

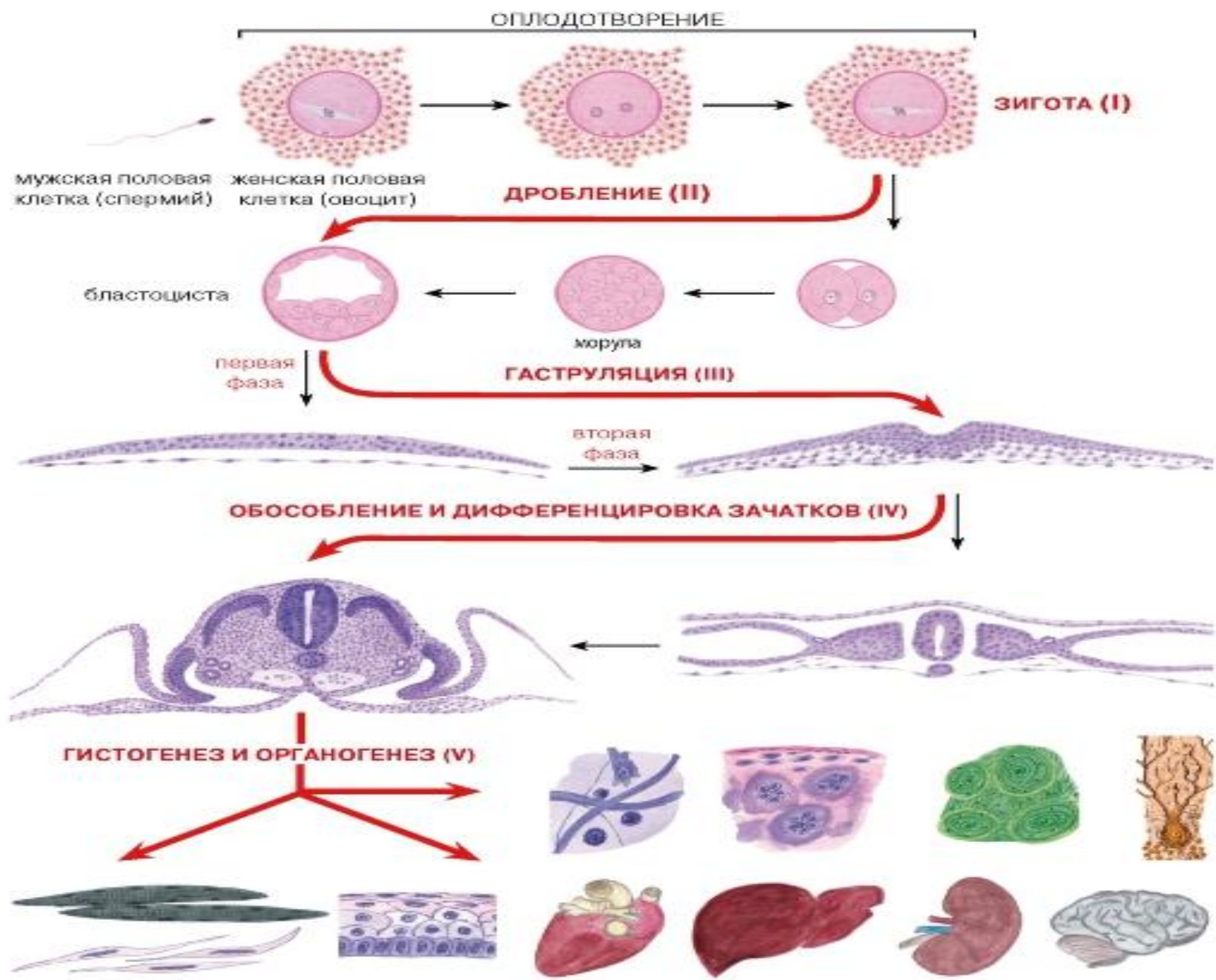
# Тема :ЭМБРИОГЕНЕЗ ЧЕЛОВЕКА. ГАСТРУЛЯЦИЯ



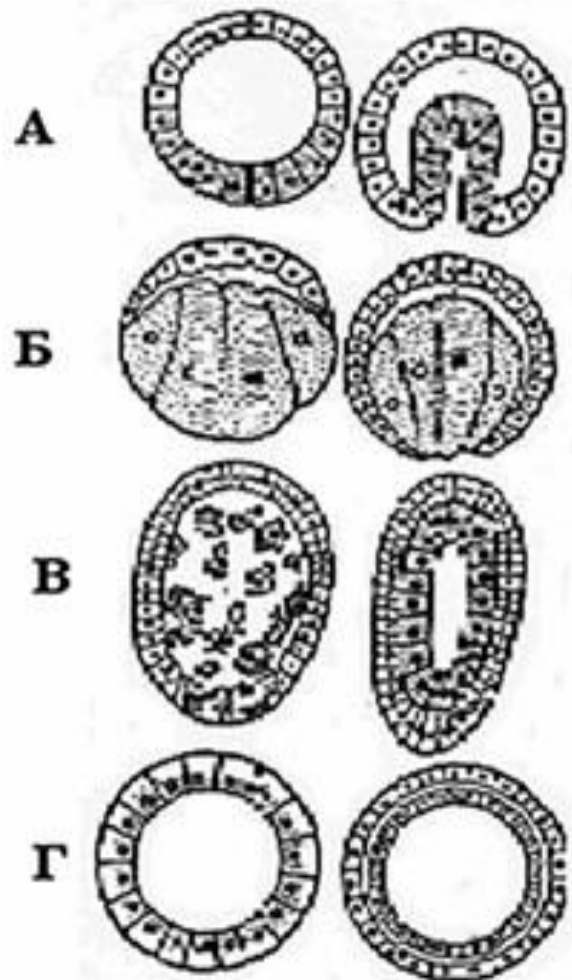
**Лектор:**

**к.б.н., доцент, зав.  
кафедрой биологии  
и физиологии  
человека**

**Гарбуз Л.И.**



# Гаструляция зародыша человека происходит в две фазы.



А- инвагинация  
(впячивание);

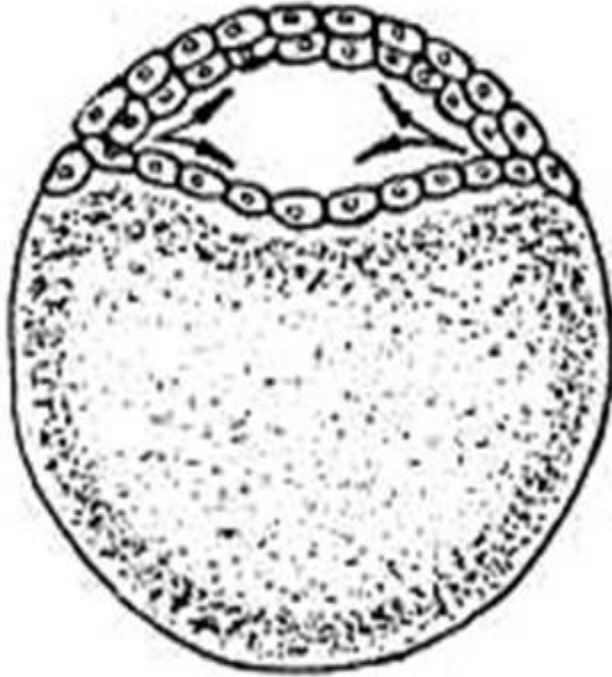
Б- эпиволия  
(обрастание);

В- иммиграция  
(выселение);

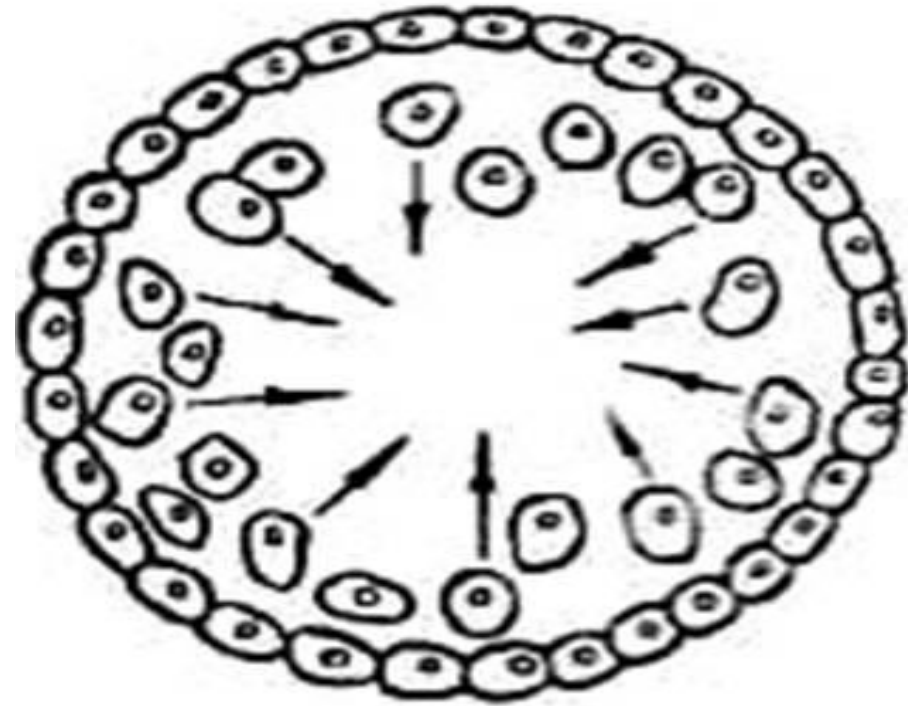
Г- деляминация  
(расщепление).

