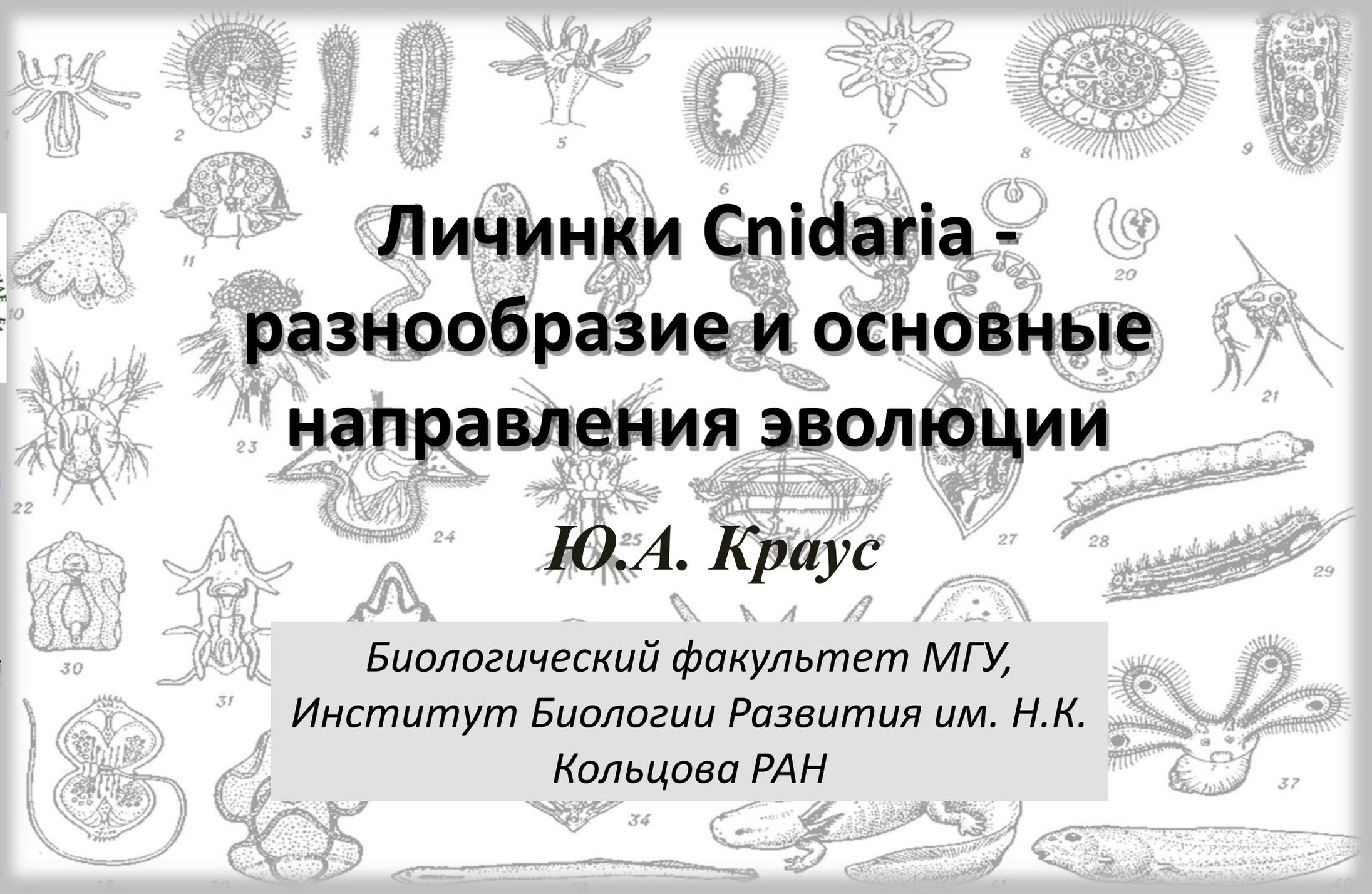


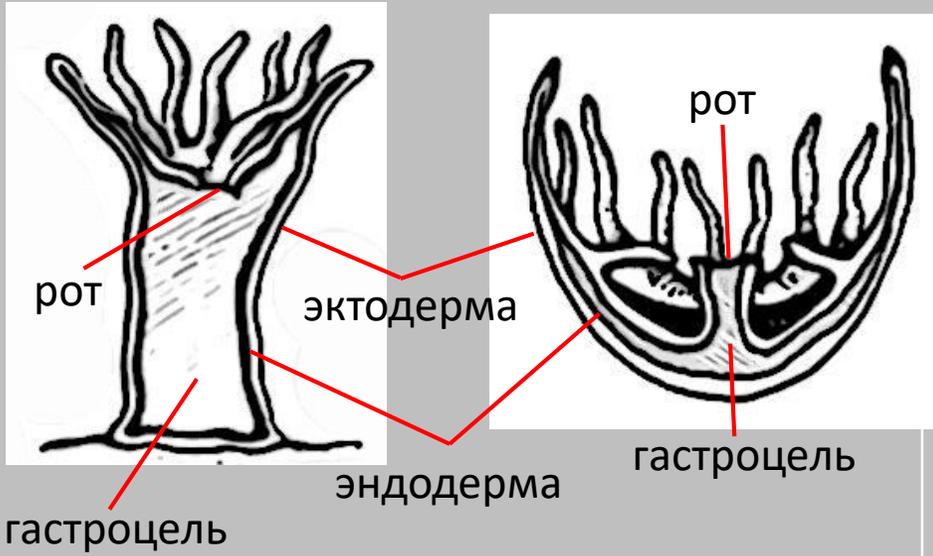
Личинки Cnidaria - разнообразиие и основные направления эволюции

Ю.А. Краус

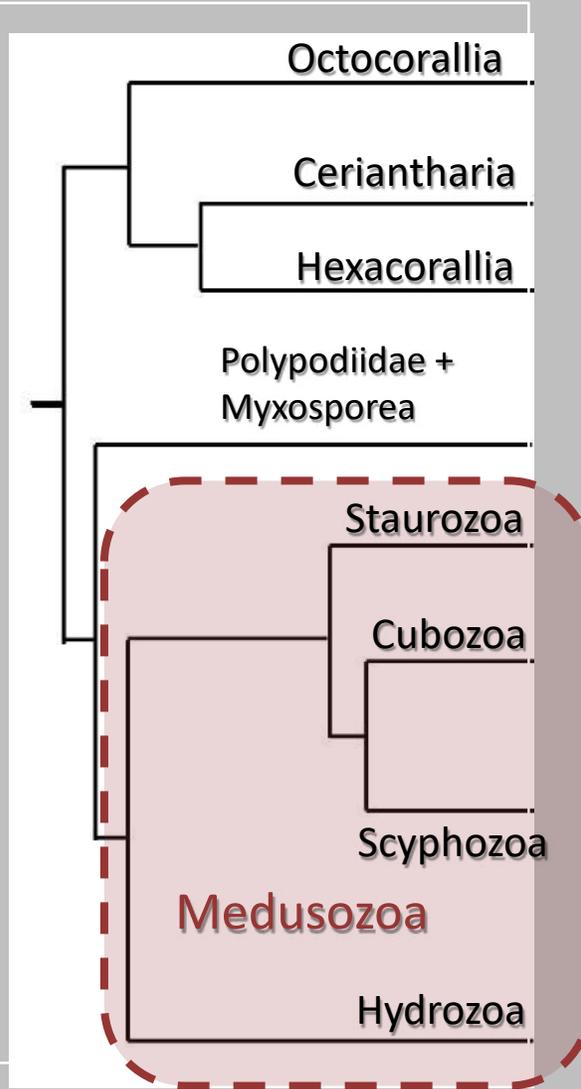
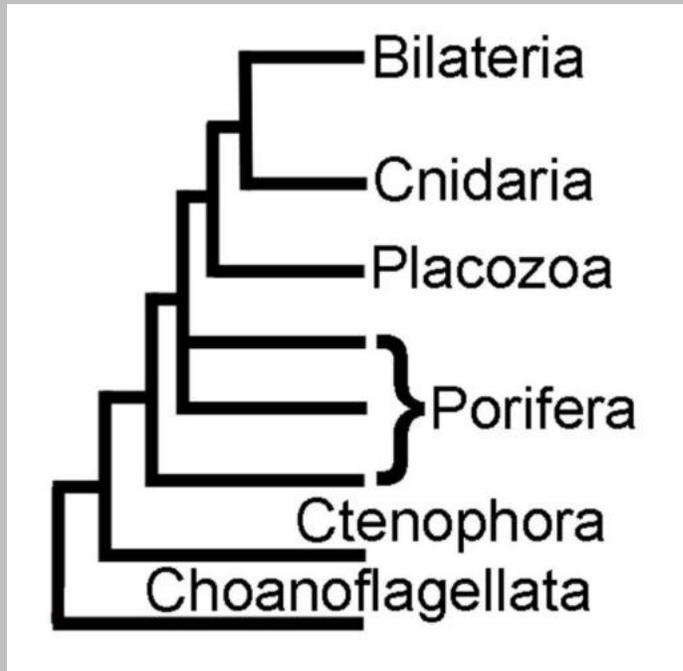
*Биологический факультет МГУ,
Институт Биологии Развития им. Н.К.
Кольцова РАН*



Cnidaria

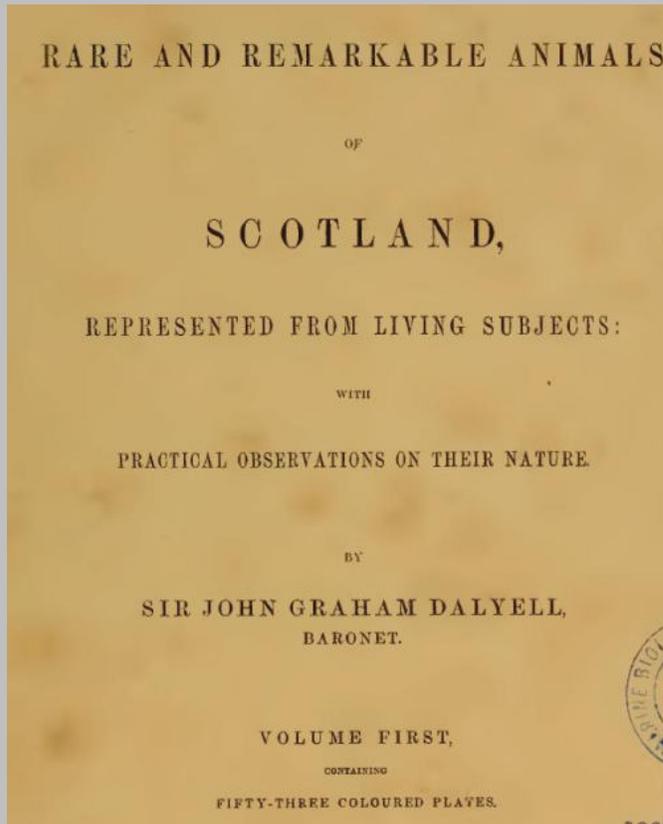


O
↑
↓
A



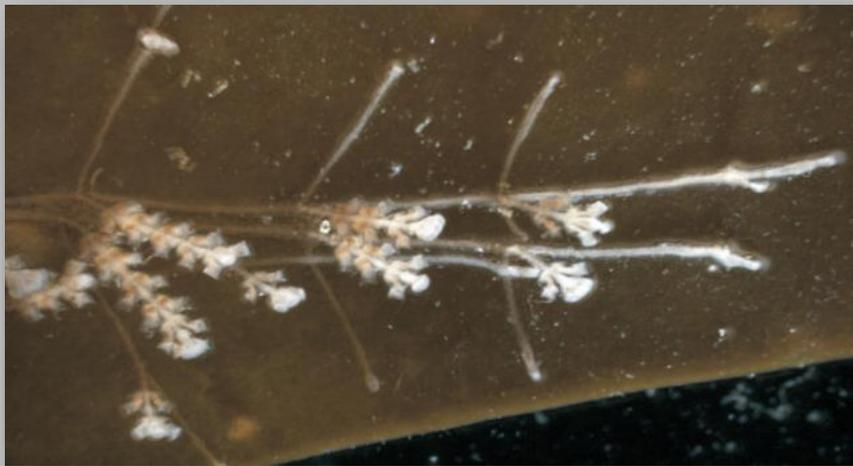
no Kayal et al., 2018



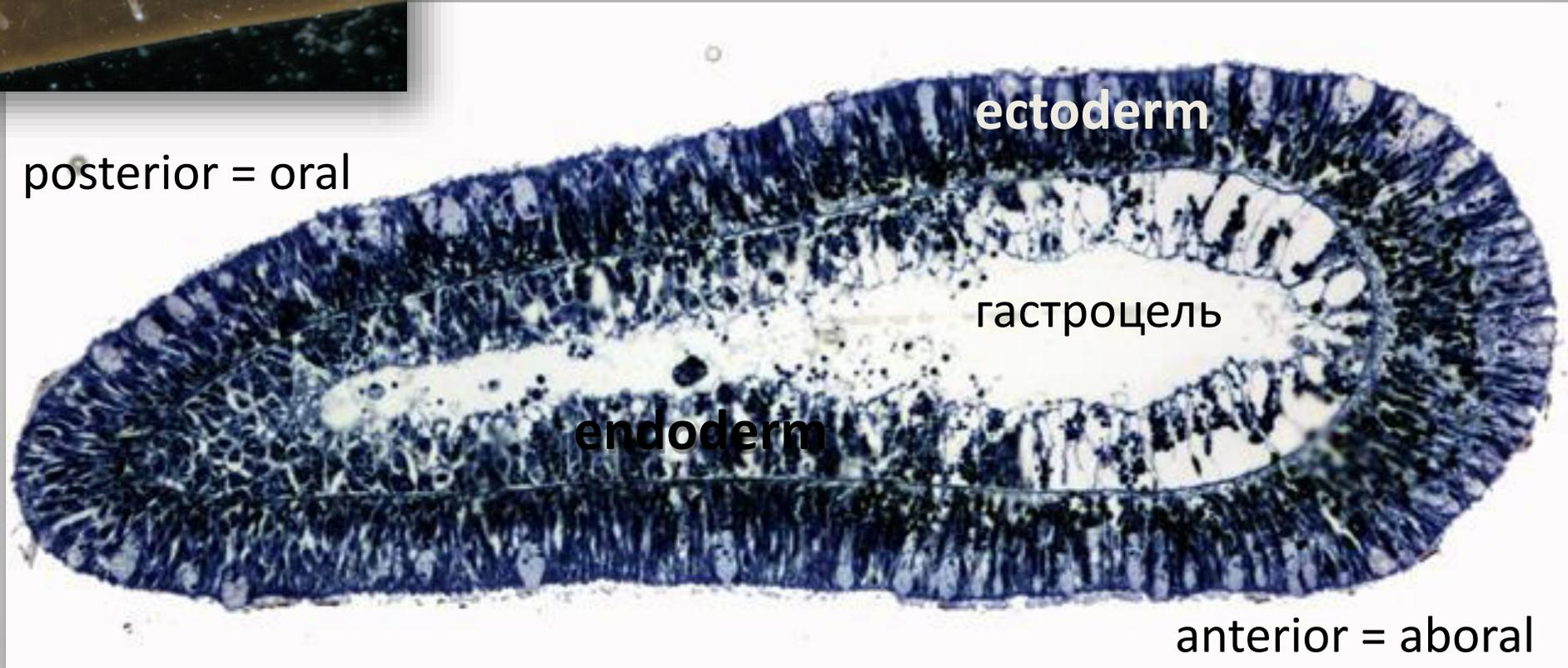


Термин “планула” ввёл в 1847 году Джон Грэм Делайелл в книге "Rare and Remarkable Animals of Scotland Represented from Living Subjects" (Dalyell, 1847).

Делайелл описывал формирование и метаморфоз личинок колониального гидроидного полипа *Eudendrium rameum*: “Each of these minute yellow plums is a separate and independent pod or vesicle, wherein, no doubt, an ovum is originally generated, but discharging an animal intimately resembling a Planaria, and which, for the purpose of ready and familiar recognition, I shall venture to designate planula”. (“Каждая из этих мельчайших желтых слив представляет собой отдельный и независимый стручок или пузырек, в котором, несомненно, первоначально образуется яйцеклетка, но из которого выходит животное, очень похожее на планарию, и которое, в целях быстрого и удобного распознавания, я рискну обозначить как планула” (Dalyell, 1847)



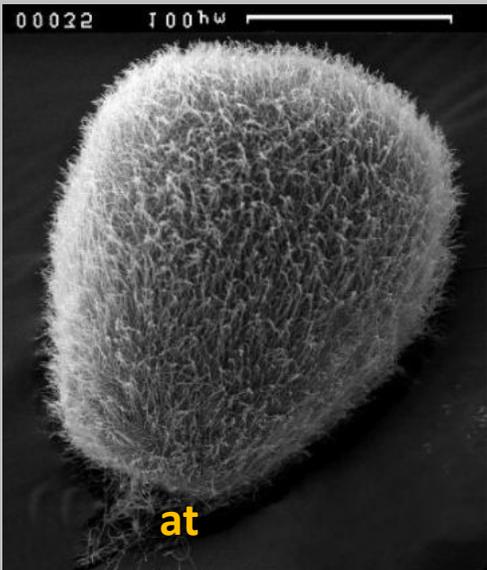
"Типичная" личинка-планула книдарий.



планула *Dynamena pumila* (Hydrozoa)

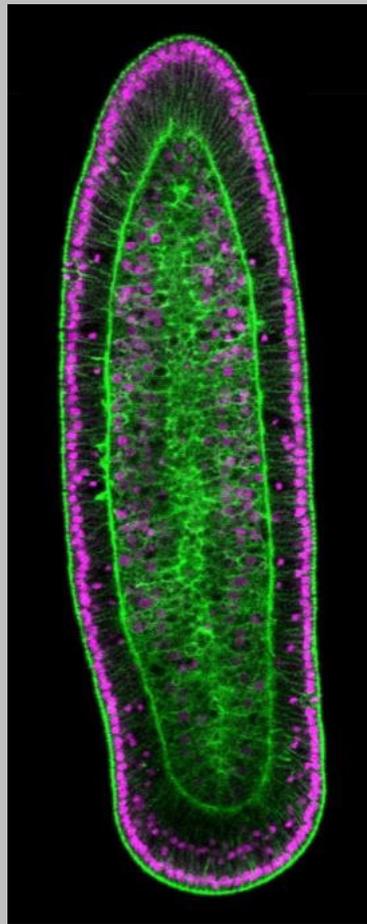
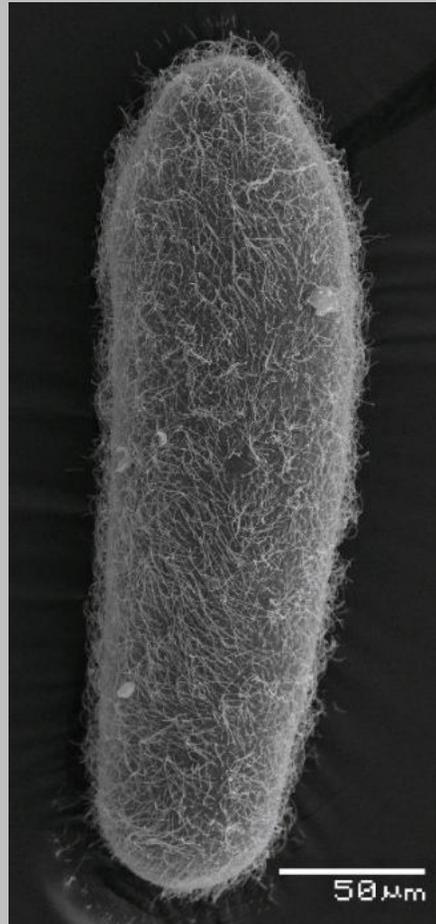
S. Pyataeva

Nematostella vectensis (Anthozoa)



Всех этих личинок называют 'планула'!

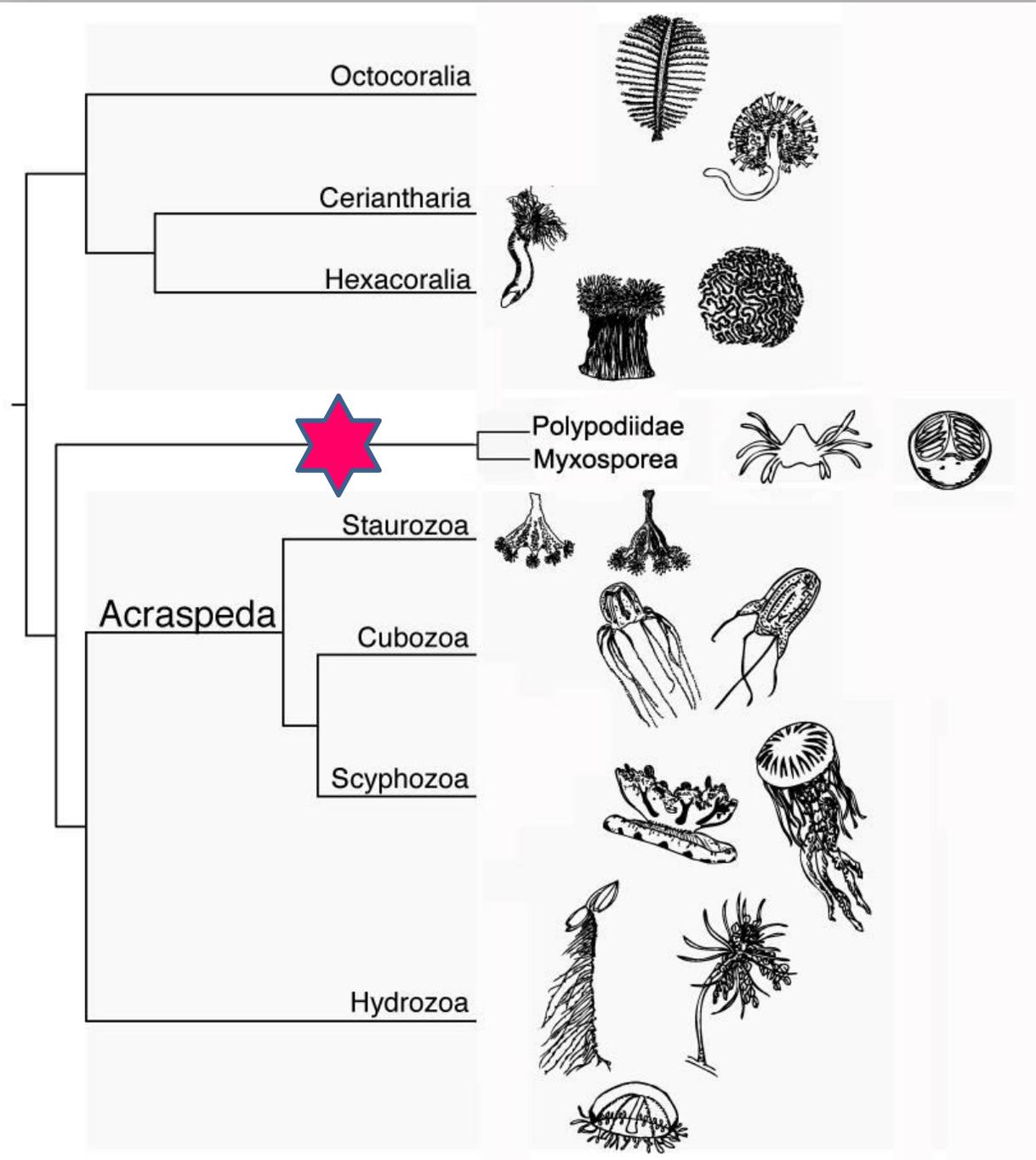
Clytia hemisphaerica (Hydrozoa)



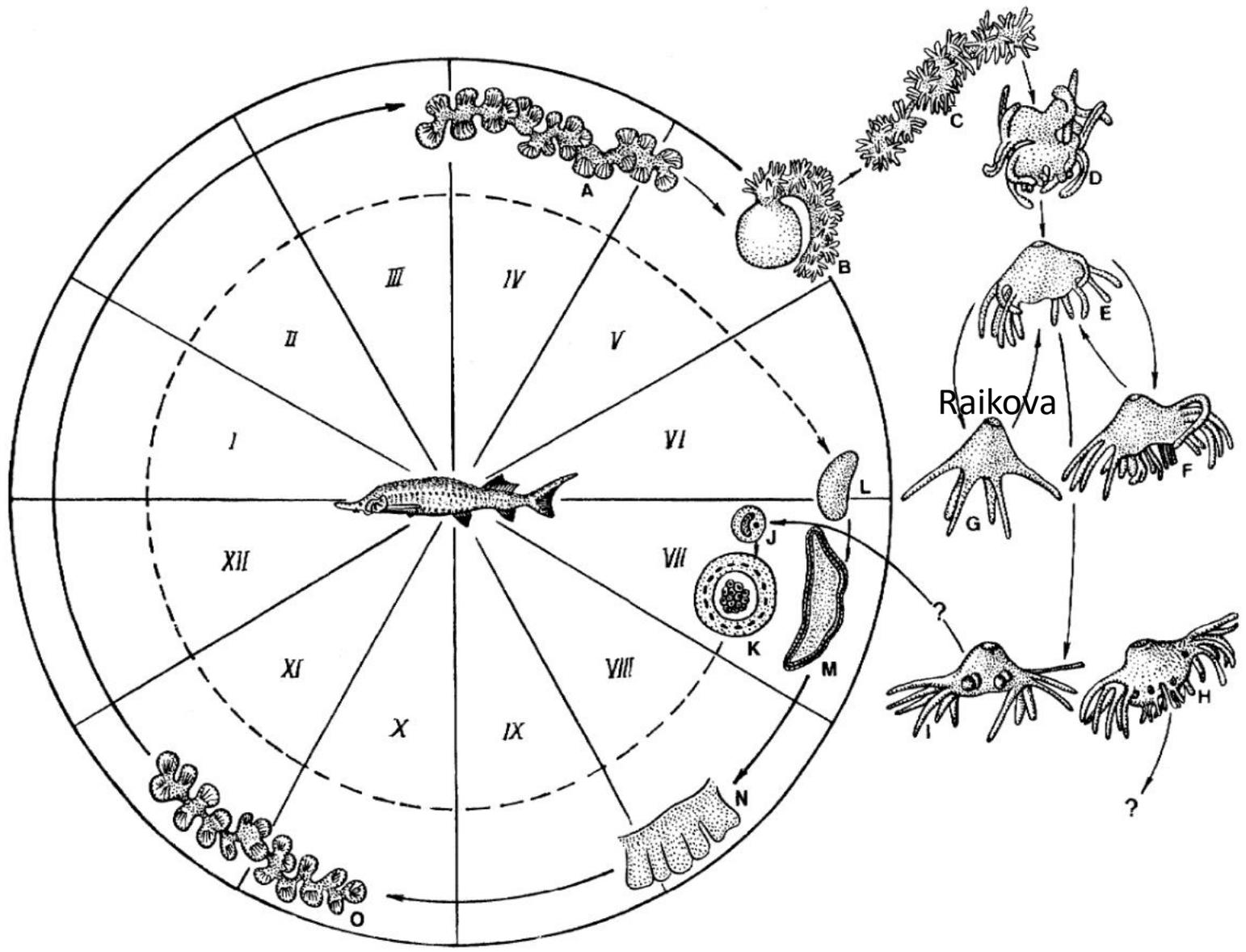
Lucernaria quadricornis (Staurozoa)



Cnidaria

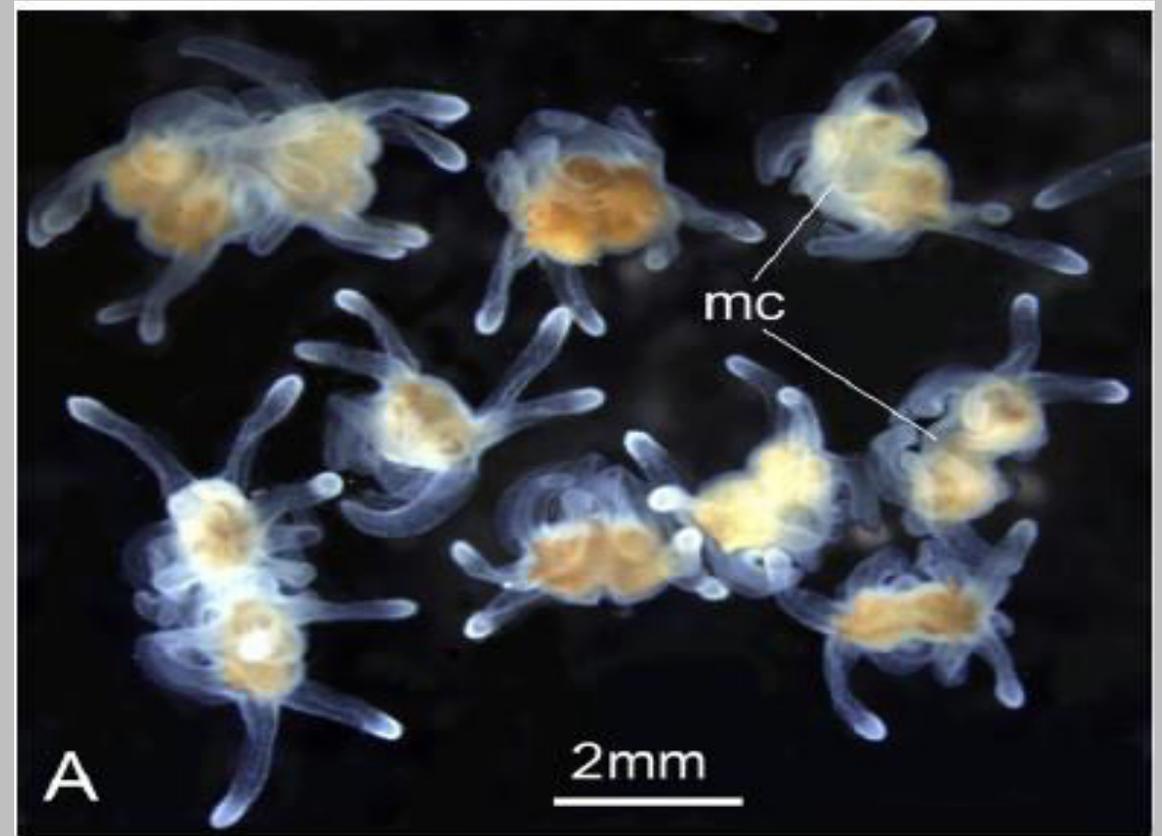
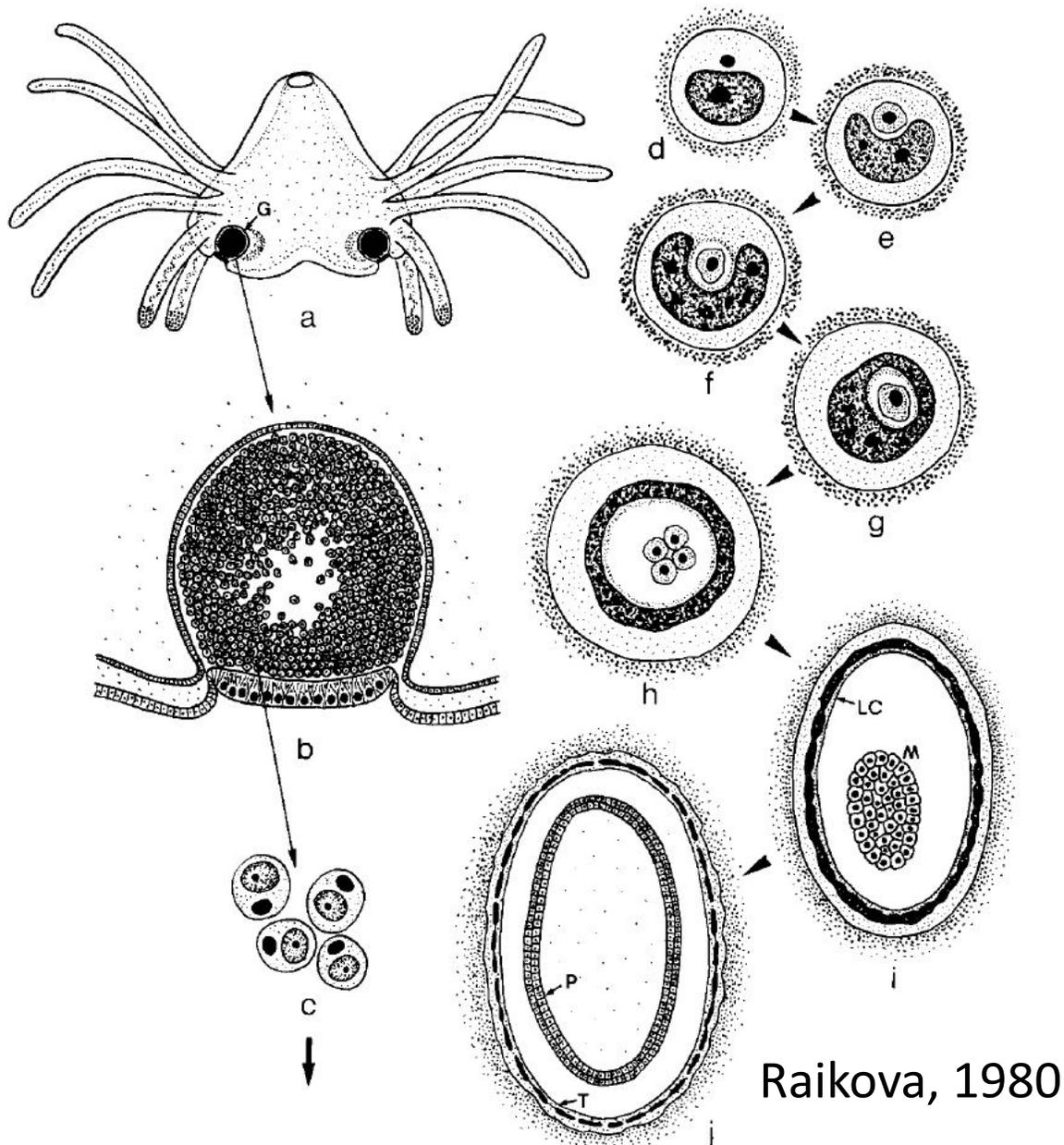


(Kayal et al., 2017)



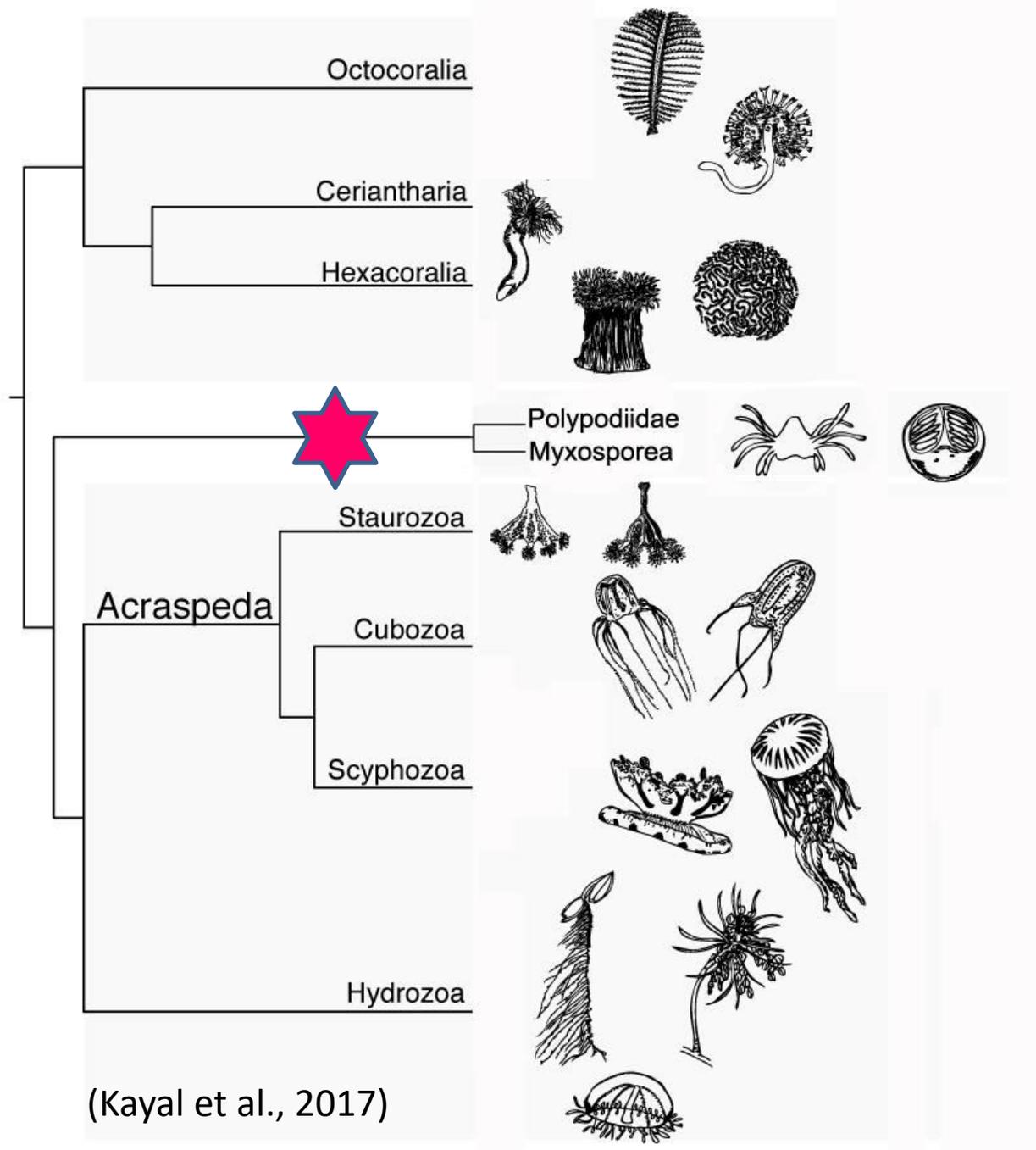
Жизненный цикл *Polypodium hydriforme*. Паразитические стадии цикла находятся внутри круга, свободноживущие - снаружи.

Raikova, 1994



Свободноживущие 24-щупальцевые *P. hydriforme* с желтком в гастральных полостях, ротовыми конусами (mc) и щупальцами.

