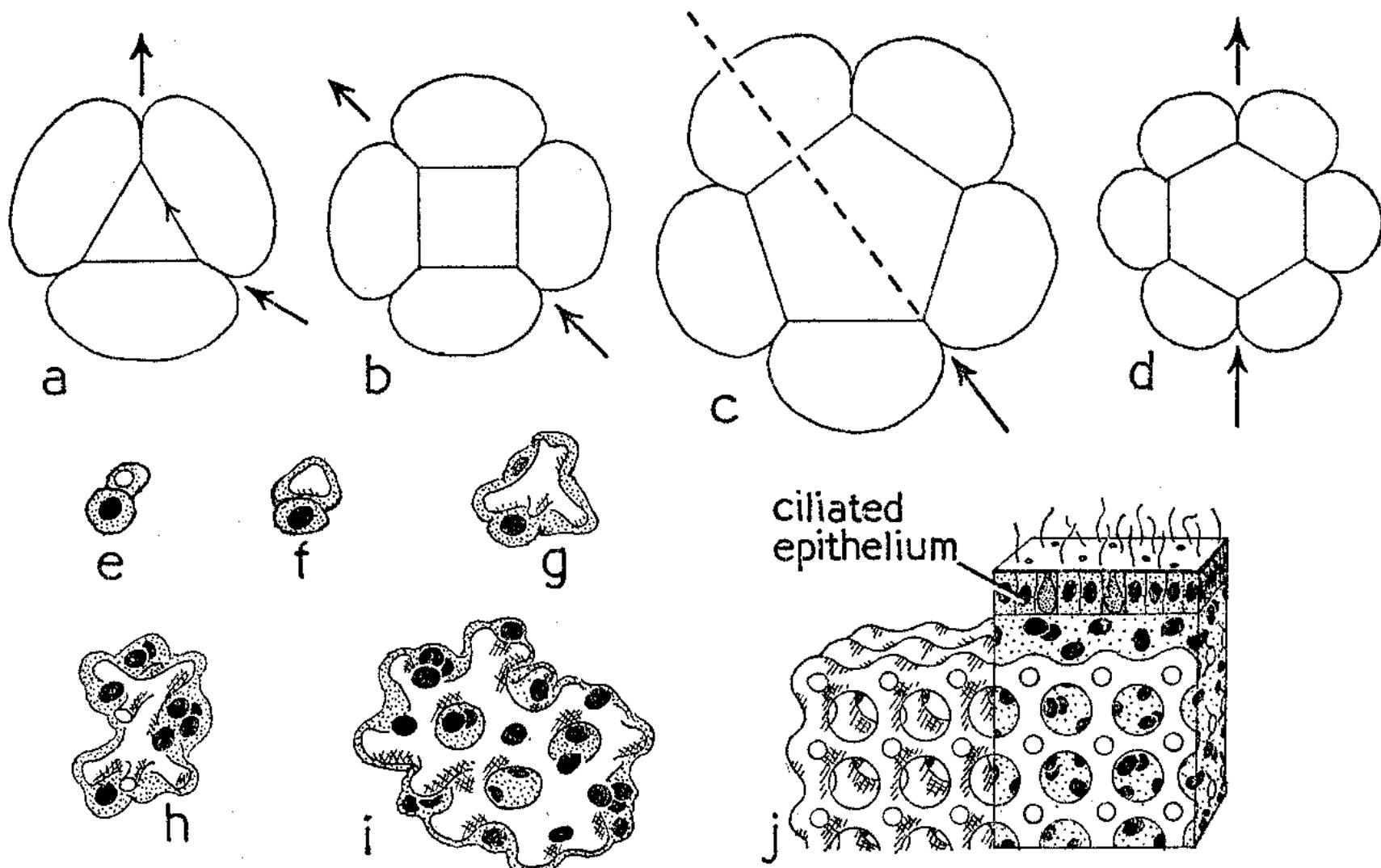
Скелет.

Пятиугольная конструкция самая крепкая?

### Pentaradiate symmetry

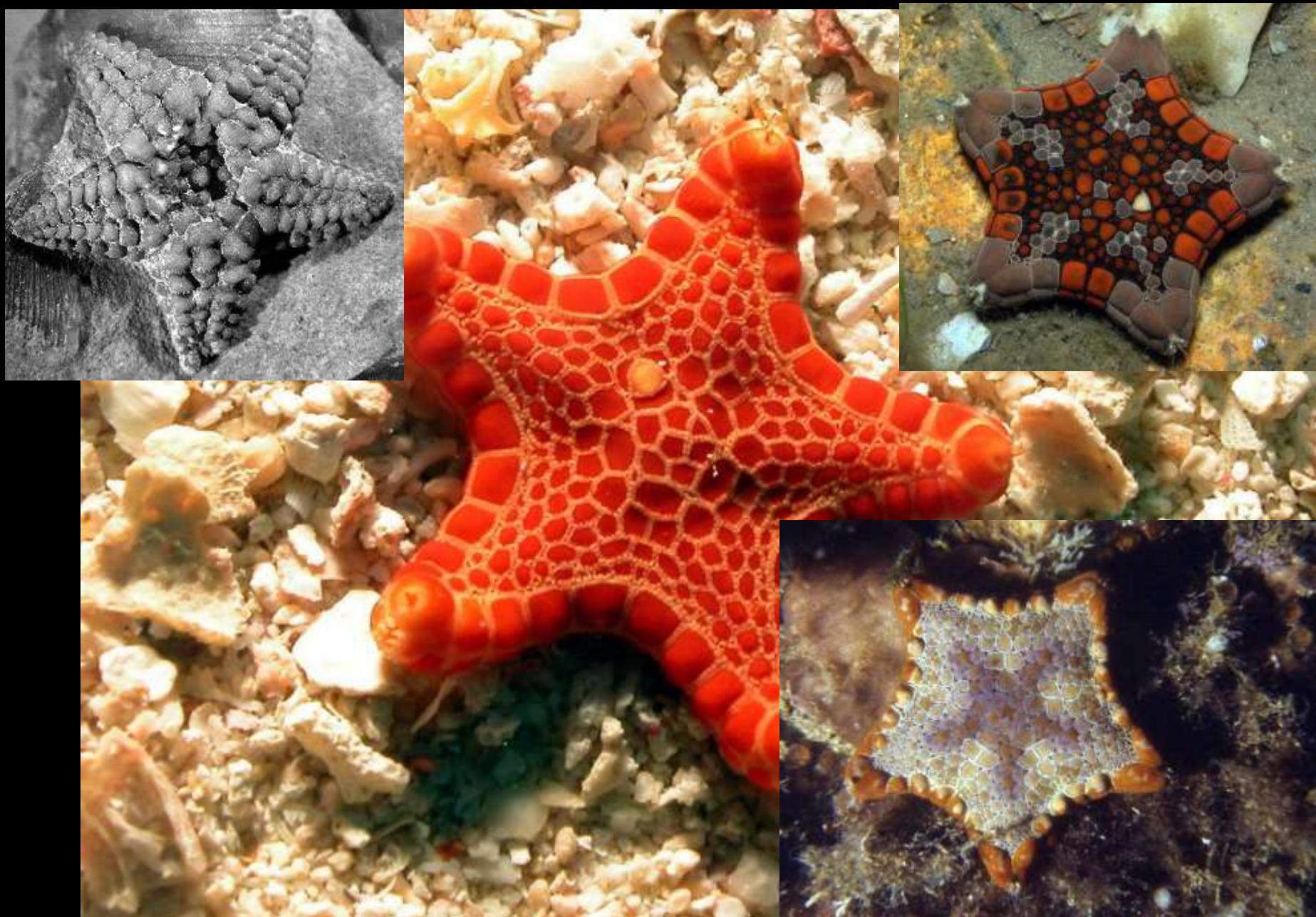


# Скелет

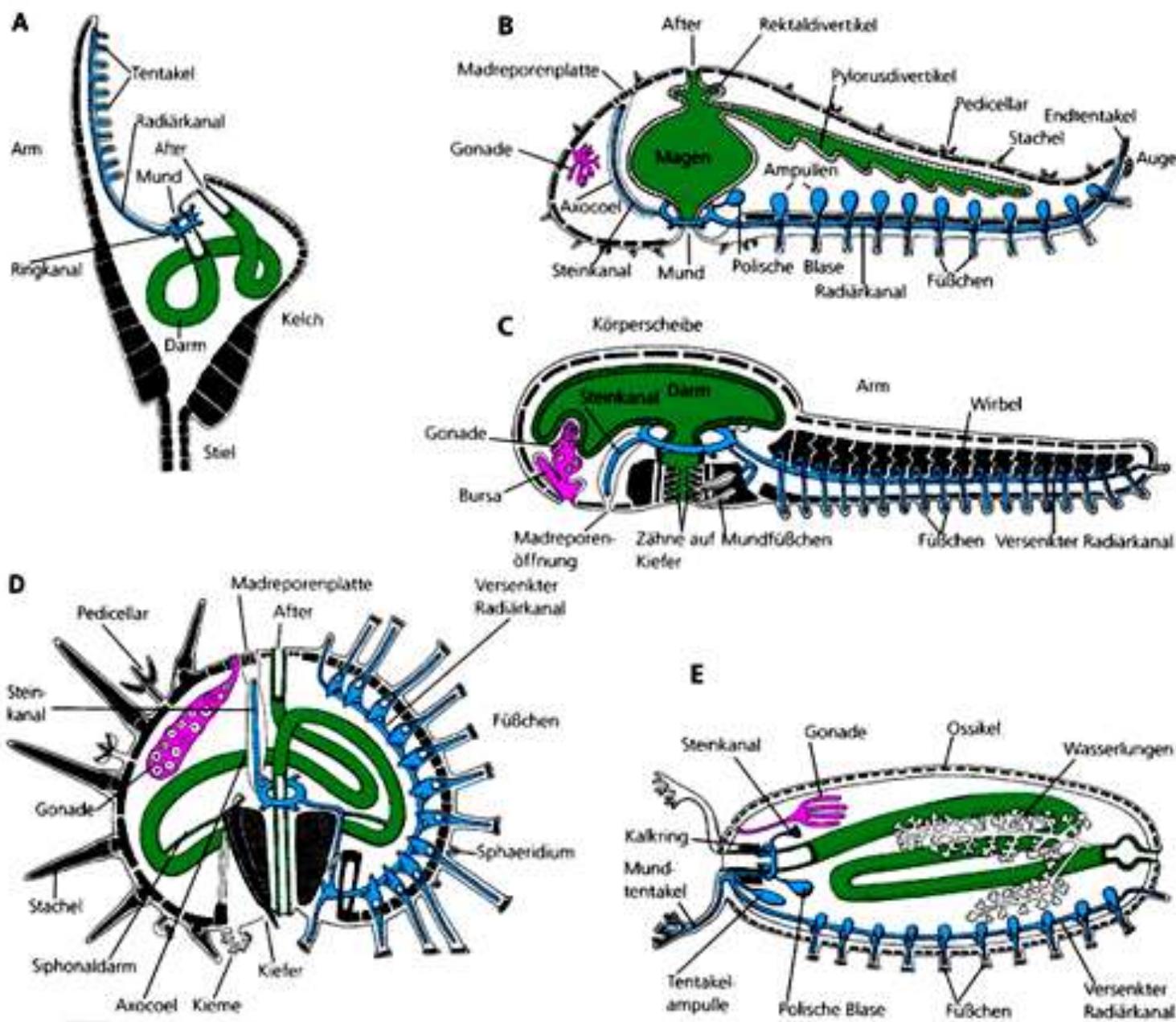


(Nichols, 1969)

# *Hudsonaster* (Ord.) & *Tosia* (Recent)

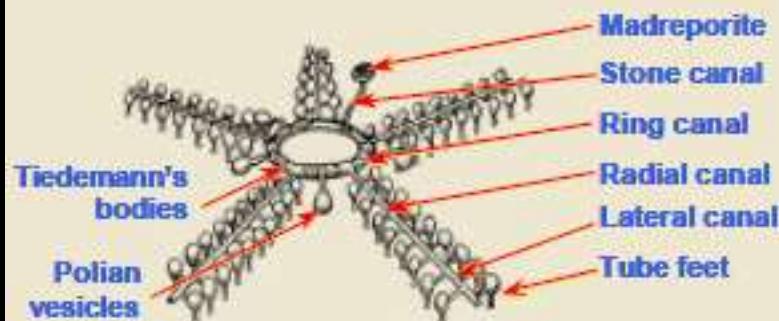


# Строение иглокожих: классы

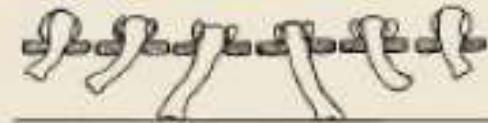


# Водно-сосудистая система

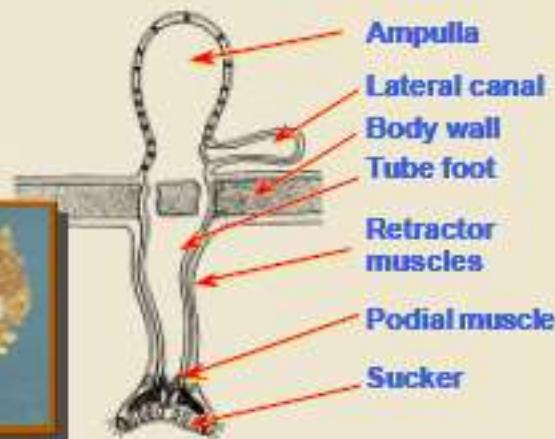
Water vascular system



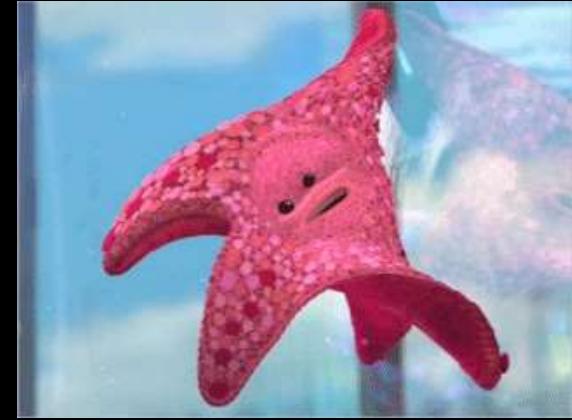
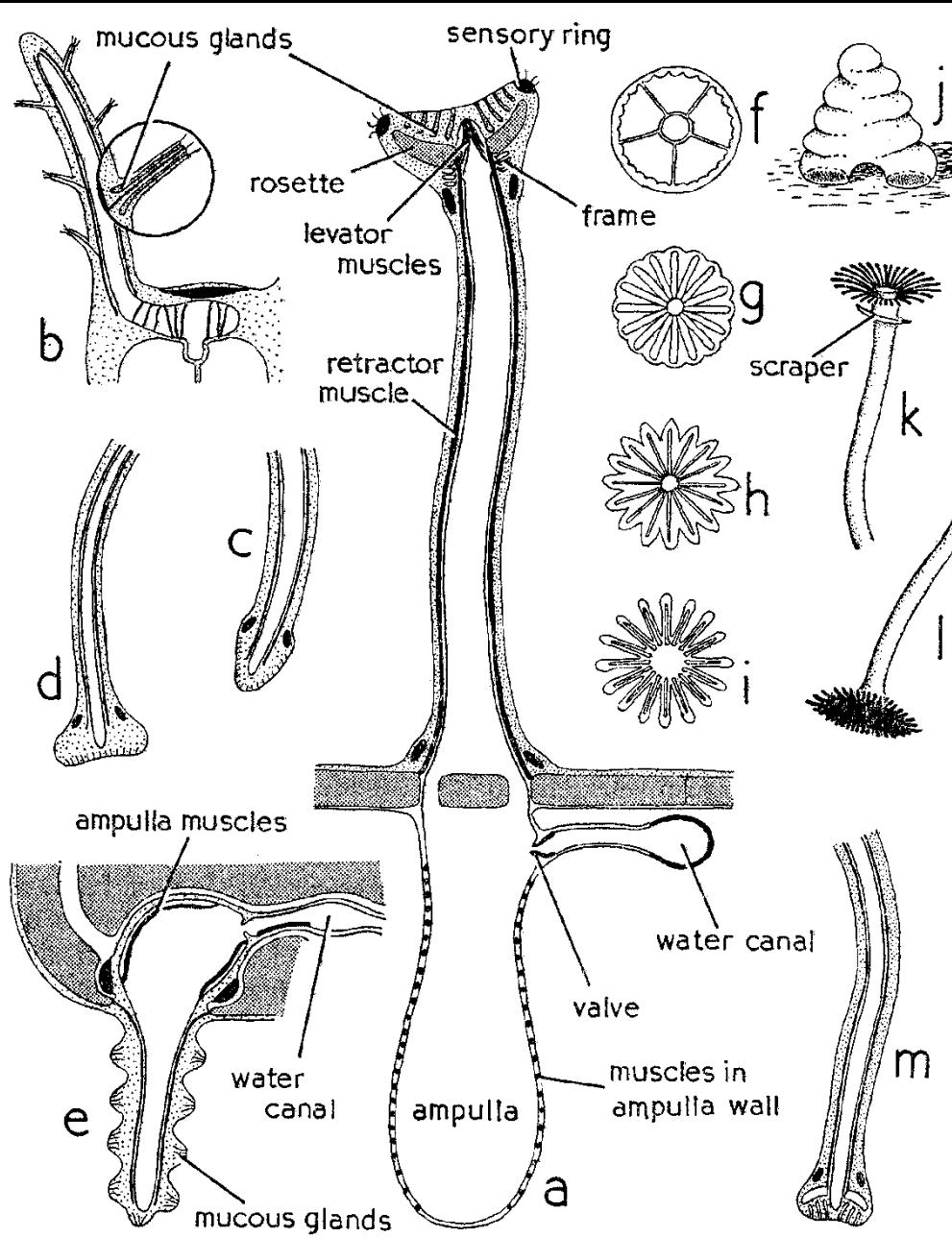
Movement of tube feet



