



От генов к организмам - эволюция морфологических признаков...

Юлия Александровна Краус,
внс кафедры биологической эволюции

ГЕН

ОНТОГЕНЕЗ

ПРИЗНАК



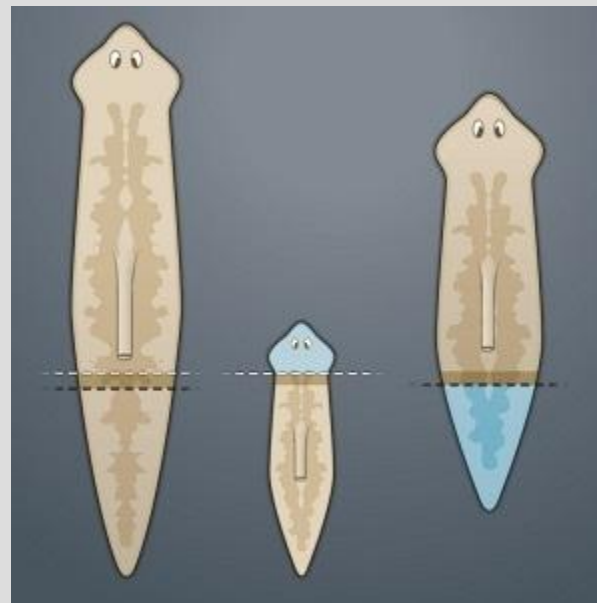
Ученые обнаружили ген, делающий людей пессимистами

14.10.2013 07:59 / [Наука](#) / Прочли: 615 человек

Поделиться

Научные сотрудники университета Британской Колумбии впервые провели исследование, которое показывает связь между восприятием мира и генами. Ученым удалось выделить ген, который предрасполагает к мрачному восприятию мира, делает человека

Найден ген регенерации



Найден ген регенерации

11:53 17.05.2011

Учёные из Северо-Западного университета ([Northwestern University](#)), США, и Массачусетского технологического института (Massachusetts Institute of Technology, MIT) открыли ген, позволяющий плоским червям планариям (лат. Planariidae) отрастить вместо утраченной части тела – головы или хвоста – новую на замену. Статья по результатам их исследования вышла в журнале Science. Планарии – маленькие черви размером от 2 мм до 2 см и весьма сложным строением тела, насчитывающего порядка миллиона клеток – известны тем, что могут вновь восстановить своё тело даже из самого маленького кусочка.

~~1 ГЕН = 1 ПРИЗНАК~~

СЛОЖНЫЙ
ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ

frog

pond

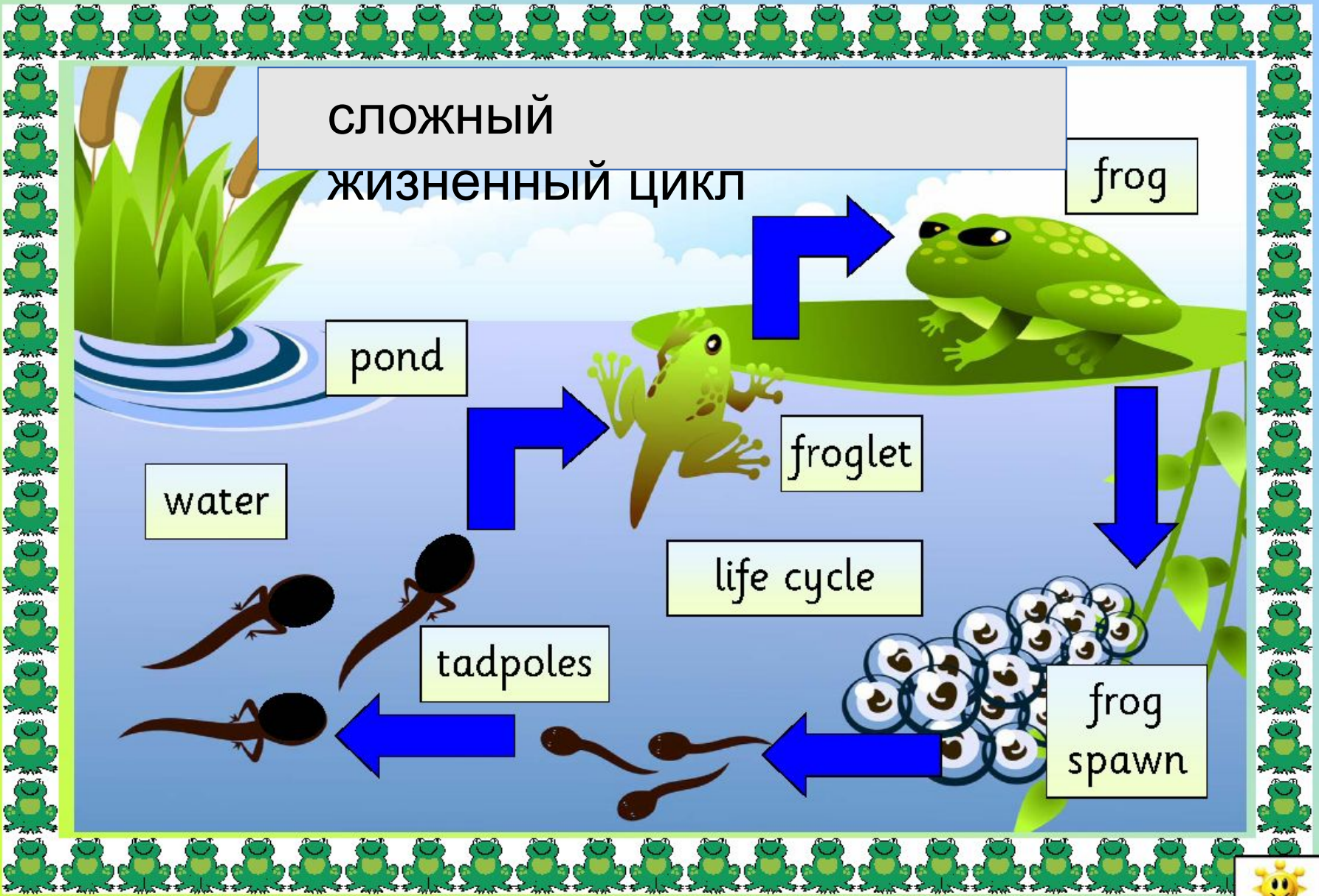
water

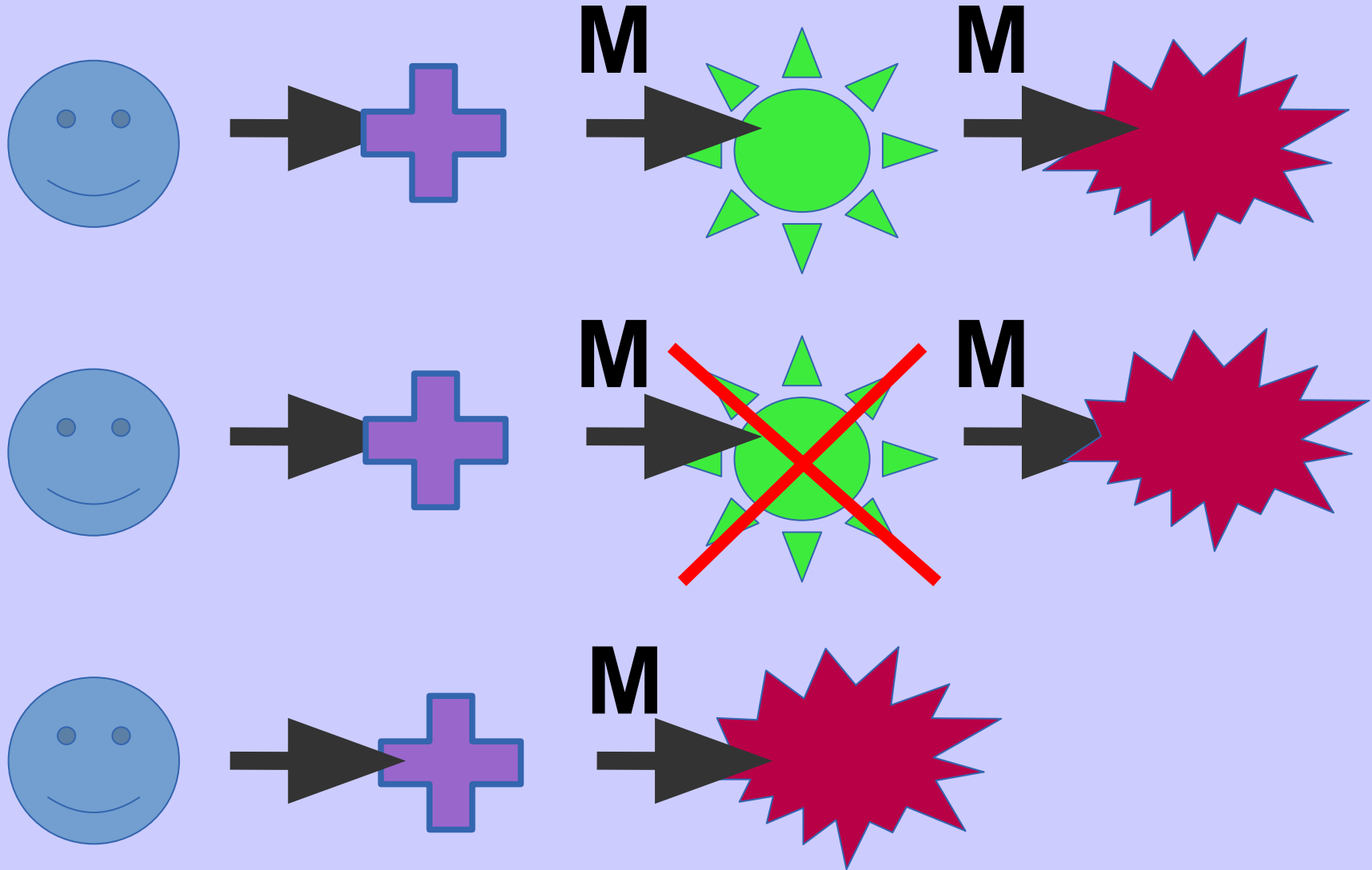
froglet

life cycle

tadpoles

frog
spawn

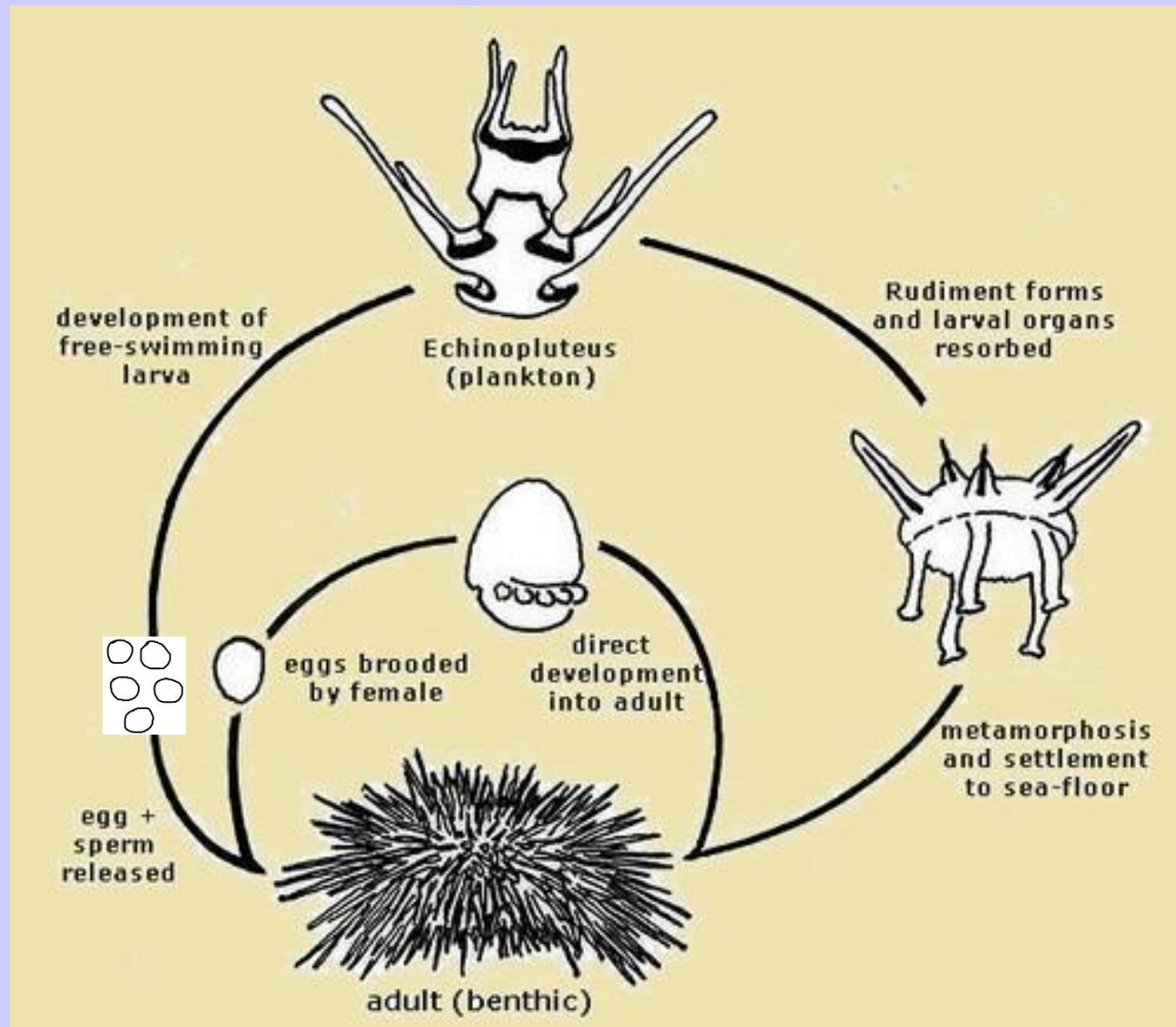




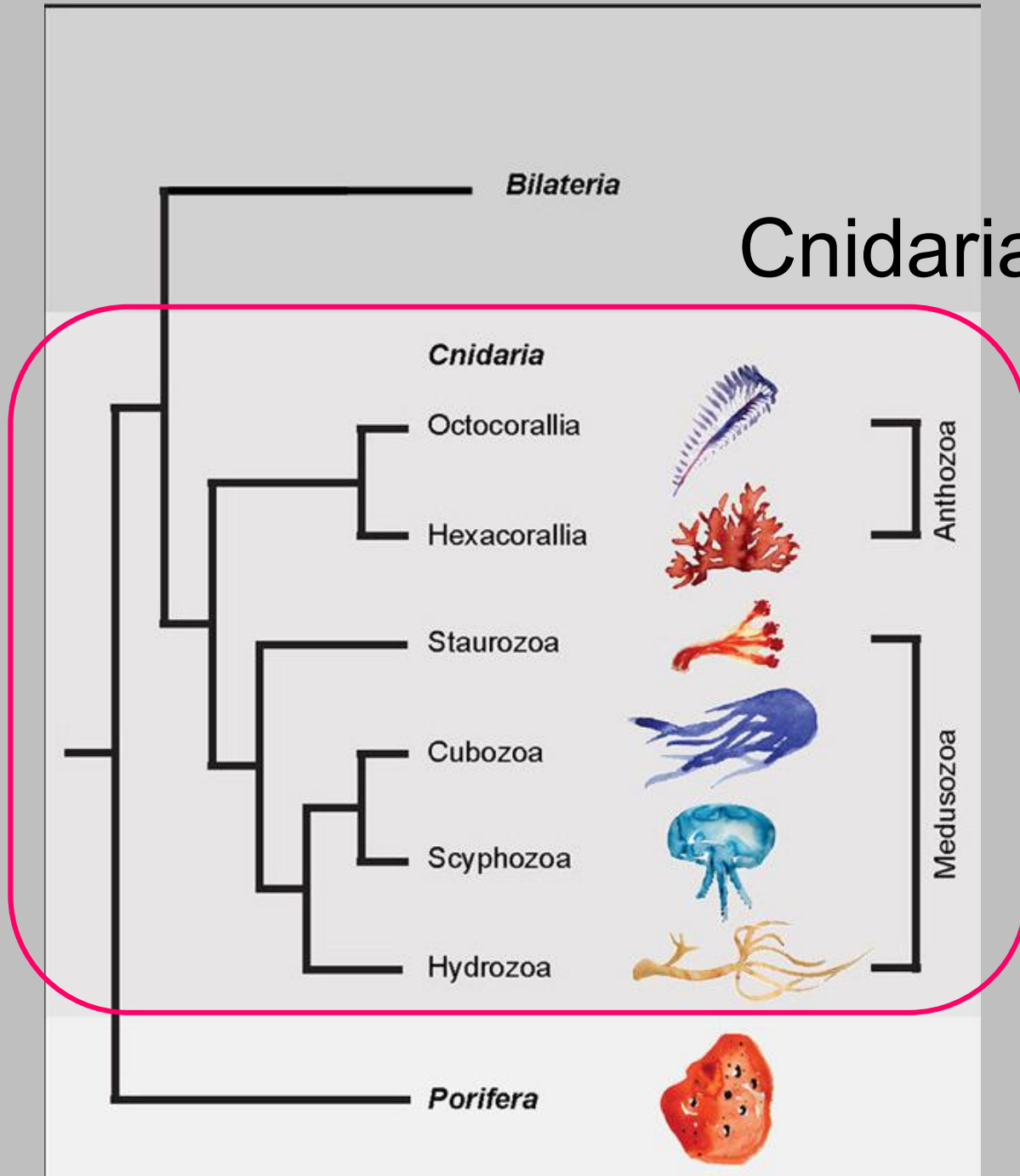
Можно ли изменить жизненный цикл?