(Raikova E.V., Raikova O.I., 2016)

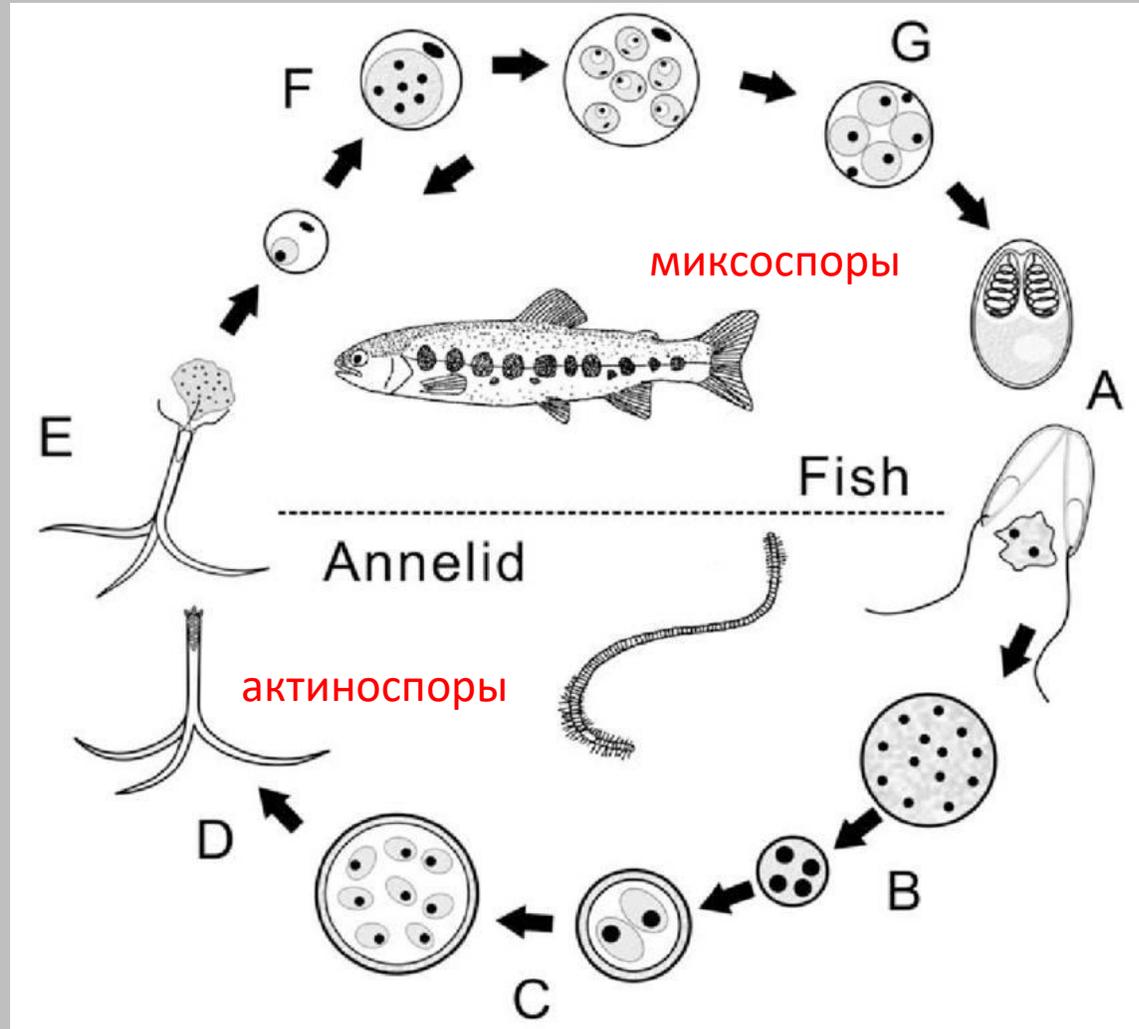


(Kayal et al., 2017)

Myxosporea

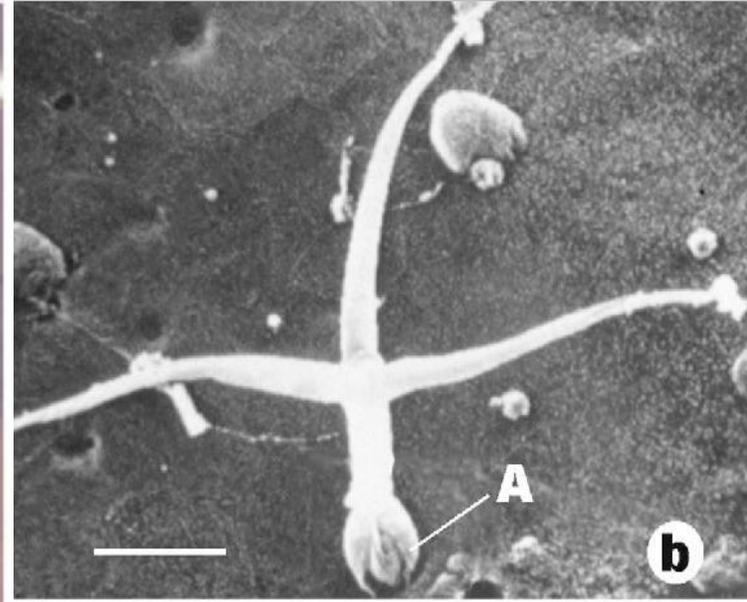
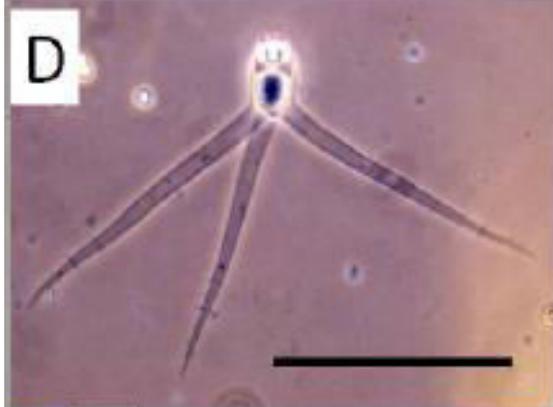
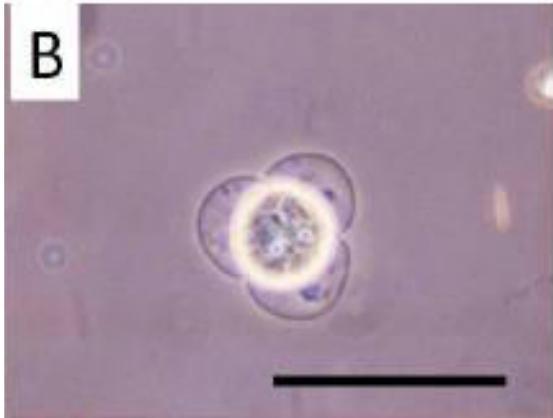
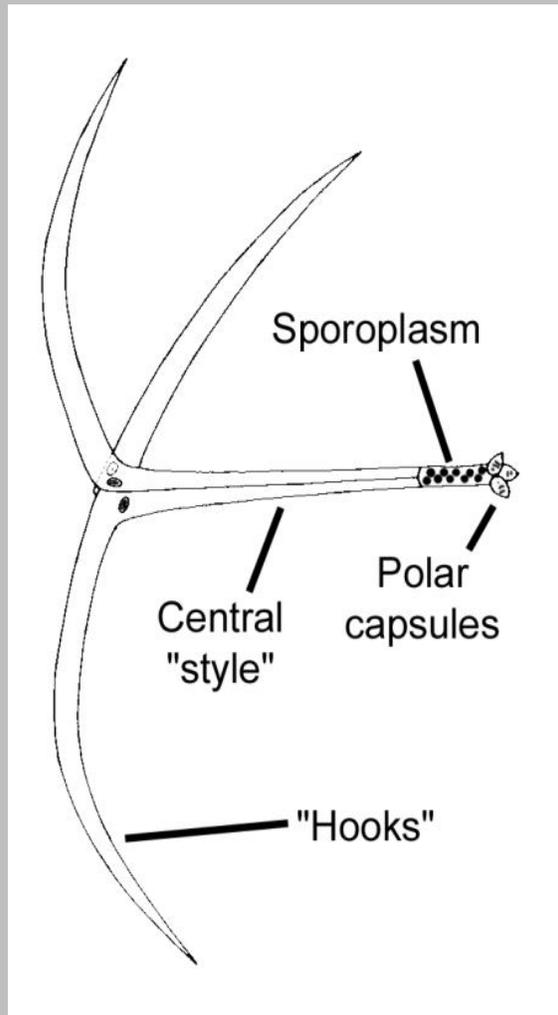


Диаграмма жизненного цикла Мухоспрогеа, имеющего в качестве хозяина рыбу и аннелиду.

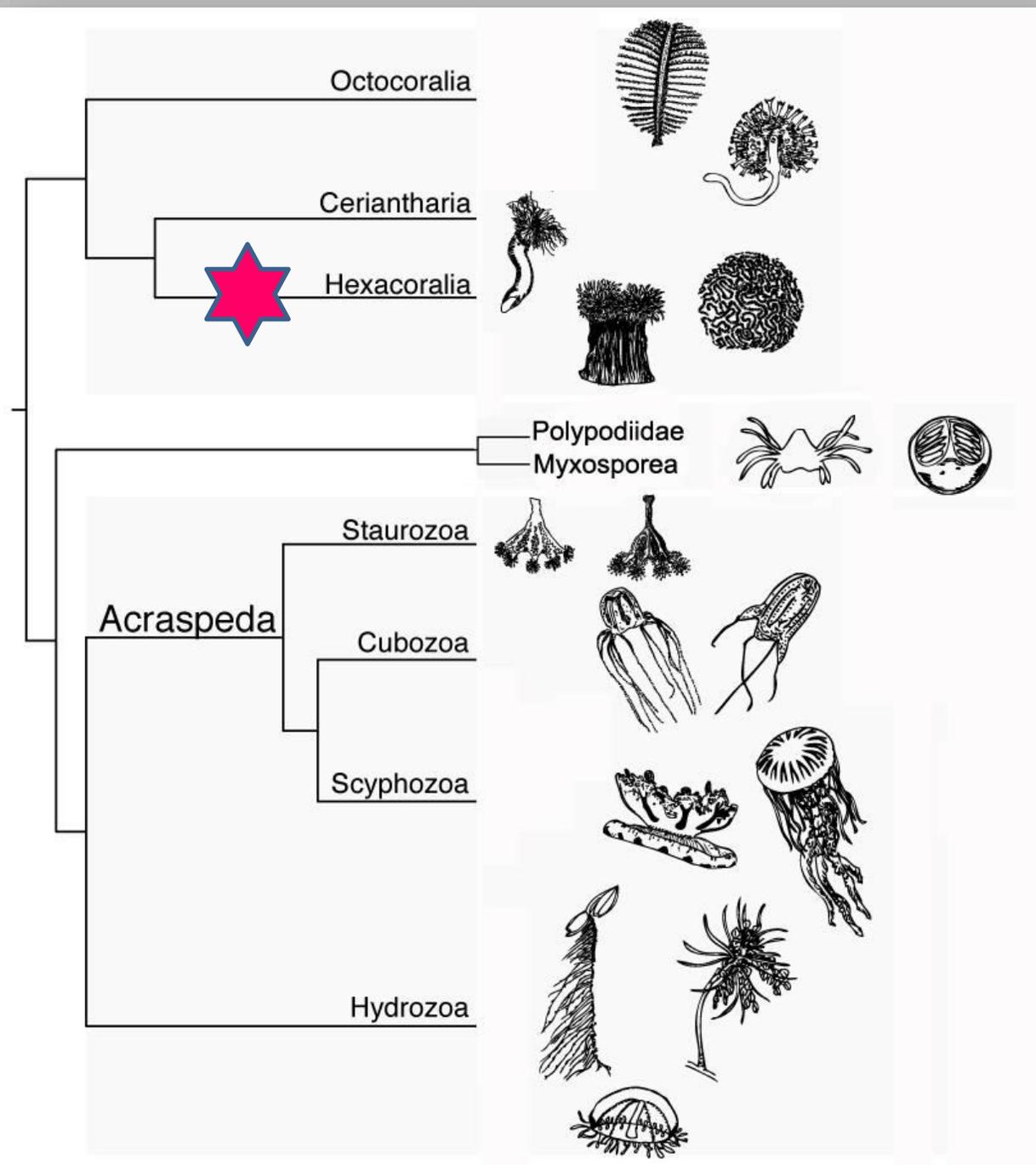


Yokoyama et al., 2012

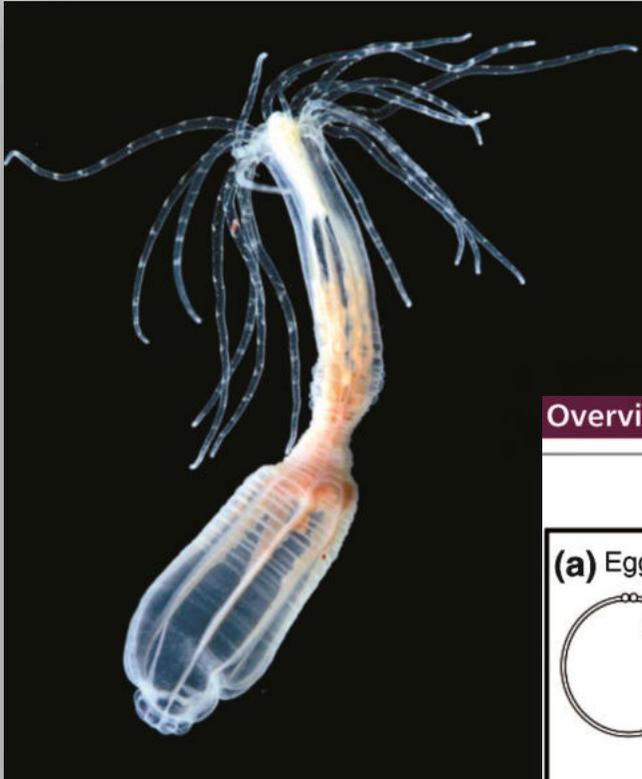




Cnidaria



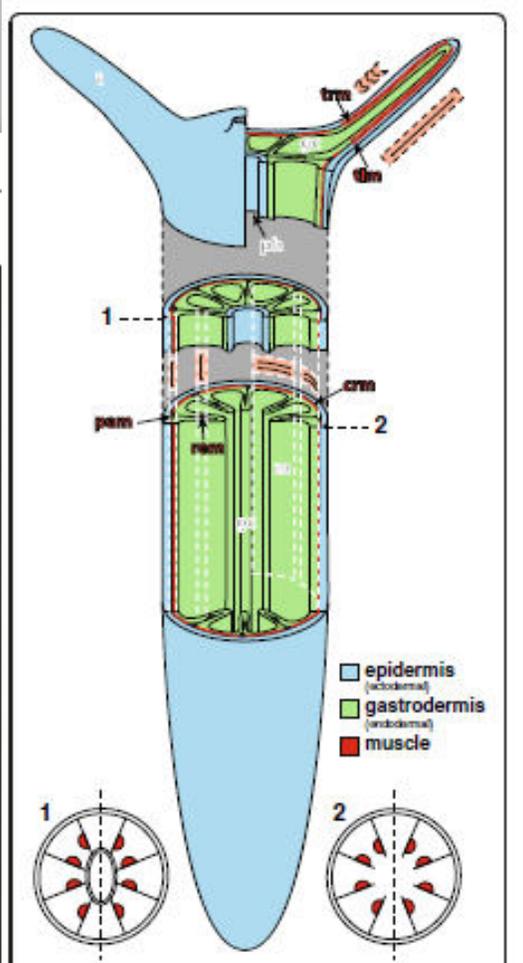
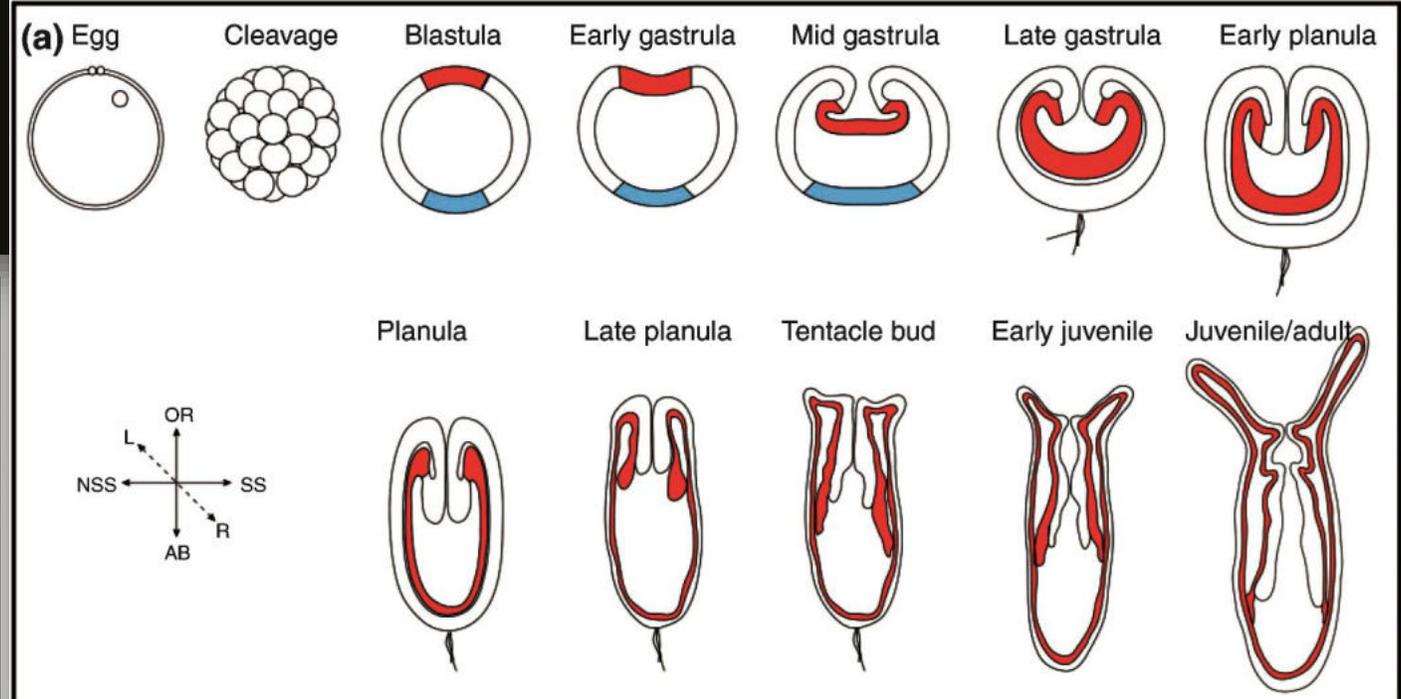
(Kayal et al., 2017)



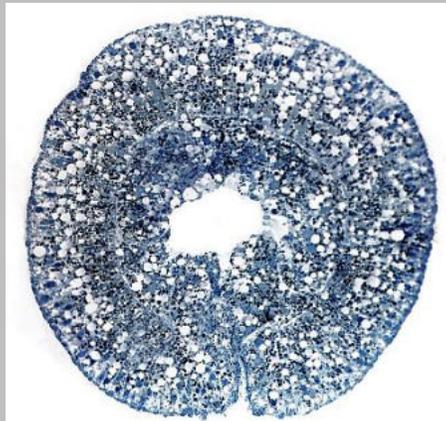
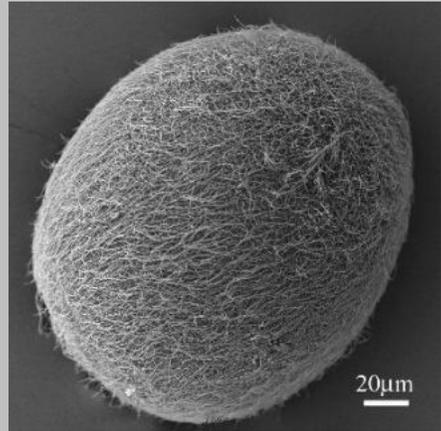
Эмбриональное развитие и метаморфоз *Nematostella vectensis*.



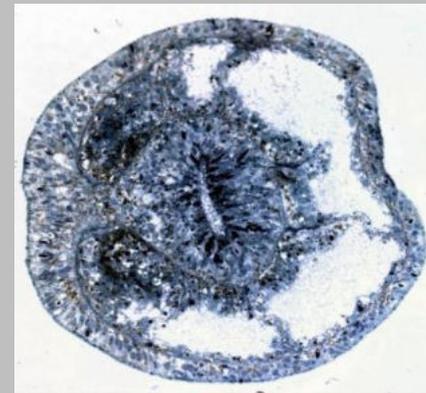
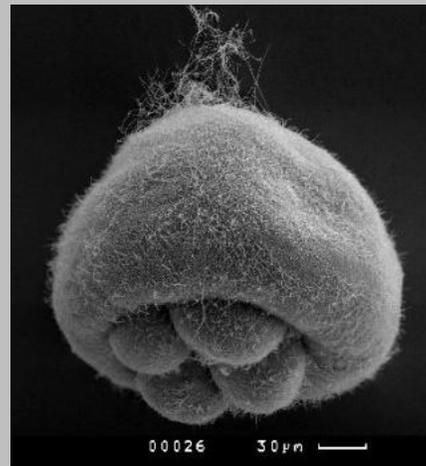
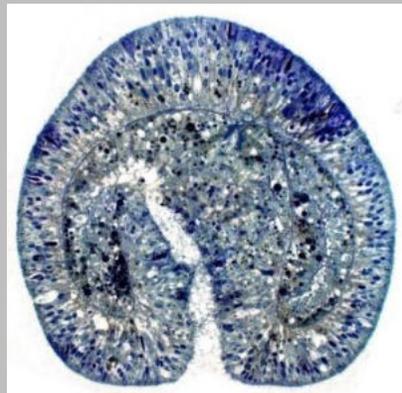
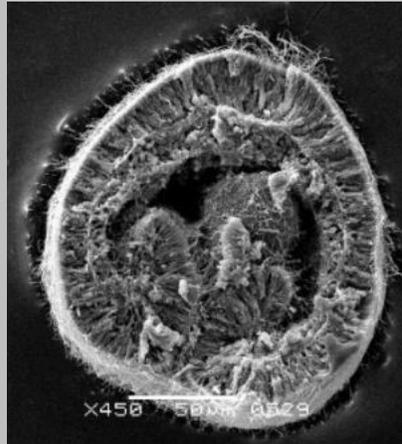
Overview



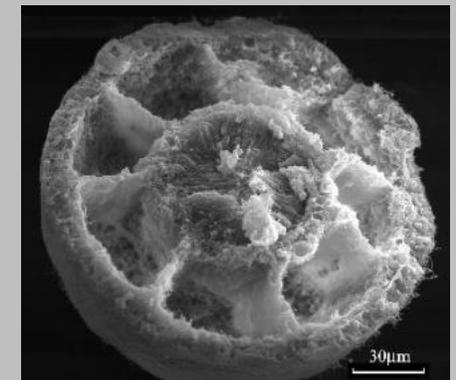
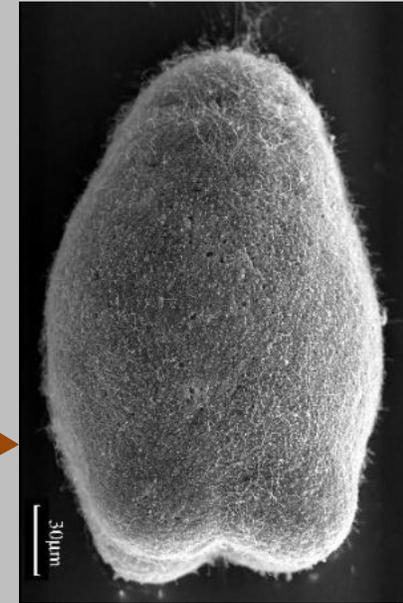
Метаморфоз *Nematostella*



ранняя планула



первичный полип

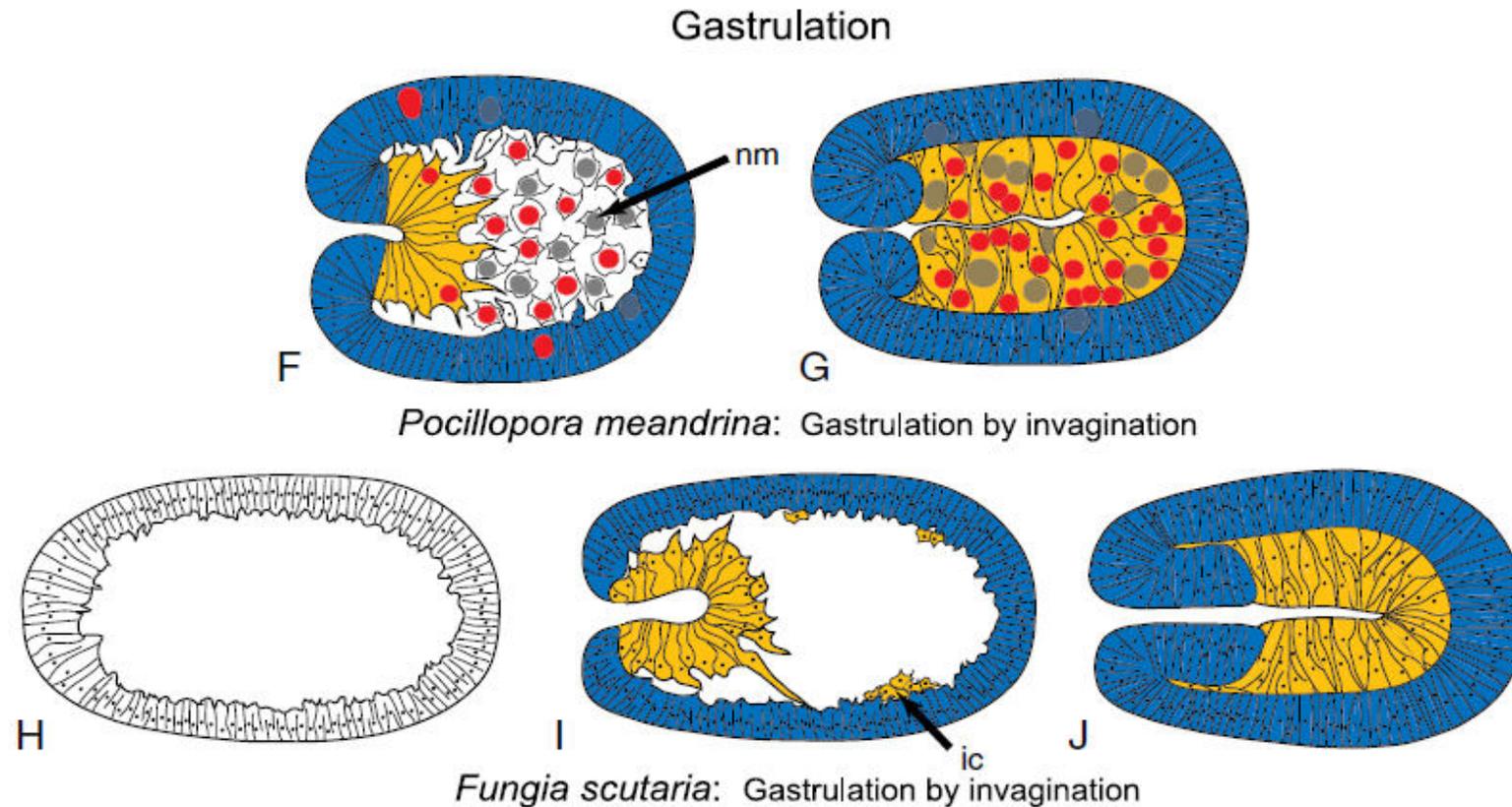


Embryonic development in two species of scleractinian coral embryos: *Symbiodinium* localization and mode of gastrulation

Heather Q. Marlow* and Mark Q. Martindale

Kewalo Marine Lab, Pacific Biomedical Research Center, University of Hawaii, 41 Ahui St., Honolulu, HI 96813, USA

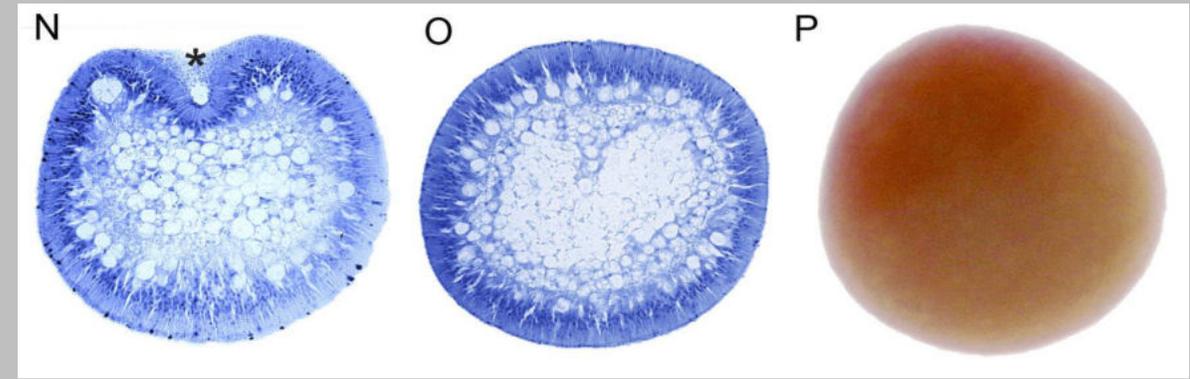
*Author for correspondence (email: mqmartin@hawaii.edu)



Comparative Embryology of Eleven Species of Stony Corals (Scleractinia)

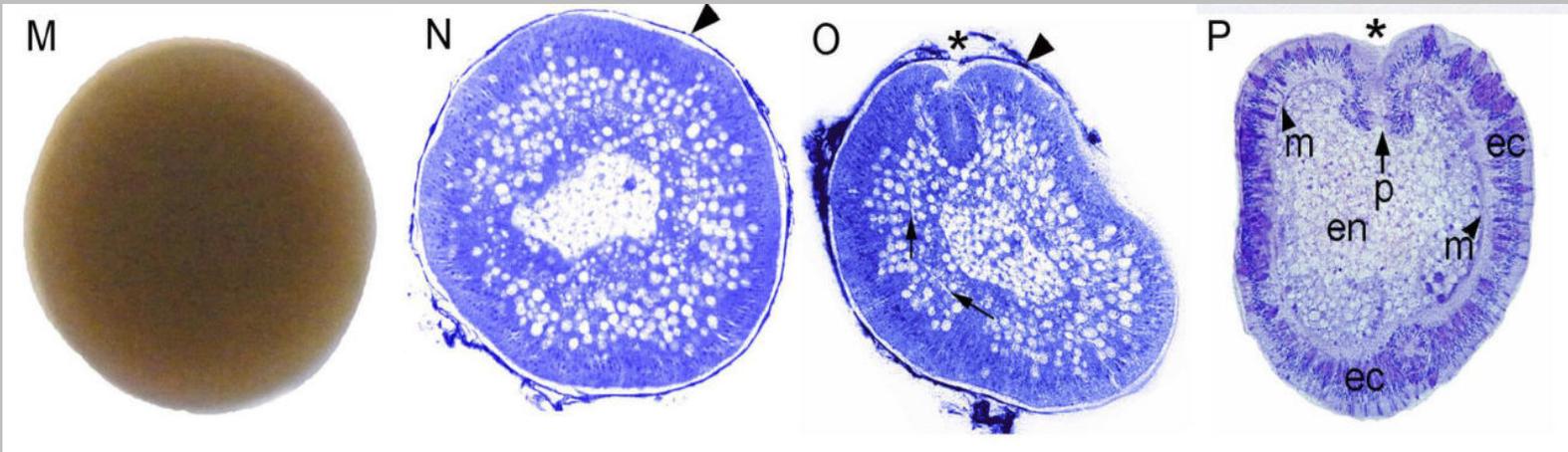
Nami Okubo^{1,5,7*}, Takuma Mezaki², Yoko Nozawa³, Yoshikatsu Nakano⁴, Yi-Ting Lien⁵, Hironobu Fukami⁶, David C. Hayward⁷, Eldon E. Ball⁷

¹ Research and Education Center for Natural Sciences, Keio University, Yokohama, Kanagawa, Japan, ² Kuroshio Biological Research Foundation, Hata, Kochi, Japan, ³ Biodiversity Research Center, Academia Sinica, Taipei, Taiwan, Republic of China, ⁴ Tropical Biosphere Research Center, Sesoko Station, Ryukyu University, Motobu, Okinawa, Japan, ⁵ Seto Marine Biological Laboratory, Field Science Education and Research Center, Kyoto University, Nishimuro, Wakayama, Japan, ⁶ Faculty of Agriculture, Miyazaki University, Gakuen-Kibanadai-Nishi, Miyazaki, Japan, ⁷ Evolution, Ecology and Genetics Group, Research School of Biology, Australian National University, Canberra, Australian Capital Territory, Australia

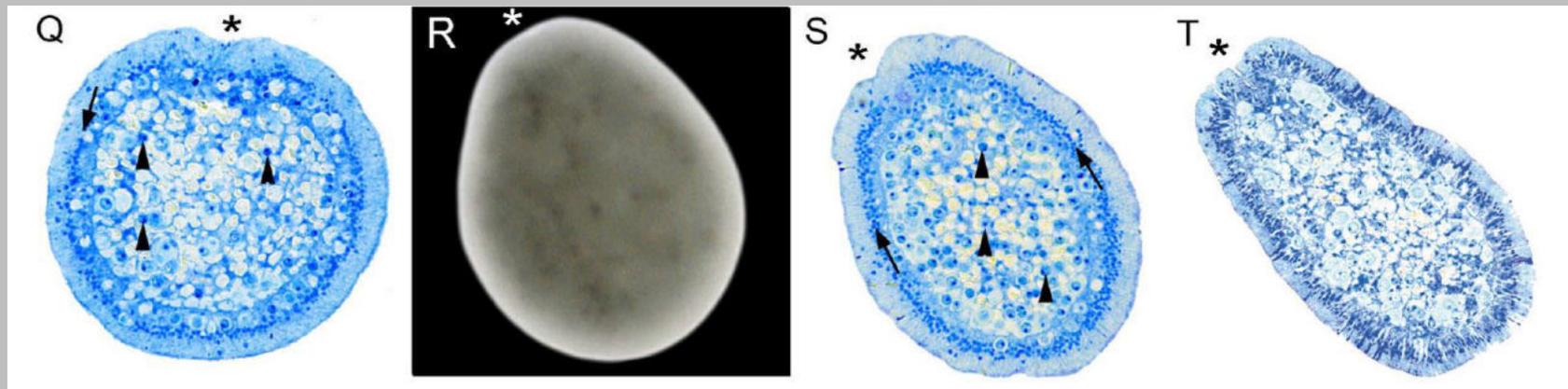


Galaxea fascicularis

Hexacorallia,
Scleractinia



Pseudosiderastrea tayamai

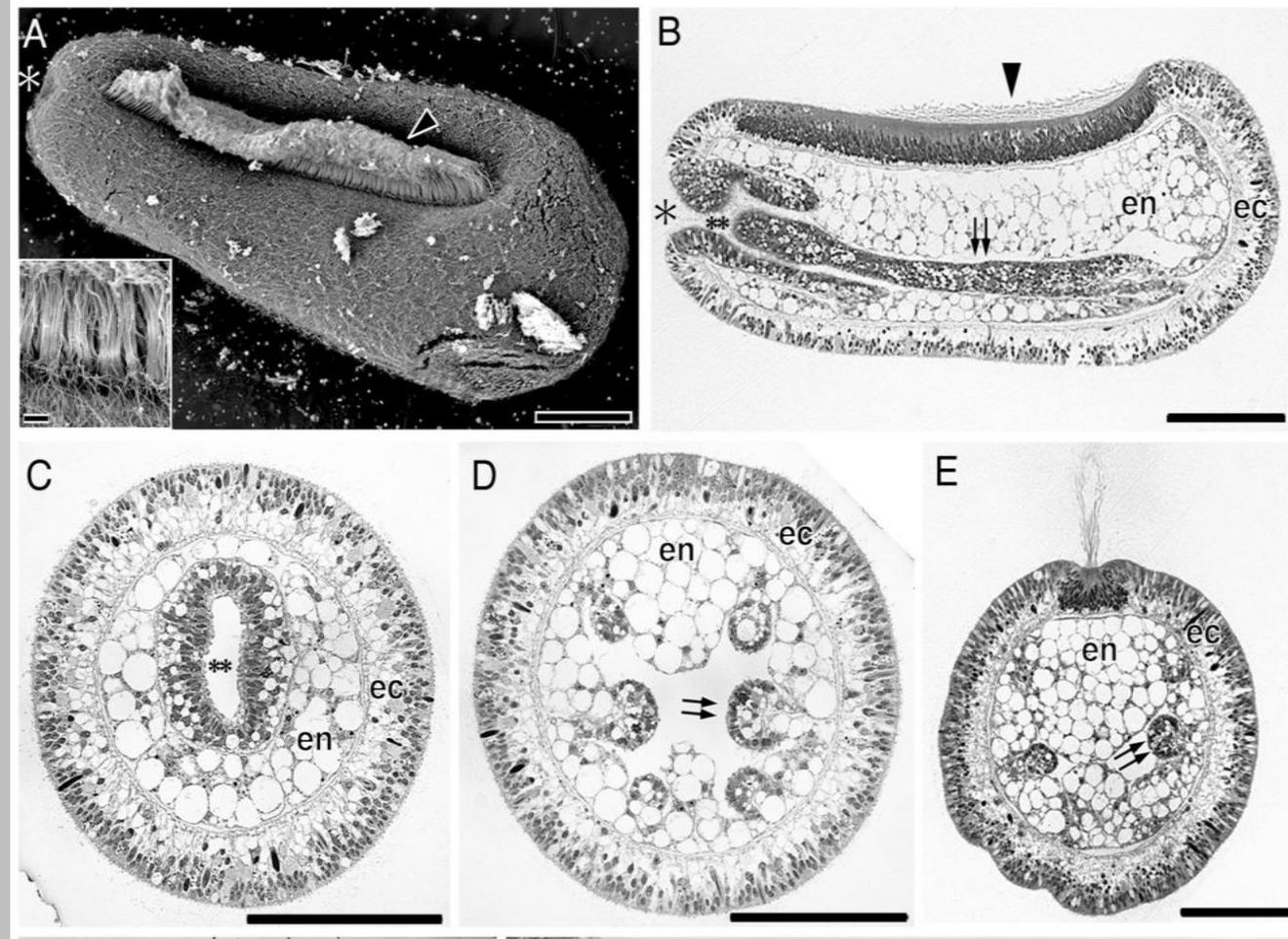
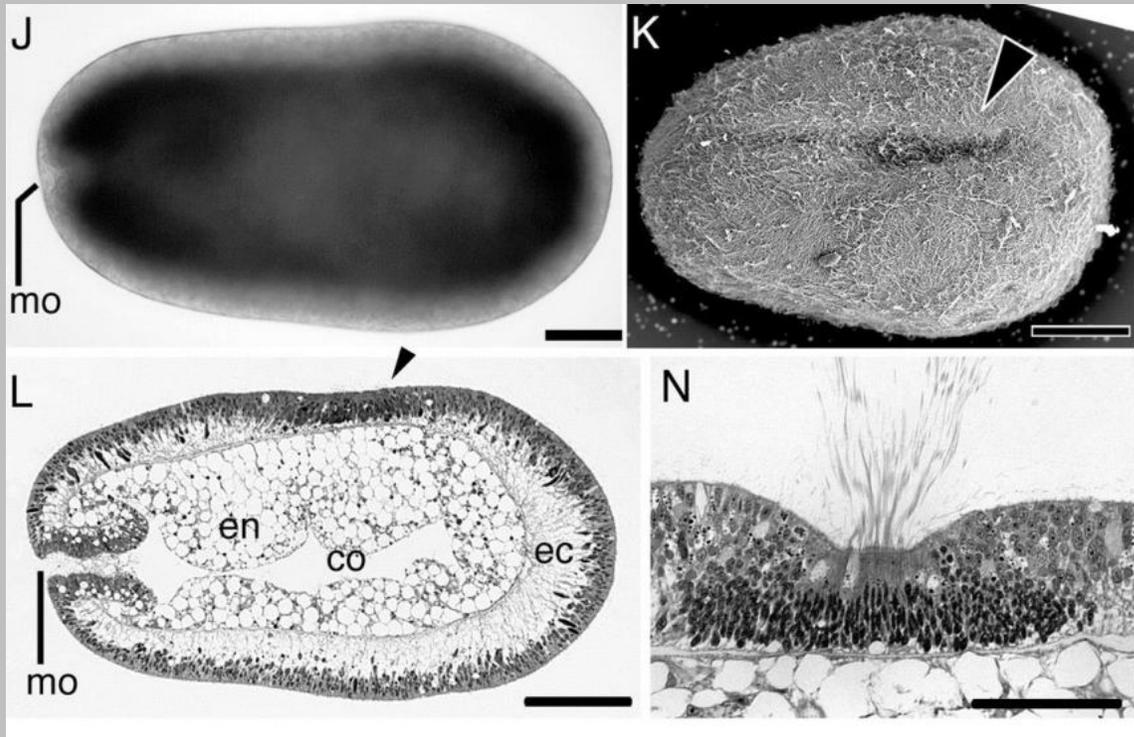


Montipora hispida

Timing of Spawning and Early Development of *Palythoa tuberculosa* (Anthozoa, Zoantharia, Sphenopidae) in Okinawa, Japan