- **Первая фаза начинается вместе с имплантацией** (на 7-е сутки) и продолжается до 13—14-х суток. **Вторая фаза охватывает период с 14-х по 17-е сутки развития.**

# Стадии ранней гаструляции



*Схема механизма ранней  
гаструляции, деляминация*



*Схема механизма ранней  
гаструляции, иммиграция*

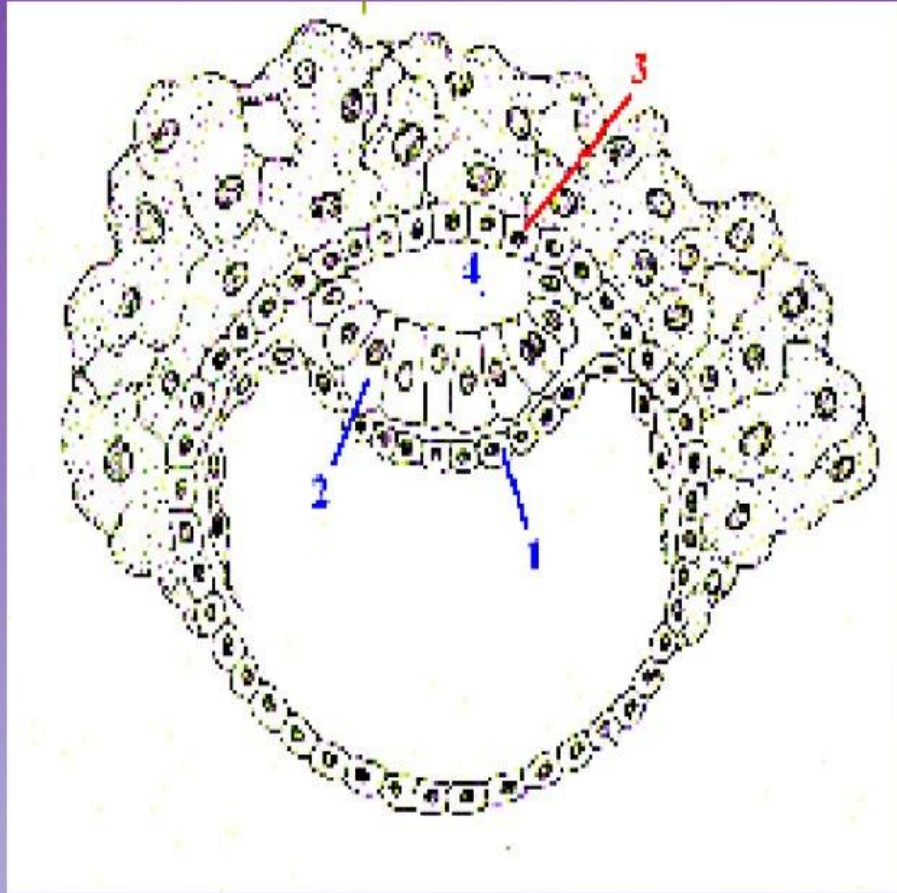
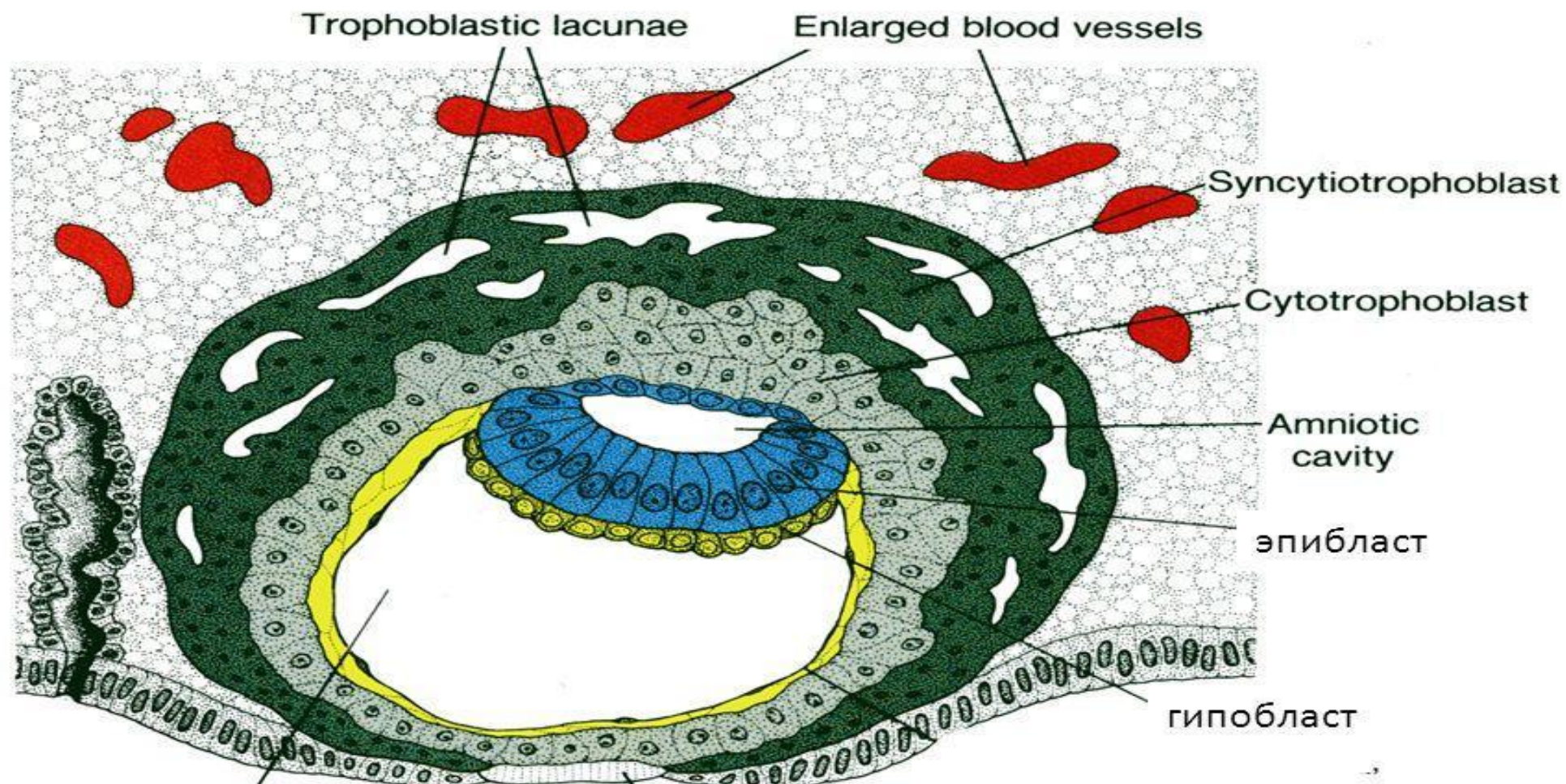