Tube foot



# Амбулакральные ножки

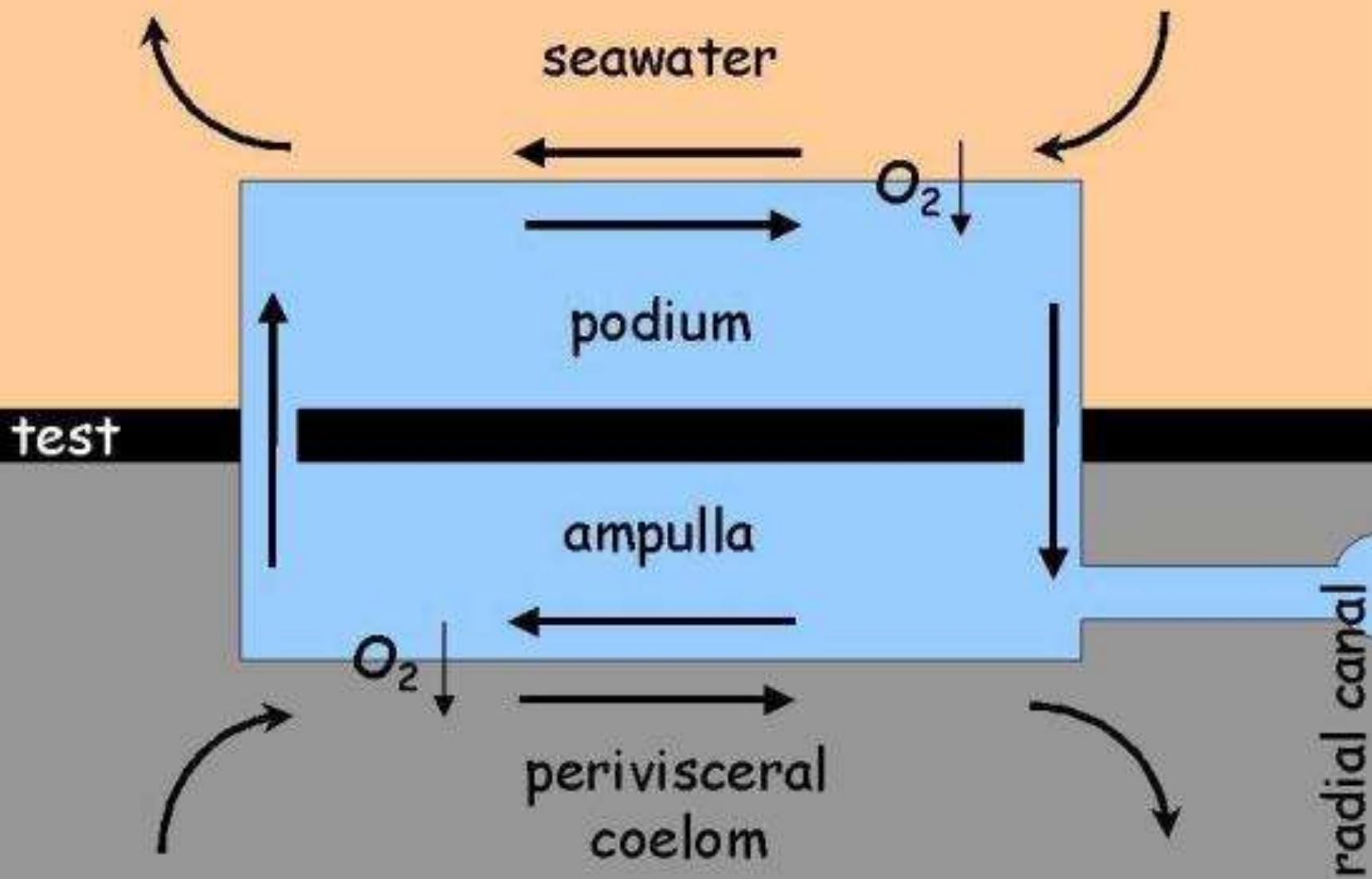


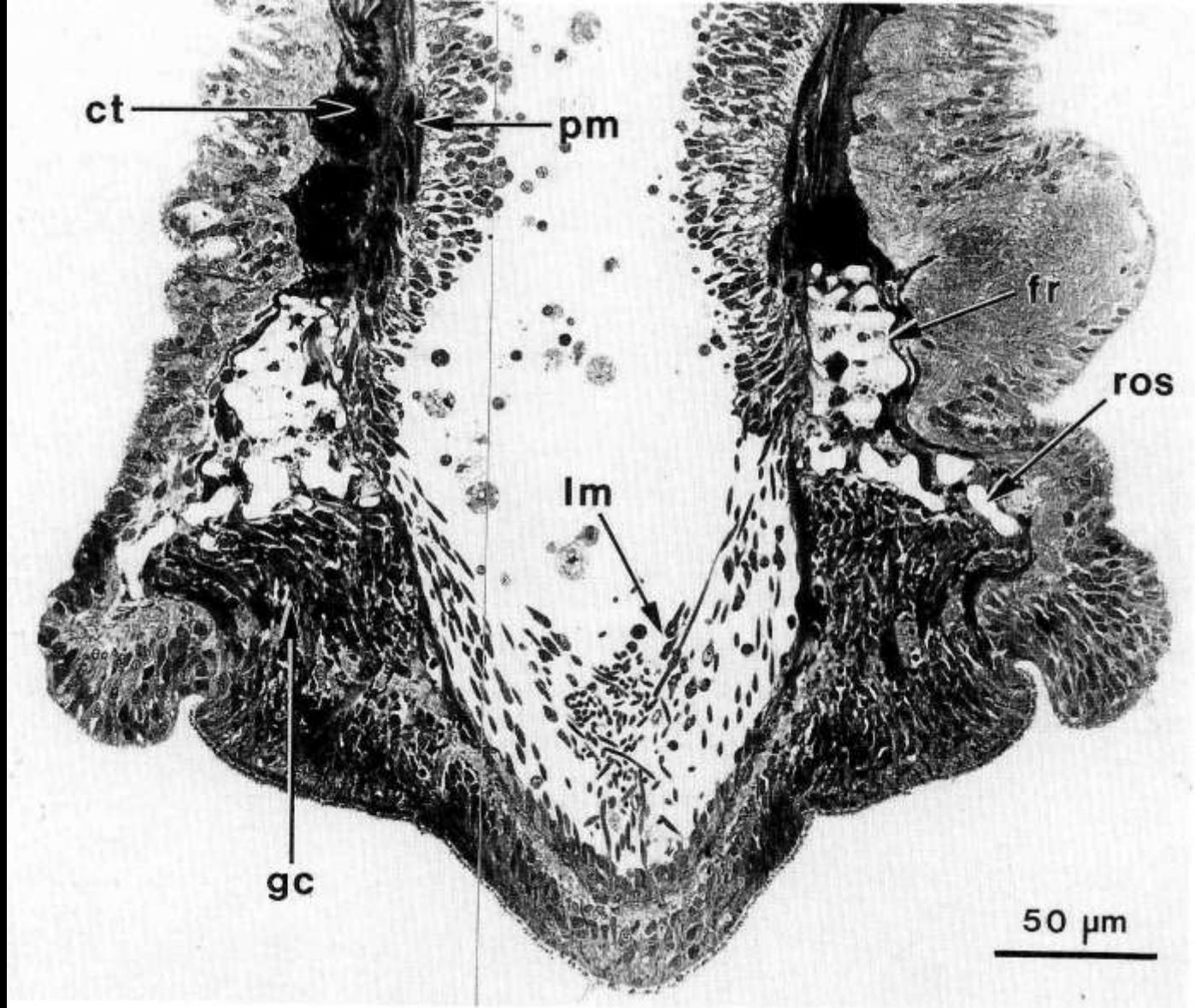
Амбулакральные ножки иглокожих:

- а - схема продольного среза через присасывательную ножку *Echinus*.
- б - ловчая ножка криноидов (*Antedon*). Одна из папилл увеличена.
- в - копательная ножка морских звезд (*Phanerozona*).
- г - локомоторная ножка морских звезд (*Spinulosa*).
- е - ножка офиура. Показано ампулообразное расширение амбулакрального канала.
- ф-и - амбулакральные ножки морских ежей. Вид со стороны подошвы ножки. Показана эволюция скелетных элементов ножек спатангойдов: ф - *Echinus*, г - *Brissopsis*, х - *Schizaster*, и - *Echinocardium*.
- ж - дыхательная ножка спатангойдов.
- к - роющая ножка спатангойдов. Показан скребок и слизепродуцирующие папиллы.
- л - питающая ножка спатангойдов.
- м - локомоторная ножка голотурий.

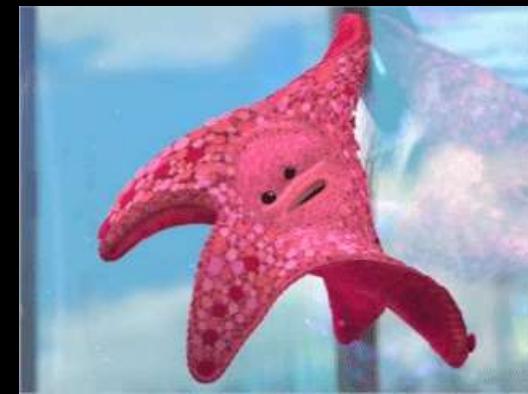
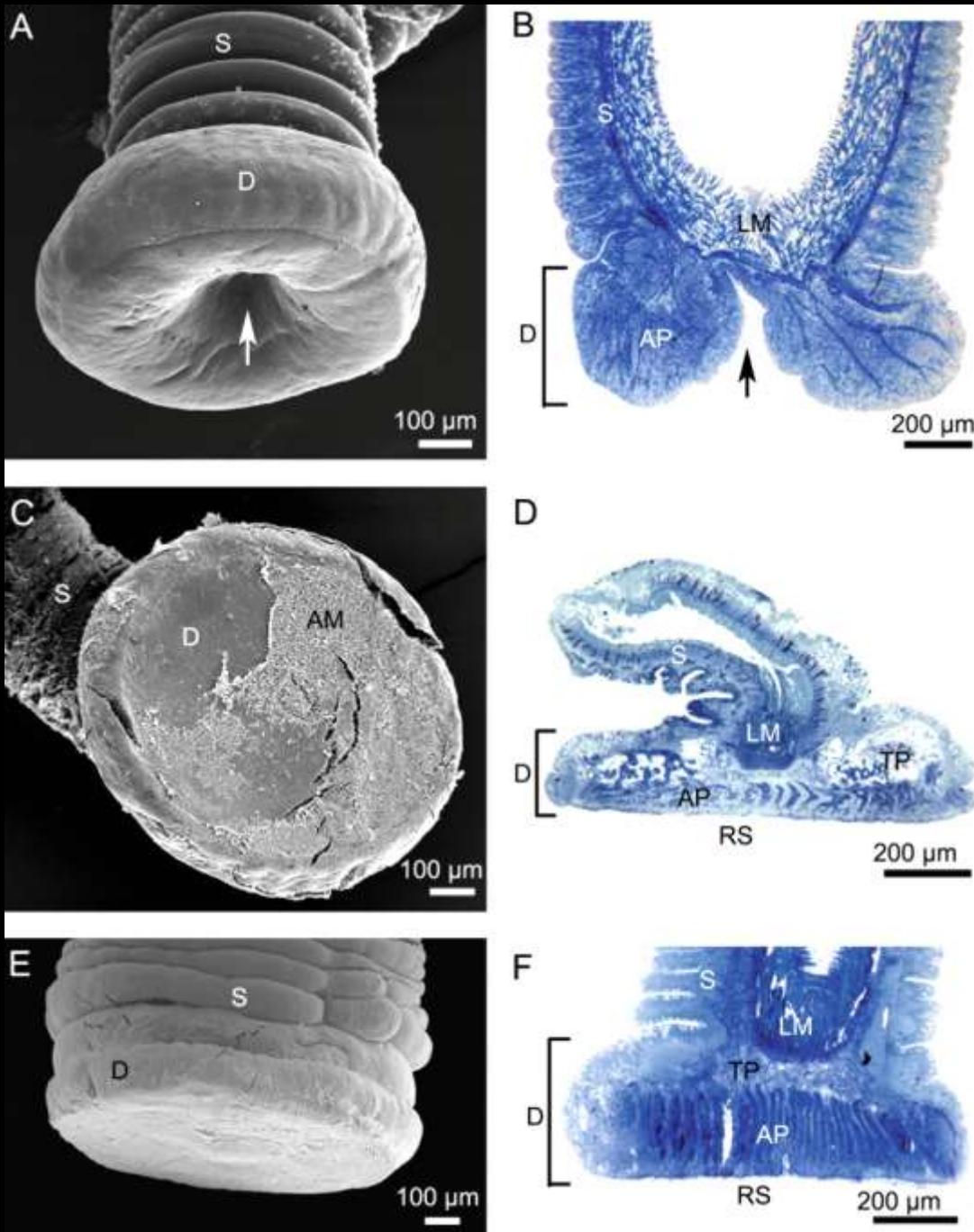
(Nichols, 1969)

# Echinoid Respiratory Podium





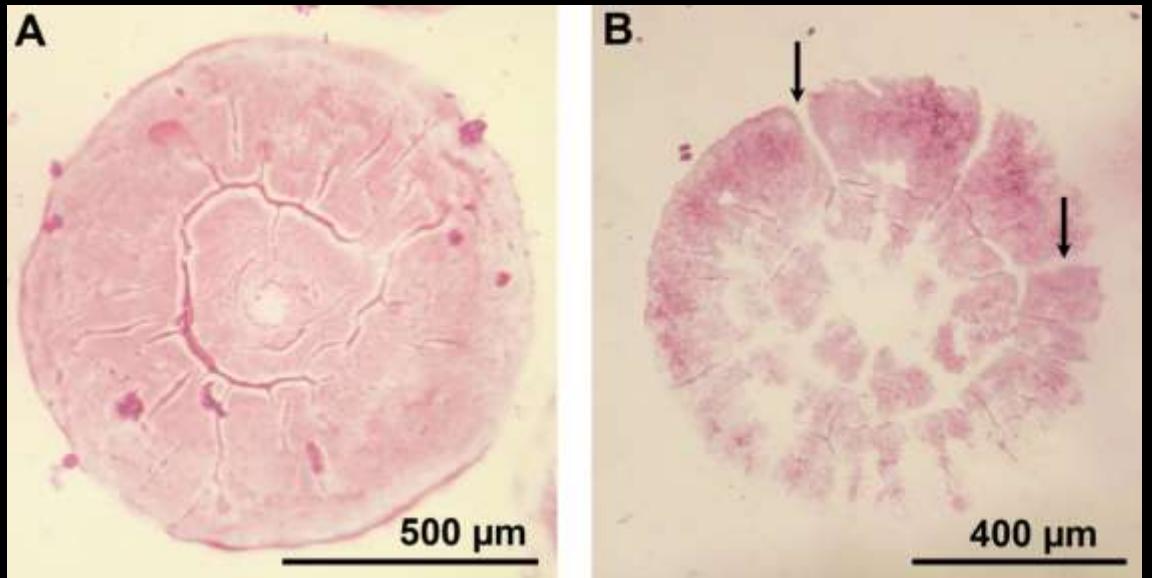
Protracted tube foot of the sea urchin *Diadema* (longitudinal section). The terminal region of the podial shaft and the adhesive disc are shown. ct, connective tissue cylinder; fr, frame (base of a skeletal ossicle); gc, glandular cells; lm, elevator myocytes; pm, podial myocytes (in the myoepithelial lining of the hydrocoel); ros, rosette (ossicle elements). (From Cavey and Markel, 1994).



## Echinoderms don't suck: evidence against the involvement of suction in tube foot attachment

Morphology of unattached (A, B) and attached tube feet (C–F) of the sea star *Asterias rubens* (B, E, F) and of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (A, C, D). A and B: Unattached tube feet from both species consist of a proximal cylinder, the stem (S), connected to an apical disc (D), which presents a central depression (arrow). In B, the levator muscle (LM) can be observed at the junction between the stem and the disc. C and E: SEM images of tube feet cryofixed while attached to a smooth glass surface. In C, some adhesive material (AM) is visible on the surface of the disc. D and F: LM views of longitudinal sections through tube feet attached to a smooth epoxy resin substratum (RS). The soft adhesive pad (AP), supported by the connective tissue terminal plate (TP), lies flat against the substratum.

(Hennebert et al., 2012)

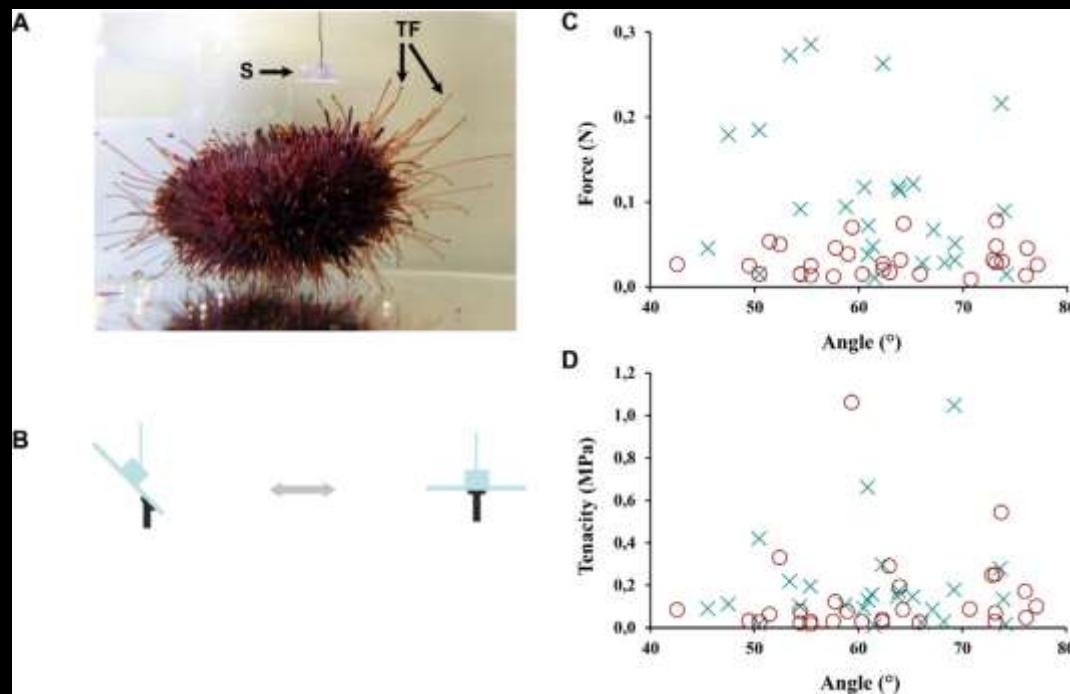


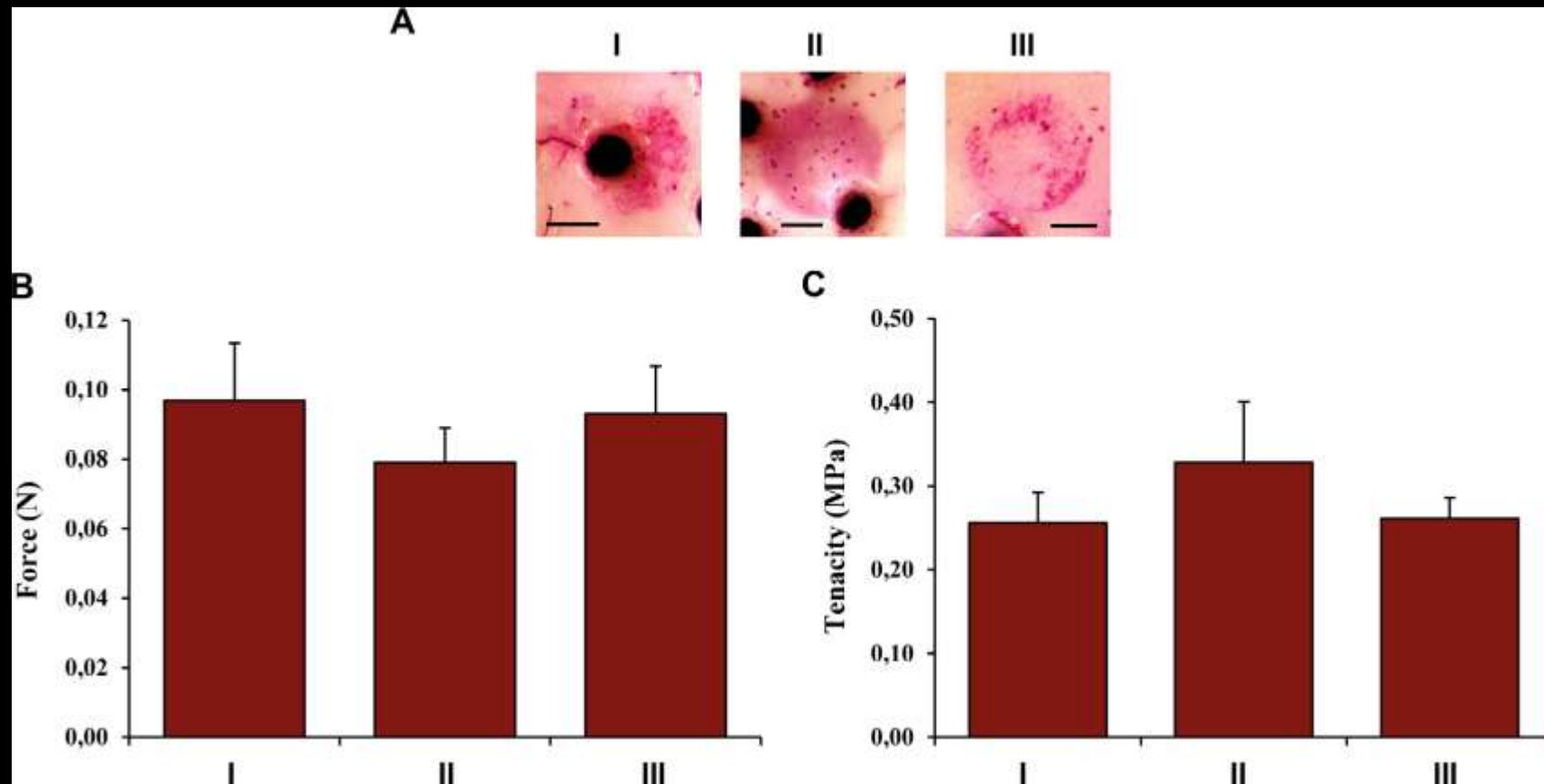
## Echinoderms don't suck: evidence against the involvement of suction in tube foot attachment

(Hennebert et al., 2012)

Photographs of a complete footprint of *Paracentrotus lividus* (A) and of a footprint of *Asterias rubens* (B) presenting radial channels devoid of adhesive material (arrows). Both footprints were stained with a 0.05 % aqueous solution of the cationic dye crystal violet.