MAMIKO HIROSE^{1,2,*}, MASAMI OBUCHI¹, EUICHI HIROSE², AND JAMES D. REIMER^{1,3}

Hexacorallia, Zoantharia



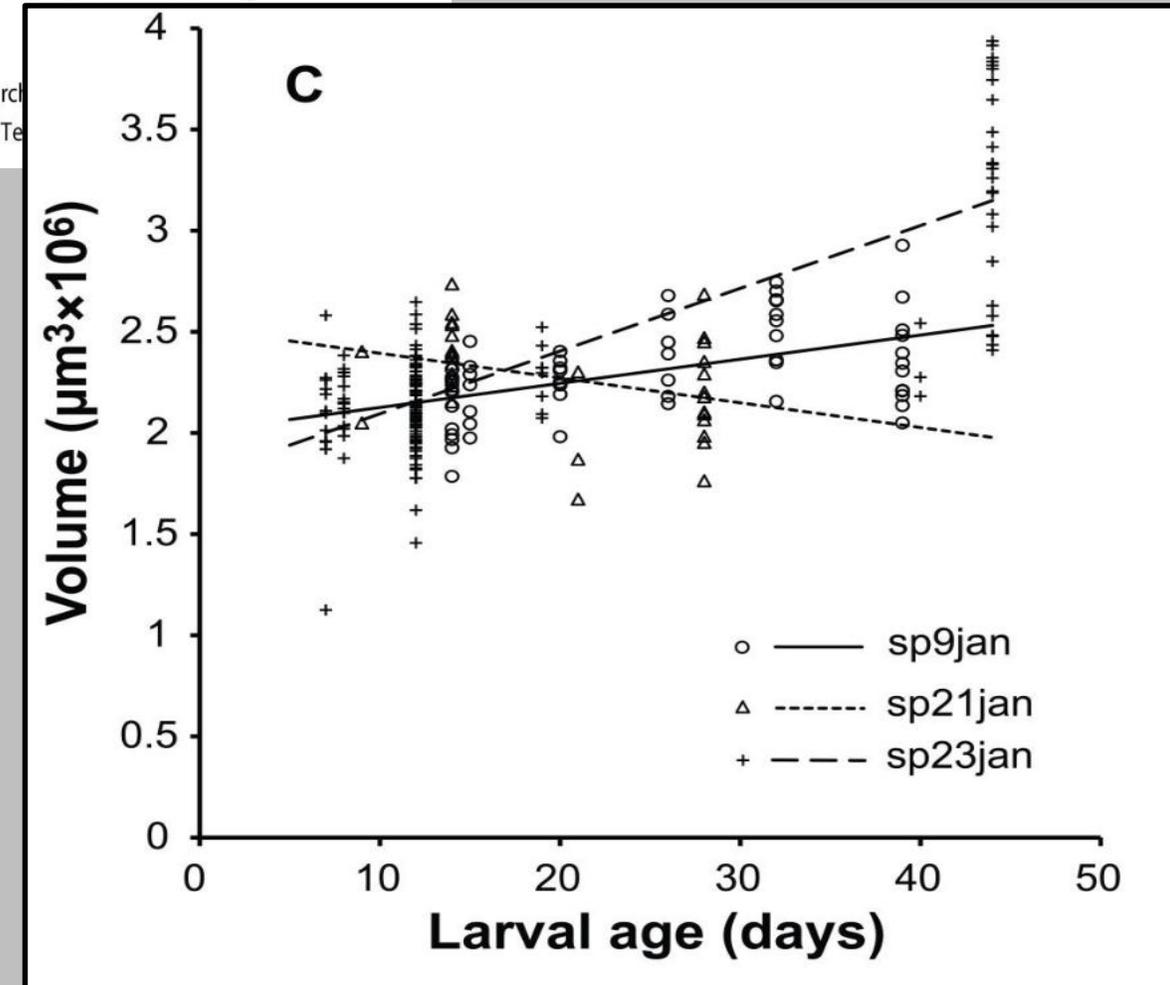
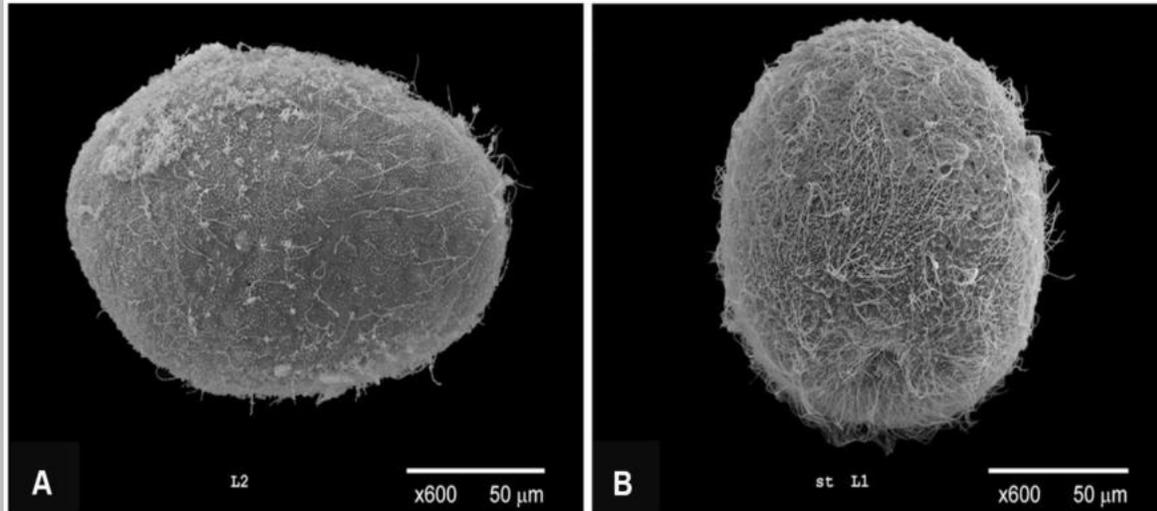
Embryogenesis and Larval Biology of the Cold-Water Coral *Lophelia pertusa*



CrossMark
click for updates

Ann I. Larsson^{1,9}, Johanna Järnegren^{2,*}, Susanna M. Strömberg¹, Mikael P. Dahl^{1,†}, Tomas Lundälv³, Sandra Brooke⁴

1 Department of Biological and Environmental Sciences, University of Gothenburg, Tjärnö, Sweden, **2** Norwegian Institute for Nature Research, Lovén Centre for Marine Sciences, University of Gothenburg, Tjärnö, Sweden, **4** Florida State University Coastal and Marine Laboratory, St Te



A DESCRIPTION OF SPAWNING
AND POST-GASTRULA DEVELOPMENT OF
THE COOL TEMPERATE CORAL,
CARYOPHYLLIA SMITHI

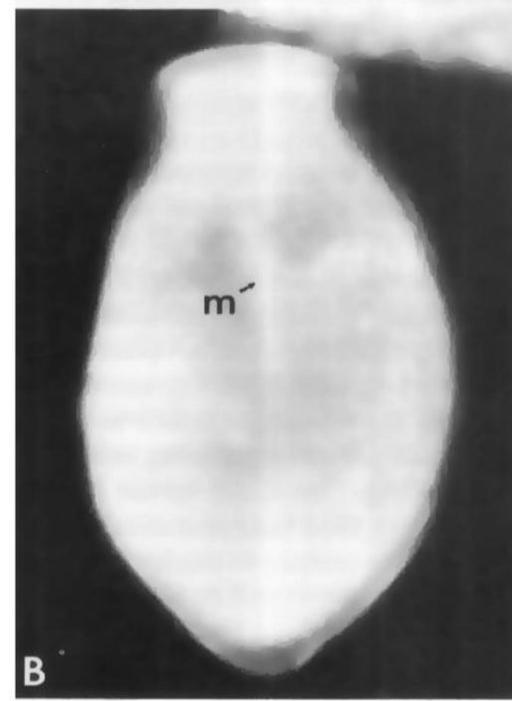
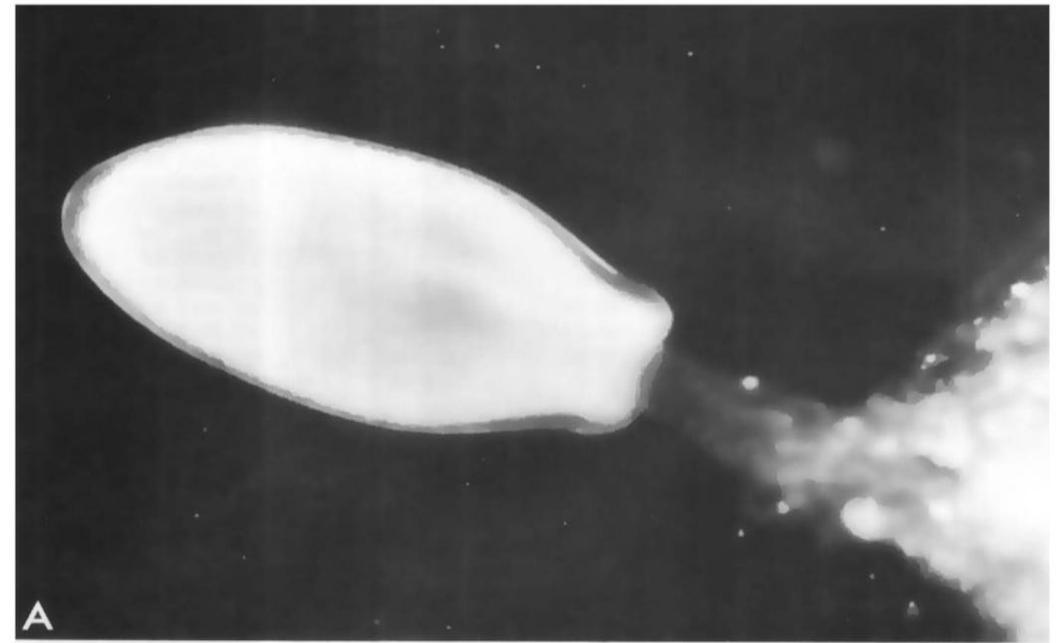
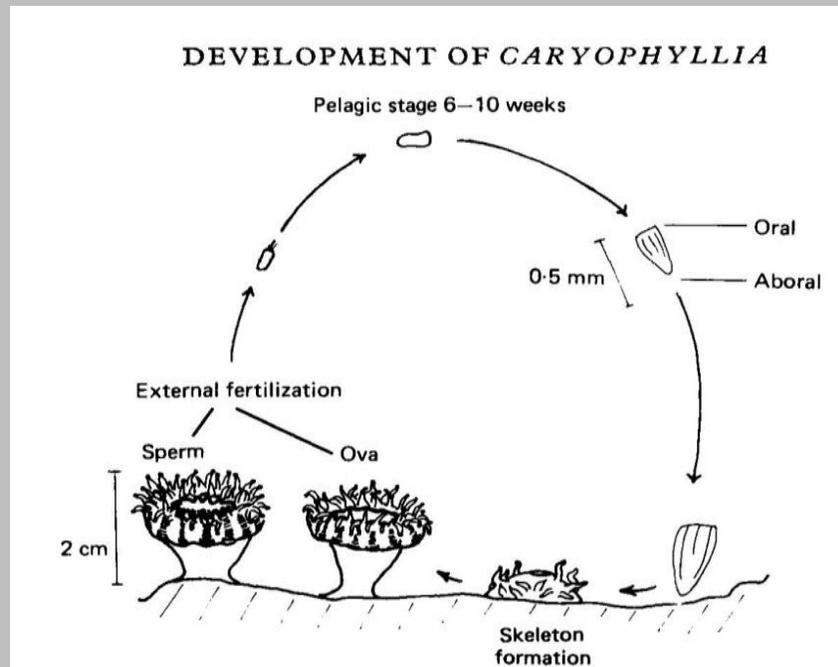
P. R. G. TRANTER, D. N. NICHOLSON,

The Laboratory, Marine Biological Association,
Citadel Hill, Plymouth, PL9 8PX

AND D. KINCHINGTON

Molecular Genetics Laboratory, PHLS Centre for Applied Microbiology & Research,
Porton Down, Salisbury

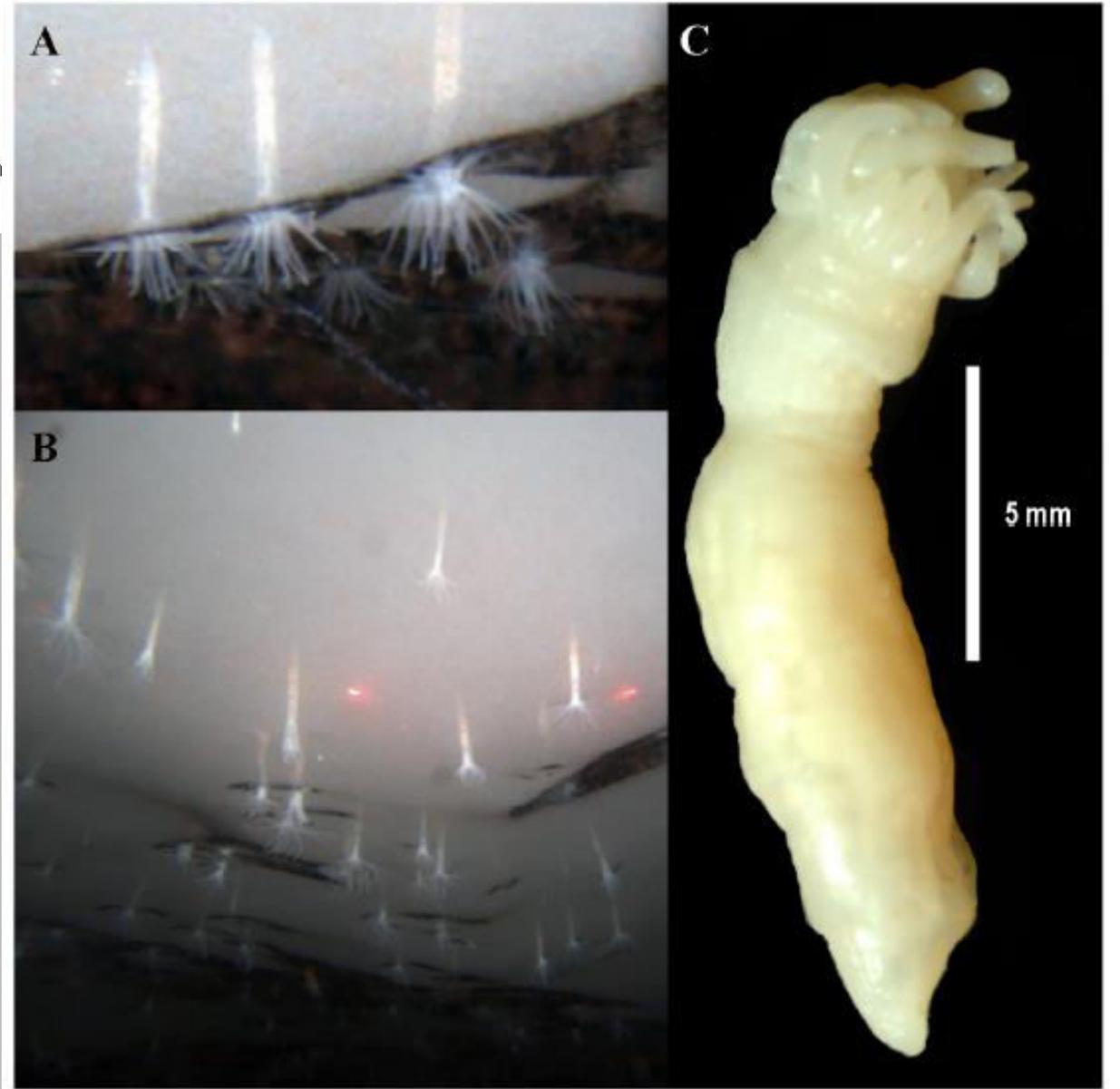
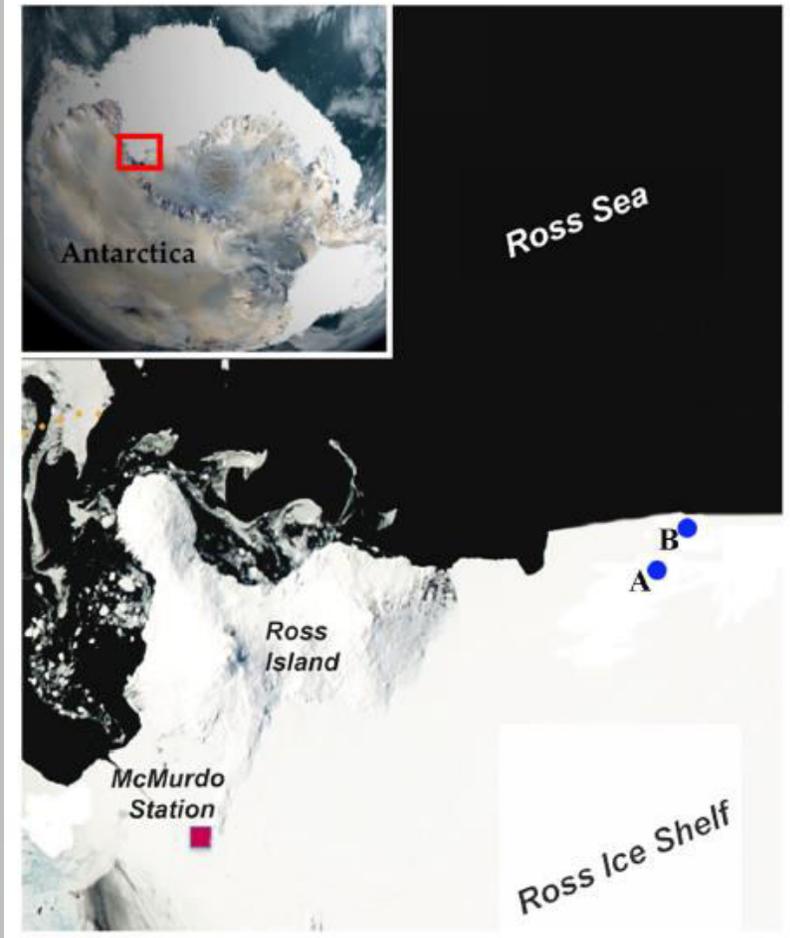
Hexacorallia,
Scleractinia



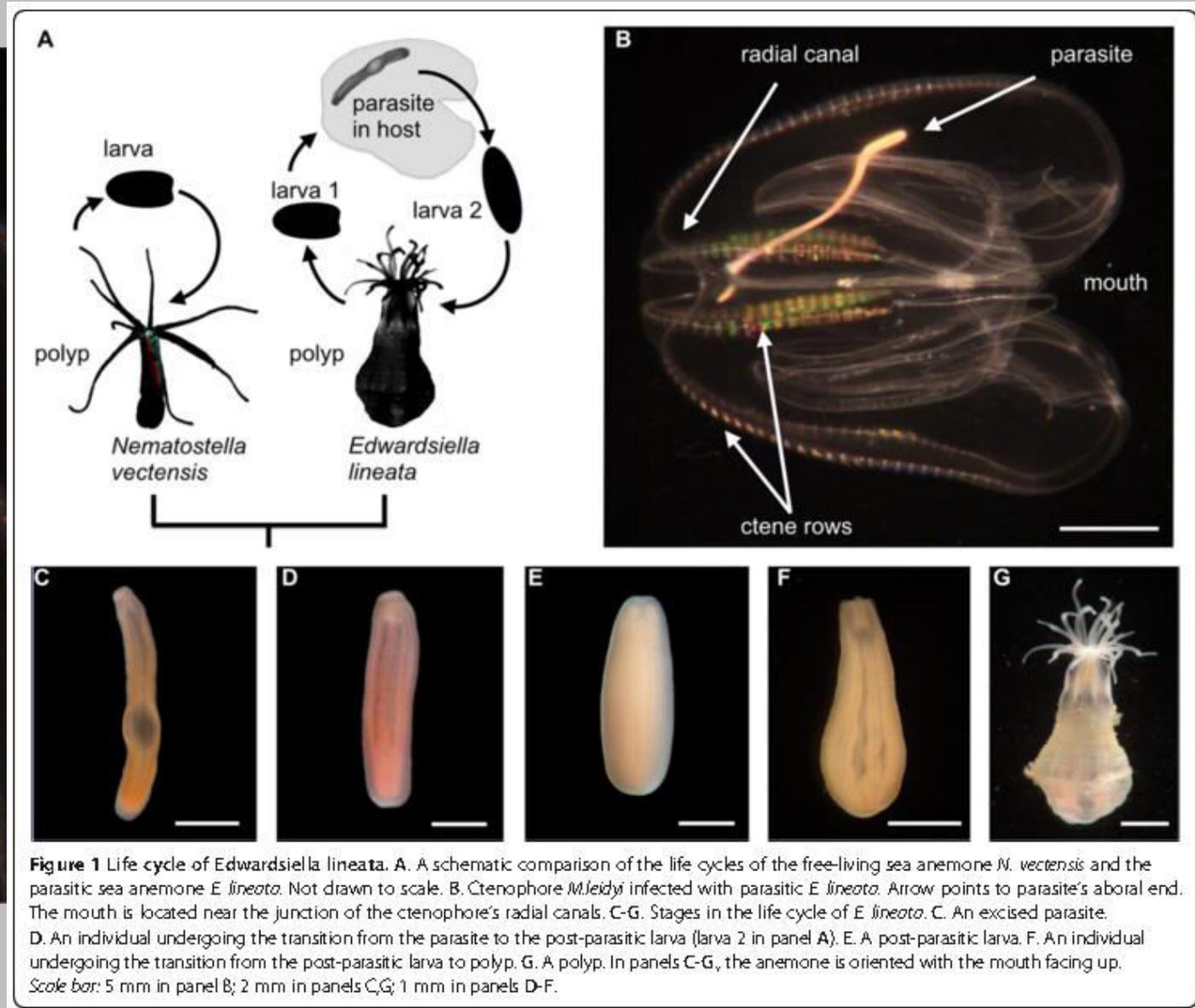
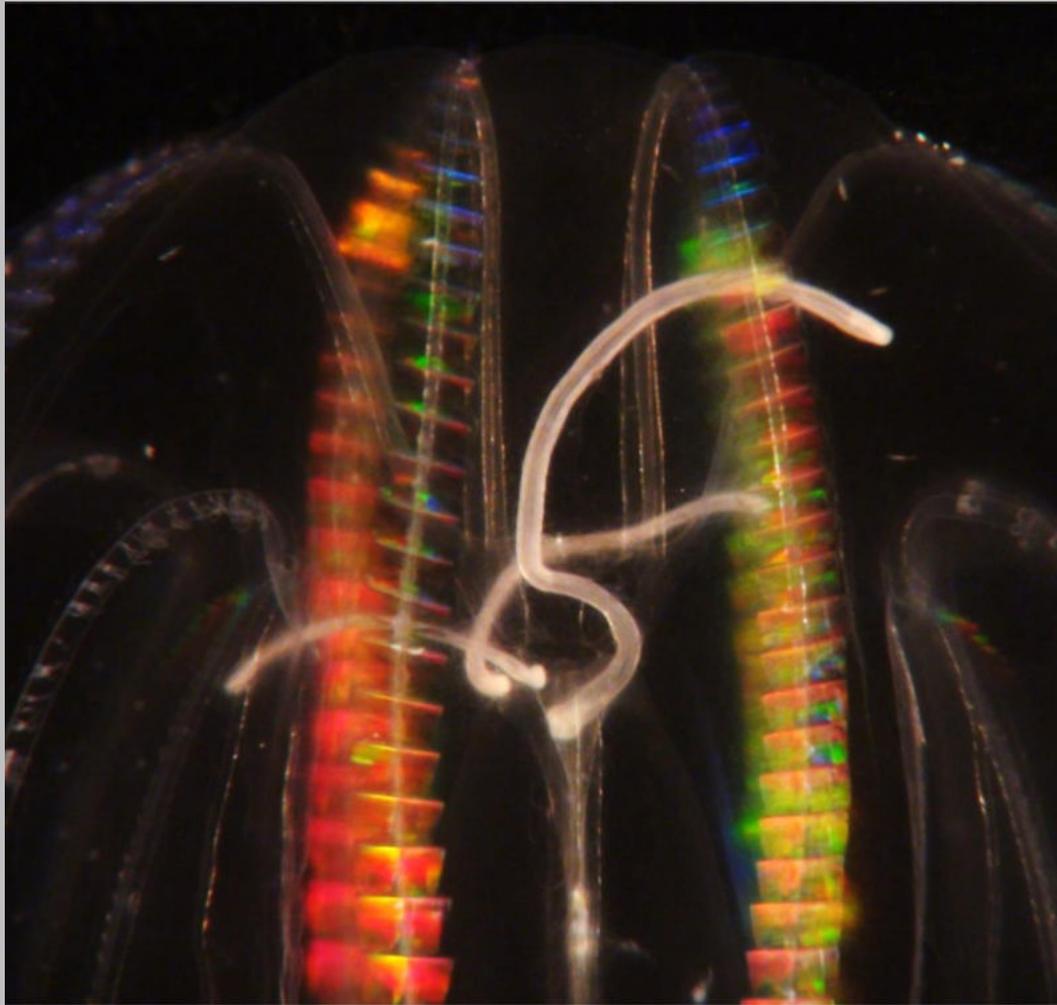
Edwardsiella andrillae, a New Species of Sea Anemone from Antarctic Ice

Marymegan Daly^{1*}, Frank Rack², Robert Zook²

¹ Department of Evolution, Ecology & Organismal Biology, The Ohio State University, Columbus, Ohio, United States of America, ² Science Management Office, University of Nebraska-Lincoln, Lincoln, Nebraska, United States of America



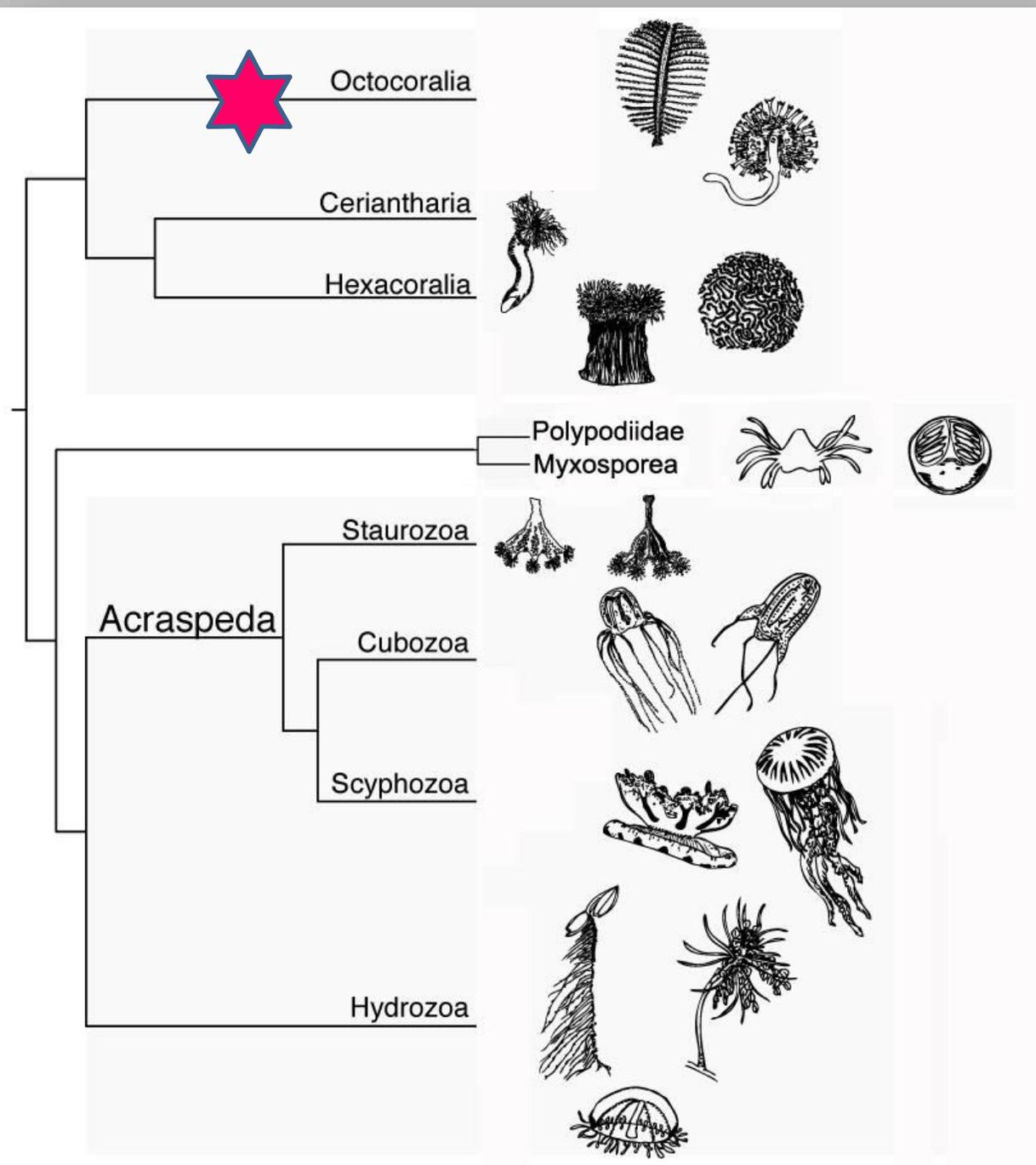
Edwardsiella lineata



Stefanik et al. BMC Genomics 2014, 15:71

<http://www.biomedcentral.com/1471-2164/15/71>

Cnidaria



(Kayal et al., 2017)

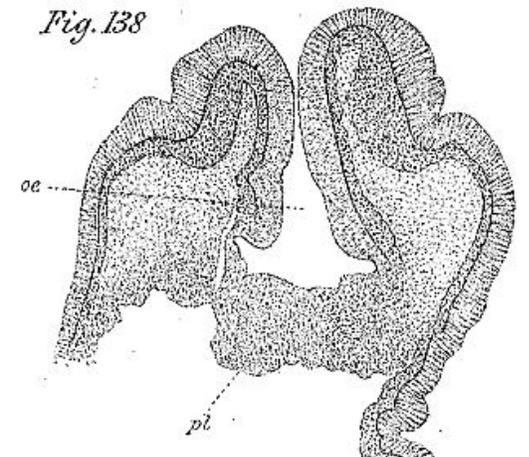
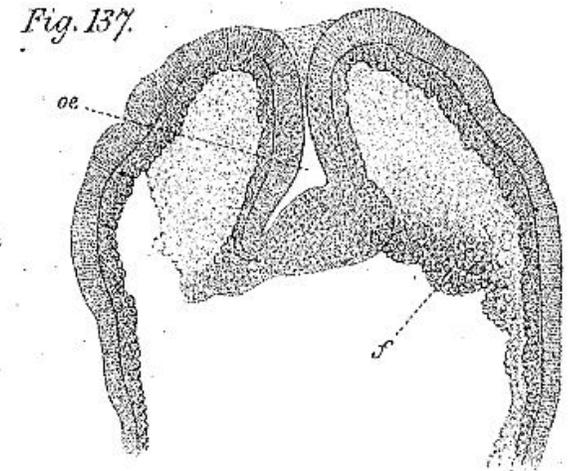
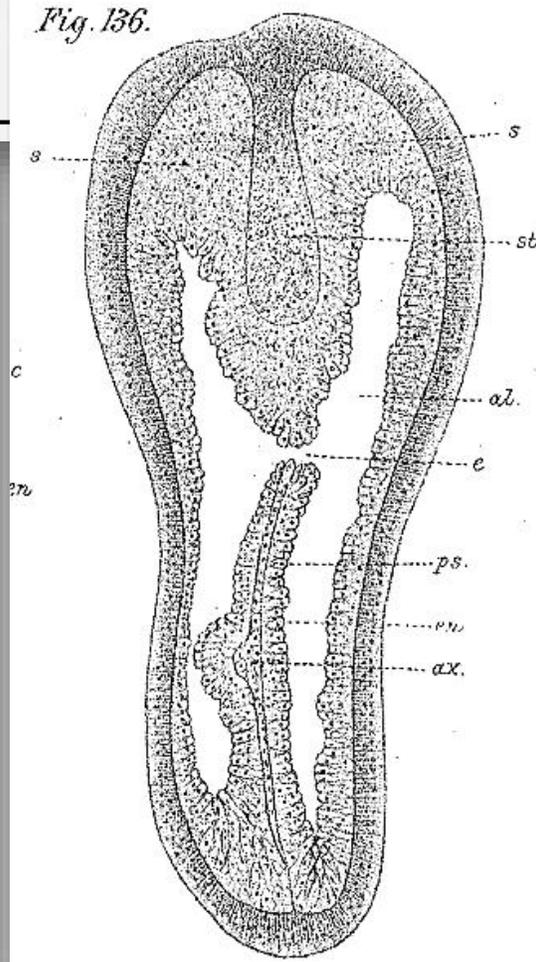
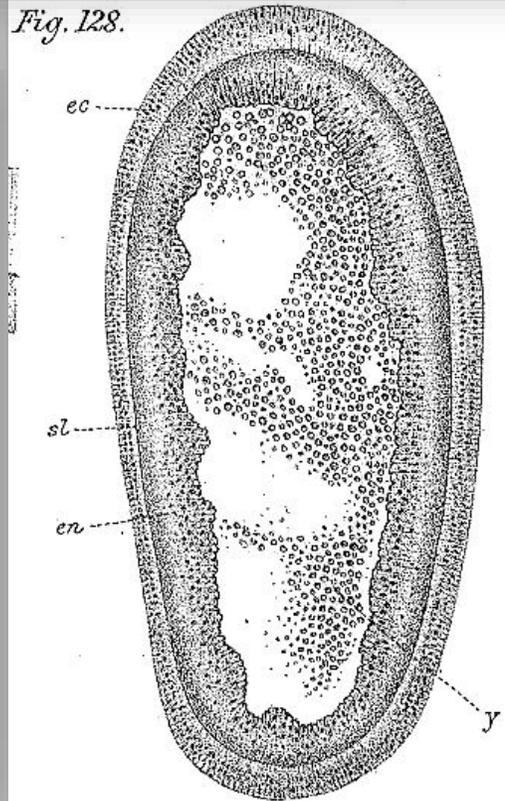
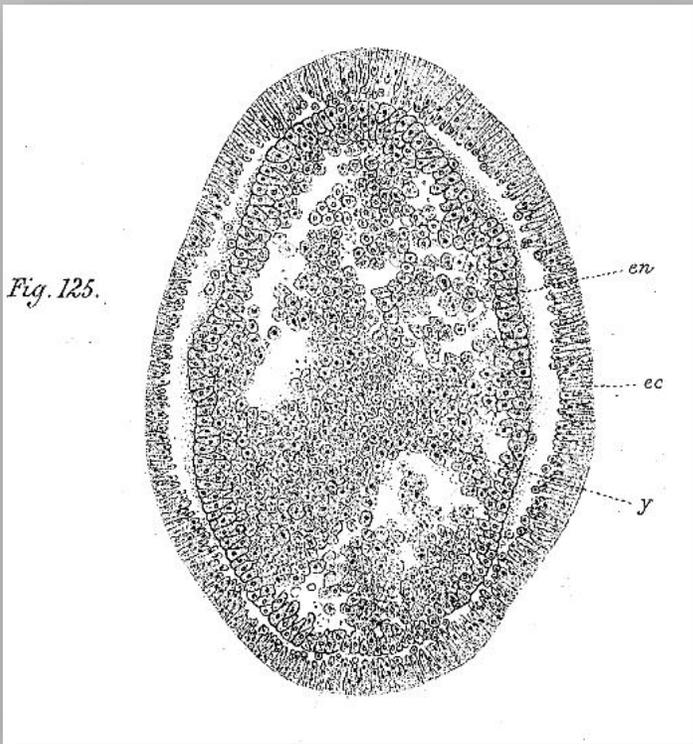
PHILOSOPHICAL
TRANSACTIONS:

Cnidaria (Phylum) Anthozoa (Class) Octocorallia (Subclass)
Scleralcyonacea (Order) Pennatuloida (Superfamily)

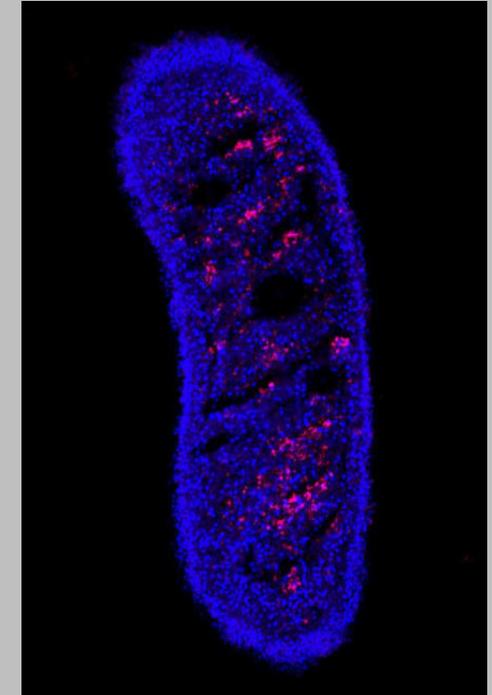
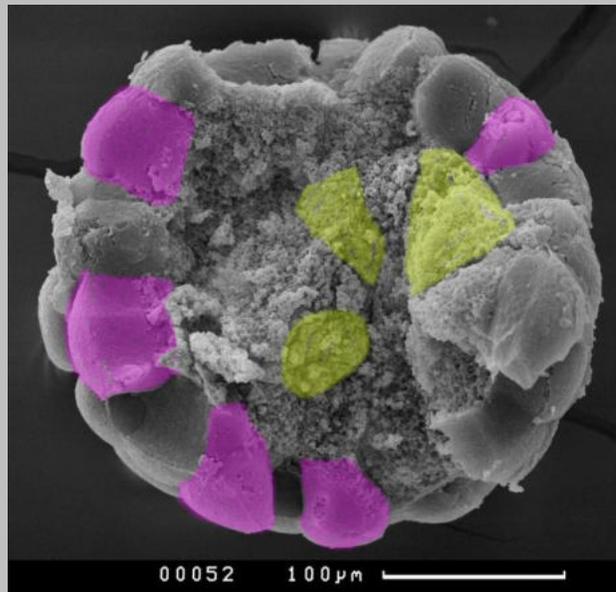
The Development of Renilla

Edmund B. Wilson

Phil. Trans. R. Soc. Lond. 1883 174, 723-815, published 1 January 1883

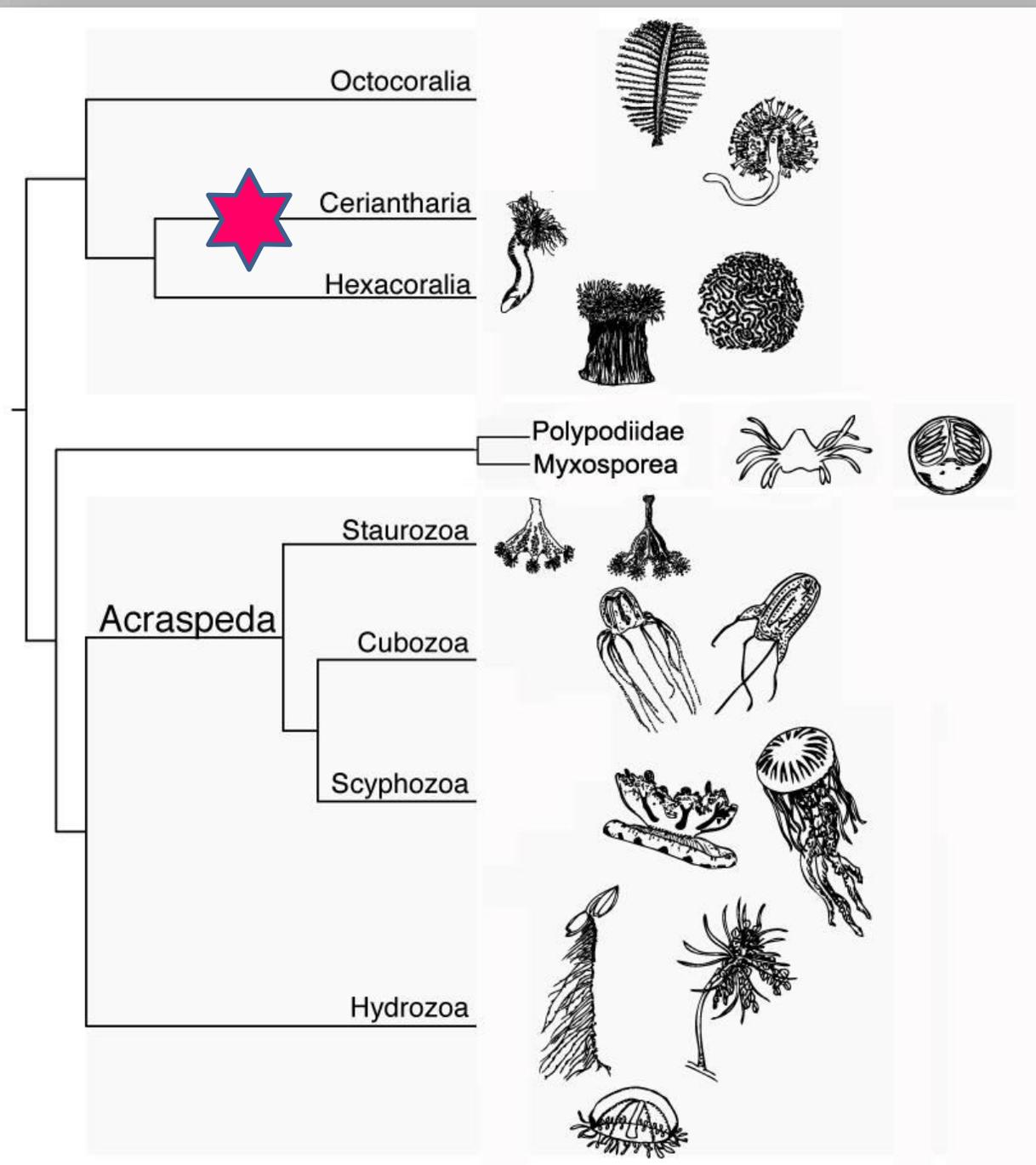


Эмбриональное и личиночное развитие восьмилучевого коралла *Cornularia*



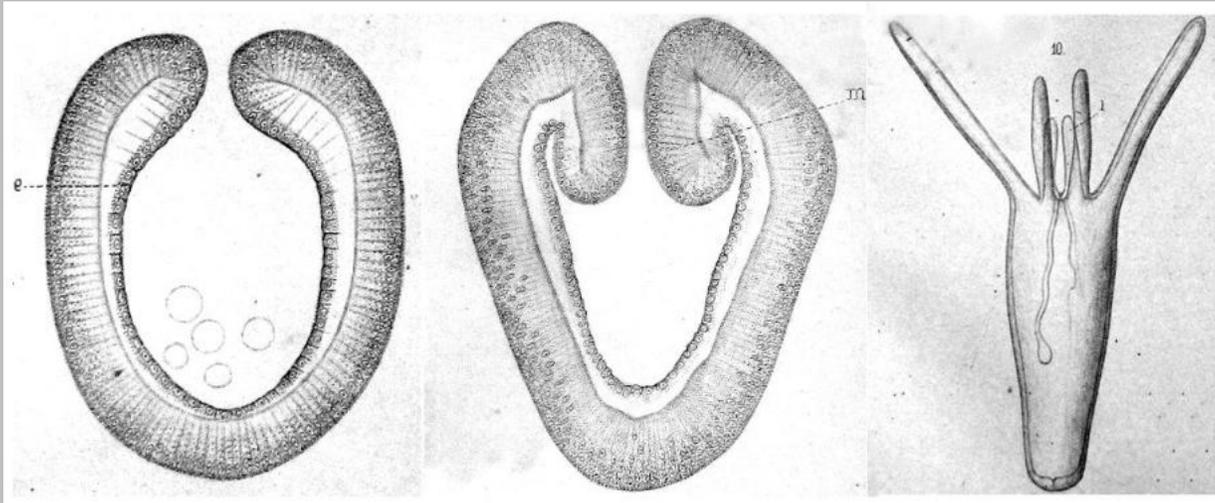
(Е.В. Дмитриева, Ю.А. Краус)

