

ОСНОВЫ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ЭМБРИОЛОГИИ

лекции 6-10

Основные принципы развития животных:

Закон эмбриональной дивергенции: общее для данного морфологического типа животных образуется в эмбриогенезе раньше, чем специальное (сначала закладываются признаки, характерные для всех без исключения представителей данного типа, а потом более частные и, наконец, специальные).

Закон зародышевого сходства (закон Бэра): эмбрионы высшей формы данного типа никогда не походят на другую форму взрослого животного, но только на ее зародыш.

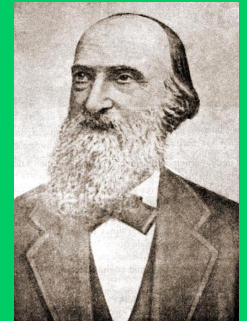
Биогенетический закон: онтогенез есть краткое повторение филогенеза (в действительности, речь идет о рекапитуляции не всего филогенеза, а лишь отдельных признаков или структур).

- **палингенетические** признаки: их образование повторяет органы предковых форм (хорда, жаберные щели человека);
- **ценогенетические** признаки: новоприобретенные структуры, позволяющие зародышу приспособиться к условиям среды, в которой происходит его развитие (амнион, аллантоис).

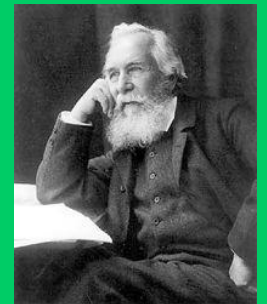
Применение биогенетического закона ограничено гетерохрониями (изменением в ходе эволюции времени закладки органов: задержка (**ретардация**) или ускорение (**акселерация**)) и **гетеротопией** (изменением области тела, по сравнению с предковой формой, в которой происходит закладка органа у данного вида).



К. Бэр
(1792-1876)



Ф. Мюллер
(1821-1897)



Э. Геккель
(1834-1919)

Эволюция животного мира:

Базовые типы развития:

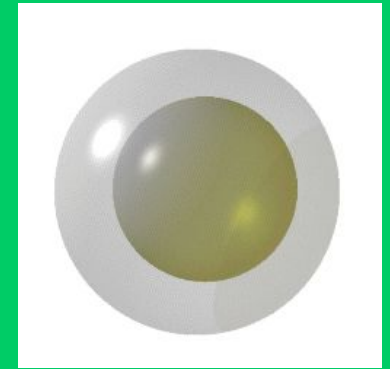
- **прямое** – план строения тела взрослого животного закладывается в эмбриональном периоде
- **непрямое** – начале эмбриогенеза формируется личинка, которая затем в ходе **метаморфоза** преобразуется в дефинитивную форму

Тип развития – сложившийся в ходе эволюционного развития комплекс взаимосвязанных морфогенетических процессов, как очень древних, унаследованных от отдаленных предков, так и возникших в более позднее время (О. М. Иванова-Казас, 1995).





Arbacia punctulata



РАЗВИТИЕ ИГЛОКОЖИХ

лекция 6 (1)



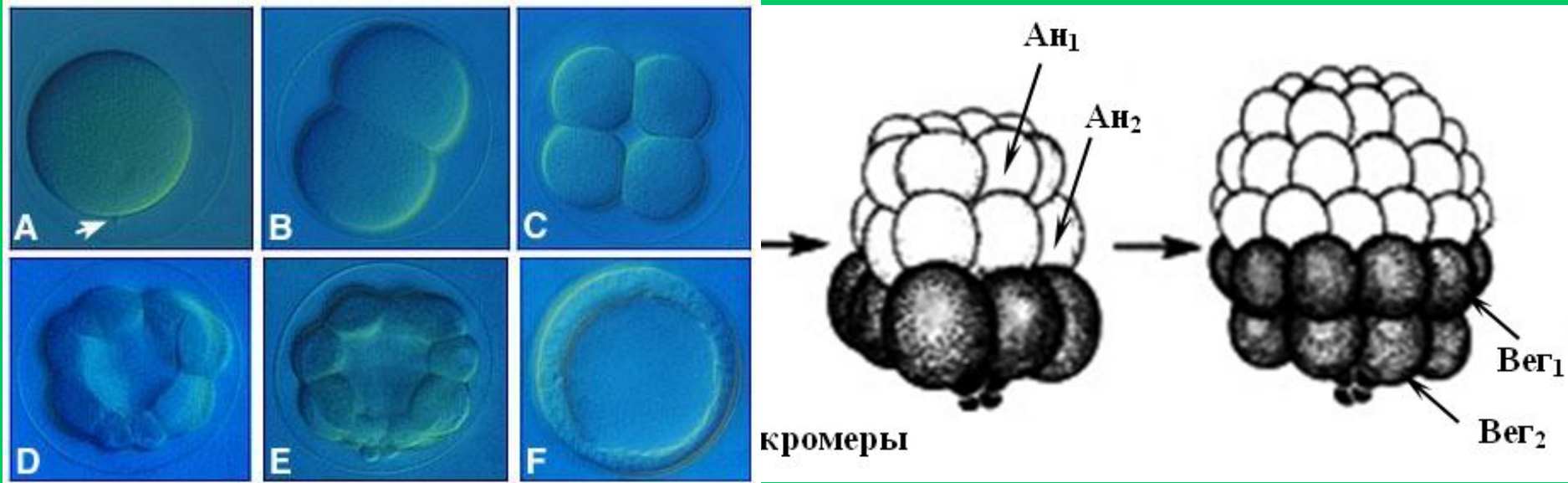
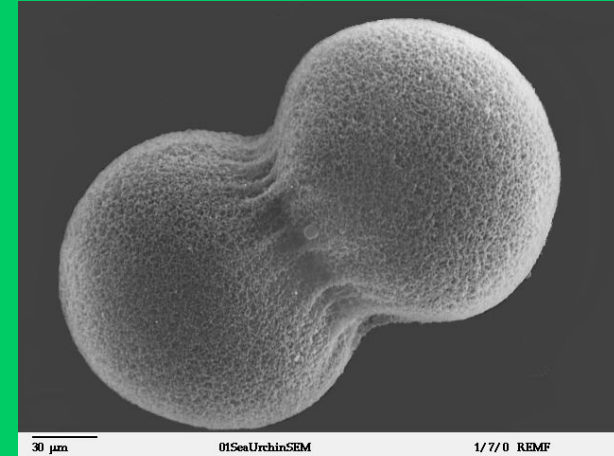
Lytechinus pictus