Рисунок 1 – Схематическое расположение клеток на начальных этапах гаструляции

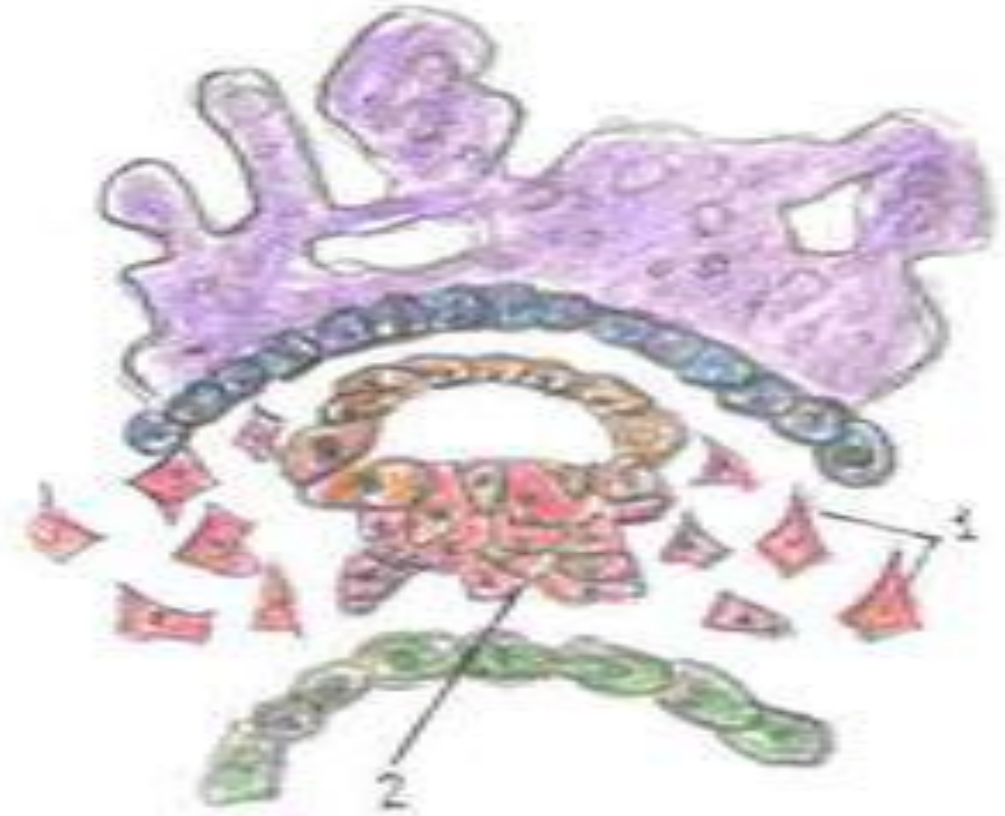
Примечание: 1 – гипобласт, 2-эпибласт, 3-амниотическая эктодерма (производное эпибласта), 4 – амниотическая полость

На 7-е сутки эмбриогенеза эмбриобласт бластоцисты в результате деляминации расщепляется на наружный листок — **эпибласт** и внутренний листок — **гипобласт**, из него развивается внезародышевая энтодерма. Из задней области эпибласта (области ранней первичной полоски), выселяются клетки в полость бластоцисты и формируют внезародышевую мезодерму. В эпибласте на 8-е сутки, в результате накопления жидкости в центре клеточной массы, образуется полость. **Эта полость увеличивается, возникает амниотический пузырек.**

## Зародыш человека на стадии гастролы в матке



- **Эпибласт** на дне пузырька формирует зародышевый щиток, из которого во второй фазе гаструляции образуются все зародышевые листки. Крышу амниотического пузырька формирует внезародышевая эктодерма, которая представлена амниобластами. Гипобласт в период с 9-х по 11-е сутки растет, его края срастаются и возникает желточный пузырек. Параллельно происходит выселение клеток по периферии эпибласта и образование внезародышевой мезодермы, которая растет в направлении трофобласта и на 11-е сутки заполняет полость бластоцисты.



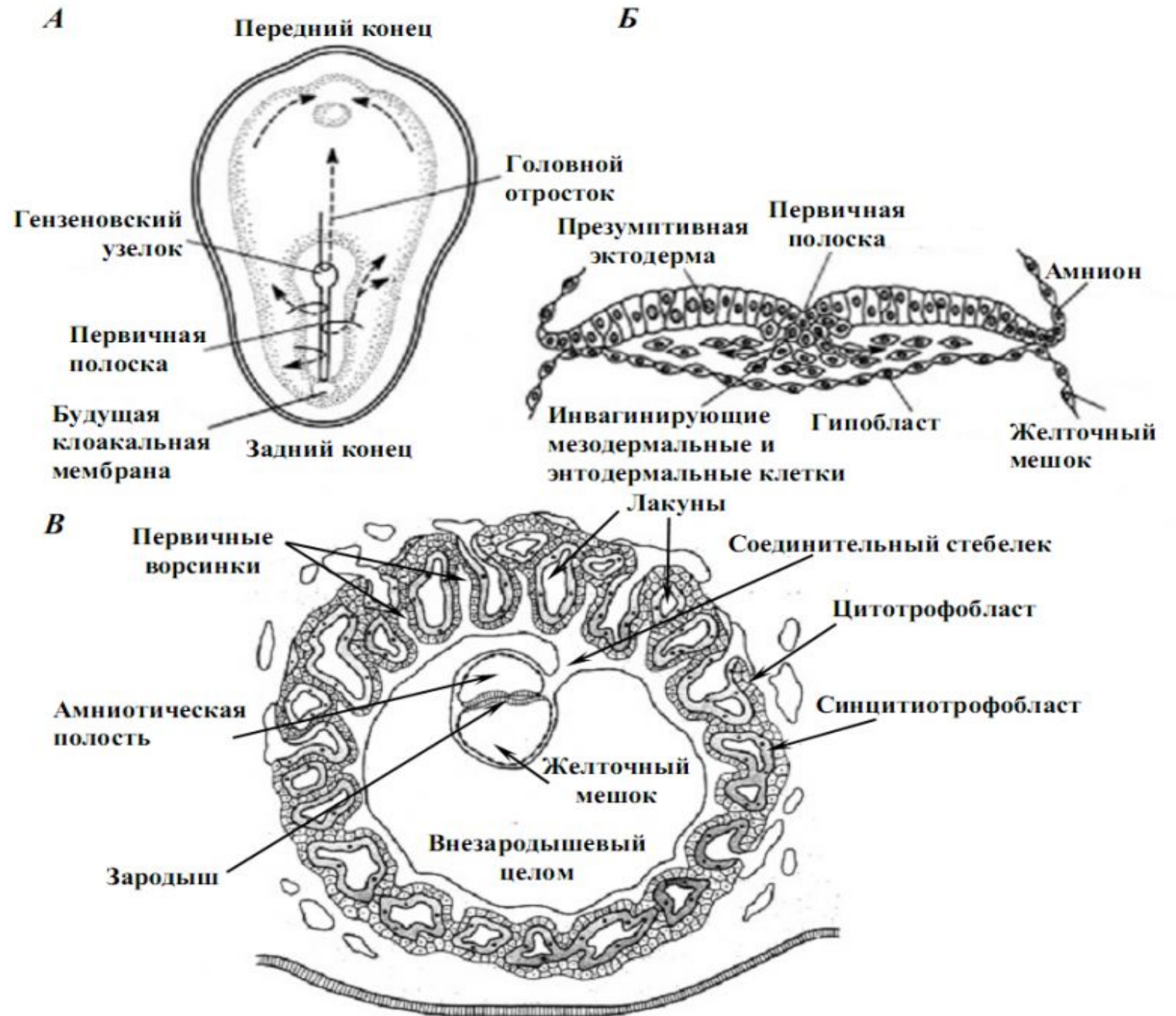
- I. Зародышевый щиток, в нем:
1. эктодерма
  2. зародышевая мезодерма
  3. энтодерма

Клетки внезародышевой мезодермы (мезенхимы) врастают в первичные ворсинки трофобласта, формируя вторичные ворсинки хориона, которая обращена вглубь слизистой оболочки матки и называется **ворсинчатый хорион**. С 15-х суток во вторичные ворсинки врастают кровеносные капилляры и образуются *третичные*.