Cnidaria



(Kayal et al., 2017)

Пелагическая планктотрофная личинка Anthozoa



Cerianthus (Ковалевский, 1873-74)



Cnidaria
Anthozoa
Cerianthus sp.
Antipathula larva
Width 750 μ m
Helgoland 2016

(Larink, 2016)



Cerianthus sp. antipathula larva Helgoand (Larink, 2016)



Cerinula, secondary larva
Width 1.7 mm

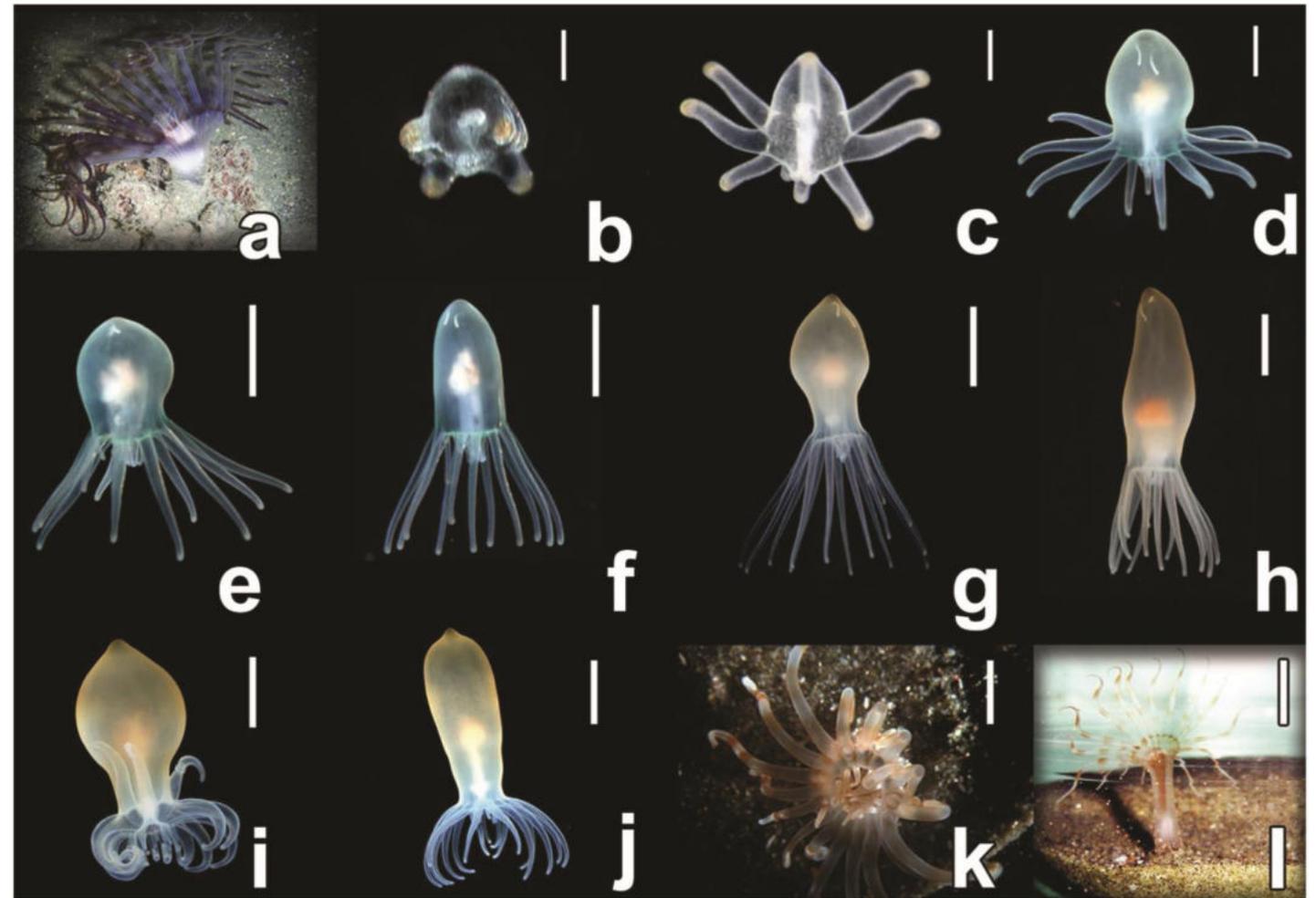
(Larink, 2016)

Drifting in the oceans: *Isarachnanthus nocturnus* (Cnidaria, Ceriantharia, Arachnactidae), an anthozoan with an extended planktonic stage

Sérgio N. Stampar¹ · André C. Morandin¹
Fábio Lang da Silveira² · Alvaro E. Migo¹

Fig. 1 Images of different stages of the life cycle of *Isarachnanthus nocturnus*, from São Sebastião Channel, southeastern Brazil. **a** Adult; **b** recently collected larva, probably a few hours old; **c** 2-day-old larva with 7 tentacles; **d** 18-day-old larva with visible acontioids in *M*-mesenteries; **e**, **g** larva between 20 and 30 days old with transparent stretching column and labial tentacles; **h** 40-day-old larva; **i** 50-day-old larva showing more-intense coloration; **j** 60-day-old larva with aboral pore; **k** 70-day-old individual already metamorphosed; **l** 100-day-old individual extending out of the sand. **a** no scale; **b** 0.3 mm; **c** 0.5 mm; **d** 1 mm; **e** 4 mm; **f** 5 mm; **g**, **h** 6.5 mm; **i** 8 mm; **j** 8 mm; **k** 10 mm and **l** 15 mm

Пелагическая планктотрофная личинка Anthozoa



Как у Anthozoa появилась планктотрофная личинка?

Received: 11 February 2021 | Accepted: 22 September 2021

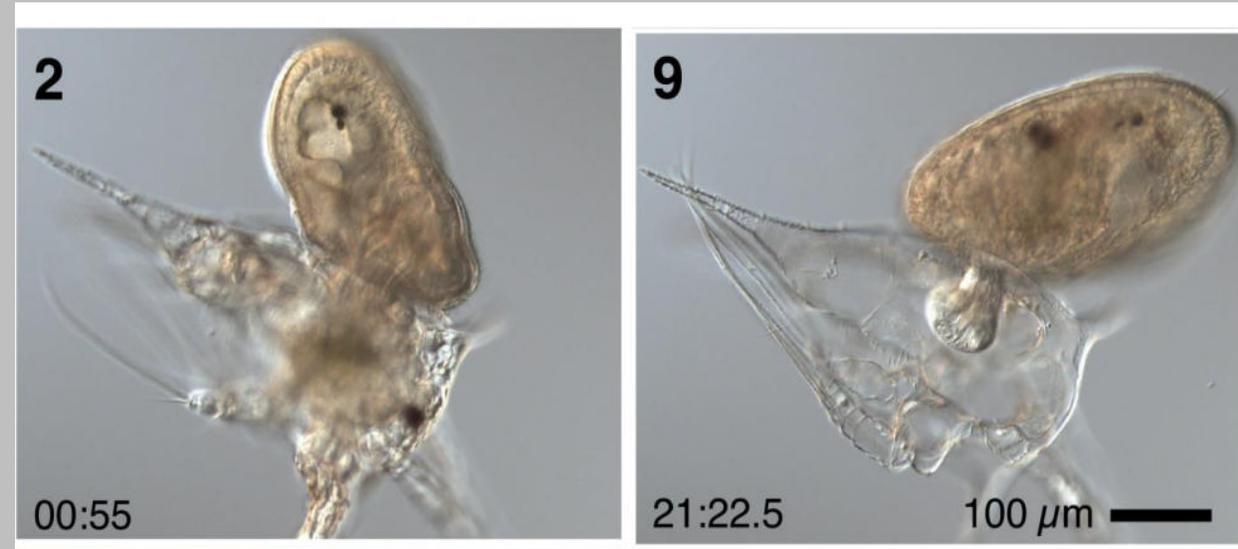
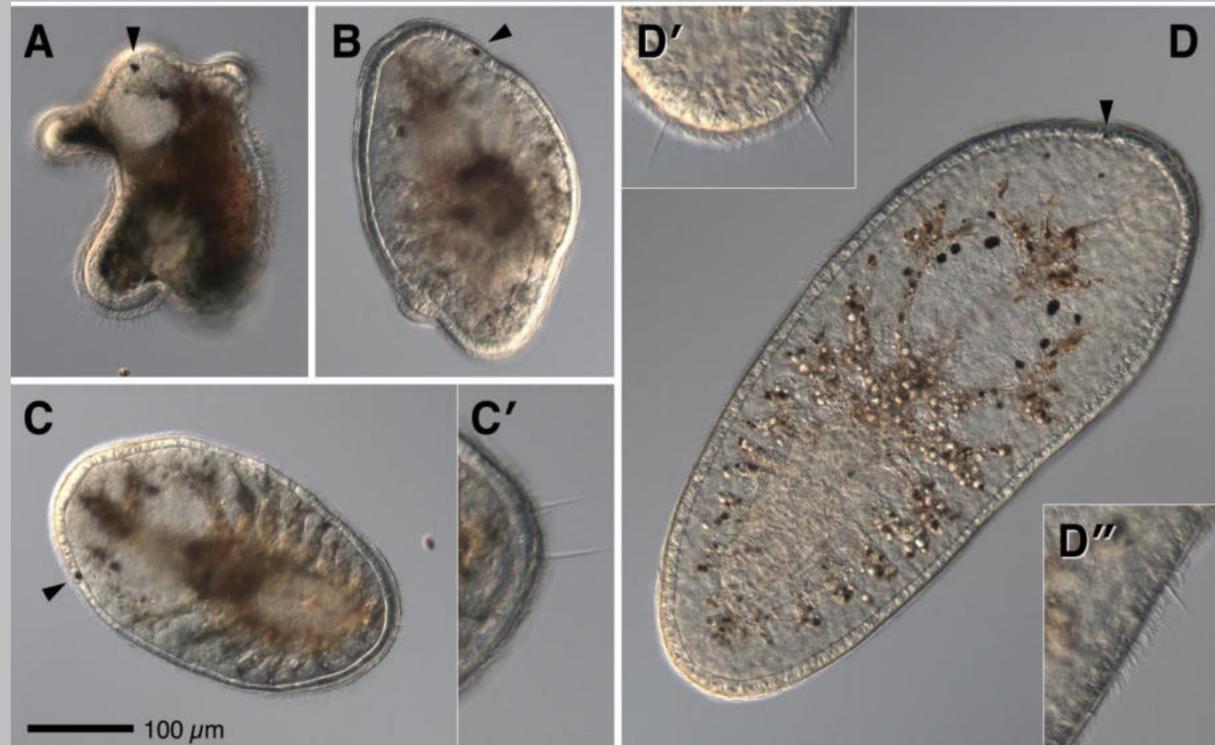
DOI: 10.1111/ivb.12361

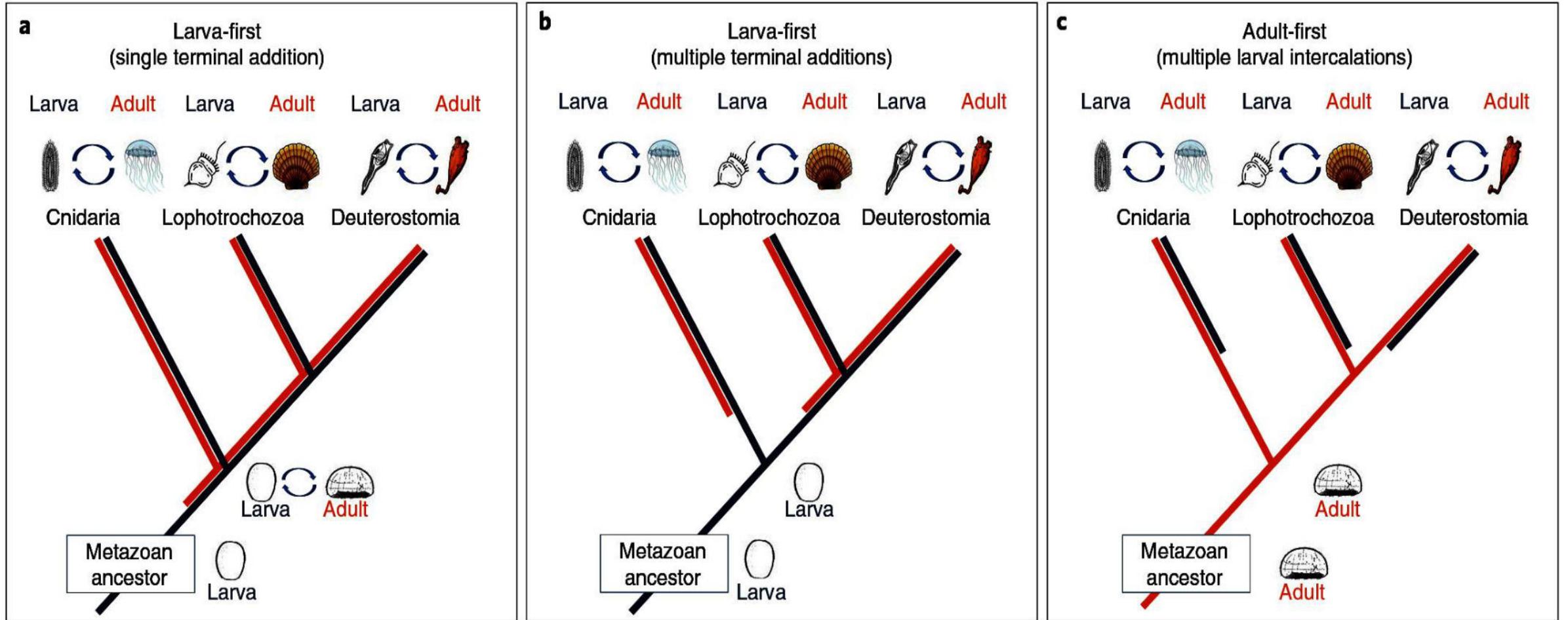
ORIGINAL ARTICLE

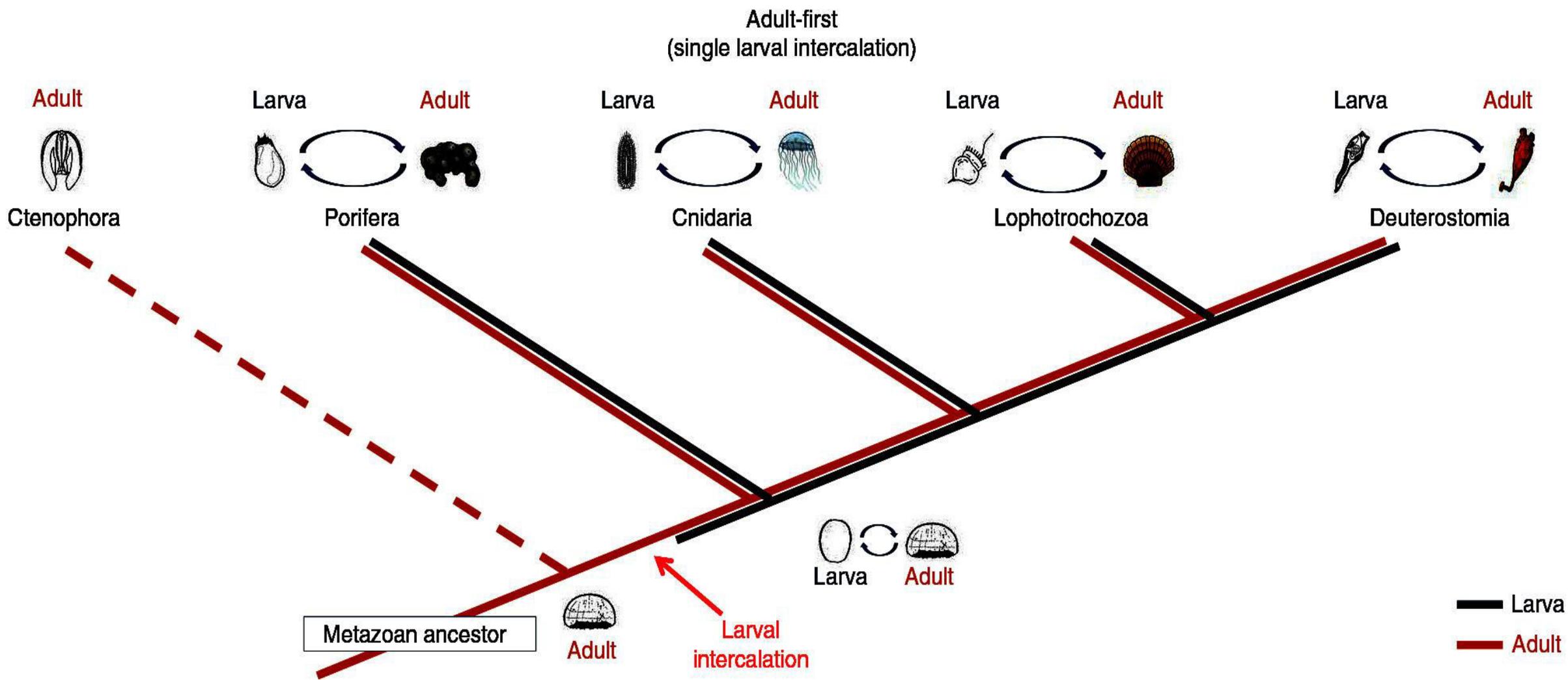
Invertebrate Biology WILEY

Pelagic larval polyclads that practice macrophagous carnivory

George von Dassow¹ | Cecili B. Mendes^{1,2}



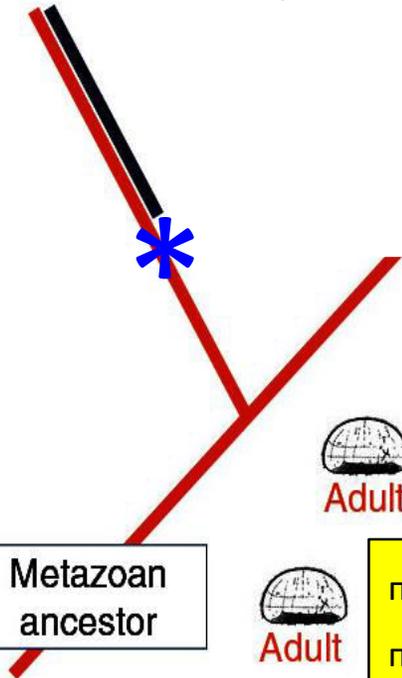




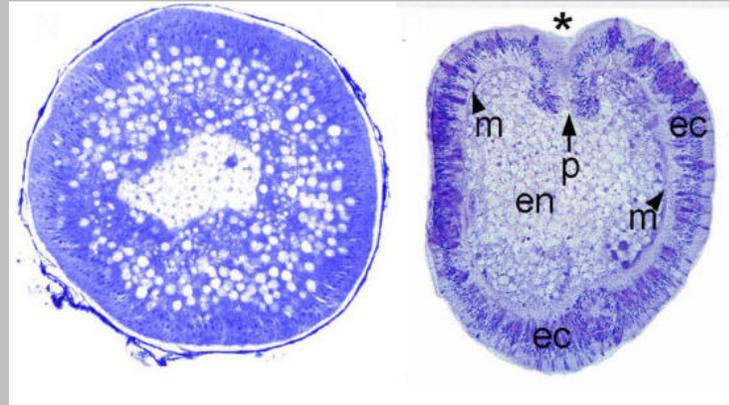
Как у Anthozoa появилась планктотрофная личинка?

c

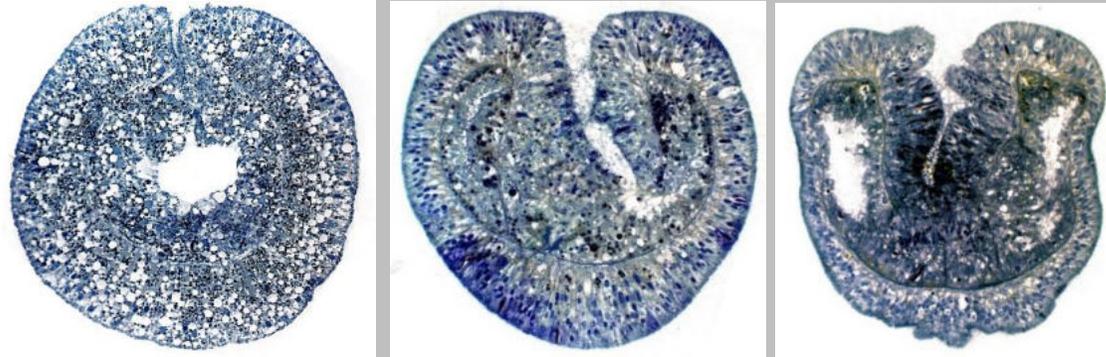
ПОЯВЛЕНИЕ ПЛАНКТОТРОФИИ



планктотрофия возникает за счёт гетерохроний - продления личиночной стадии и переноса на неё признаков взрослой формы



бластопор закрывается, рот формируется заново, гастральная полость формируется поздно



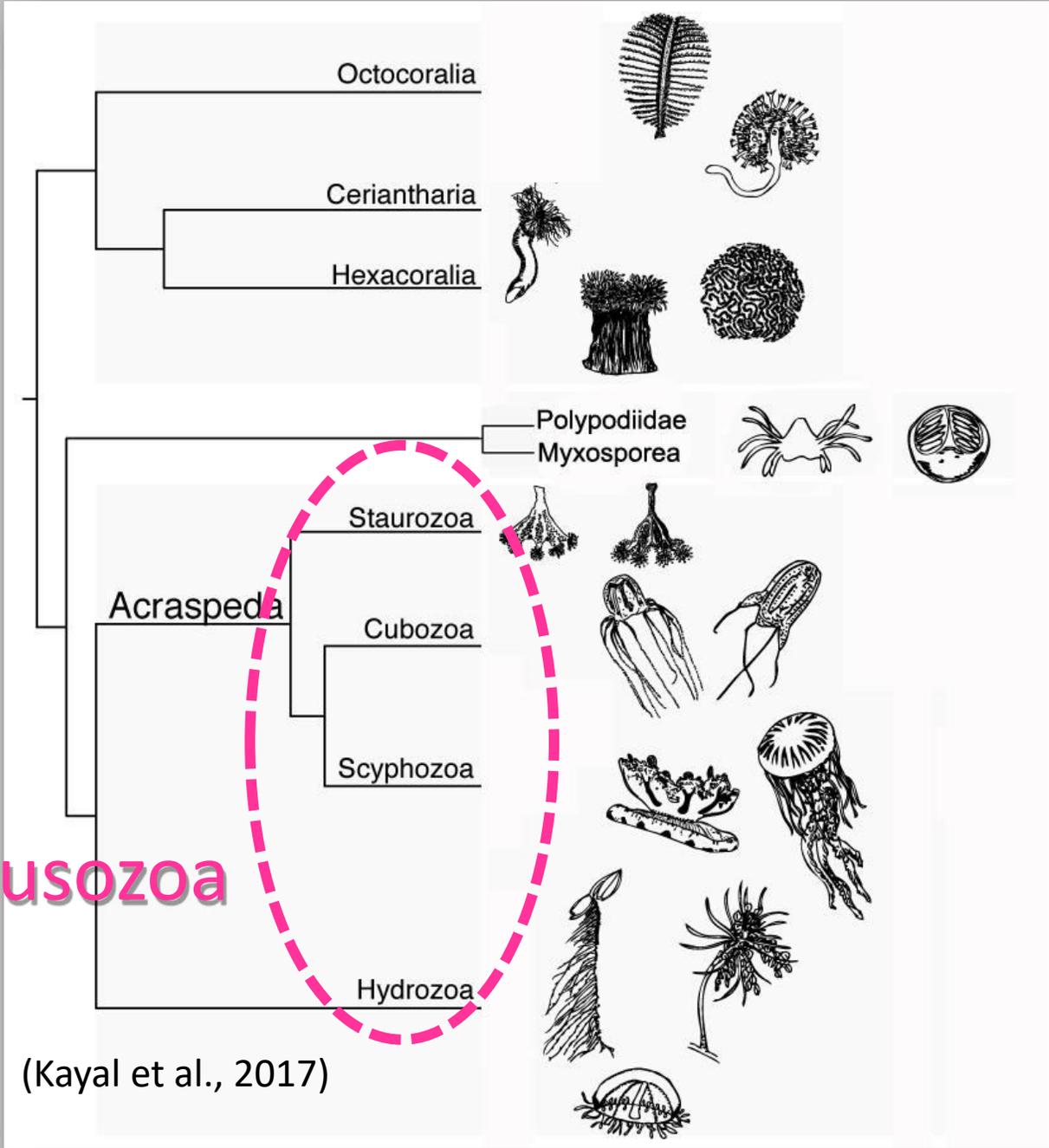
бластопор не закрывается, становится ртом; признаки полипа (мезентерии, глотка, щупальца) формируются у планулы

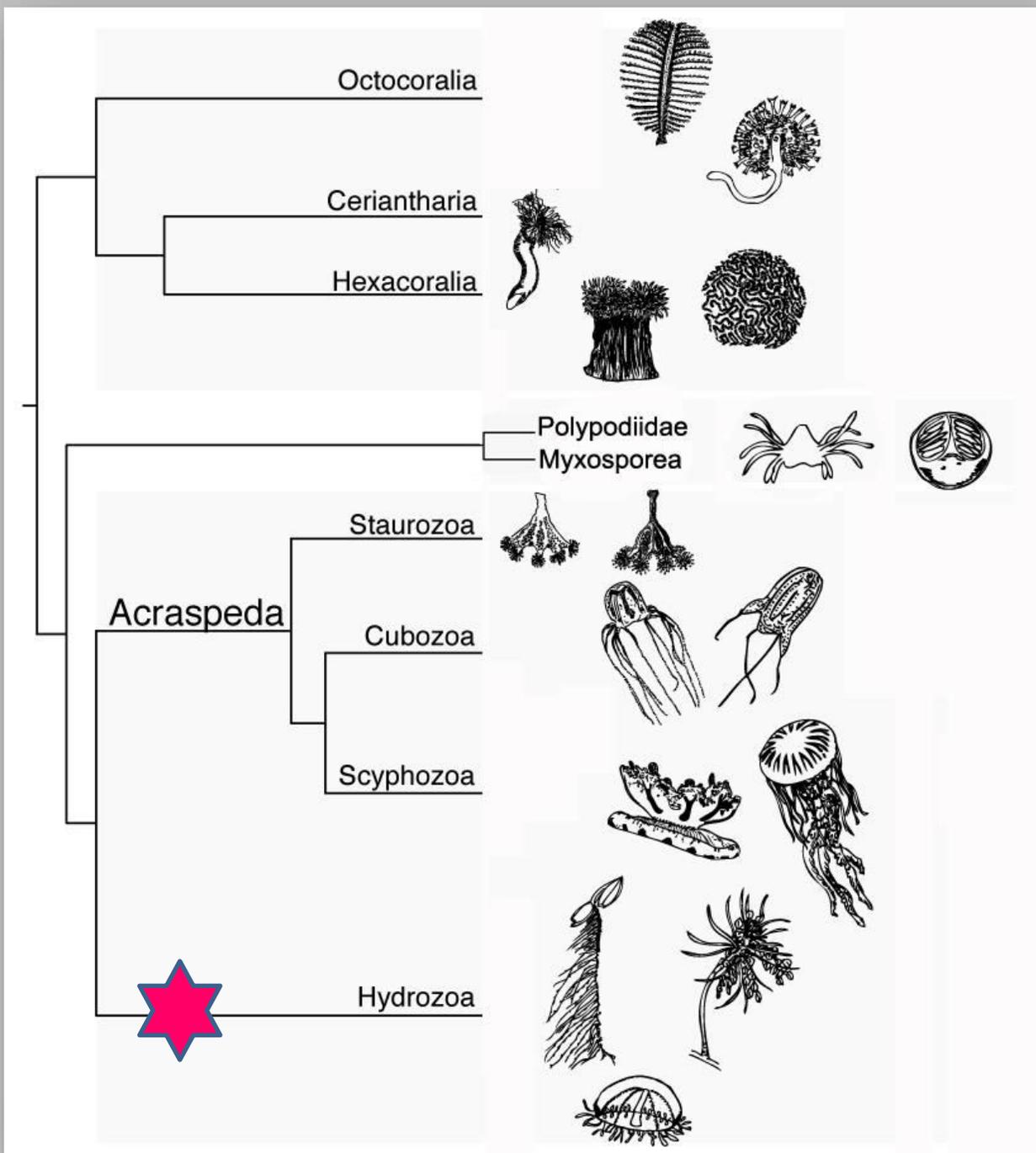


наконец, полностью сформированный, способный к питанию первичный полип остается в планктоне

Cnidaria

Medusozoa

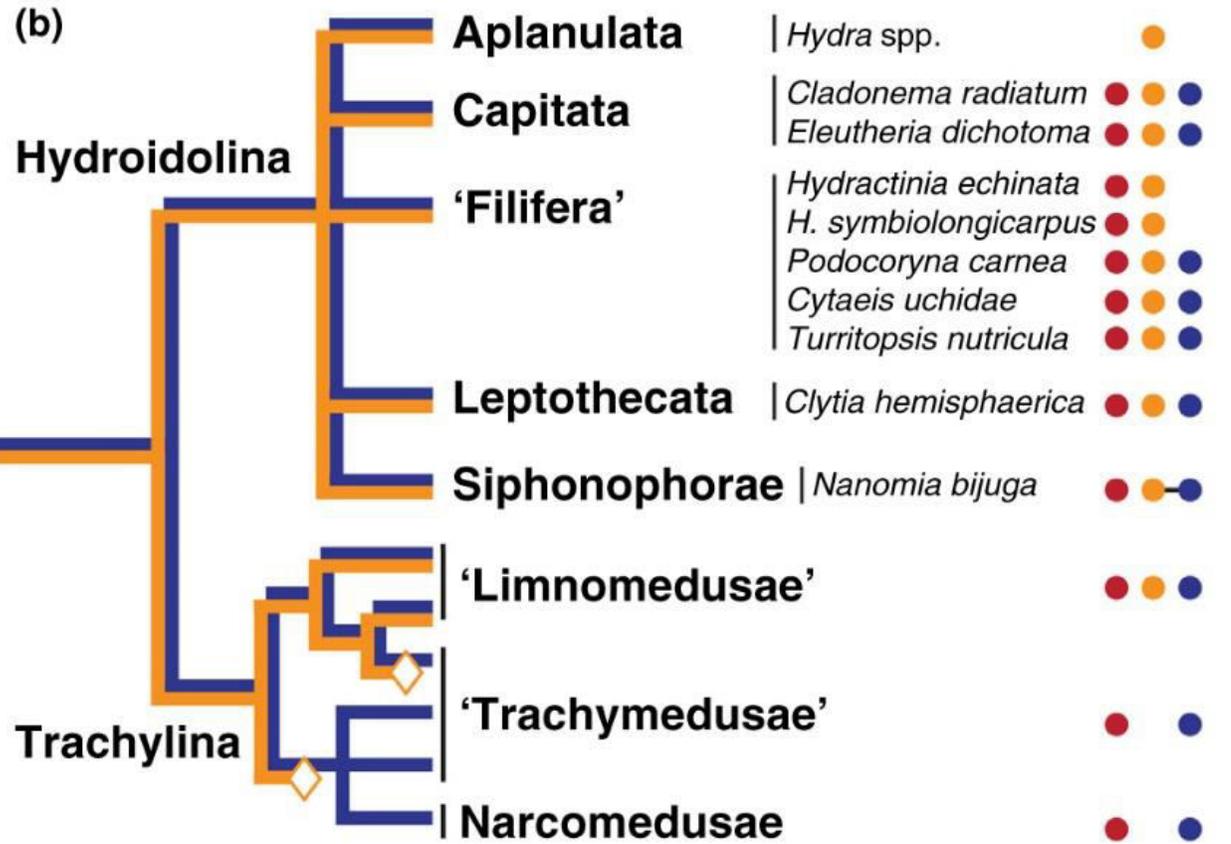
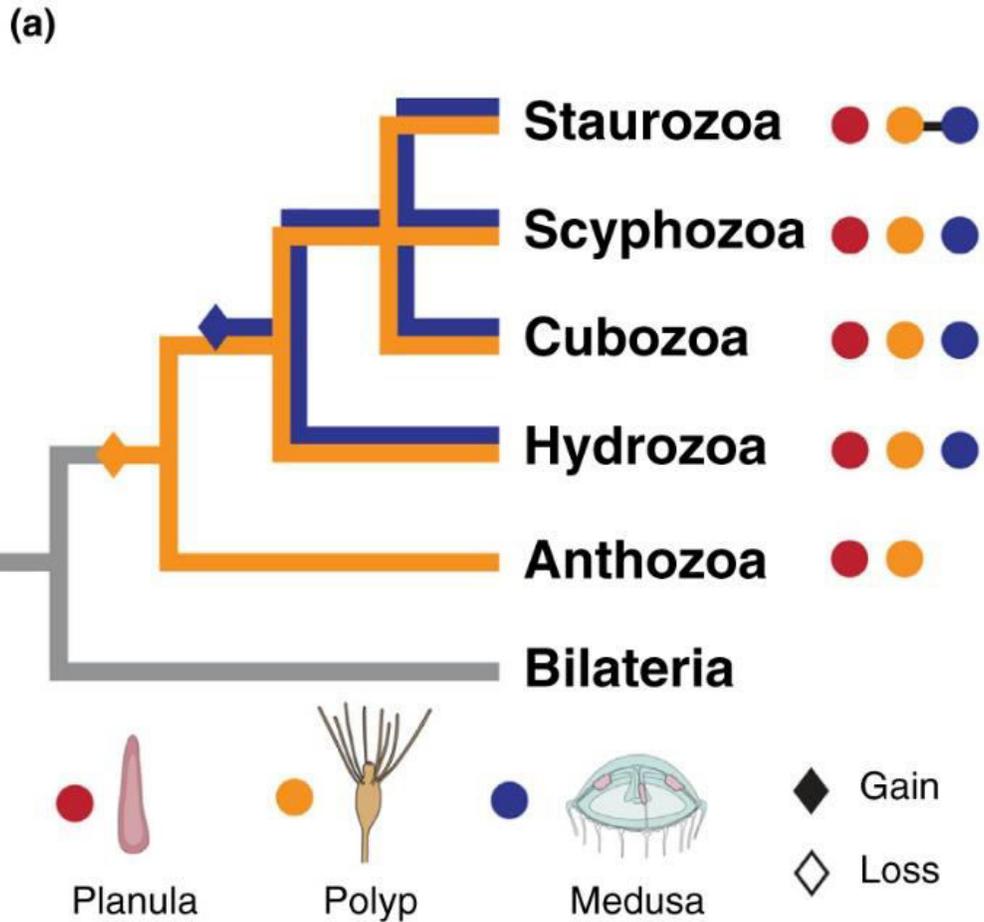


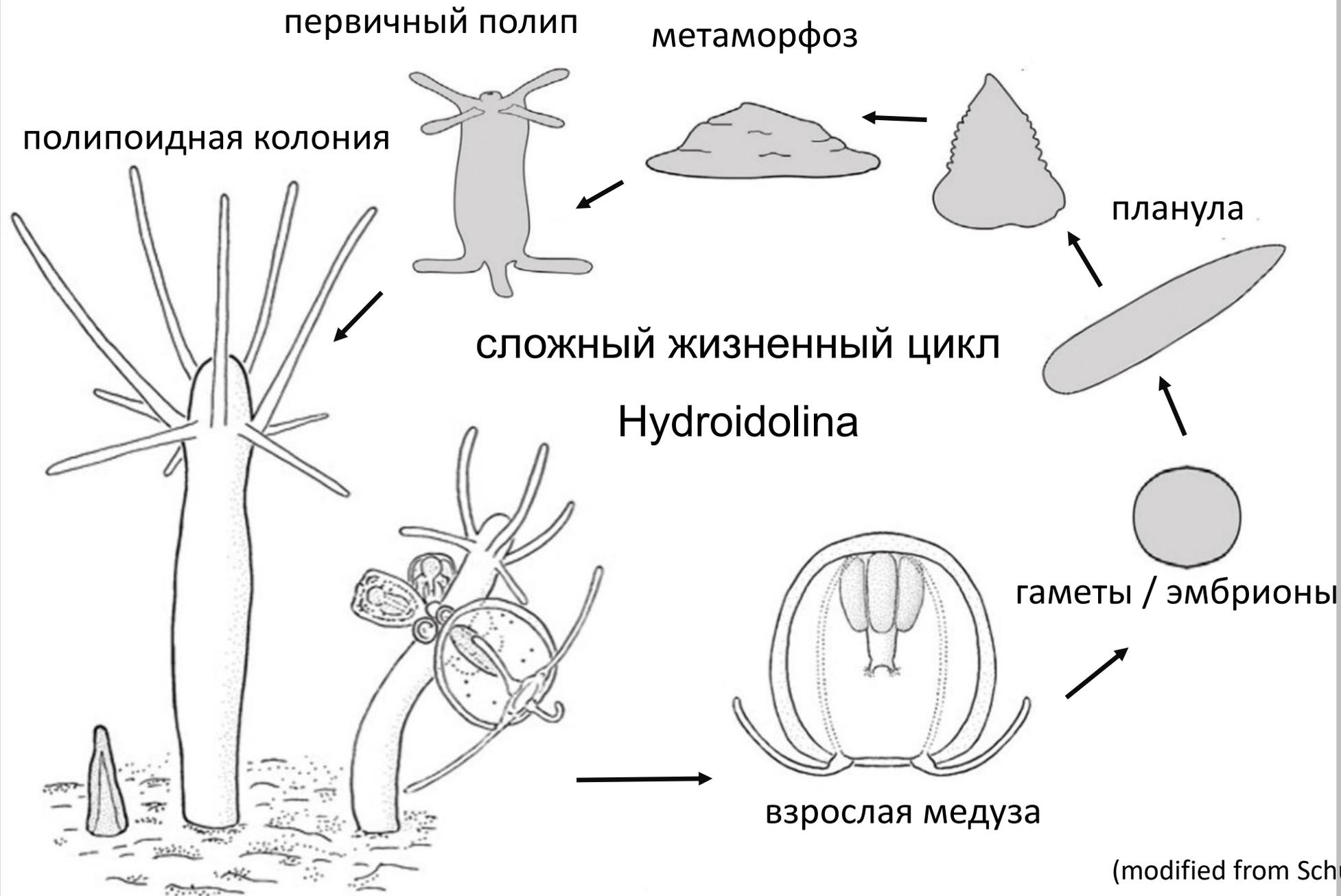


(Kayal et al., 2017)