Раннее развитие: оплодотворение, дробление

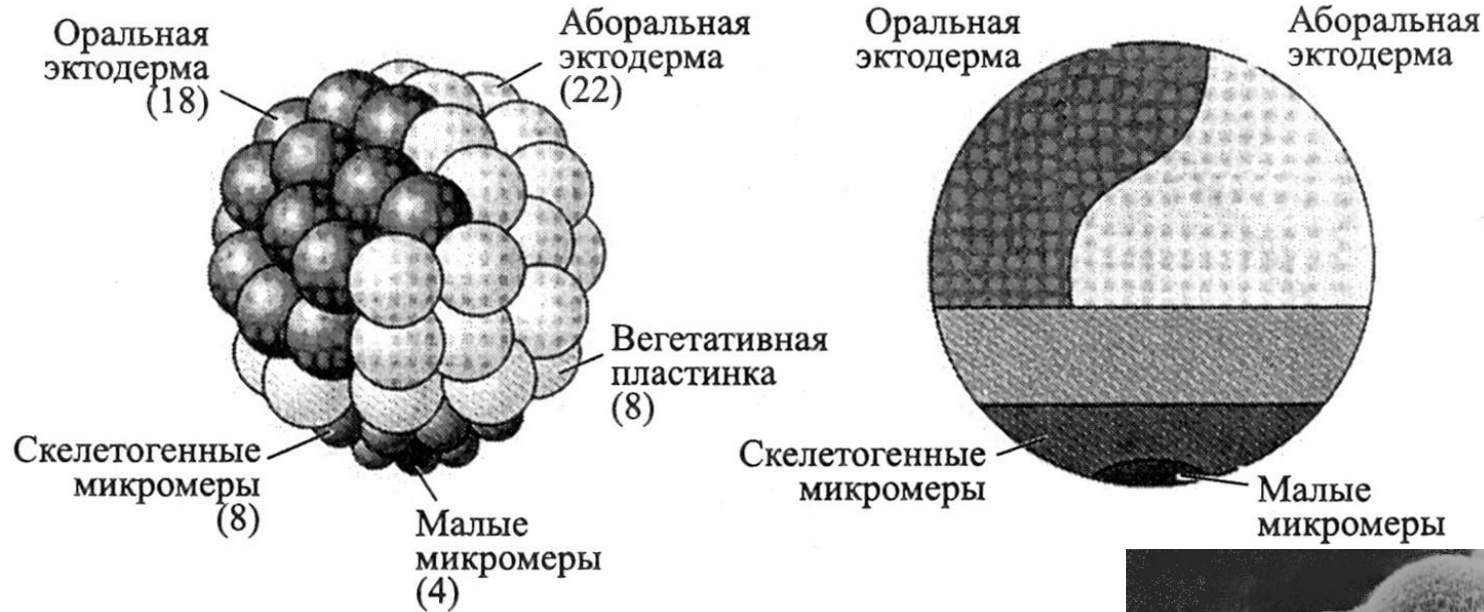
Оплодотворение *наружное, моноспермное.*

Дробление *голобластическое, радиального типа.*

- **1-я и 2-я борозды** – меридиональные (перпендикулярны), **3-я** – экваториальная;
- в результате **4-го деления** – *мезомеры* (8) на анимальном, *макро-* (4) и *микроммеры* (4) на вегетативном;
- при **5-м делении** мезомеры делятся экваториально (ярусы Ан1, Ан2), макромеры – меридионально (8-ми клеточный ярус ниже Ан 2), при **6-м** – только экваториально, при **7-м** – меридионально. Микроммеры – в отдельной группе.



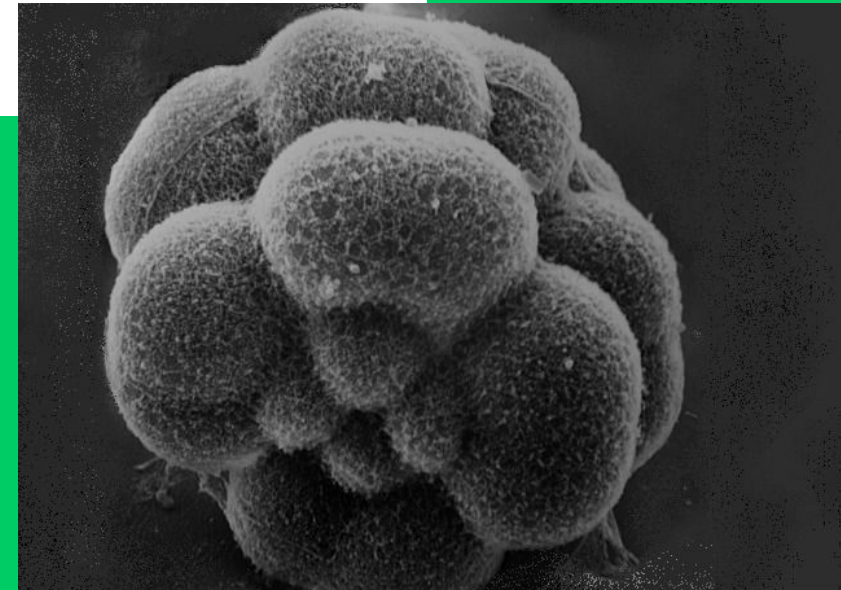
Раннее развитие: бластула



128-
клеточный
зародыш
находится на
стадии
бластулы.

Бластула у морского ежа *однослойна*, содержит от 1000 до 2000 клеток (различаются по своим размерам и свойствам).

В конце дробления насчитывается **пять зон**.



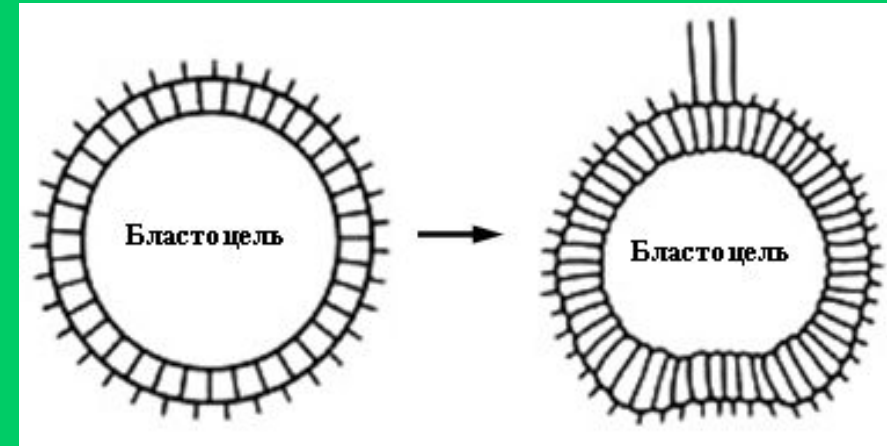
Раннее развитие: бластула

В **целобластуле** каждая клетка стенки контактирует с жидкостью бластоцеля и с гиалиновым слоем. Образуют плотные контакты друг с другом.

Сопряженность увеличения поверхности бластулы и формирования бластоцеля:

- **осуществляется под действием сил самого бластоцеля**: давление жидкости на бластомеры приводит к ориентации длинной оси клетки так, что её деление не направлено в сторону бластоцеля – распространение вширь (K. Dan, 1960)

- **имеет значение разная адгезивность клеток** по отношению друг к другу и к гиалиновому слою, окружающему бластулу: пока клетки остаются прочно связанными с гиалиновым слоем, единственной возможностью для них остается расширение поверхности клеточного пласта – увеличение поверхности бластулы (L. Wolpert, T. Gustafson, 1961).

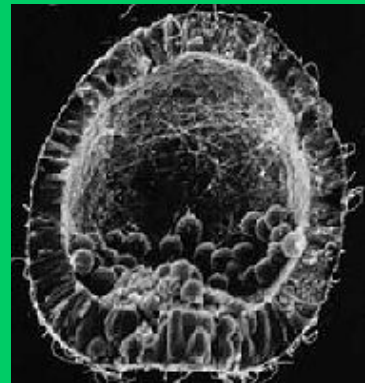


Реснички на наружной поверхности бластулы позволяют ей вращаться внутри оболочки оплодотворения.

Фермент вылупления переваривающего оболочку, зародыш становится свободноплавающим.