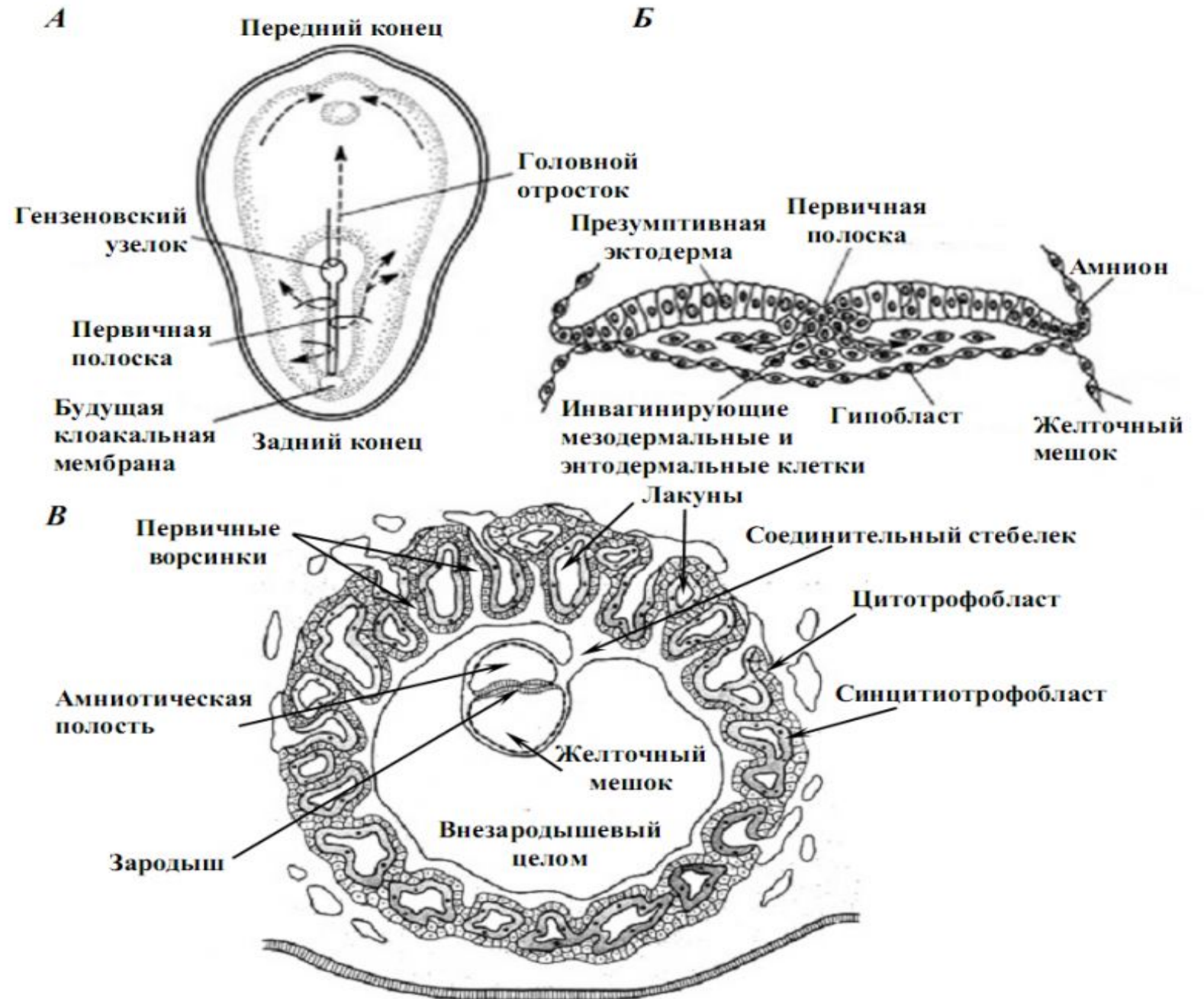




- Зародыш на протяжении первых двух недель для трофики использует секрет маточных желез и продукты распада тканей эндометрия (*гистiotрофный тип питания*), а после полного погружения и разрушения сосудов эндометрия его питание осуществляется непосредственно из материнской крови (*гематотрофный тип питания*). На противоположной стороне хориона ворсинки со временем редуцируются — формируется гладкий хорион. Ворсинчатый хорион впоследствии будет участвовать в образовании плаценты.



Таким образом, на 13—14-е сутки у зародыша человека уже есть **хорион**, **амниотический и желточный пузырьки**. Внезародышевая мезодерма (мезенхима) окружает амниотический и желточный пузырьки, обеспечивая образование стенки амниона и желточного мешка, а также формирует **амниотическую ножку — тяж**, который идет от будущего каудального конца зародыша к хориону.



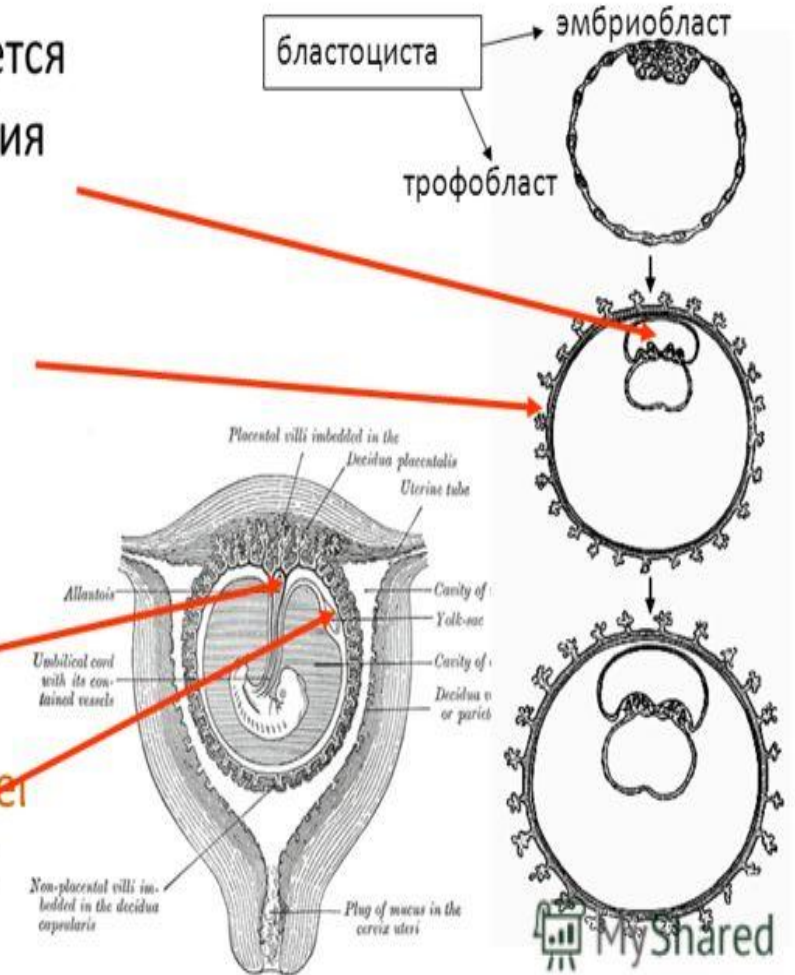
- В конце первой фазы гаструляции (13—14-е сутки) эмбрион человека образован в основном **внезародышевыми органами: хорионом (трофобласт и внезародышевая мезодерма), амнионом (внезародышевые эктодерма и мезодерма), желточным мешком (внезародышевые энтодерма и мезодерма), амниотической ножкой;** и только небольшая часть его является материалом зародышевого щитка — это эпибласт на дне амниотического пузырька, из которого позднее будет формироваться тело самого зародыша. Раннее развитие внезародышевых органов создает необходимые условия для внутриутробного развития зародыша человека.

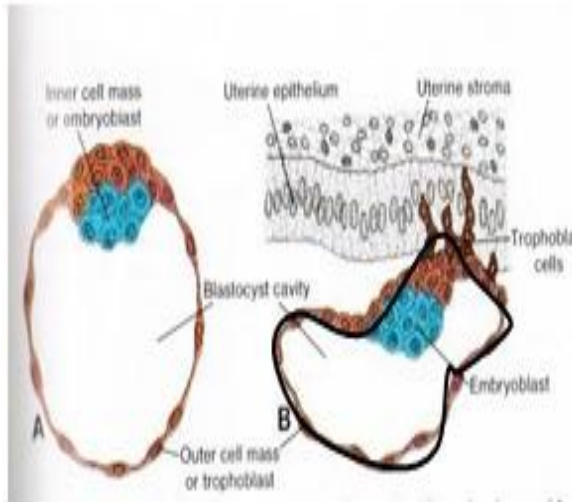
## Особенности образования провизорных органов у человека

