

# *Amphiodia occidentalis*



# *Amphipholis squamata*



# *Ophiocoma echinata*



# *Ophiopholis aculeata*



# *Ophiothris spiculata*



# *Ophiothrix fragilis*





*Ophiactis* sp.  
шестирукая

*Asteroporpa*  
*annulata*



*Gorgonocephalus caryi*





*Ohionereis annulata*:  
передвигается на амбулакральных ножках

*Amphiura* sp.



*Orhiocotina nigra*:  
питание взвешенной органикой



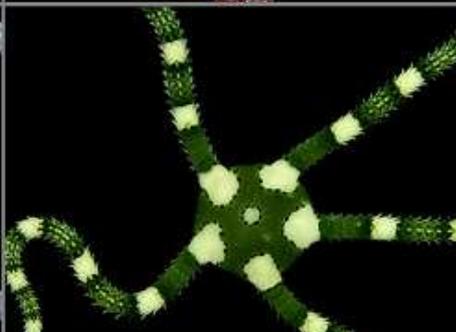
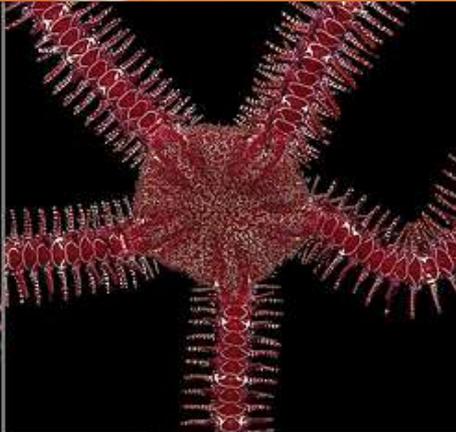
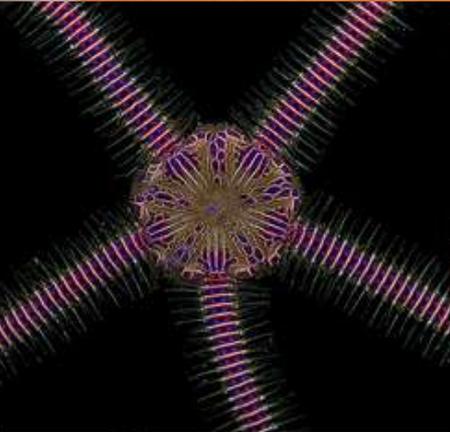
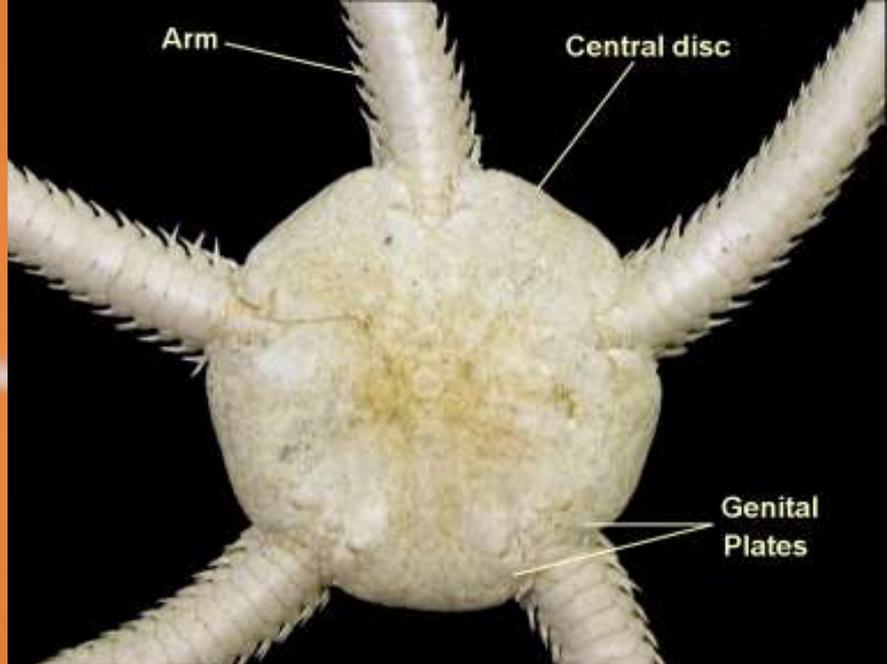
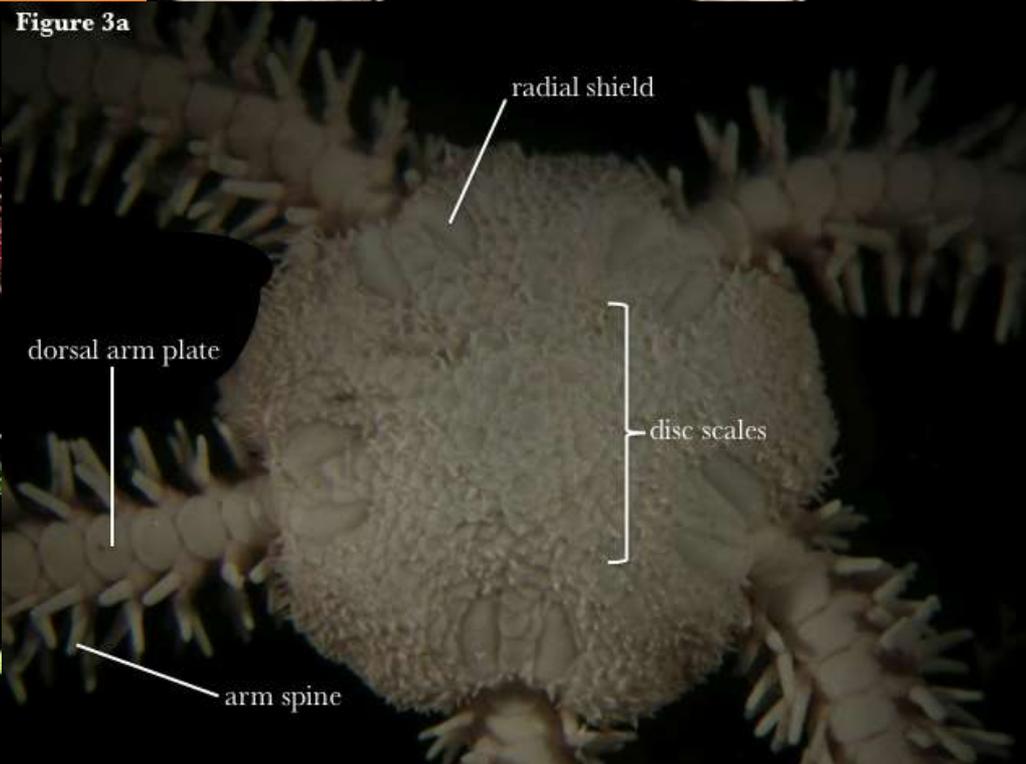
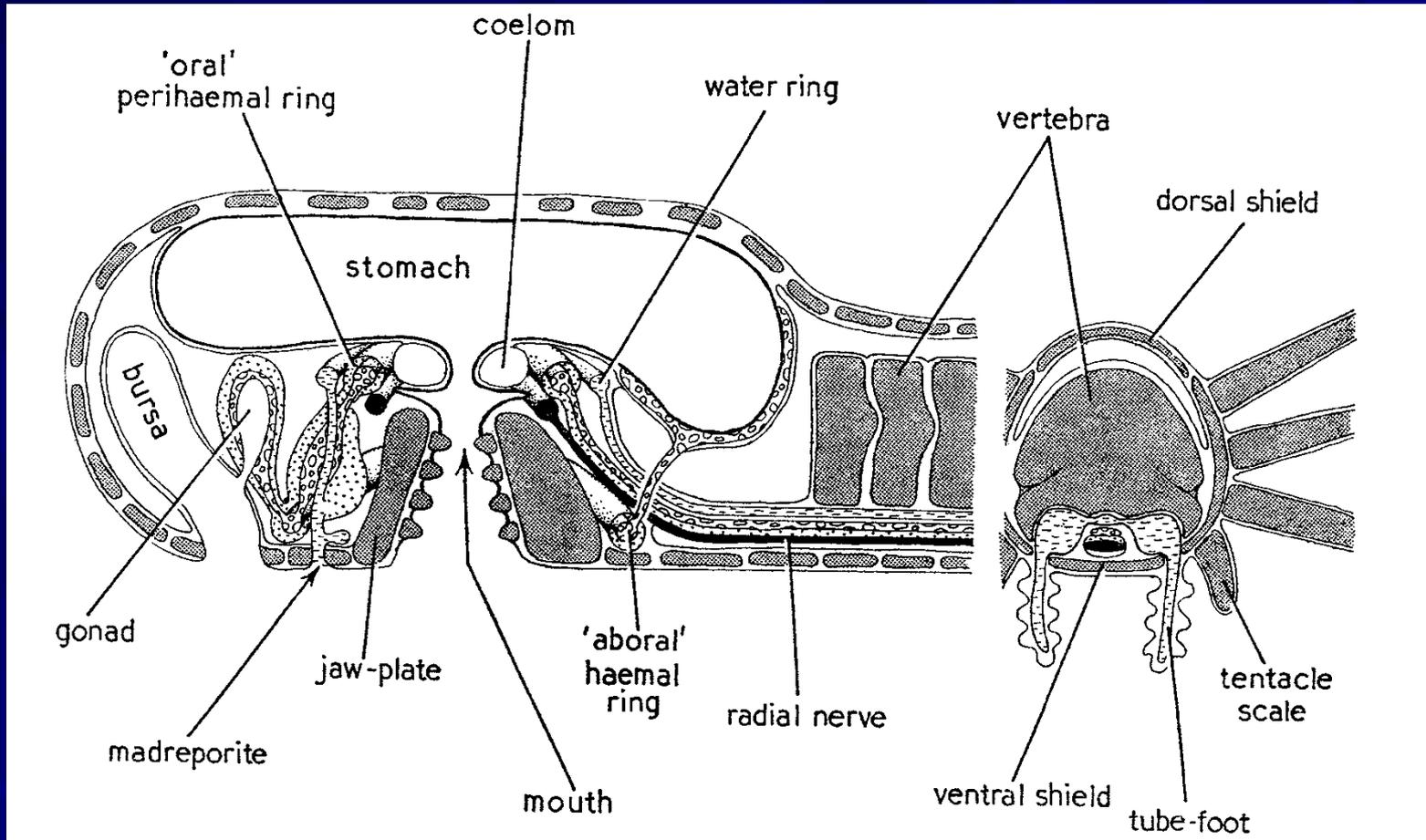