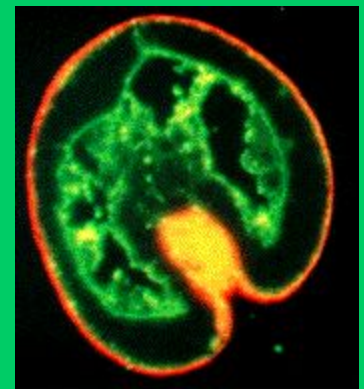
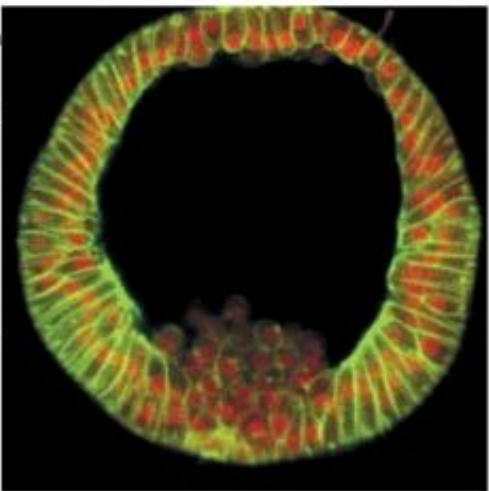
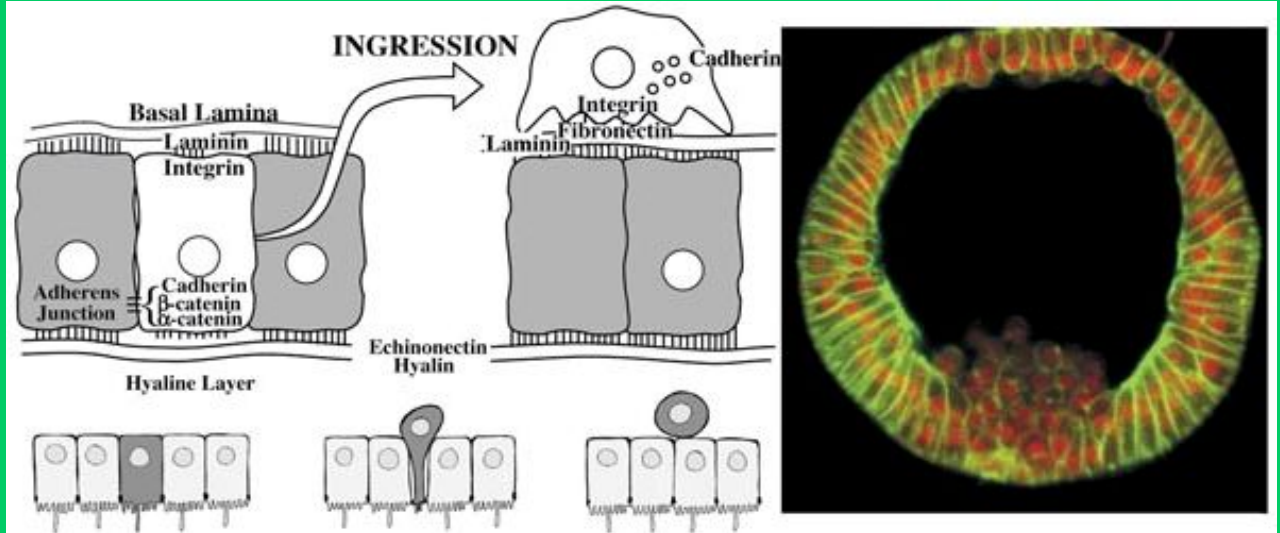
Гастрюляция у иглокожих (1)

Начинается с выселения первичной мезенхимы, **PMC** (из микромеров, за счёт филоподий).



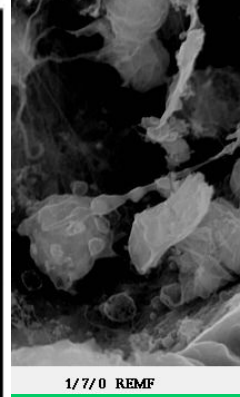
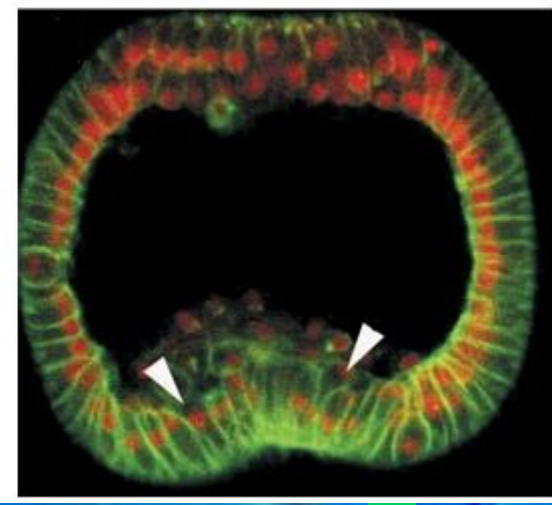
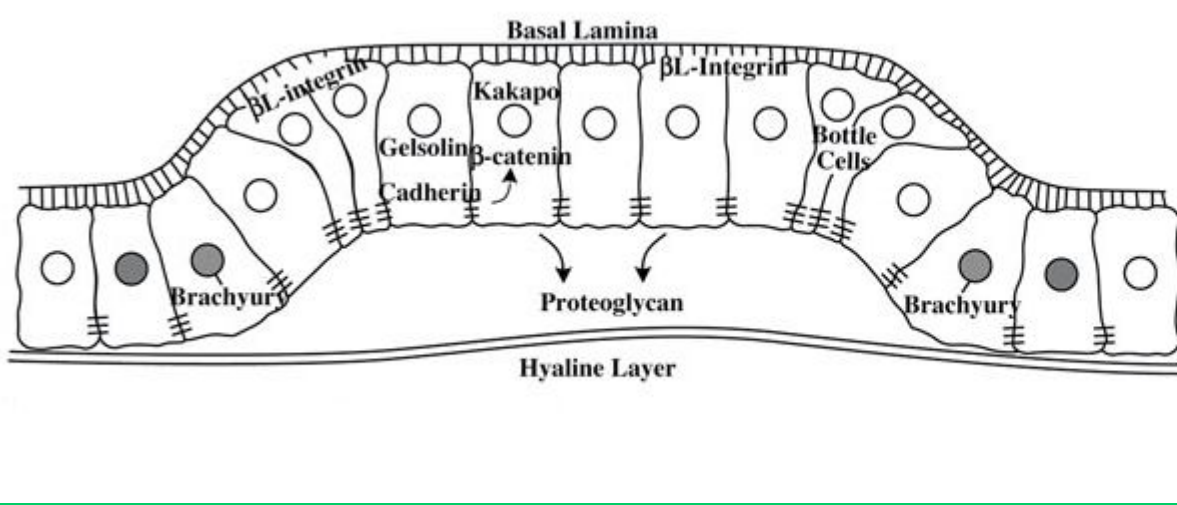
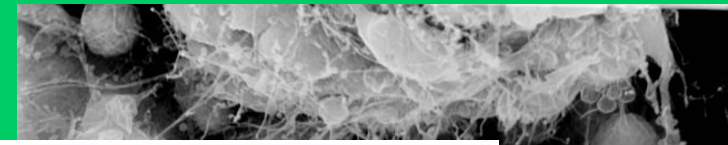
В ходе гастрюляции адгезивные свойства микромеров меняются:

- потеря сродства к гиалиновому слою (до 2 % первоначального значения)
- увеличение сродства к базальной мембране (x 100).