Амнион образуется путем расслоения эмбриобласта

Хорион — путем разрастания трофобласта

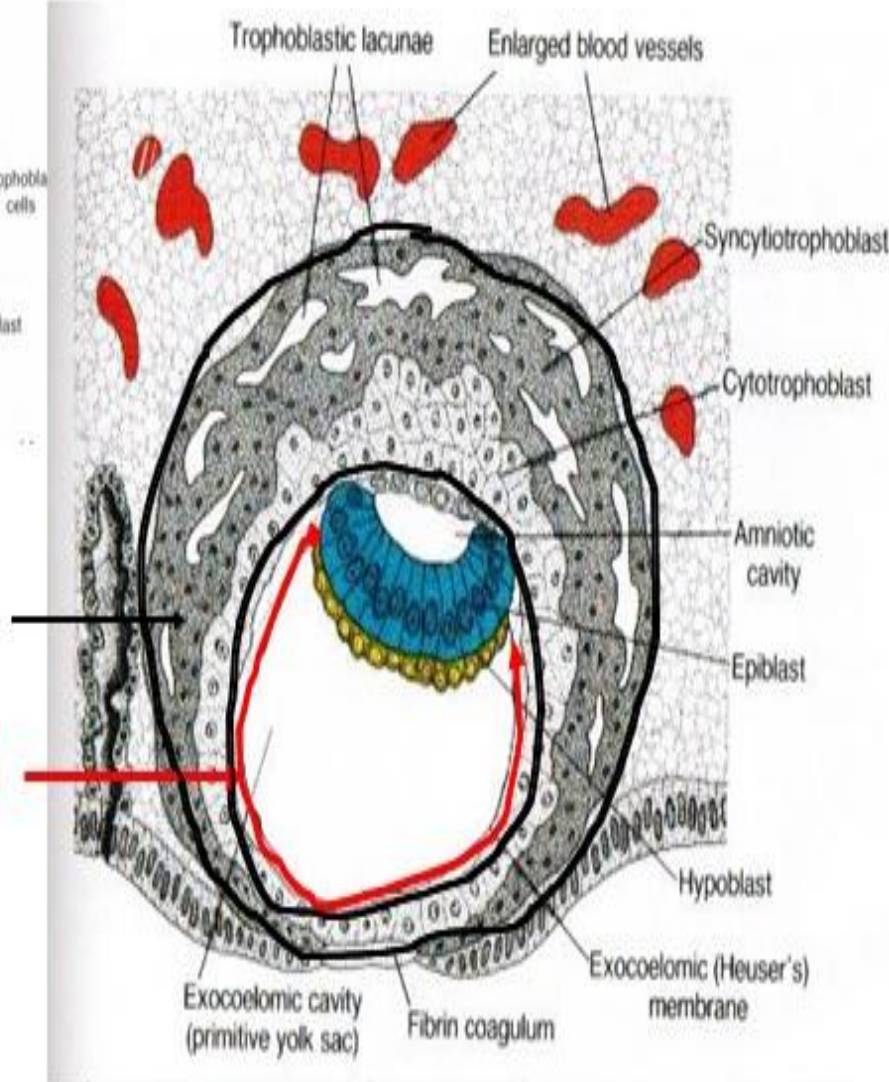
Аллантоис и желточный мешок — рудиментарны



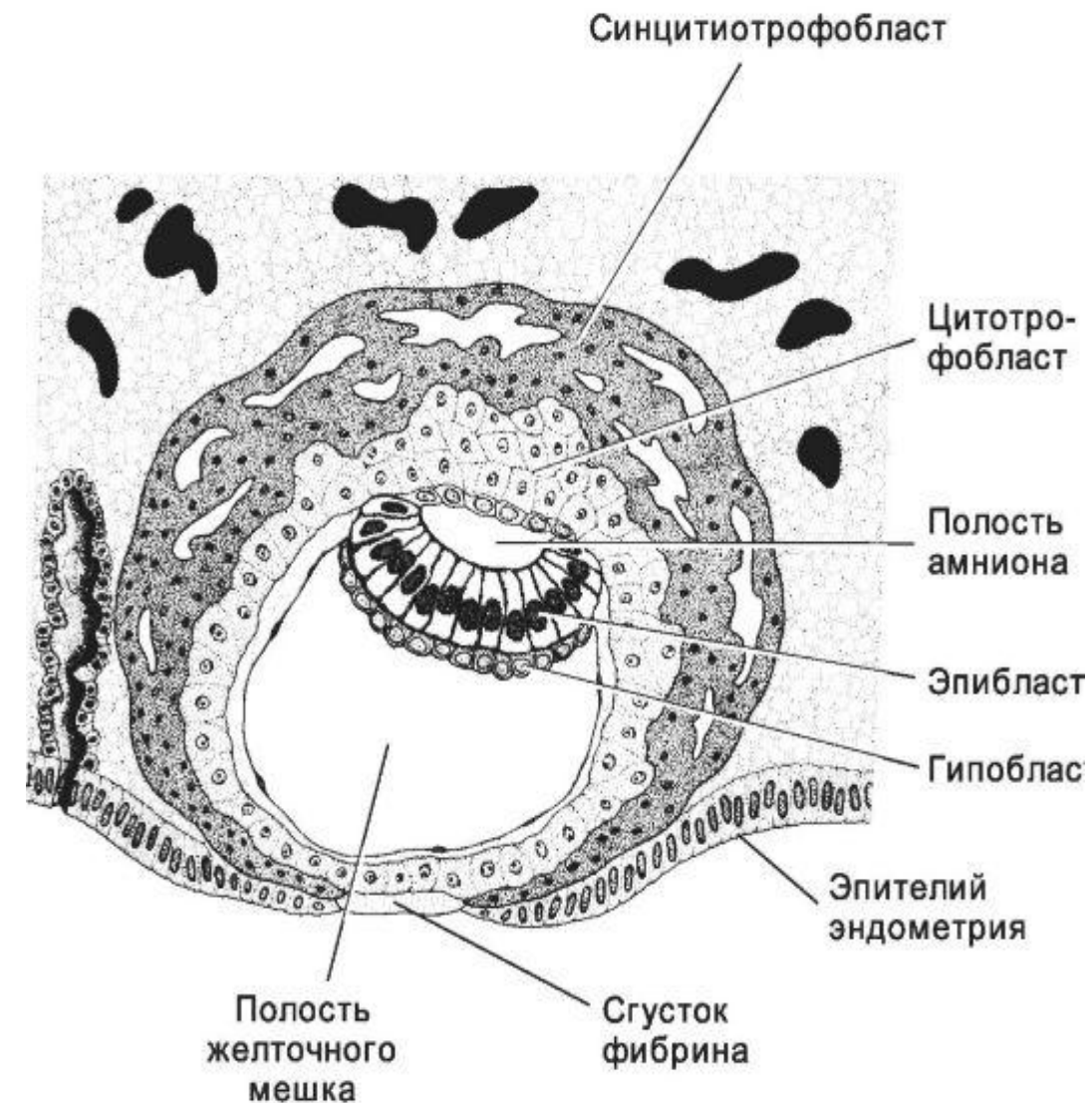


Трофобласт

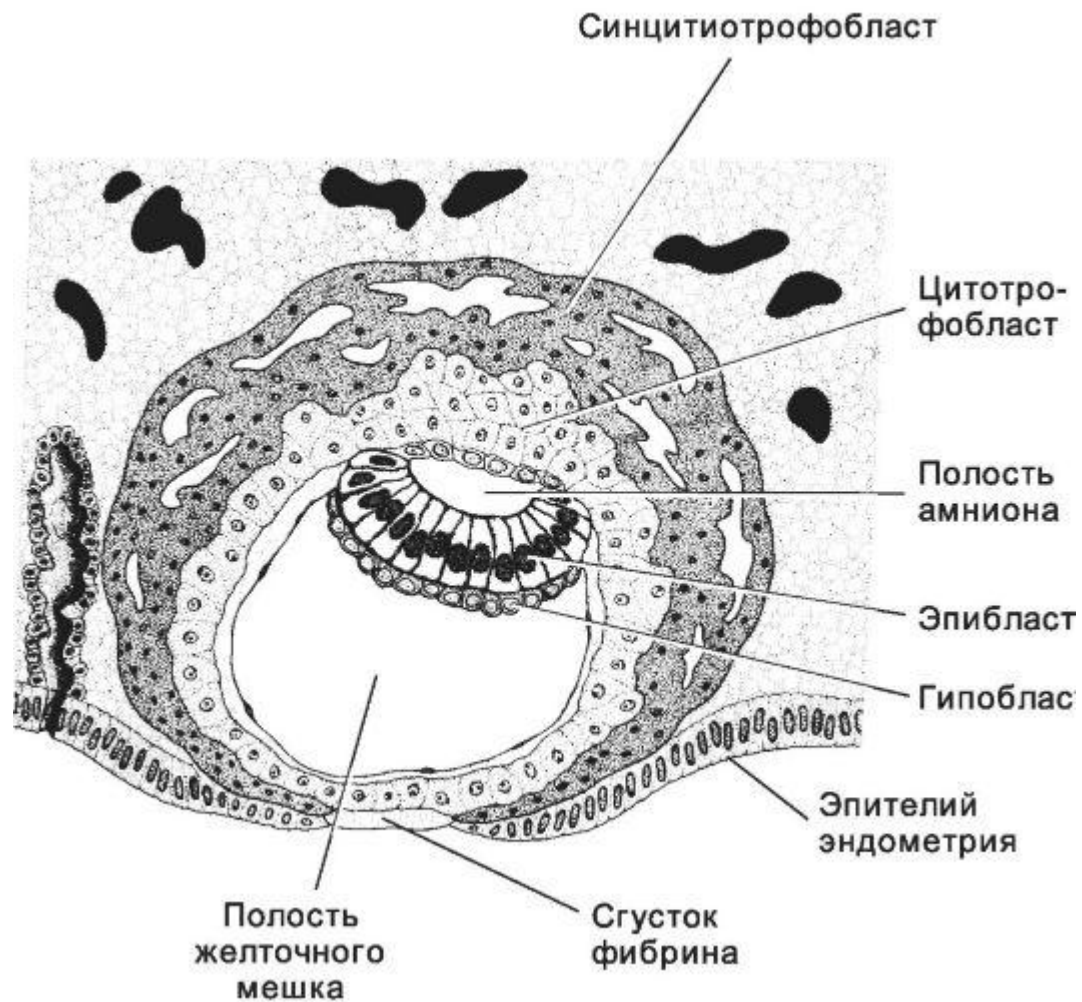
Внезародышевая мезодерма



- **Внезародышевая эктодерма.** Из периферических участков эпибласта выселяются клетки, выстилающие изнутри полярный трофобласт.
- **\* Эктодерма зародыша** образуется за счет не выселяющихся из эпибласта клеток.