M



Cnidaria



Medusozoa

Antho



Staurozoa



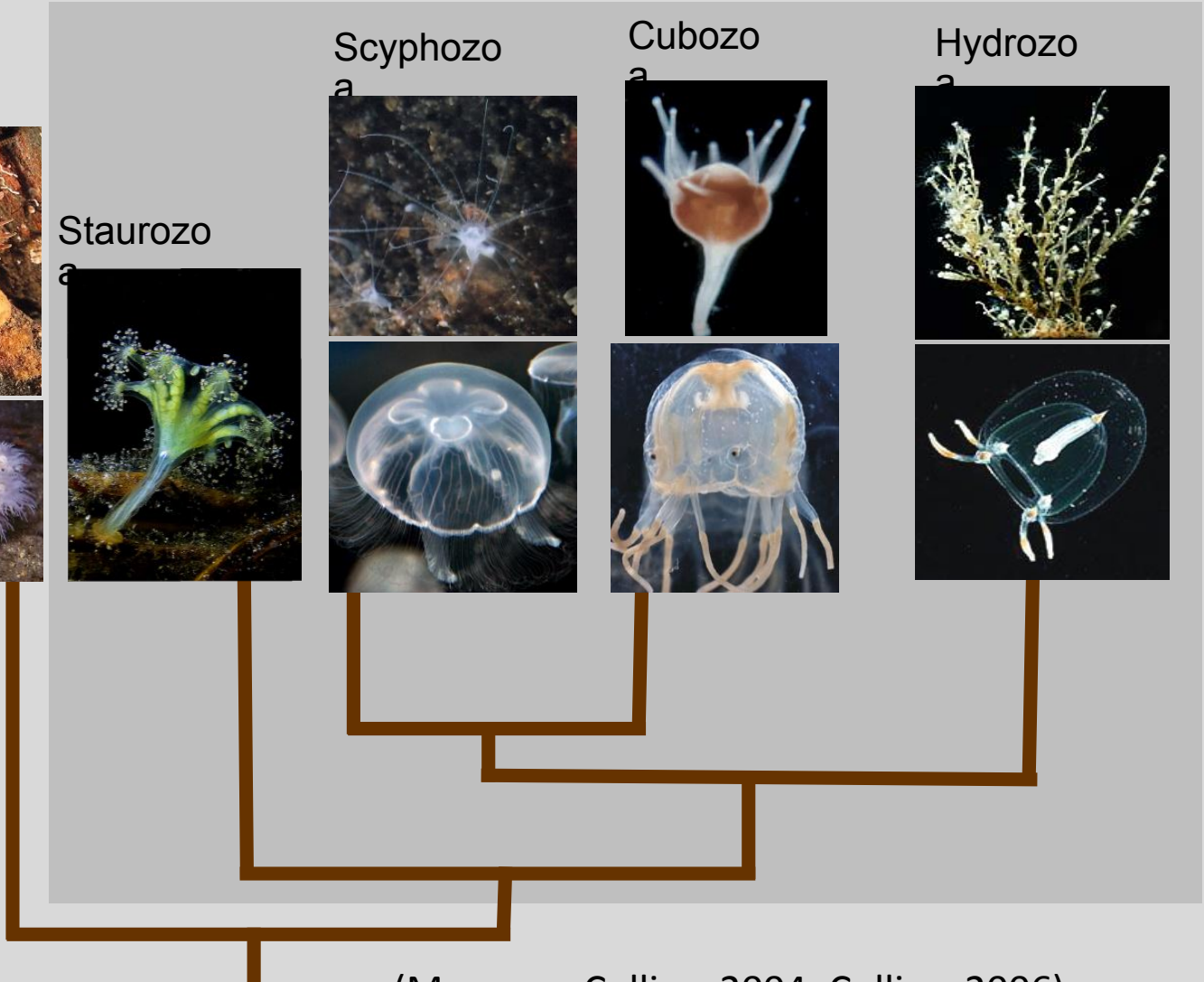
Scyphozoa



Cubozoa

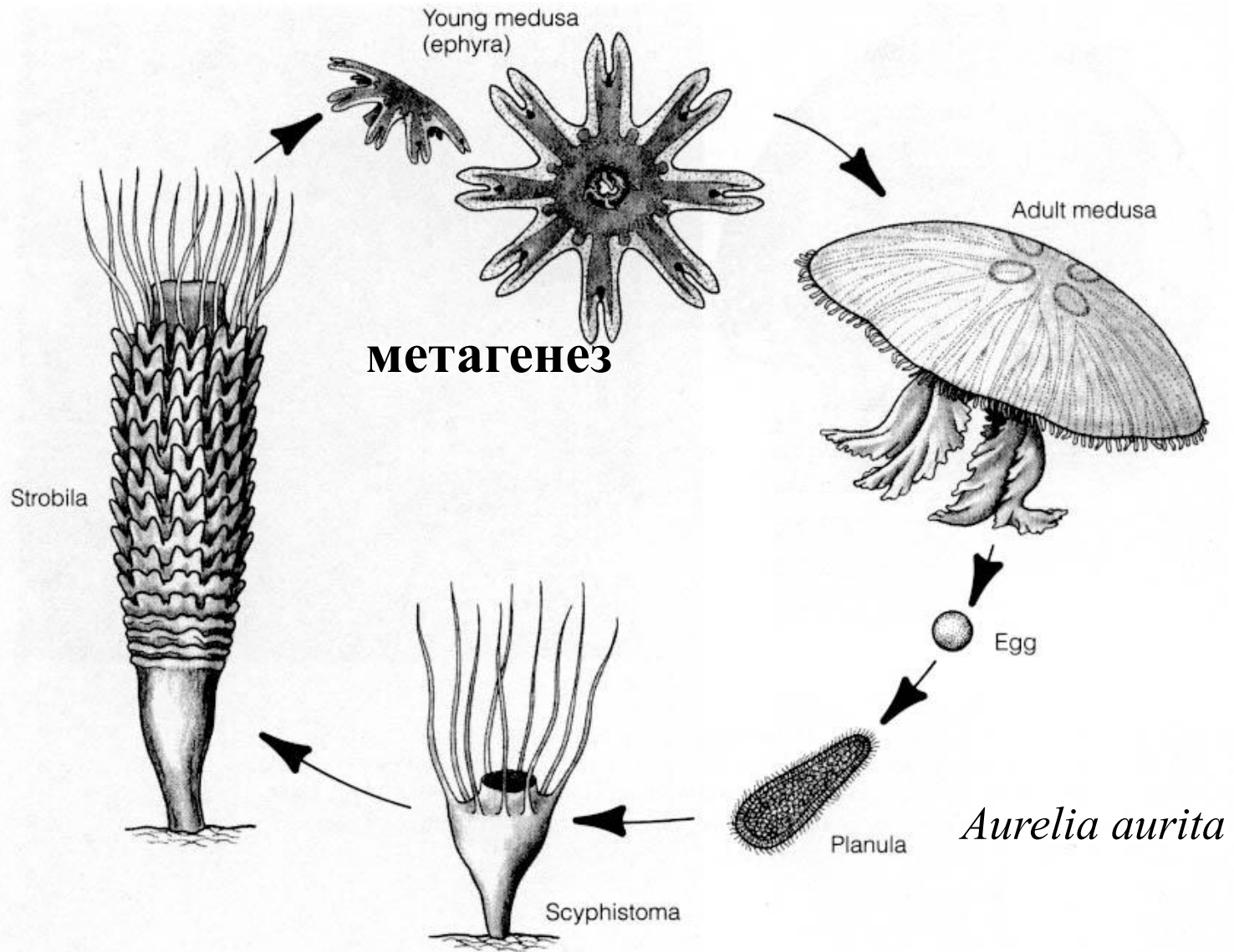


Hydrozoa



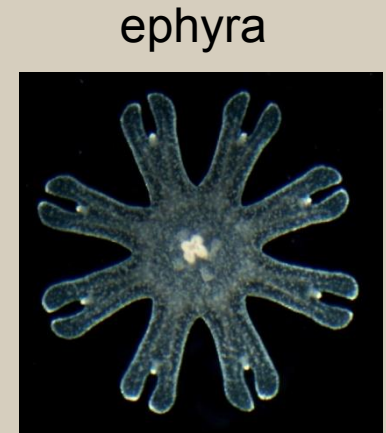
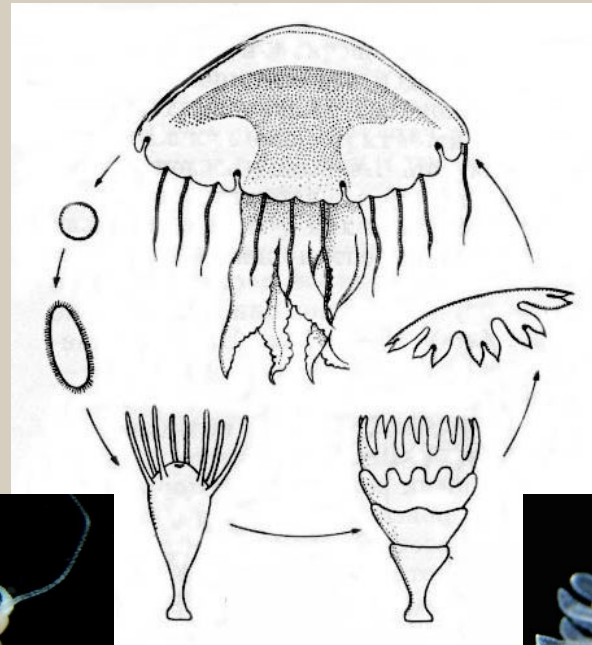
(Marques, Collins, 2004; Collins, 2006)

Cnidaria, Scyphozoa



Типичный жизненный цикл сцифоидной медузы

У сцифидов полип преобразуется в стопку дисков, из которых развиваются личинки - эфиры. Эфиры отсоединяются, растут, и из них развиваются половозрелые медузы.



Aurelia aurita



by Alexandr Semyonov

polyp

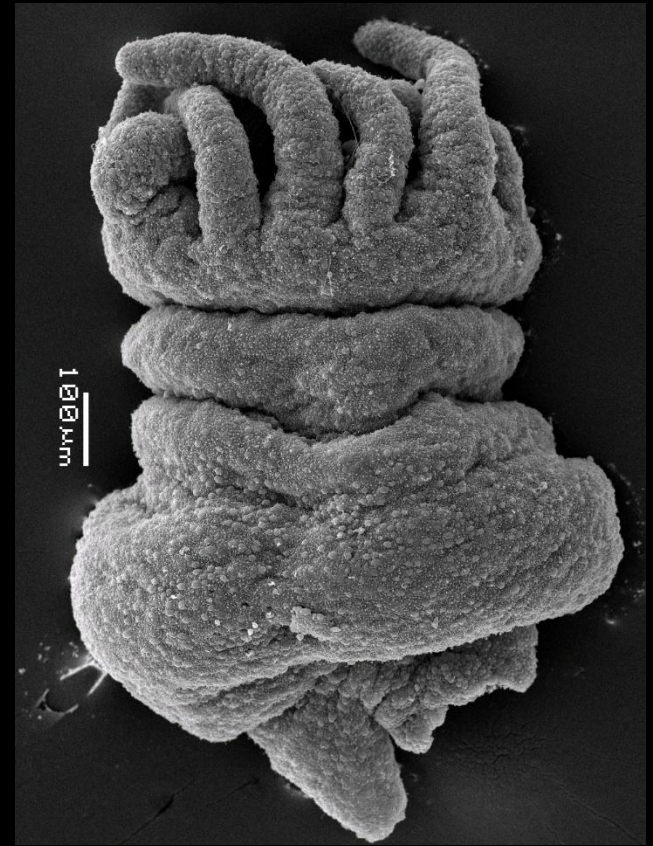


Стробиляция *Aurelia*

strobilation



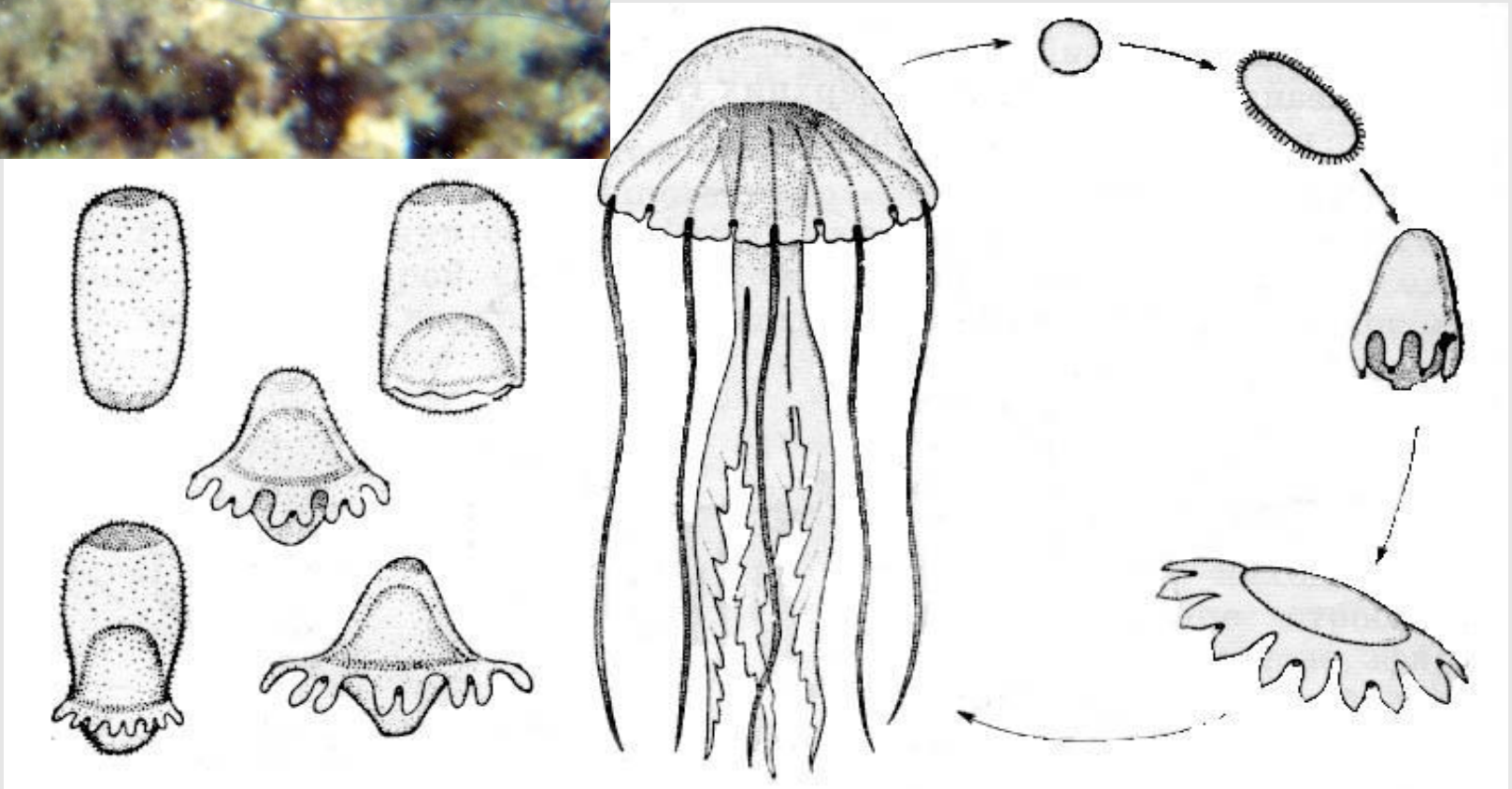
beginning of strobilation





Scyphozoa

Pelagia noctiluca

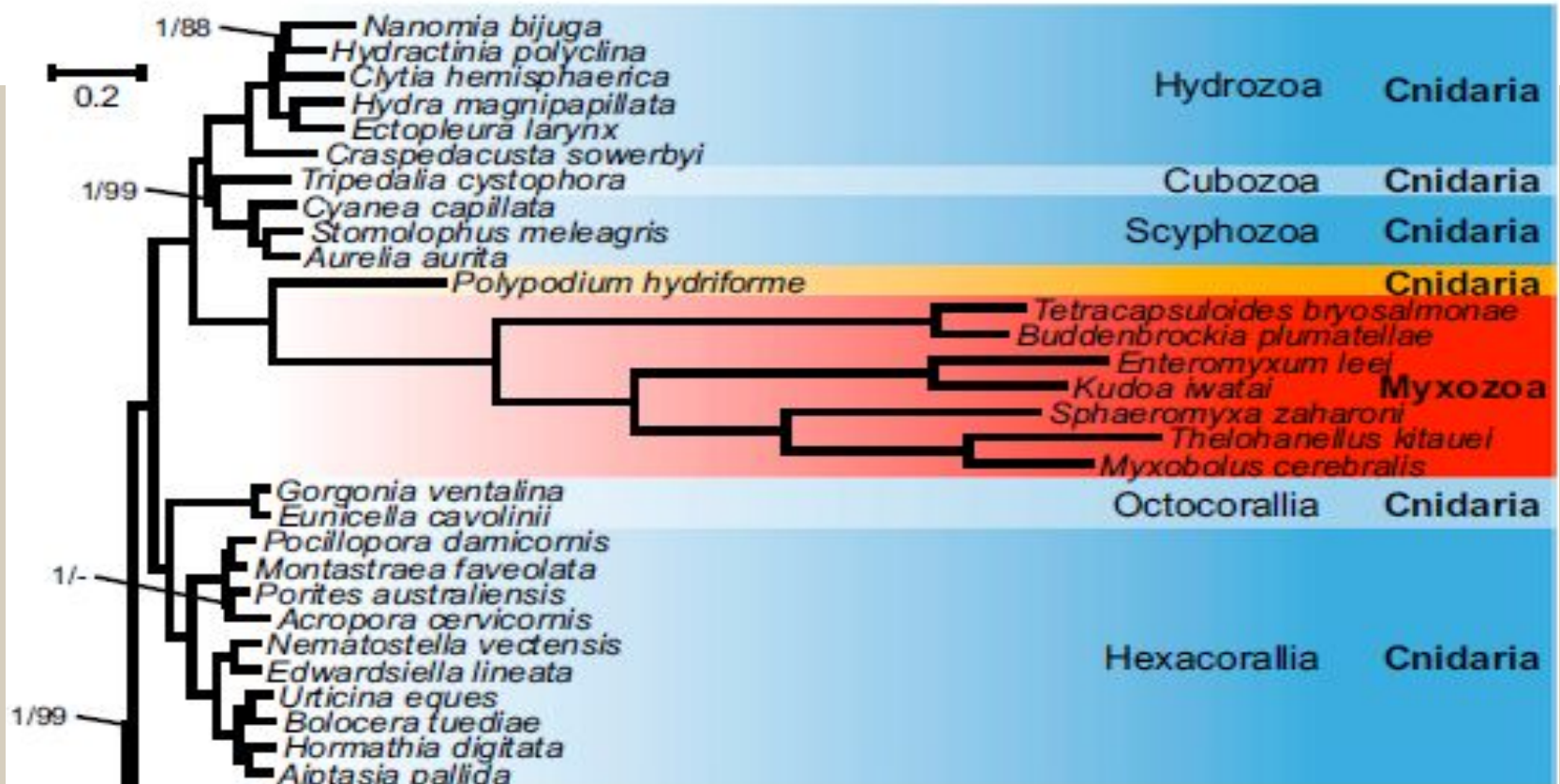


Насколько сильно может измениться фенотип организма в ходе эволюции жизненного цикла?

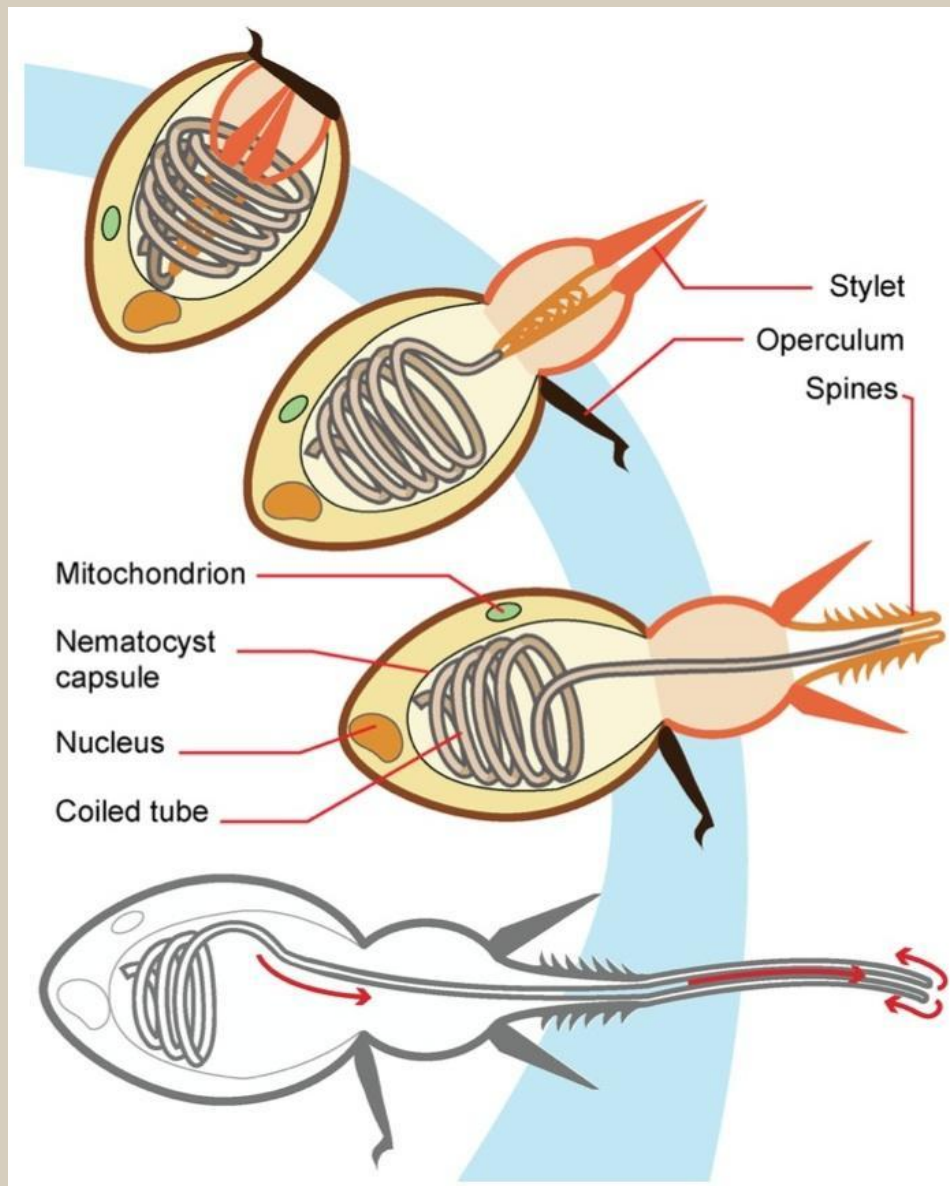
Genomic insights into the evolutionary origin of Myxozoa within Cnidaria

E. Sally Chang^a, Moran Neuhof^{b,c}, Nimrod D. Rubinstein^d, Arik Diamant^e, Hervé Philippe^{f,g}, Dorothée Huchon^{b,1}, and Paulyn Cartwright^{a,1}

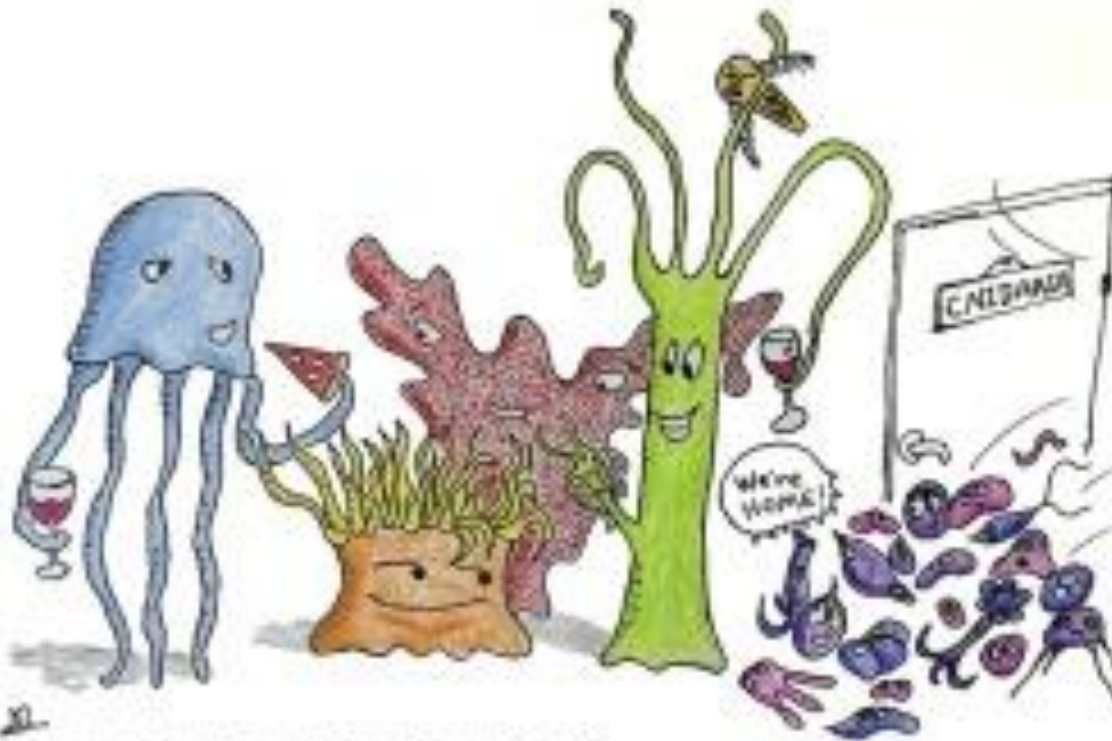
^aDepartment of Ecology and Evolutionary Biology, University of Kansas, Lawrence, KS 66045; ^bDepartment of Zoology, George S. Wise Faculty of Life Sciences, Tel Aviv University, Tel Aviv 6997801, Israel; ^cDepartment of Neurobiology, George S. Wise Faculty of Life Sciences, Tel Aviv University, Tel Aviv