Hydrozoan insights in animal development and evolution

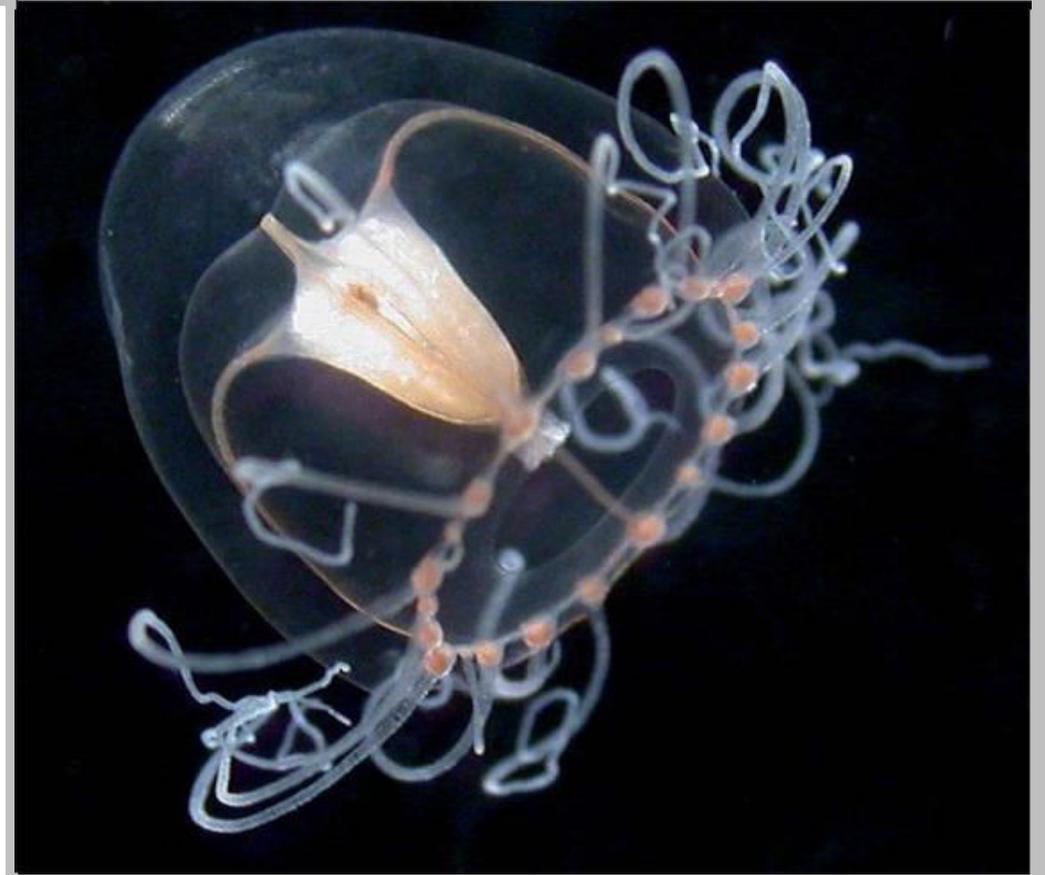
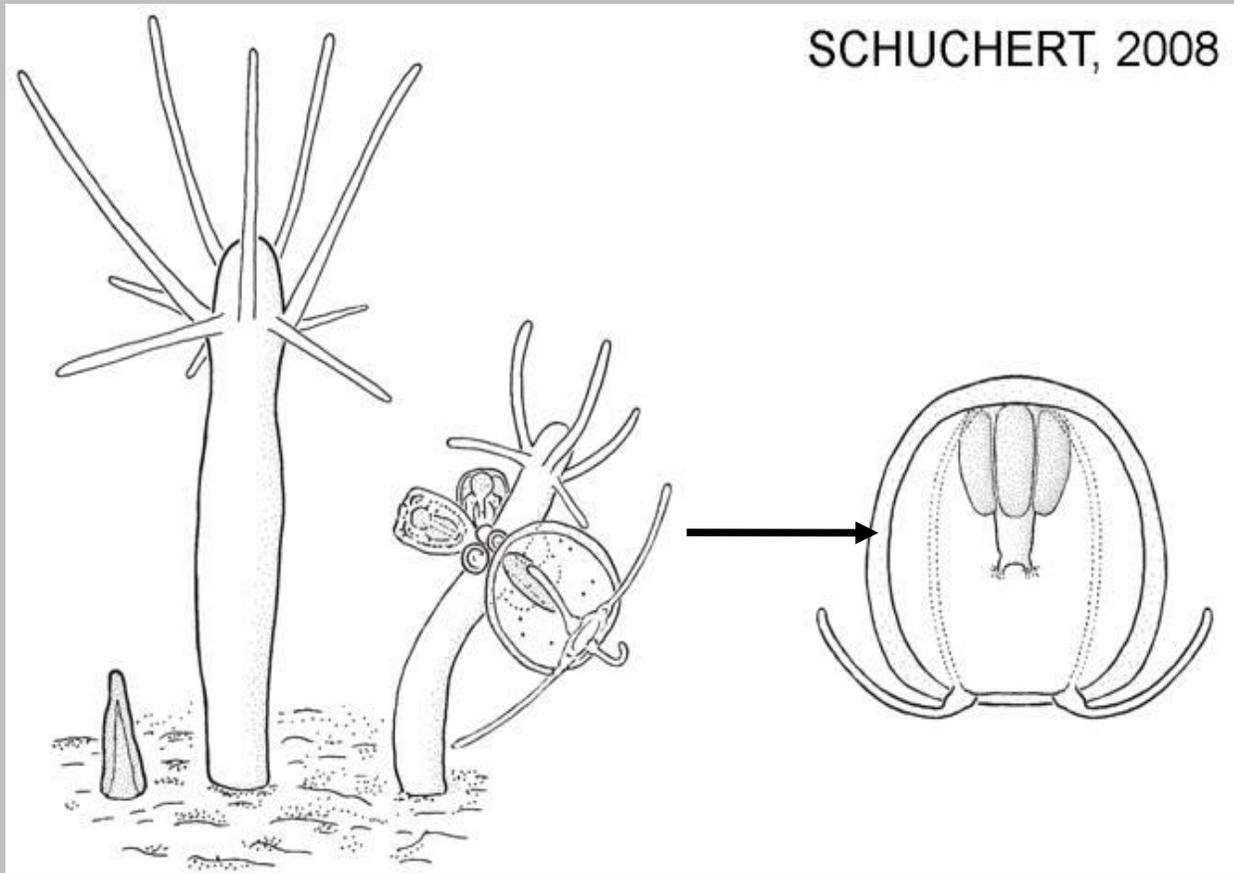
Lucas Leclère, Richard R Copley, Tsuyoshi Momose and Evelyn Houlston



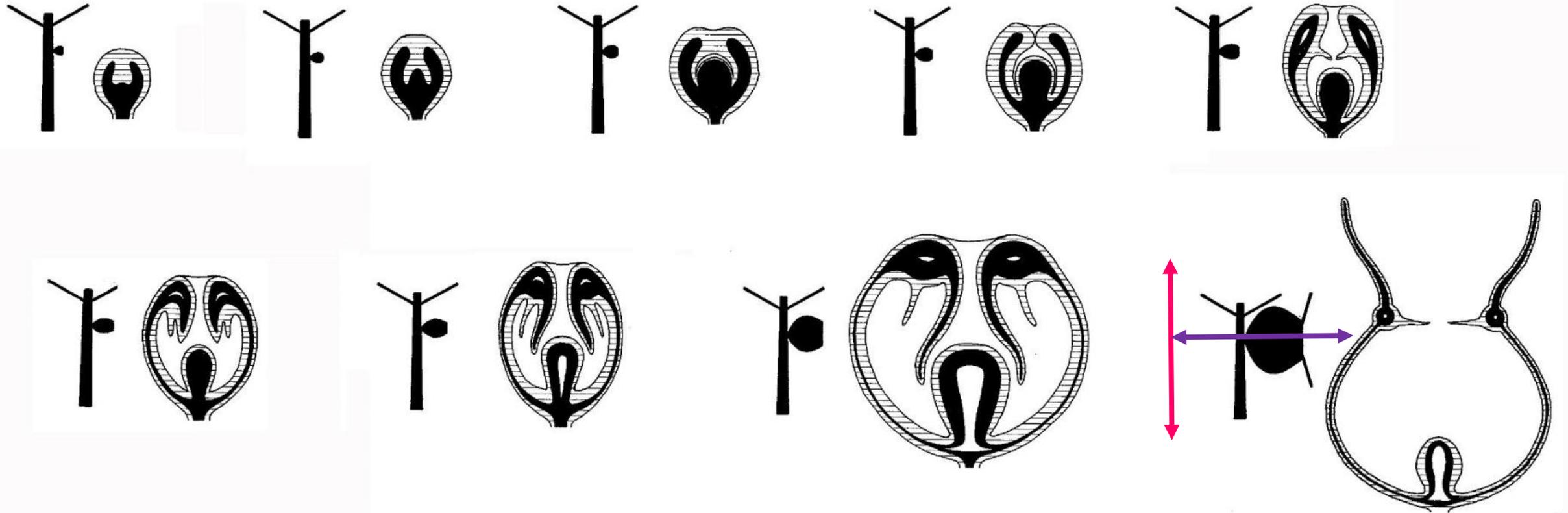


(modified from Schuhert, 2008)

Формирование медузоидной почки на полипе. Отсоединение медузы от колонии.



Формирование медузоидной почки на полипе



(Frey, 1968)

Die Entwicklung der Geschlechtsindividuen der
Hydromedusen.

Studien zur Ontogenese und Phylogenese
der Hydroiden II.

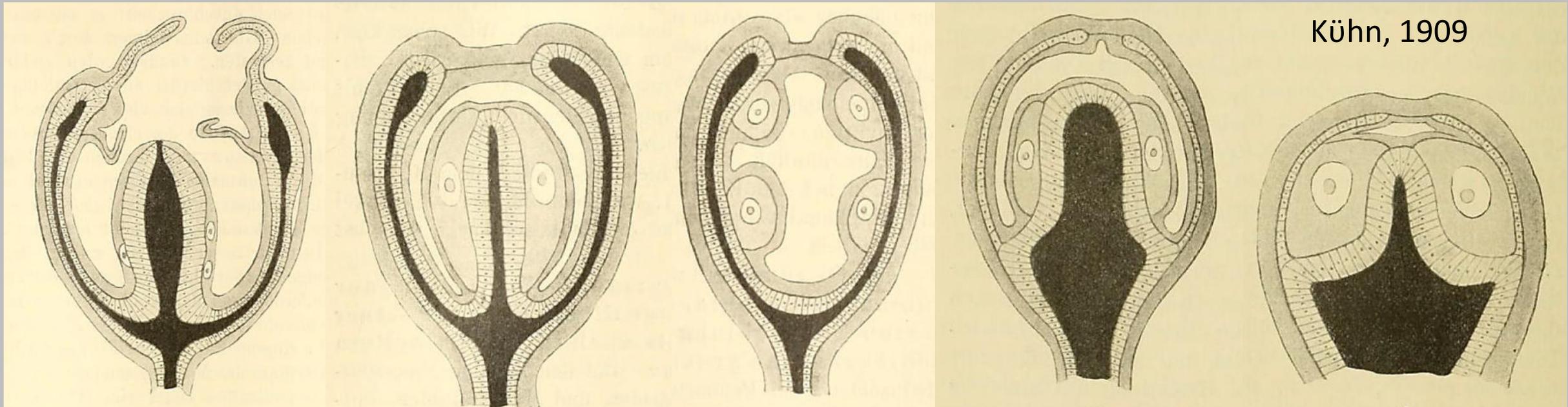
Von

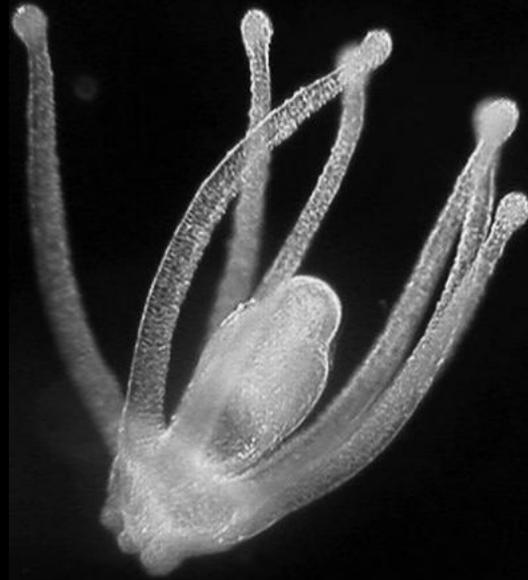
Dr. Alfred Kühn,

Assistent am Zoologischen Institut der Universität.

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität zu Freiburg i. B.)

Редукция свободно плавающей
медузы

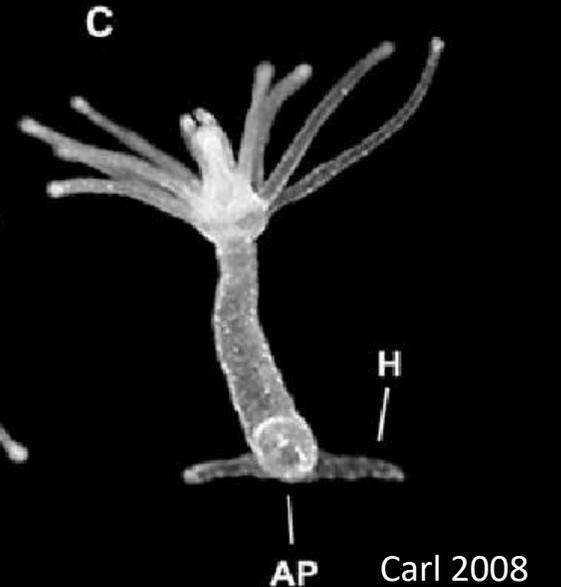
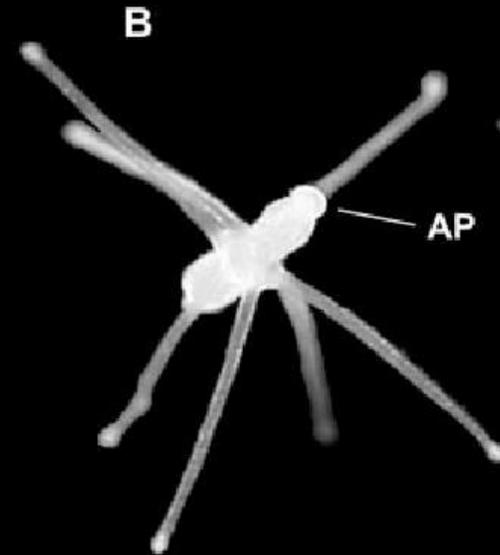
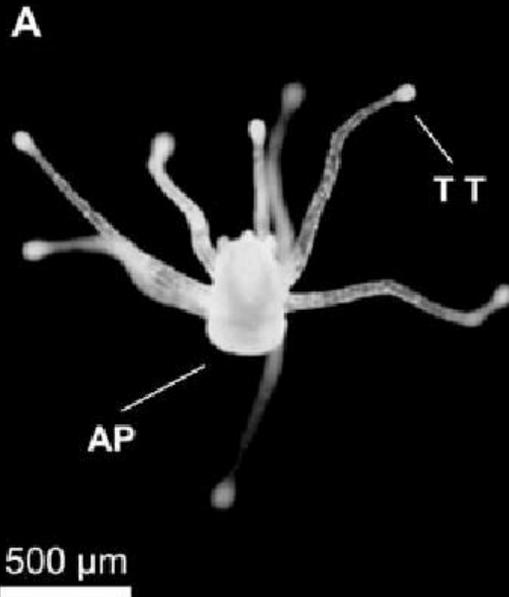
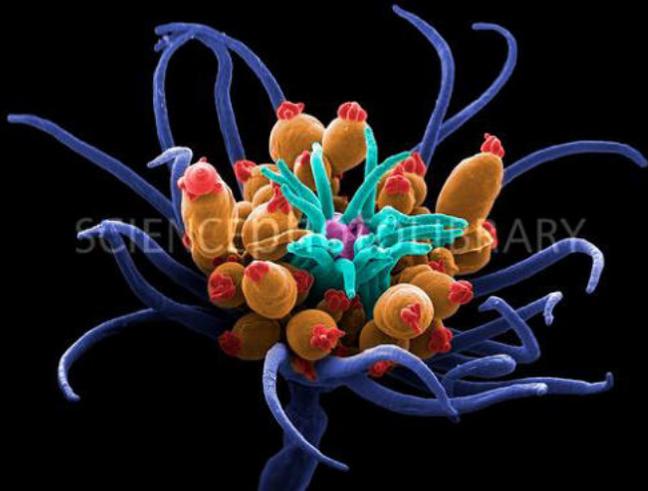




raven.zoology.washington.edu

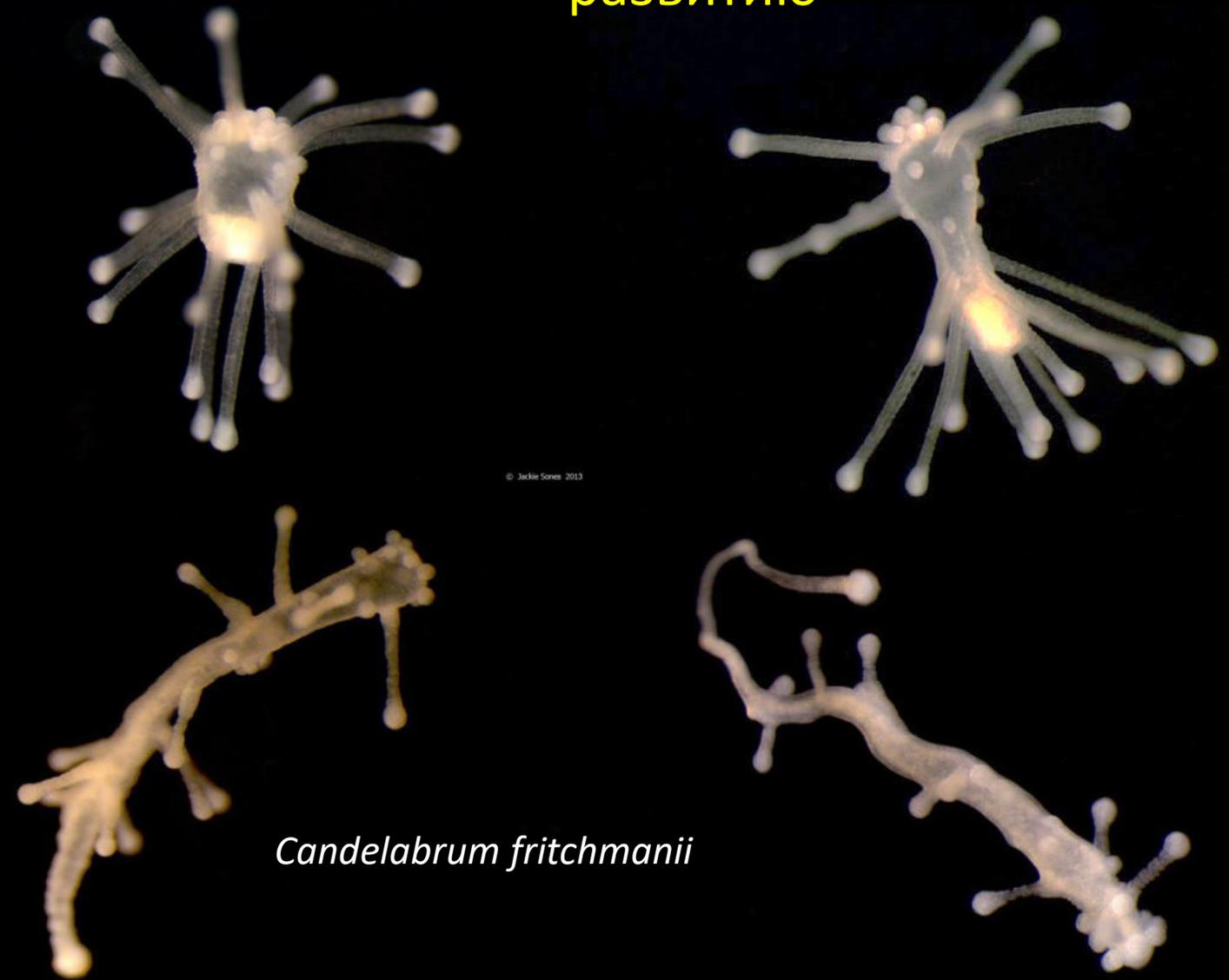
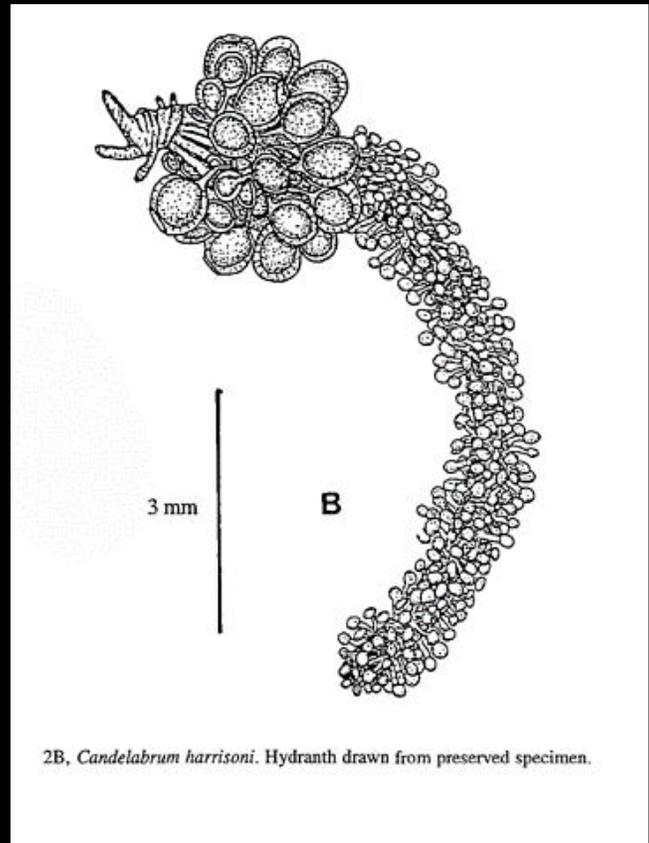
переход к прямому
развитию

личинка-актинула
Ectopleura



переход к прямому
развитию

ЛИЧИНКА *Candelabrum*



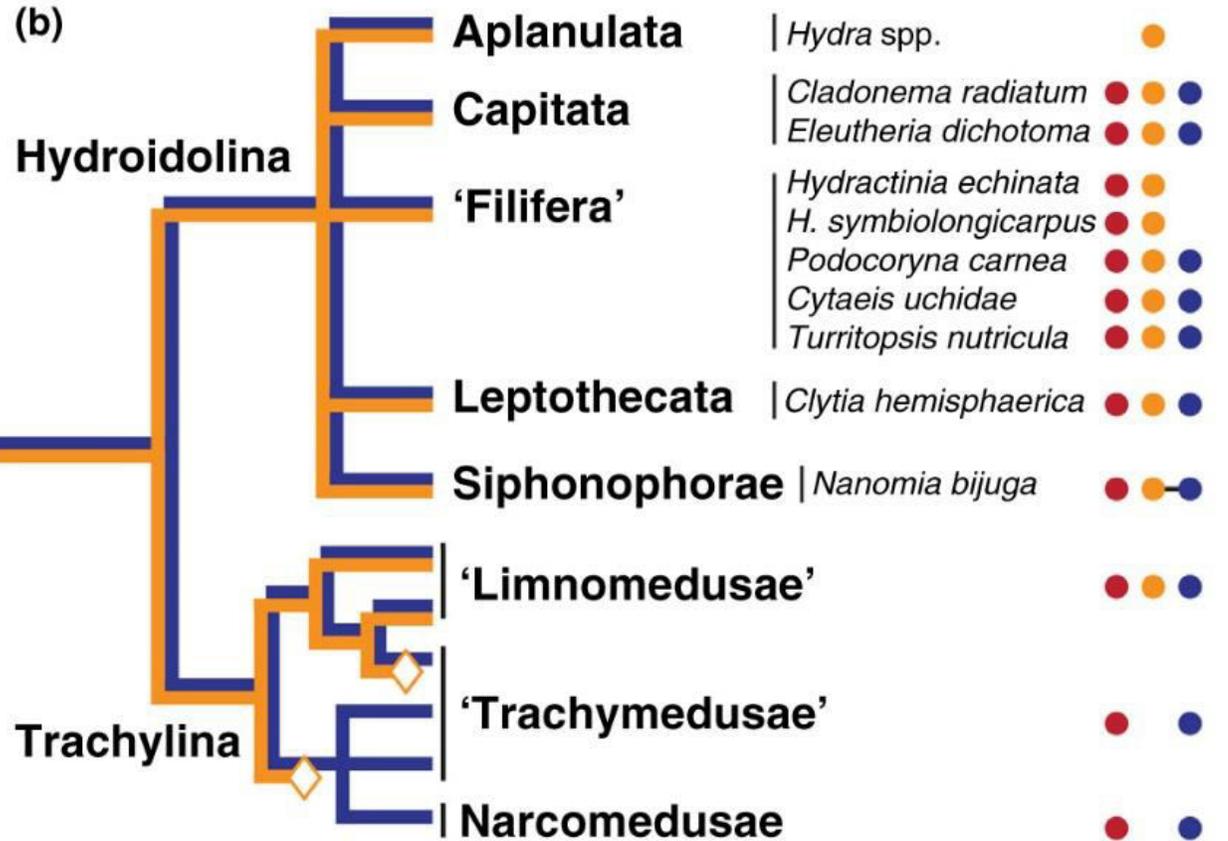
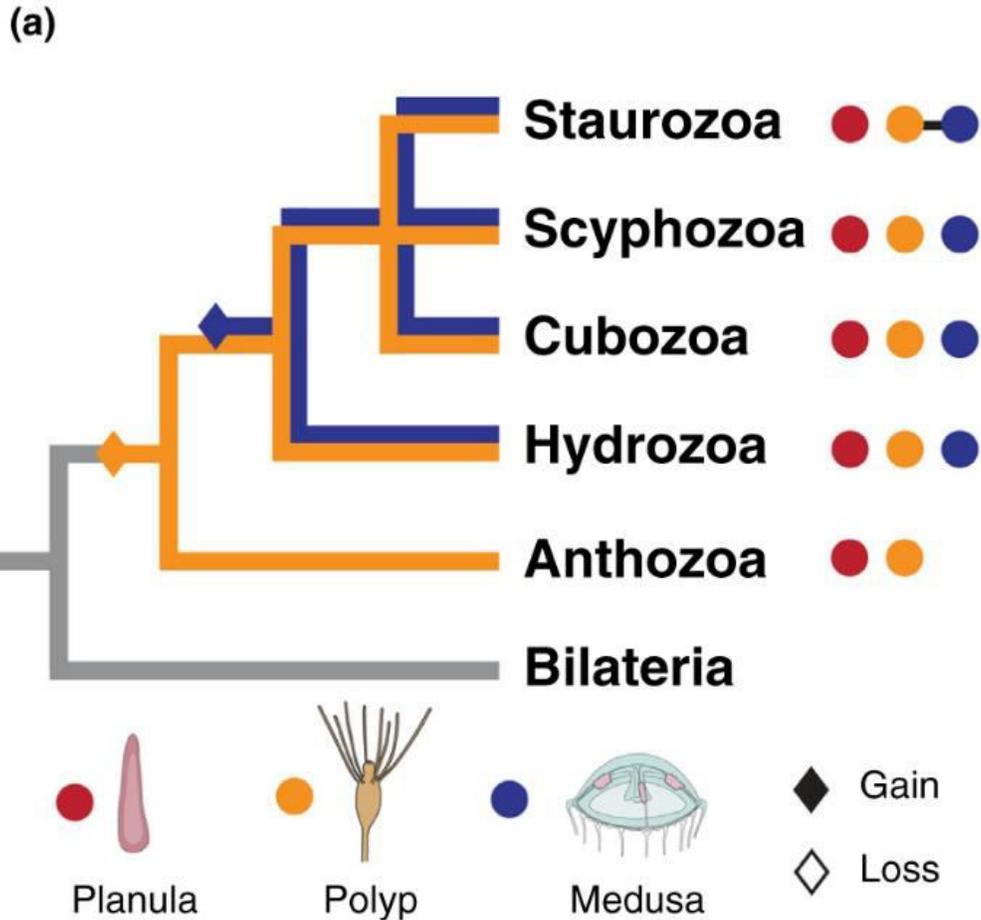
Candelabrum fritchmanii

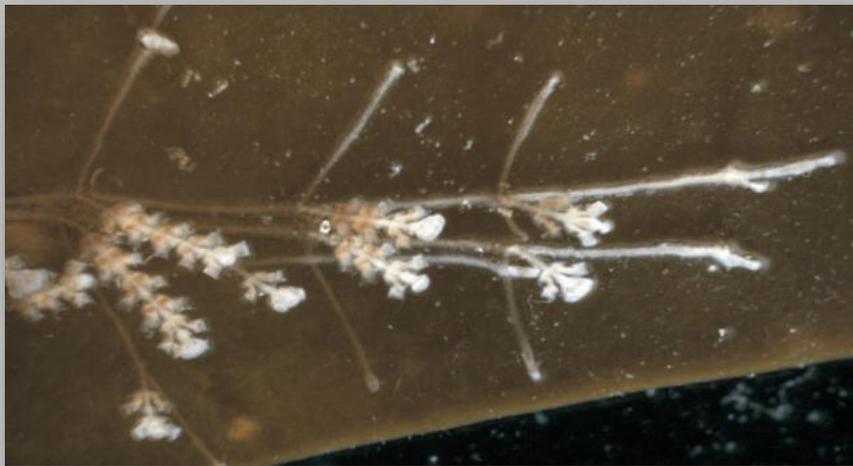
Hydrozoan insights in animal development and evolution

Lucas Leclère, Richard R Copley, Tsuyoshi Momose and Evelyn Houliston

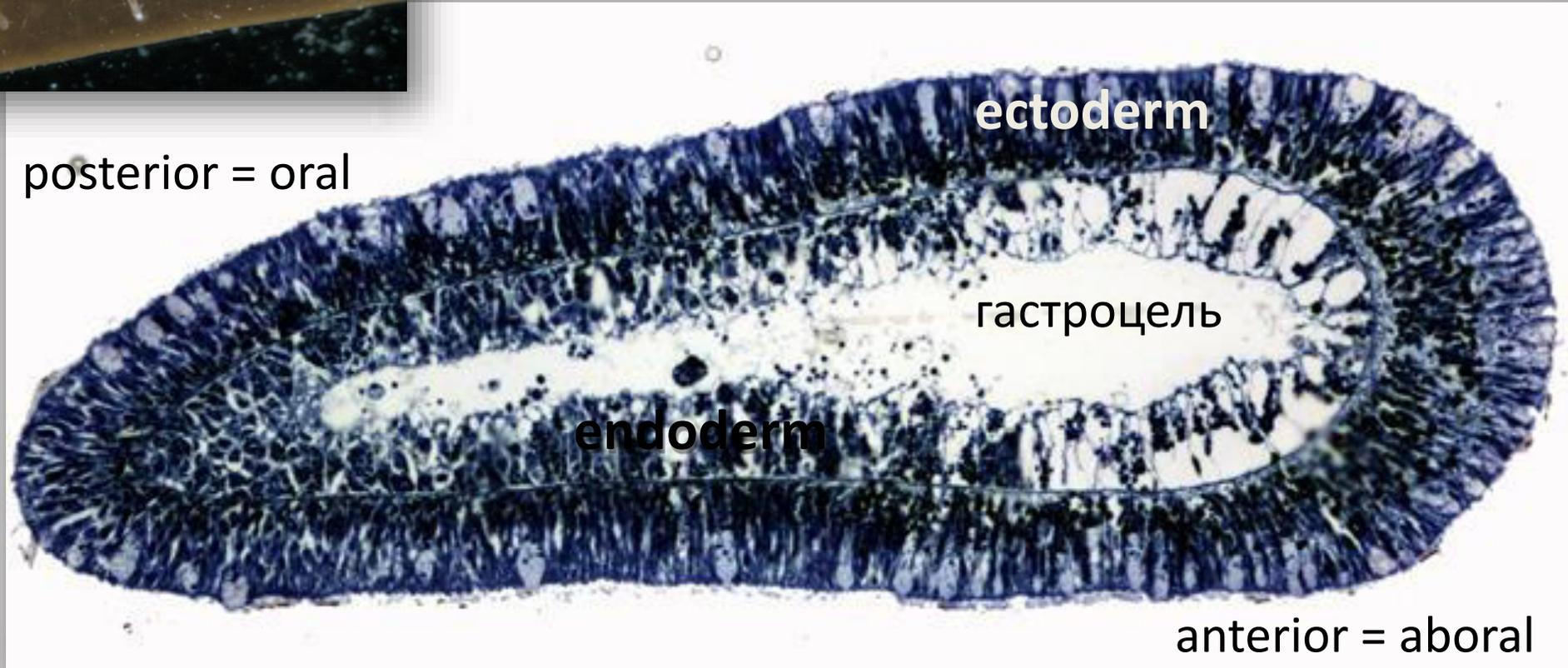


Hydrozoa





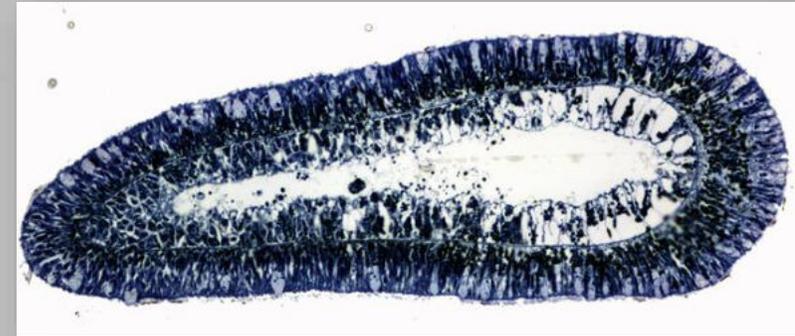
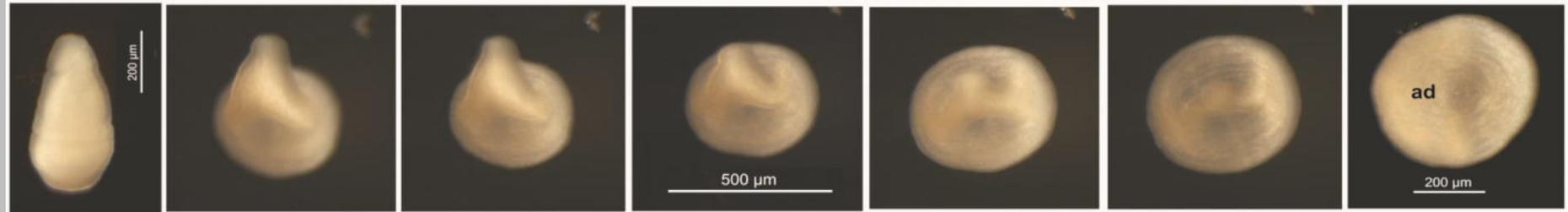
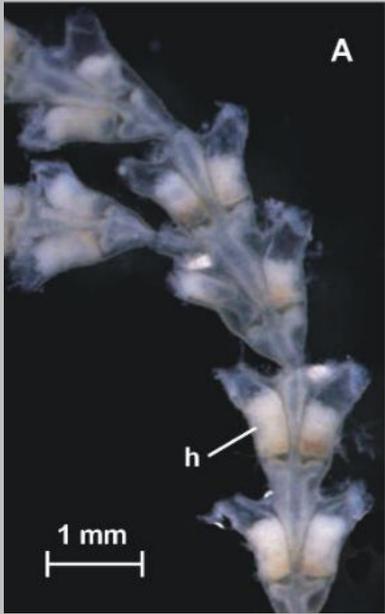
"Типичная" личинка-планула книдарий.



планула *Dynamena pumila* (Hydrozoa)

S. Pyataeva

Оседание личинки и метаморфоз *Dynamena pumila*

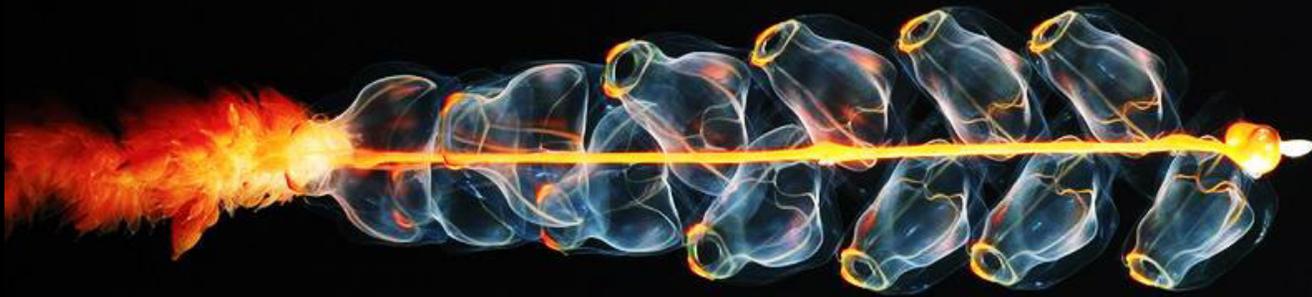


Для колонии *Dynamena* характерна сложная архитектура. В ходе метаморфоза планула превращается сразу в первый модуль колонии, а не в первичный полип.

эволюционный переход к голопелагическому жизненному циклу



Siphonophora - сложные колонии, состоящие из зооидов-полипов и зооидов-медуз + голопелагический жизненный цикл



LE DÉVELOPPEMENT LARVAIRE DE *LILYOPSIS ROSEA*
(Chun, 1885)
SIPHONOPHORE CALYCOPHORE, PRAYIDAE

par

Claude et Danièle Carré

Station zoologique, Faculté des Sciences de Paris, 06 - Villefranche-sur-Mer.

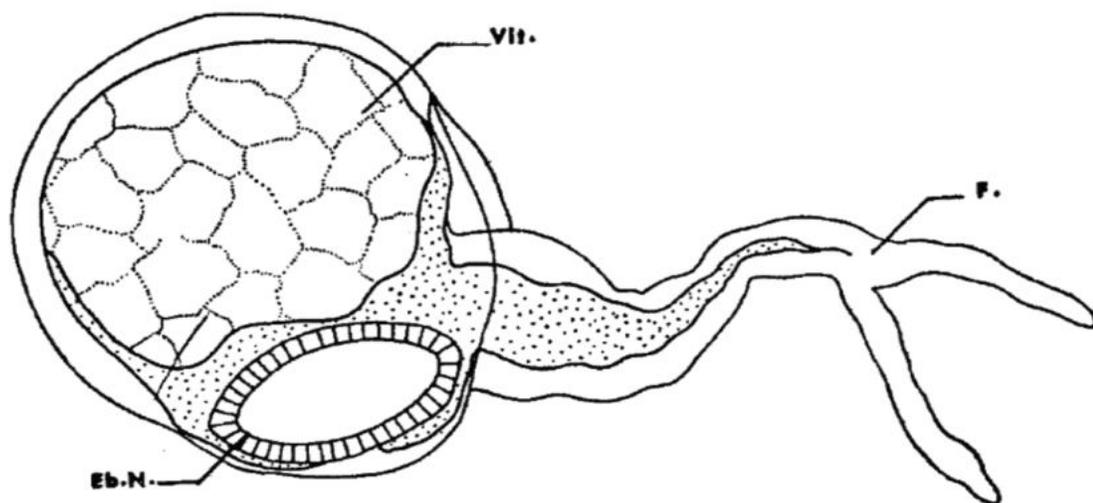


FIG. 1

Larve calyconula âgée de trois jours.

Eb.N. : ébauche du nectophore larvaire ; F. : filament larvaire ; Vit. : vitellus.

личинки сифонофор даже не называют планулами....