- \* **Цитотрофобласт** (слой Лангханса) состоит из интенсивно размножающихся клеток. Их ядра содержат хорошо различимые ядрышки, а клетки – многочисленные митохондрии, хорошо развитые гранулярную эндоплазматическую сеть и комплекс Гольджи. В цитоплазме содержится масса свободных рибосом и гранул гликогена.



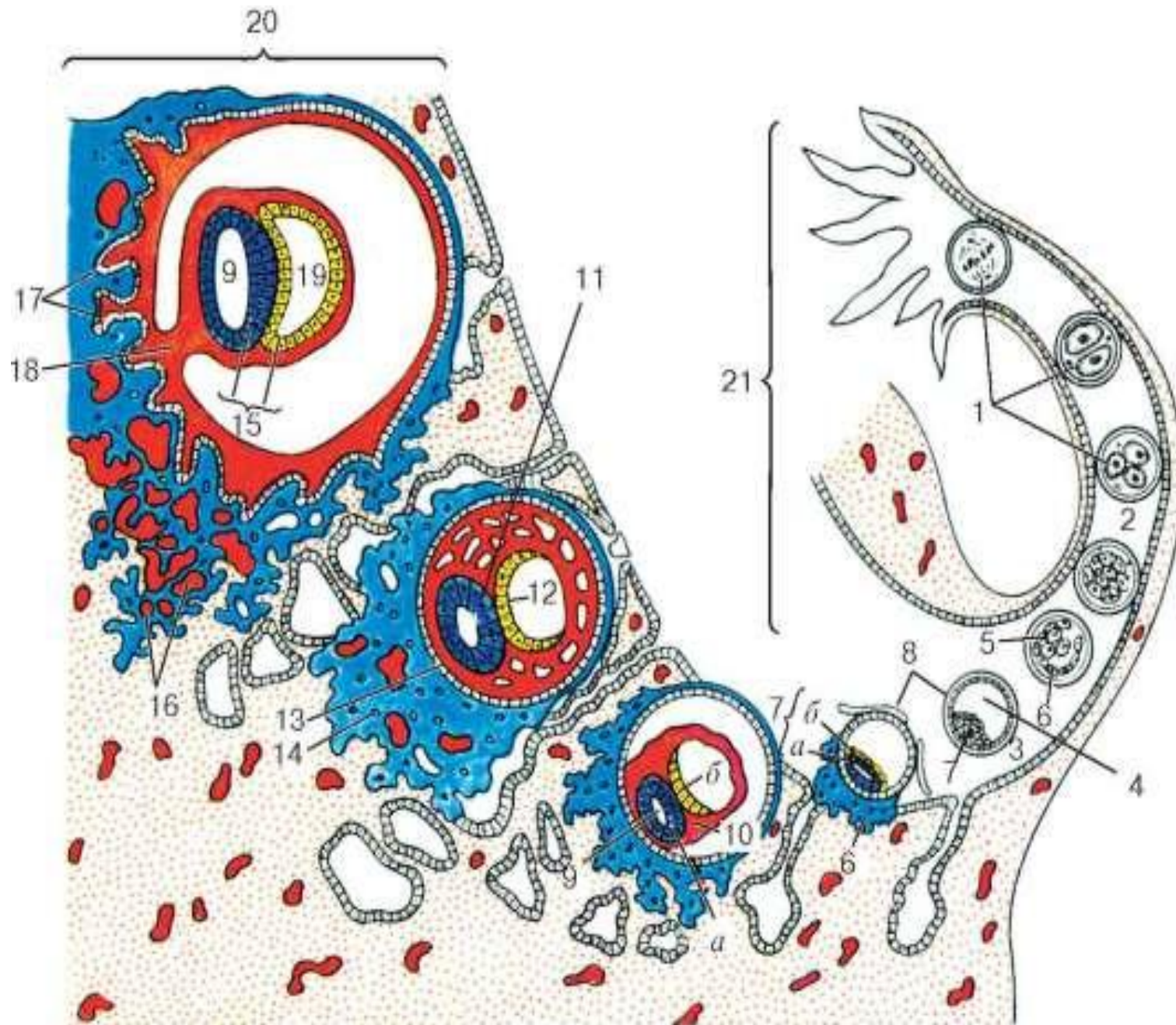
- **Синцитиотрофобласт** - высокоплоидная многоядерная структура, образуется из клеток цитотрофобласта и служит источником плацентарного соматомаммотропина (плацентарный лактоген), хорионического гонадотропина (ХГТ) и эстрогенов.

## Первая фаза гастрюляции

|   |  |
|---|--|
| <p>Расщепле-<br/>ние<br/>эмбрио-<br/>бласта</p> | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Первая фаза гастрюляции осуществляется путём <b>деламинации</b> - расщепления <b>эмбриобласта</b></li><li>2. Вначале образуются 2 листка - эпибласт (верхний, или наружный) и гипобласт (1) (нижний, или внутренний).</li><li>3. а) Клетки эпибласта - высокие, крупные, призматической формы, напоминают многорядный эпителий.<br/>б) Клетки гипобласта - мелкие, кубической формы, светлые.</li></ol> |
| <p>Роль гипобласта</p>                          | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Гипобласт принимает участие в формировании внезародышевого органа - желточного мешка.</li><li>2. Для этого он разрастается по внутренней поверхности трофобласта (внезародышевой эктодермы).</li><li>3. Таким образом, гипобласт - это внезародышевая <b>энтодерма</b>.</li></ol>   |

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <p>Расщепление<br/>эпибласта</p>    | <p>1. Что же касается эпибласта, то между его клетками появляются мелкие полости, которые затем сливаются в единую амниотическую полость (4). 2. В конечном счёте (после перемещений клеток крыши этой полости), эпибласт расщепляется ещё на 2 листка – зародышевый эпибласт (2), образующий дно амниотического пузырька, и амниотическую эктодерму (3) - крышу пузырька.</p>                 |
| <p>Роль амниотической эктодермы</p> | <p>1. Второй из вышеназванных листков тоже (как и гипобласт) принимает участие в образовании внезародышевого органа - амниона. 2. А среди внезародышевых листков он, как и трофобласт, относится к эктодерме.</p>  |
| <p>Роль зародышевого эпибласта</p>  | <p>1. Центральную же роль в образовании тканей зародыша играет зародышевый эпибласт. 2. Впоследствии (<b>во второй фазе гастрюляции</b>) из данного листка а) формируются все три зародышевых листка - эктодерма, мезодерма, энтодерма, б) и, кроме того, выселяются клетки внезародышевой мезодермы (внезародышевой мезенхимы) - в пространство между внезародышевыми экто- и энтодермой.</p> |