Variation of tube foot attachment strength with angle of pull. A: Photo showing a glass substratum (S) presented to the tube feet (TF) of an individual of *Paracentrotus lividus*. B: Diagram illustrating the experimental procedure used to vary the angle of pull in function of the place where the tube foot (in black) attaches to a glass surface (in grey, see text for details). C and D: Relationships between tube foot detachment force or tenacity and angle of pull for the sea star *Asterias rubens* (crosses) and the sea urchin *P. lividus* (circles).





Effect of leaks on the attachment strength of tube feet. A: Illustration of the grouping of adhesion measurements on the perforated polystyrene film according to whether the footprint covers a hole, totally (group I) or partially (group II), or not (group III). B and C: Mean values (+SD) of detachment force and tenacity measured on this perforated substratum for the tube feet of the sea urchin *Paracentrotus lividus*. Scales bars in A = 0.5 mm.

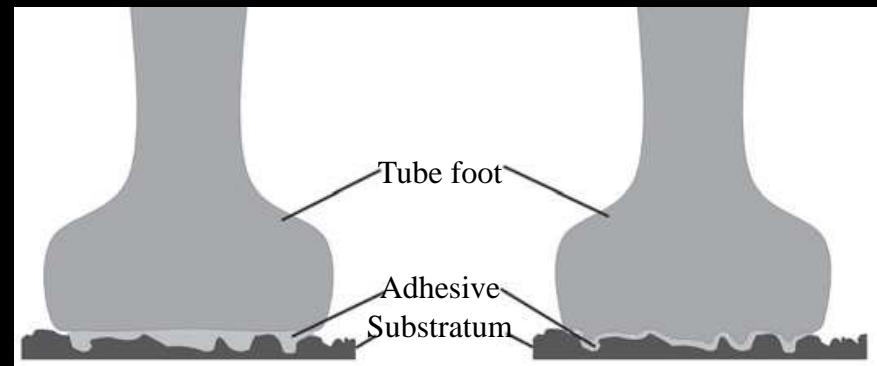
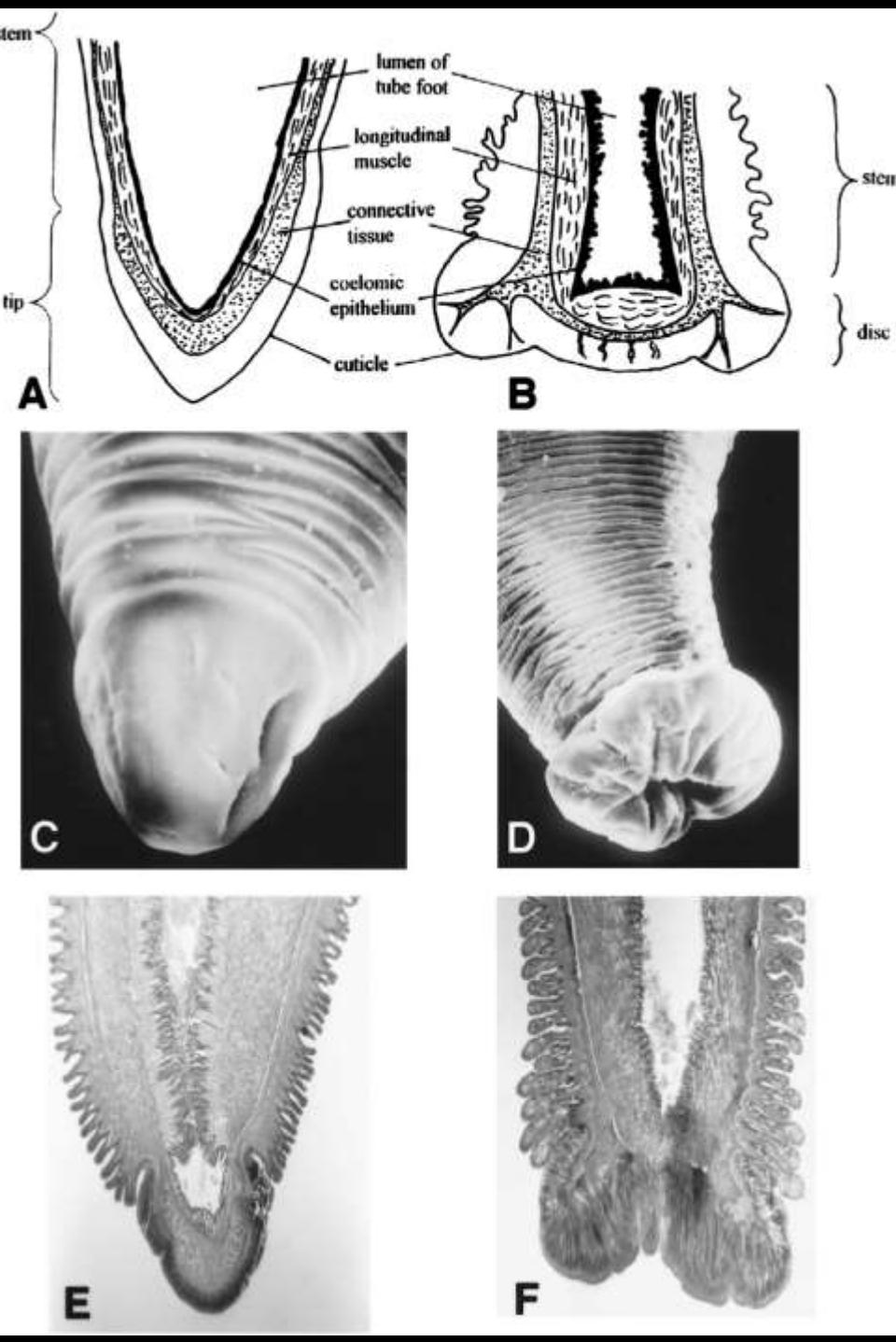
(Hennebert et al., 2012)

**Echinoderms don't suck:  
evidence against the  
involvement of suction in tube  
foot attachment**

# Comparative Morphology of Tube Feet Among the Asteroidea

A. Schematic diagram of the pointed, non-suckered tube foot of *Astropecten* sp. (modified after Engster and Brown, 1972). B. Schematic diagram of the flat-tipped, suckered tube foot of *Asterias vulgaris* (modified after Paine, 1929). C. Scanning electron micrograph of the pointed, non-suckered tube foot of *Psilaster charcoti*. D. Scanning electron micrograph of the flat-tipped, suckered tube foot of *Diplasterias brucei*. E. Paraffin section of the pointed, non-suckered tube foot of *Luidia foliolata*. F. Paraffin section of the flat-tipped, suckered tube foot of *Pycnopodia helianthoides*. Scale bars: C–F, 200 mm.

(Vickery, McClintock, 2000)

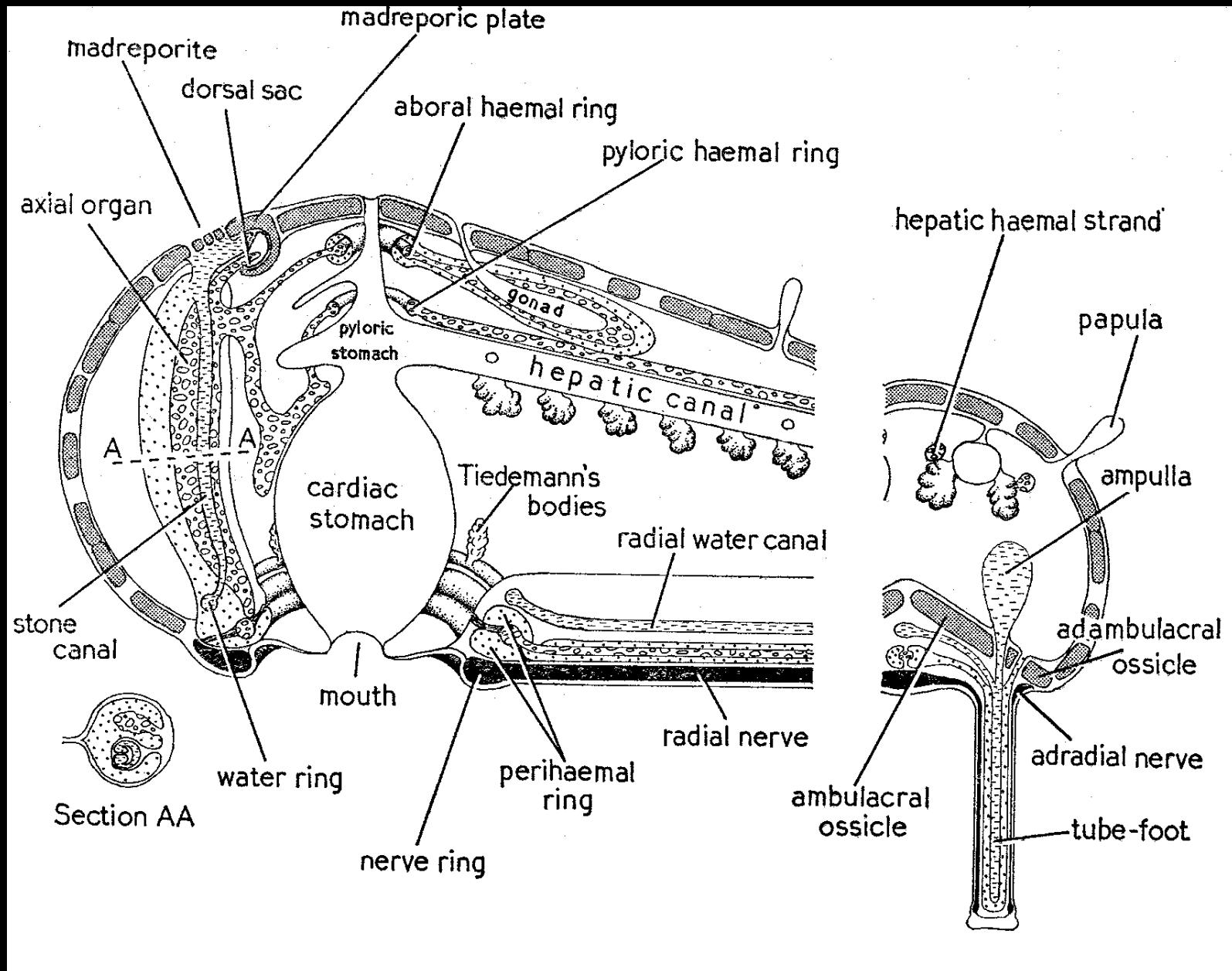


Diagrammatic representations of the two models proposed for tube foot adhesion to rough surfaces. (A) The tube foot disc remains flat and the adhesive substances are secreted to fill the gaps between surface irregularities or (B) the disc deforms to match the substratum profile and the adhesive is released as an evenly thin film.

(Santos et al., 2005)

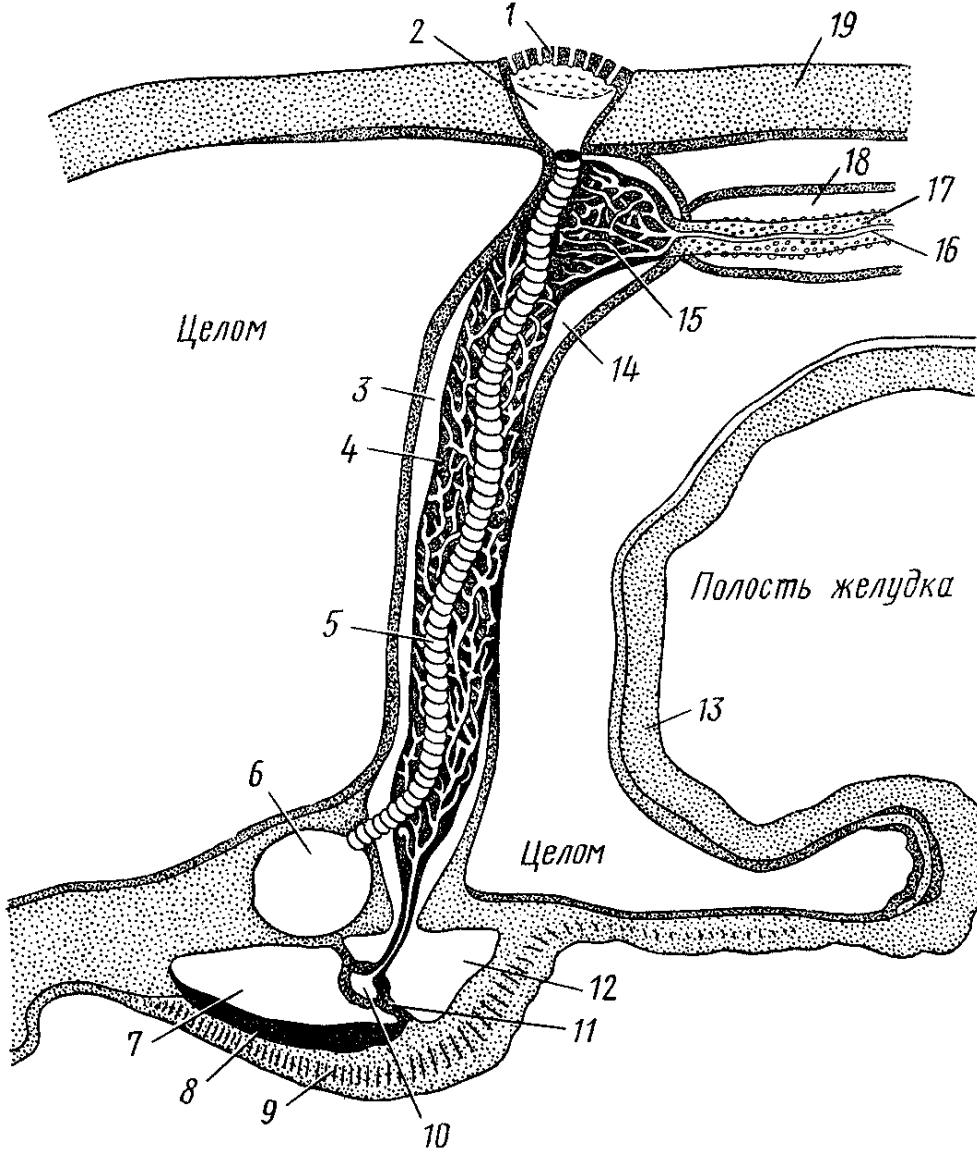
# Схема строения морских звезд

## Анатомия иглокожих

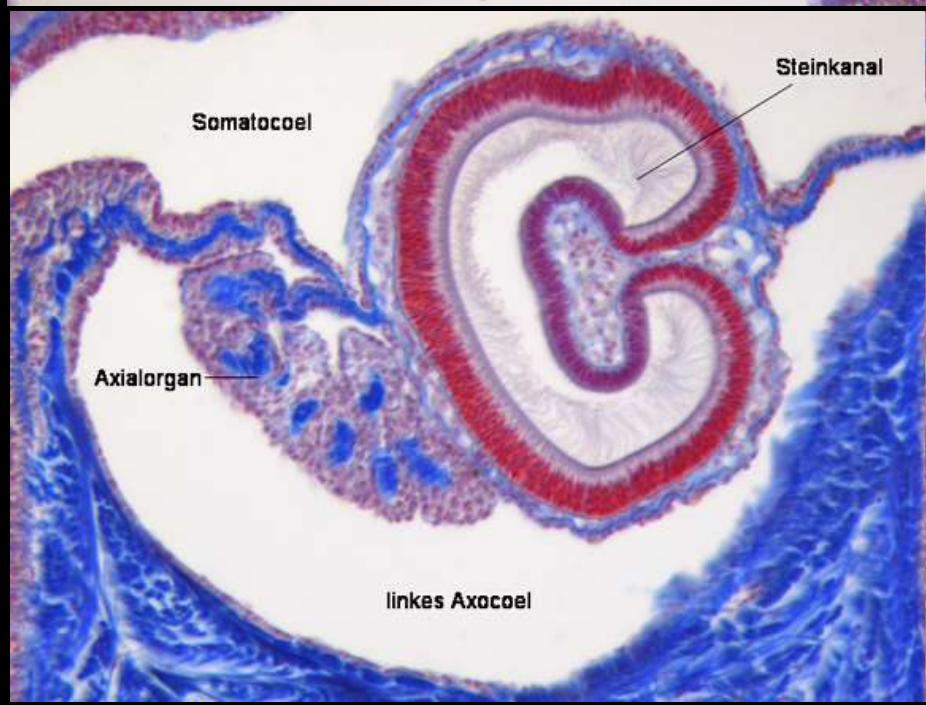
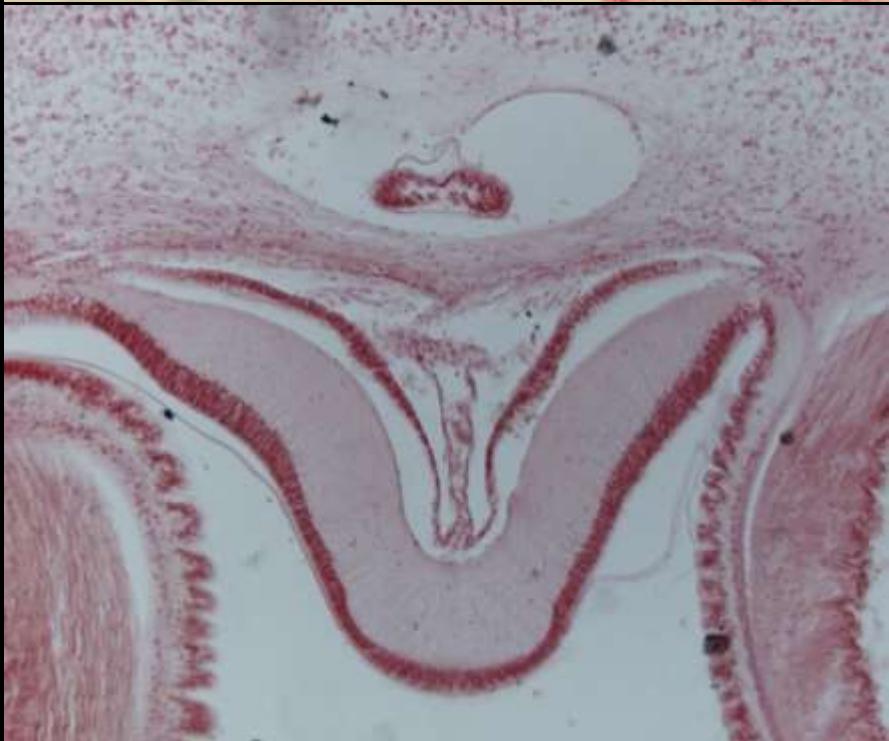
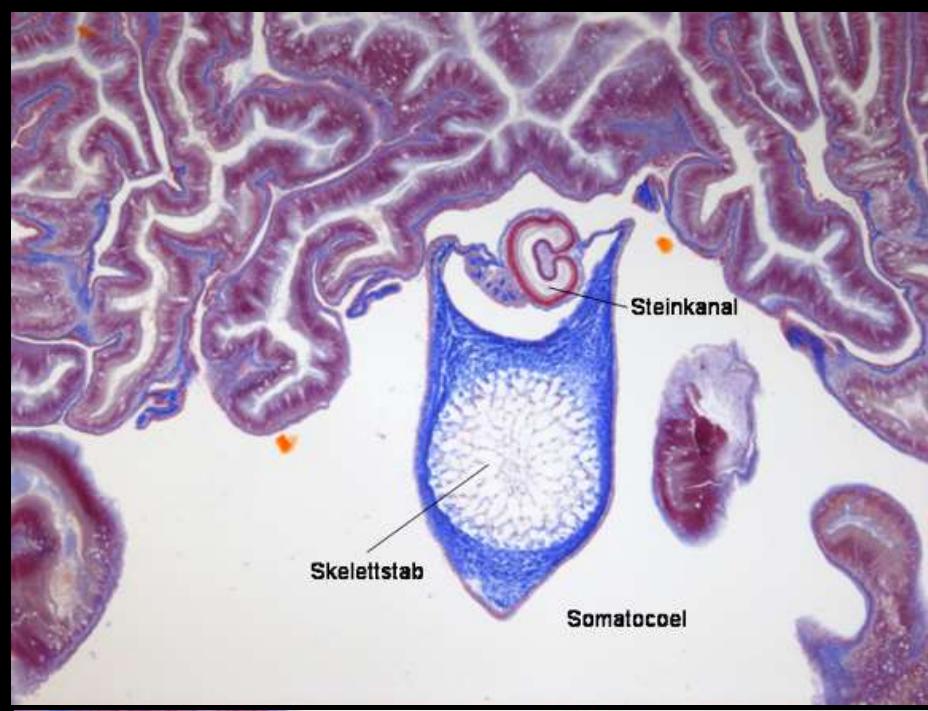