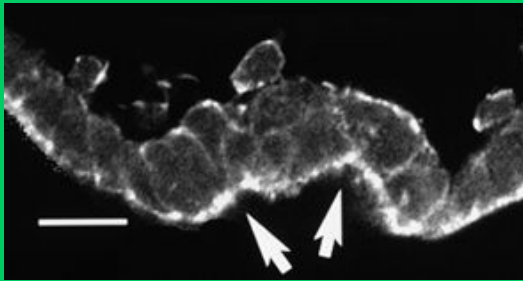
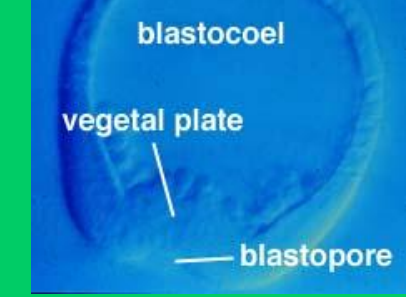
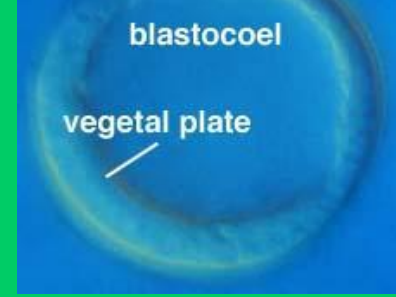
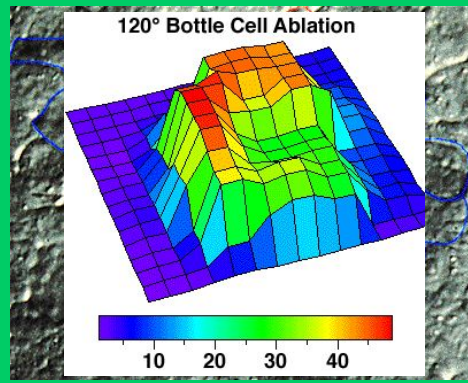
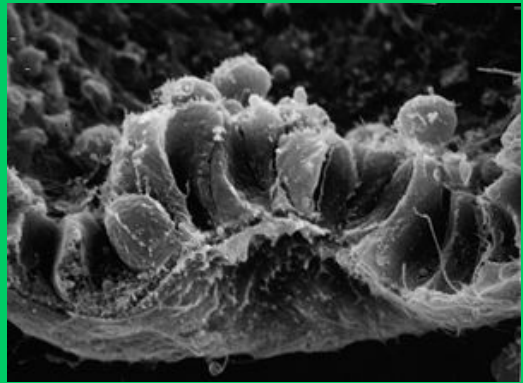


Базальная пластинка – зелёный, гиалиновый слой – красный цвет

Гастрюляция у иглокожих (2)

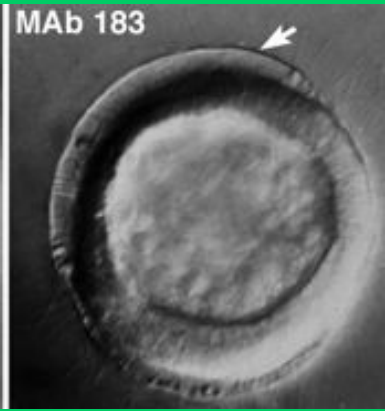
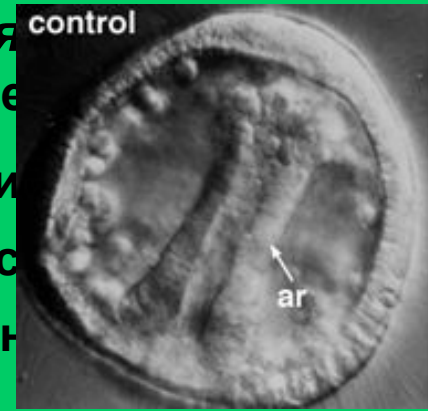


бластоцель примерно на $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{2}$ своего пути.



- **утрата** контакта с другими
- **увеличение** поверхности
- **плотный контакт** на внешнем изгиб пластинки внутрь

Первая заключе



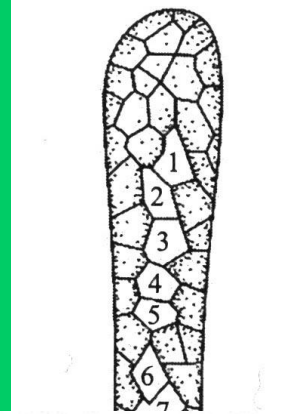
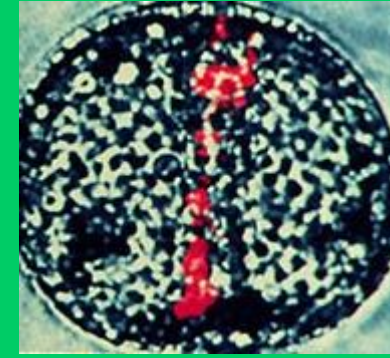
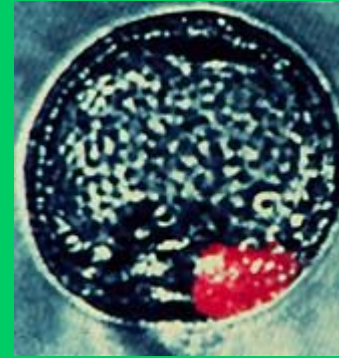
Гастрюляция у иглокожих (3)

Вторая фаза инвагинации начинается после паузы.

- **резкое удлинение архентерона** (его длина утраивается и короткий широкий зачаток архентерона трансформируется в длинную тонкую трубку).



Новые клетки при этом практически **не образуются**, а растяжение за счёт реаранжировкой клеток архентерона посредством миграции одних клеток по другим и их уплощения.

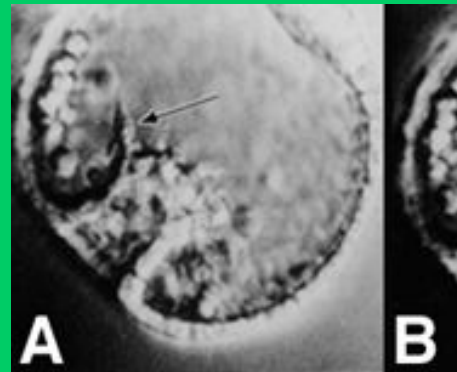
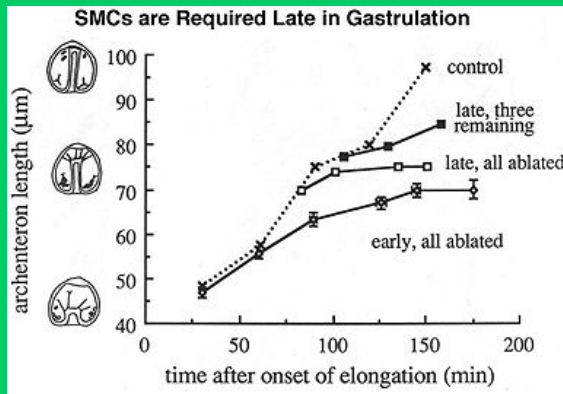
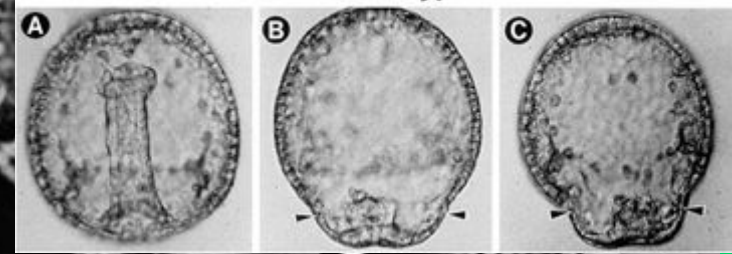


- направление, в котором удлиняется гастроцель, может быть задано **клетками вторичной мезенхимы**, которые формируются на верхушке архентерона.