Стрекательные клетки Cnidaria - книдоциты



Welcome home Myxozoa



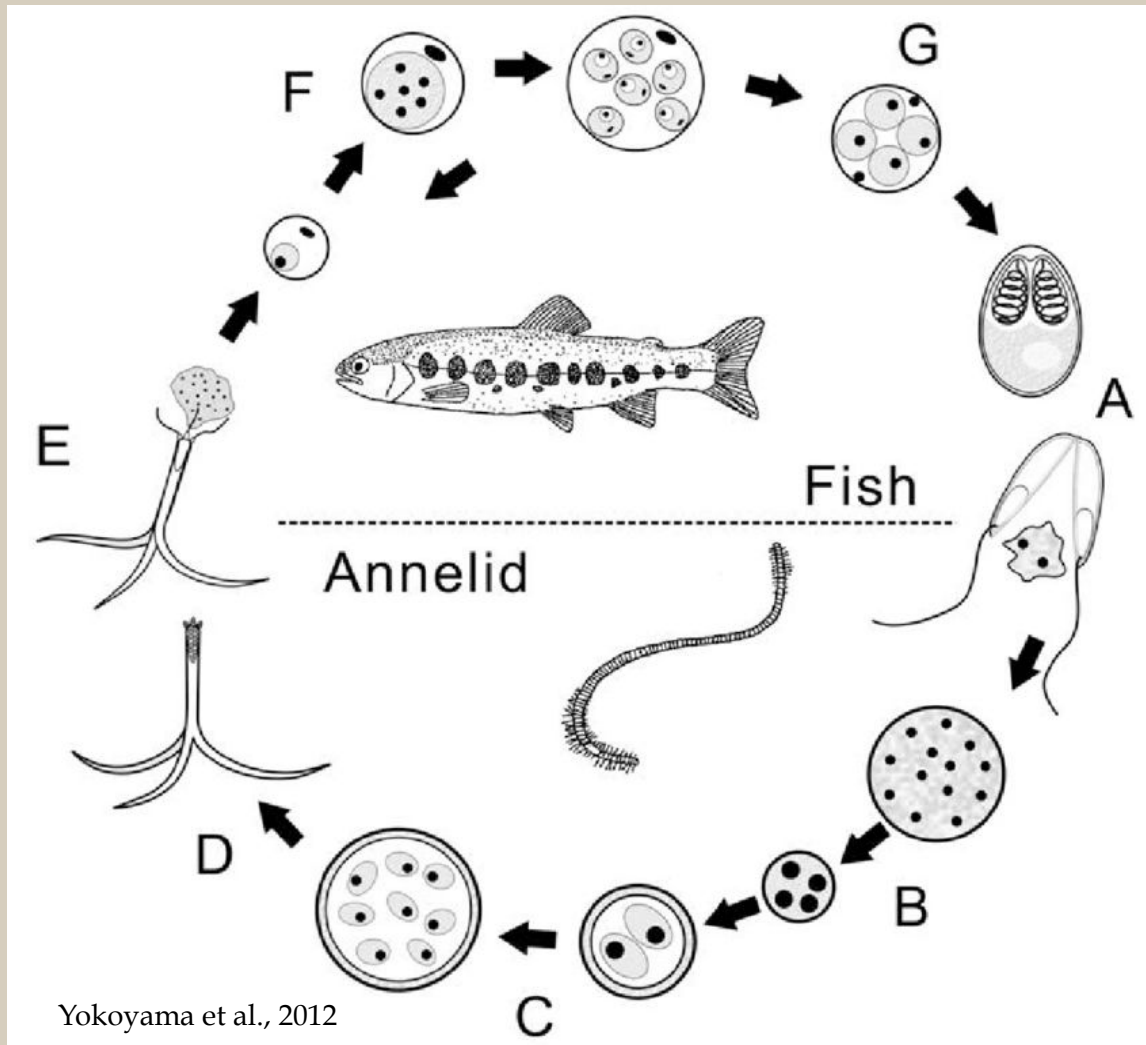
Drawn by: Jonathan Ben-David

Myxozoa

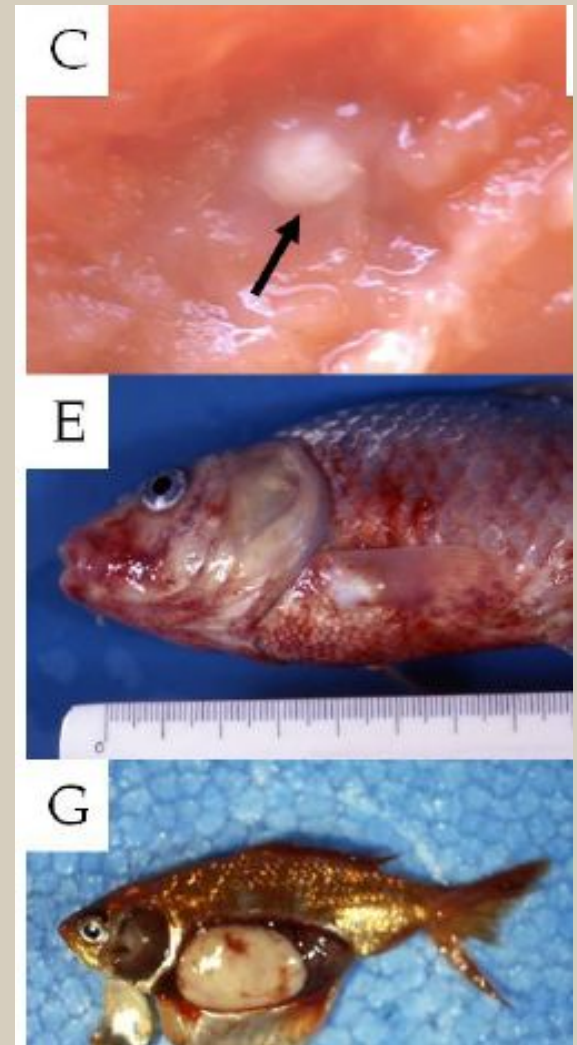


Облигатный паразит - паразитический организм, который не может завершить свой жизненный цикл без использования организма - хозяина. Если хозяин недоступен, паразит не может размножаться. Для облигатных паразитов характерно огромное разнообразие жизненных циклов и очень своеобразное строение.

Схема жизненного цикла одного из представителей Мухозоа, паразитирующего на рыбах и кольчатых червях.

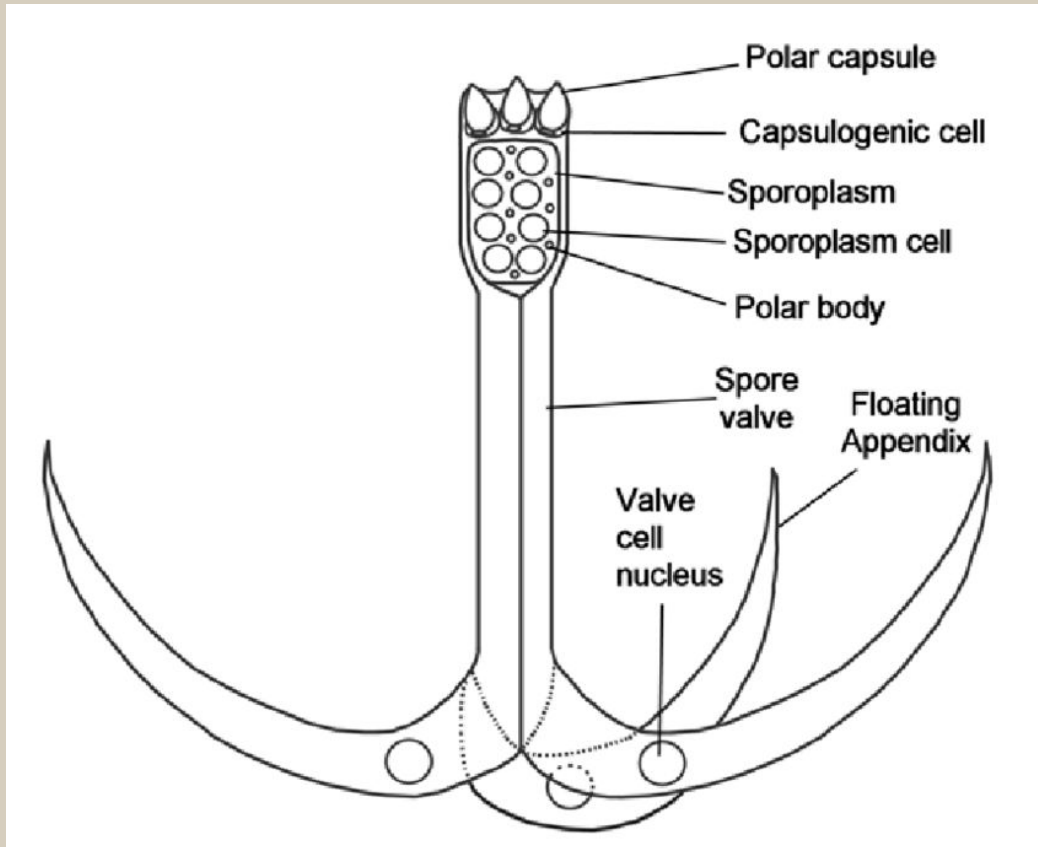


Yokoyama et al., 2012

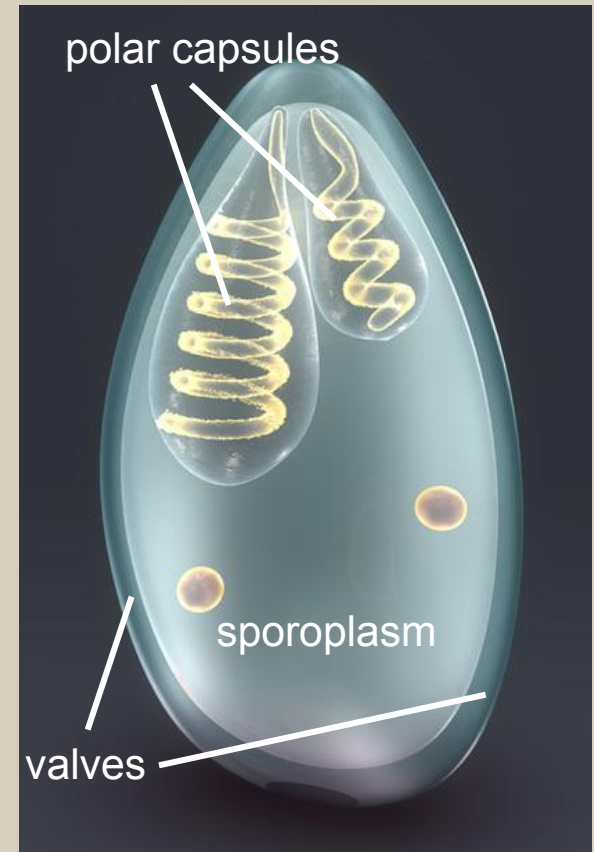


Две стадии жизненного цикла Мухозоа

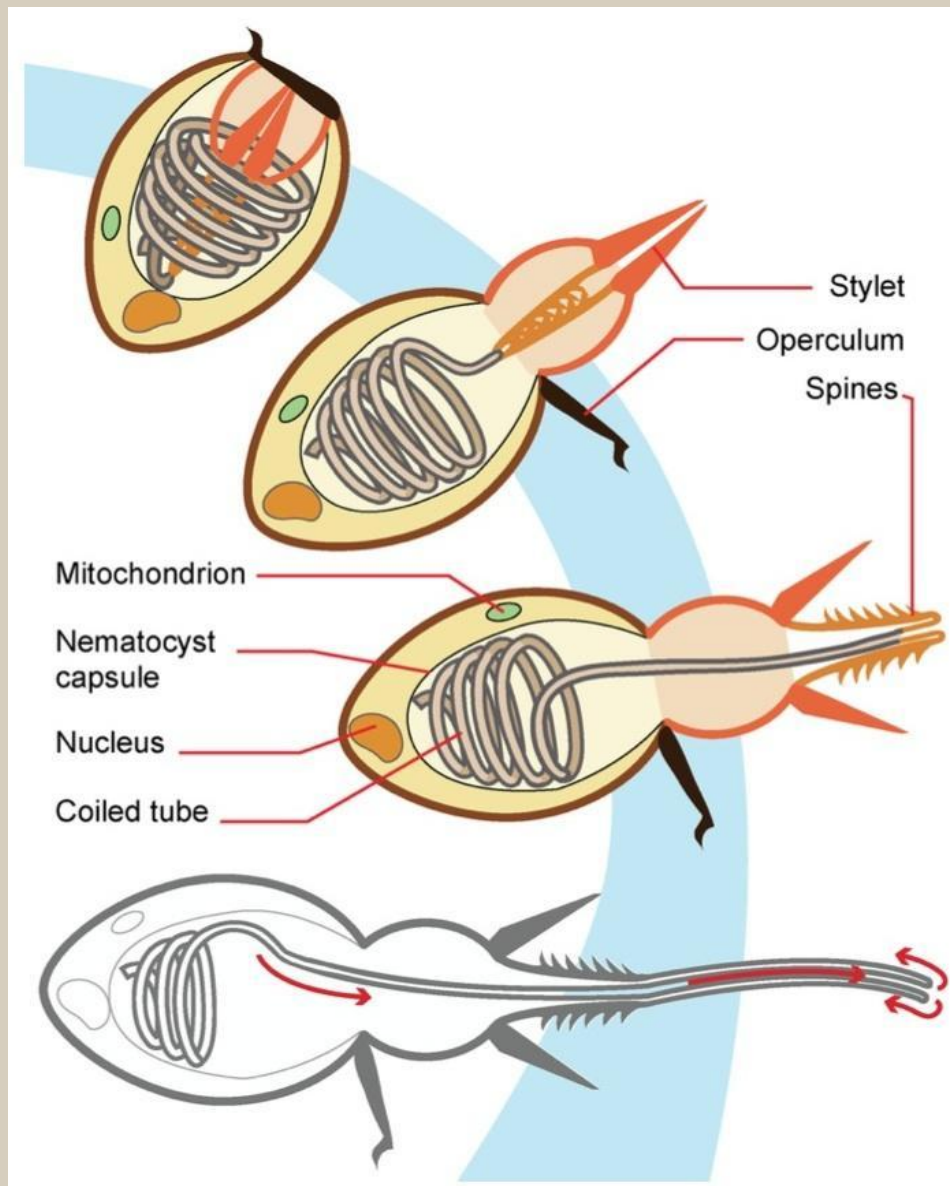
актиноспора



миксоспора



Стрекательные клетки Cnidaria - книдоциты



Разнообразиие фенотипов можно обнаружить и на одной и той же стадии жизненного цикла.

omnivore
morph

carnivore
morph



feed on the pond
bottom
on detritus

feed in the water
column
on fairy shrimps

These two tadpoles are same-aged full siblings.

(<http://sites.sinauer.com/ecology3e/problem12.html>)



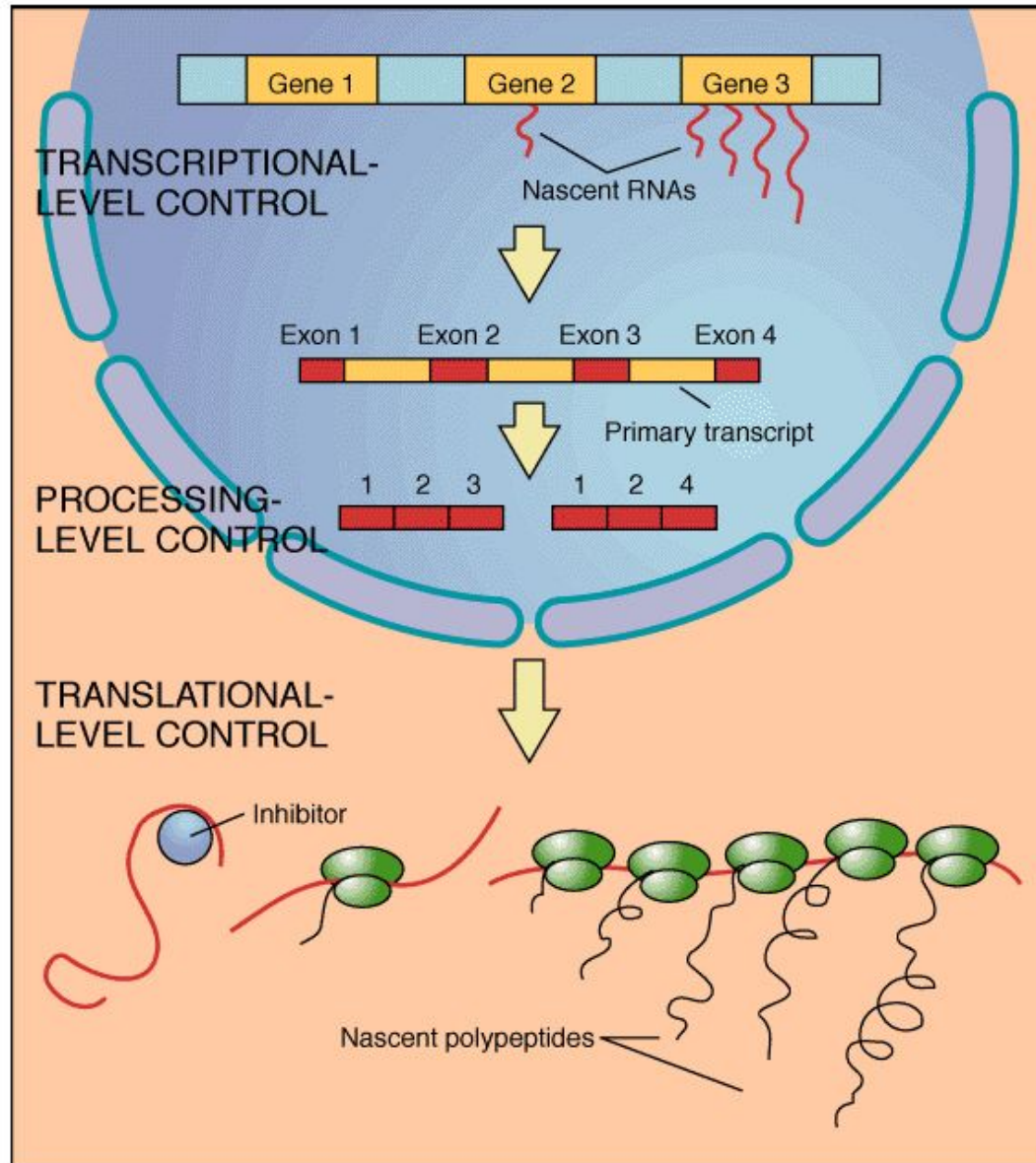
New Mexico spadefoot toad (*Spea multiplicata*).



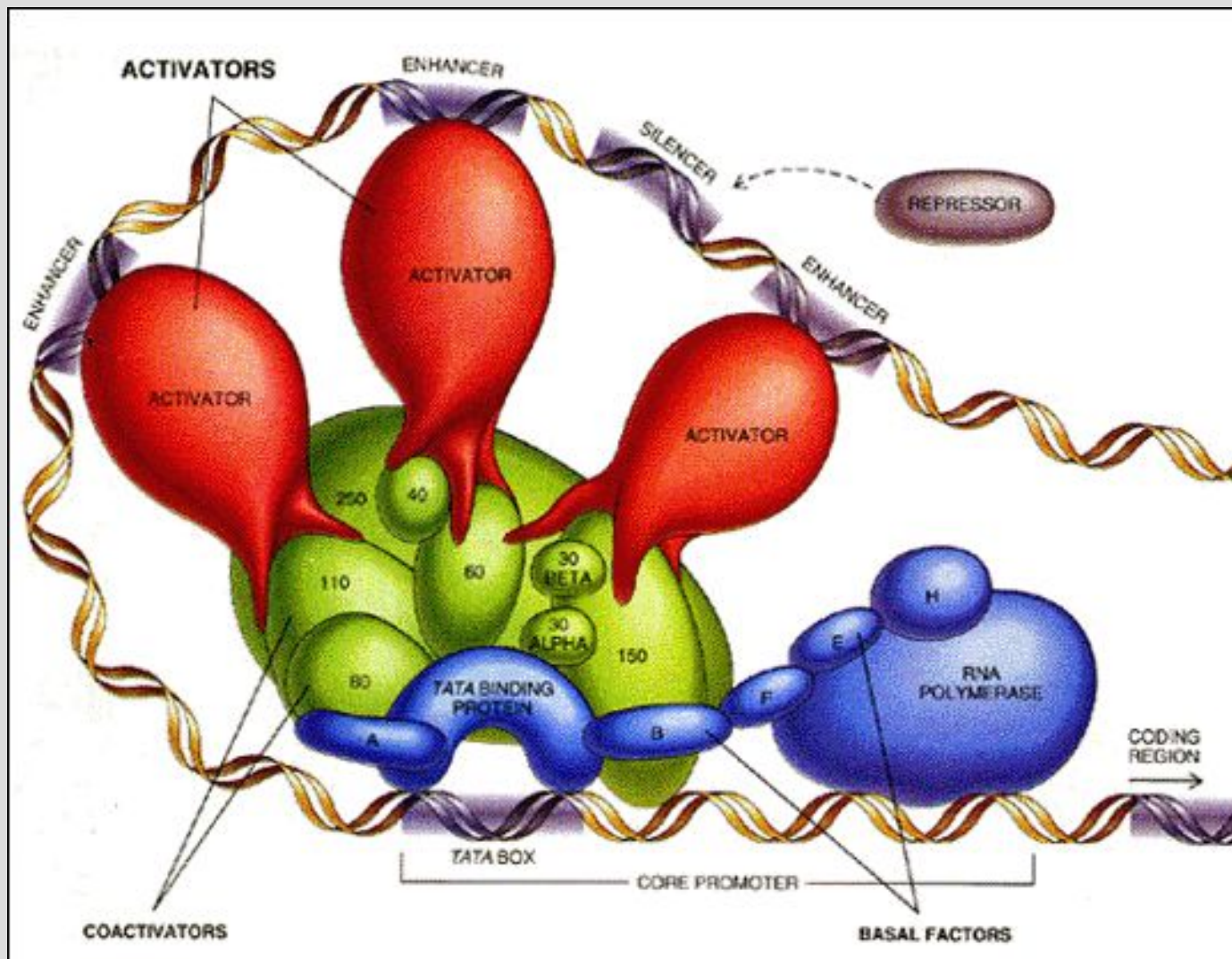
Plains spadefoot toad (*Spea bombifrons*).

Как же такие разные фенотипы могут
формироваться на основе одного и
того же генотипа ?

ГЕН -- БЕЛОК



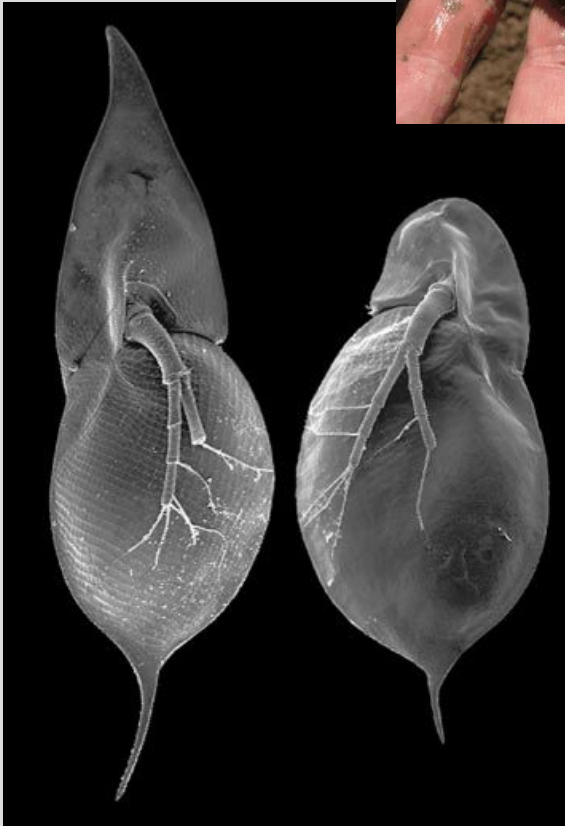
РЕГУЛЯЦИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОМА



Triops (Notostraca)

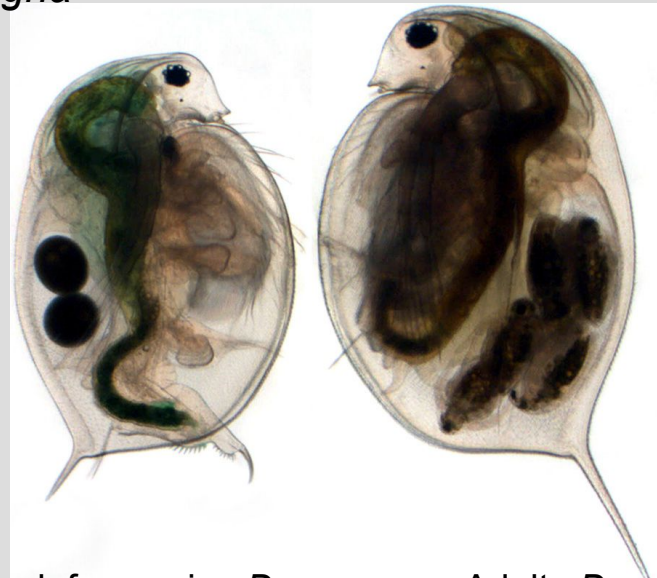


Daphnia cucullata



Scanning electron micrograph showing typical and predator - induced morphs of *Daphnia cucullata* of the same clone.