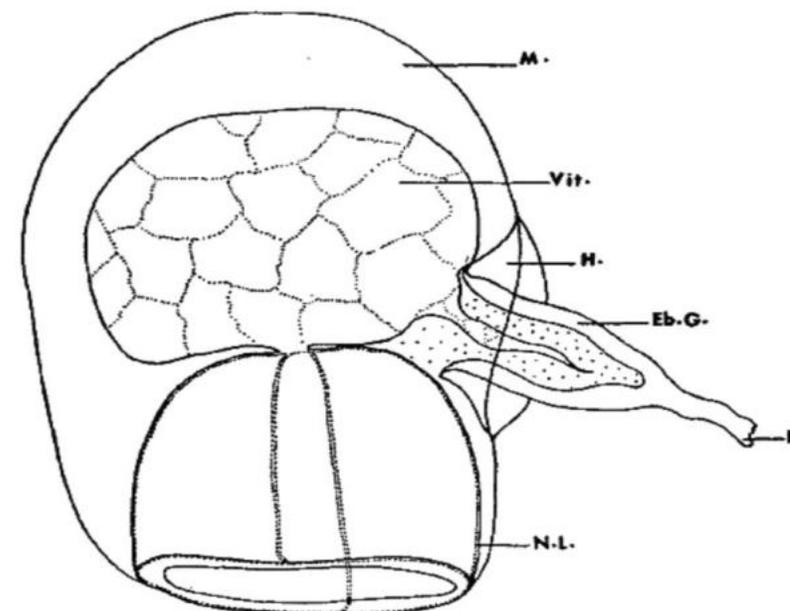
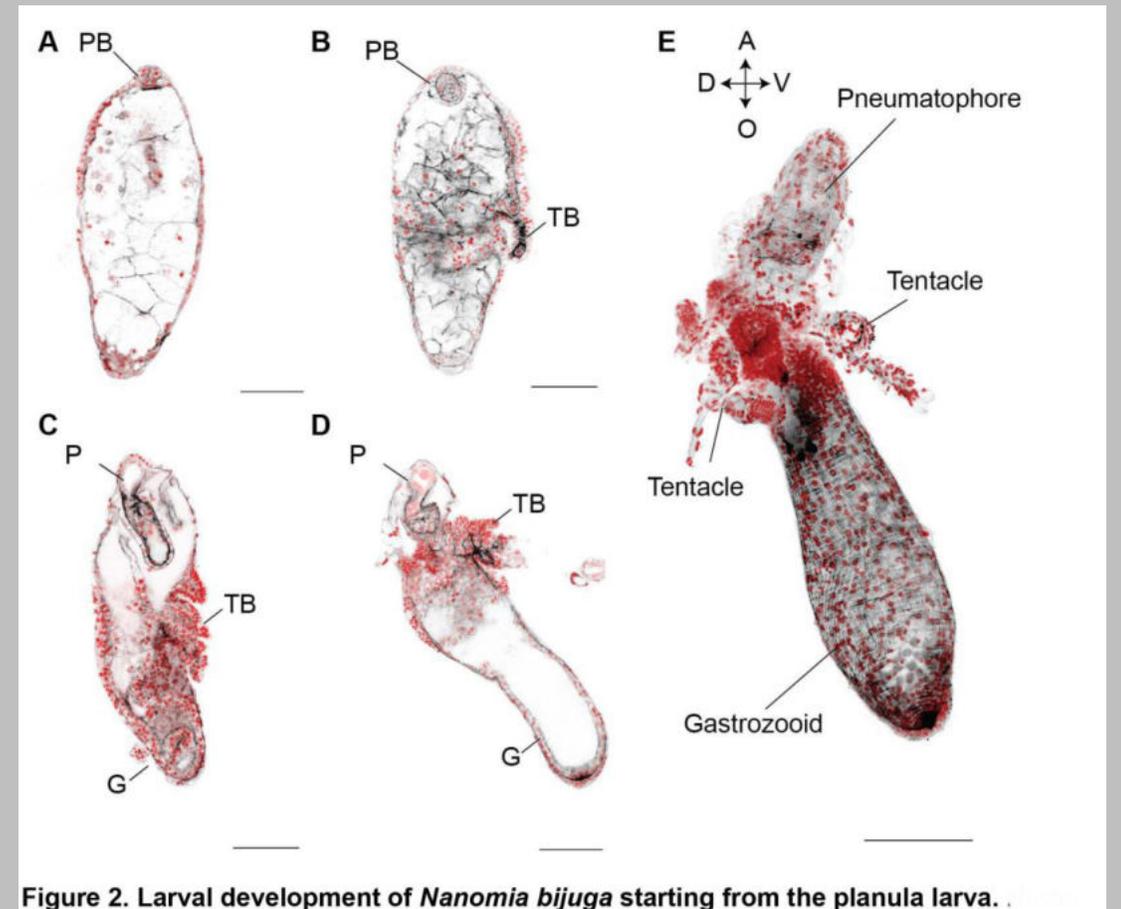
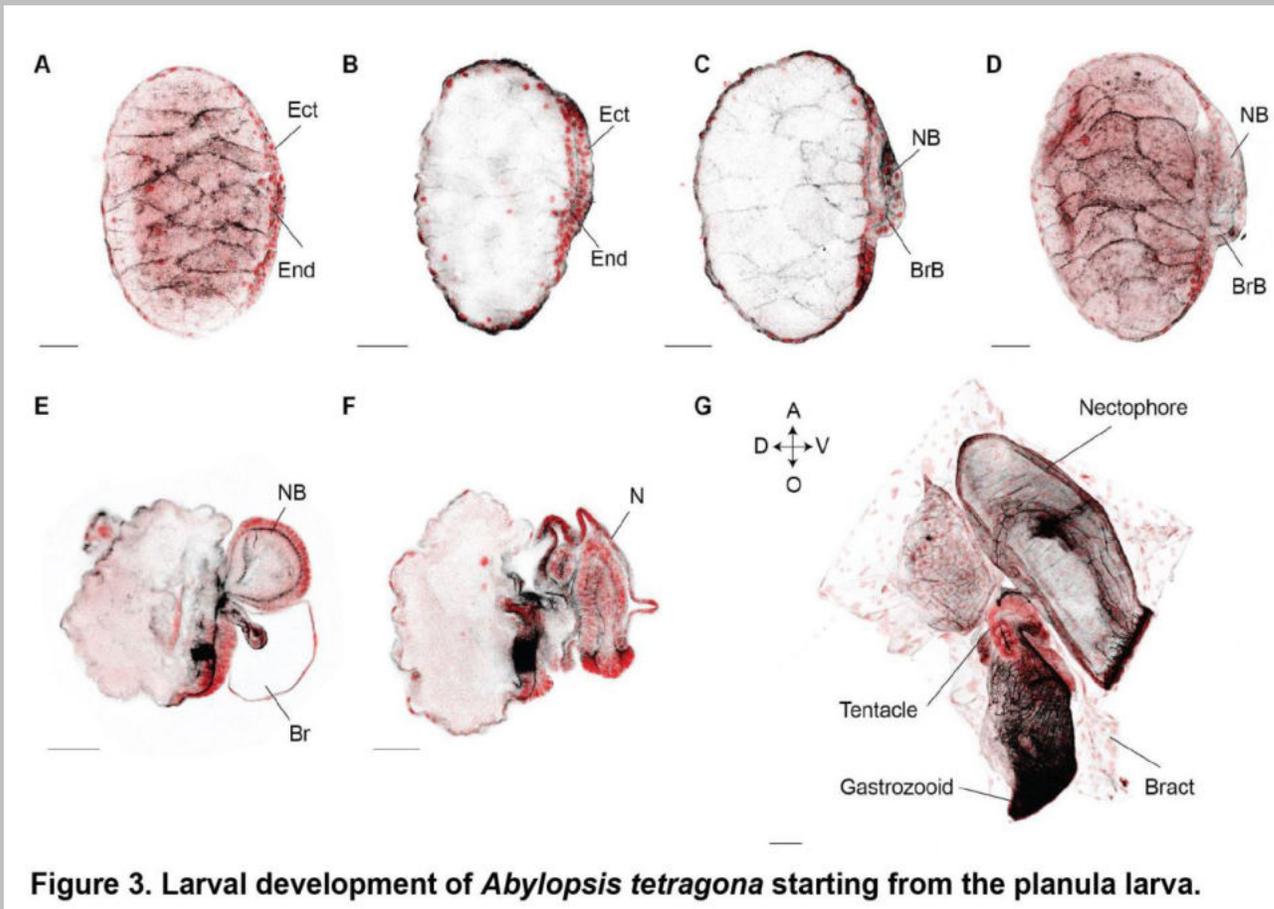


FIG. 2

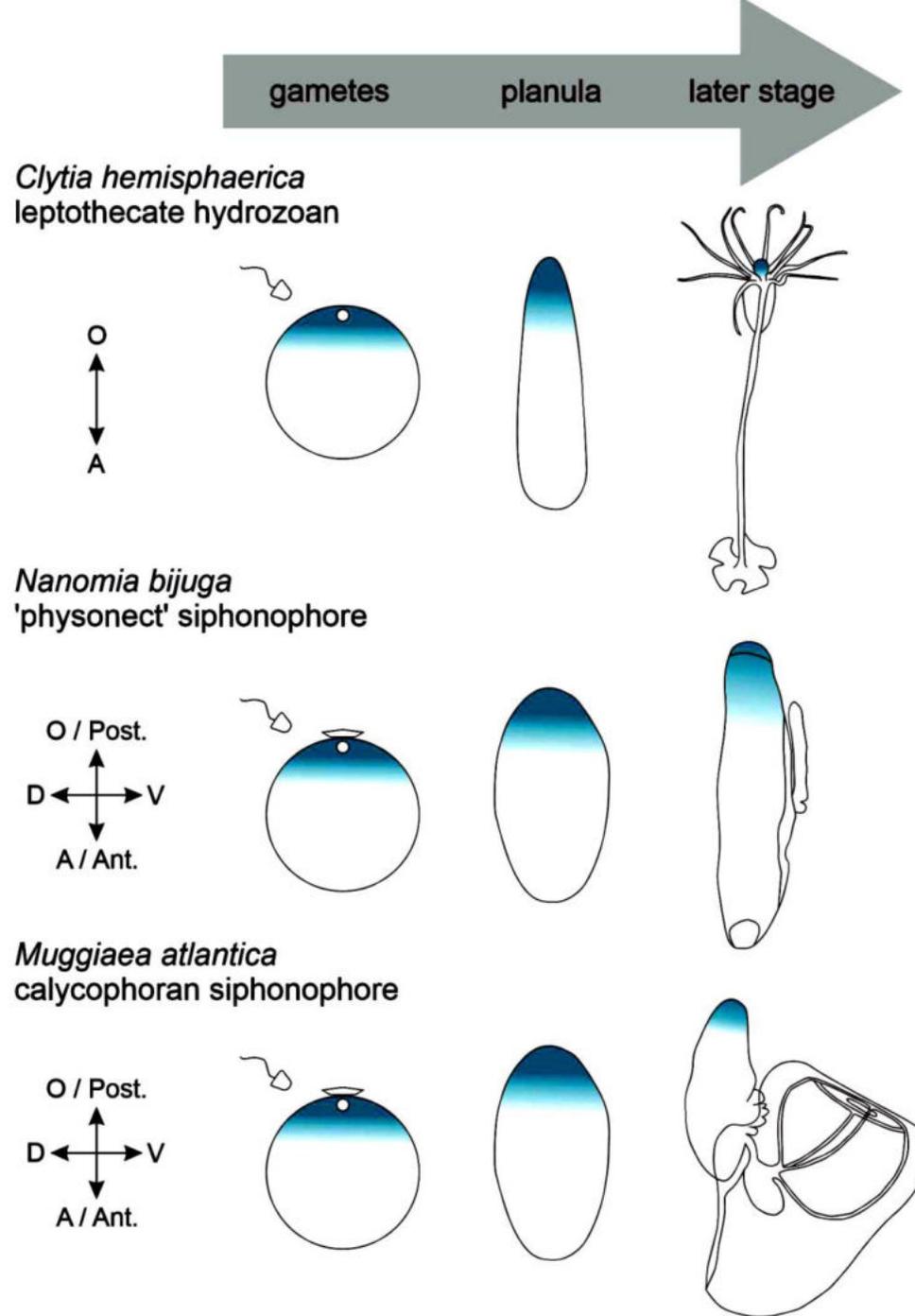
Larve calyconula âgée de cinq jours.

Eb.G. : ébauche du gastrozoïde primaire ; F. : filament larvaire ; H. : hydrocèle ;
M. : mésogée ; N. L. : nectophore larvaire ; Vit. : vitellus.

развитие двух видов сифонофор



сопоставление
развития
сифонофор и
развития гидроида с
“ТИПИЧНЫМ”
ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ

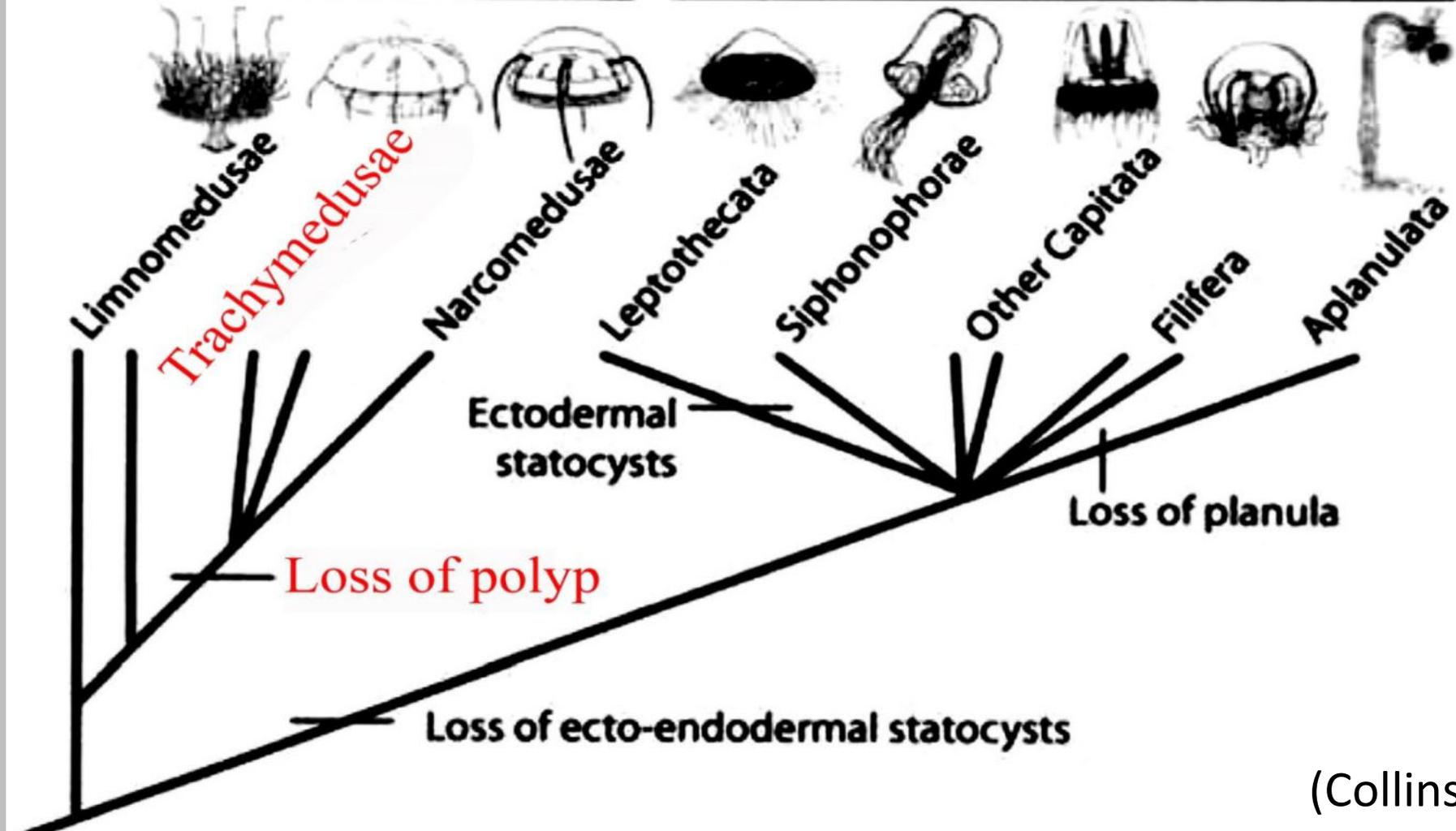


Medusozoa

Class: Hydrozoa

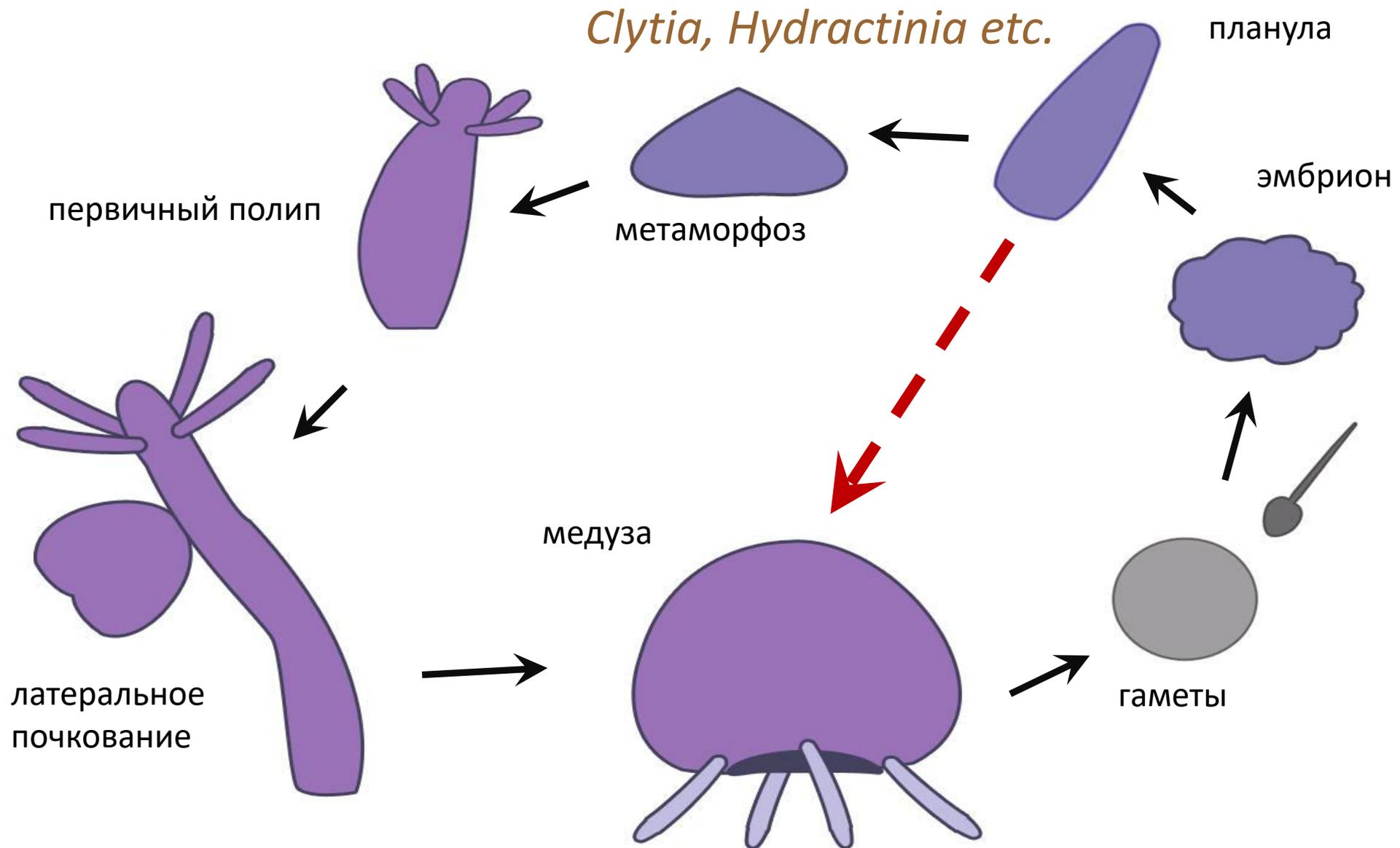
Subclass: **Trachylina**

Subclass: **Hydroidolina**



(Collins et al., 2006)

Эволюция жизненного цикла трахилин.

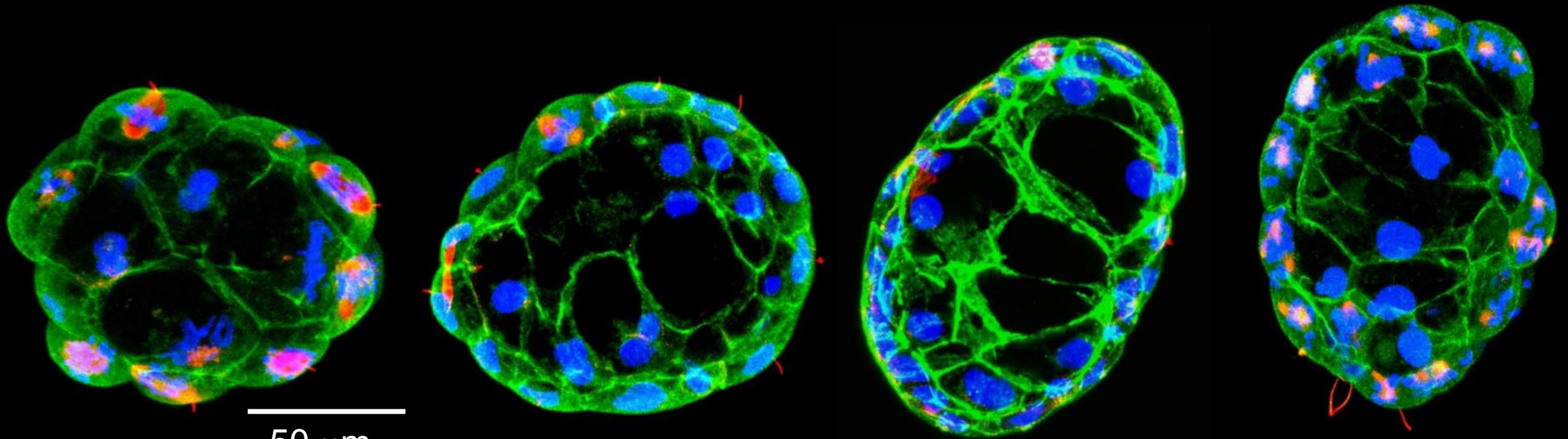


беломорская голопелагическая медуза *Aglantha digitale*

ЭВОЛЮЦИОННЫЙ
переход к
голопелагическому
жизненному циклу

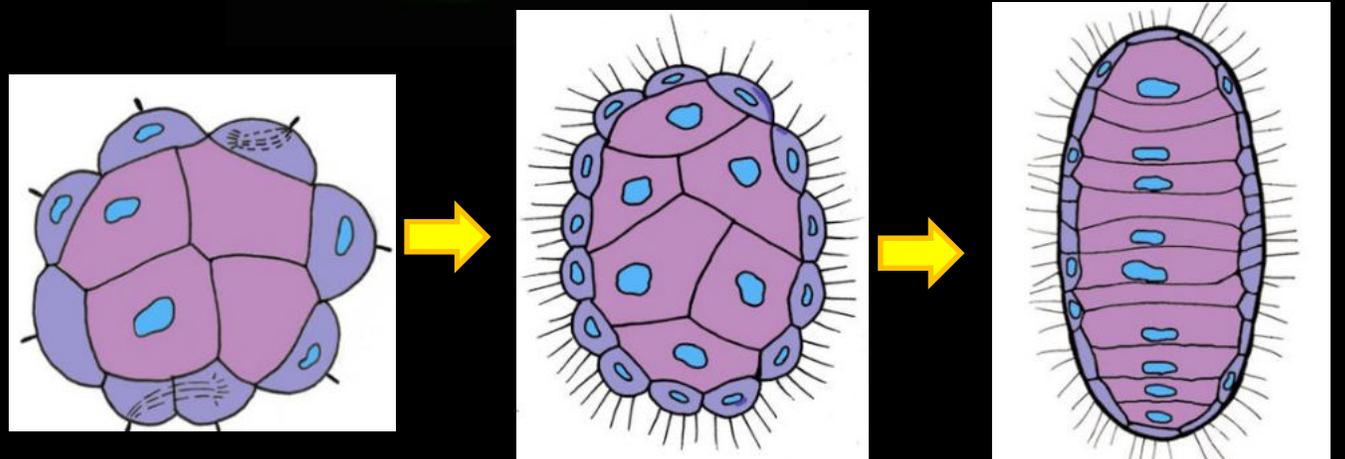


Переход от стадии гастролы к стадии планулы.



50 μm

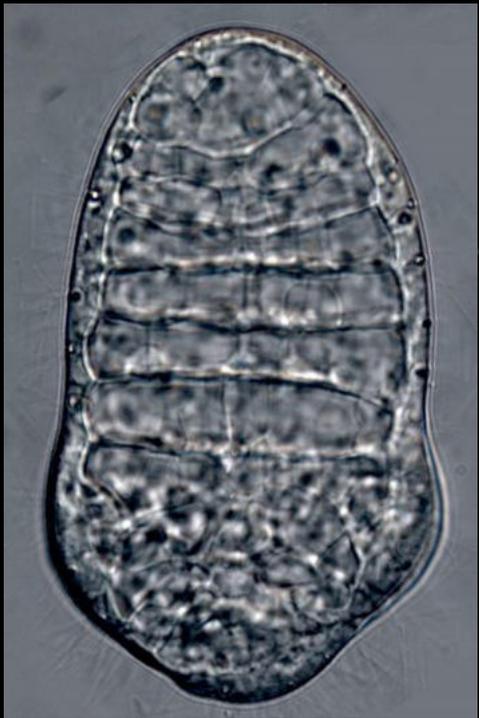
Изменение формы эмбриона -
удлинение оси - за счёт
пересортировки клеток.



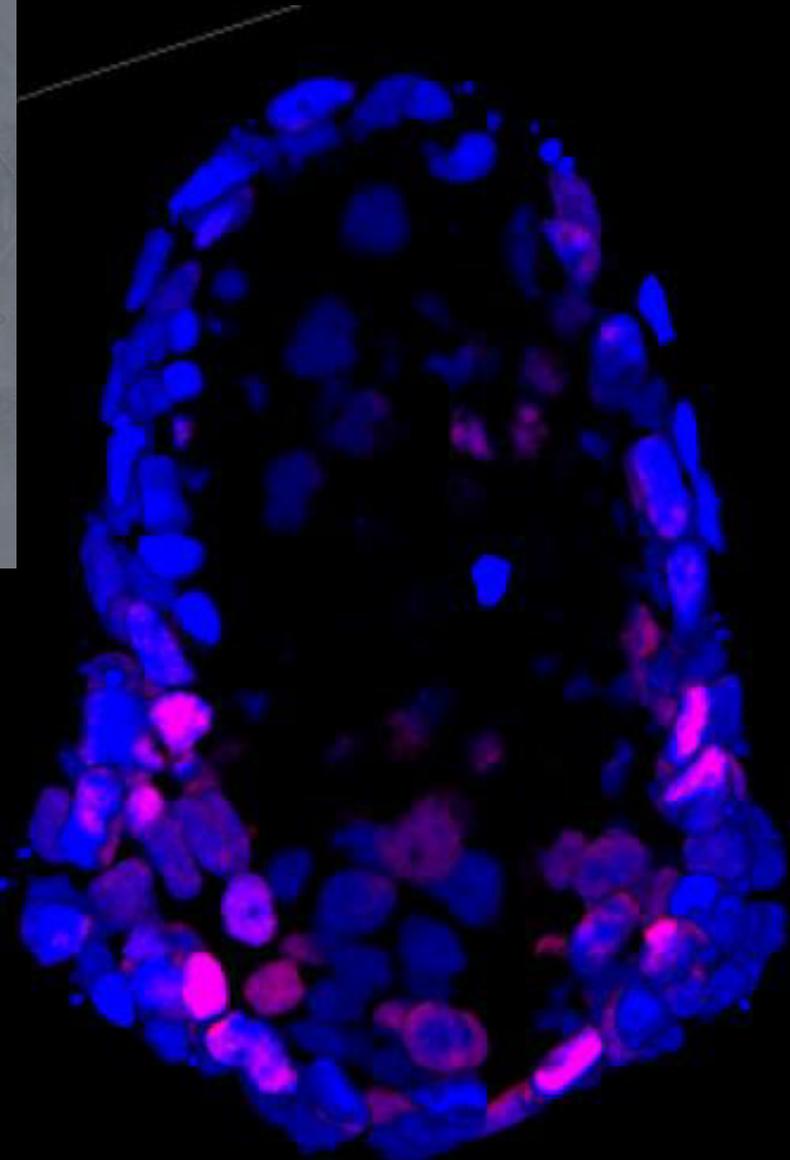
Как сформировать медузу из планулы *Aglantha* ?



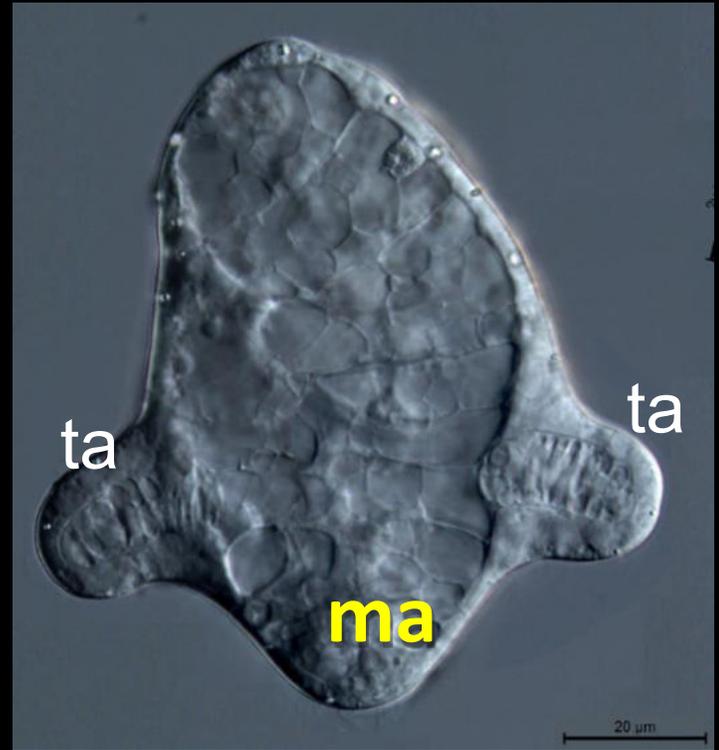
У *Aglantha* эндодерма состоит всего из 15 крупных клеток. Это накладывает серьезные ограничения на доступность морфогенов.



личинка - ракета

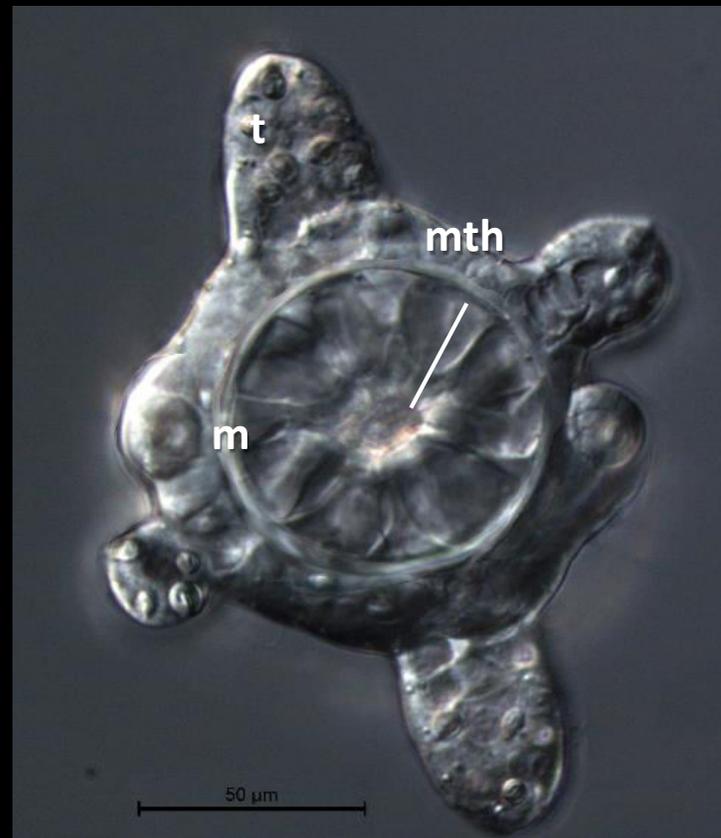
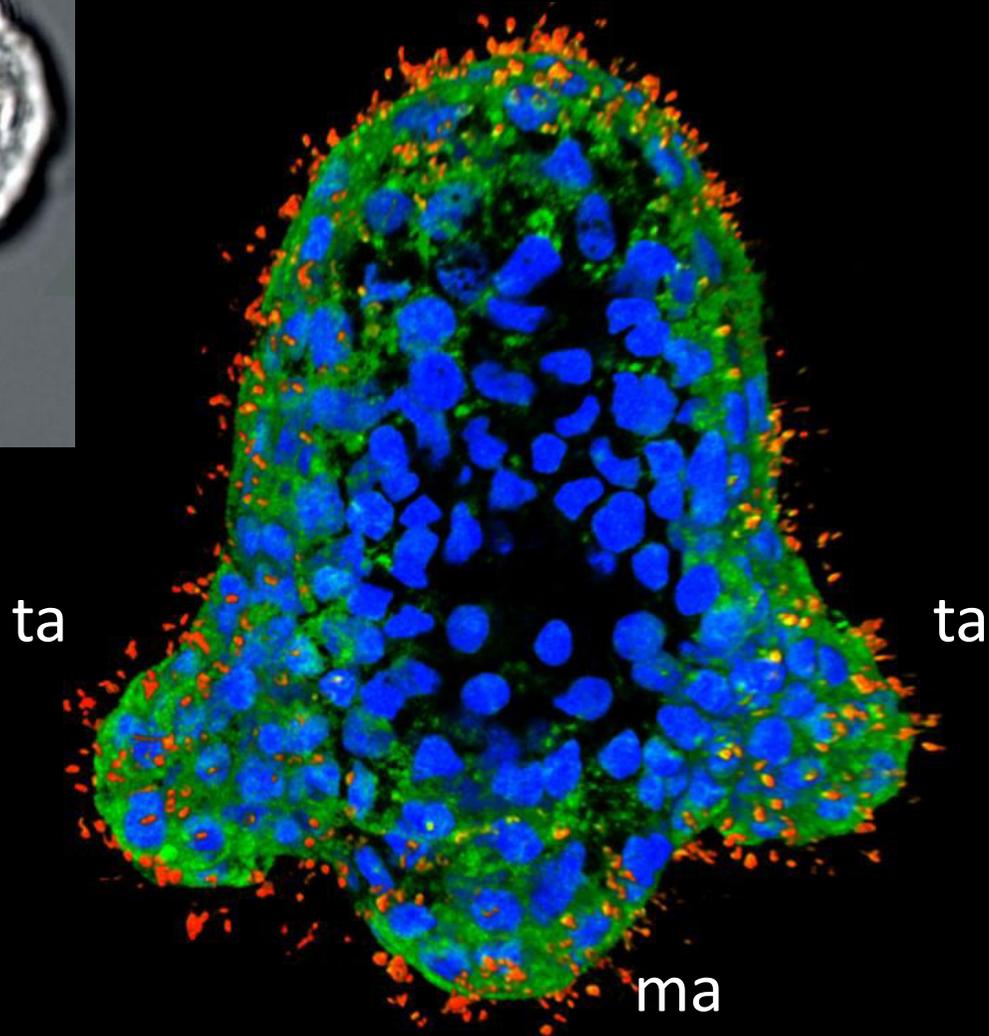
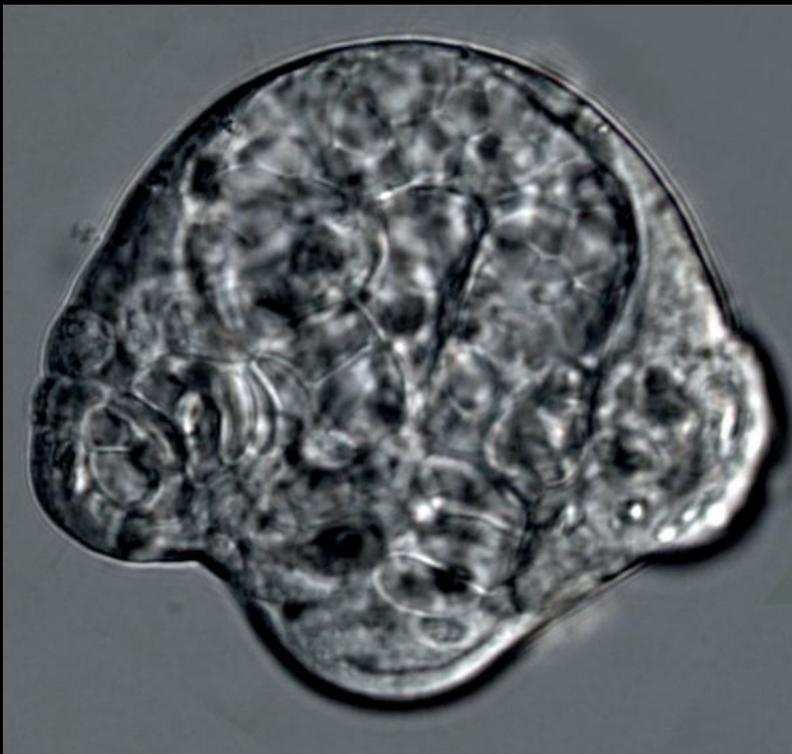


пролиферация клеток
в оральном регионе



EdU labeling, 1h
of incubation;
EdU labeled
nuclei DAPI

личинка-ракета
трансформируется в
актинулоидную личинку



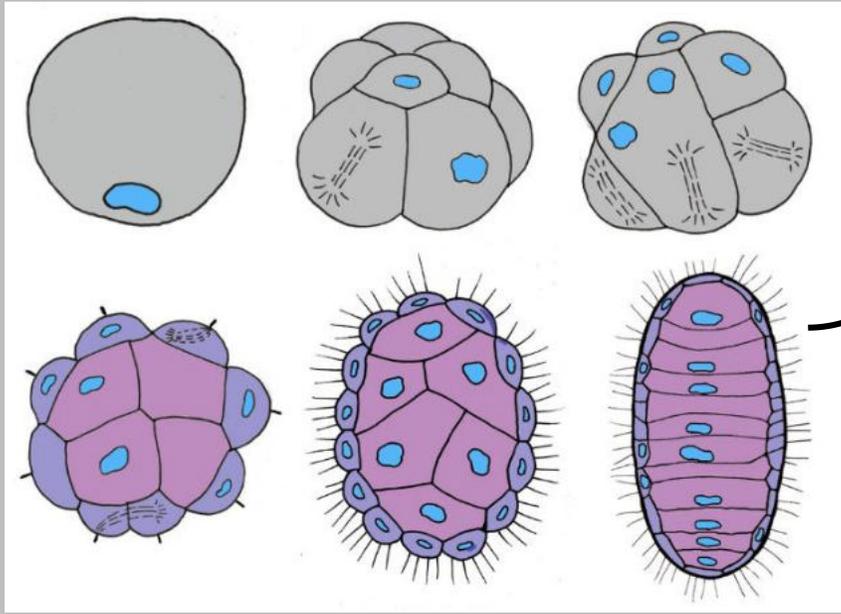
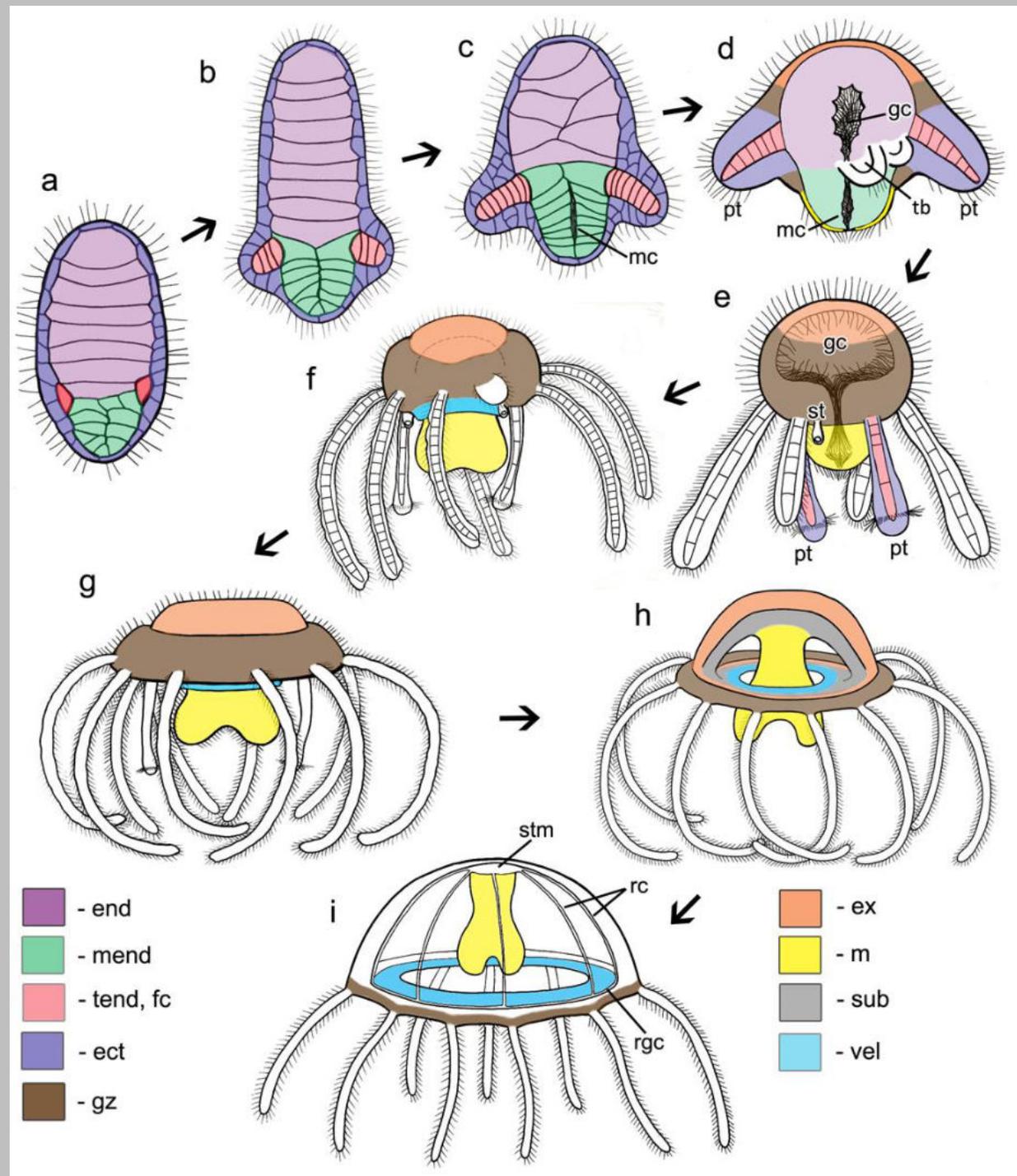
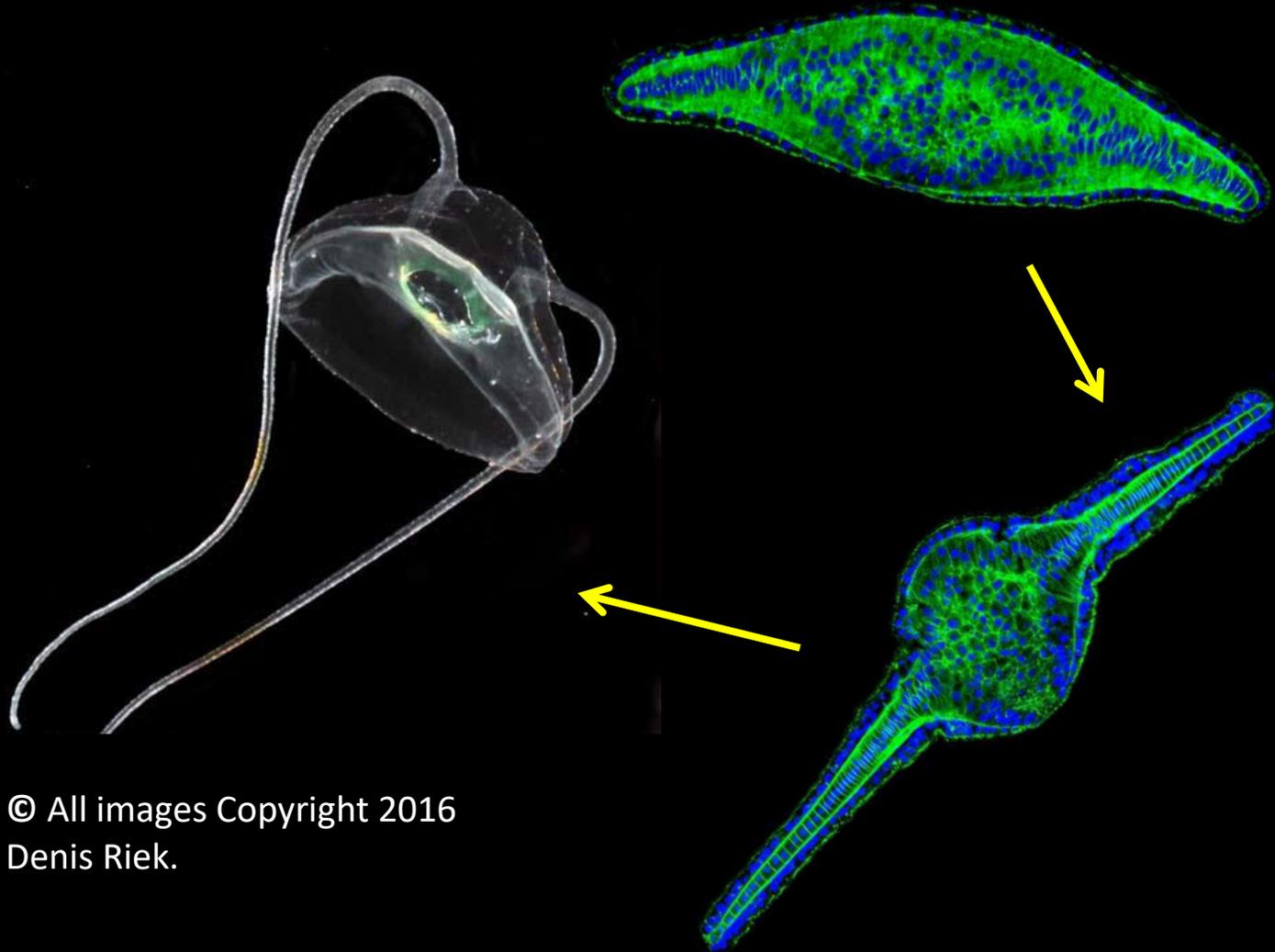


Схема эмбрионального и личиночного развития *Aglantha*.