Anti-Apical Lamina Antibodies Block Invagination



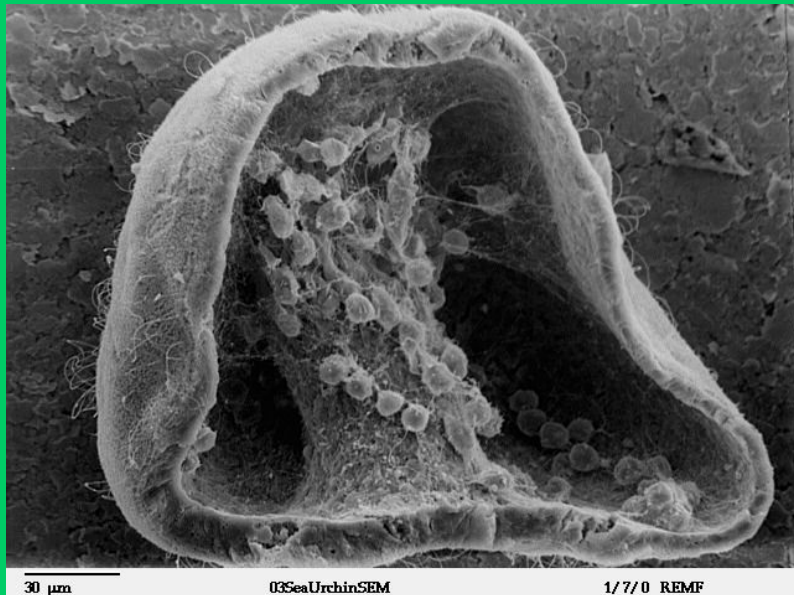
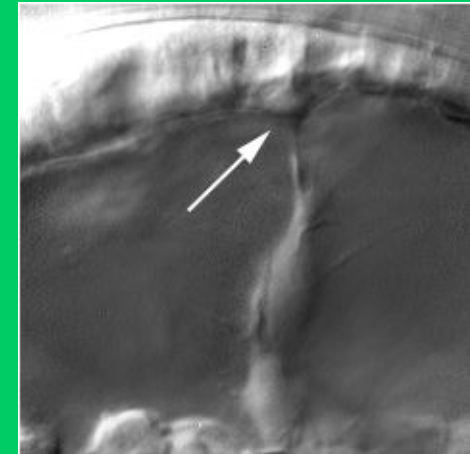
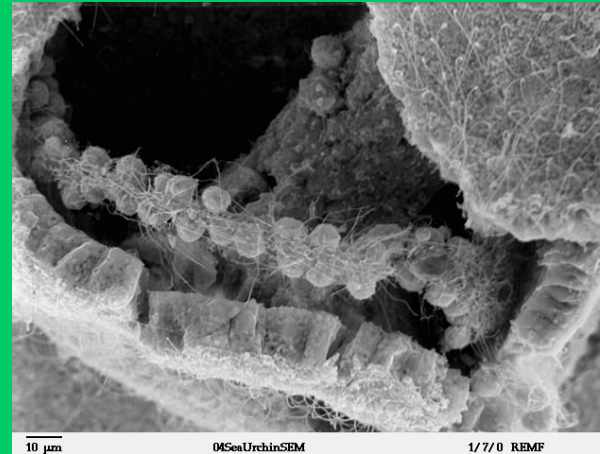
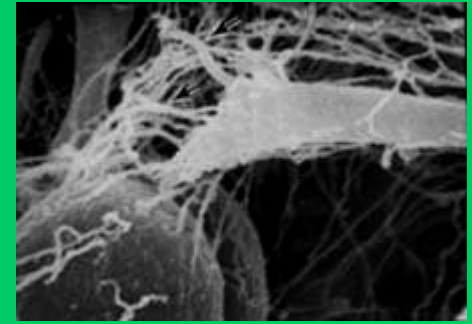
Later Phenotypes



Гастрюляция у иглокожих (4)

Филоподии клеток вторичной мезенхимы, простираясь через жидкость, содержащуюся в бластоцеле, устанавливают контакт с поверхностью его внутренней стенки.

- клетки **первичной мезенхимы** образуют *синцитиальные тяжи*.
- клетки **вторичной мезенхимы** рассеиваются в бластоцеле, пролиферируют, формируя мезодермальные органы.



Инвагинировавшая область – **архентерон** (*гастроцель*), отверстие архентерона – **бластопор**.

На месте контакта архентерона со стенкой бластоцеля формируется ротовое отверстие (сливаясь с архентероном образует непрерывную пищеварительную трубку, а бластопор становится анальным отверстием).

Личиночная стадия и метаморфоз иглокожих

- сокращения филоподий также участвуют в **растяжении архентерона** и **изгибании первичной кишки** в сторону будущей оральной области.
- одновременно происходит **сужение анимальной** области гастролы и **расширение вегетативной**.

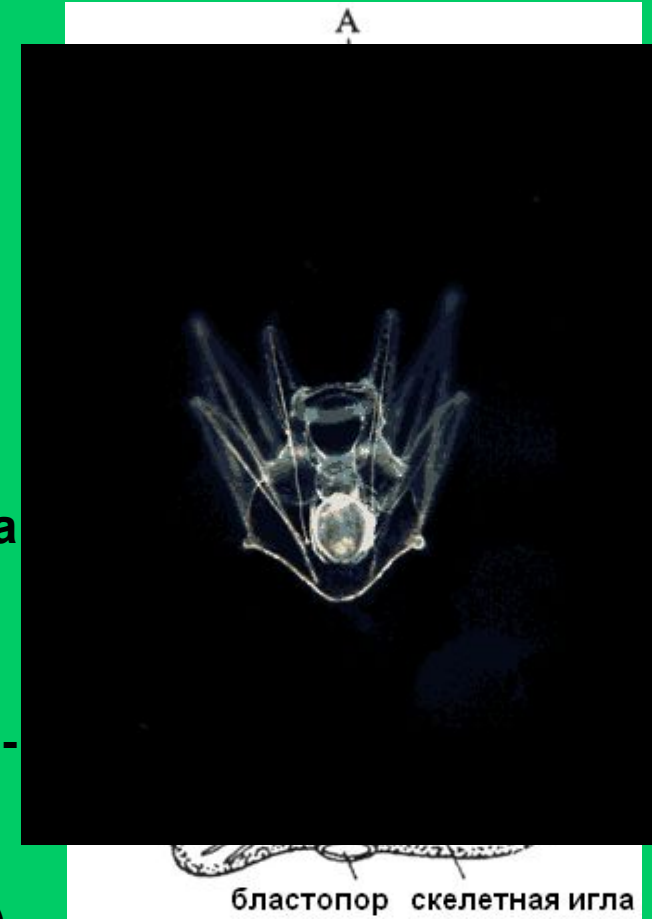
Личинка конической формы – **стадия призмы**.

Перед образованием ротового отверстия из архентерона выделяется **целомическая мезодерма**.

Целомический мешок возникает на вершине первичной кишки – непарный **энтероцель** (возможно его возникновение в виде парных образований), подразделяющийся на правый и левый **целомы** (делятся на передний (аксоцель), средний (**гидроцель**) и задний (**соматоцель**) отделы).

Непрямое развитие (метаморфоз личинок, в ходе которого образуется радиально-симметричный зачаток будущей взрослой формы:

- **планктотрофной** (питается планктоном)
- **лецитотрофной** (имеет запас питательных веществ).





Branchiostoma lanceolatum Pall.