# На примере морских звезд

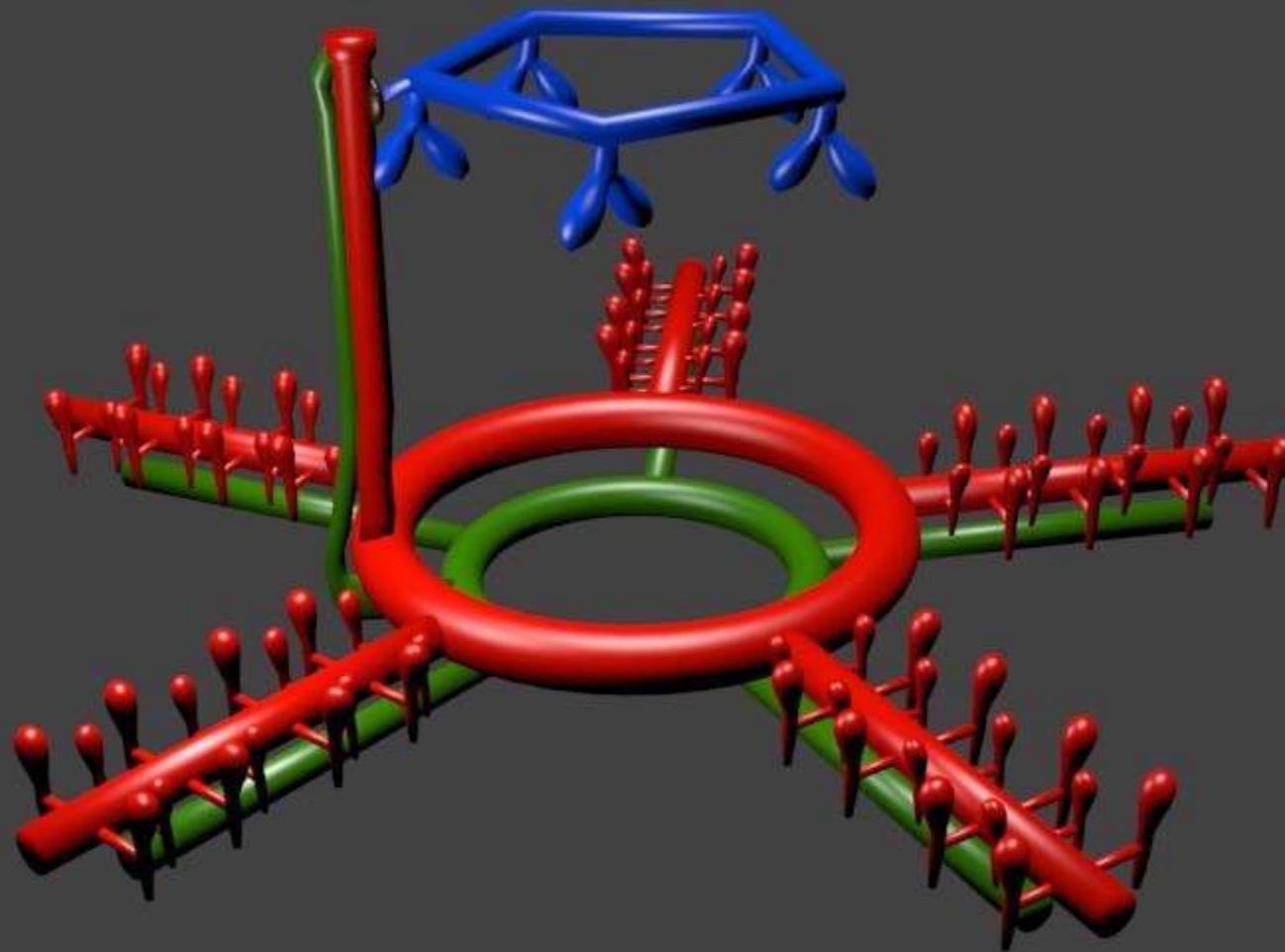
## Осевой комплекс органов



1 – мадропорит; 2 – мадропоритовая ампула; 3 – левый осевой синус (левый аксоцель); 4 – оральный отдел осевого органа (аксиальной железы); 5 – каменистый канал (левый аксоцель); 6 – оральное кольцо амбулакральной системы (левый гидроцель); 7 – наружное перигемальное (гипоневральное) кольцо (левый соматоцель), дает двойные отростки в радиусы; 8 – оральное кольцо гипоневрального отдела нервной системы (левый соматоцель); в радиусах дает парные нервы Ланге у звезд; 9 – оральное кольцо эктоневрального отдела нервной системы; 10 – оральное кольцо гемальной системы; 11 – мезентерий между наружным и внутренним перигемальными кольцами; 12 – внутреннее кольцо перигемальной (гипоневральной) системы (левый аксоцель); 13 – стенка желудка; 14 – правый осевой синус или аборальный отдел осевого органа (правый аксоцель); 15 – придаточный синус в дорзальном пузирьке (или мешке, «сердце») (правый аксоцель); 16 – аборальный кровеносный сосуд; 17 – половой (генитальный) тяж (левый соматоцель); 18 – половой (генитальный) синус (аборальный конец левого соматоцеля); 19 – стенка тела (по А.А.Стрелкову с изменениями).



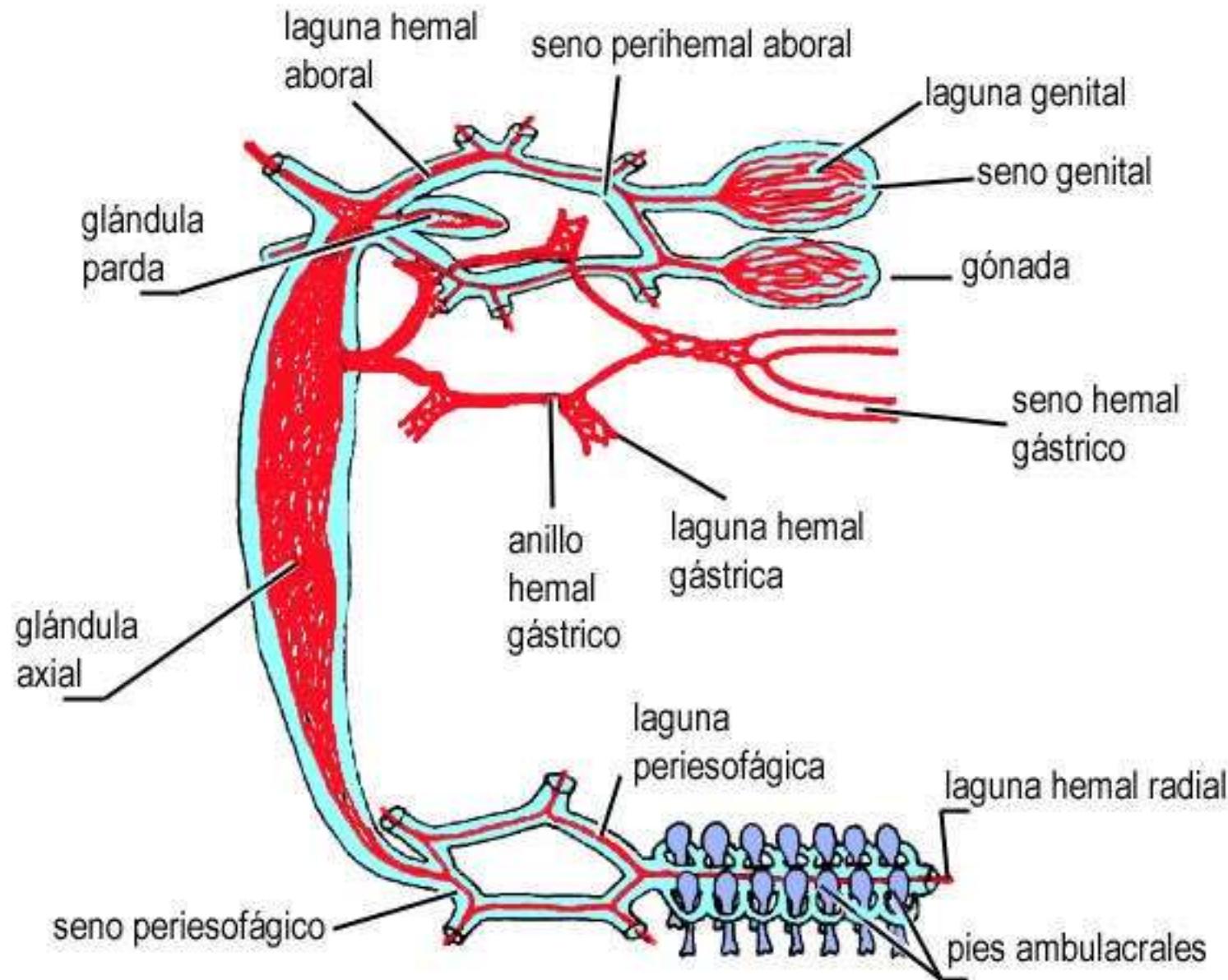
# Осевой комплекс органов: найди ошибки



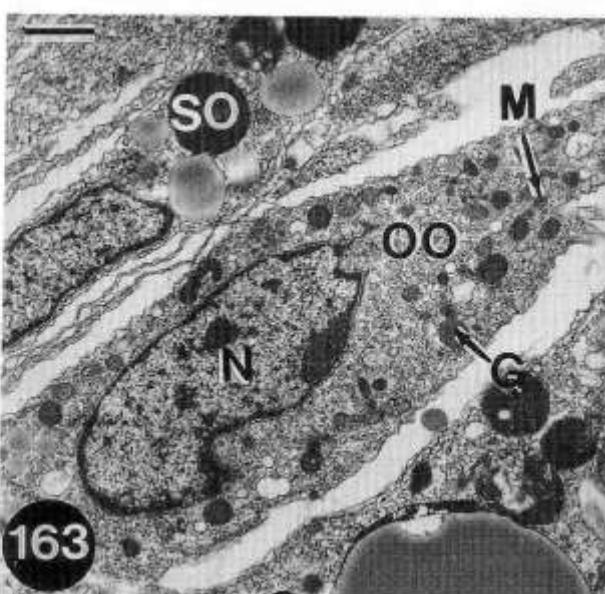
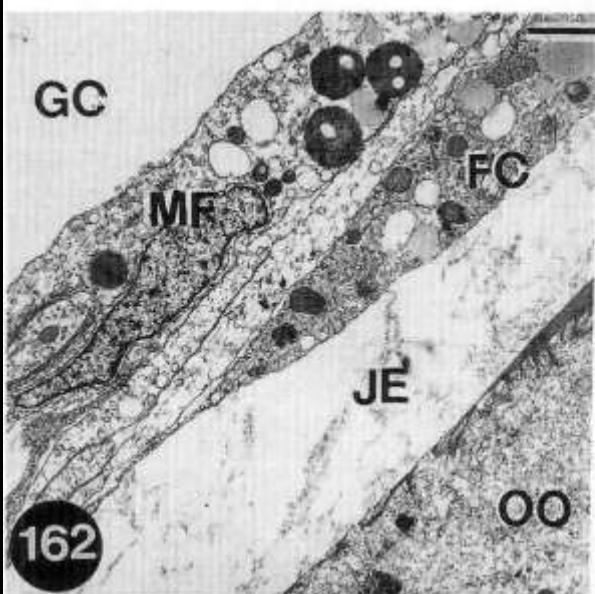
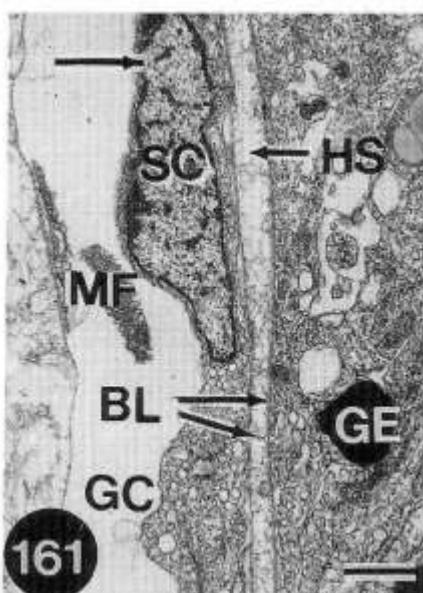
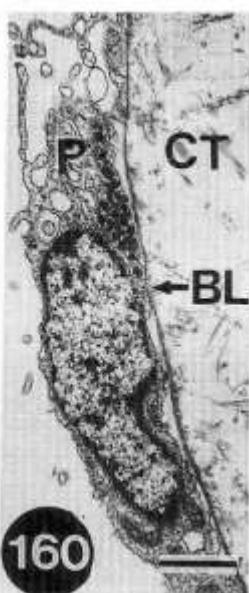
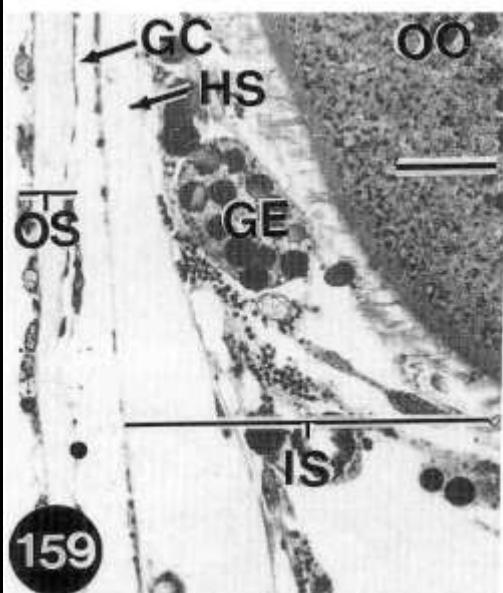
(Герасимова и Со, ©)

# Кровеносная система

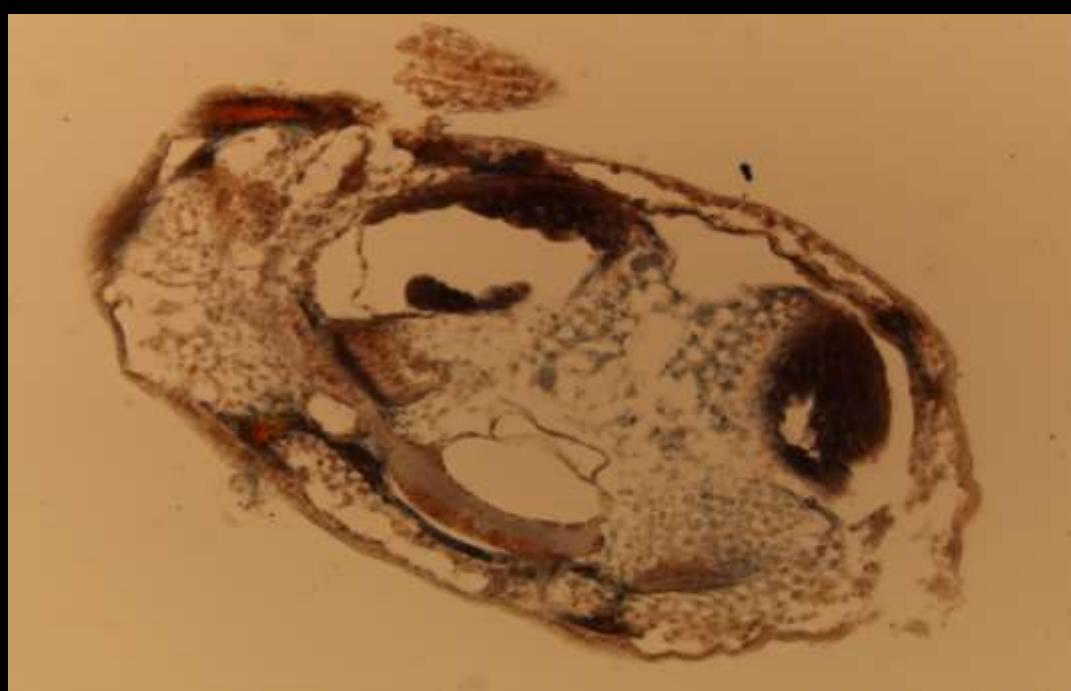
На примере морских звезд



# Кровеносная и половая системы морских звезд



Амбулакральная система открытого (Asteroidea, Crinoidea) или закрытого (Cryptosyringida) типов