Переход к голопелагическому жизненному циклу

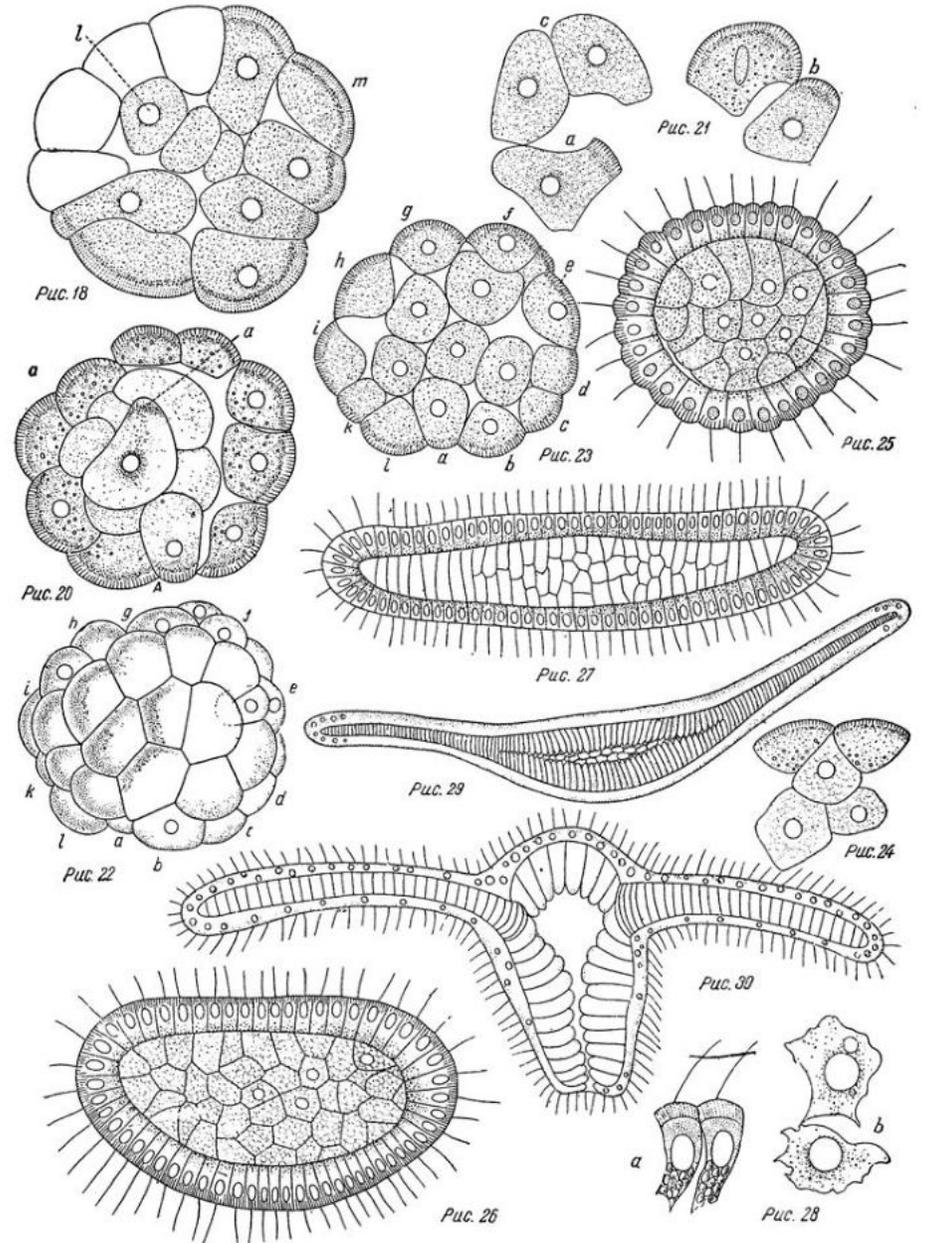
Solmundella bitentaculata



© All images Copyright 2016
Denis Riek.

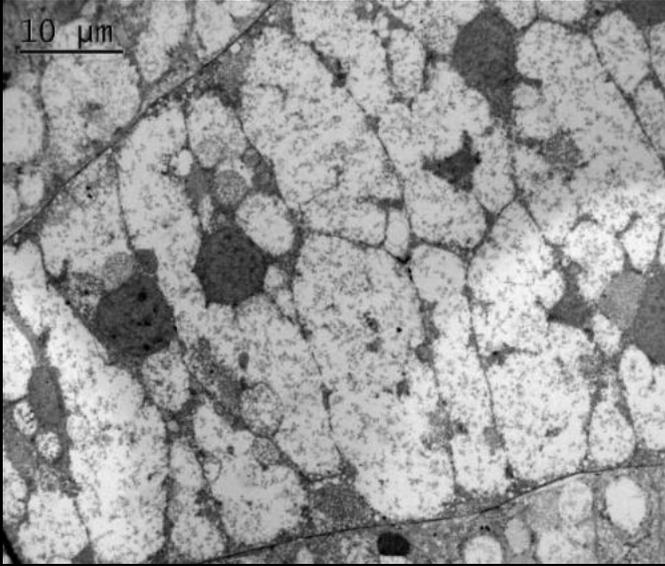
Metchnikoff, 1886

ТАБЛИЦА IX (продолжение)

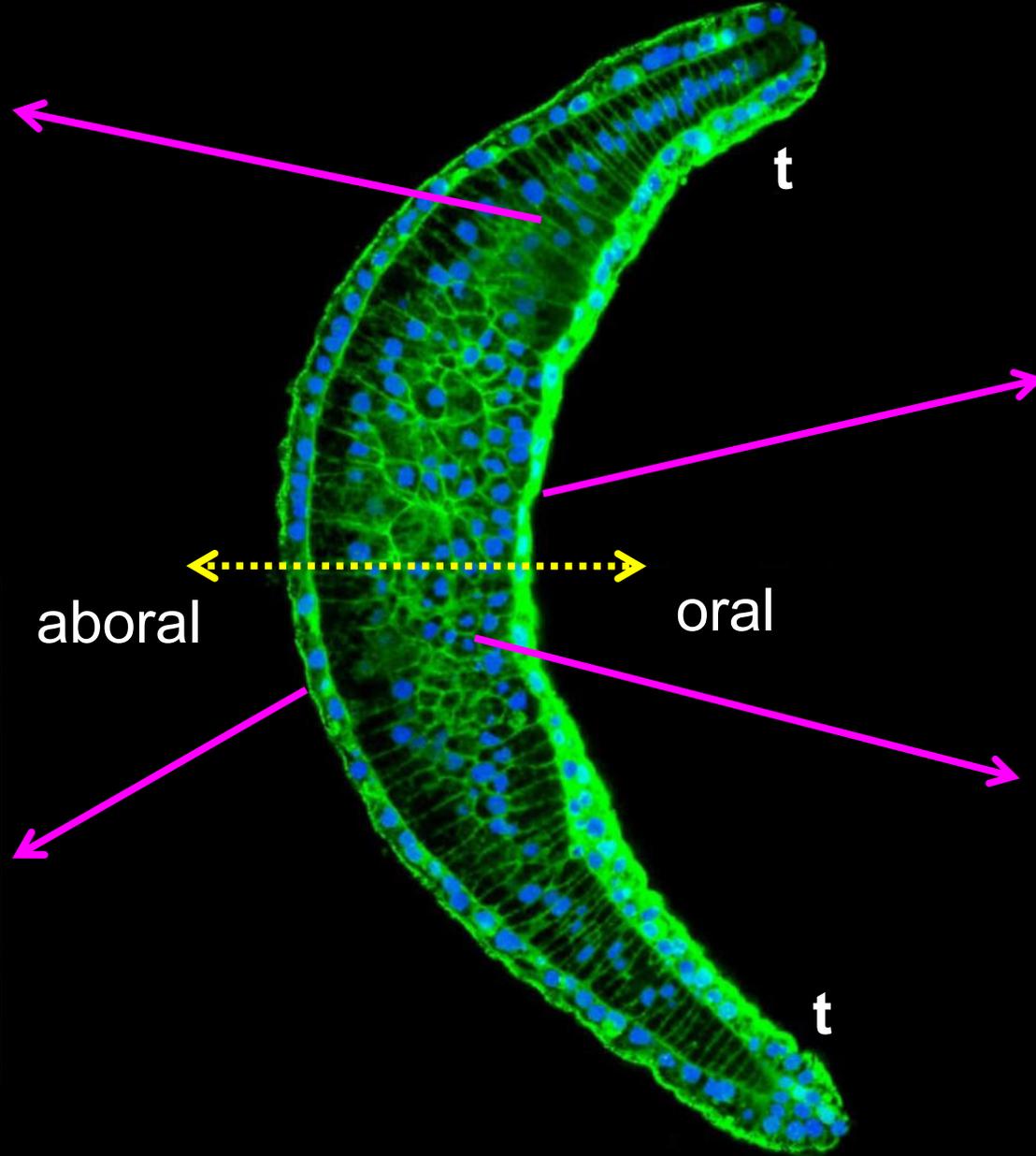
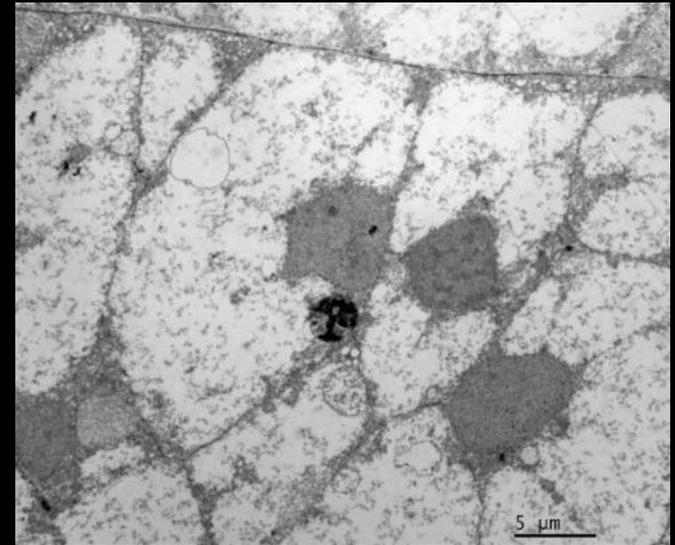
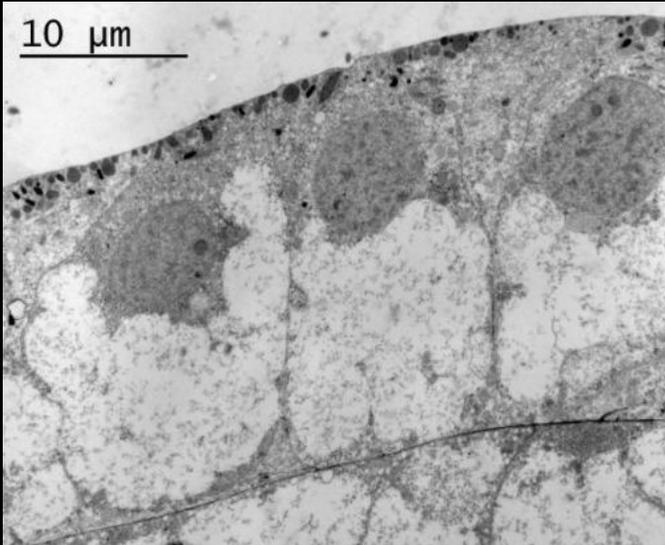
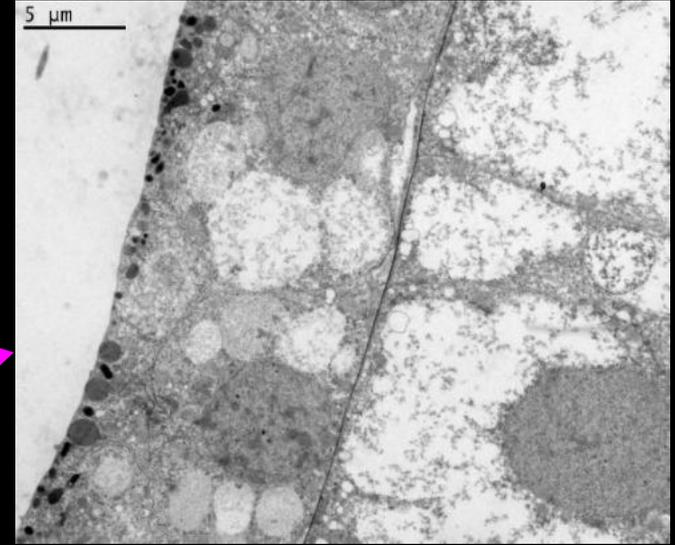


"Личинка - бумеранг"

эндодерма щупалец

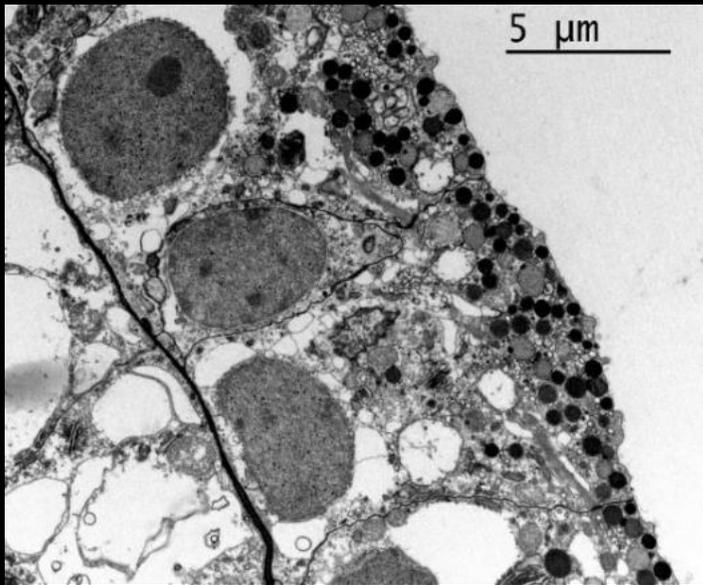


оральная эктодерма

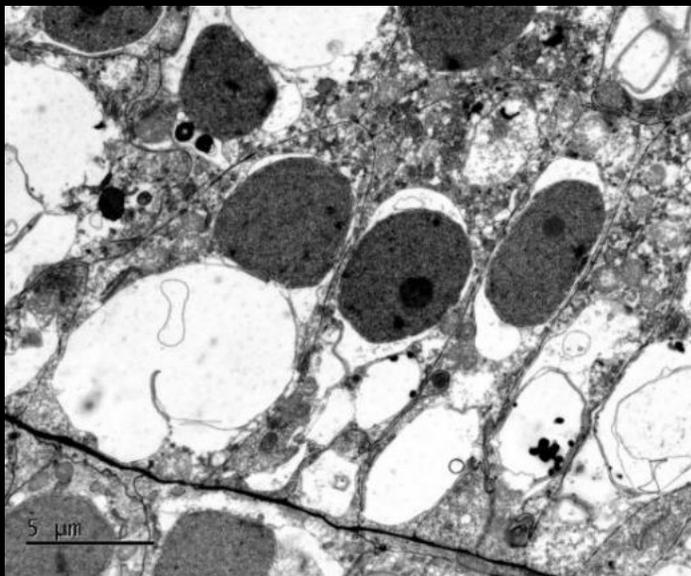


аборальная эктодерма

оральная эндодерма

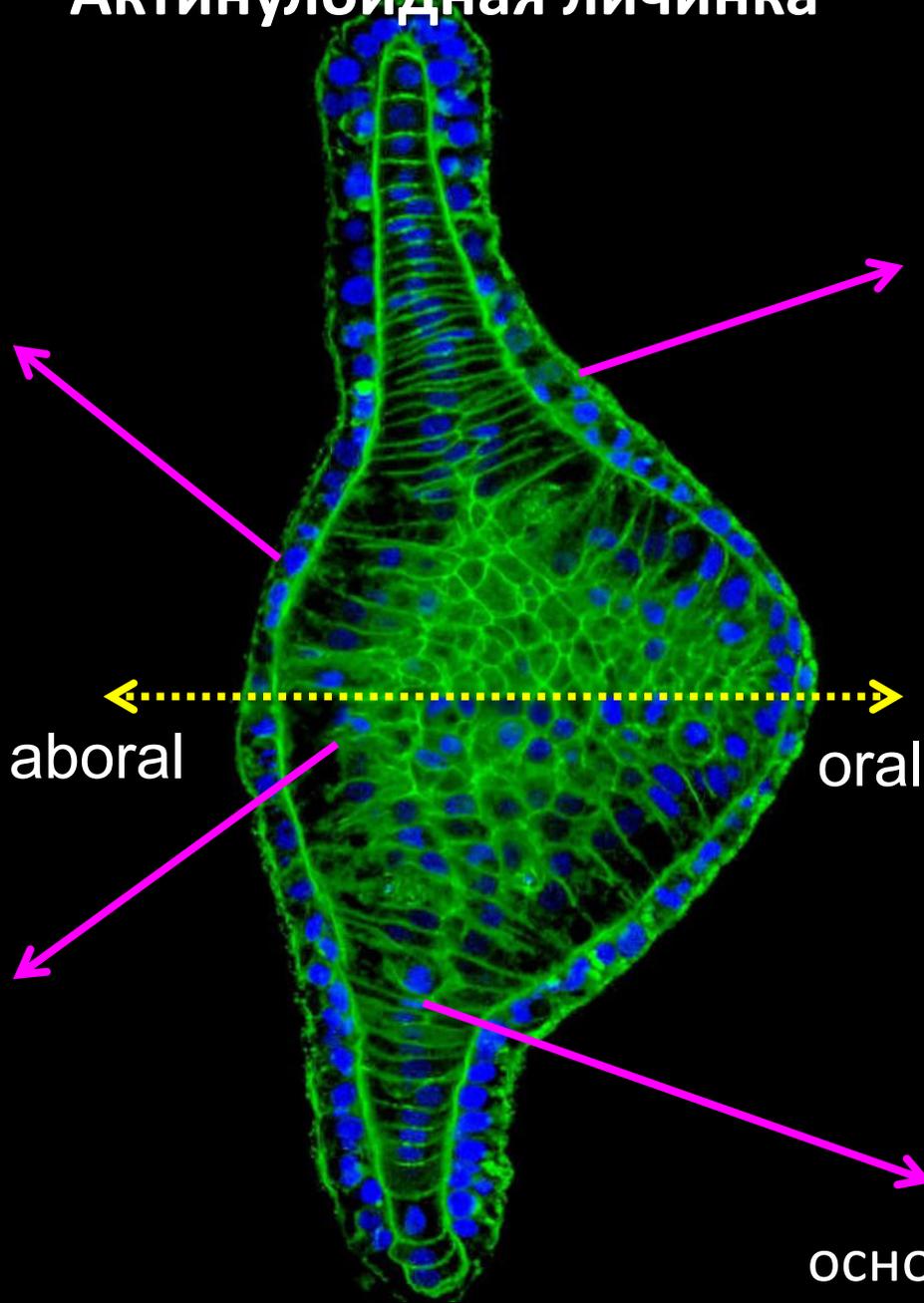


аборальная эктодерма

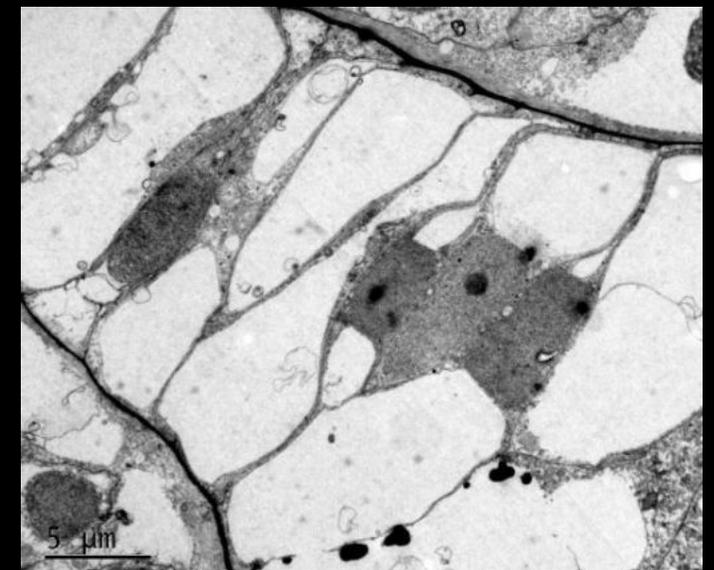


аборальная эндодерма

Актинулоидная личинка

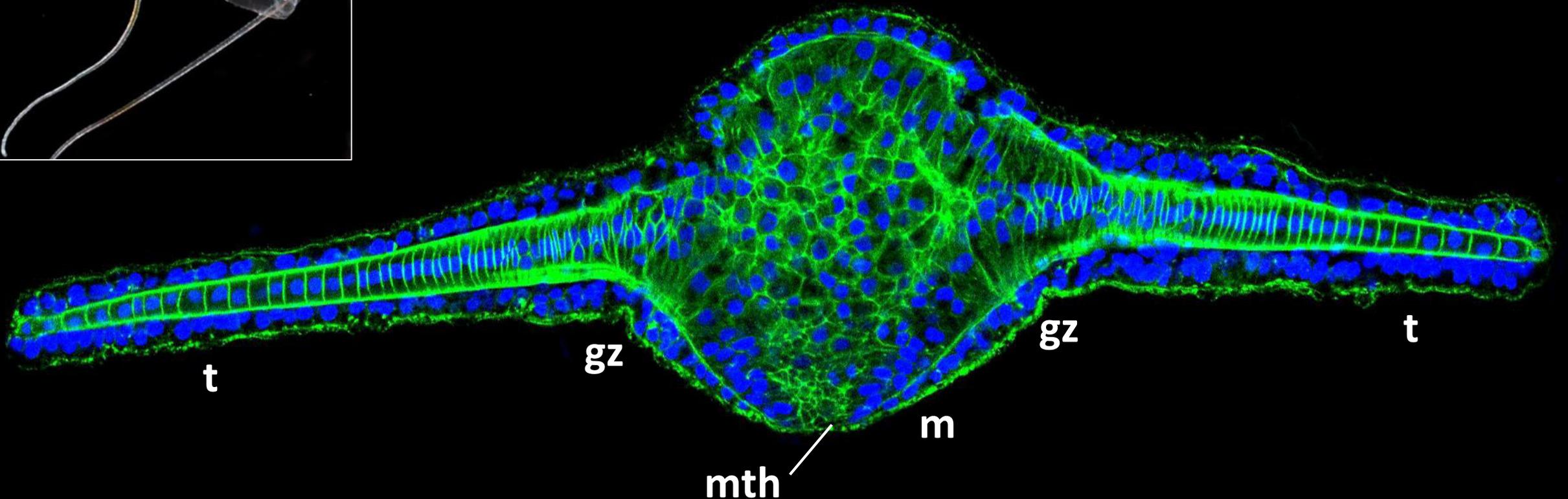


щупальцевая зона роста

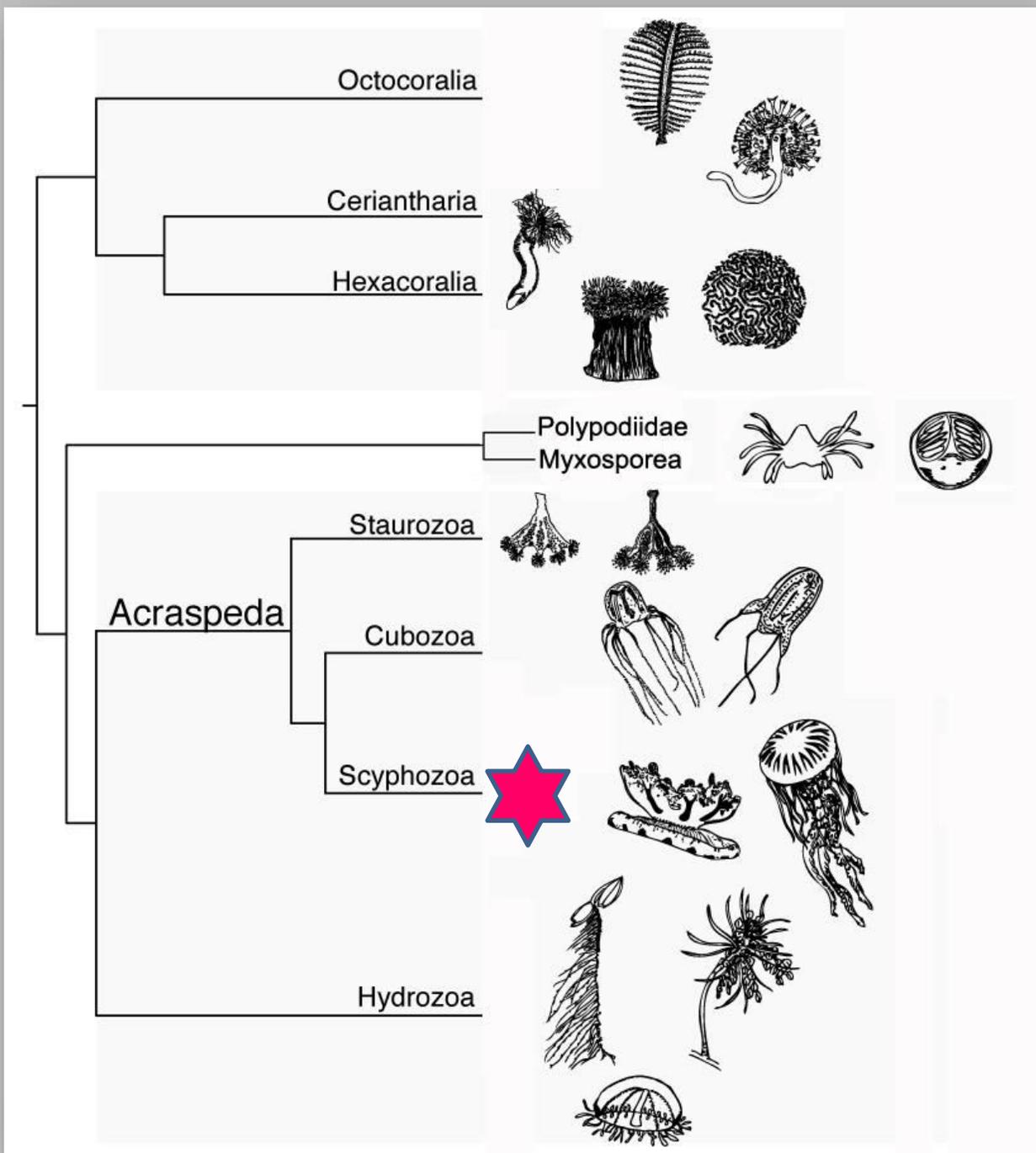


основание щупальца (эндодерма)

Дальнейшее развитие актинолоидной личинки, формирование колокола медузы.



gz - growth zone, m - manubrium, mth - mouth, t - tentacle.



(Kayal et al., 2017)

Aurelia aurita



by Alexandr Semyonov

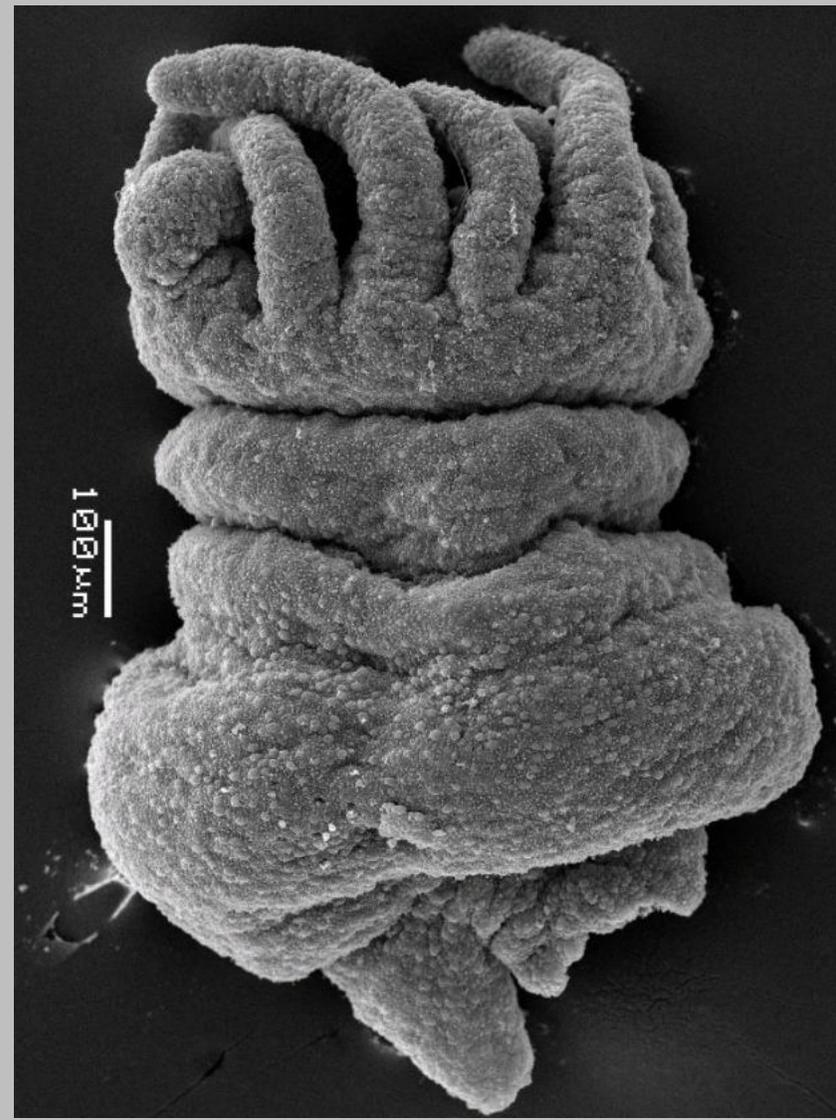
Стробиляция полипа *Aurelia*

(by Alyona Sukhoputova)

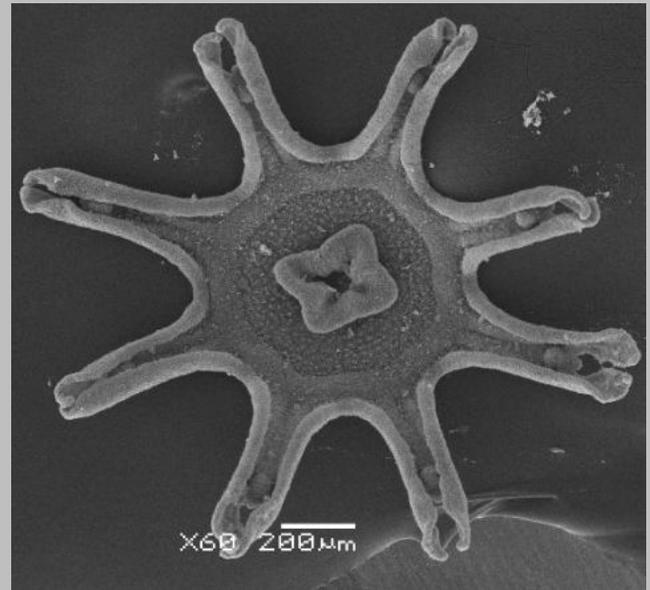
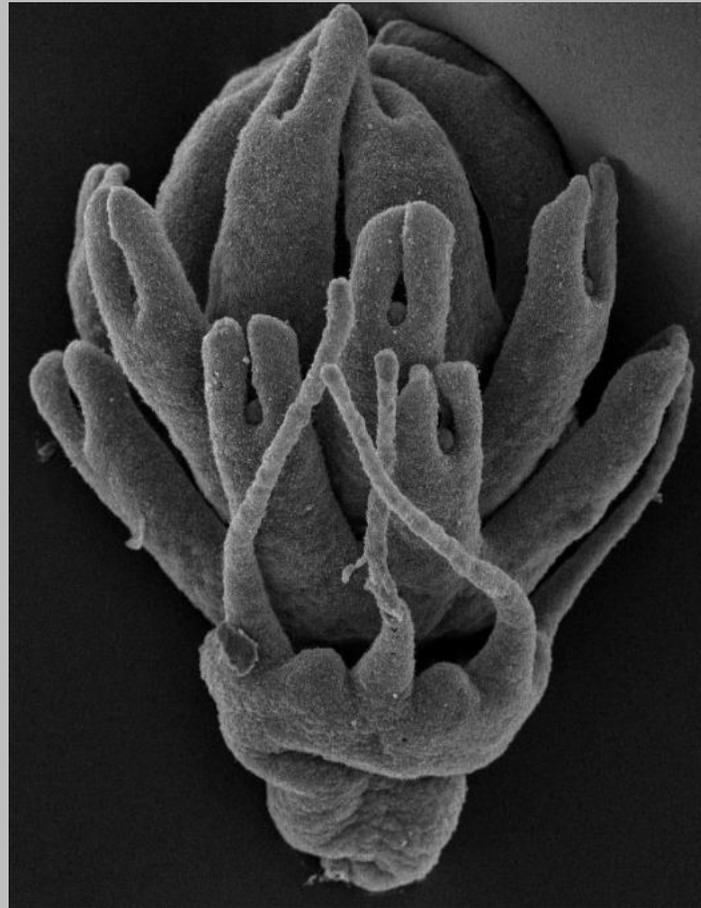
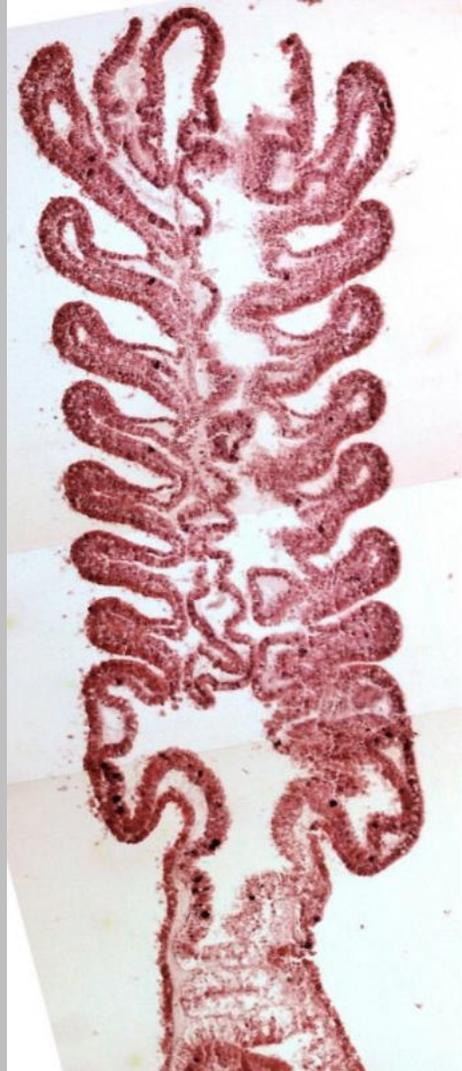
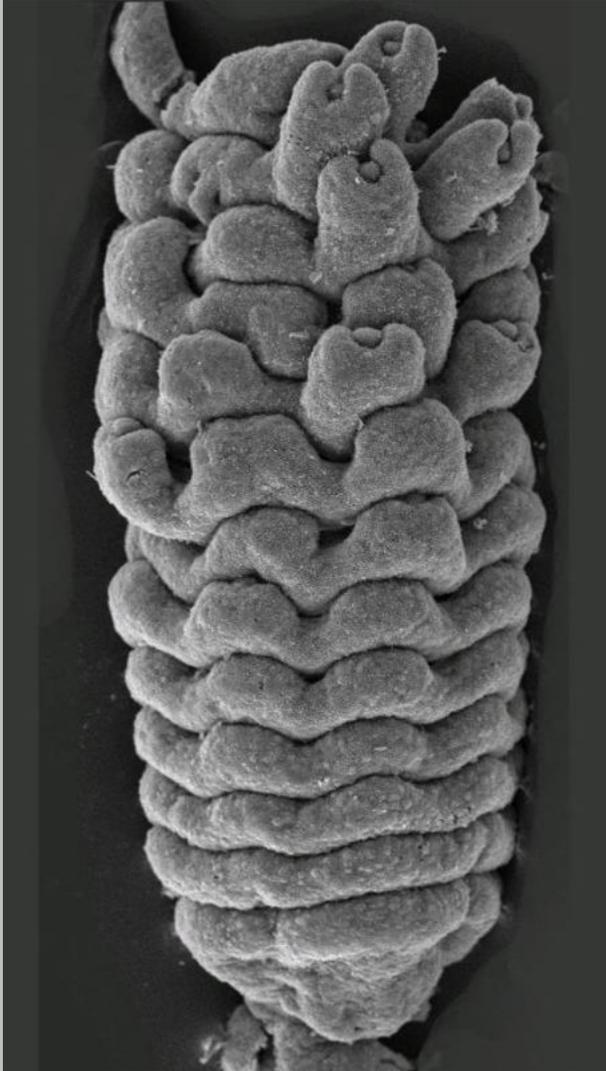
самое начало стробиляции

стробиляция

полип



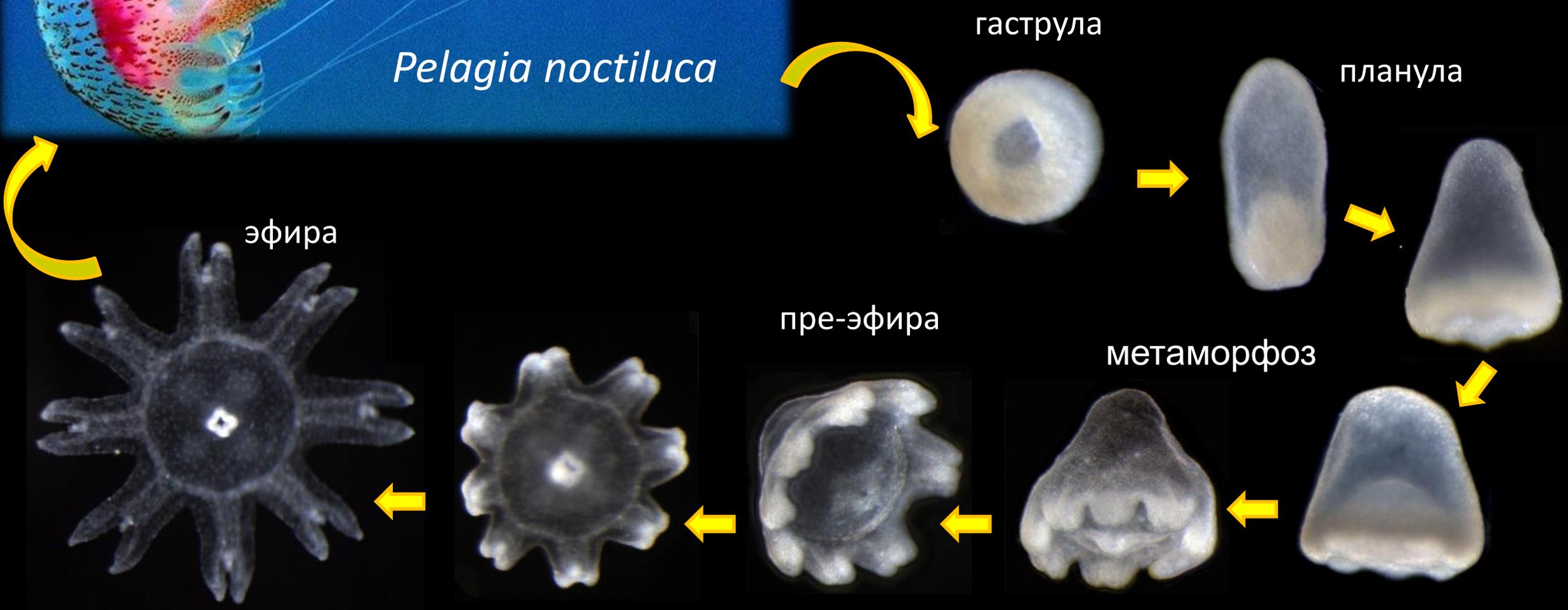
Стадии стробилияции и формирование эфиров.