Figure 3a





# Anatomy of Ophiuroidea



Nichols, 1969

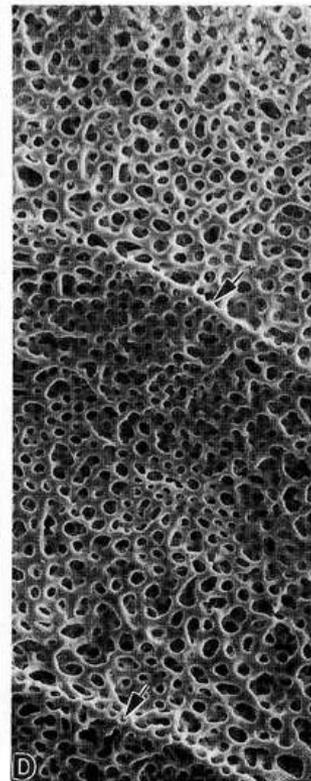
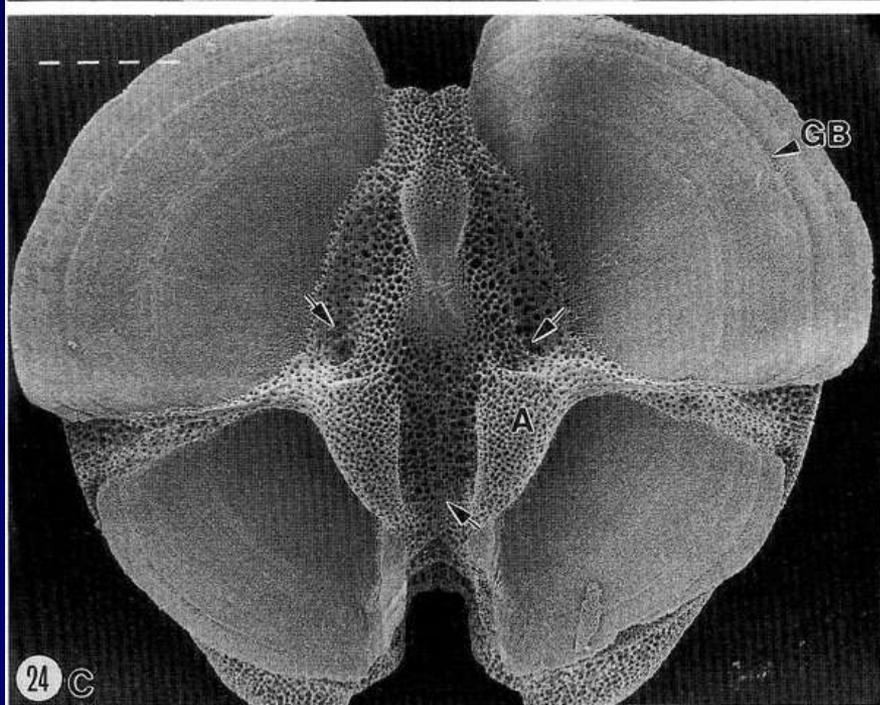
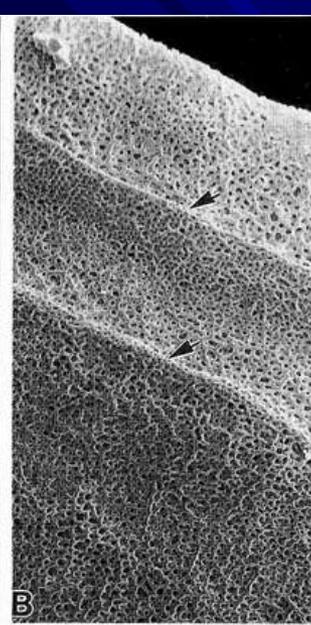
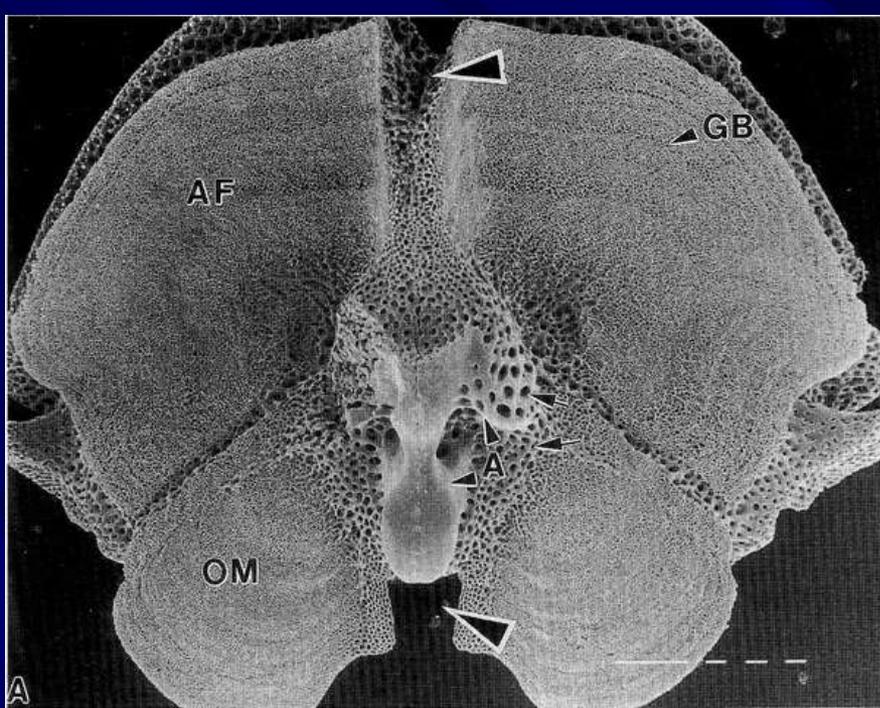
KEY to systems	
water vascular	
haemal	
perichaemal	
skeletal	
nervous	

# Arm skeleton of Ophiurida:

a zygospondylous articulation

A: *Amphiura filiformis*. Distal face of vertebral ossicle showing growth bands (GB) on the oral (OM) and aboral (AF) intervertebral muscle fossae. The fossae are comprised of fine stereom. The articular condyles (A) are imperforate and have peripheral coarse stereom where the intervertebral ligament inserts (arrowheads). Large arrowheads mark aboral and oral notches for arm coelom and water canal, respectively. X60. B-D, *Ophiura ophiura*. B: Portion of upper muscle fossa showing growth bands (arrows) and perforate stereom. X210. C: Proximal face of vertebral ossicle with socket-like depressions (arrows) that accommodate the articular condyles of the distal vertebra. The articular surface (A) are perforate where the intervertebral ligament inserts into the skeleton. GB, growth bands. X55. D: Detail showing stereom microstructure of growth bands (arrows) and area between. X550.

(Byrne, 1994 in *Microscopic Anatomy of Invertebrates*).



## *Ophiogeron granulatus*



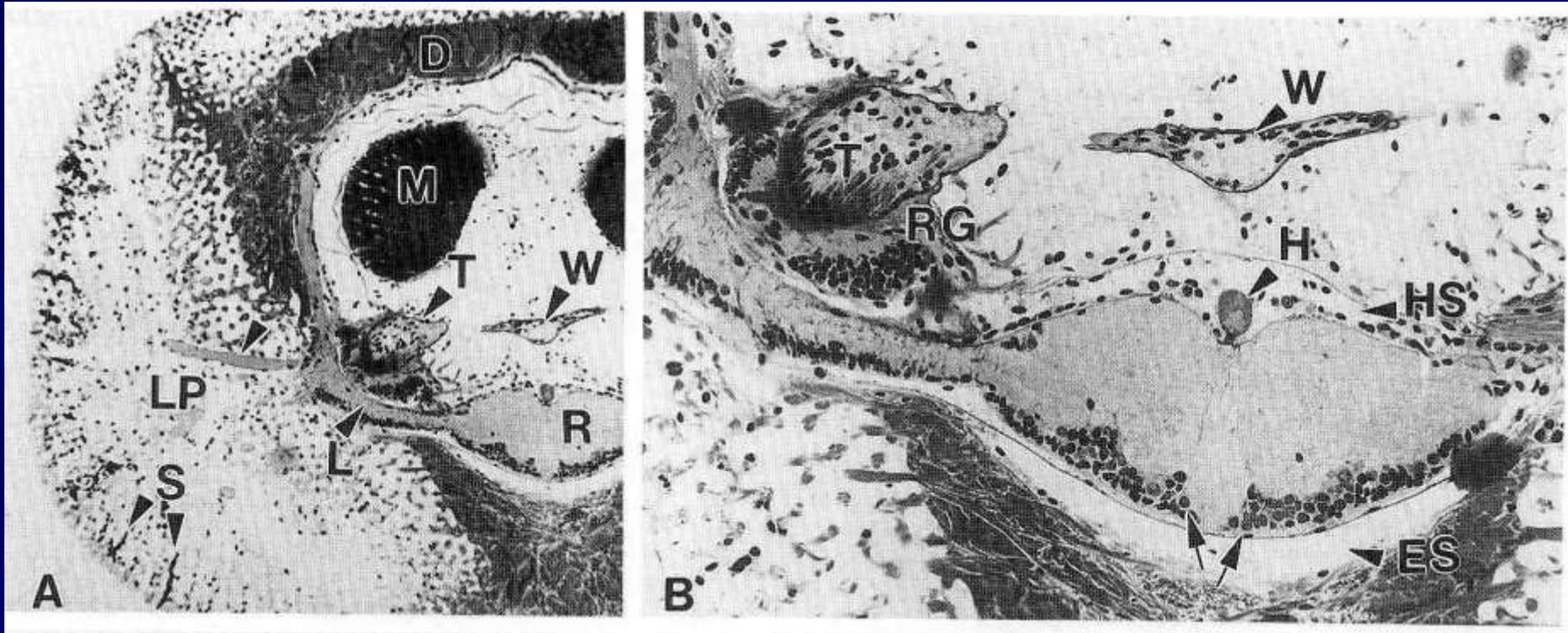
The central arm skeleton of *Ophiogeron granulatus* (former *O. supinus*) appears as a rod surrounded by a thick layer of gelatinous dermal connective tissue, and movement between adjacent vertebrae appears to be minimal. This species does not depend heavily on its arm musculature for locomotion and moves in an asteroid-like fashion with a stepping motion of its hypertrophied tube feet. (Byrne, 1994 in *Microscopic Anatomy of Invertebrates*).

*Ophiopholis aculeata*



*Ophiopholis aculeata*

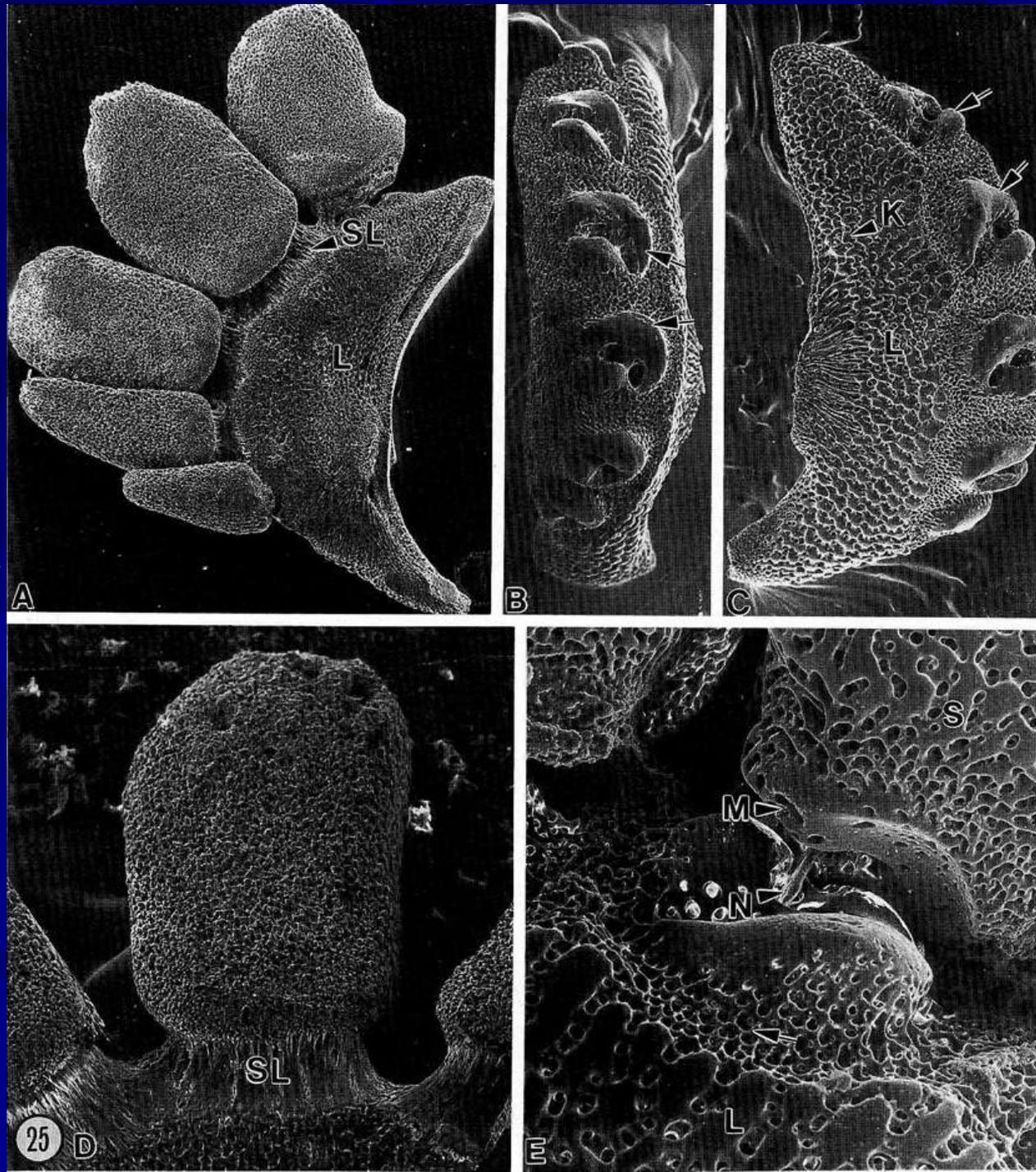
## Radial nerve cord



A, B, *Ophioderma longicauda*. TEM. A: Cross section of the arm showing a segmental ganglion of the radial nerve cord (R) giving off a lateral nerve (L) that runs along the inside of the lateral arm plate (LP) with a branch that penetrates the plate (arrowhead). D, dense connective tissue; M, intervertebral muscle; S, secretory cells; T, base of tube foot; W, water canal. X70. B: The nerve cord is surrounded by the ectoneural sinus (ES) and hyponeural sinus (HS). The radial hemal channel (H) is located in the hyponeural sinus. Ectoneural cell bodies (arrows) are located along the oral side of the nerve. The lateral nerve connects with the ring ganglion (RG) at the base of the tube foot (T). W, water canal. X175 (Byrne, 1994 in *Microscopic Anatomy of Invertebrates*).