# Органы чувств

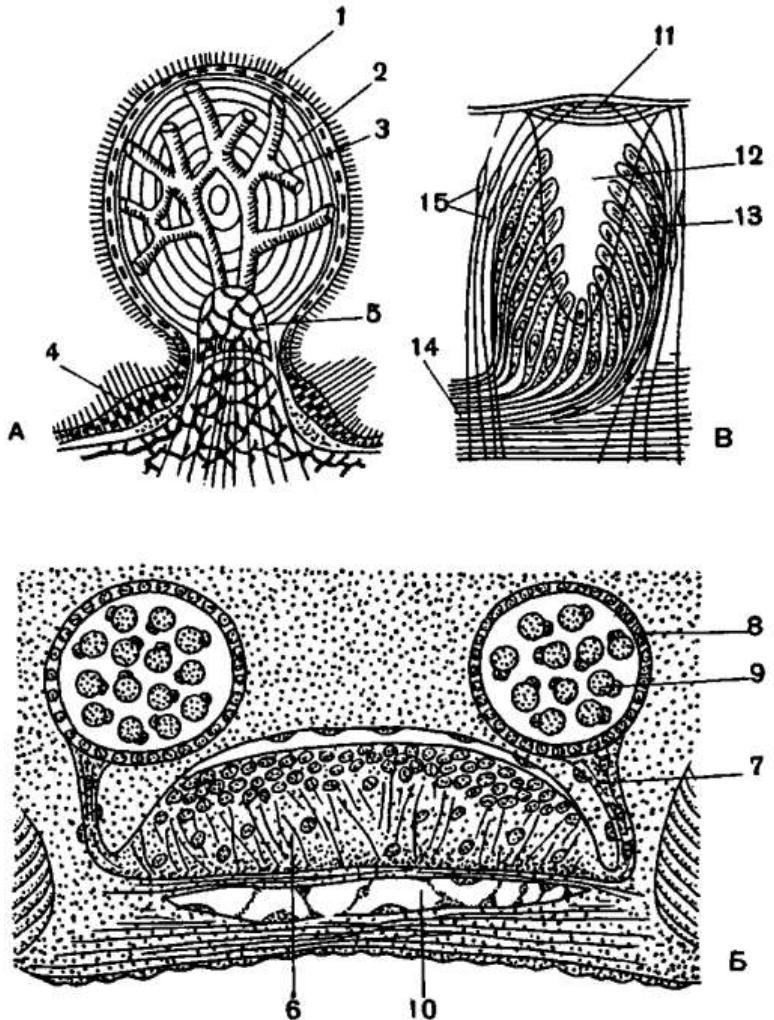
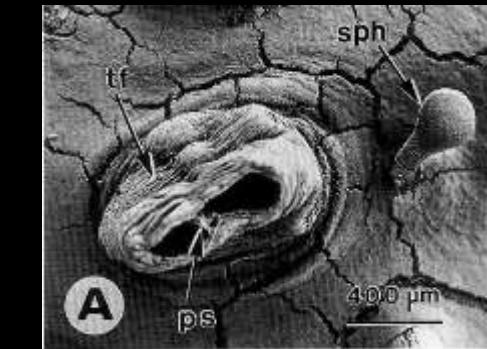
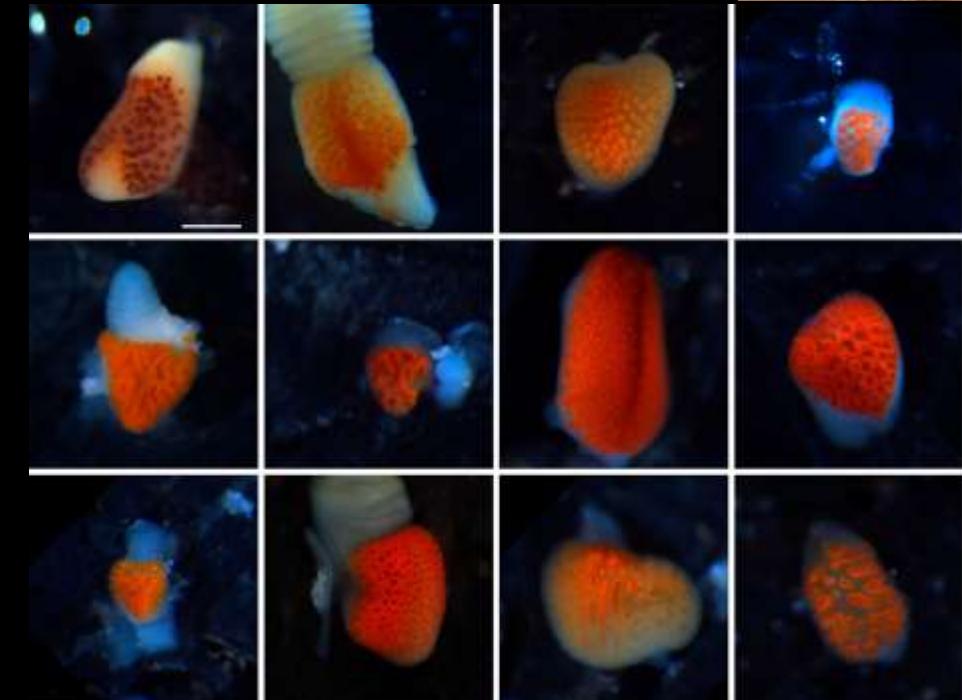


Рис. 125. Схемы строения органов чувств иглокожих:

**А** — сферидий морского ежа (в разрезе): 1 — ресничный эпителий; 2 — известковое тело сферидия; 3 — система каналов; 4 — чувствительные клетки; 5 — стебелек сферидия, сочлененный с бугорком панциря. **Б** — отоцисты голотурии (в поперечном разрезе): 6 — радиальный нерв; 7 — нерв отоциста; 8 — отоцист; 9 — отолиты; 10 — радиальный канал водоносной системы. **В** — глазок морской звезды (продольный разрез): 11 — линза; 12 — глазная ямка; 13 — чувствительные клетки; 14 — нервные волокна; 15 — опорные клетки.



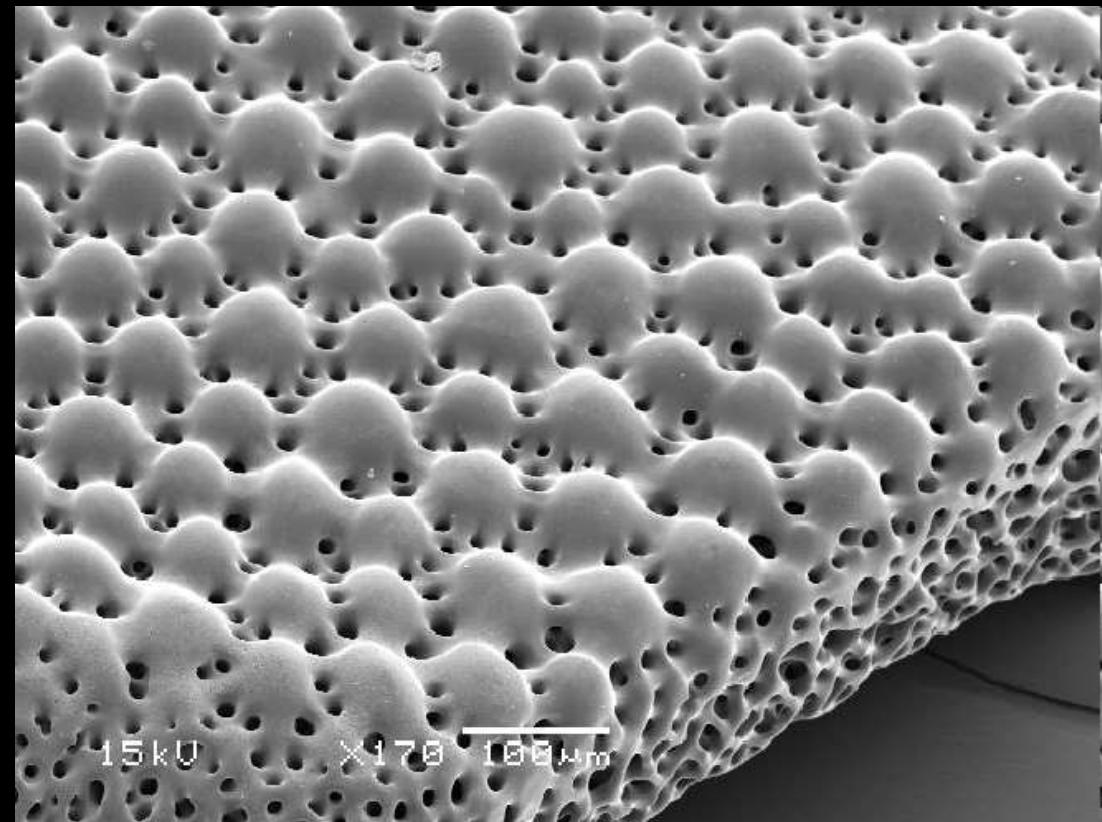
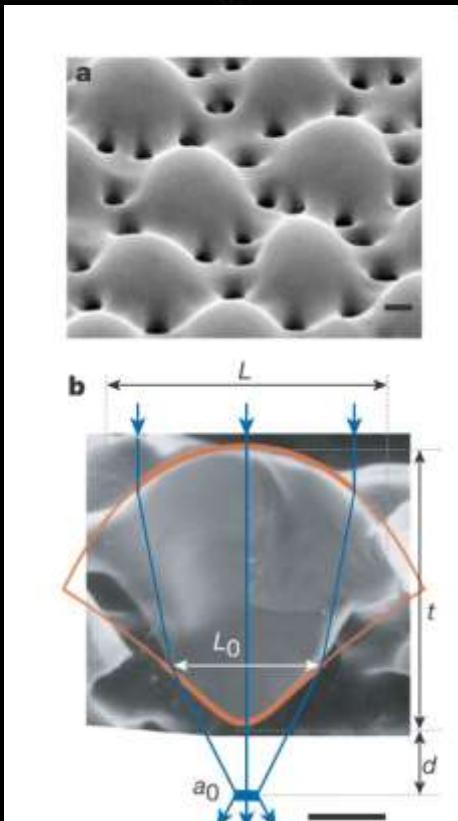
Spheridium (sph) of the sea urchin *Asthenosoma*. tf, tube feet; ps, podial septum (Cavey, Märkel, 1994)



Eye sizes and shapes of the ommatidia. The eyes from the 12 species are arranged according to their 90% depth distribution from shallow to deep, left to right. All pictures are to scale. Note the increase in ommatidial size with depth, and that some species have regular round ommatidia, whereas others have elongated and irregular-shaped ommatidia (after Birk et al., 2018).

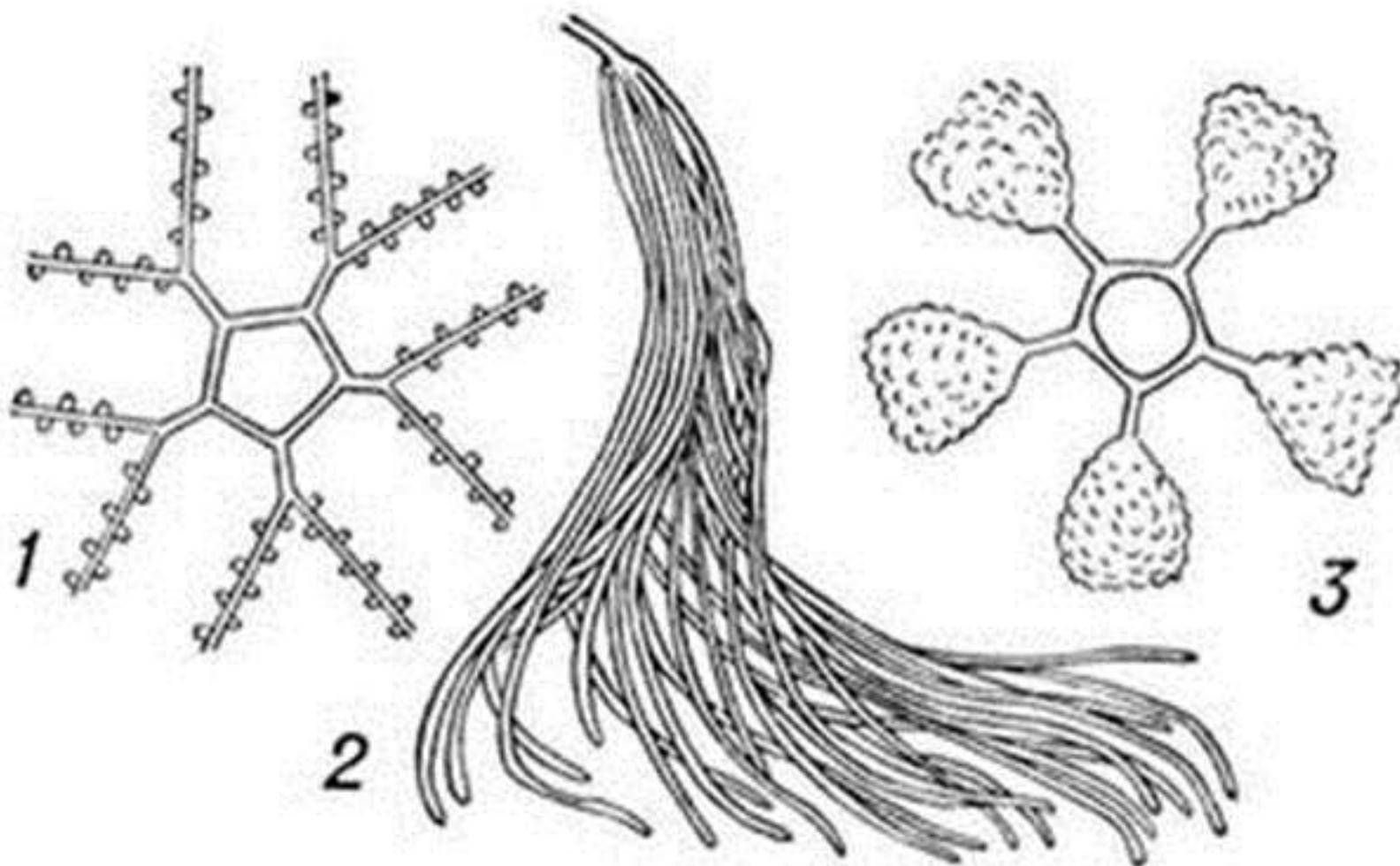
# Органы чувств

*Ophiocoma wenatii*

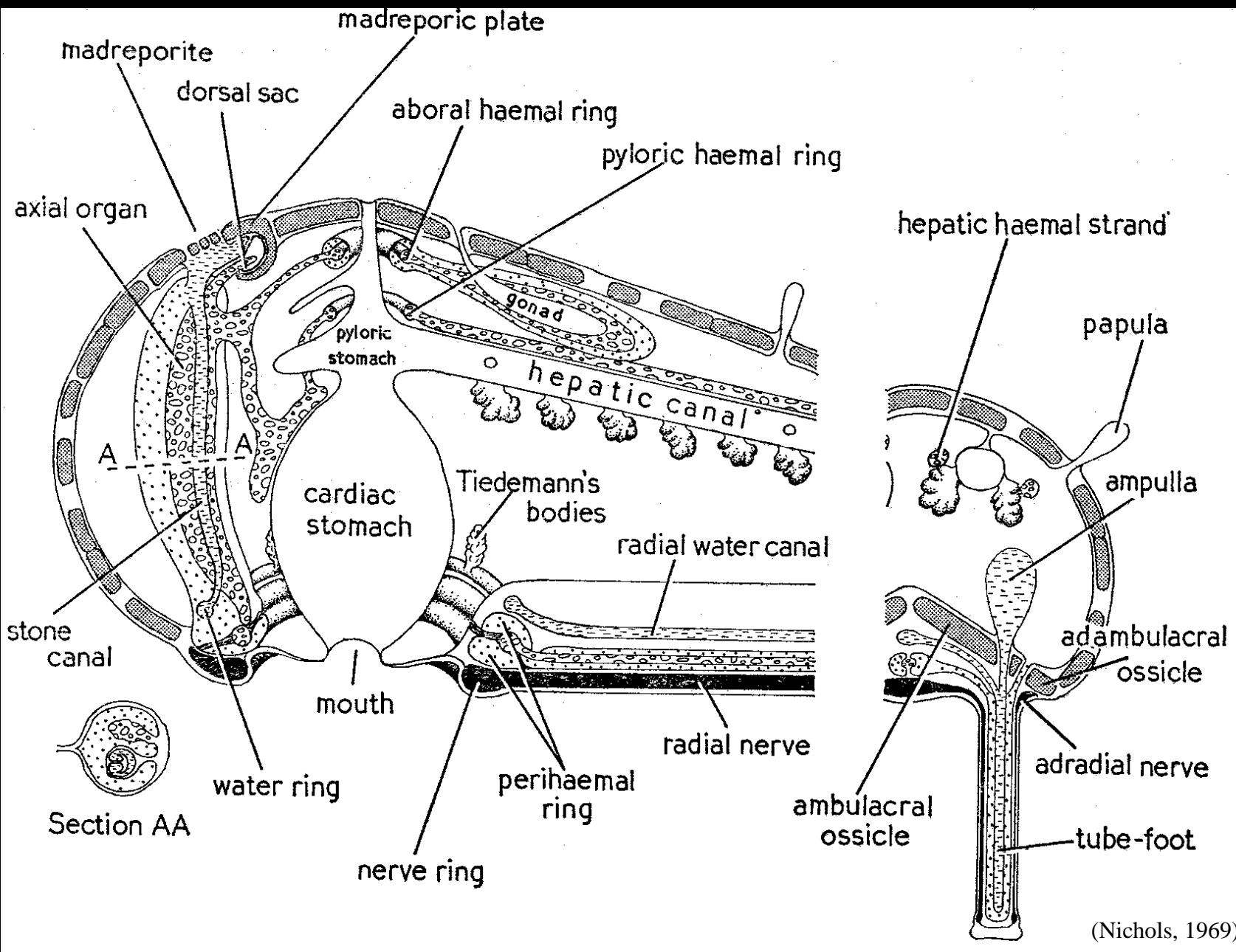


Lucent Technologies Lab, USA

# Половая система

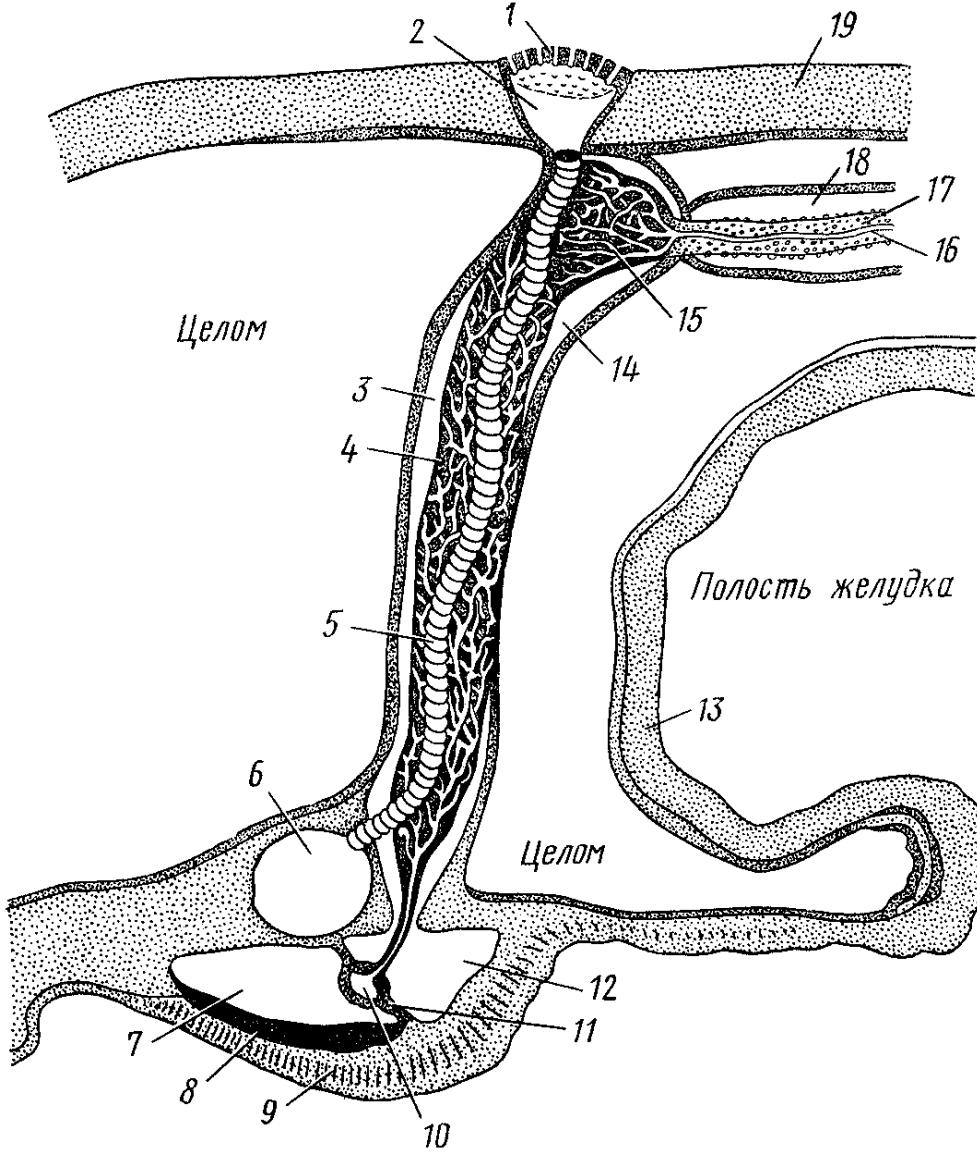


1. Морские лилии. 2. Морские огурцы. 3. Морские ежи (правильные).