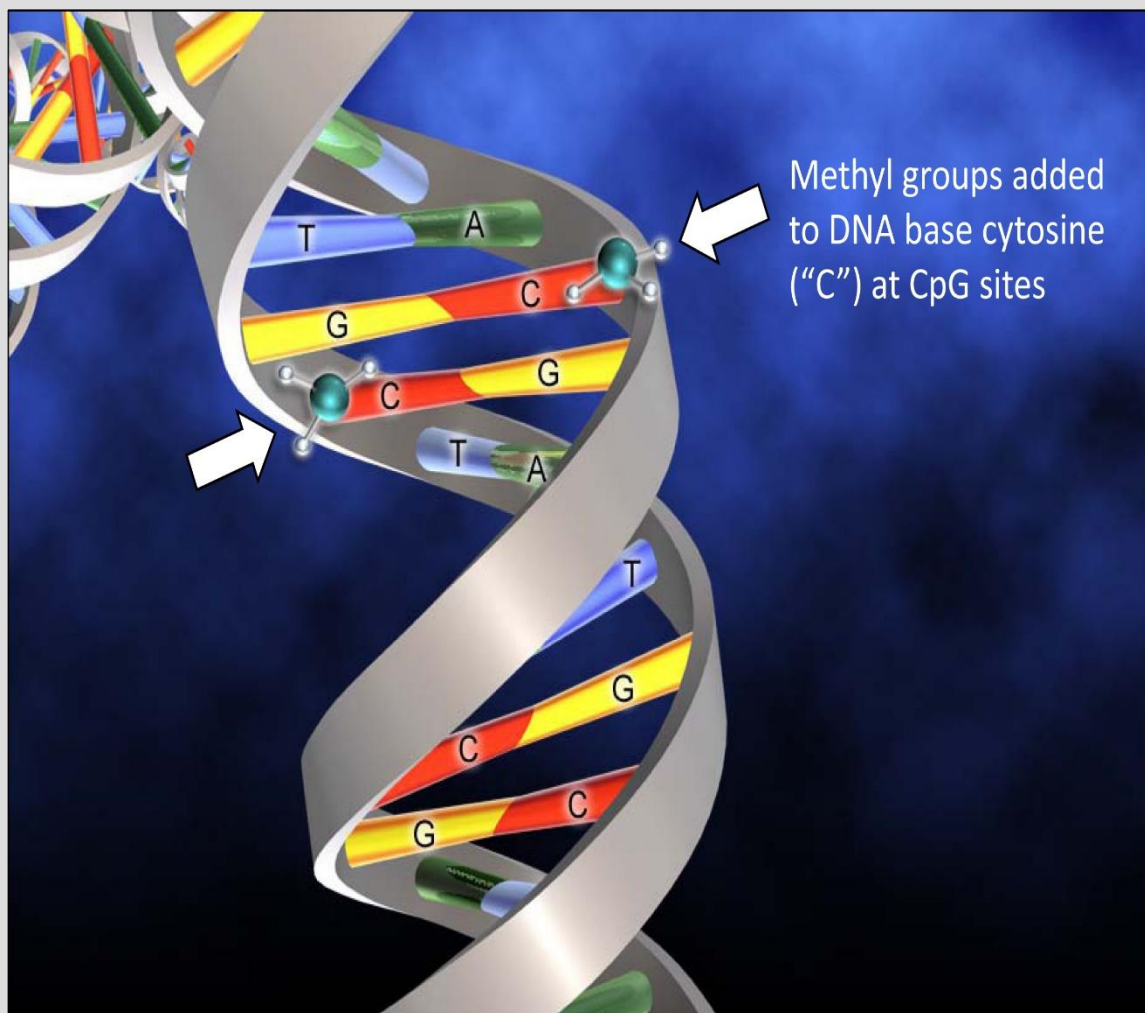
Daphnia magna



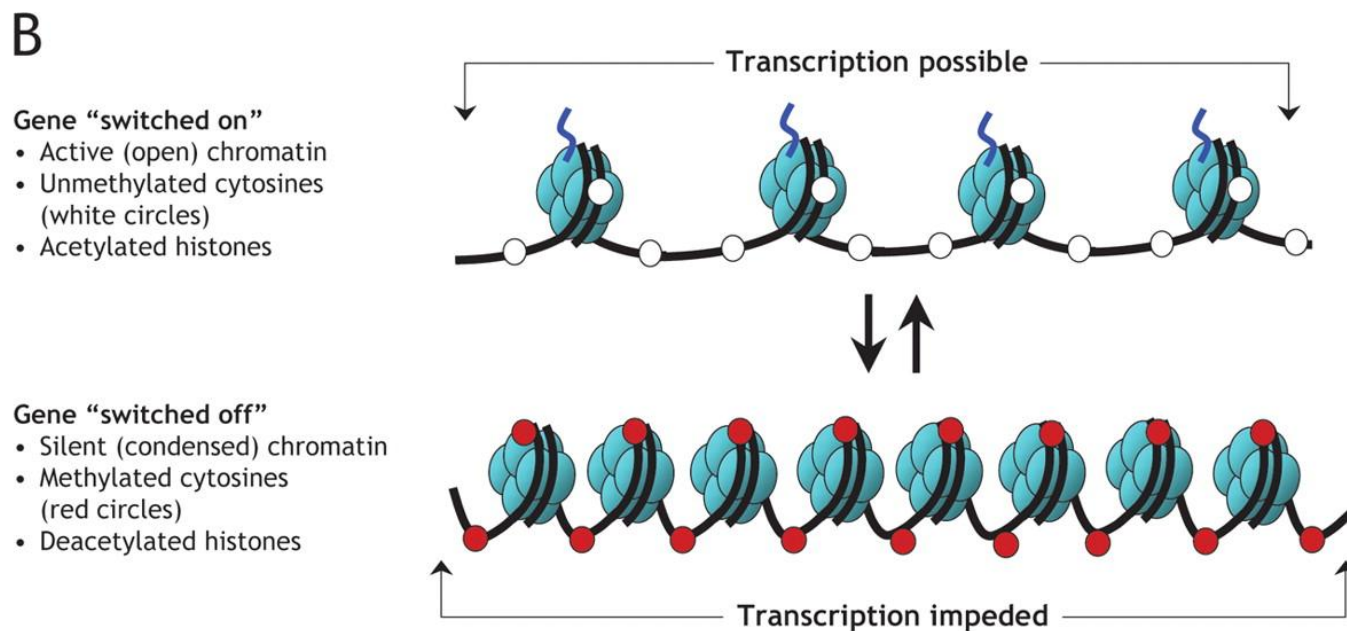
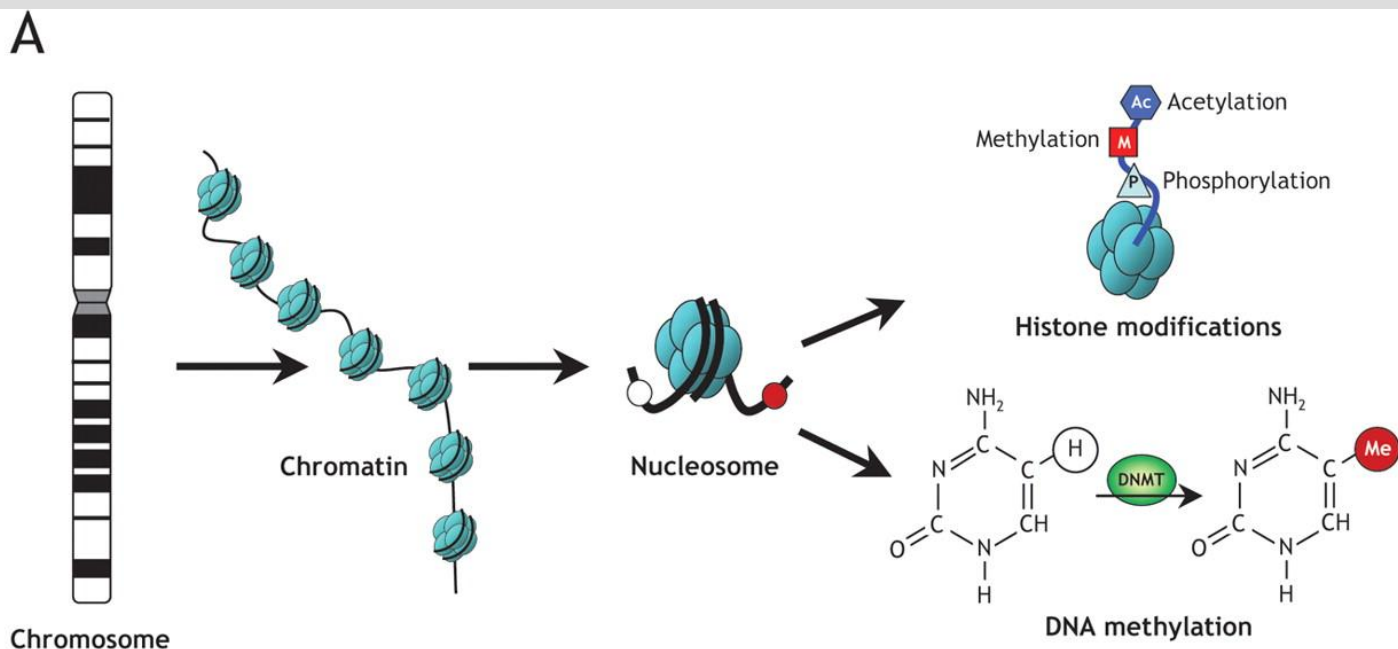
Inducible defence in *D. magna*. Adult *D. magna* showing increased bulkiness after *Triops* induction (right) compared to control animal (left). (Photo: M. Rabus).

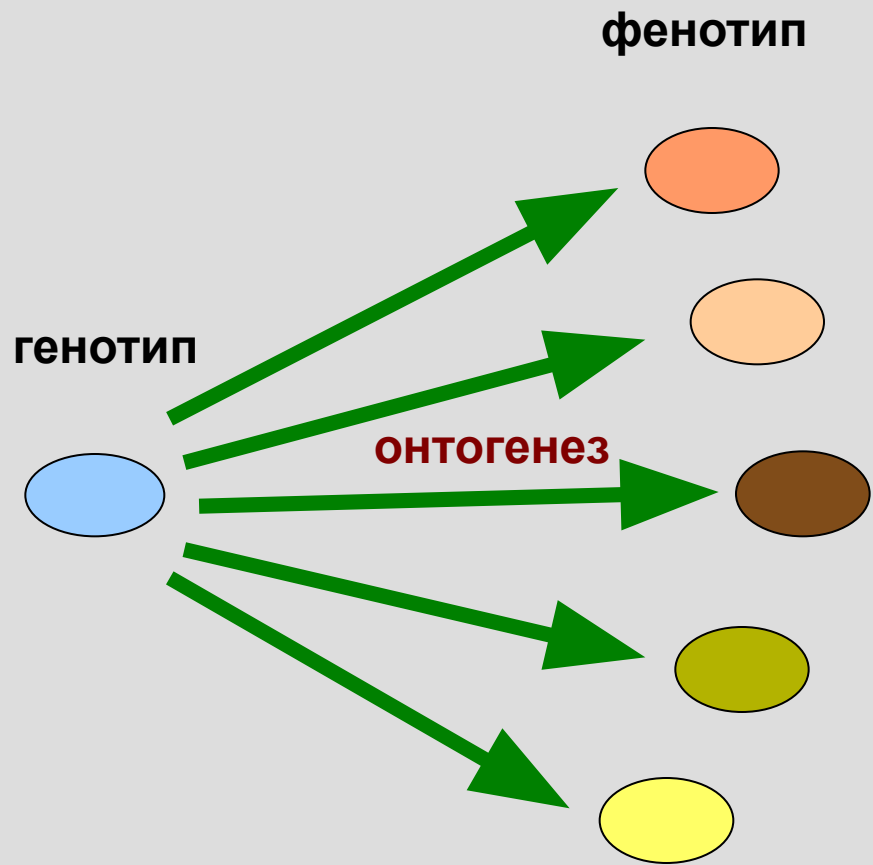


Дифференциальная экспрессия, обусловленная эпигенетической "разметкой" генома (метилование ДНК, модификация гистонов, переупаковка хроматина)

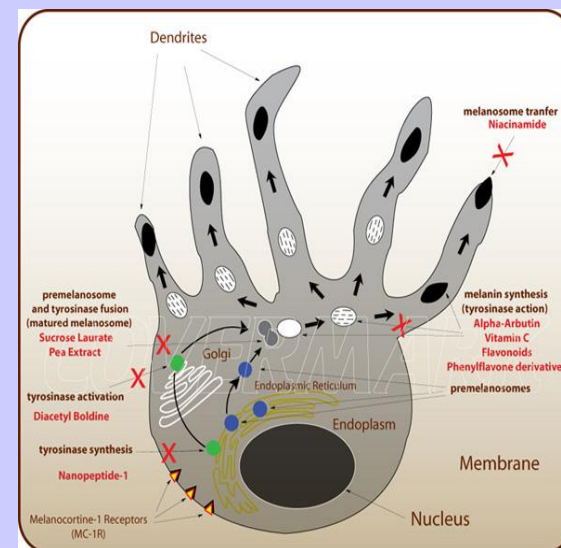
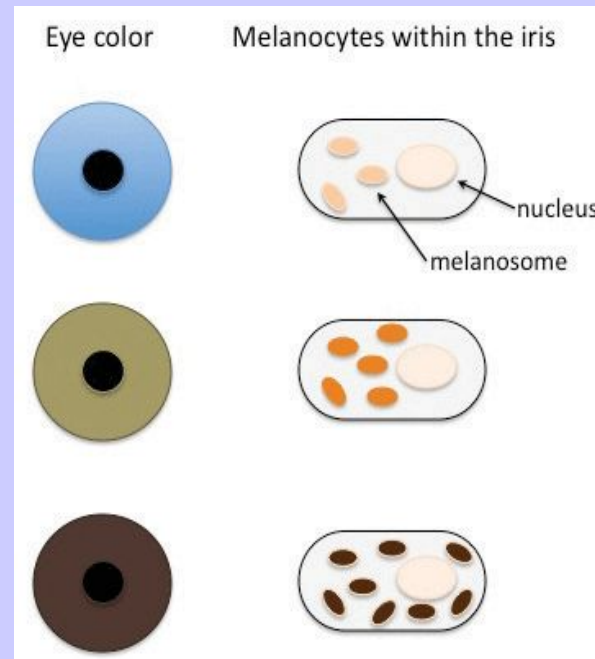


**Дифференциальная экспрессия, обусловленная
эпигенетической "разметкой" генома
(метилование ДНК, модификация гистонов,
переупаковка хроматина)**



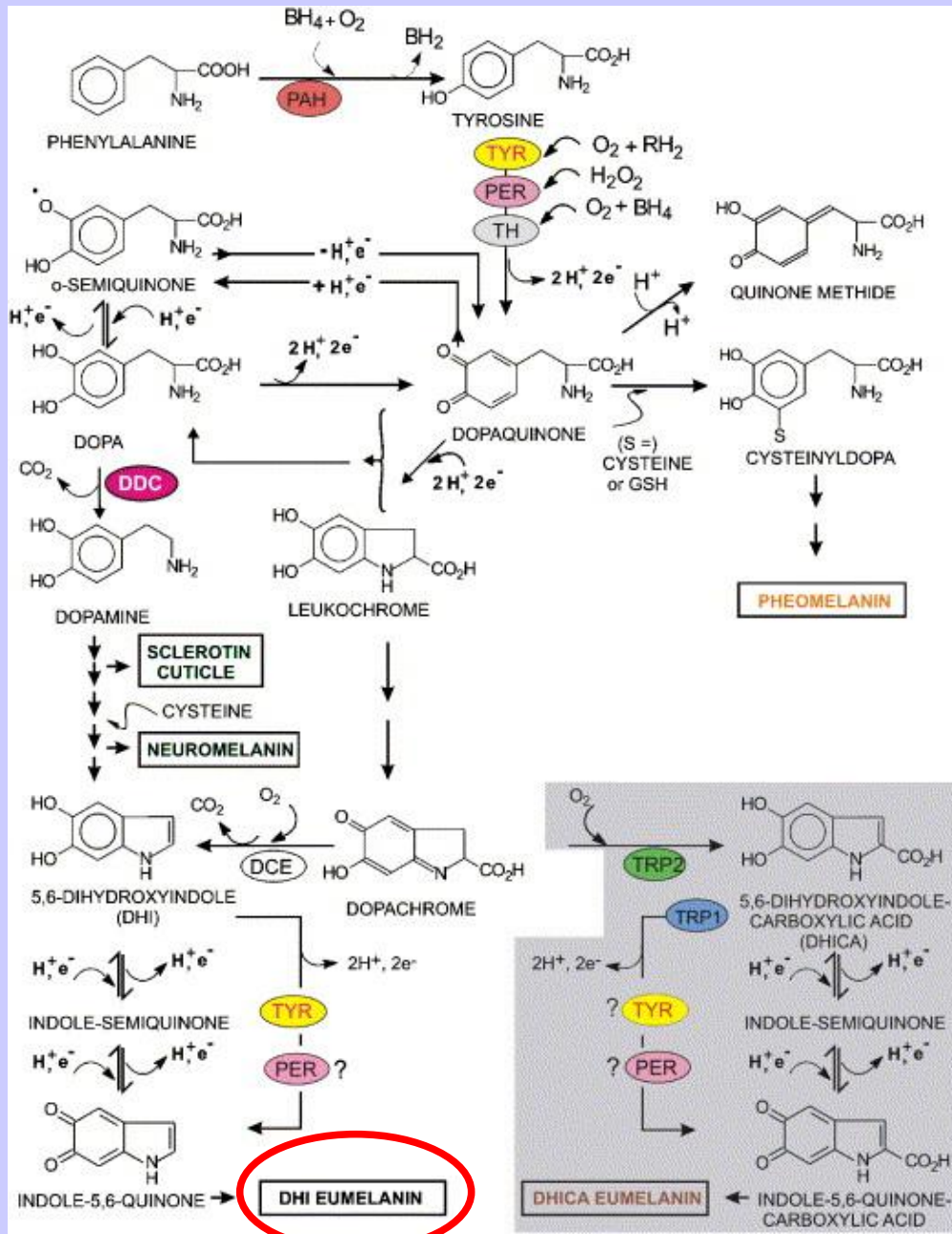


Варианты окраски глаз зависят от количества и распределения пигмента меланина в радужной оболочке.

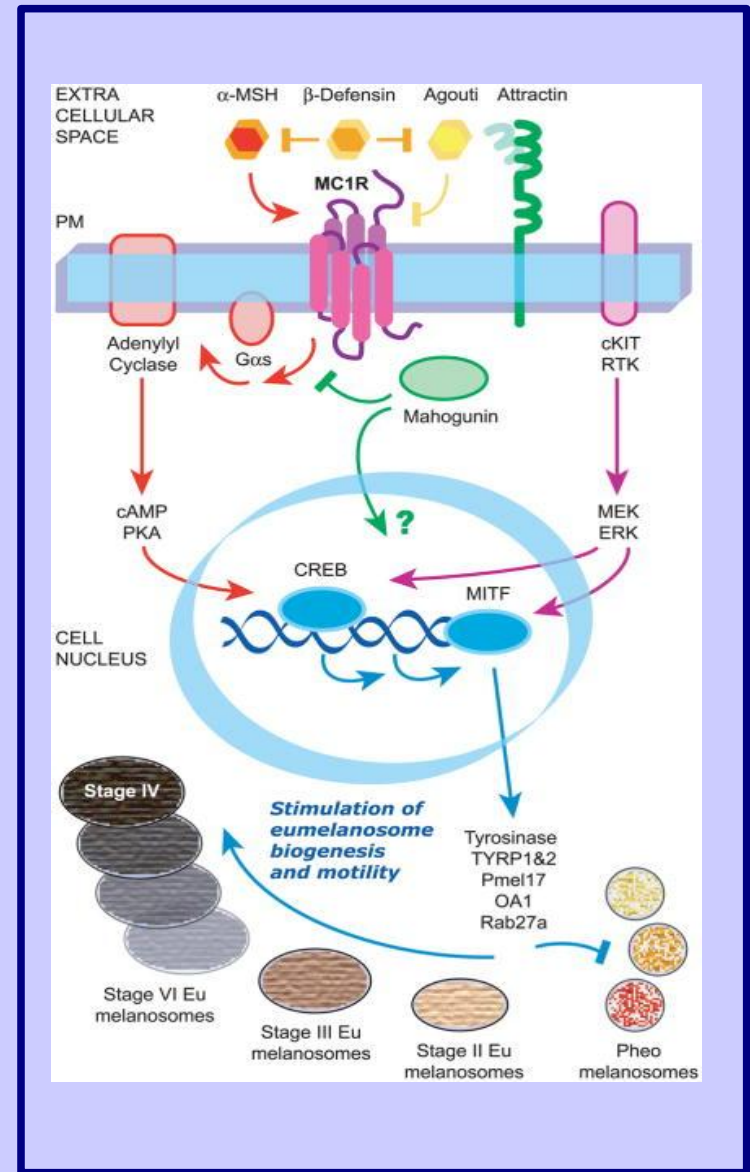


.bioscienceexplained.org; Sturm, Frudakis, 2012.