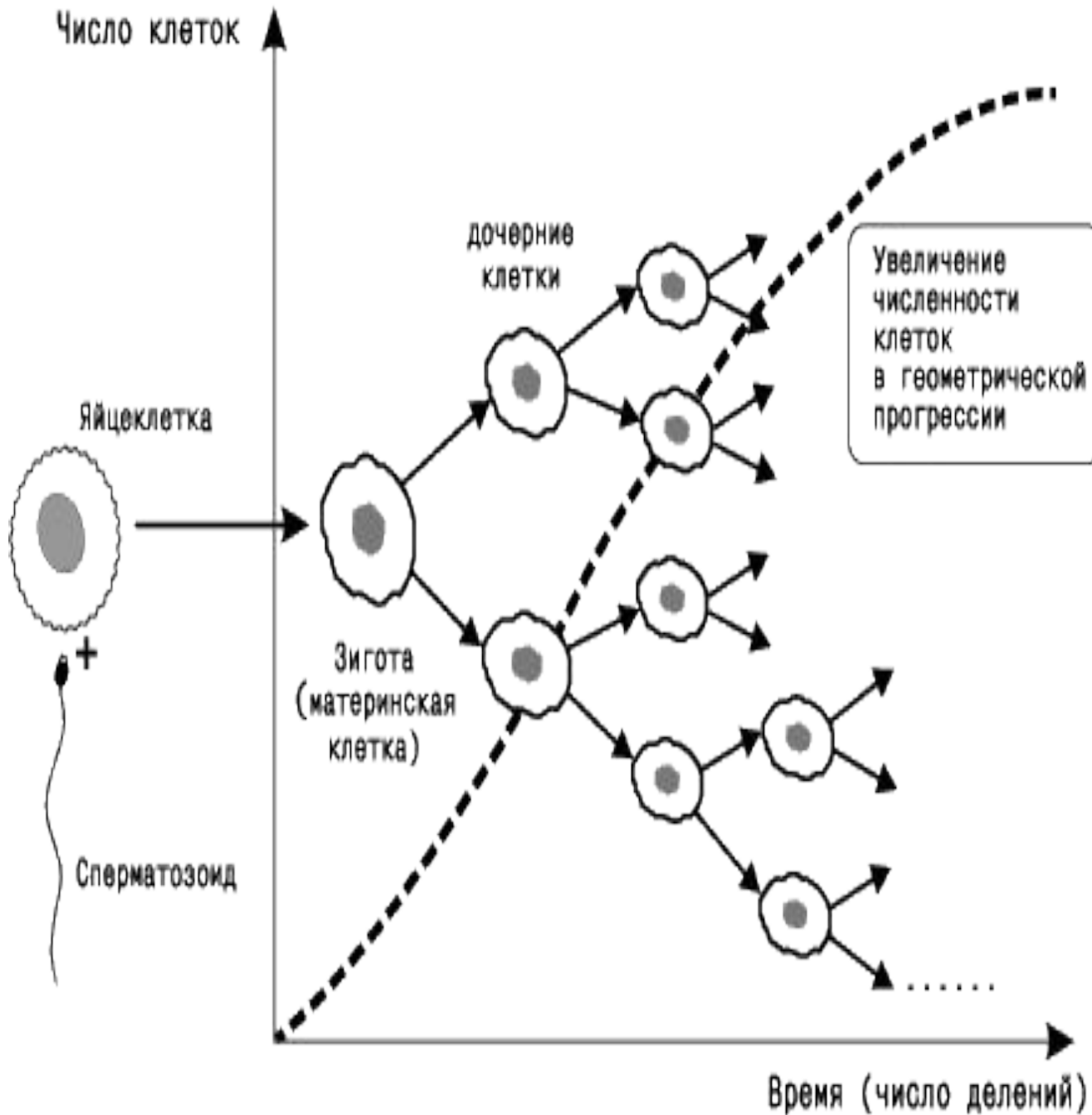




## **Дробление, гастрюляция и**

## **имплантация зародыша человека :**

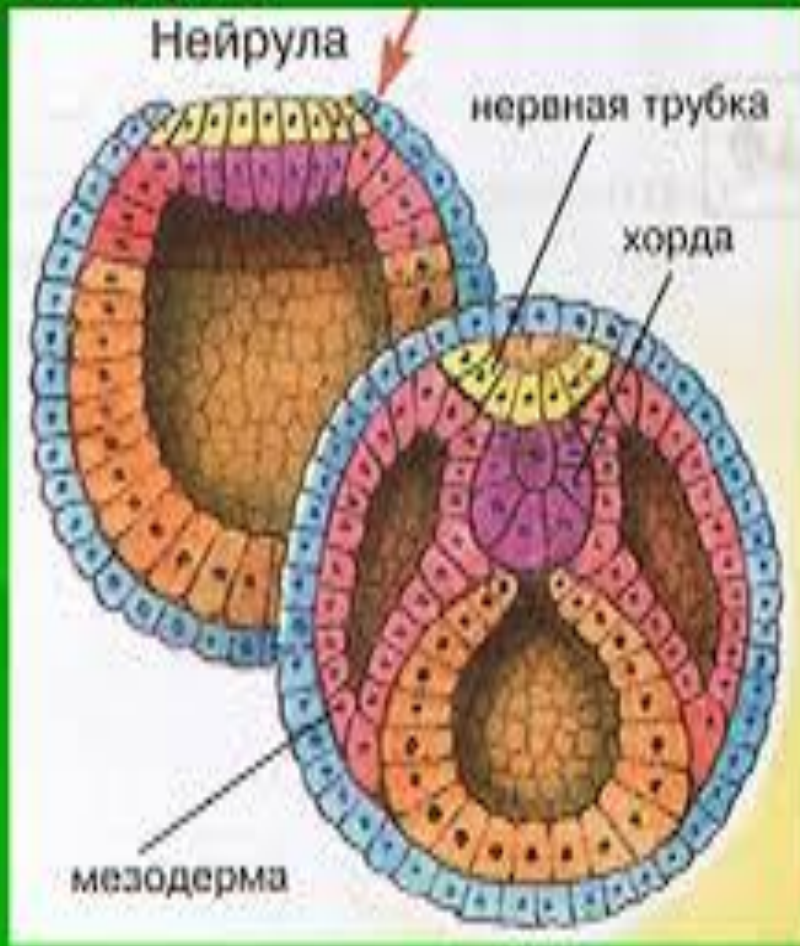
1 - дробление; 2 - морула; 3 - бластоциста; 4 - полость бластоцисты; 5 - эмбрио-бласт; 6 - трофобласт; 7 - зародышевый узелок: *а* - эпибласт; *б* - гипобласт; 8 - оболочка оплодотворения; 9 - амниотический (эктодермальный) пузырек; 10 - внезародышевая мезенхима; 11 - эктодерма; 12 - энтодерма; 13 - цитотрофобласт; 14 - симпластотрофобласт; 15 - зародышевый диск; 16 - лакуны с материнской кровью; 17 - хорион; 18 - амниотическая ножка; 19 - желточный пузырек; 20 - слизистая оболочка матки; 21 - яйцевод



- Многочлeточный организм развивается из оплодотворенной яйцеклетки (зигота) не только путем увеличения количества клеток (**пролиферация**) и увеличения массы зародыша (**рост**). Одновременно определяется судьба отдельных клеток. Этот процесс известен как **детерминация**. Детерминированные клетки специализируются (**дифференцировка**), т.е. приобретают конкретную морфологию и оказываются способными выполнять конкретную функцию. Одновременно осуществляется **морфогенез** – формирование органов и архитектуры тела. Таким образом, детерминация, дифференцировка, морфогенез, пролиферация, рост, миграция клеток, гибель клеток, т.е. разные **морфогенетические процессы** и составляют суть развития многоклеточного организма.