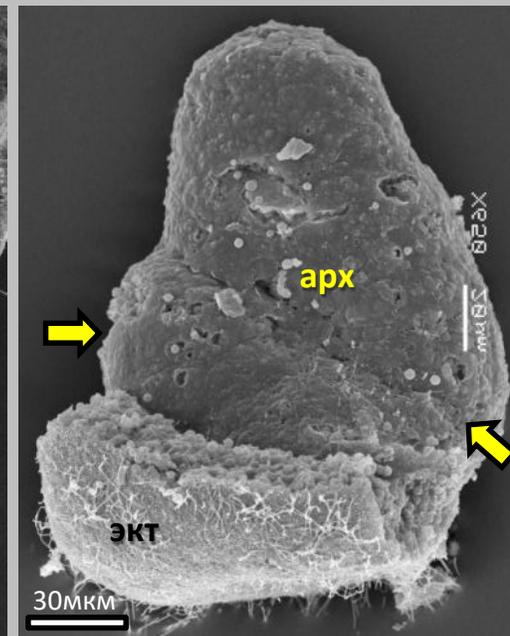
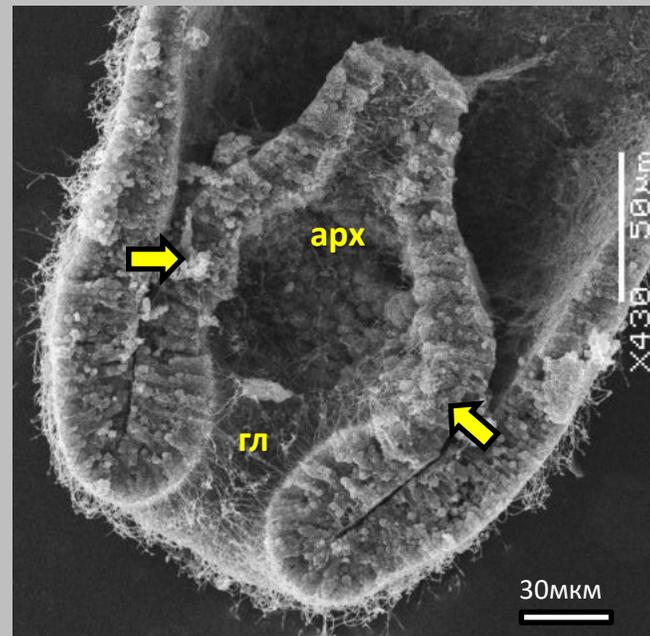
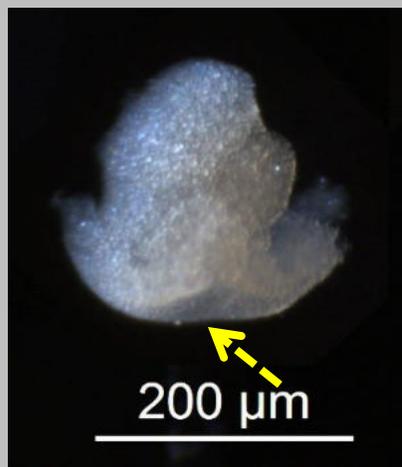
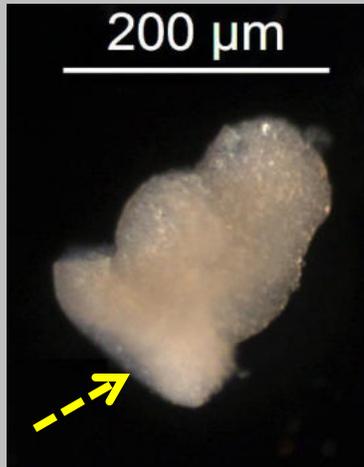
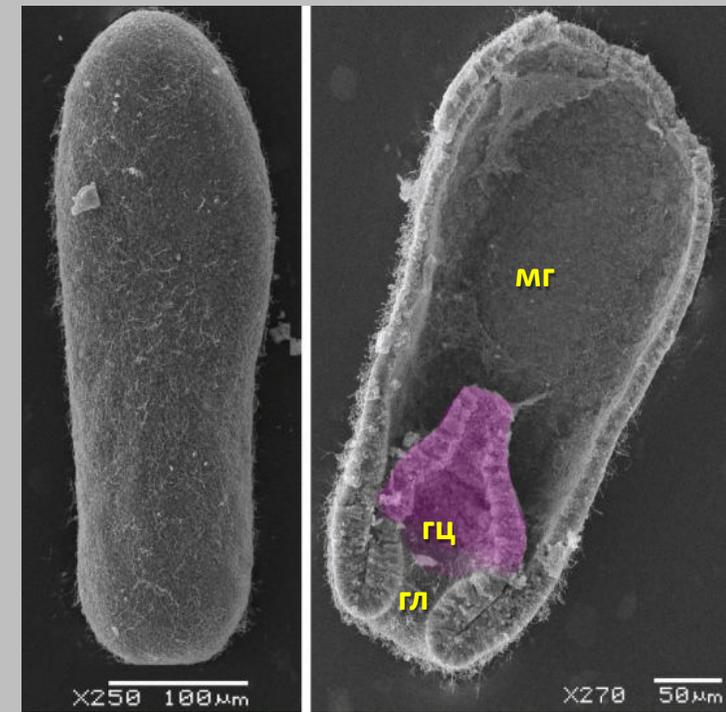
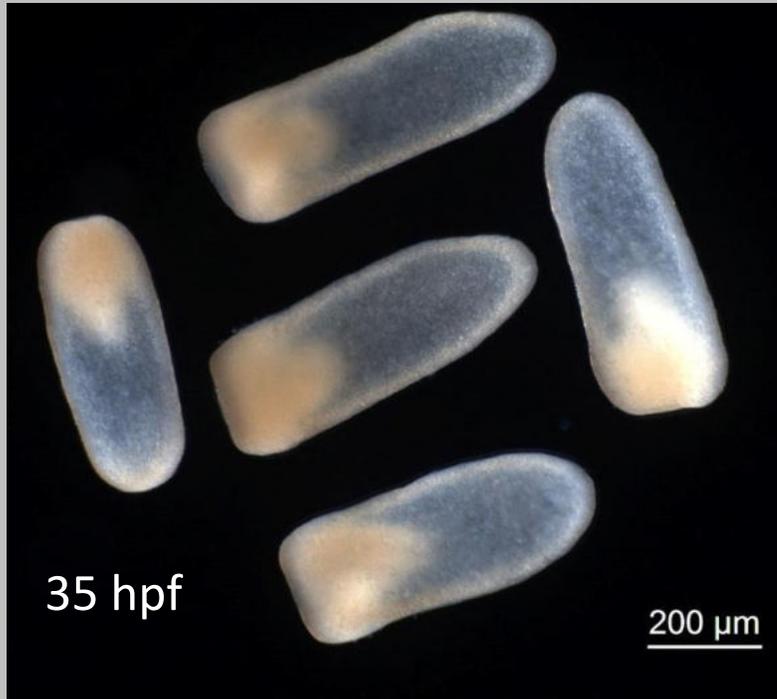


Pelagia noctiluca

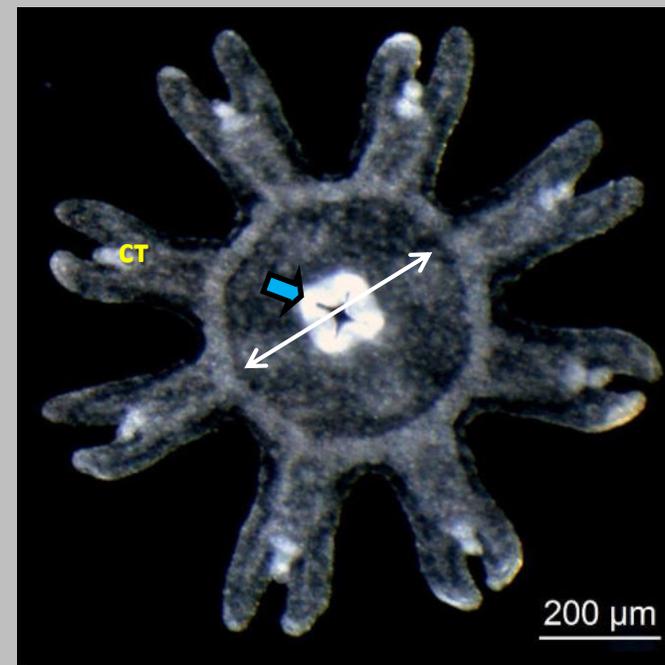
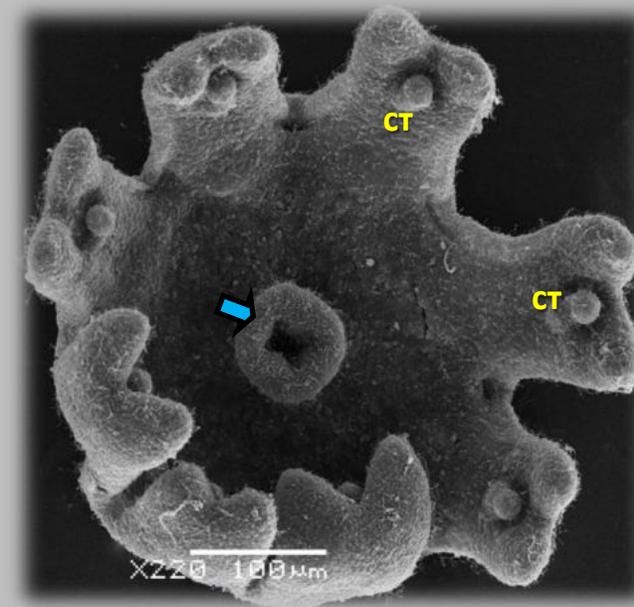
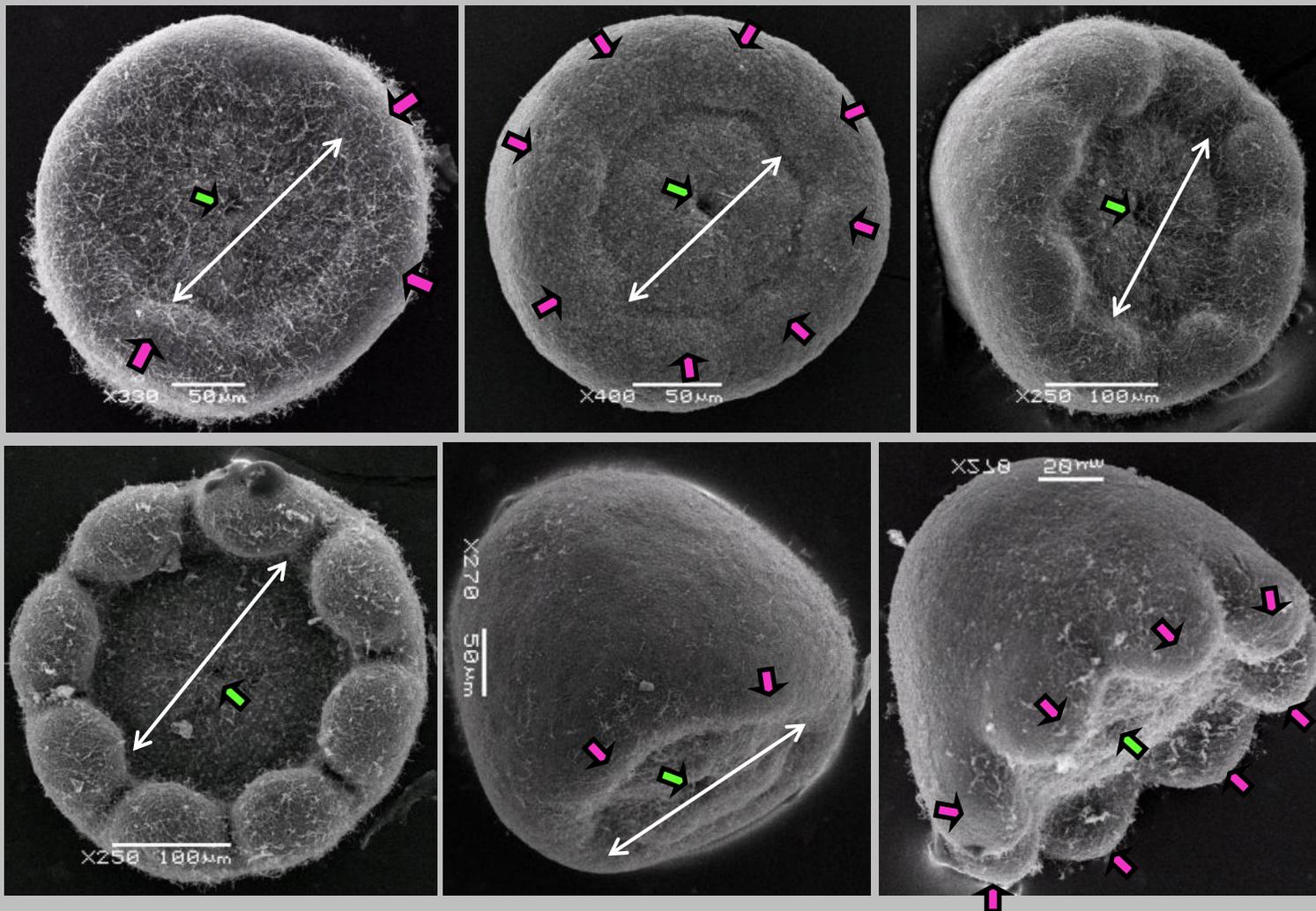
Связь особенностей жизненных циклов и процессов развития - "потеря" стадии полипа



У планулы в возрасте 35hrpf впервые обнаруживается отклонение от цилиндрической симметрии архентерона



Формирование орального диска и рук эфиры (52-100hpf). Личинка как целое приобретает 8-лучевую симметрию.



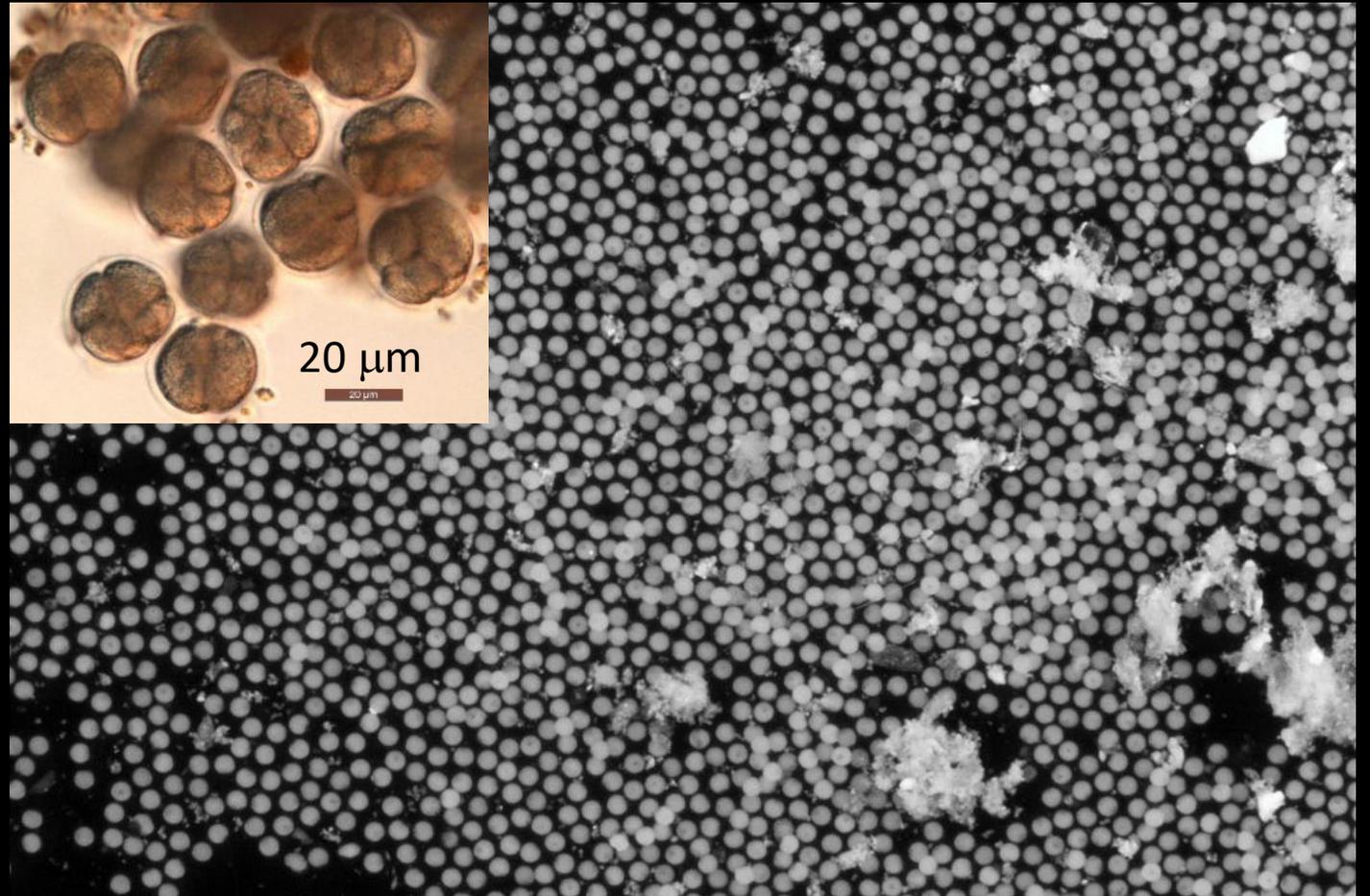
Lucernaria quadricornis (Staurozoa)

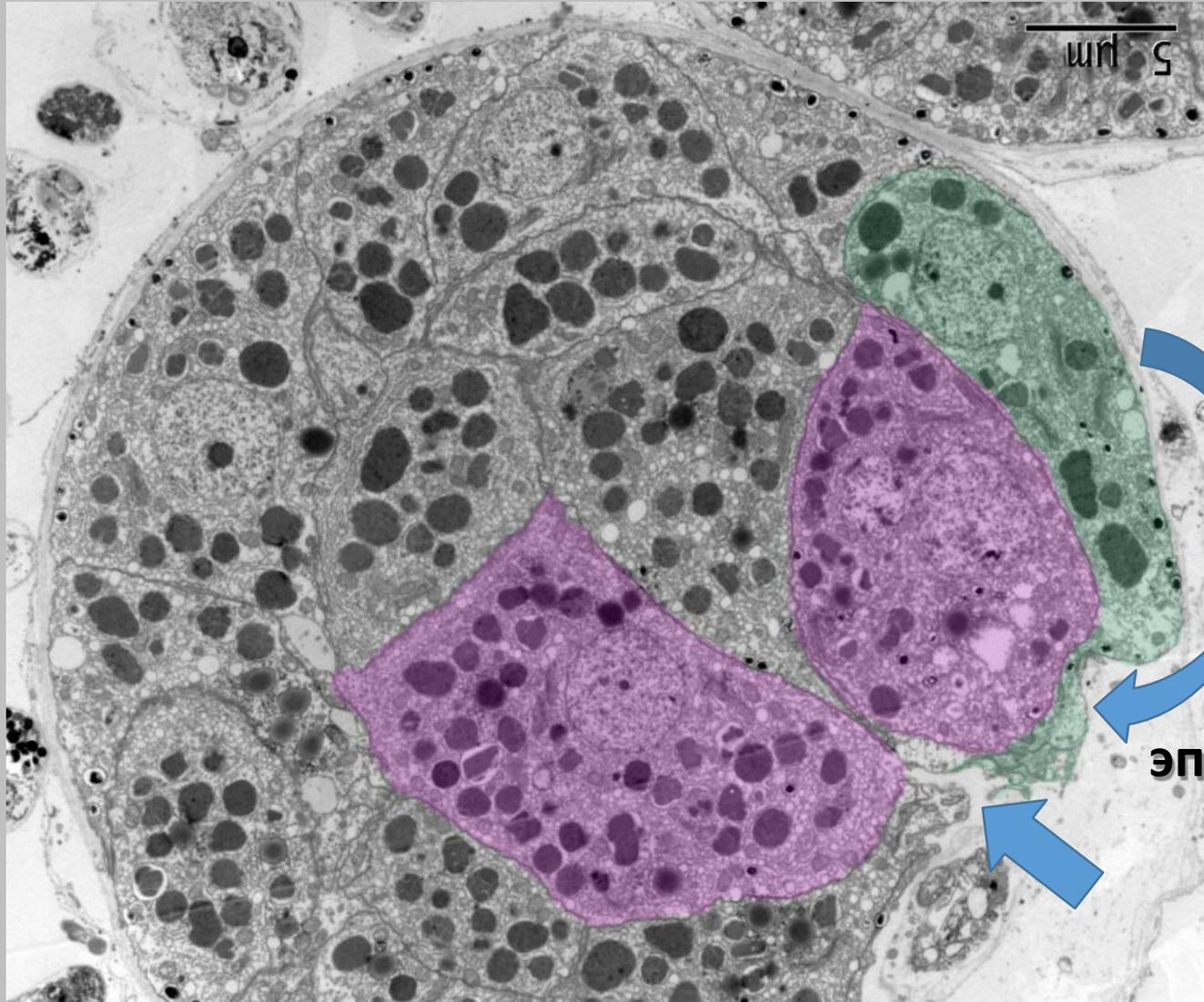
Связь особенностей
репродуктивного паттерна и
процессов развития



photo by Alexandr Semyonov

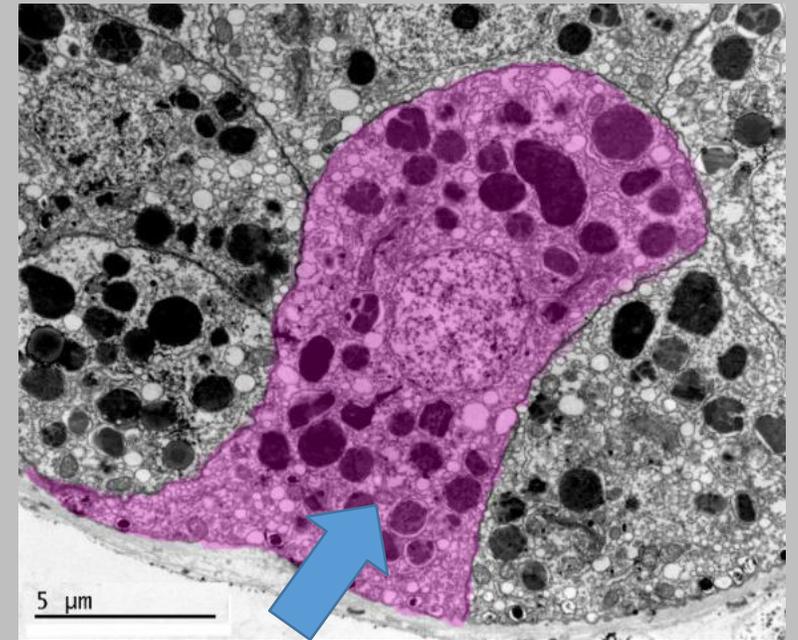
Lucernaria выбрасывает в воду тысячи очень мелких яиц ($25-30\mu\text{m}$), её эмбрионы / личинки состоят из очень малого числа клеток (<100).



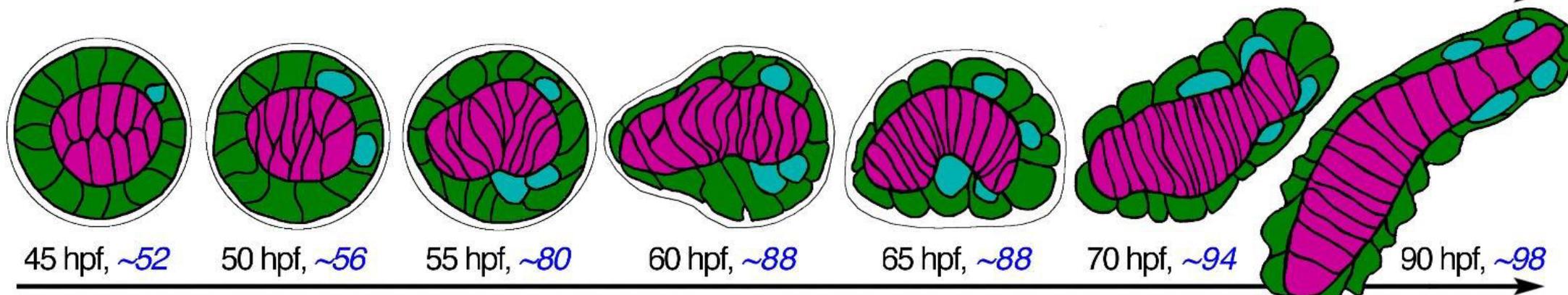
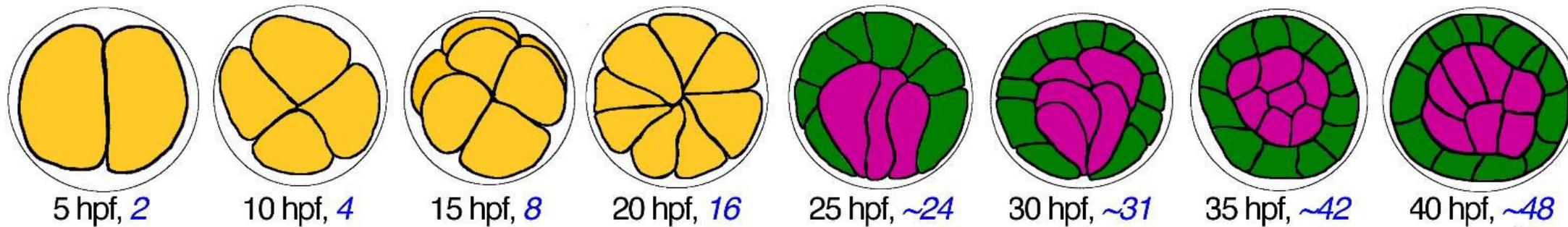


эндодерма, эктодерма

"плотное вращение"



Вместо инвагинации или "типичной" иммиграции *Lucernaria* использует в ходе гастрюляции своеобразное сочетание иммиграции и эпиволии.



Число клеток



бластомеры



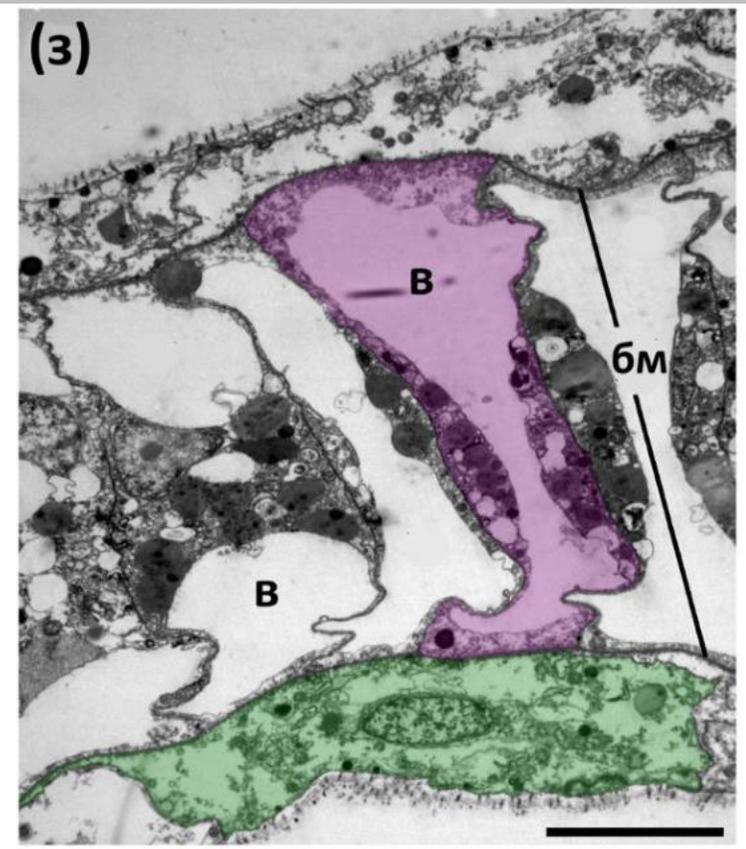
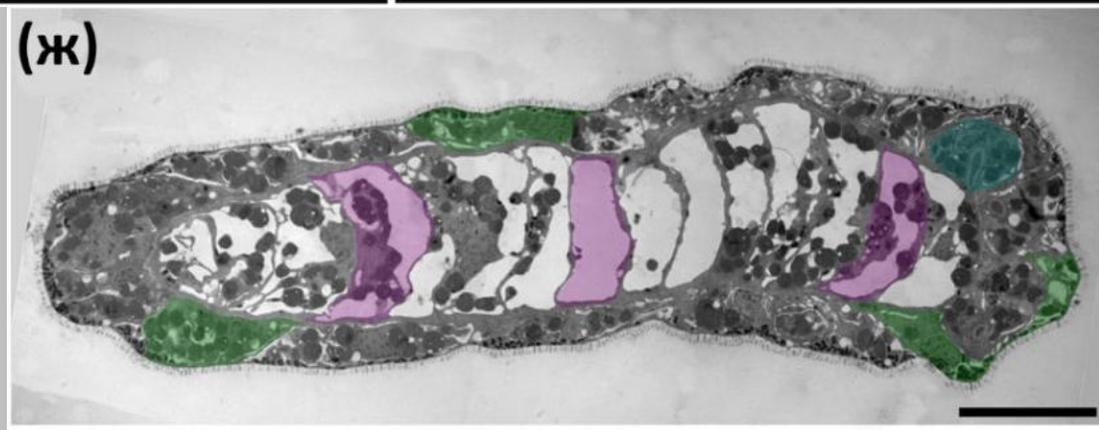
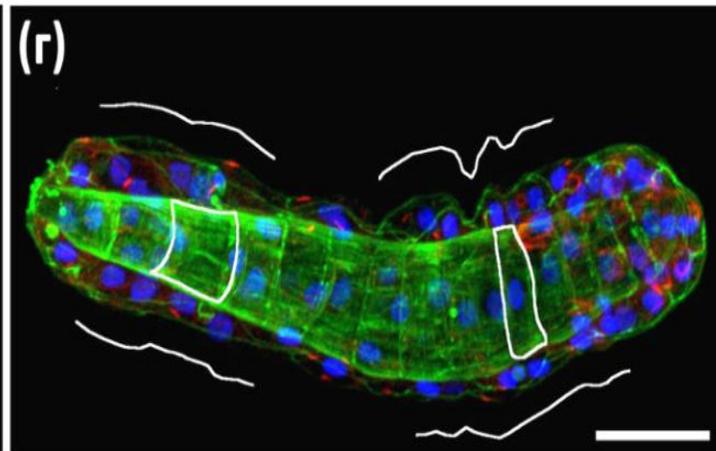
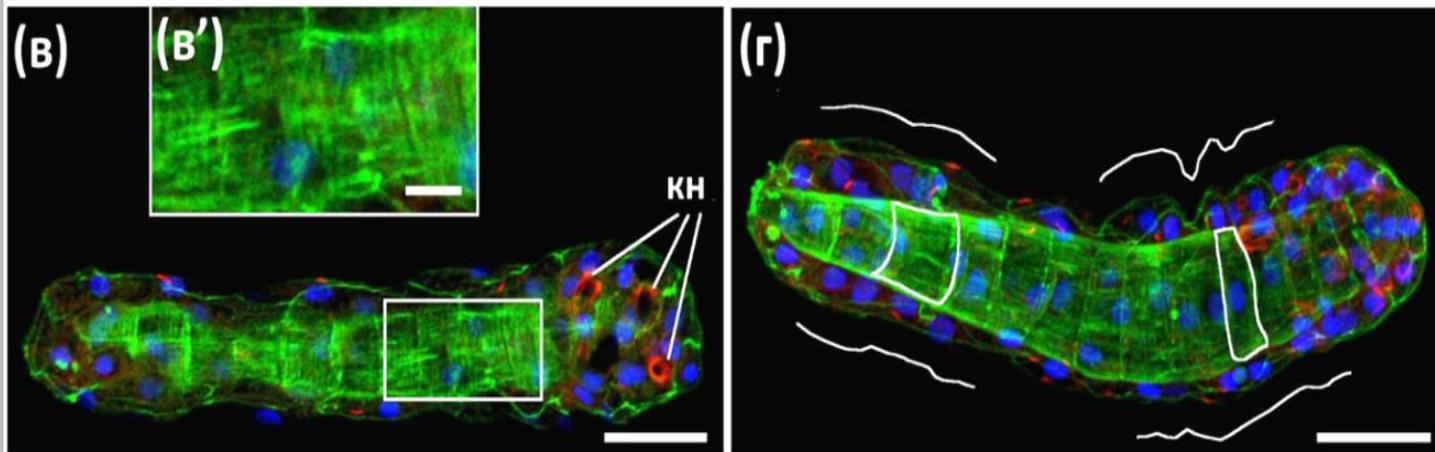
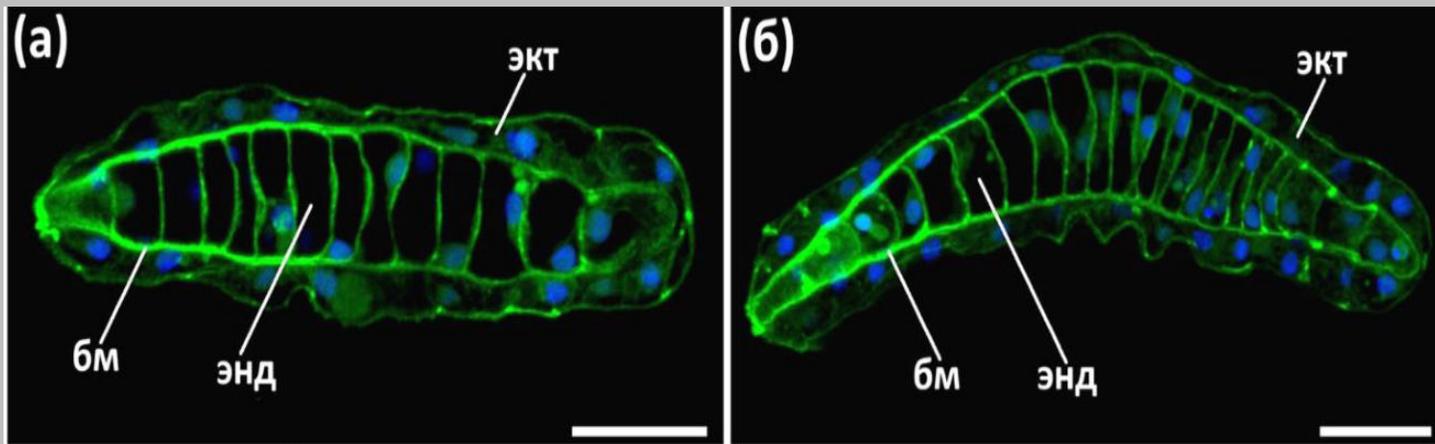
эндодерма



эктодерма



книдобласты



Малоклеточная личинка *Lucernaria*, лишенная гастральной полости и эпителиальной эндодермы; имеющая нефункциональные реснички.

Эволюция личинок книдарий связана со следующими событиями:

- эволюционными изменениями жизненного цикла (например, утратой полипа);
- усложнением "взрослой" стадии (колонии);
- "встраиванием" ювенили в личиночную фазу жизненного цикла в качестве дополнительной личиночной стадии;
- кардинальными изменениями репродуктивного паттерна.

БОЛЬШОЕ СПАСИБО КОЛЛЕКТИВАМ И РУКОВОДИТЕЛЯМ:

ББС им. Н.П. Перцова биофака МГУ; Лабораторию электронной микроскопии (ЦКП “Микроскопия в науках о жизни” биофака МГУ), SARS Center for Marine Molecular Biology (Bergen, Norway); Villefranche-sur-mer Developmental Biology Laboratory (Sorbonne University, CNRS, France).

БОЛЬШОЕ СПАСИБО МОИМ КОЛЛЕГАМ И СОАВТОРАМ:

U. Technau, Г.Е. Генихович, J. Fritzenwanker, U. Frank, И.А. Косевич, Т.Д. Майорова, Б.В. Осадченко, С.В. Кремнёв, Т.С. Лебедева, L. Leclere, C. Munro, C. Dunn, С.В. Пятаева, А.В. Сухопутова, А.А. Ветрова, Е.В. Дмитриева.