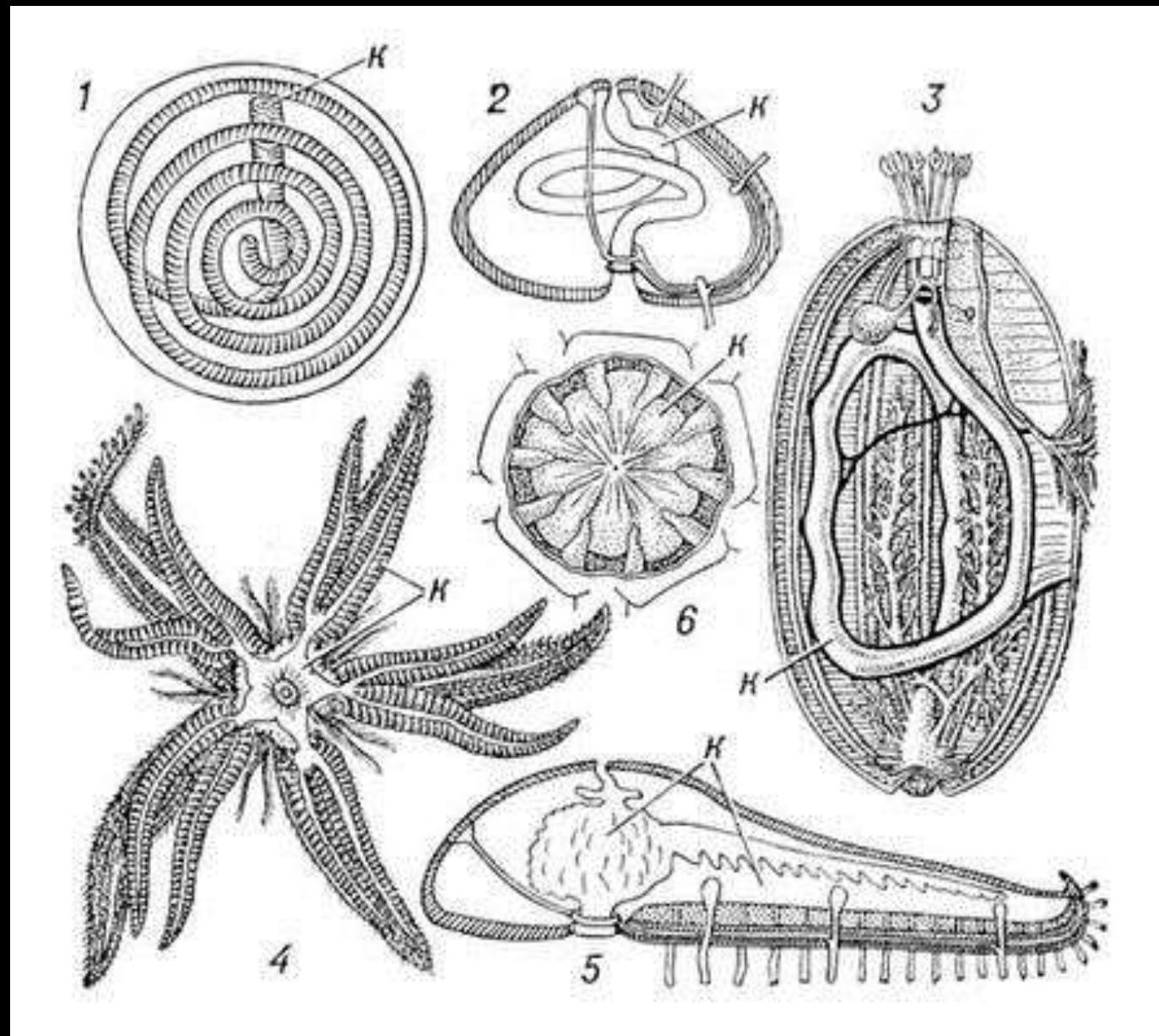
# На примере морских звезд

## Осевой комплекс органов



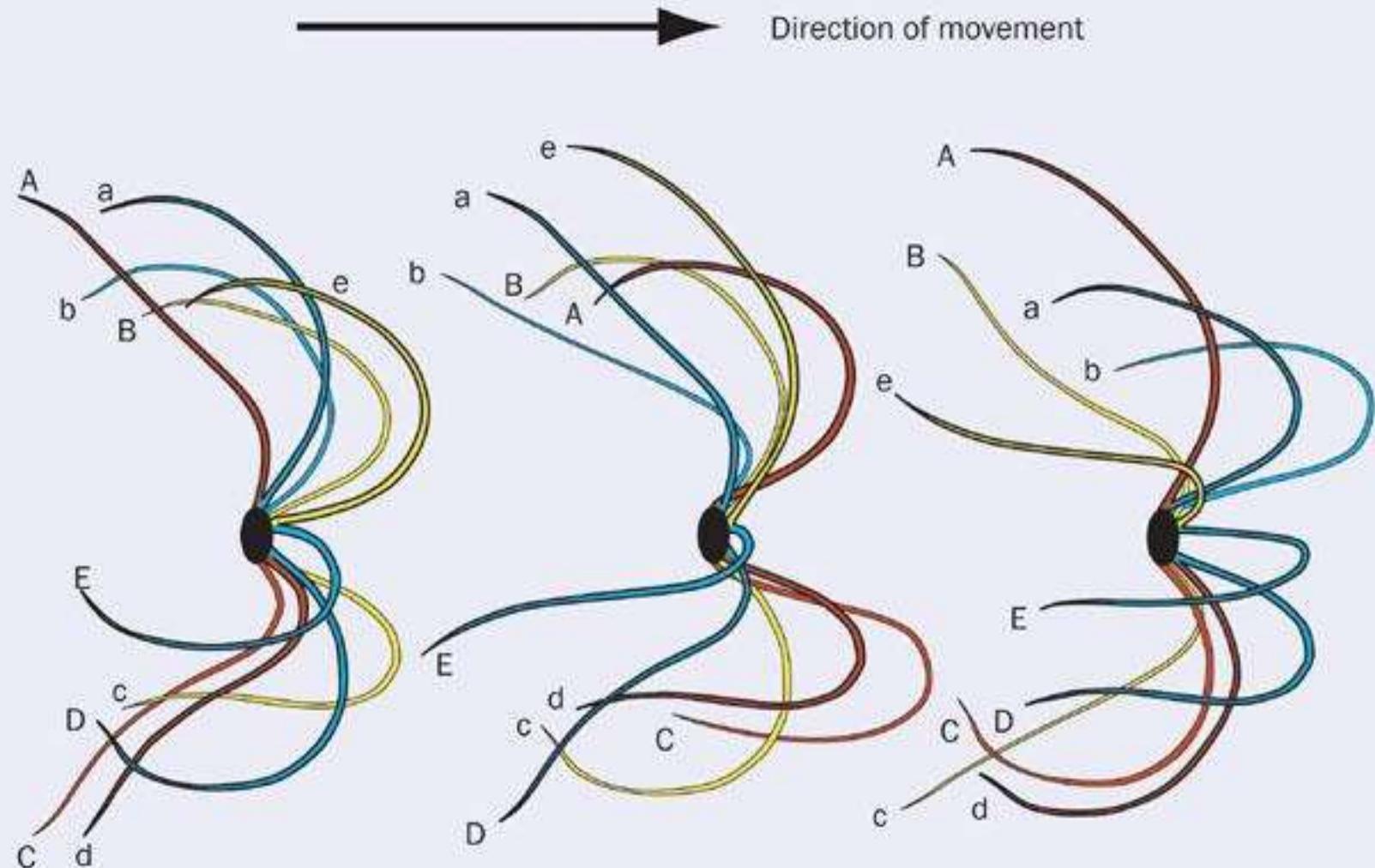
1 – мадропорит; 2 – мадропоритовая ампула; 3 – левый осевой синус (левый аксоцель); 4 – оральный отдел осевого органа (аксиальной железы); 5 – каменистый канал (левый аксоцель); 6 – оральное кольцо амбулакральной системы (левый гидроцель); 7 – наружное перигемальное (гипоневральное) кольцо (левый соматоцель), дает двойные отростки в радиусы; 8 – оральное кольцо гипоневрального отдела нервной системы (левый соматоцель); в радиусах дает парные нервы Ланге у звезд; 9 – оральное кольцо эктоневрального отдела нервной системы; 10 – оральное кольцо гемальной системы; 11 – мезентерий между наружным и внутренним перигемальными кольцами; 12 – внутреннее кольцо перигемальной (гипоневральной) системы (левый аксоцель); 13 – стенка желудка; 14 – правый осевой синус или аборальный отдел осевого органа (правый аксоцель); 15 – придаточный синус в дорзальном пузирьке (или мешке, «сердце») (правый аксоцель); 16 – аборальный кровеносный сосуд; 17 – половой (генитальный) тяж (левый соматоцель); 18 – половой (генитальный) синус (аборальный конец левого соматоцеля); 19 – стенка тела (по А.А.Стрелкову с изменениями).

# Пищеварительная система

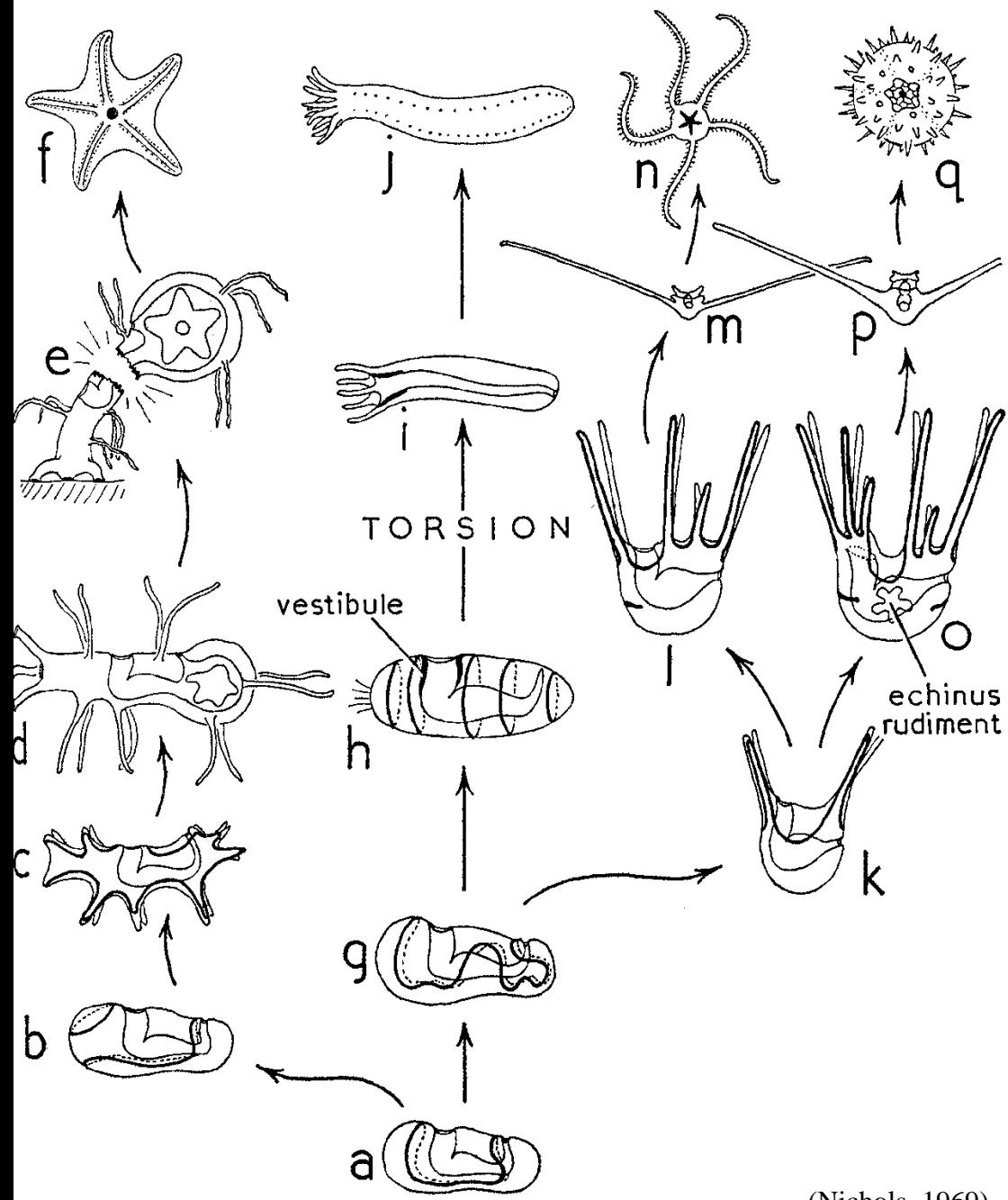


1. Морские лилии. 2.  
Морские ежи  
(правильные). 3.  
Морские огурцы. 4.  
Морские звезды, вид с  
аборальной  
поверхности. 5.  
Морские звезды, вид со  
стороны. 6. Морские  
змеевостки, вид с  
аборальной стороны. К,  
кишечник.

# Локомоция



# Развитие

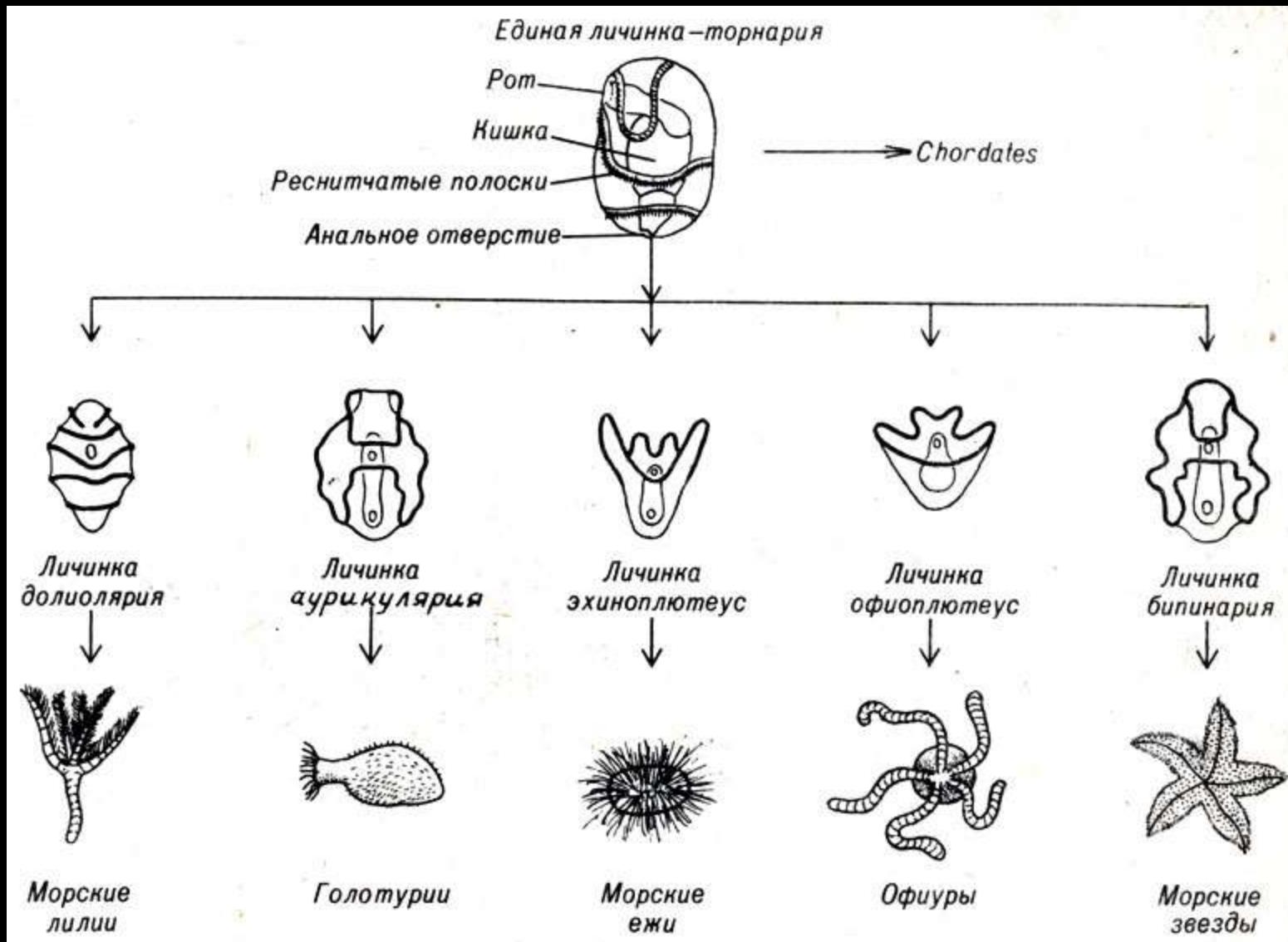


(Nichols, 1969)