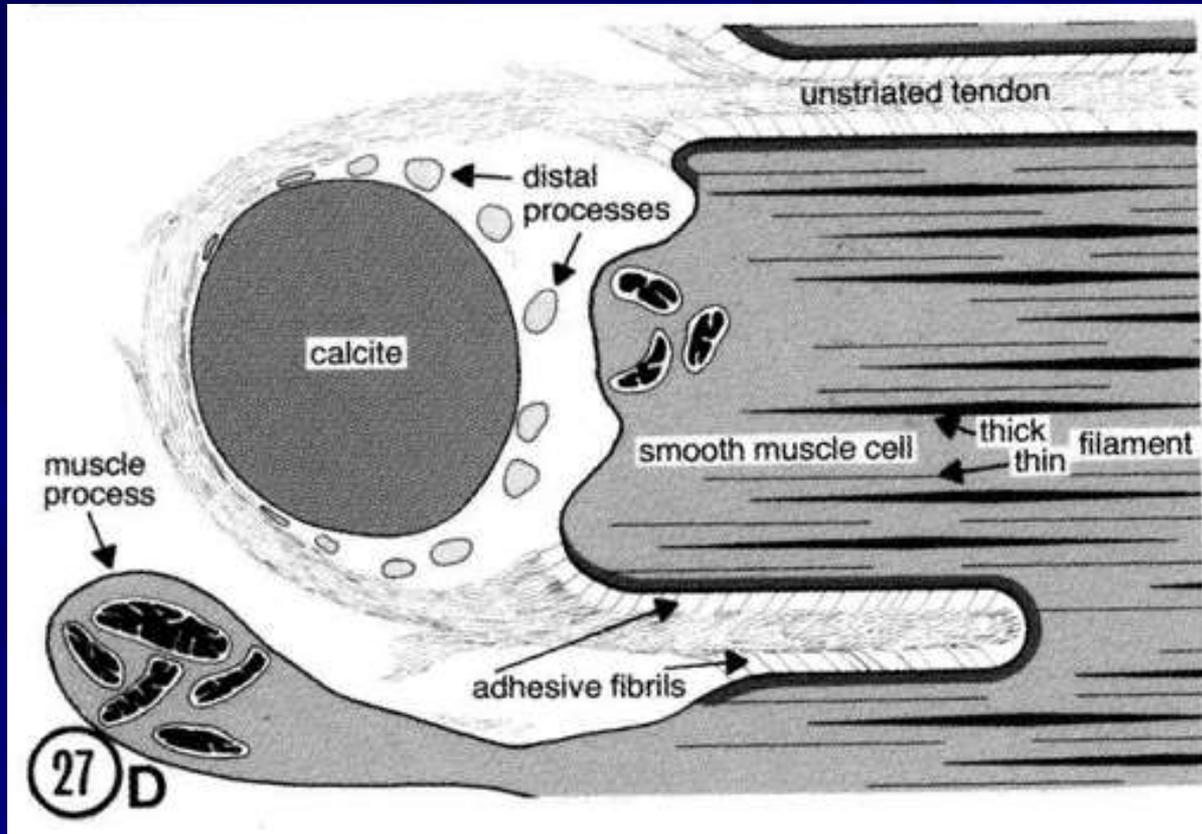
Lateral arm plate and spine articulation complex (SAC) of *Ophiopholis aculeata*.

SEM. A: Internal face of lateral arm plate (L) with labyrinthine stereom and attached spines. SL, spine ligament. X50. B: Distal edge of lateral arm plate showing articular surfaces (arrows). X50. C: External surface of lateral arm plate (L) with knobbed stereom (K) and articular surfaces (arrows). X65. D: Spine attached to lateral arm plate by ligament (SL). X125. E: Spine nerve (N) crossing the SAC. L, lateral arm plate; M, eccentrically located muscle fossa; S, spine; arrow, perforate stereom for attachment of spine ligaments. X225.



(Byrne, 1994 in *Microscopic Anatomy of Invertebrates*).

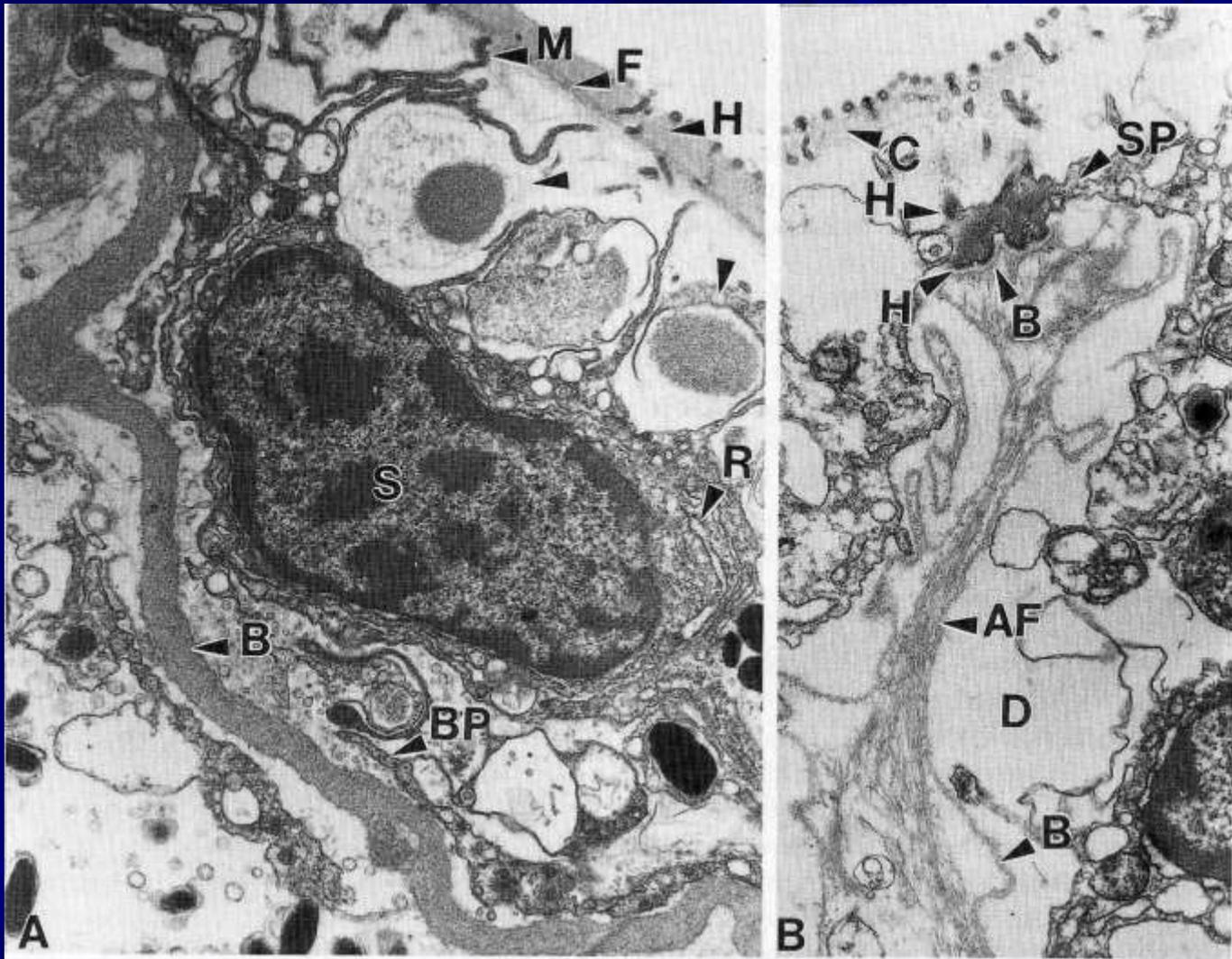
## Intervertebral muscle and tendons.



Schematic of the attachment between skeleton and muscle in the Ophiuroidea.

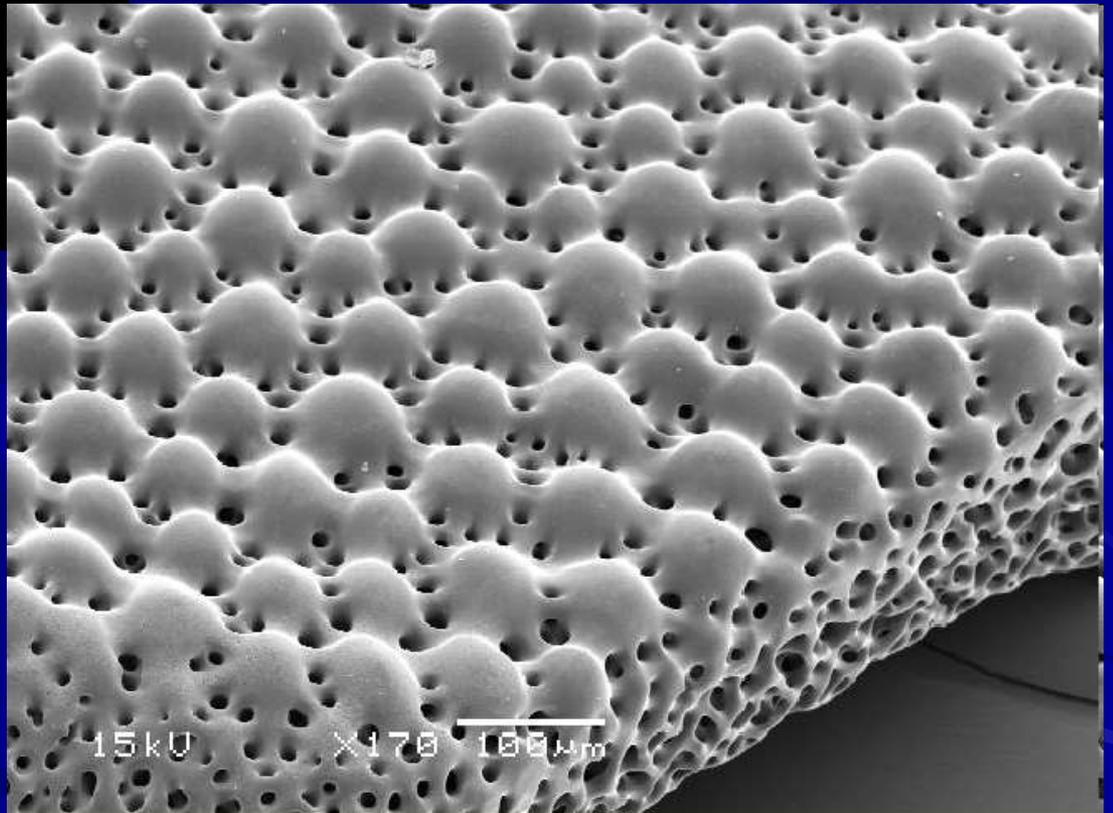
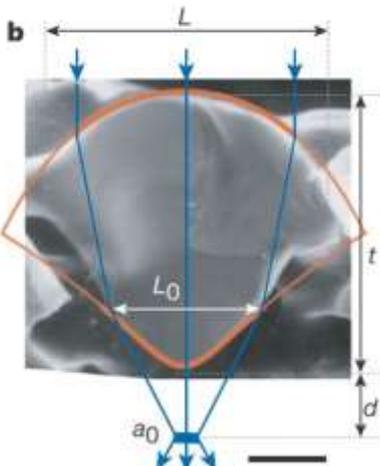
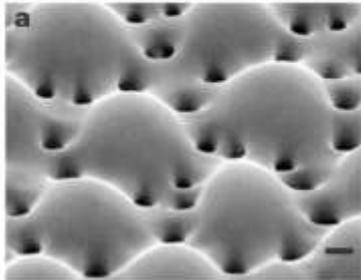
(Byrne, 1994 in *Microscopic Anatomy of Invertebrates*).