РАЗВИТИЕ ОБОЛОЧНИКОВ И БЕСЧЕРЕПНЫХ

лекция 6 (2)

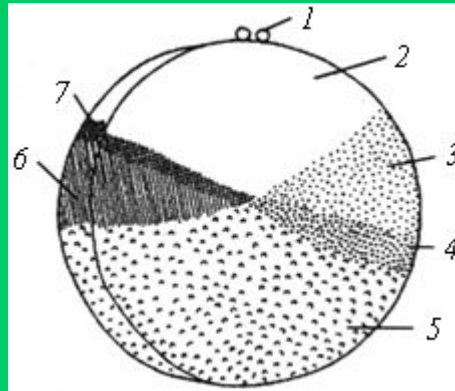


Развитие оболочников (1)

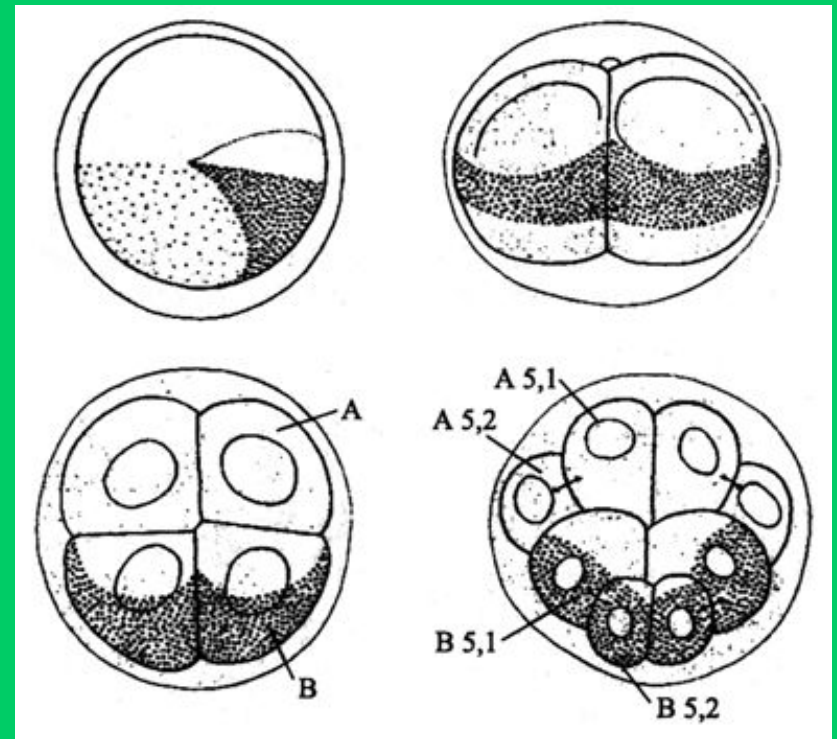
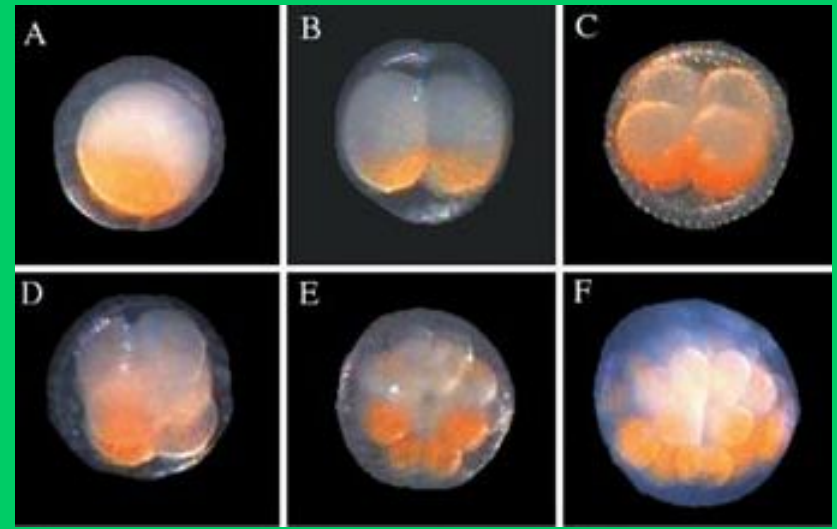
Дробление у асцидий **билатеральное**:
1-я меридиональная борозда делит яйцо на симметричные правую и левую половины,
2-я меридиональная борозда отделяет переднюю и заднюю половины зародыша друг от друга,
3-я широтная борозда делит зародыш на анимальную и вегетативную половины, содержащие по 4 клетки каждая.

Карта презумптивных зачатков асцидии:

1 – редуционные тельца; 2 – эктодерма; 3 – нейральный зачаток; 4 – хорда; 5 – энтодерма; 6 – мезодерма; 7 – каудальная мезодерма



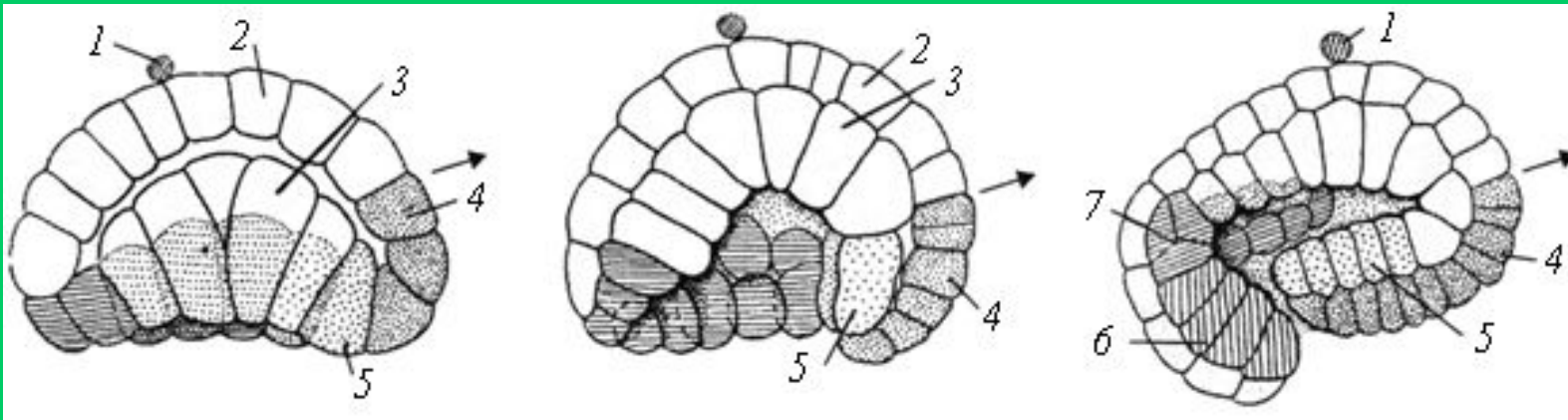
Дробление завершается на **7-м** цикле, возникает уплощенная в анимально-вегетативном направлении бластула без выраженного бластоцеля.



Развитие оболочников (2)

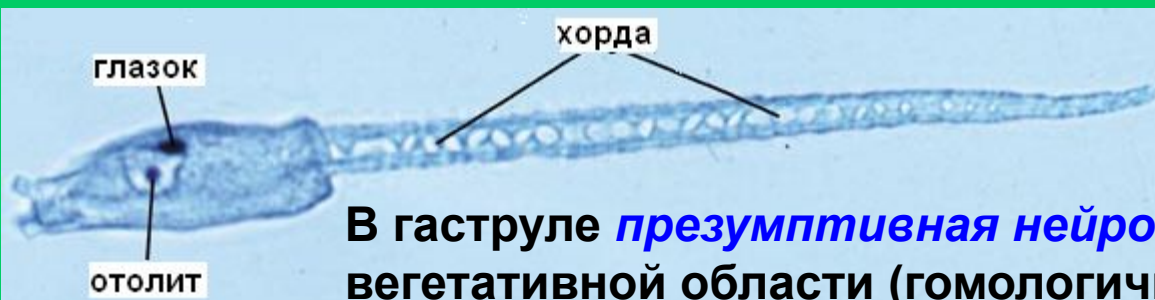
Гастроуляция:

- **инвагинация**: центральные клетки вегетативного полушария (энтодерма);
- **инволюция**: клетки по периферии энтодермы зачатка (хордо-мезодерма);
- **эпиболия**: клетки эктодермы, которые уплощаются и обрастают клетки вегетативного полушария, формируя покров личинки.