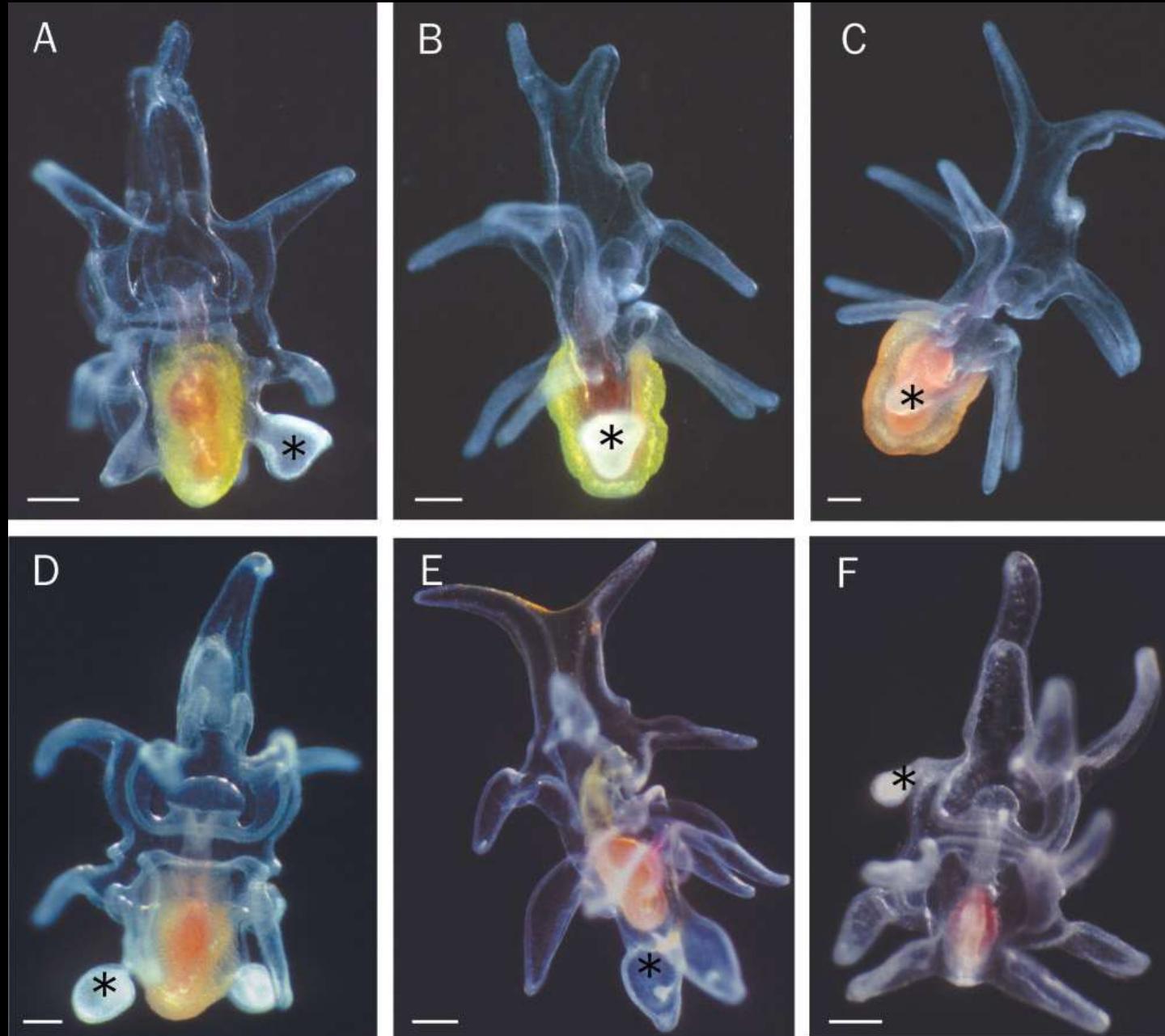


Гастрula

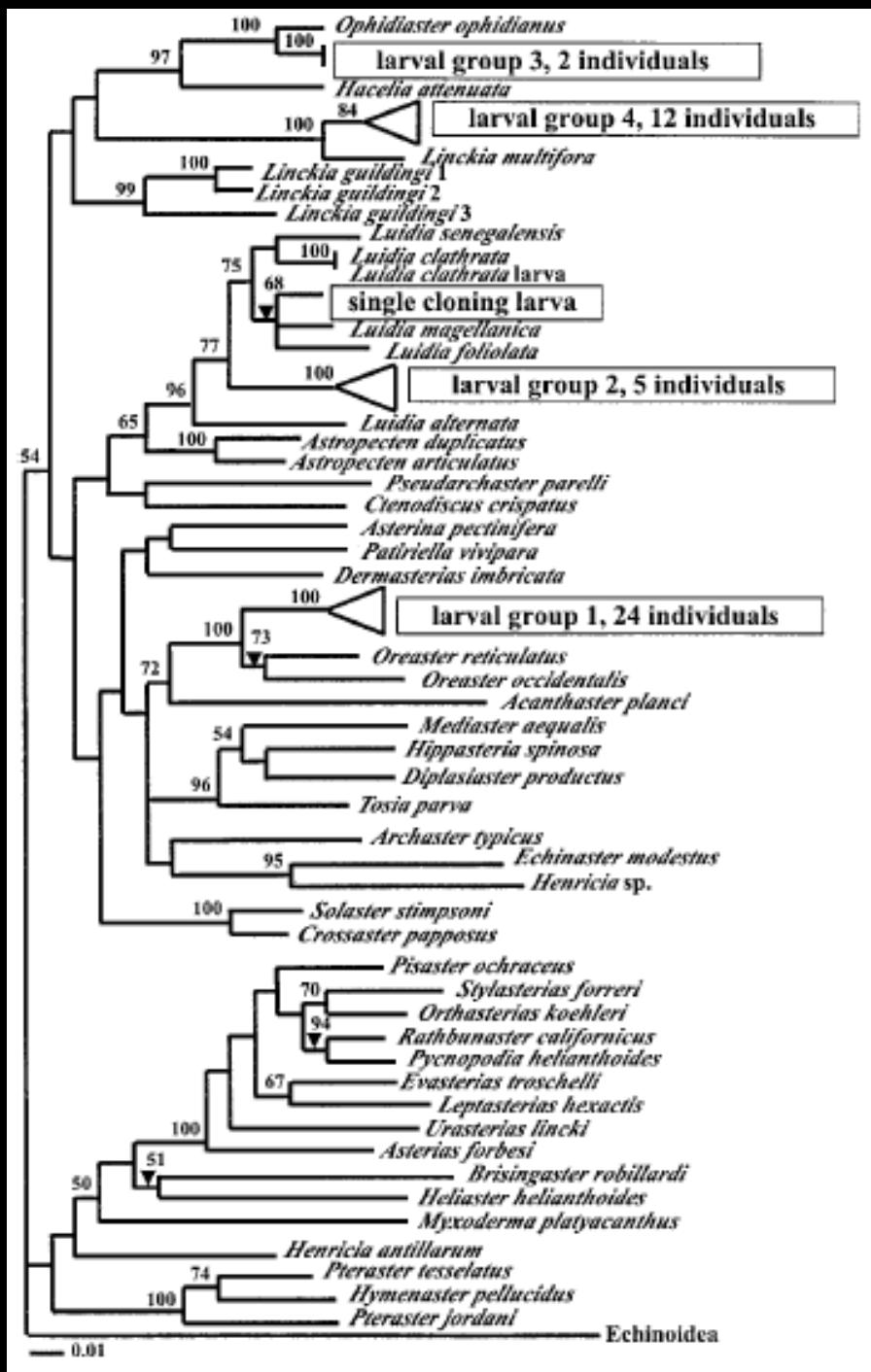




# Larval cloning in echinoderms



Representative asteroid larvae with clones collected from plankton samples taken off the eastern coast of Florida. Obvious morphological characters such as color and arm length appear to be labile and are unreliable as taxonomic characters. Definitive morphotypic characters distinguishing species have not yet been identified. (A-D) Brachiolariae included in larval group 1. (E) Bipinnaria of larval group 2, which includes at least one *Luidia* species. (F) Bipinnaria from larval group 3/4. Asterisks indicate larval clones. Scale bars 150 mkm (Knott et al., 2003).



Phylogenetic tree resulting from neighbor-joining analysis of uncorrected ( $p$ ) distances between mitochondrial tRNA sequences of known asteroid species and field-collected cloning larvae. Field-collected cloning larvae fall into four distinct groups and one single cloning larva (boxed), which are phylogenetically widespread. Numbers of larvae in each larval group are indicated. Numbers at nodes within the tree are bootstrap percentages from 1000 replicates. Larval tRNA sequences are accessioned in GenBank under numbers AY249946–AY249978. GenBank accession numbers for known asteroid taxa include some published previously (Himeno *et al.*, 1987; Hart *et al.*, 1997; Knott and Wray, 2000) and AY245490–AY245506 (Knott *et al.*, 2003).

# Эмбриогенез

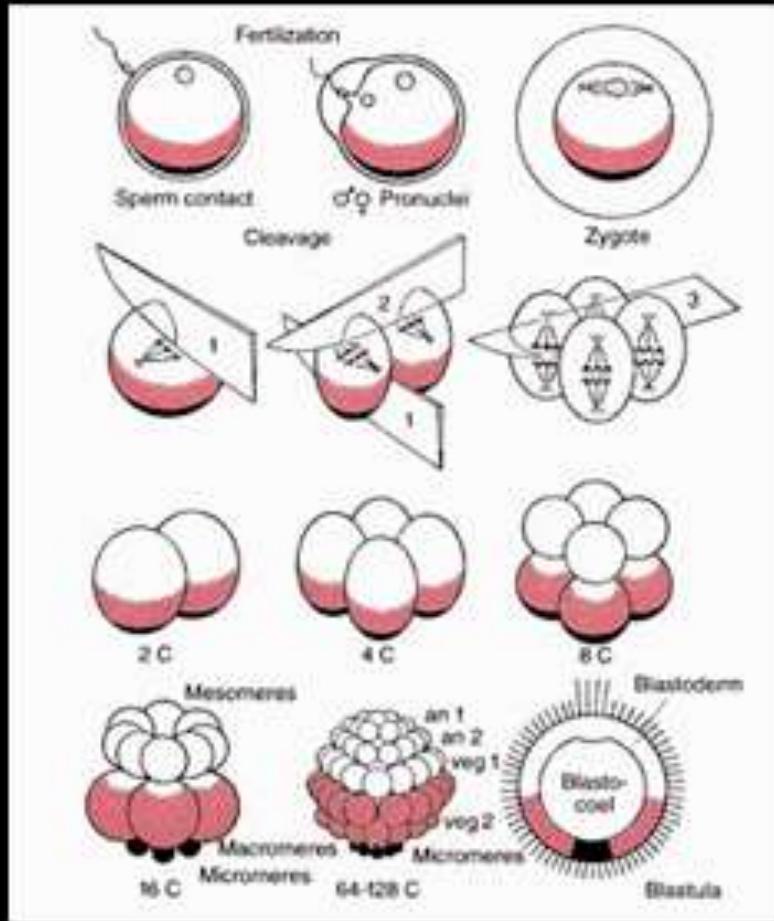
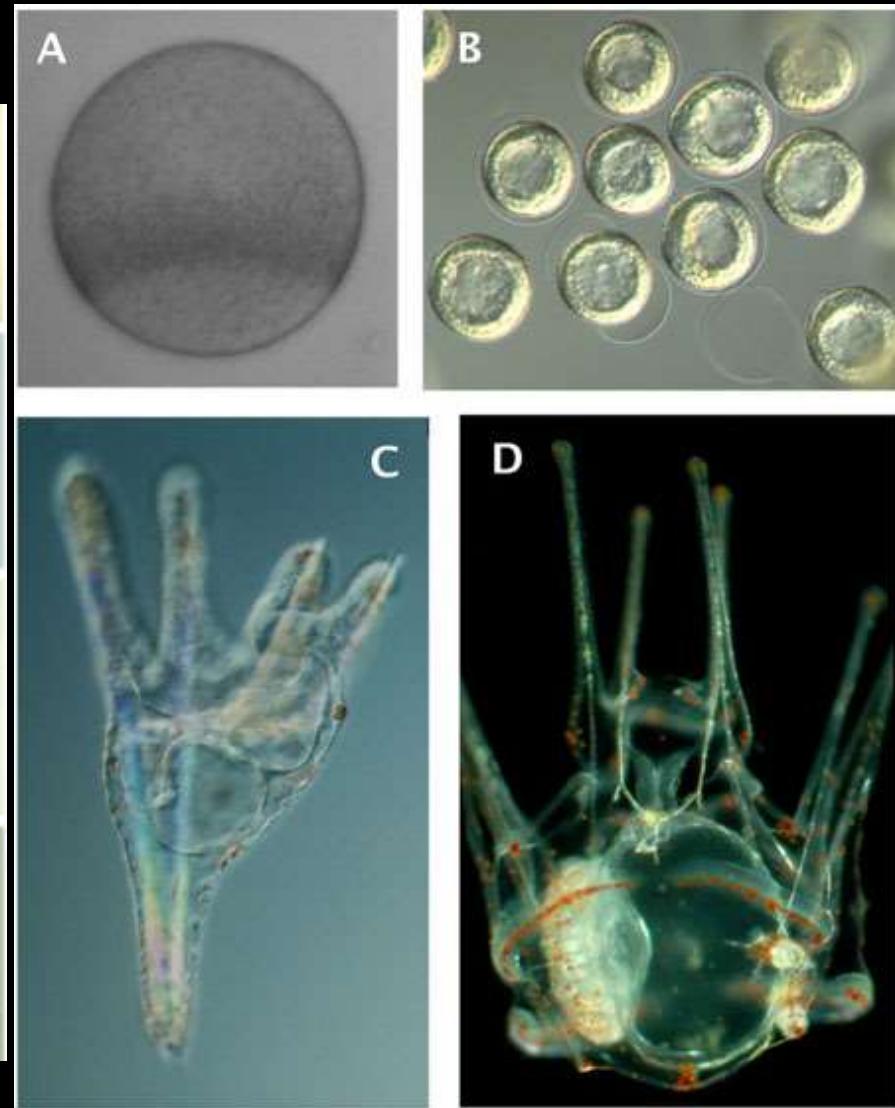
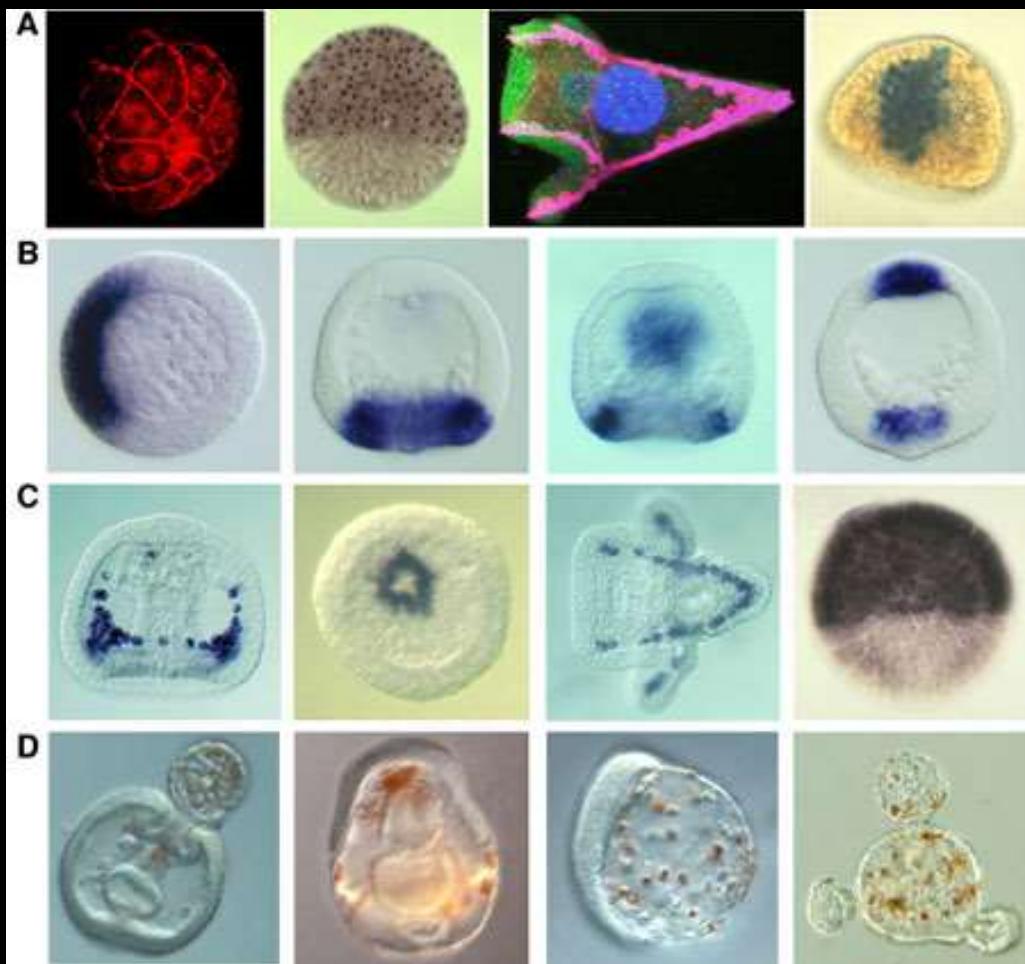


Схема раннего эмбриогенеза морских ежей



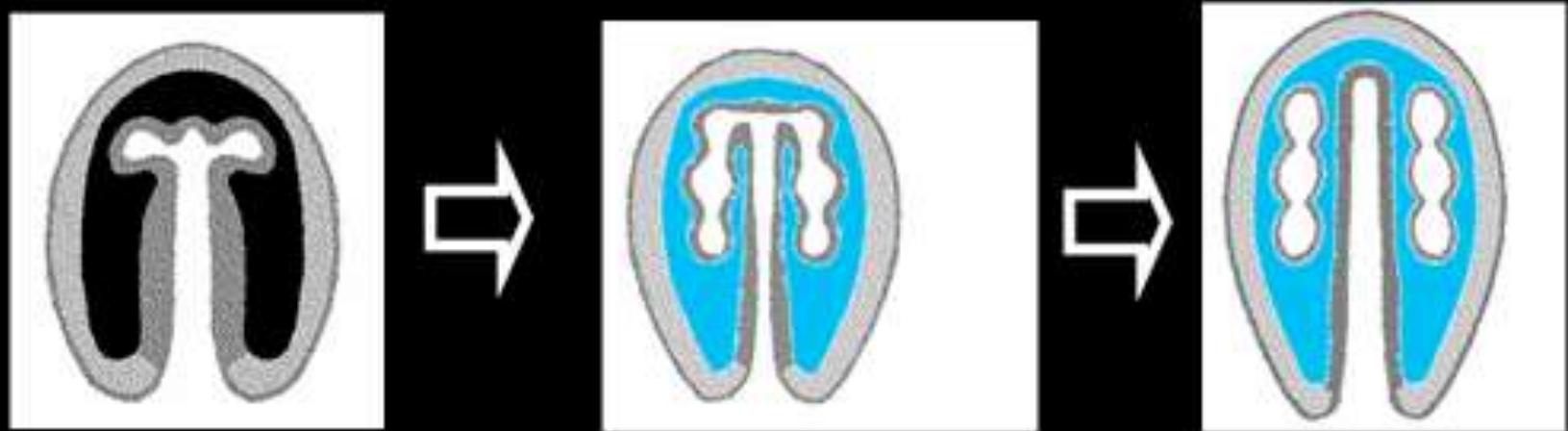
Выселение мезенхимных клеток на стадии ранней гастрюлы

# *Paracentrotus lividus*



(Genoscope - Centre National de Séquençage)