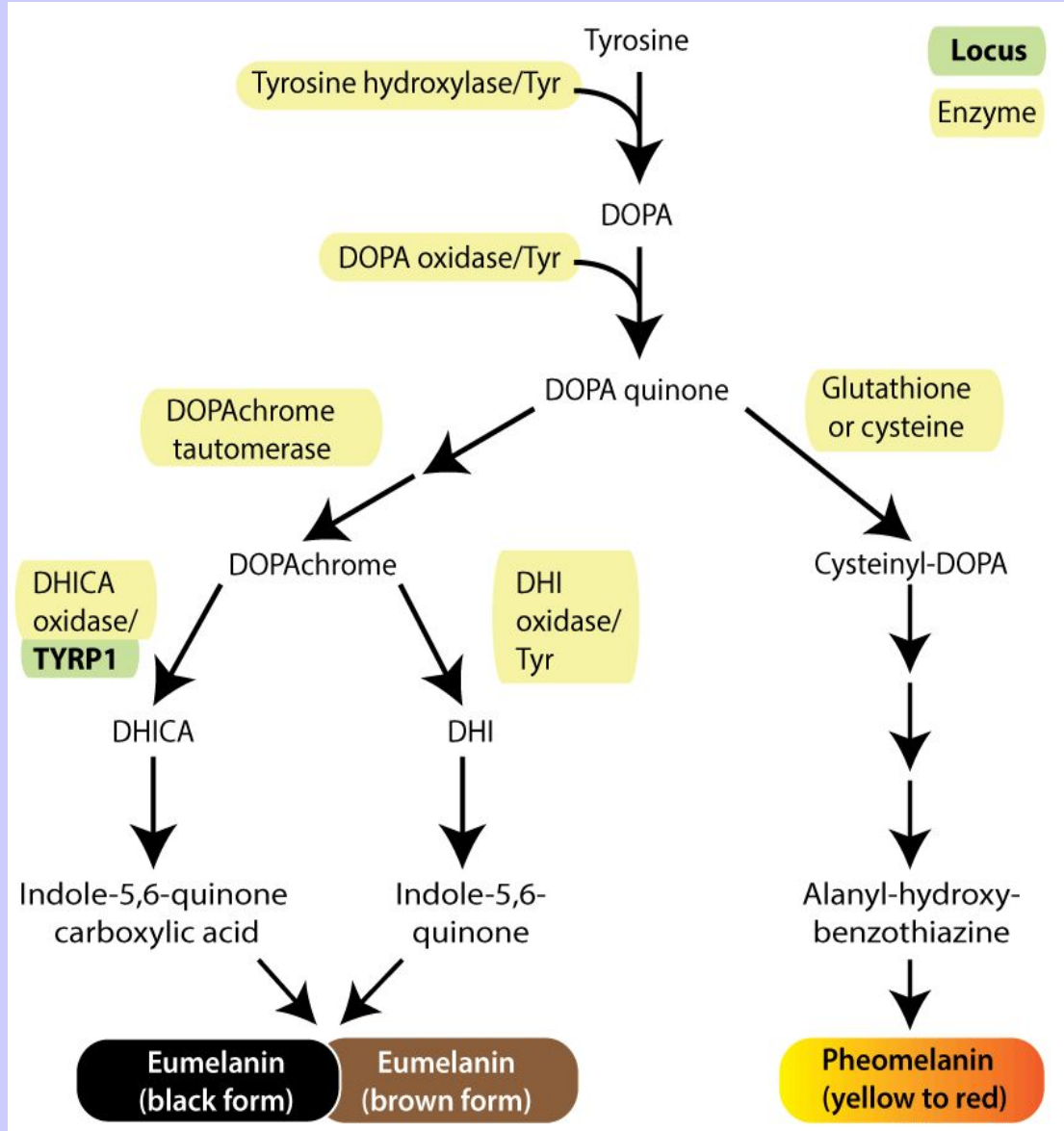
Биосинтез меланина



Регуляция синтеза меланина в меланоците



Упрощенная схема биосинтеза меланина



В середине XX века Адольф Ремане сформулировал три критерия гомологии:

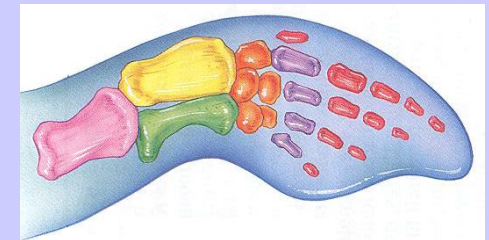
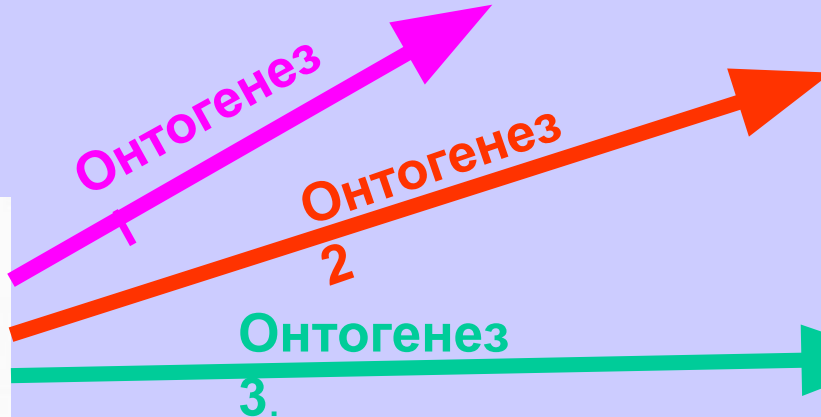
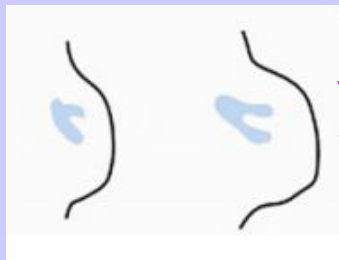
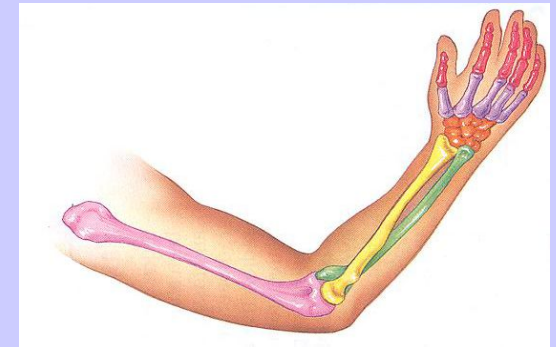
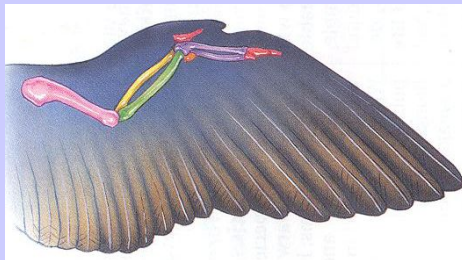
* **Критерий положения.** Гомологичными считаются части, занимающие сходное положение относительно других частей тела.

* **Критерий специального качества.** Гомологичными могут считаться только те структуры, которые сходны между собой по тонкому строению.

* **Критерий переходных форм.** Если две формы не сходны друг с другом, но связаны непрерывным рядом «переходных форм», то их можно считать гомологичными.

+ **Критерий развития.** Гомологичными считаются органы, сходным образом развивающиеся из одинаковых эмбриональных зачатков.

Онтогенез
передней
конечности.

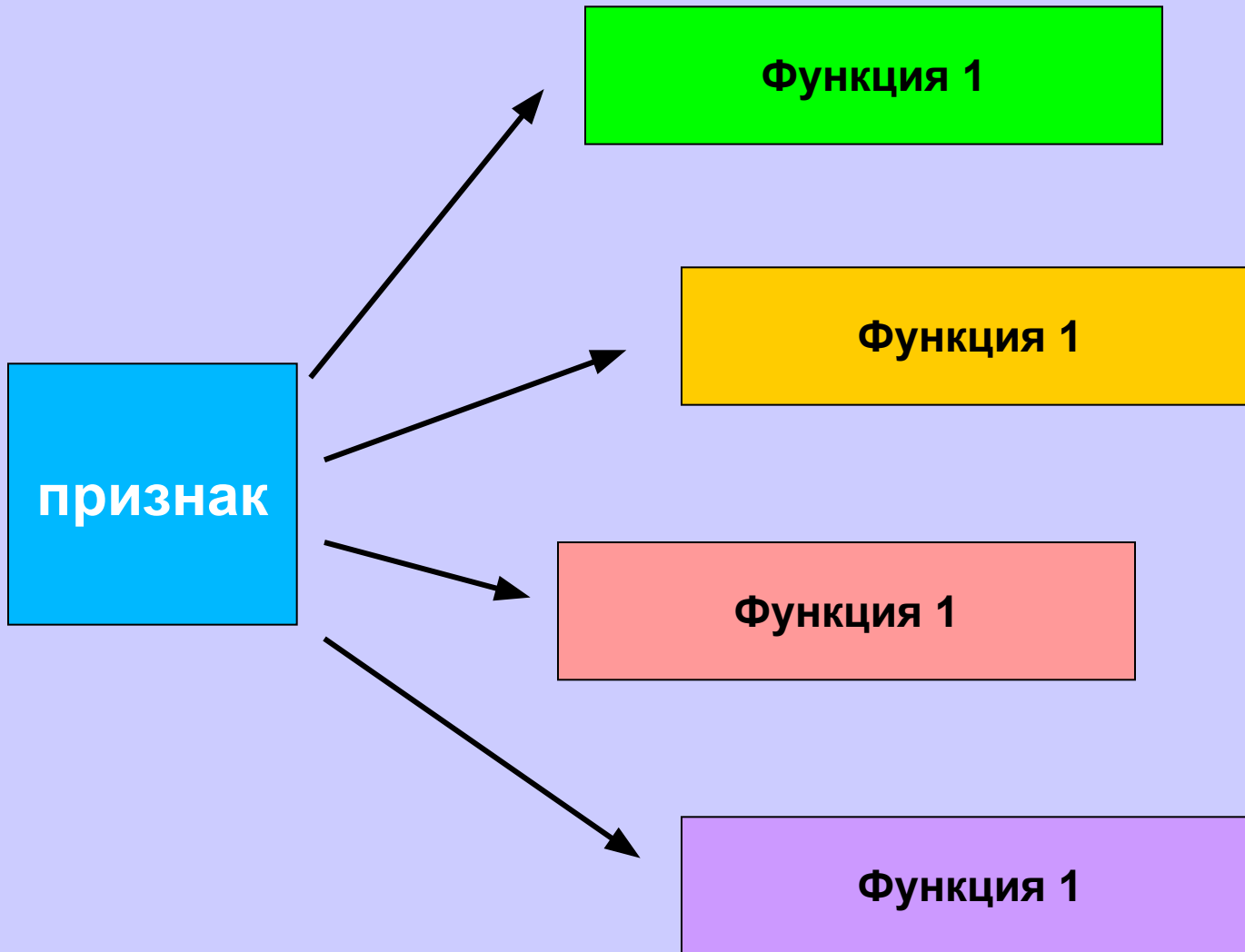


?



~~1 ГЕН = 1 ПРИЗНАК~~

~~1 ПРИЗНАК / СТРУКТУРА = 1
ФУНКЦИЯ~~



ФУНКЦИЯ = НАПРАВЛЕНИЕ ЭВОЛЮЦИИ !!!!

Onthophagus acuminatus (Coleoptera:
Scarabaeidae).



Жизненные стратегии жуков – скарабеев.

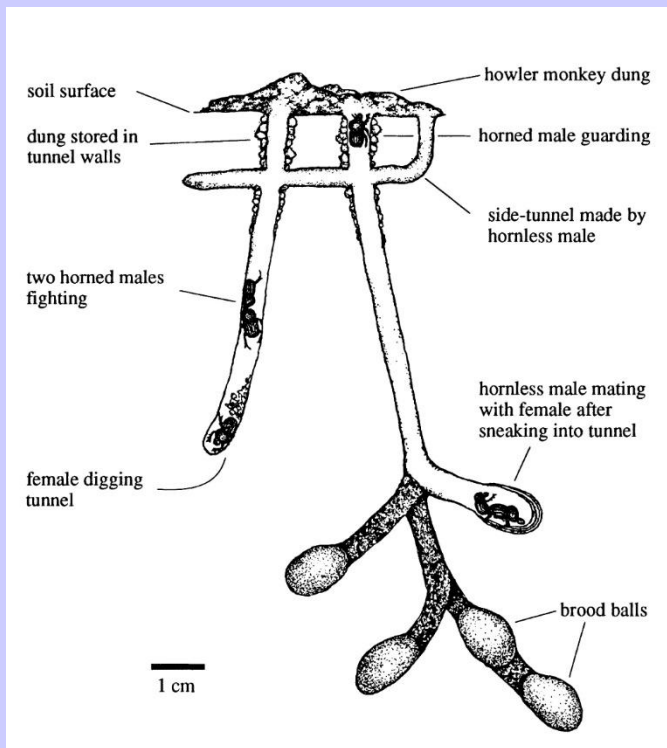
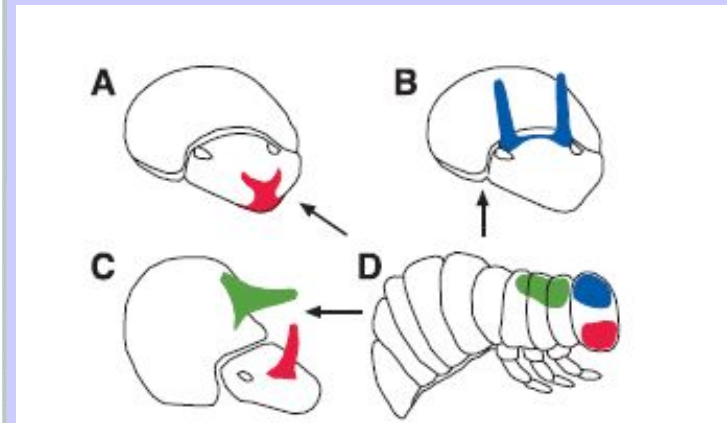
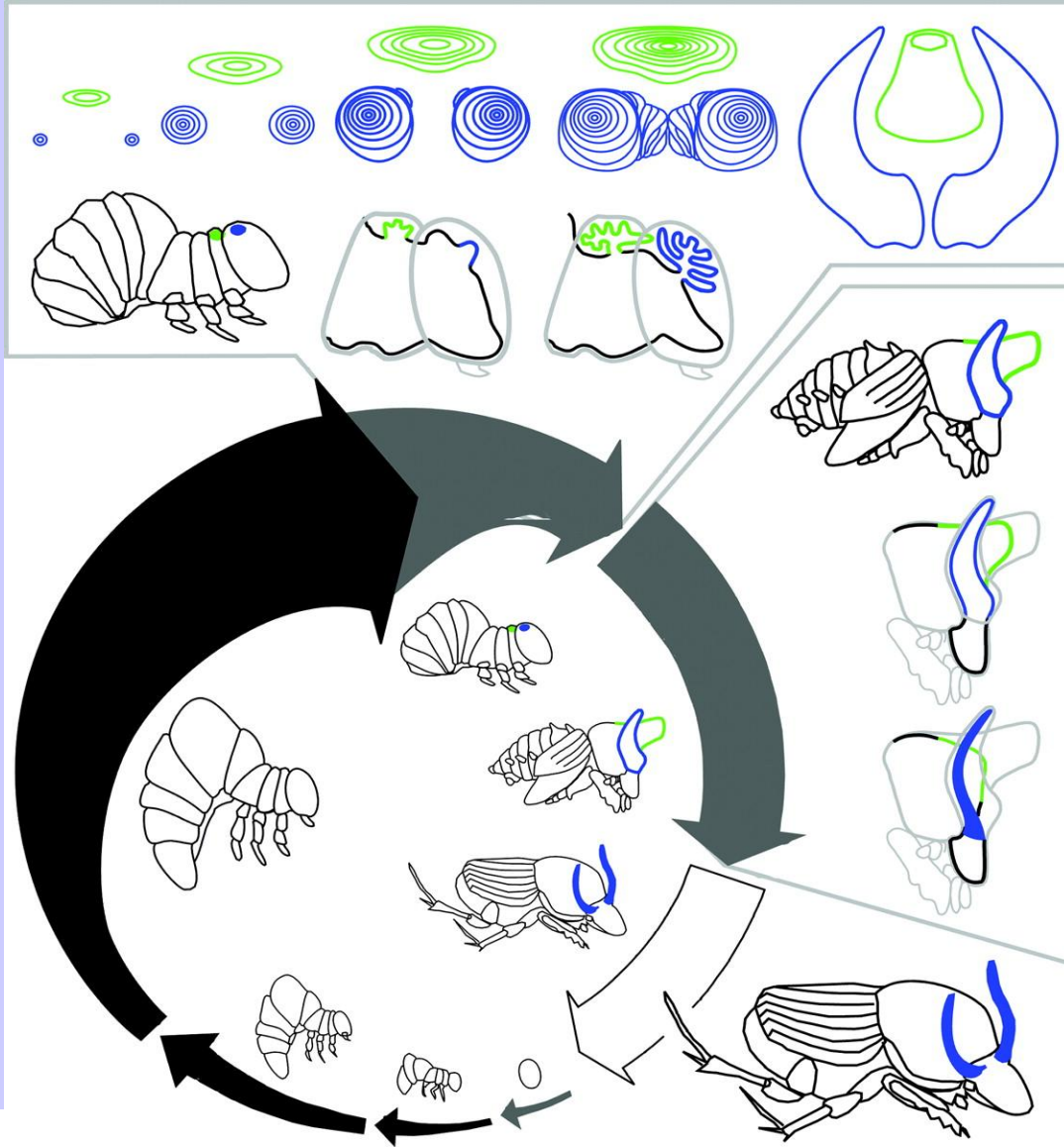
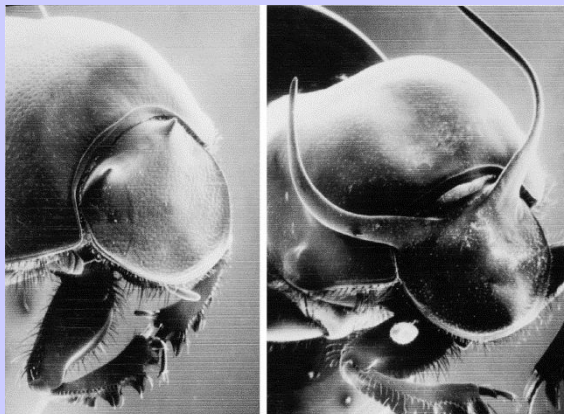


Схема развития рогов у жуков - скарабеев.

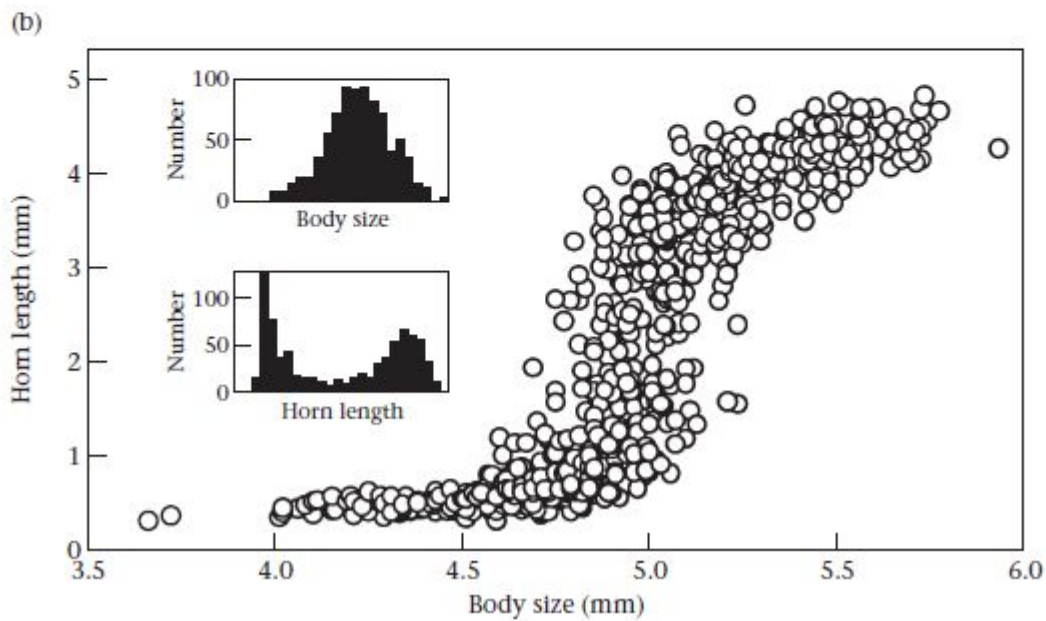


Emlen D J et al. PNAS 2007;104:8661-8668

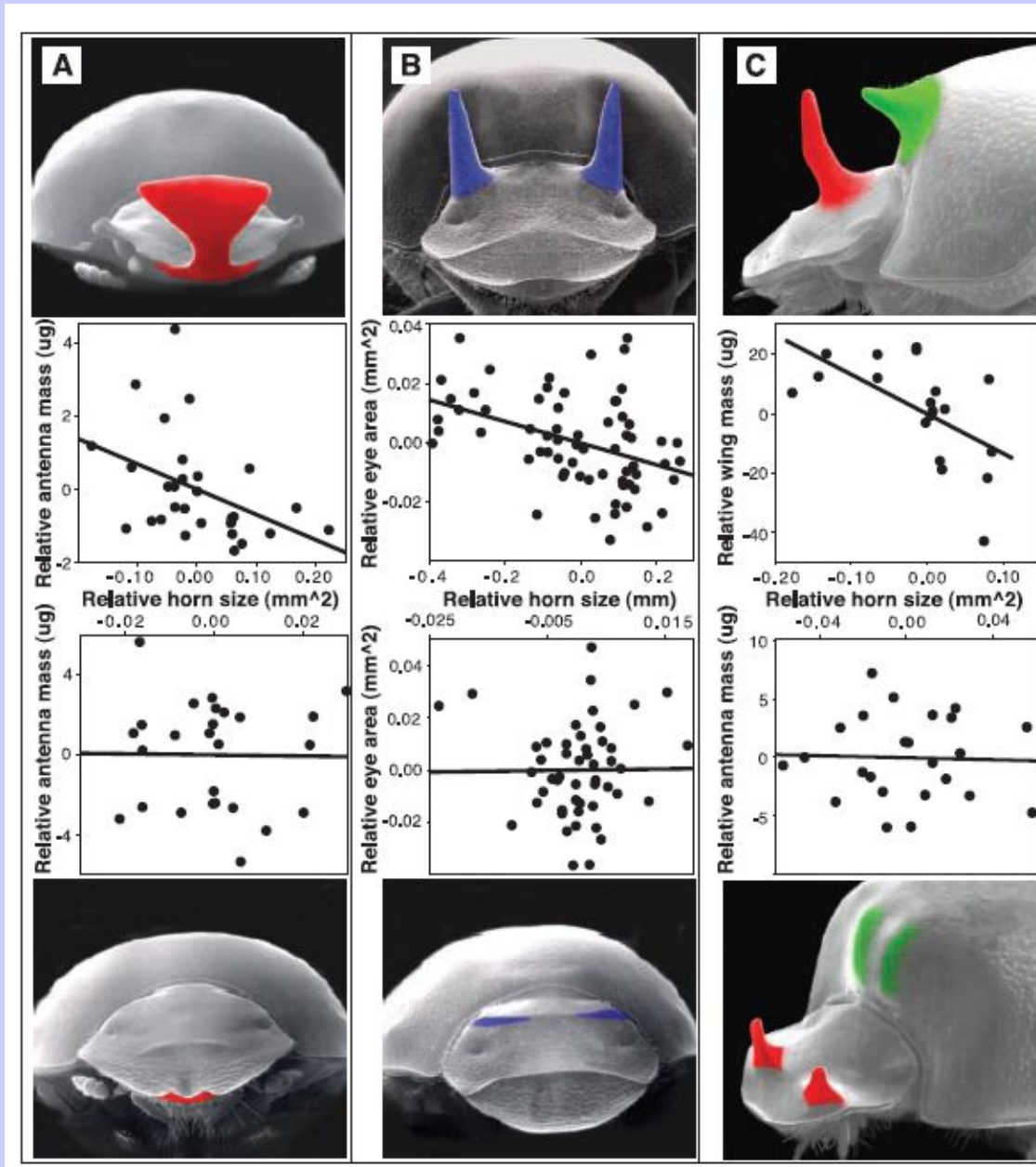


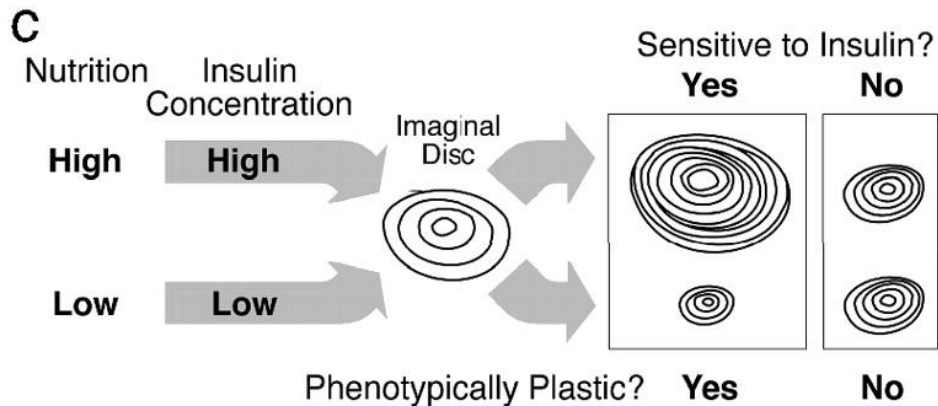
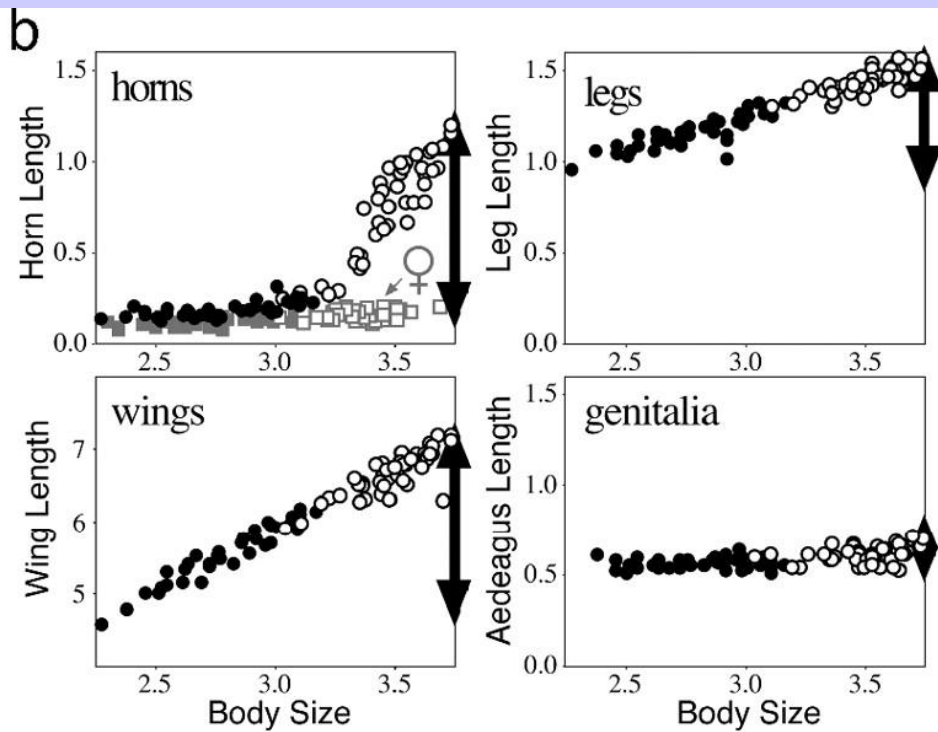


Зависимость размера рогов от размера тела.