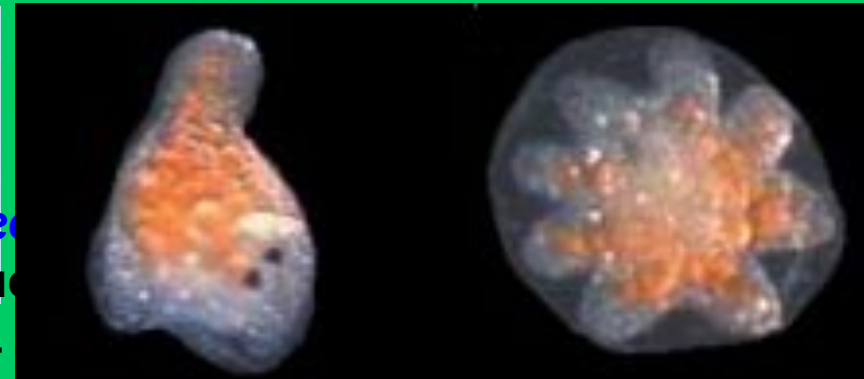


1 – редукционные тельца; 2 – эктодерма; 3 – энтодерма; 4 – нейральный зачаток; 5 – хорда; 6 – каудальная мезодерма; 7 – мезенхима

При **нейруляции** формируется замкнутая нервная трубка (из материала нервной пластинки при ее изгибании).



В гастрале **презумптивная нейрома** вегетативной области (гомологична



В результате **метаморфоза** личинка утрачивает форму гастрали и формируется взрослая особь, прикрепленная передним концом к субстрату.

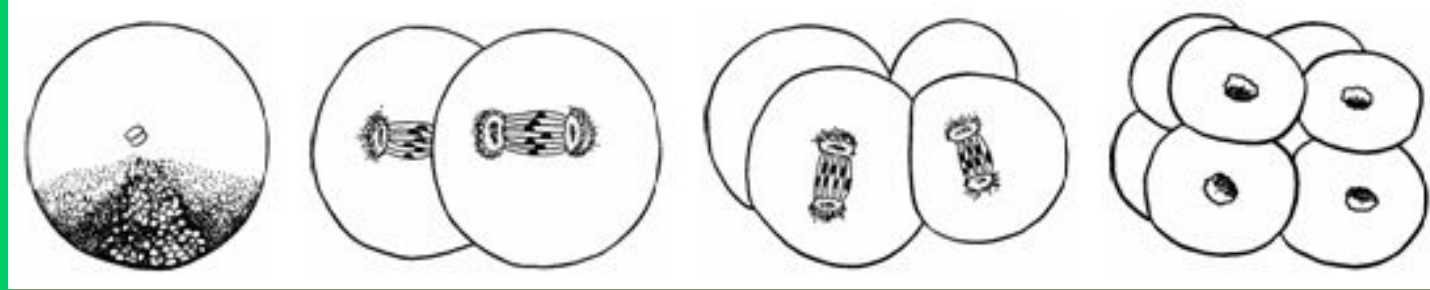
Развитие ланцетника (1)

Олиголецитальные яйцеклетки ланцетника изолецитального типа (~ 100 мкм).

Оплодотворение **наружное, моноспермное**.

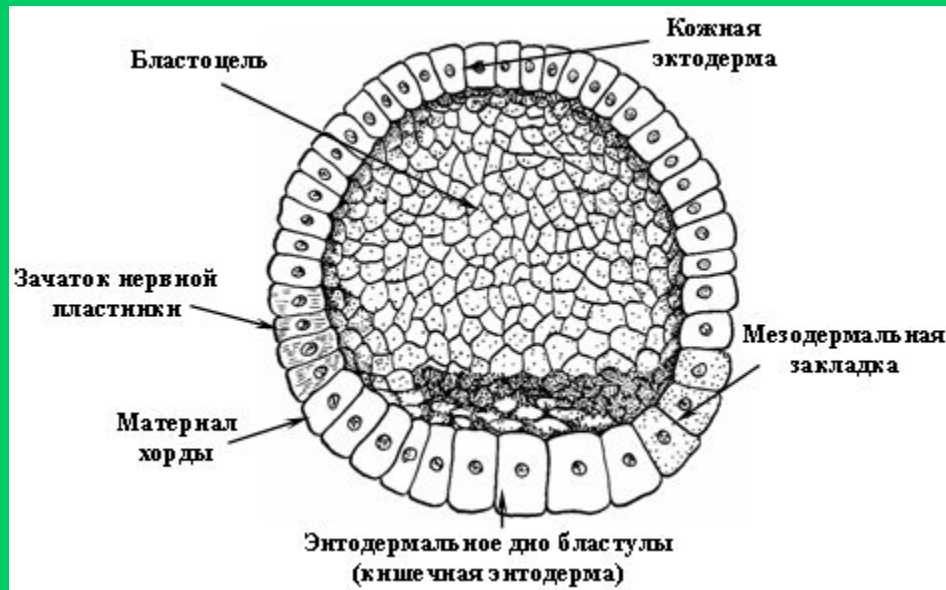
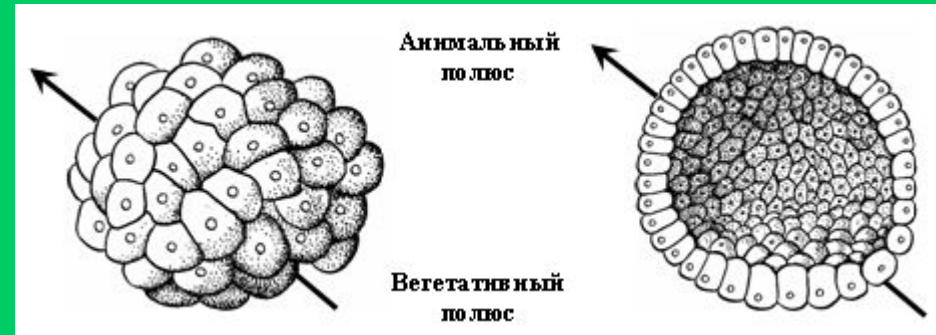
Дробление:

- **полное**
- **почти равномерное**
- **радиальное**



Анимальный полюс соответствует будущему переднему концу тела личинки.

1-я и **2-я** борозды дробления – меридиональные, **3-я** – широтная



Зародыш принимает форму типичной **целобластулы** – пузырька со стенкой, образованной одним слоем клеток (бластодерма) и полостью (бластоцель).

Клетки вначале округлые, затем приобретают форму призм и плотно смыкаются (**эпителиальная бластула**).

Развитие ланцетника (2)

Гастрюляция путем **инвагинации**.