## Ophiurida epidermis



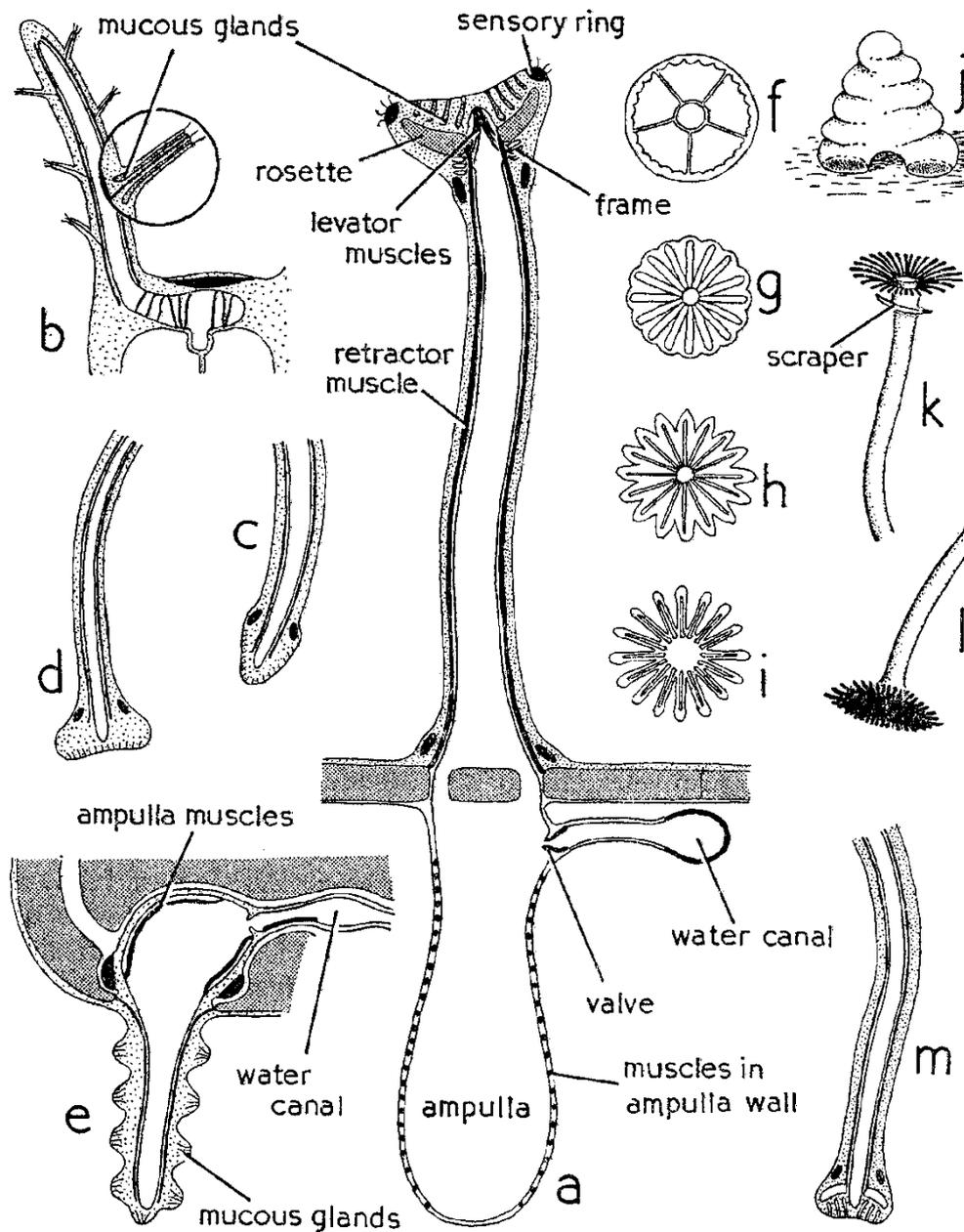
A – B, *Ophiocoma wendtii*. Cross sections of dorsal surface. A: Support cells (S) releasing material into the subcuticular space (arrowheads). The cuticle is comprised of homogeneous (H) and fibrillar (F) layers. B, basal lamina; PB, basal process; M, microvillus; R, rough endoplasmic reticulum. X10,700. B: Cuticle-epidermis-dermis junctional complexes, each comprised of two hemidesmosomes (H), one on the apical and one on the basal membrane of the support cell process (SP). Anchoring filaments (AF) insert into the basal lamina (B) and project into the dermis (D). C, cuticle. X10,200 (Byrne, 1994 in *Microscopic Anatomy of Invertebrates*).

# *Ophiocoma wenatii*



Lucent Technologies Lab, USA

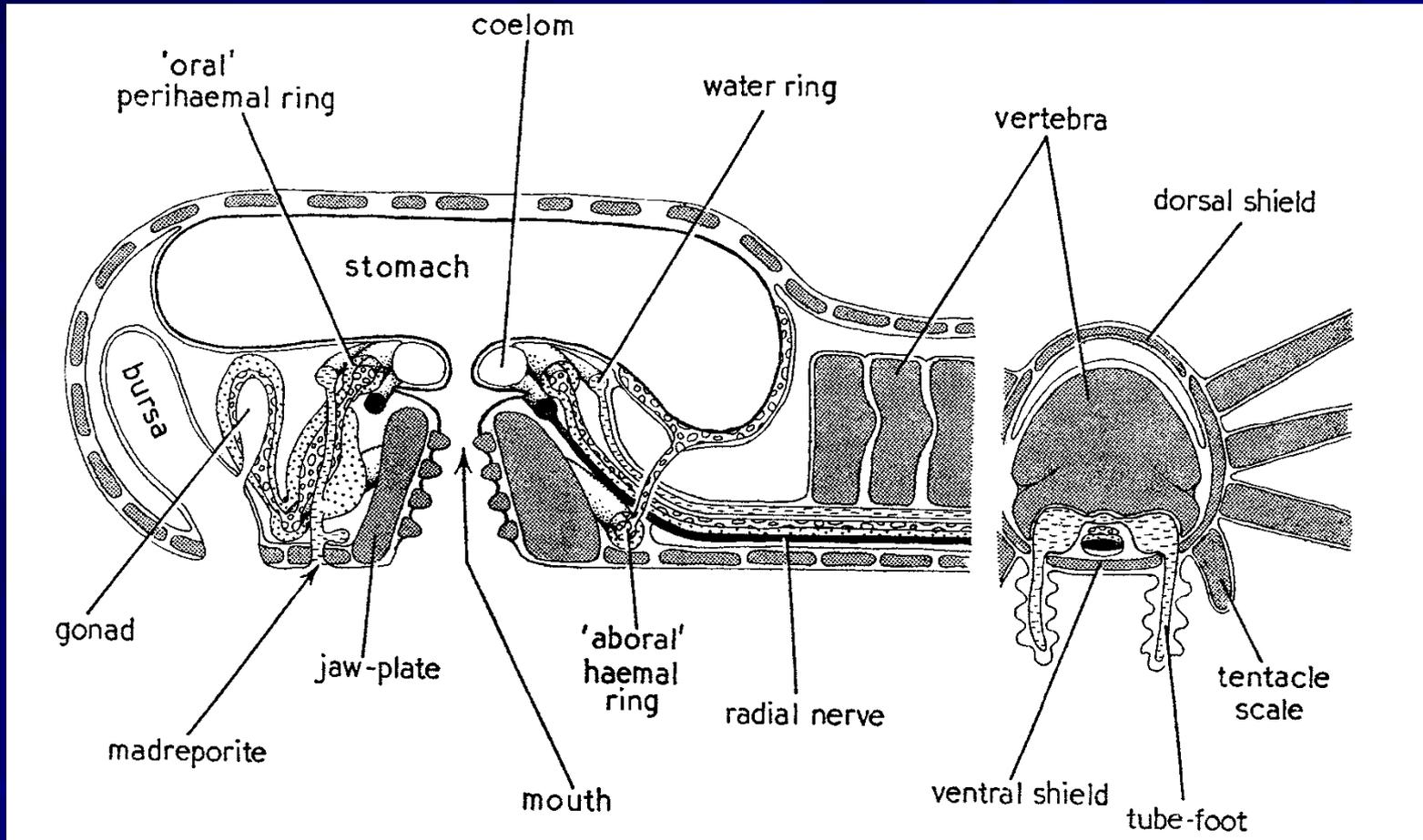
# Амбулакральные НОЖКИ



Амбулакральные ножки иглокожих:

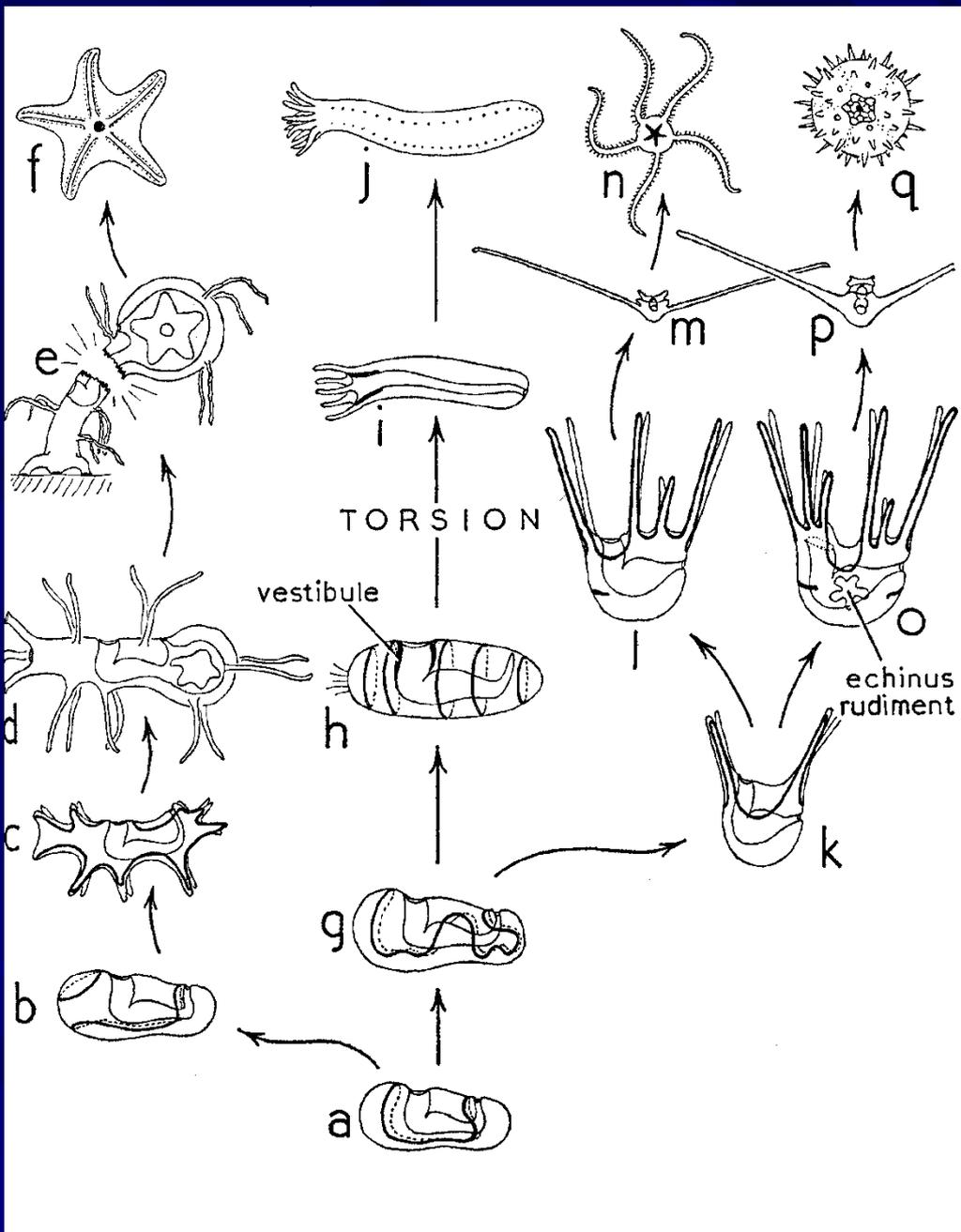
- a - схема продольного среза через присасывательную ножку Echinus.
- b - ловчая ножка криноидов (Antedon). Одна из папилл увеличена.
- c - копательная ножка морских звезд (Phanerozonia).
- d - присасывательная ножка морских звезд (Spinulosa).
- e - ножка офиур. Показано ампулообразное расширение амбулакрального канала.
- f-i - амбулакральные ножки морских ежей. Вид со стороны присасывательного диска. Показана эволюция скелетных элементов ножек спатангоидов: f - Echinus, g - Brissopsis, h - Schizaster, i - Echinocardium.
- j - дыхательная ножка спатангоидов.
- k - роющая ножка спатангоидов. Показан скребок и слизепroduцирующие папиллы.
- l - питающая ножка спатангоидов.
- m - присасывательная ножка голотурий.