«Цена» формирования рогов.

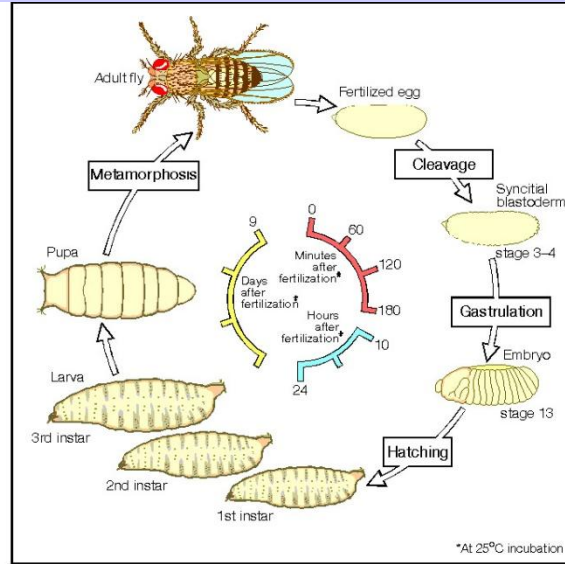
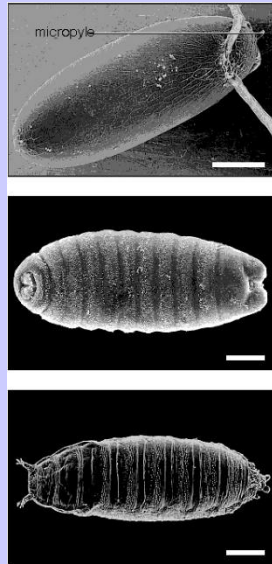
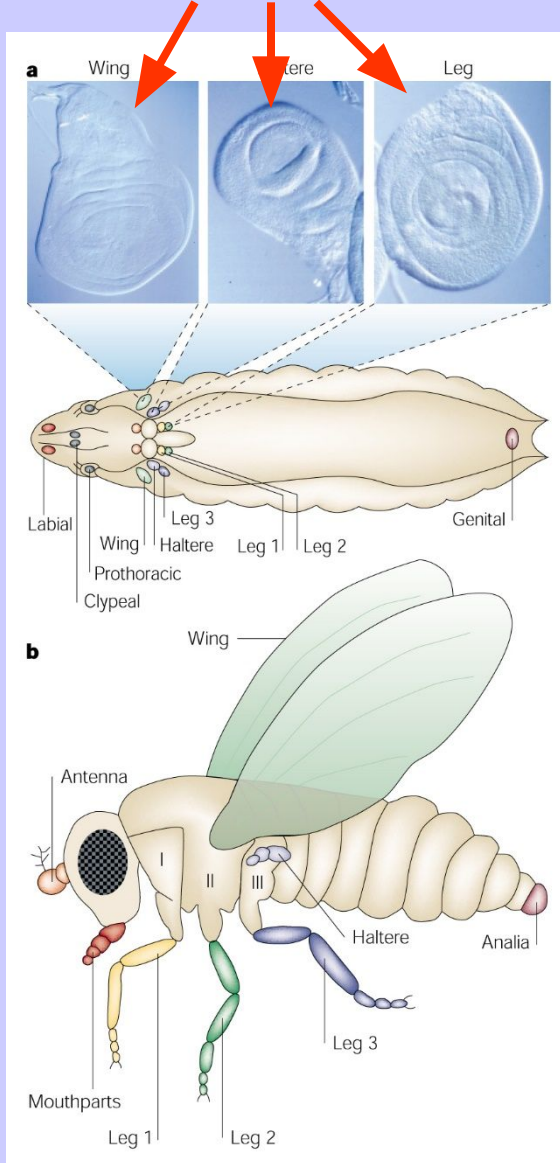




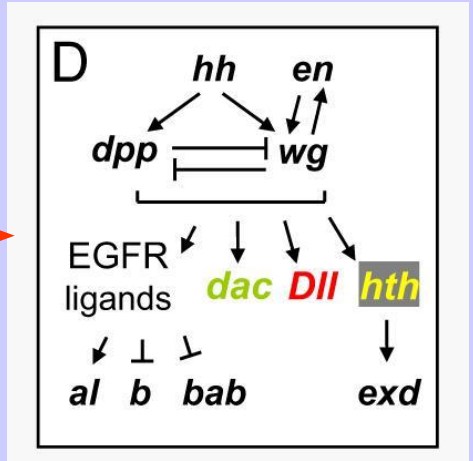
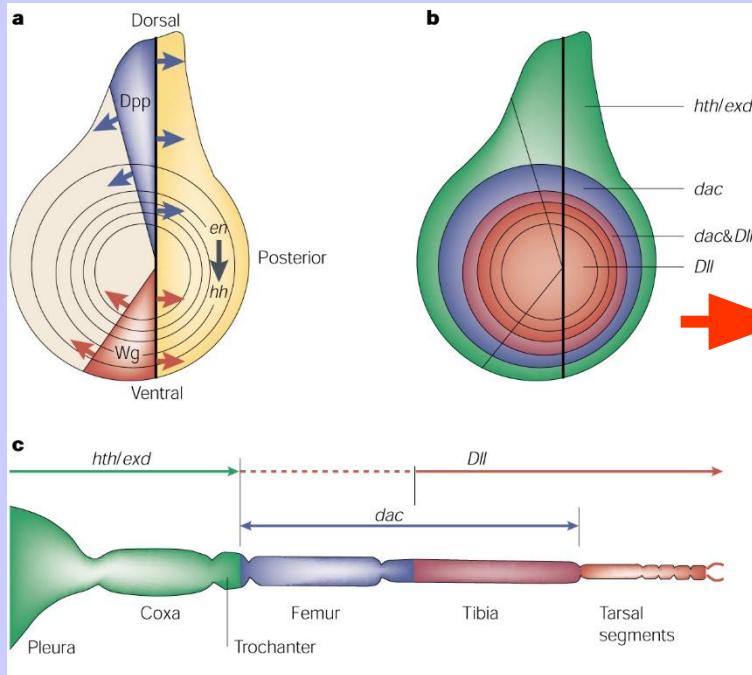
Emlen D J et al. PNAS 2007;104:8661-8668

Жизненный цикл *Drosophila*

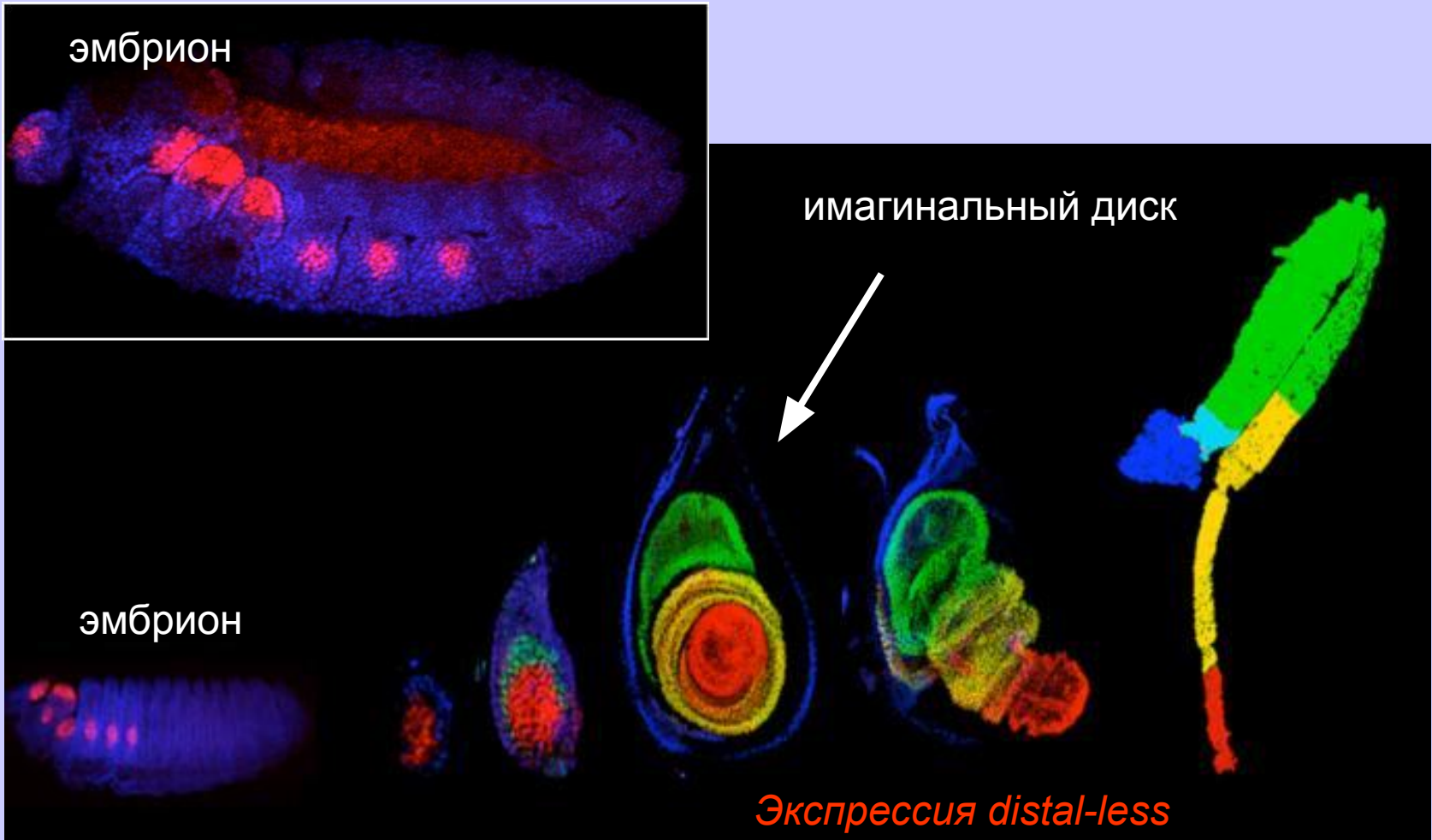
Имагинальные диски личинки.



Имагинальный диск конечности

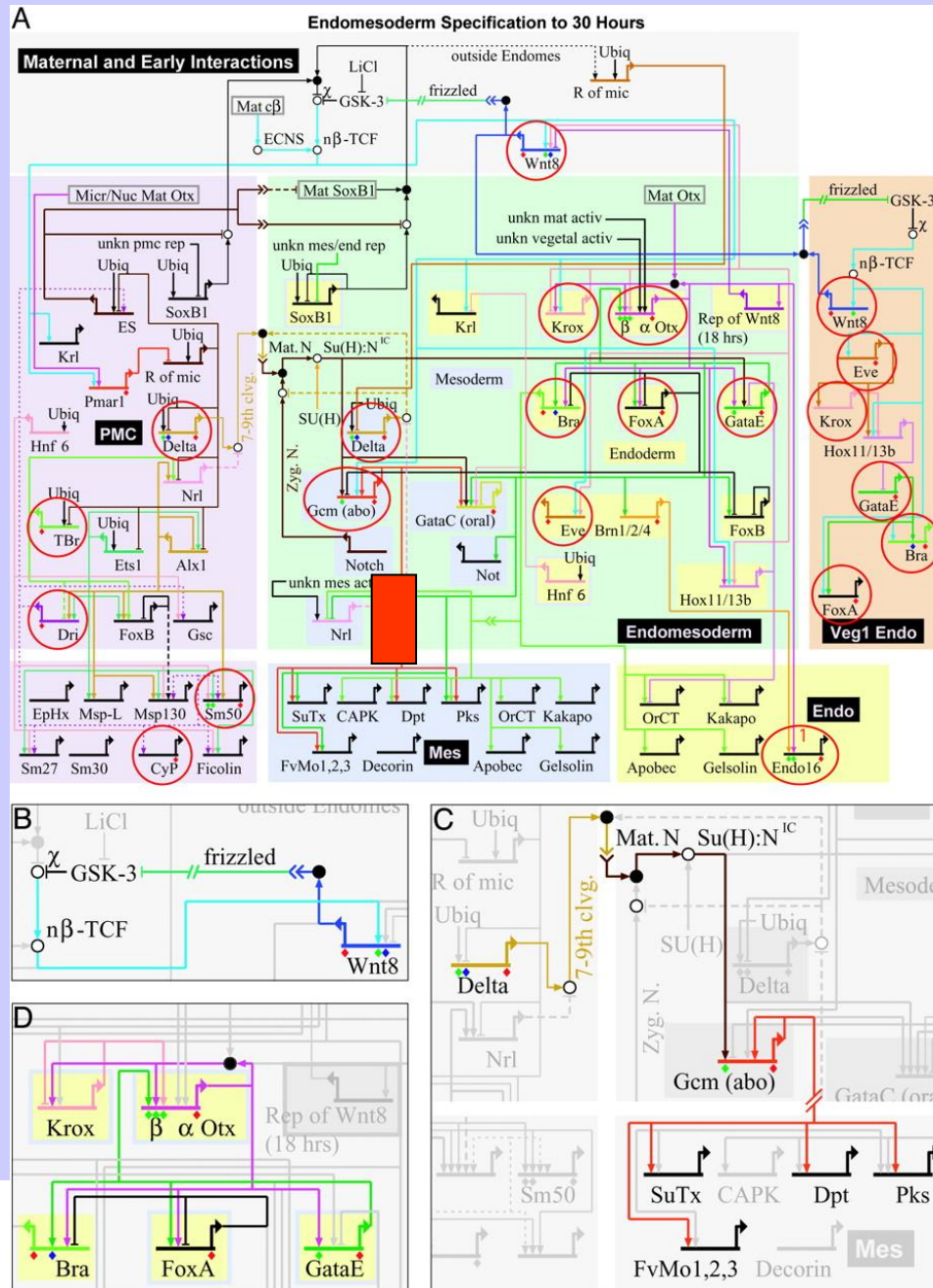


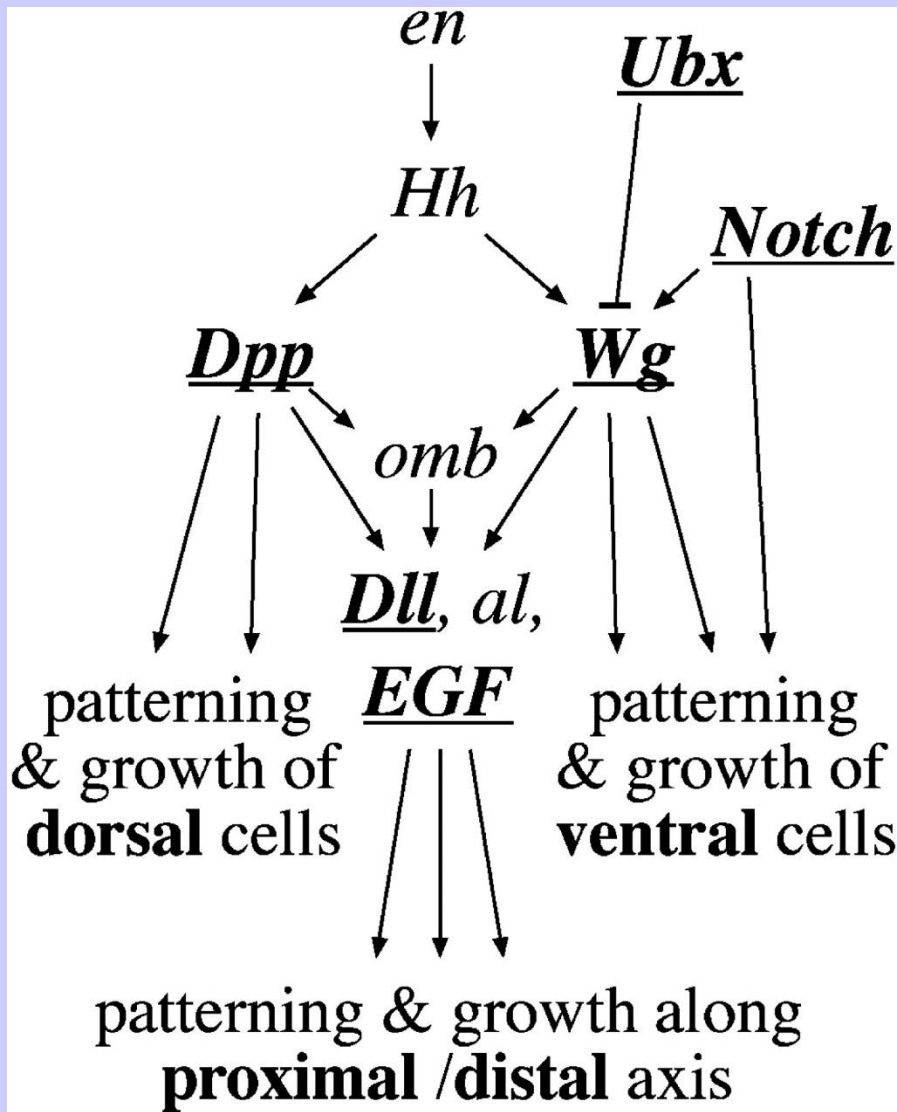
РАЗВИТИЕ КОНЕЧНОСТИ *Drosophila*.



Пример генетической регуляторной сети.

Levine M, and Davidson
 E H PNAS
 2005;102:4936-4942

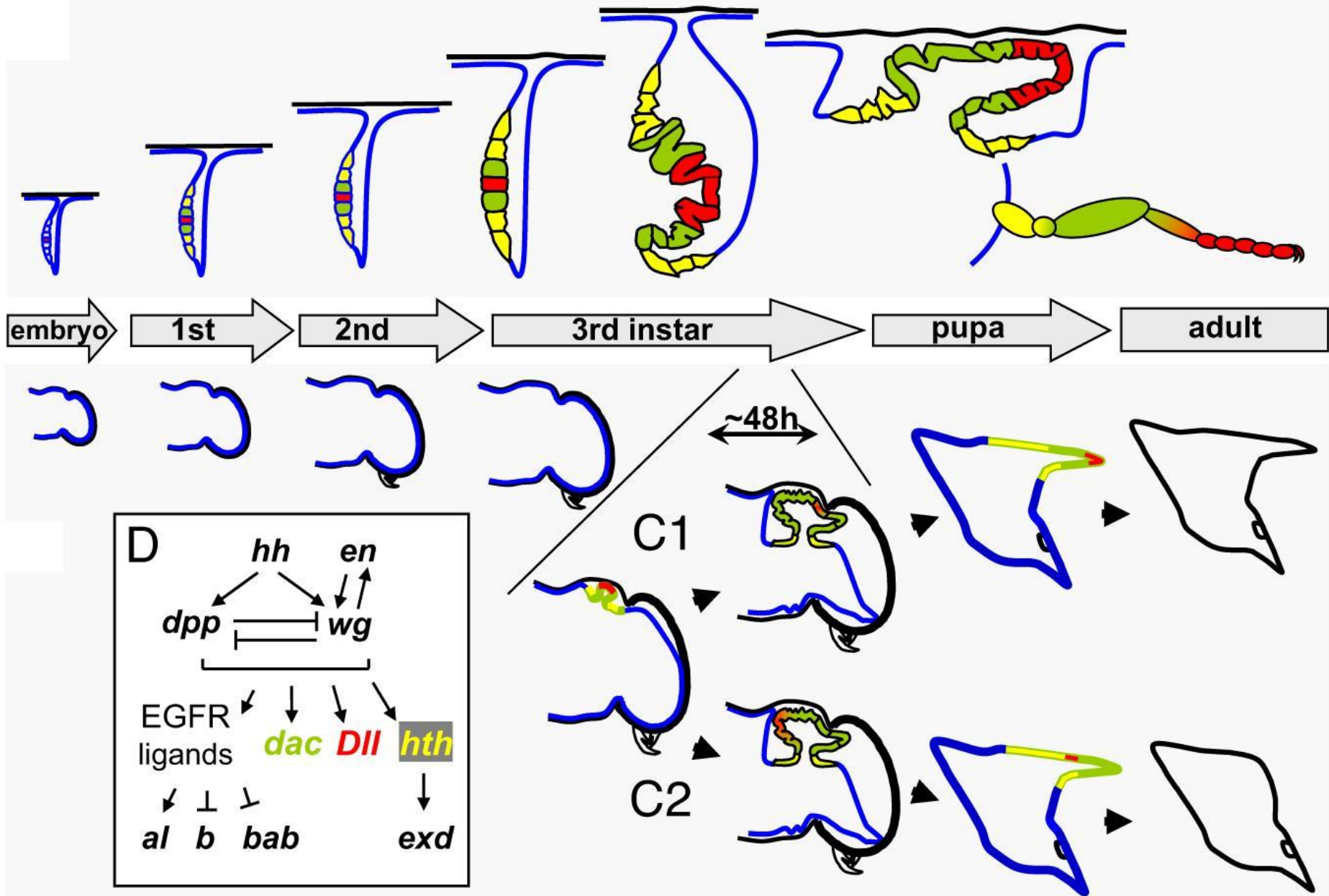




Генетическая регуляторная сеть, обеспечивающая дифференцировку и рост имагинального диска конечности *Drosophila*. Сигнальные молекулы и факторы транскрипции регулируют направленную пролиферацию клеток.

en, engrailed; *Hh*, Hedgehog; *Ubx*, Ultrabithorax; *Dpp*, Decapentaplegic; *omb*, optomotor-blind; *Dll*, Distal-less; *al*, arista-less; *EGF*, epidermal growth factor

Экспрессия генов модуля регуляторной сети в конечности и рогах жуков.