# Схема закладки целомических мешков

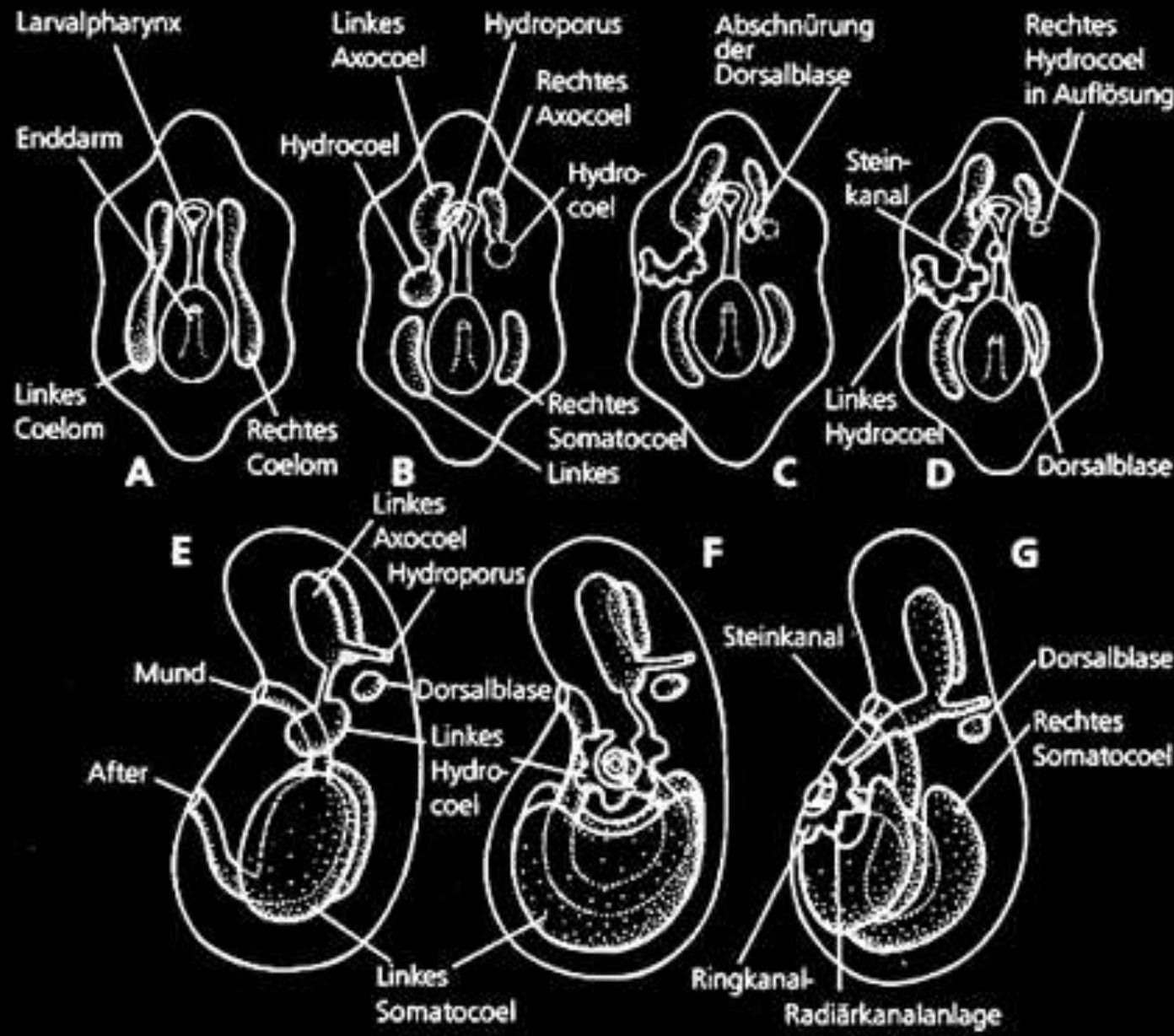


Axocoel

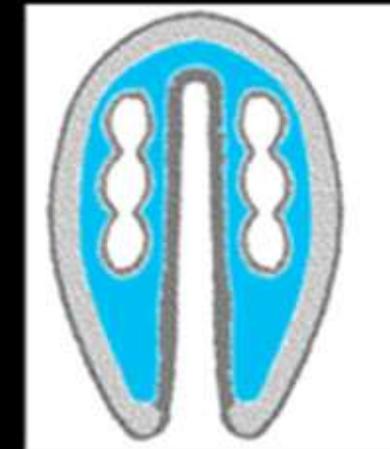
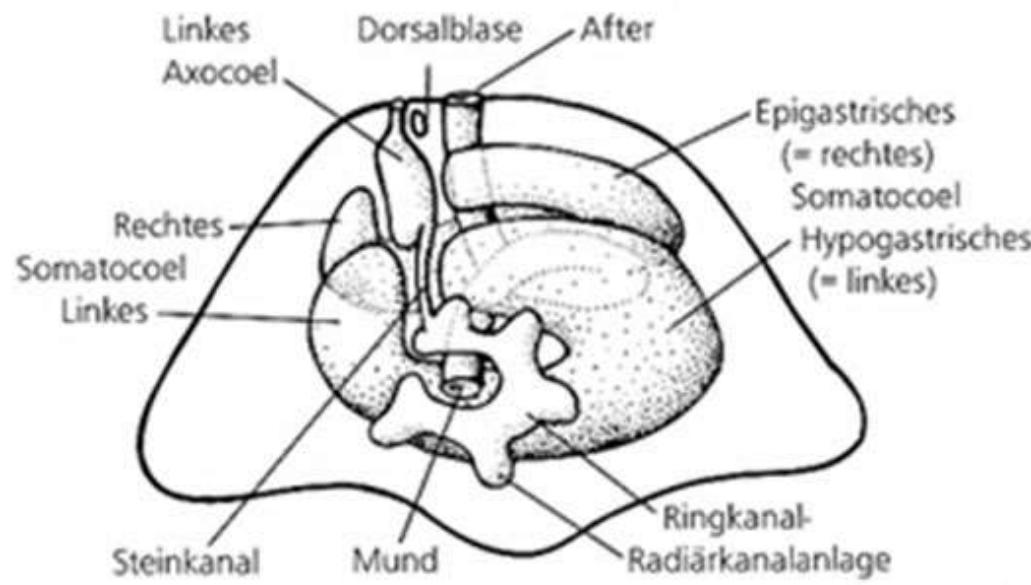
Hydrocoel

Somatocoel

С  
у  
д  
ь  
б  
а



# Судьба целомических мешков



Левый аксоцель: оральная часть осевого органа с левым осевым синусом, каменистый канал, внутреннее кольцо перигемальной (гипоневральной) системы.

Правый аксоцель: аборальная часть осевого органа с правым осевым синусом, дорзальный мешочек.

Левый гидроцель: окологлоточное кольцо и радиальные каналы с ножками амбулакральной системы.

Правый гидроцель: редукция.

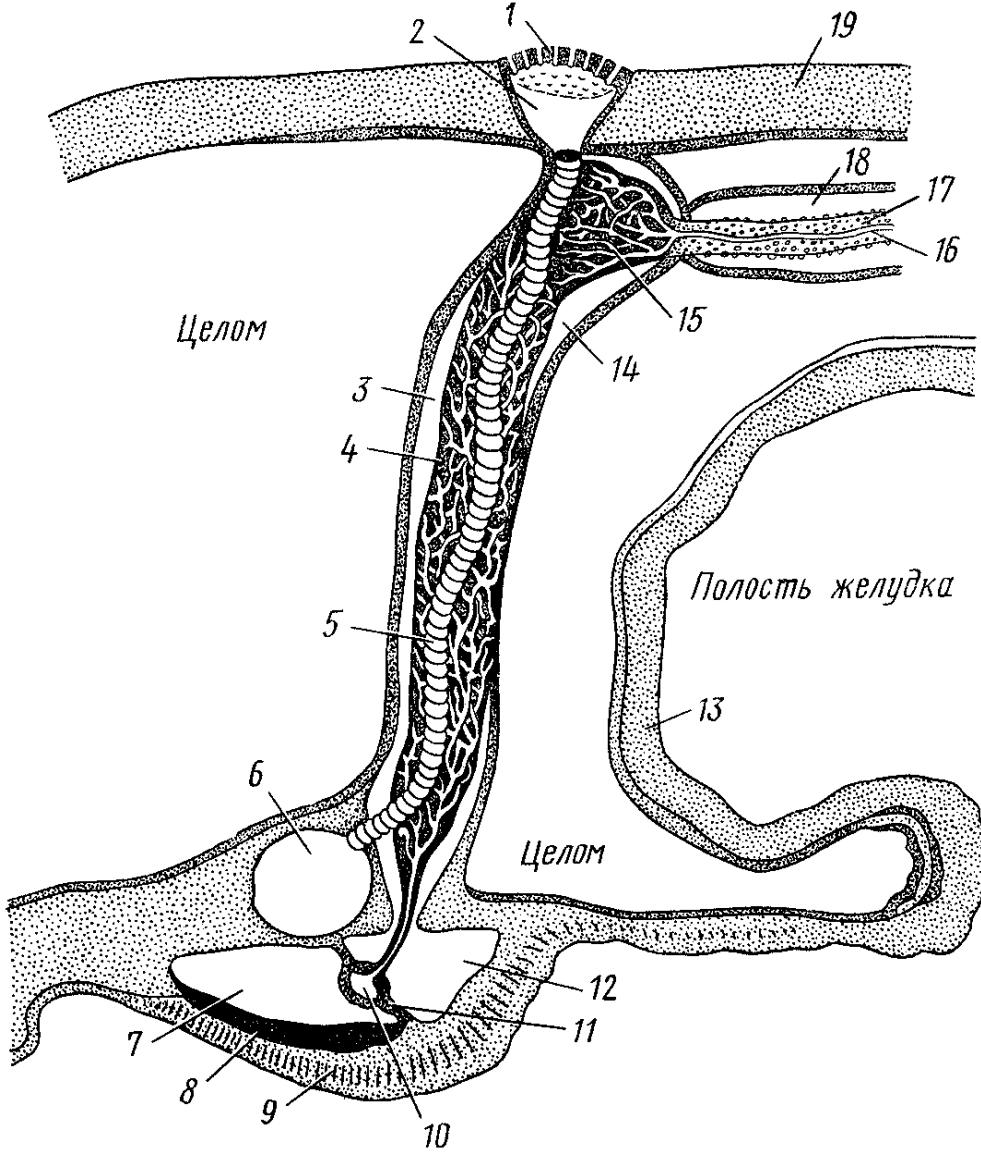
Левый соматоцель: аборальная часть – эпителий полового зачатка, первичные половые клетки, половой тяж, генитальный синус; гипогастрический отдел висцерального целома; оральная часть – наружное кольцо перигемальной (гипоневральной) системы.

Правый соматоцель: эпигастрический отдел висцерального целома, аборальное целомическое кольцо.

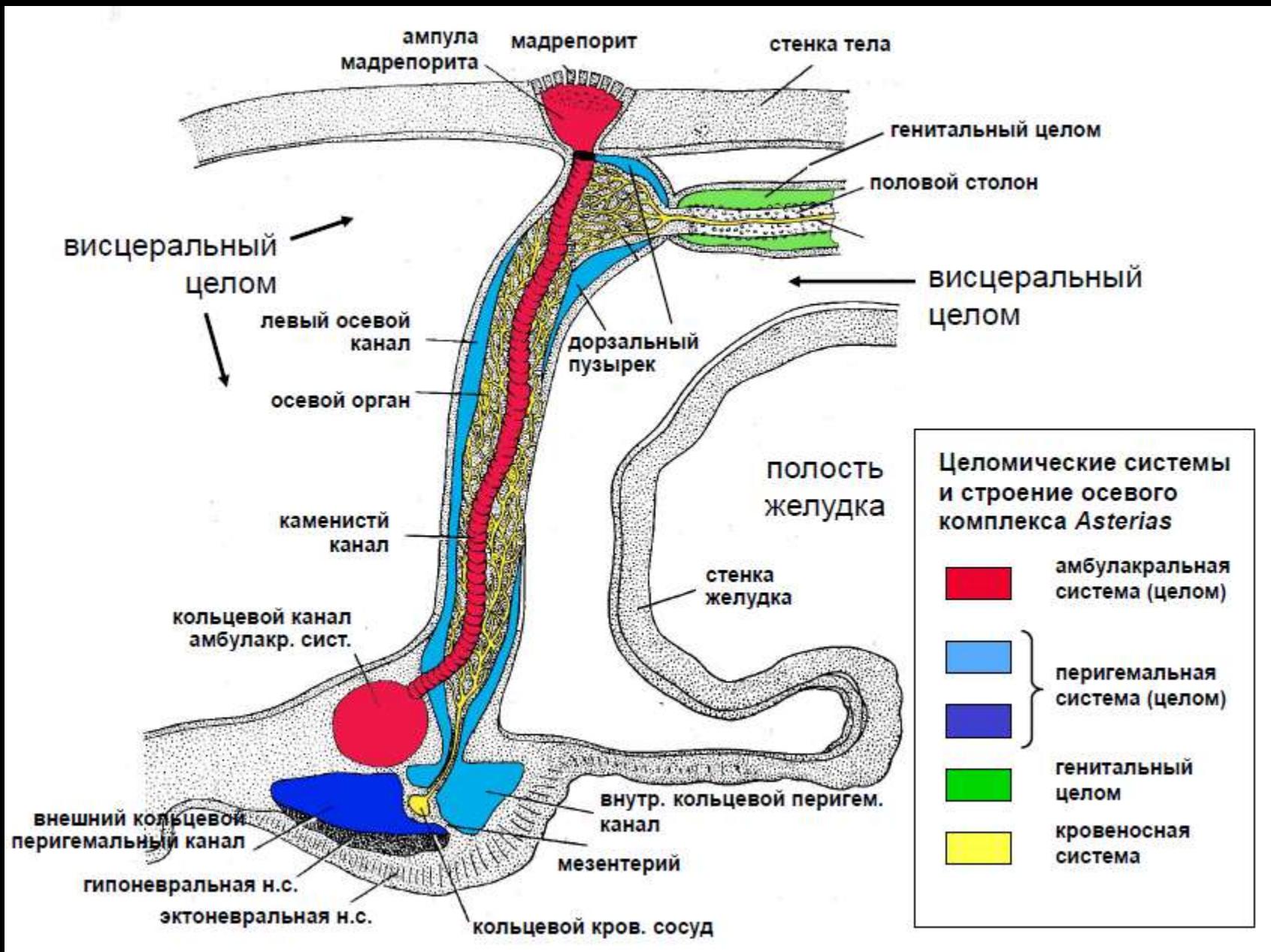
Соматоцели (спланхноцели): производные целомической мезодермы: мускулатура, соединительная ткань, вторичная мезенхима (скелет), мезенхима кровеносной системы, мезентерии кишечника и др. органов.

# На примере морских звезд

## Осевой комплекс органов

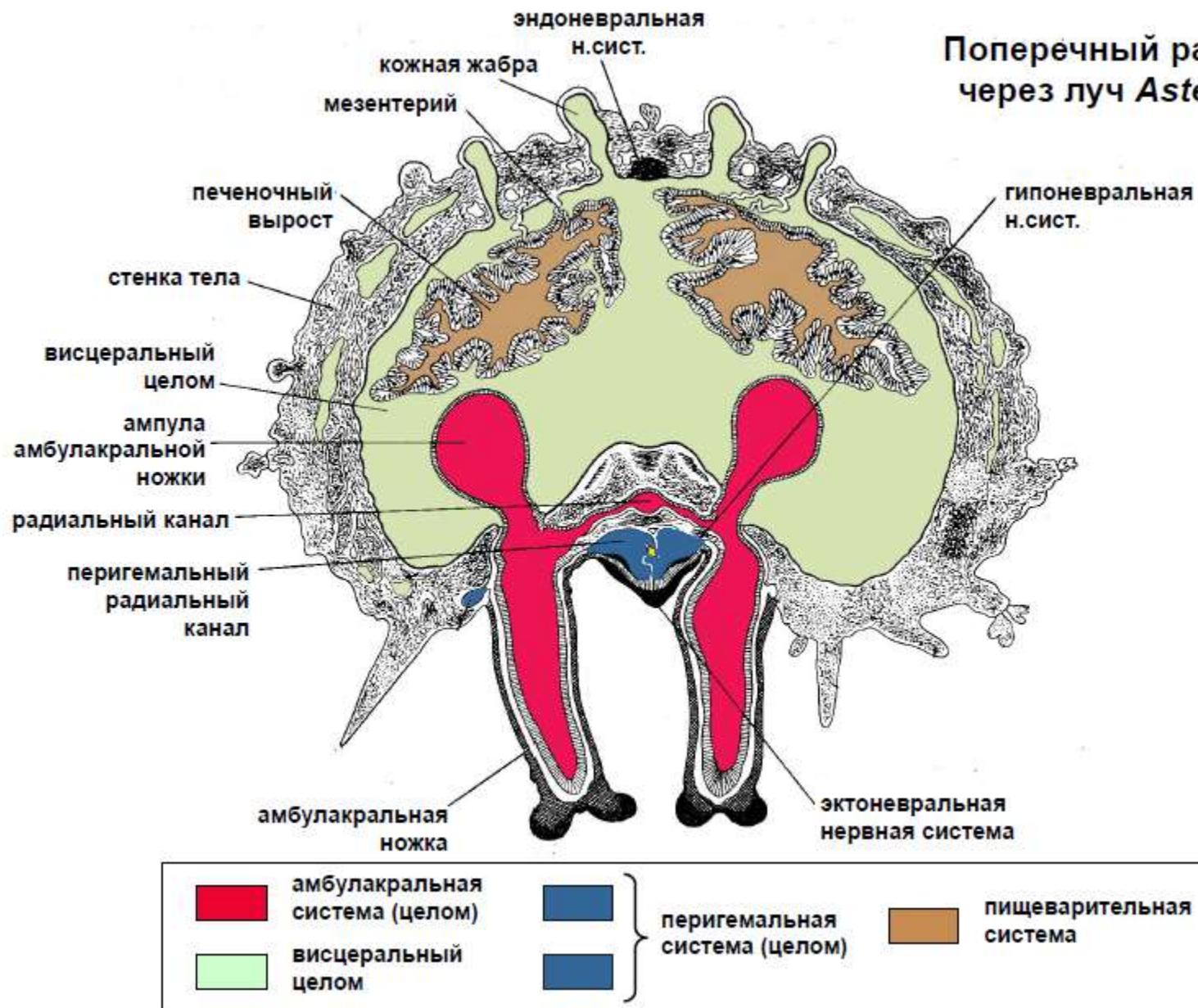


1 – мадропорит; 2 – мадропоритовая ампула; 3 – левый осевой синус (левый аксоцель); 4 – оральный отдел осевого органа (аксиальной железы); 5 – каменистый канал (левый аксоцель); 6 – оральное кольцо амбулакральной системы (левый гидроцель); 7 – наружное перигемальное (гипоневральное) кольцо (левый соматоцель), дает двойные отростки в радиусы; 8 – оральное кольцо гипоневрального отдела нервной системы (левый соматоцель); в радиусах дает парные нервы Ланге у звезд; 9 – оральное кольцо эктоневрального отдела нервной системы; 10 – оральное кольцо гемальной системы; 11 – мезентерий между наружным и внутренним перигемальными кольцами; 12 – внутреннее кольцо перигемальной (гипоневральной) системы (левый аксоцель); 13 – стенка желудка; 14 – правый осевой синус или аборальный отдел осевого органа (правый аксоцель); 15 – придаточный синус в дорзальном пузирьке (или мешке, «сердце») (правый аксоцель); 16 – аборальный кровеносный сосуд; 17 – половой (генитальный) тяж (левый соматоцель); 18 – половой (генитальный) синус (аборальный конец левого соматоцеля); 19 – стенка тела (по А.А.Стрелкову с изменениями).



(По В.А.Догелю, дизайн А.В.Гришанкова)

**Поперечный разрез  
через луч *Asterias***



(По В.А.Догелю, дизайн А.В.Гришанкова)

## Рекомендуемая литература

### Основная:

- Беклемишев В.Н. 1964. Основы сравнительной анатомии беспозвоночных. Издательство Наука. Том 1 и 2.
- Зоология беспозвоночных. 2008. Под.ред. В.Вестхайде и Р.Ригера. Товарищество научных изданий КМК. Том 2: от артропод до иглокожих и хордовых. Стр.780- 904.
- Иллюстрированный атлас беспозвоночных Белого моря. Путеводитель по фауне массовых видов морских беспозвоночных. 2006. Под ред. Н.Н.Марфенина. Товарищество научных изданий КМК, Москва. Стр.243 – 260..
- Рупперт, Э.Э., Фокс, Р.С., Барнс, Р.Д. 2008. Зоология беспозвоночных. Функциональные и эволюционные аспекты. Том 4. Циклонейрали, Щупальцевые и Вторичноротые. Под ред. В.В.Малахова. Стр. 167-347.
- Atlas of Marine Invertebrate Larvae. 2002. Edited by C.M.Young. Pp.109 – 122.
- The Echinoblog of Christopher Mah, USA. <http://echinoblog.blogspot.com/>.
- The Echinoid Directory of Andrew Smith. The Natural History Museum. <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/projects/echinoid-directory/index.html>.

### Дополнительная:

- Иванова-Казас О.М. Сравнительная эмбриология беспозвоночных животных: Иглокожие и полухордовые. М. 1978. 166 с.
- Microscopic Anatomy of Invertebrates. 1991. Vol.14. Echinodermata. Edited by Harrison, F.W., Chia, F.S. Vol.15. Hemichordata, Chaetognatha, and the Invertebrate Chordates. Edited by Harrison, F.W., Ruppert, E.E.
- Nichols, D. 1969: Echinoderms, 4th (revised) edition. Hutchinson University Library, 192 pp.
- Paul, C.R.C., Smith, A.B. 1984. The Early Radiation and Phylogeny of Echinoderms. Biol.Rev. Vol.59, pp.443 - 481.
- Reproduction of Marine Invertebrates. 1991. Vol. VI. Echinoderms and Lophophorates. Edited by Giese, A.C., Pearse, J.S., Pearse, V.B. The Boxwood Press, Pacific Grove, California. Pp. 247 – 760.