# Anatomy of Ophiuroidea



Nichols, 1969

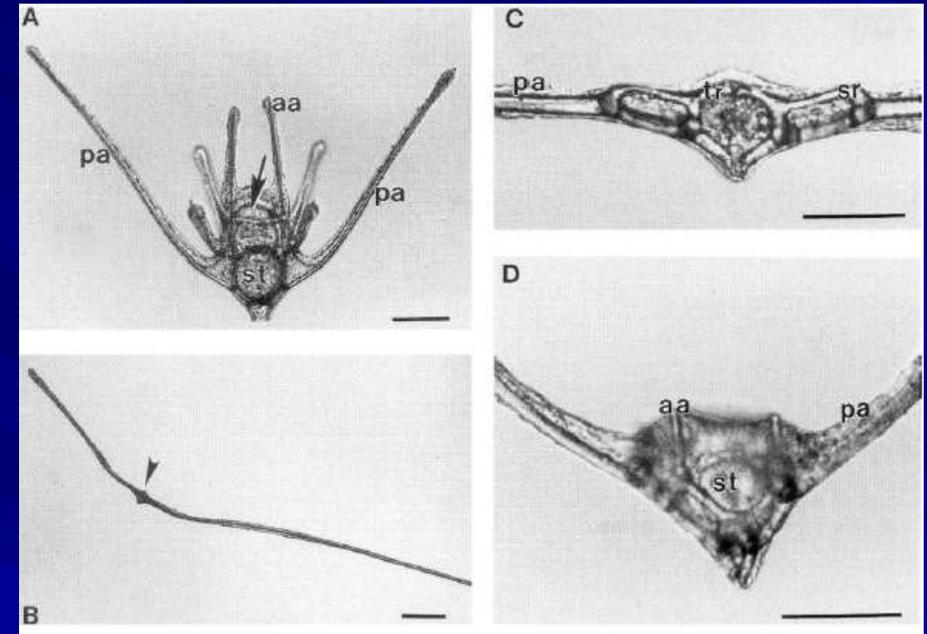
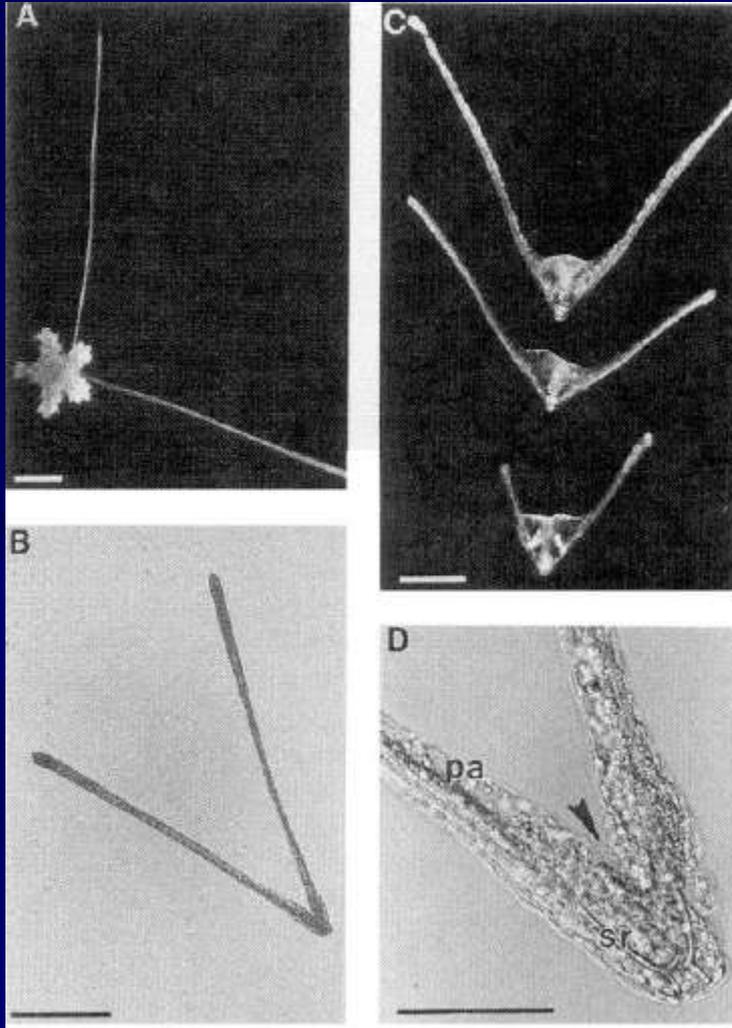
KEY to systems	
water vascular	
haemal	
perichaemal	
skeletal	
nervous	



*Семейство Ophiodermatidae*

See the page:  
<http://echinoblog.blogspot.ru/2015/11/imaging-brooding-brittle-stars-babies.html>

## *Ophiopholis aculeata*



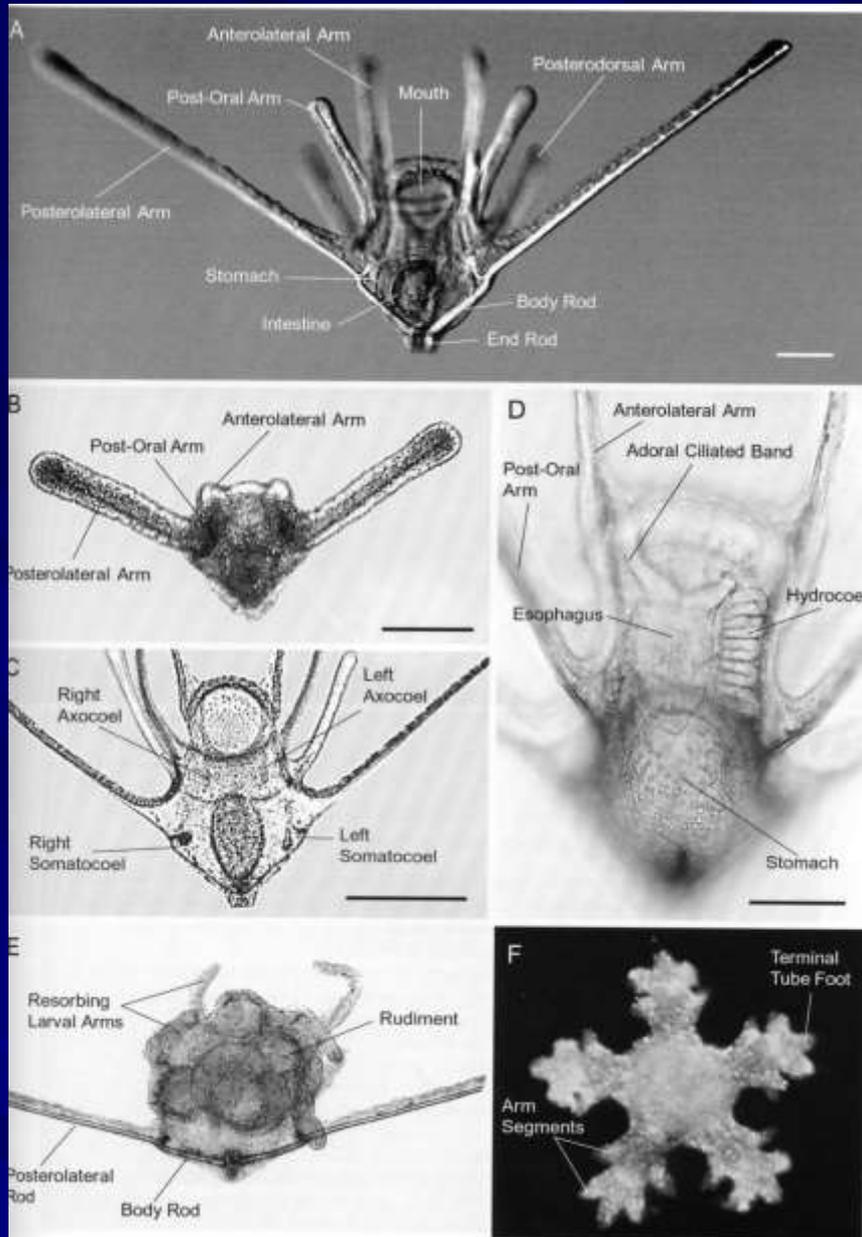
(A) Light photomicrograph of a juvenile *Ophiopholis aculeata* suspended between the outer posterolateral arms. (B) Recently released posterolateral arms from a settled juvenile. (C) A developmental series of three different asexually produced secondary larvae arranged chronologically from top to bottom. (D) Gastrulation of released posterolateral arms. After settlement, the juvenile releases the posterolateral arms (B) which swim using the ciliated epidermis covering the arms (originally part of the primary larval ciliated band). The posterolateral arms (pa) are supported internally by skeletal rods (sr), seen in D. An event similar to gastrulation begins with the invagination of the epidermis (arrowhead) in the vee of the arms. Formation of the secondary pluteus (shown in series in C), is characterized by a shortening of the outer arms and a concentration of tissue between the arms. Scale bars = 0.1 mm.

Light micrographs of an ophiopluteus (A), released posterolateral arms (B), and apparently regenerating larvae (C, D) collected from plankton samples taken off the east coast of Florida. Similarities in the larval skeleton and in pigmentation suggest that these specimens represent one species. aa, anterolateral arm; pa, posterolateral arm; st, stomach; sr, skeletal rod; tr, transverse rod; arrowhead, concentration of tissue at the point of contact of the two posterolateral arms. Scale bars = 0.1 mm.

# Larva of *Ophiura*



# *Ophiothrix spongicola*



A: 17 дней, 8-рукий офиоплутеус.

B: 2 дня, 2-рукий плутеус с зачатками еще двух пар рук: переднебоковых и заднеротовых.

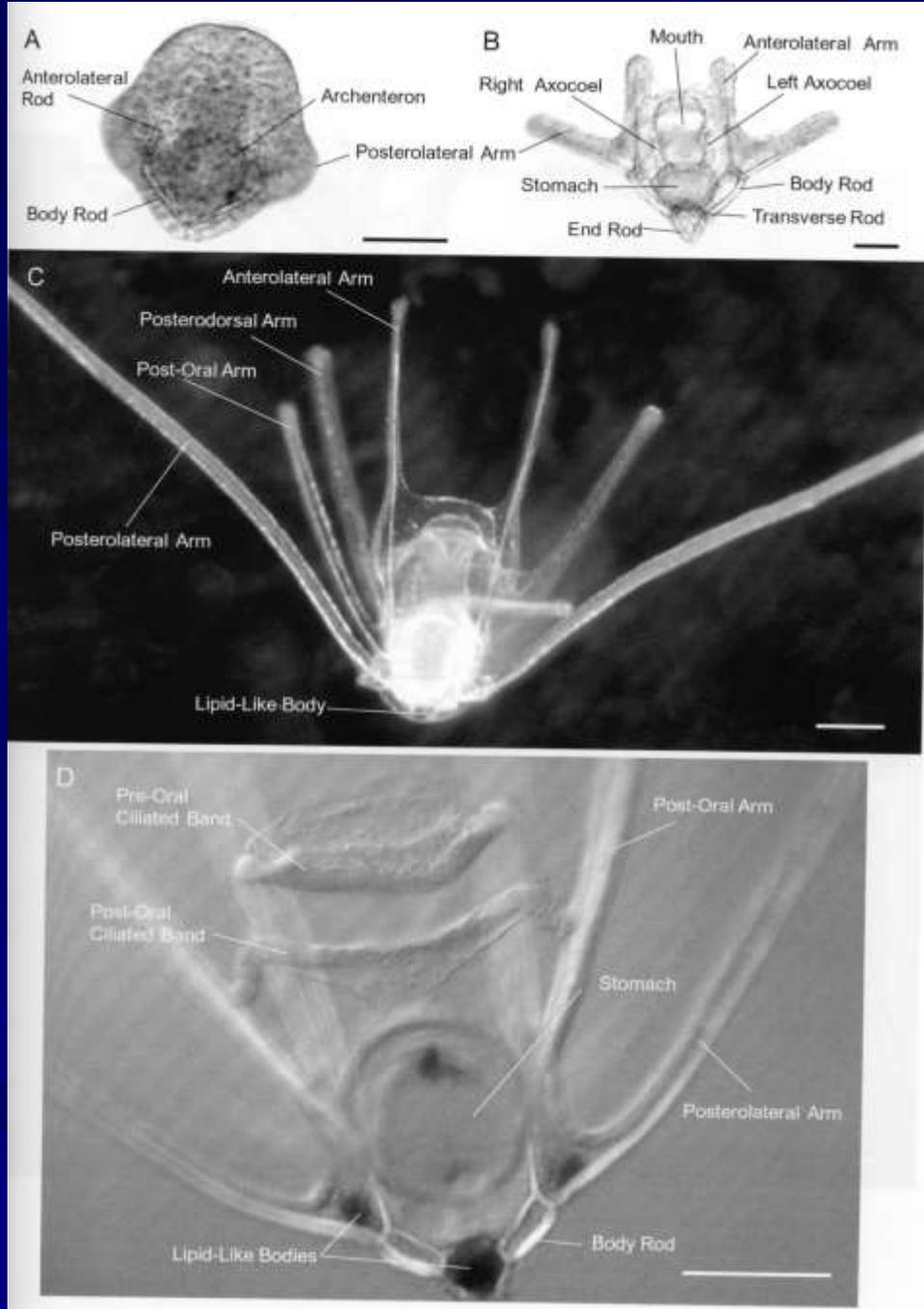
C: Две пары целомических мешков внутри офиоплутеуса.