Как регулируется формирование рисунка на крыльях бабочек?



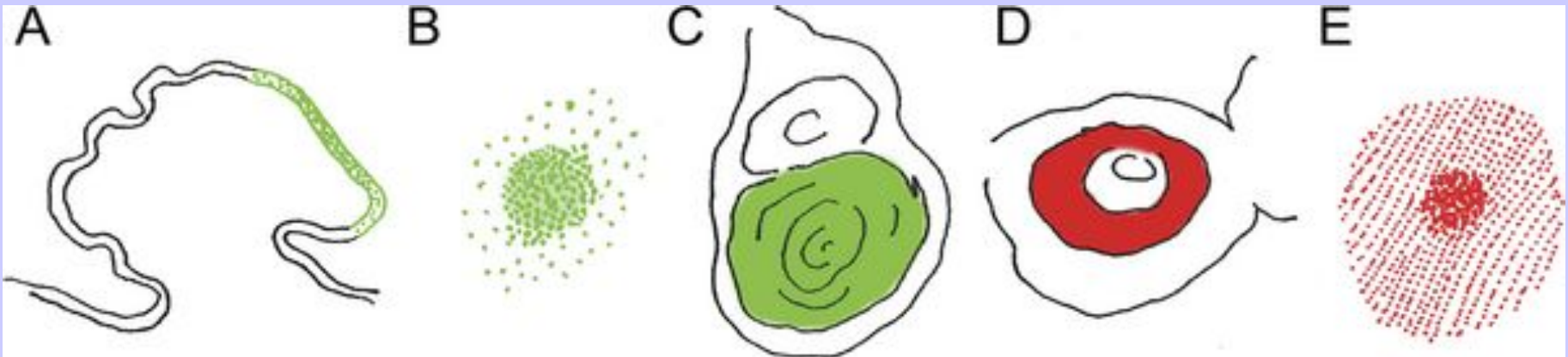
Экспрессия одинаковых генов при формировании негомологичных структур.

транскрипционный фактор *Distal-less*

Dll, закладка рога у жука-скарабея

Dll, закладка пятна на крыле бабочки

Spal, закладка конечности насекомого

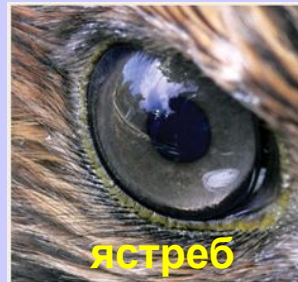
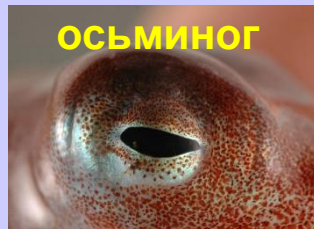
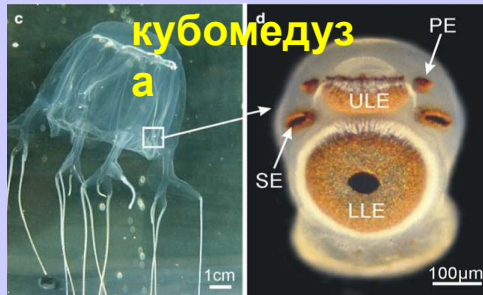


Dll, закладка конечности насекомого

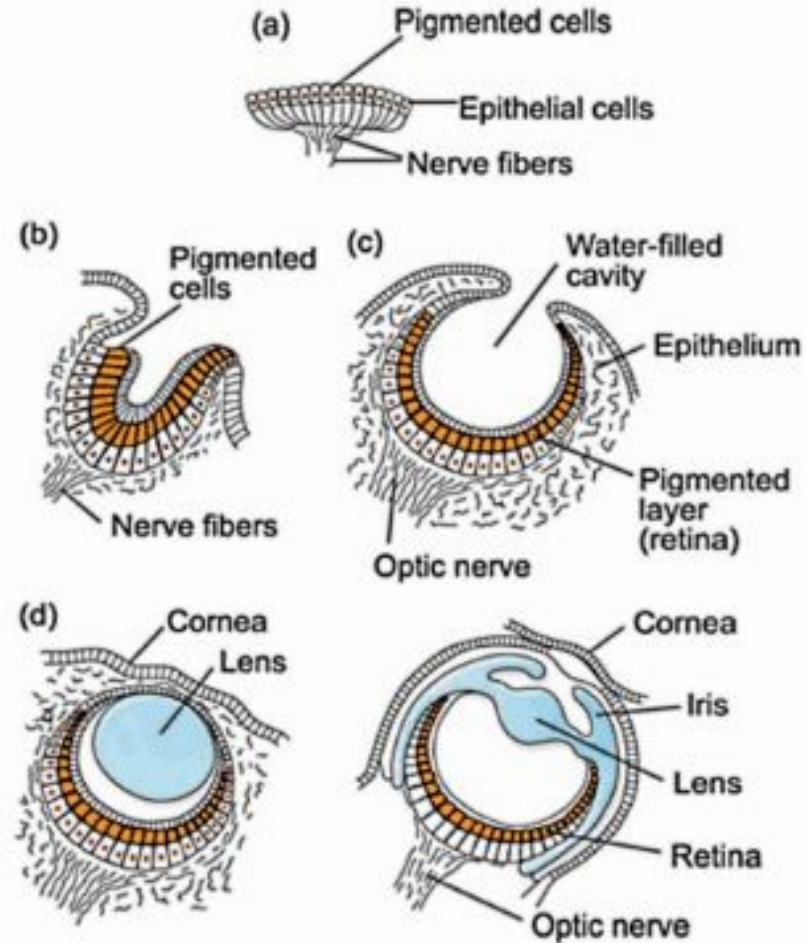
Spal, пятна на крыле бабочки

транскрипционный фактор *Spalt*

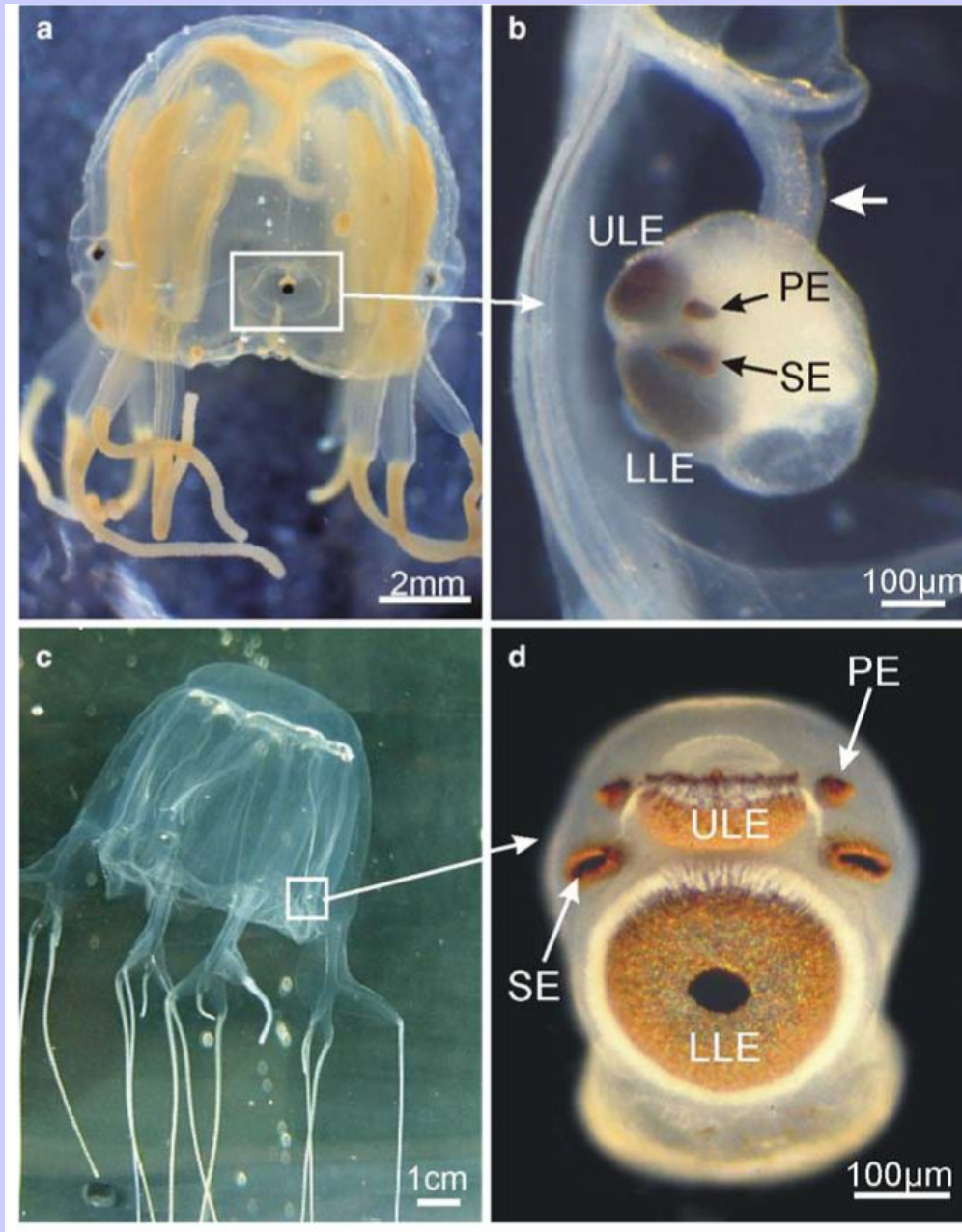
Monteiro A, Podlaha O (2009) Wings, Horns, and Butterfly Eyespots: How Do Complex Traits Evolve?. PLoS Biol 7(2): e1000037.
doi:10.1371/journal.pbio.1000037
<http://www.plosbiology.org/article/info:doi/10.1371/journal.pbio.1000037>



ЭВОЛЮЦИЯ ГЛАЗА



Tripedalia, Chiropsella (Cnidaria, Cubozoa)



Строение глаз кубомедуз.

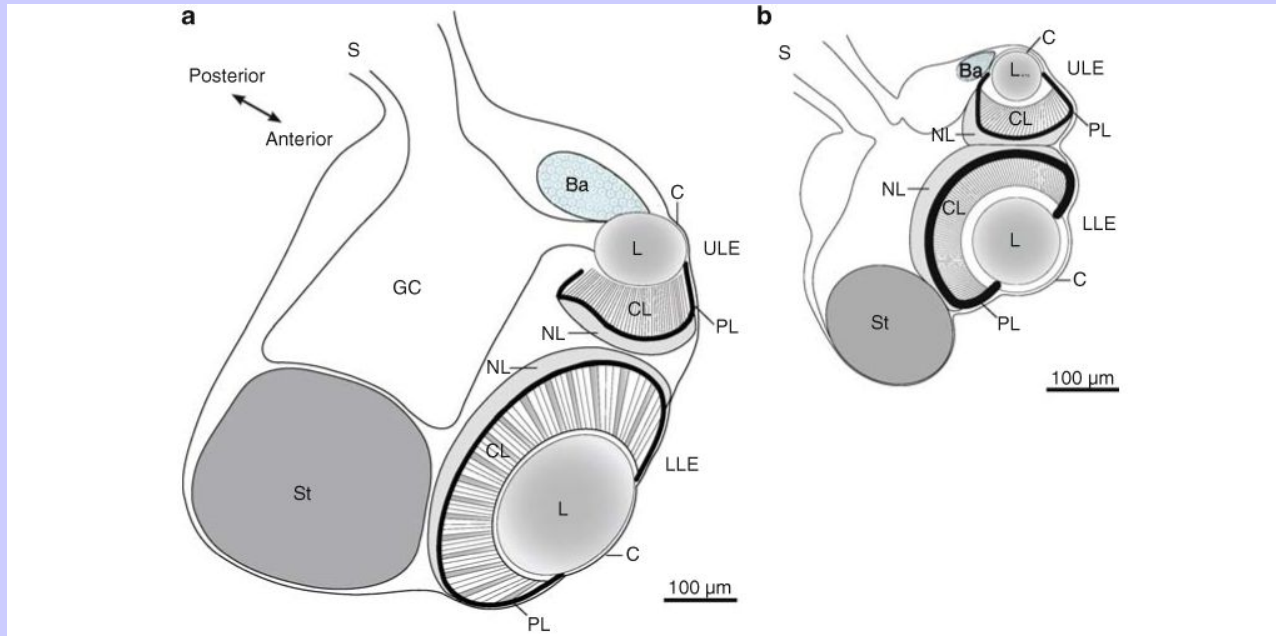


Fig. 1 Schematic diagram of the sagittal plane through rhopalia of **a** *Chiropsella bronzie* and **b** *Tripedalia cystophora*. Box jellyfish have two different camera-type eyes, the upper lens-eye (ULE) and lower lens-eye (LLE), as well as two pairs of pigment pit eyes (not in the sagittal plane). Both the upper and lower lens-eyes contain the typical components of camera-type eyes: a cornea (C), a lens (L), and a retina consisting of a ciliary layer (CL), a pigment layer (PL) and neural layer (NL). In contrast to *T. cystophora*, the lenses of *C. bronzie* are

not spherical. Additionally, in *C. bronzie*, the pigment layer of the upper lens-eye does not meet the lens at the posterior side of the rhopalia. At the peripheral end of the rhopalia, there is a crystalline weight (statocyst, St). The gastric cavity (GC) extends into the rhopalia via the stalk (S) and a mass of large cells, referred to as “balloon cells” (Ba), is covering part of the aperture of the upper lens-eye, and extending towards the rhopalial stalk

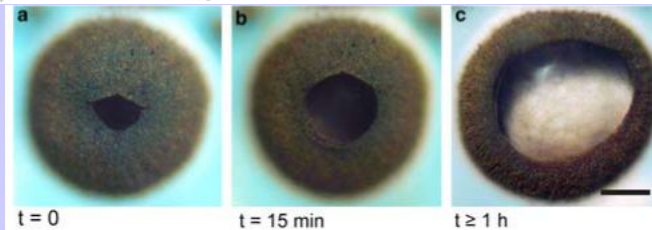
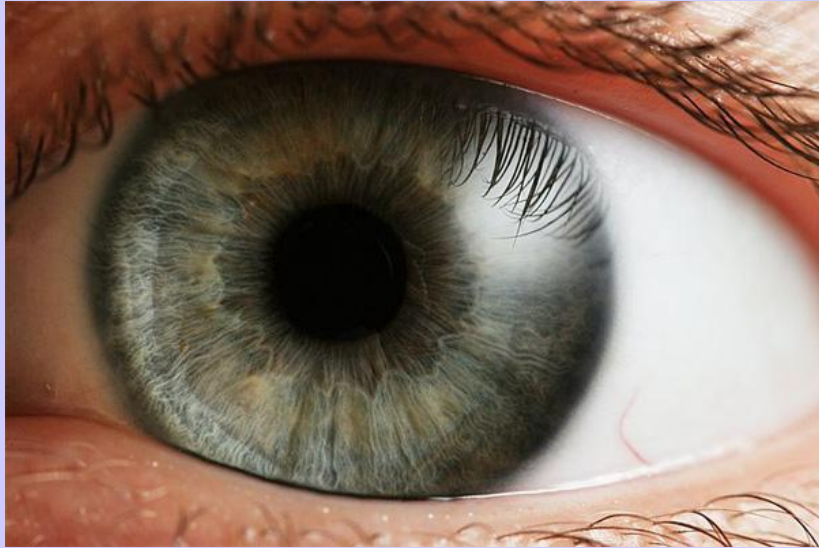
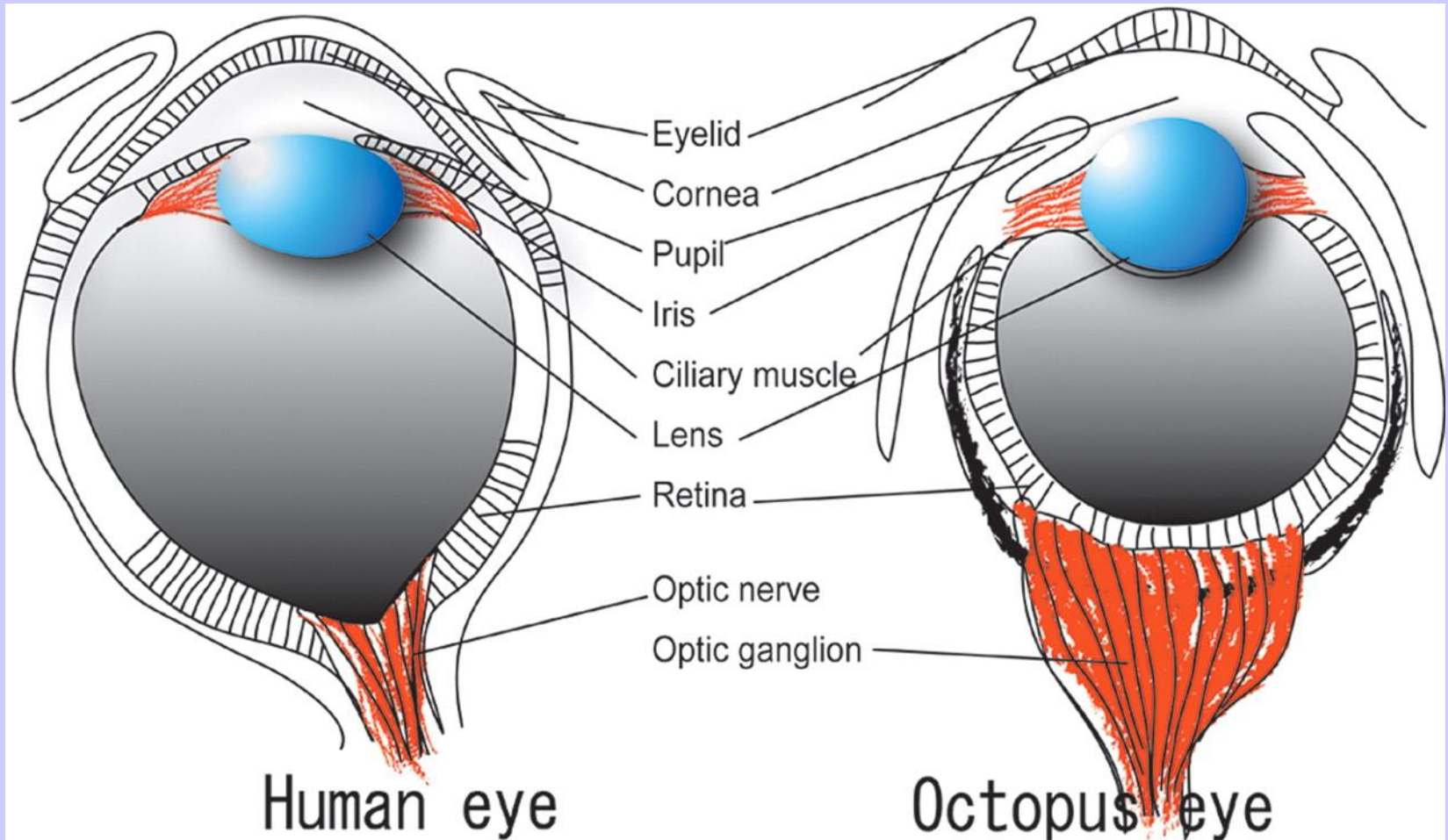


Fig. 4 Constriction and dilation of the pupil of the lower lens-eye of *Chiropsella bronzie* under different light adaptation states. **a** A fully light-adapted eye with constricted pupil, **b** after 15 min of dark adaptation and **c** after $\geq 1 \text{ h}$ in total darkness. Scale bar 100 μm



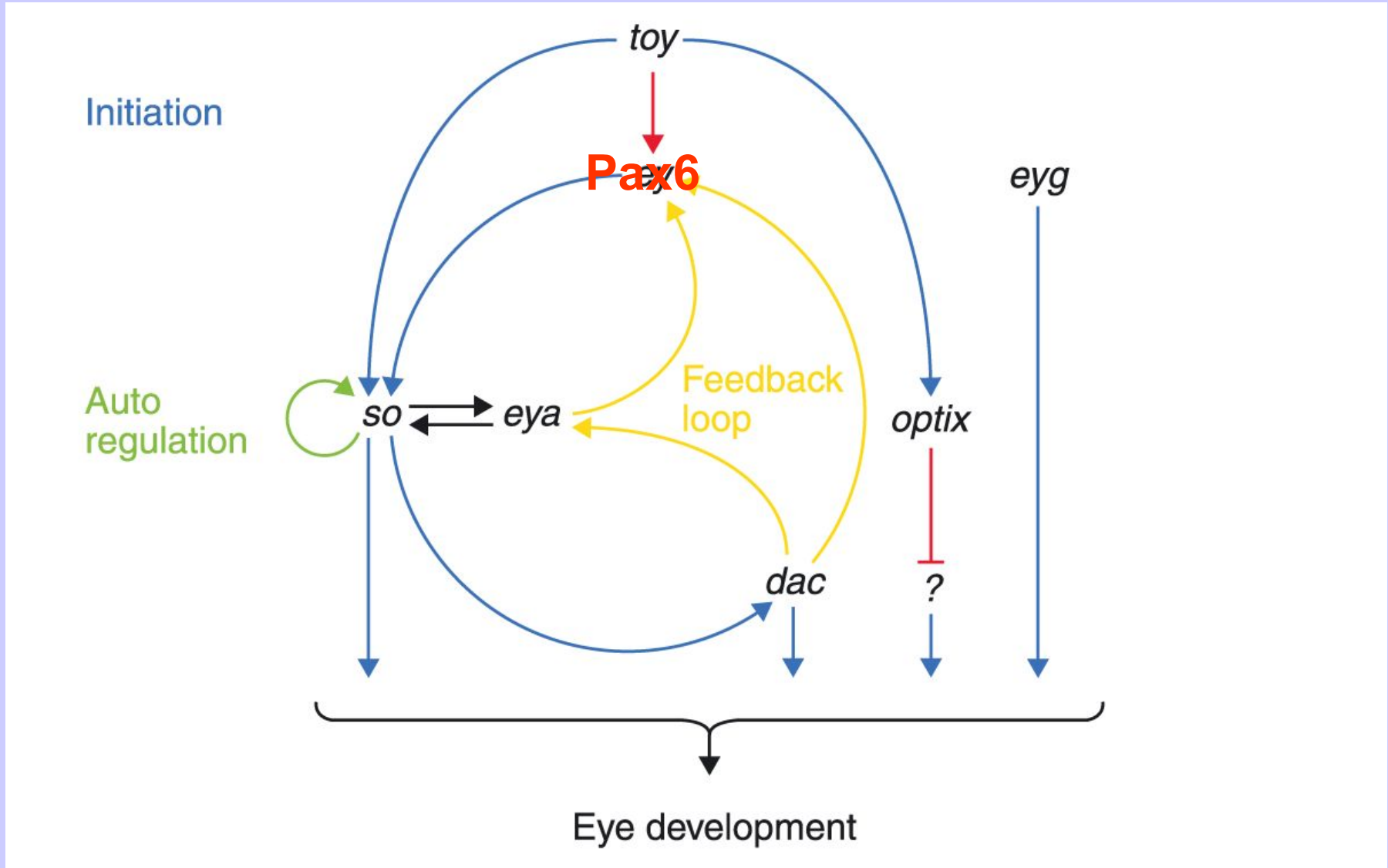
Строение глаз человека и осьминога.