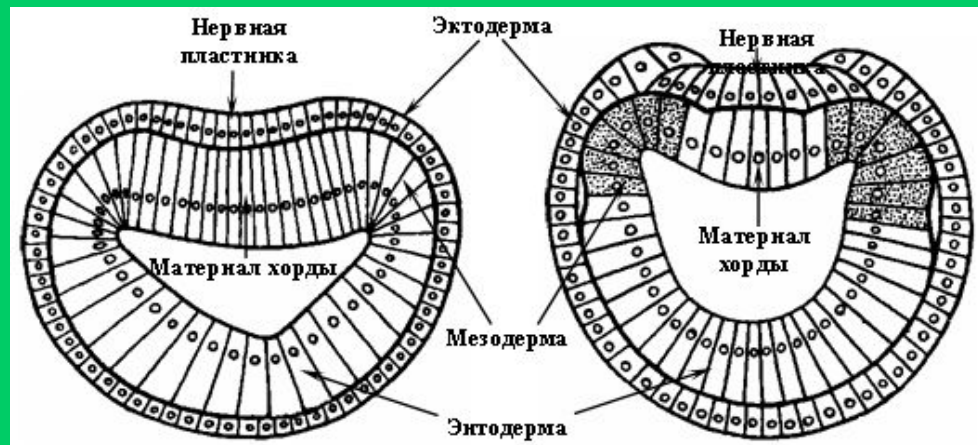
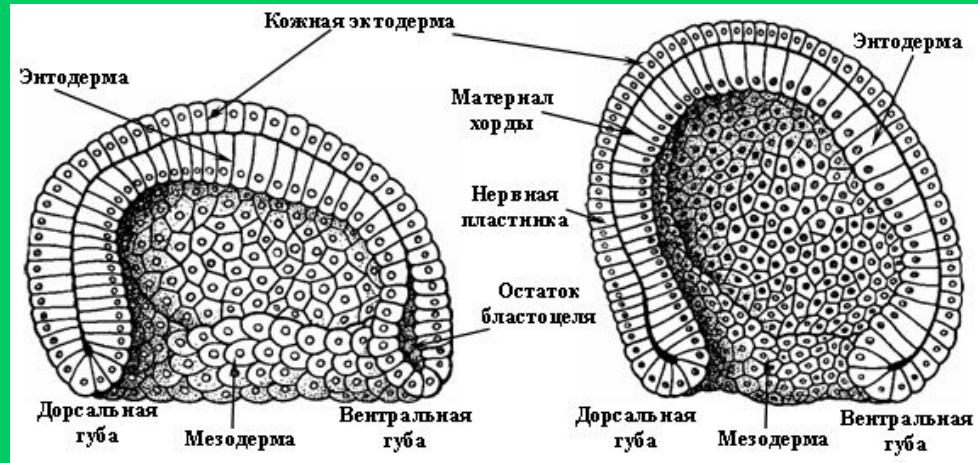
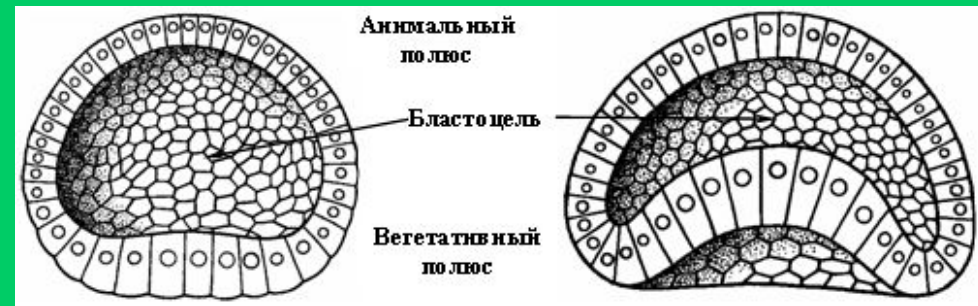
- **разница темпов деления клеток** в краевой зоне и в вегетативной части бластулы, приводящей к активному перемещению клеточного материала

Анимальное полушарие становится наружным зародышевым листком – **первичная эктодерма**.

Вегетативное полушарие бластулы уходит внутрь и становится внутренним зародышевым листком – **первичная энтодерма**.

Зародыш в виде 2-слойной чаши с **первичным ртом (бластопором)**, окружённым **дорсальной, вентральной и боковыми губами, гастроцелью**.

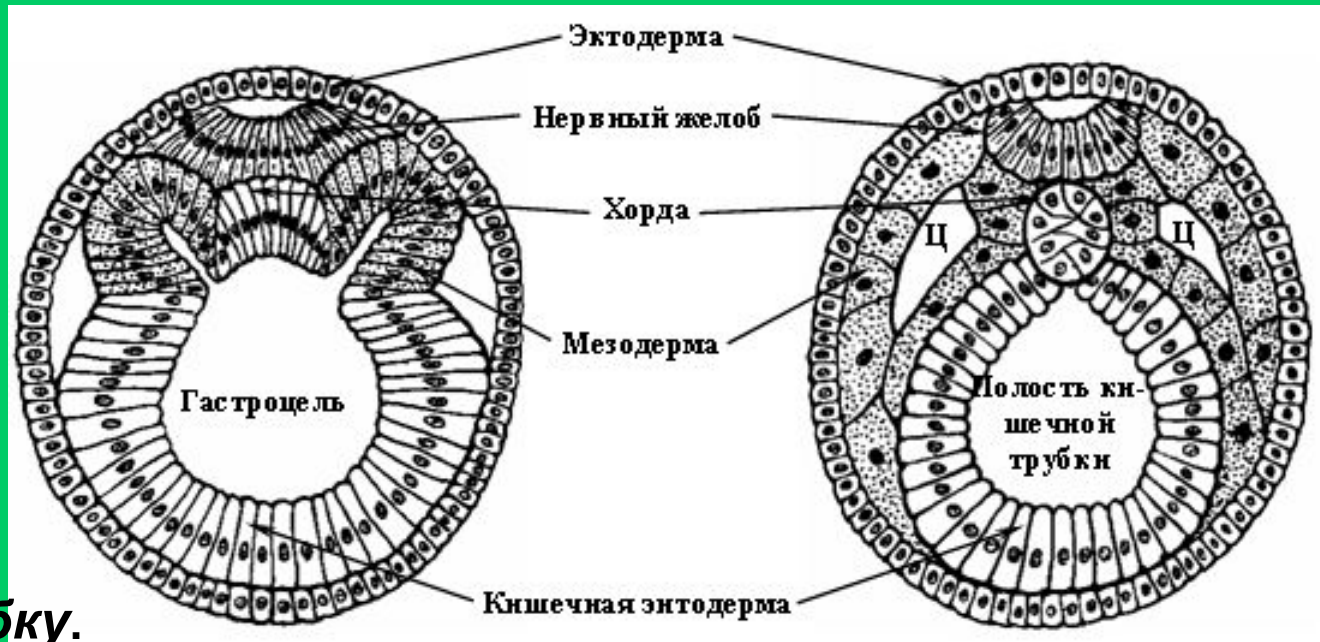
Бластула плавает анимальным полюсом кверху, а после инвагинации поворачивается бластопором кверху, происходит концентрическое смыкание его краев и удлинение зародыша. Бластопор соответствует анусу (задний конец зародыша).



Развитие ланцетника (3)

Стадия **нейрулы** – дифференцировка зародышевых листков и закладка осевых органов.

Нейруляция – смыкание нервной пластинки в замкнутую нервную трубку.



В задней части тела нервная трубка остается сообщенной с кишечной полостью – образуется **нервно-кишечный канал** (исчезает при образовании хвоста).

Дифференцировка сомита:

- дерматом
- склеротом
- миотом

Из энтодермы обособляются:

- хорда
- мезодерма и целом
- кишечник

В головной части кишки прорывается ротовое, а на заднем конце, под хвостом, анальное отверстие (на месте бластопора).

Особенности:

- отделение от периферии архентерона ещё в эмбриональном периоде
- полная сегментация кишечных тяжей
- обособленными, сливаются образуются



А.О. Ковалевский
(1840-1901)

Дополнительная литература по теме:

- *Иванова-Казас О.М.* Сравнительная эмбриология беспозвоночных. Новосибирск, 1975.
- *Иванова-Казас О.М.* Эволюционная эмбриология животных. Спб., 1995.

Electronic resource: [http:// www.zoology.wisc.edu/urchins](http://www.zoology.wisc.edu/urchins)
The Sea Urchin Embryology Tutorial.