D: 1 месяц, 5-лопастный левый гидроцель, вытянутый в передне-заднем направлении вдоль петли кишки.

E: офиоплутеус в конце метаморфоза, зародыш имеет радиальную симметрию, личиночные руки редуцируются, сохраняется лишь пара заднебоковых рук. Вид с дорсальной стороны.

F: 1 месяц, осевшая молодая офиура. Вид с дорсальной стороны. Видны терминальные щупальца и по две пары ножек на каждом луче.

# *Ophiactis resiliens*



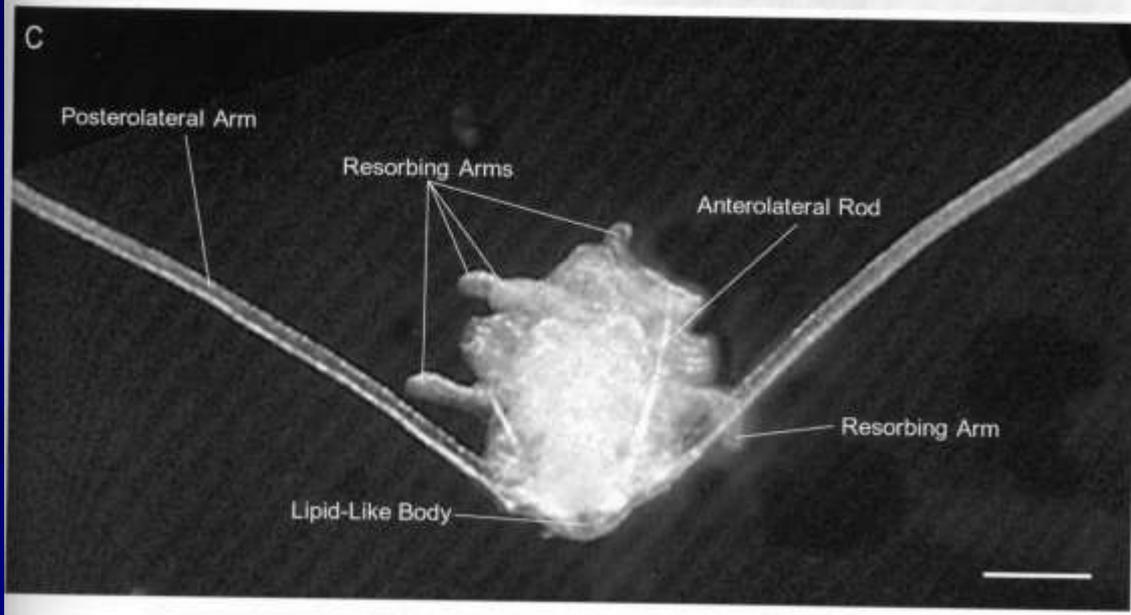
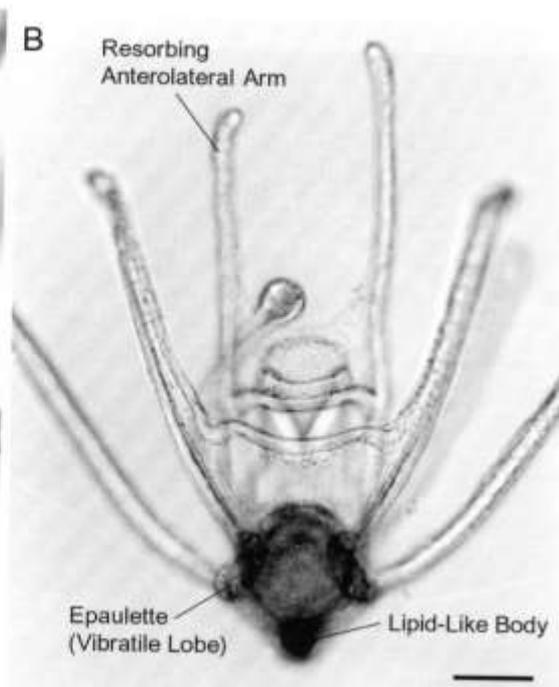
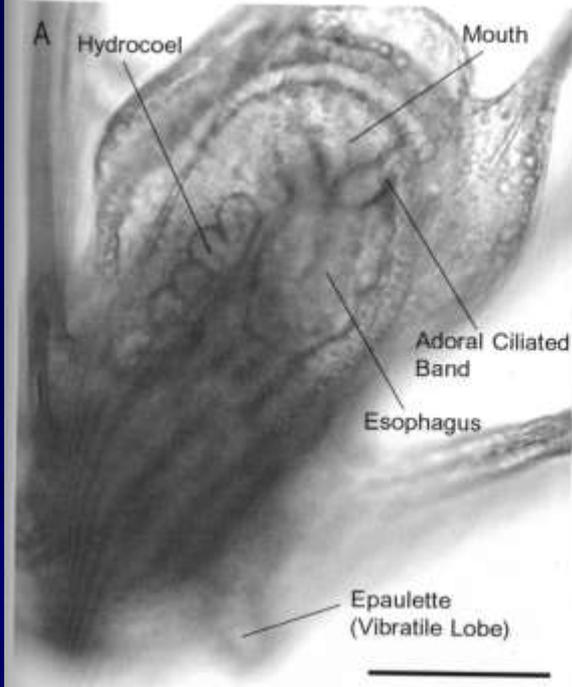
A: 1 день, развивается скелет рук, архентерон обособляется.

B: 4 дня, 4-рукий плутеус, кишка дифференцирована и функционирует, закладываются аксоцели по бокам от желудка.

C: 3 месяца, 8-рукий офиоплутеус. Вид с ventральной стороны.

D: 2 месяца, 8-рукий офиоплутеус. Хорошо видны предротовой и постротовой ресничные шнуры.

## *Ophiactis resiliens*

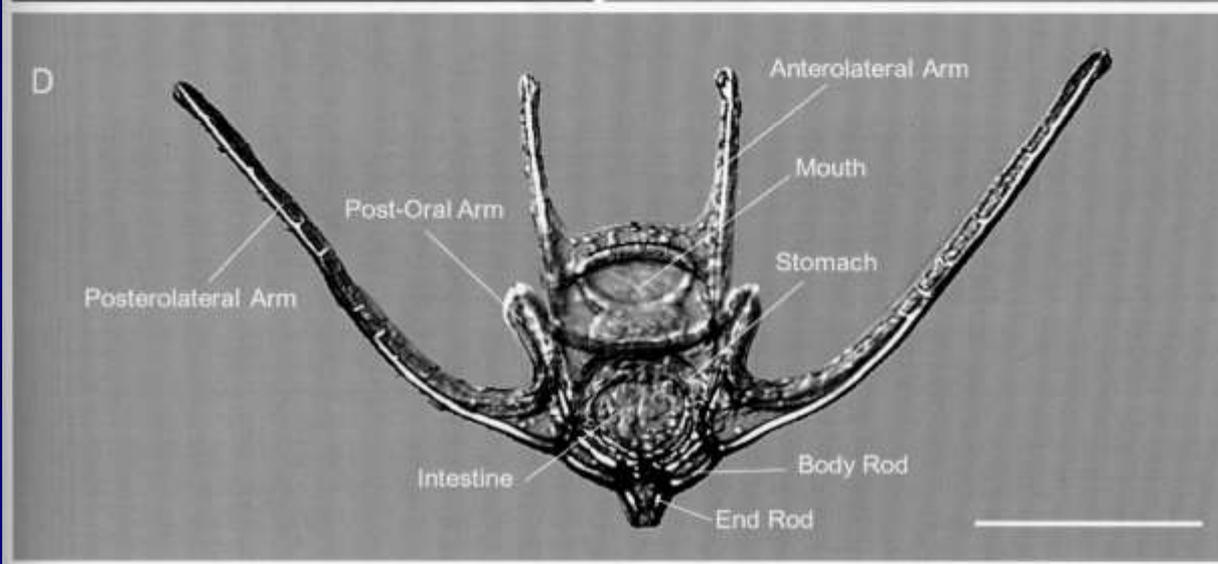
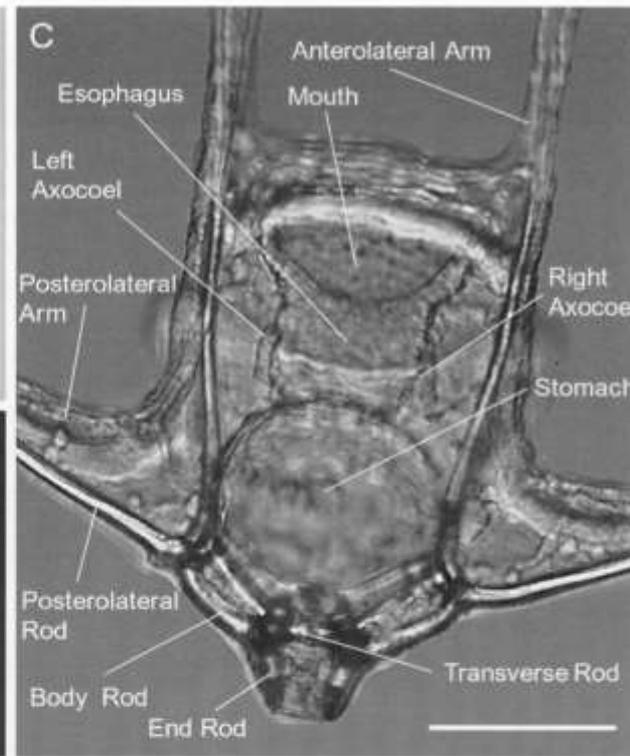
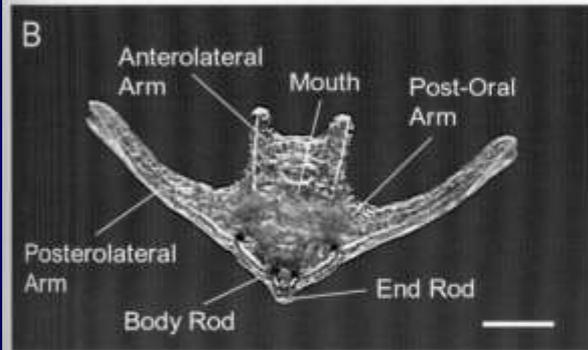
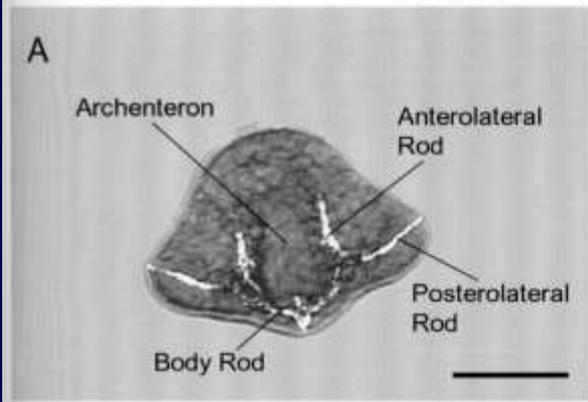


A: 3 месяца, поздний 8-рукий офиоплутеус, появление гидроцеля – индикатор начала метаморфоза. Желудок смещается вправо относительно передне-задней оси личинки.

B: 3 месяца, поздний 8-рукий офиоплутеус, демонстрация реснично-эпителиальной ленты вдоль рук. Формируются эпюлеты в основании заднебоковых рук. Переднебоковые руки начинают резорбироваться.

C: 3 месяца, метаморфоз офиоплутеуса. Ювениль развивается между заднебоковыми руками, остальные руки резорбируются.