Ogura A et al. *Genome Res.* 2004;14:1555-1561



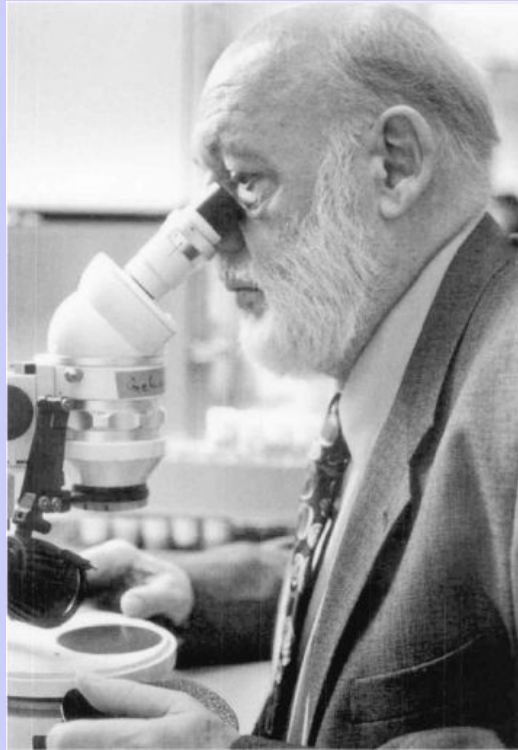
Модуль генетической регуляторной сети, обеспечивающий формирование глаз.



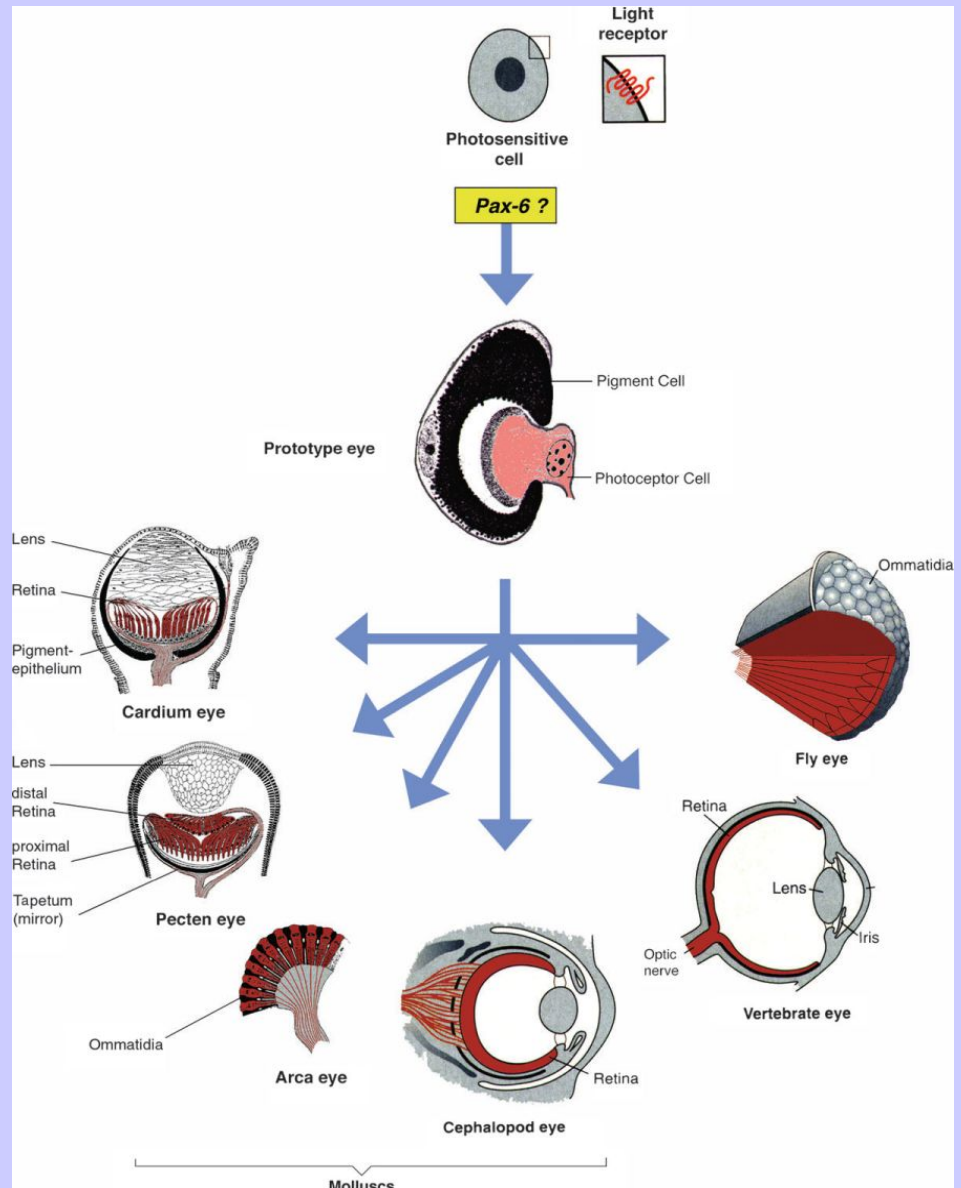
ЭКТОПИЧЕСКАЯ ЭКСПРЕССИЯ Рах6 в эксперименте.

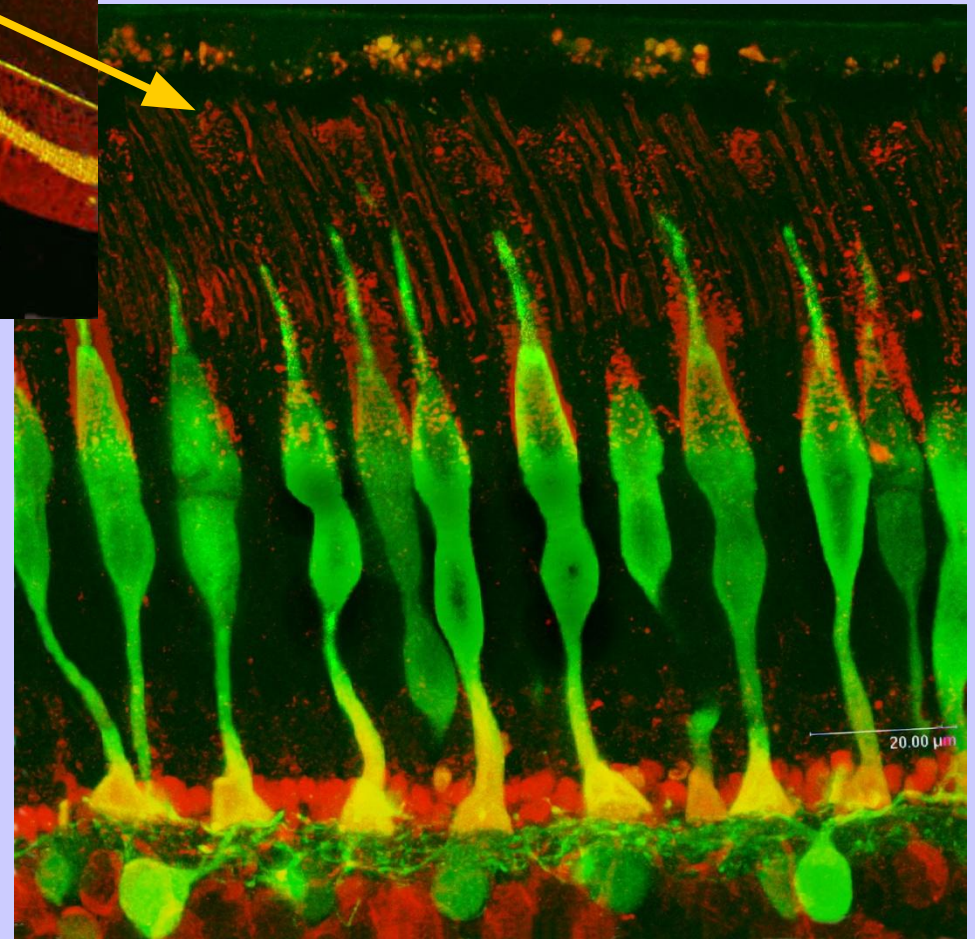
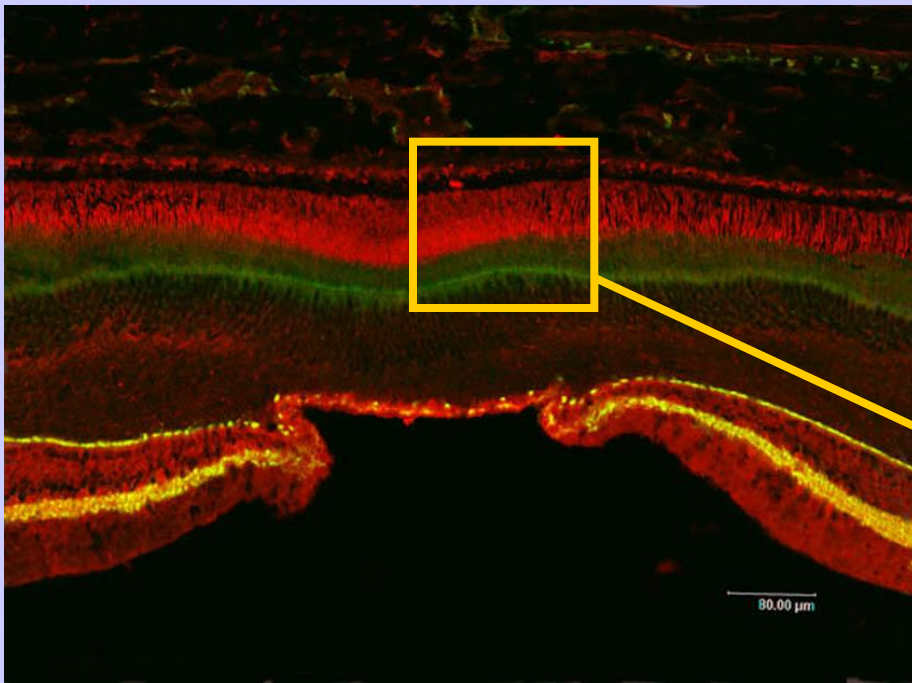


Существуют ли у разных глаз гомологичные элементы?



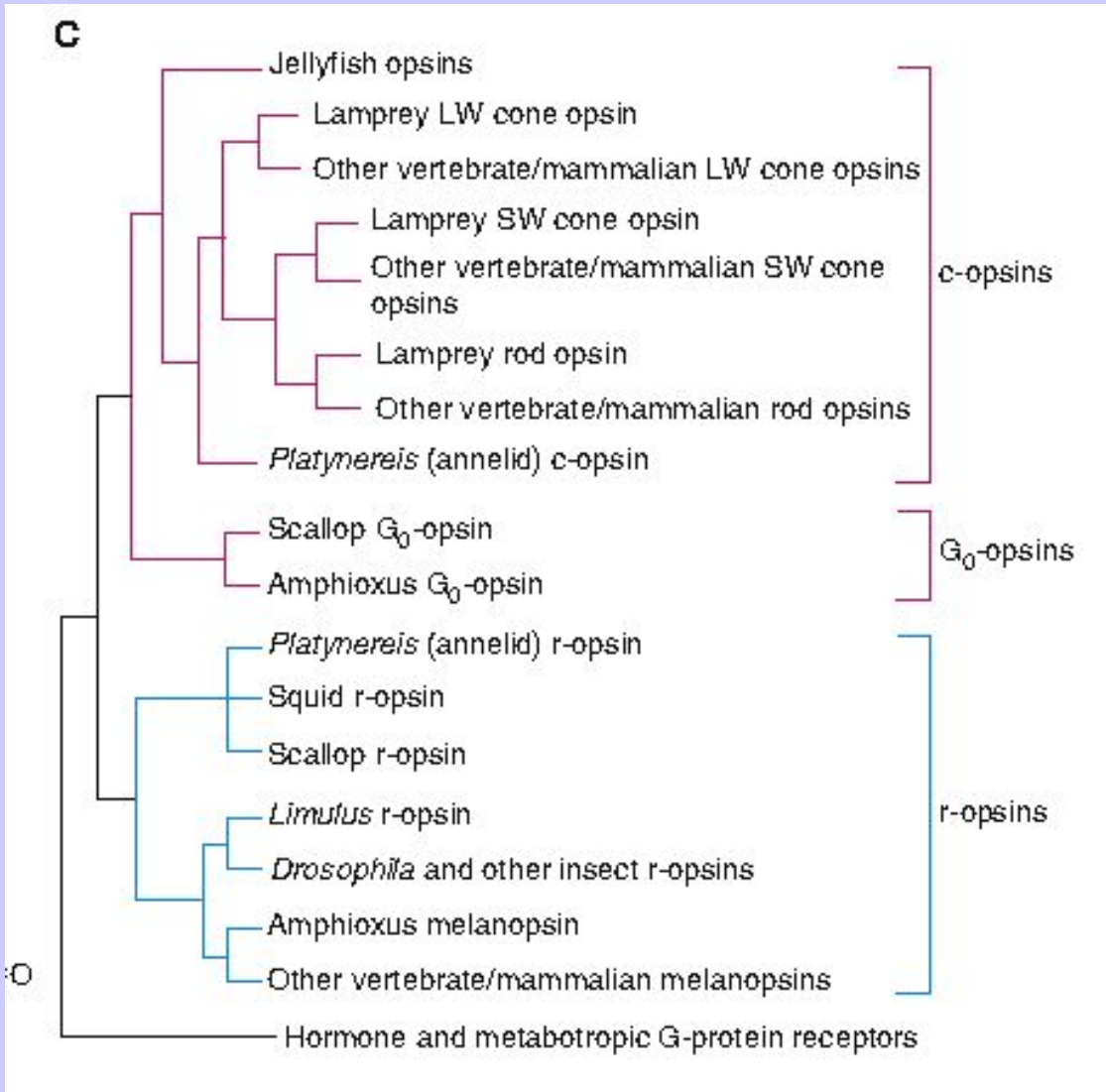
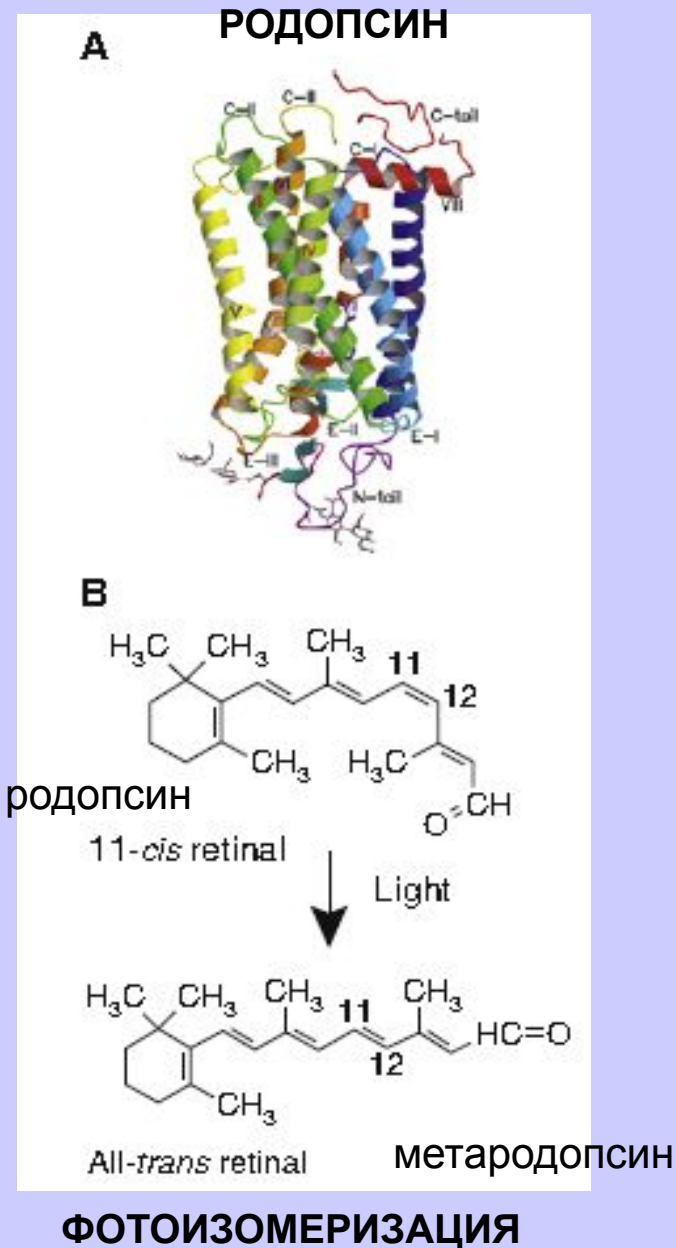
Walter J. Gehring,
Professor at the Biozentrum
of the University of Basel,
Switzerland.



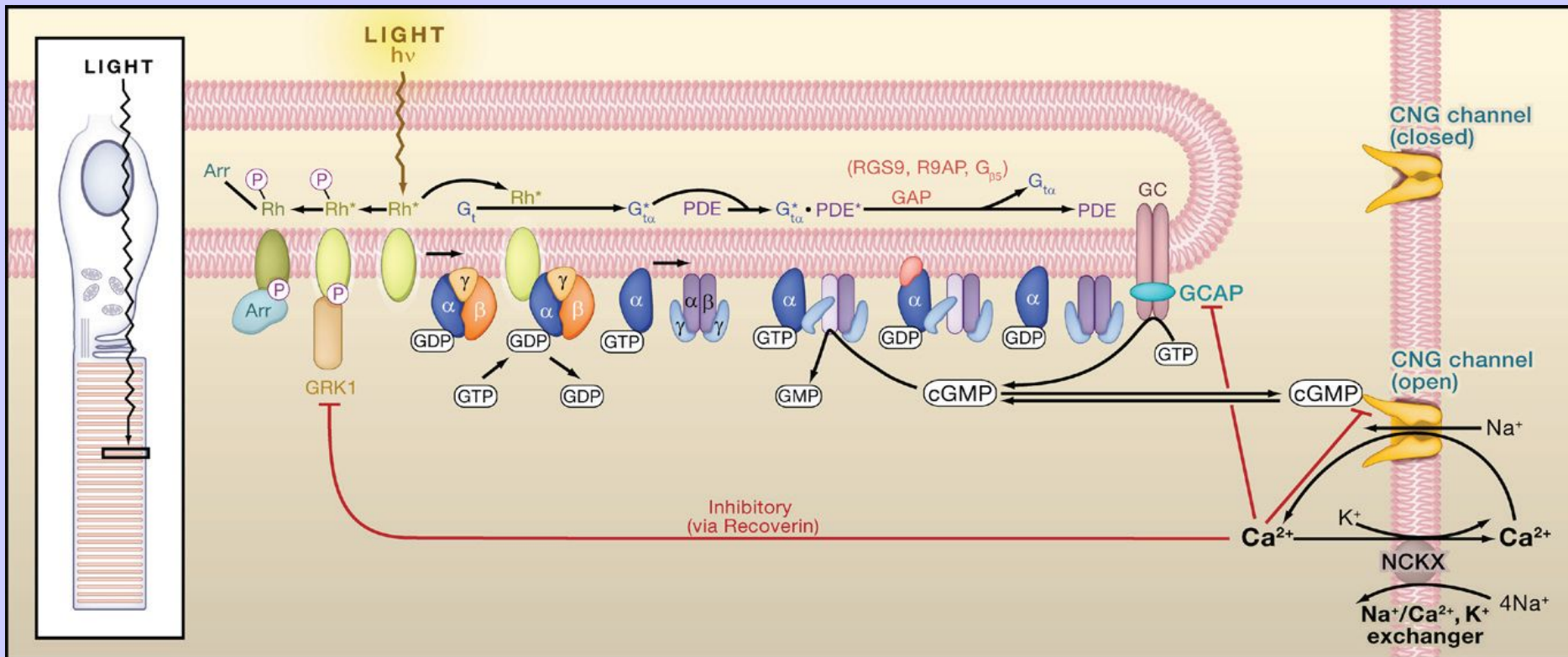


Фоторецепторы — светочувствительные нейроны, расположенные в сетчатке глаза. Фоторецепторы превращают световой сигнал в электрический. Зрительный пигмент в наружном сегменте фоторецептора «собирает» фотоны и инициирует каскад биохимических реакций, меняющих мембранный потенциал (заряд мембраны) клетки.

Присутствие зрительных пигментов-опсинов в фоторецепторах разных животных

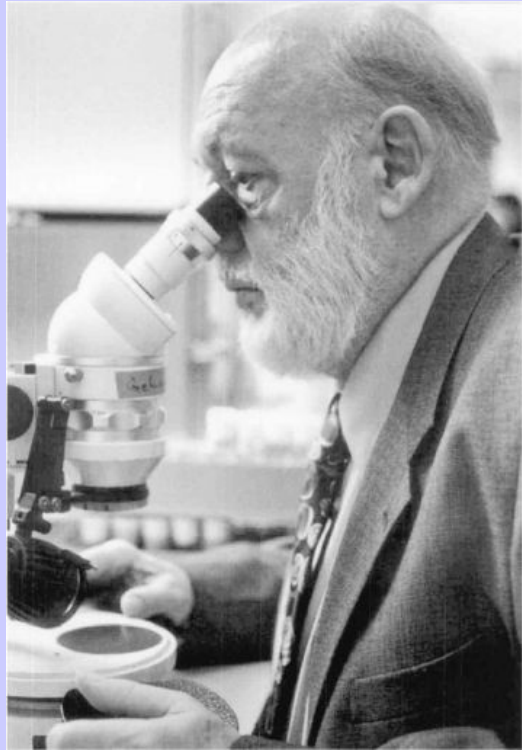


ФОТОТРАНСДУКЦИОННЫЙ КАСКАД



Под воздействием света родопсин переходит в активную форму, Rh*, которая активизирует каскад биохимических реакций. Этот каскад регулирует работу ионных каналов, что позволяет транспортировать ионы через мембрану клетки и, таким образом, менять ее потенциал.

Существуют ли у разных глаз гомологичные элементы?



Walter J. Gehring,
Professor at the Biozentrum
of the University of Basel,
Switzerland.