# *Amphiura gracillima*



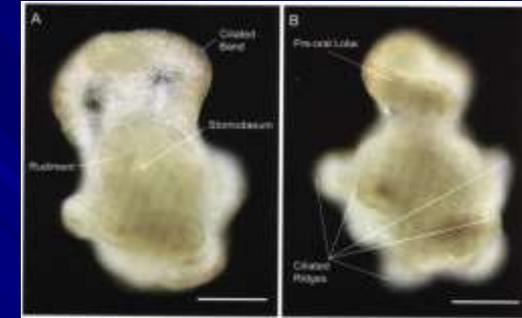
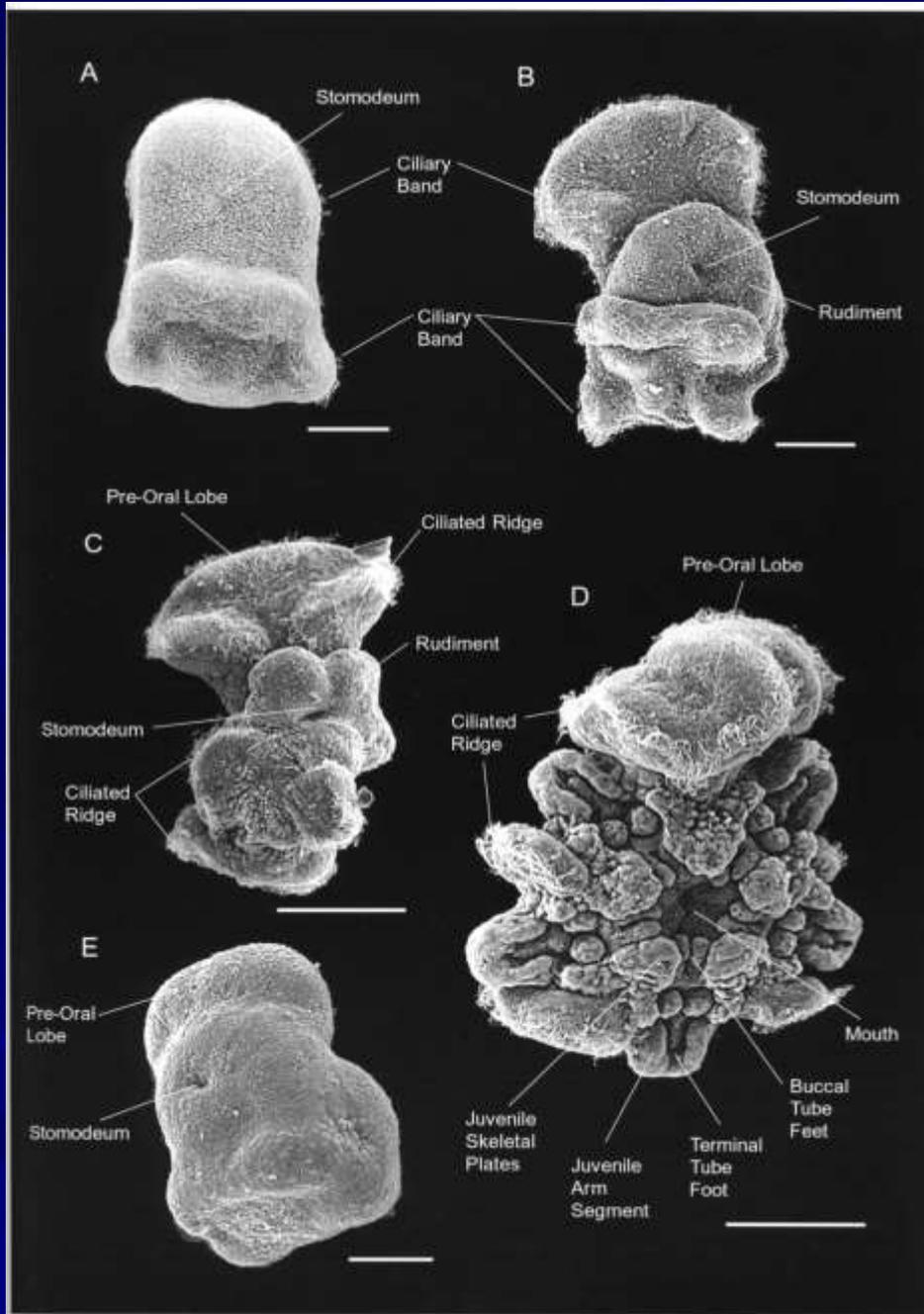
A: трирадиатный план личиночного скелета, кишка не функционирует.

B: 4-рукий питающийся офиоплутеус, закладываются посторальные руки. Вид с ventральной стороны.

C: 6-рукий офиоплутеус, появляются аксоцели вдоль кишечника, двойные скелетные спикулы тела. Вид с ventральной стороны.

D: 6-рукий офиоплутеу, заднебоковые руки прогибаются и несут на поверхности шипы.

# *Ophionereis schayeri* & *O. oivacea*



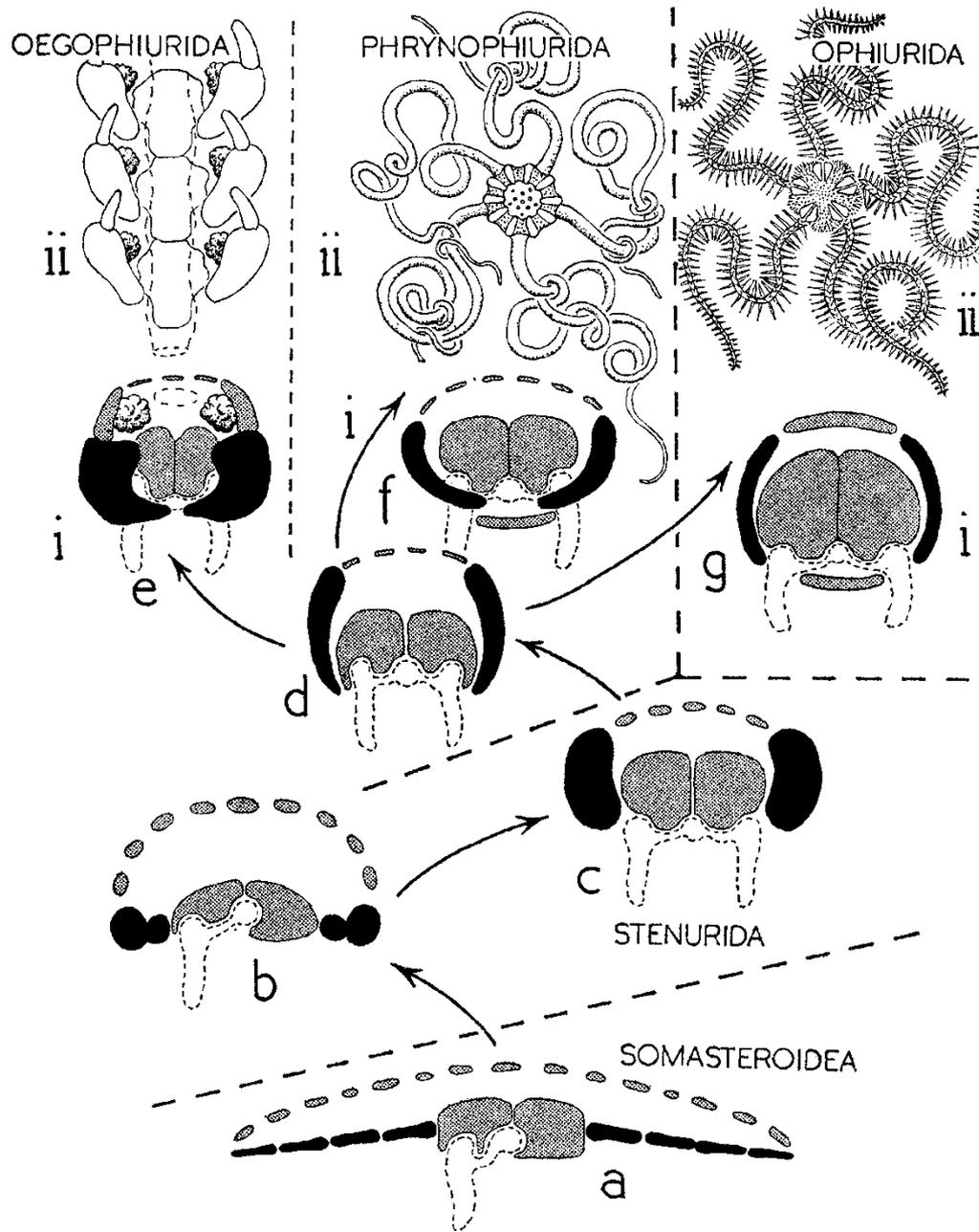
A: 30 часов, *O. schayeri*, билатериальносимметричная безрукая лецитотрофная личинка, ресничный шнур идет по контуру личинки.

B: 50 часов, *O. schayeri*, развитие зародыша в срединно-вентральной части личинки, стомодеум закладывается в середине зародыша, венчик ресничек сохраняется по контуру личинки.

C: начальные этапы метаморфоза *O. schayeri* со смещением положения зародыша влево относительно передне-задней оси личинки. Зародыш проявляет элементы радиальной симметрии. На переднем конце личинки формируется преоральная лопасть. Ресничный шнур на заднем конце личинки разбивается на отдельные гребни.

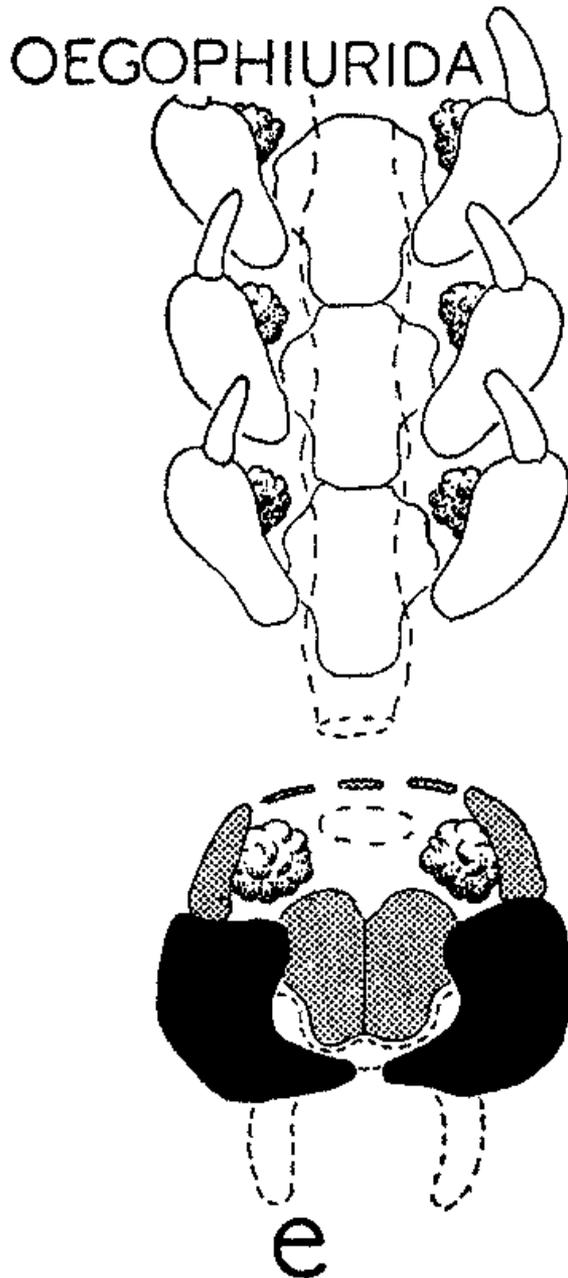
D: 4 дня, вителлярия, проходящая метаморфоз. Очевидная 5-лучевая симметрия зародыша, начинают формироваться скелетные пластинки и ножки будущей ювенили. Преоральная лопасть и ресничные гребни еще существуют.

E: вынашиваемая личинка *O. oivacea*. В центре вентральной поверхности располагается стомодеум. Мало жгутиков на поверхности. Сходство с A.



## Эволюция и адаптивная радиация Ophiuroidea (по Nichols, 1969):

- a - схема трансверсального среза руки **Chinianaster** (L.Ord.), возможного предка астероидов и офиуроидов.
- b - **Pradesura** (L.Ord.). Латеральные и сублатеральные пластинки произошли от виргалии самастероидов.
- c - **Stenaster** (Ord.). Амбулакры смещаются внутрь, по бокам лежат увеличенные одиночные латеральные пластинки.
- d - **Lapworthura** (Sil.), руки округляются, латеральные пластинки становятся тоньше.
- e - **Ophiocanops** (Recent), примитивные особенности включают серийное расположение гонад в дорсальной полости рук и кишечного канала: i - трансверсальный срез руки, ii - вид с дорсальной стороны на три сегмента.
- f - **Asteroschema** (Recent), есть вентральная пластинка. i - трансверсальный срез руки, ii - внешний вид офиуры с неветвящимися руками. Руки обладают подвижностью во всех плоскостях пространства.
- g - **Ophiothrix** (Recent), есть вентральная и дорсальная пластинки. i - трансверсальный срез руки, ii - внешний вид офиуры. Движение рук возможно лишь в горизонтальной плоскости.



# Отряд Oegophiurida

Семейство Ophiocanopidae

Род *Ophiocanops*:

- *Ophiocanops fugiensis* Koehler, 1922.
  - *Ophiocanops felli* (McKnight, 2003)
  - *Ophiocanops multispina* Stöhr, Conand & Boissin, 2008
- нет дорзальных и оральных пластинок на руках, латеральные не соприкасаются друг с другом;
  - эпиневральный канал прикрыт только кожей;
  - нет бурс, генитальных пластинок;
  - мадрепорит располагается вертикально на краю диска;
  - пищеварительная и половая системы заходят в руки;
  - сочленение между позвонками стрептоспондиального типа.

# Отряд Euryalida Mueller & Troschel, 1842 (по Matsumoto, 1915) = Отряд Phrynophiurida

- диск покрыт кожей, гладкий или с гранулами;
- радиальные щитки длинные, блоковидные, в виде выступающих ребер;
- генитальные пластинки длинные и узкие;
- гонады могут заходить в руки (*Ophiocreas spp.* и другие);
- руки как ветвящиеся, так и неветвящиеся;
- дорсальные щитки рудиментарны, вентральные щитки лучей развиты или отсутствуют, латеральные щитки занимают латеро-вентральное или вентральное положение;
- иглы рук короткие, обращены вниз, часто преобразованы в крючки;
- сочленение позвонков стрептоспондиальное; руки способны сворачиваться спирально и обвиваться вокруг предметов;
- включает **4 семейства**.

# Отряд Euryalida Mueller & Troschel, 1842



*Asteronyx sp.*

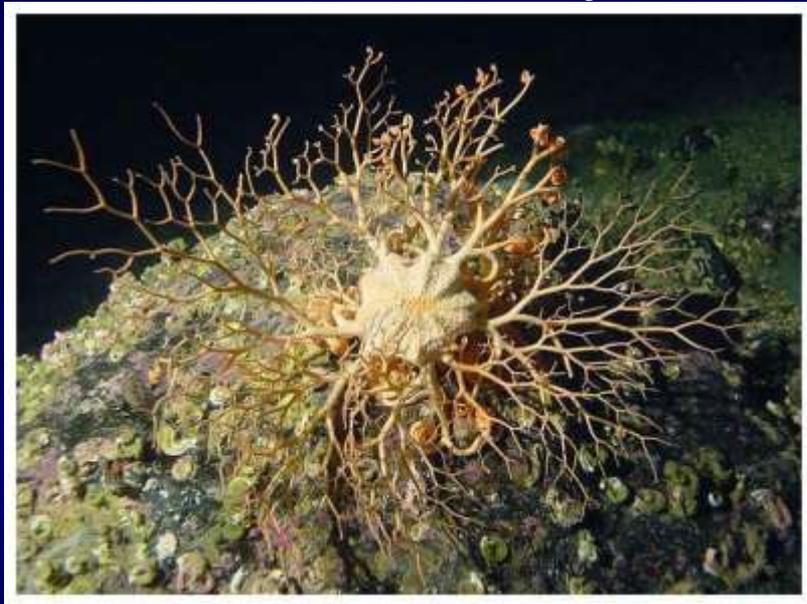


*Ophiocreas sp.*



*Astrophyton sp.*

# Отряд Euryalida Mueller & Troschel, 1842

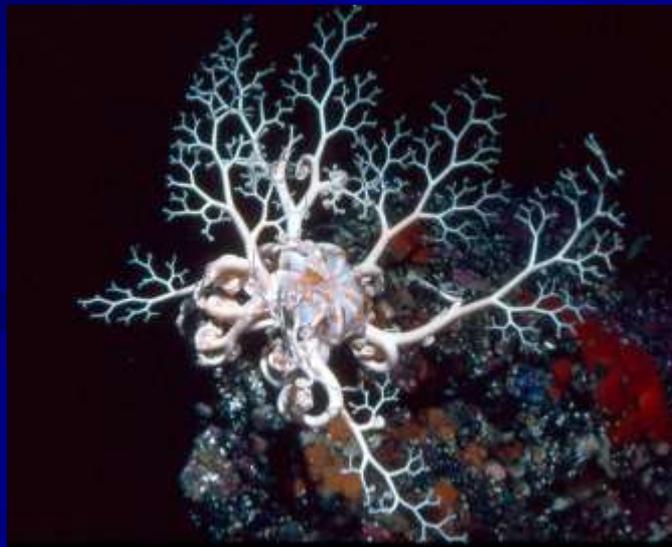


*Gorgonocephalus caputmedusae*



*Gorgonocephalus caryi*

*Gorgonocephalus eucnemis*



# Отряд Euryalida Mueller & Troschel, 1842



В греческой мифологии дочери Gorgona: Medusa, Stheno и Euryale, - были монстрами с латунными руками, острыми клыками и подвижными волосами в виде ядовитых змей.



# Отряд Ophiurida Mueller & Troschel, 1842

- радиальные, оральные щитки и половые бursy хорошо развиты;
- один мадрепорит, открывается на оральной пластинке;
- дорзальные и вентральные щитки рук, как правило, имеются;
- эпиневральный канал обычно прикрыт латеральными и вентральными щитками, соединяющимися на вентральной стороне;
- иглы рук простые и расположены более-менее латерально, изредка превращены в крючки;
- сочленение позвонков, как правило, зигоспондиальное, но встречается и стрептоспондиальное;
- руки отходят от вентральной стороны диска;
- включает 12 семейств и (под вопросом) **семейство Ophiocanopidae Mortensen, 1933.**

# Отряд Ophiurida Mueller & Troschel, 1842

Семейство Ophiacanthidae

*Ophiacantha pentactis*



# Отряд Ophiurida Mueller & Troschel, 1842

Семейство Ophiactidae



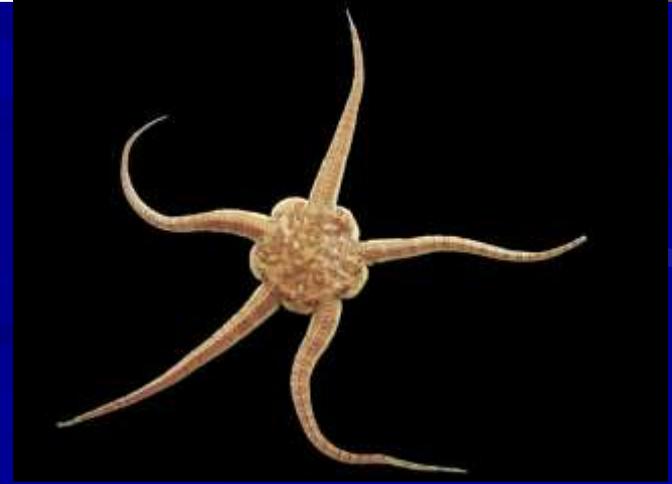
# Отряд Ophiurida Mueller & Troschel, 1842

## Семейство Ophiotrichidae



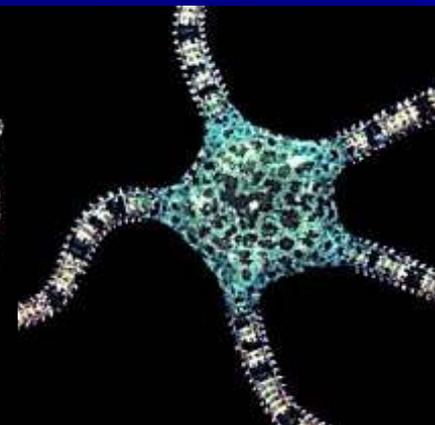
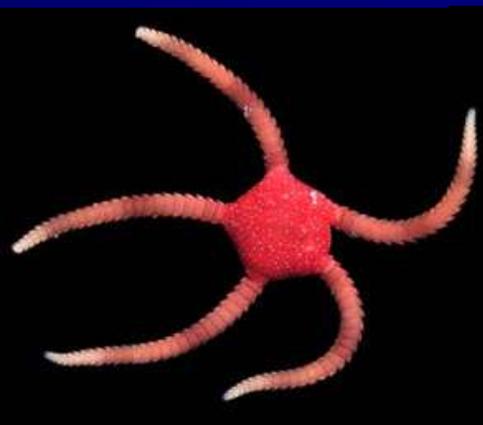
# Отряд Ophiurida Mueller & Troschel, 1842

*Семейство Ophiuridae*

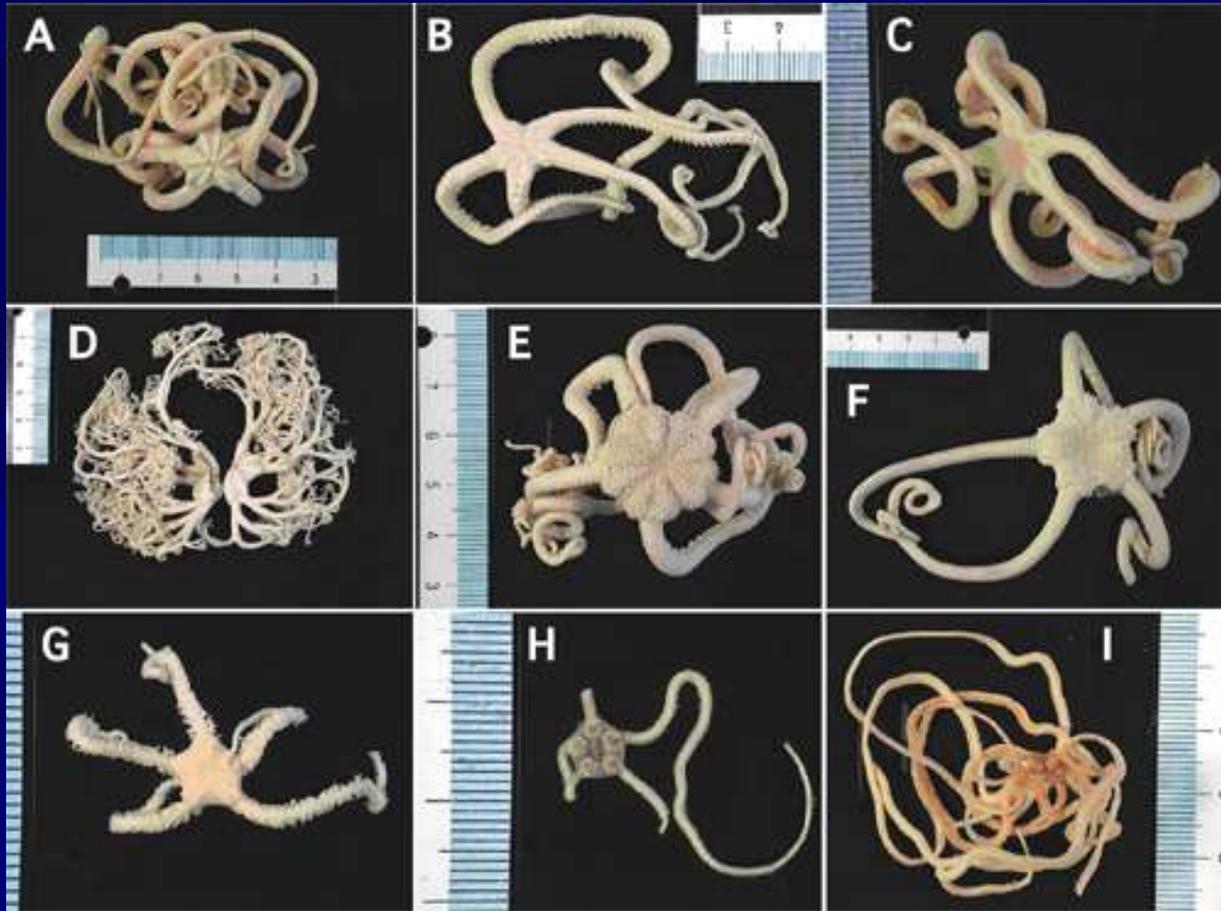


# Отряд Ophiurida Mueller & Troschel, 1842

Семейство *Ophiodermatidae*



# Змеехвостки



- A: *Asteroschema tubiferum* Matsumoto, 1911
- B: *Asteroschema glaucum* Matsumoto, 1911
- C: *Ophiocreas brevis* Matsumoto, 1911
- D: *Astrophyton annulatum* Matsumoto, 1912
- E: *Astrotoma echinacea* Matsumoto, 1912
- F: *Astrotoma sobrina* Matsumoto, 1912
- G: *Ophiolebes tuberosus* Matsumoto, 1915
- H: *Amphiura aestuarii* Matsumoto, 1915
- I: *Amphiura vadicola* Matsumoto, 1915