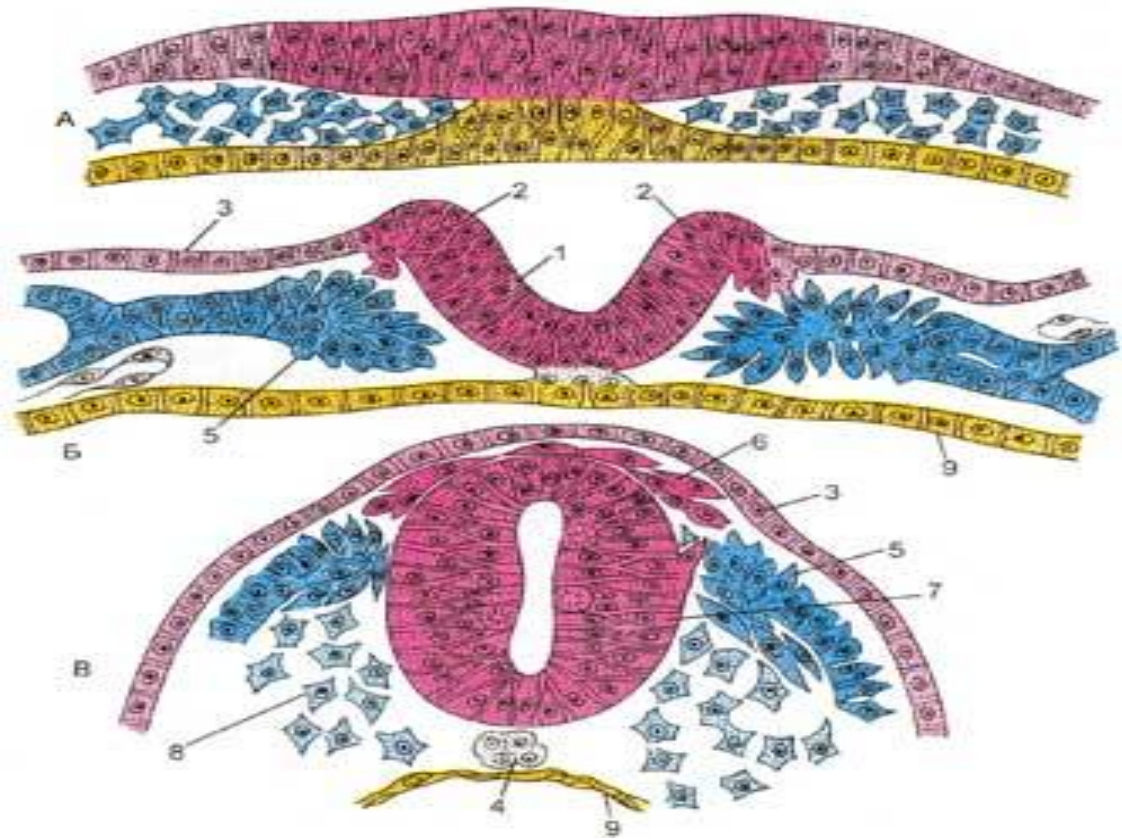
# Нейруляция и сомиты

## Нейрула



- В результате гаструляции формируются зародышевые листки, части которых, влияя друг на друга, индуцируют образование новых структур. Пример подобного влияния – первичная эмбриональная индукция, её результат – развитие из дорсальной эктодермы нервной системы (ткани). **Нейруляция** – процесс закладки нервной системы и осевых структур. Нейруляция начинается с 16-х суток развития (первые признаки формирования нервной пластинки) и в основном завершается к 23-м суткам. Почти одновременно из мезодермы формируются **сомиты** и **нефротом**.

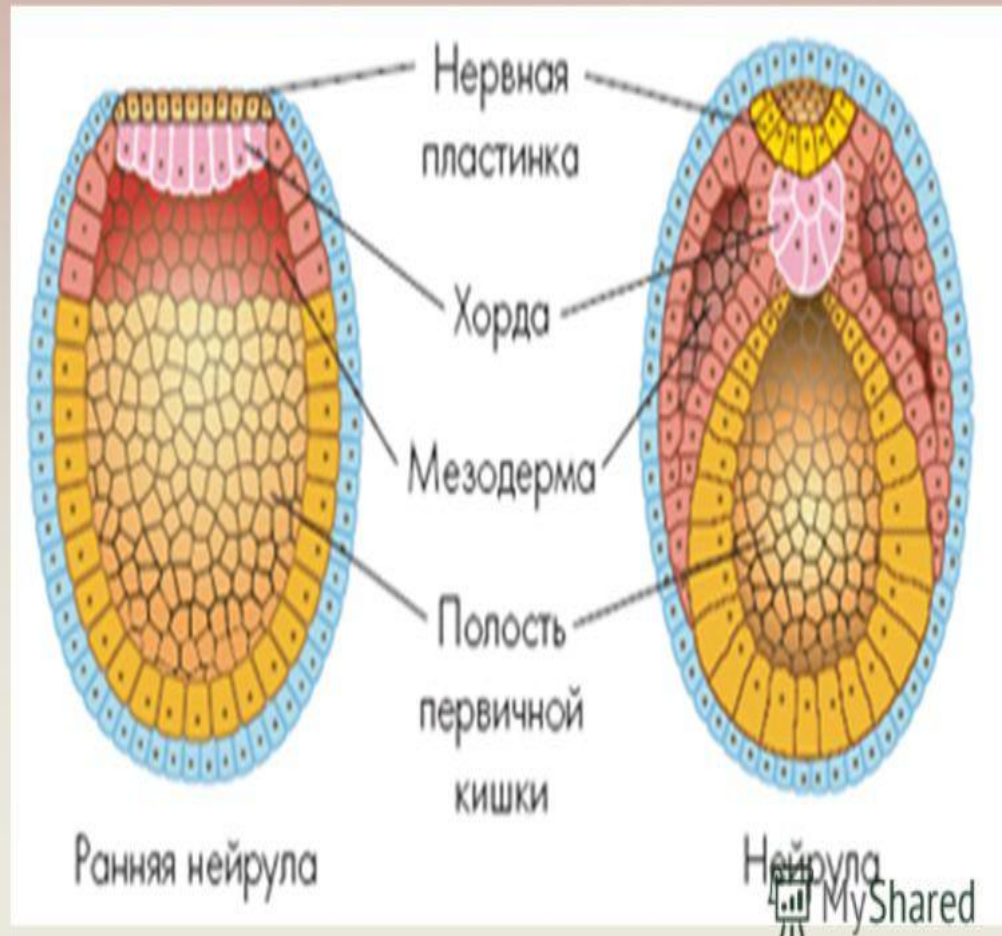
## Нейруляция



А — стадия нервной пластинки; Б - стадия нервного желобка; В - стадия нервной трубки.  
1 - нервный желобок; 2 - нервный валик; 3 - кожная эктодерма; 4 - хорда; 5 - сомитная мезодерма; 6 - нервный гребень (ганглиозная пластинка); 7 - нервная трубка; 8 - мезенхима; 9 - эндодерма.

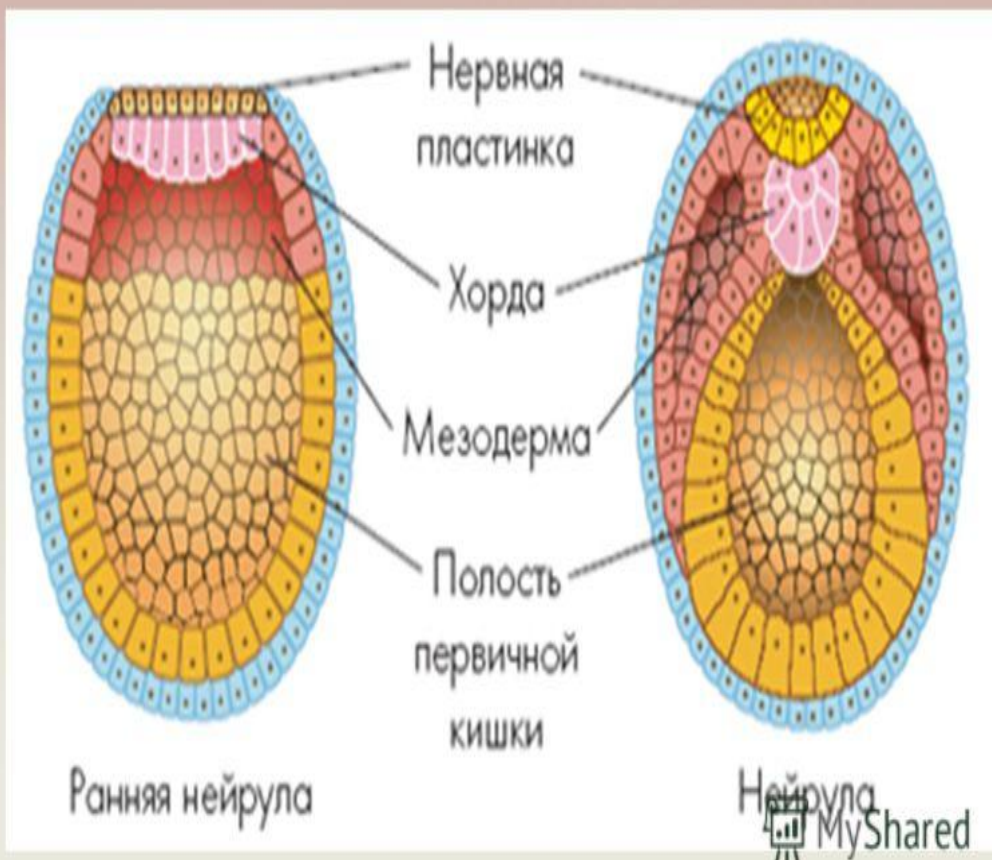
- Стадии нейруляции – индукция (первичная эмбриональная индукция) нервной пластинки → приподнимание краев нервной пластинки и образование нервного желобка → появление нервных валиков → формирование нервного гребня и начало выселения из него клеток → смыкание нервных валиков с образованием нервной трубки → срастание эктодермы над нервной трубкой. Некоторые структуры нервной ткани развиваются из нейрогенных

нейрула - зародыш с комплексом осевых органов: нервная трубка, хорда, кишечная трубка.



- **Первичная эмбриональная индукция.** Нейральная, или первичная эмбриональная индукция – образование нервной пластинки из дорсальной эктодермы. Этот процесс определяет организатор – хордомезодерма.
- \* **Нервная пластинка** – утолщенная часть дорсальной эктодермы, формирующаяся по кранио-каудальному градиенту. Плазматические клетки только что сформированной нервной пластинки расположены на базальной мембране, содержащей фибронектин, сульфатированные гликозаминогликаны и ламинин. Клетки нервной пластинки в апикальной части соединены при помощи плотных контактов, а в базальной части – щелевых.

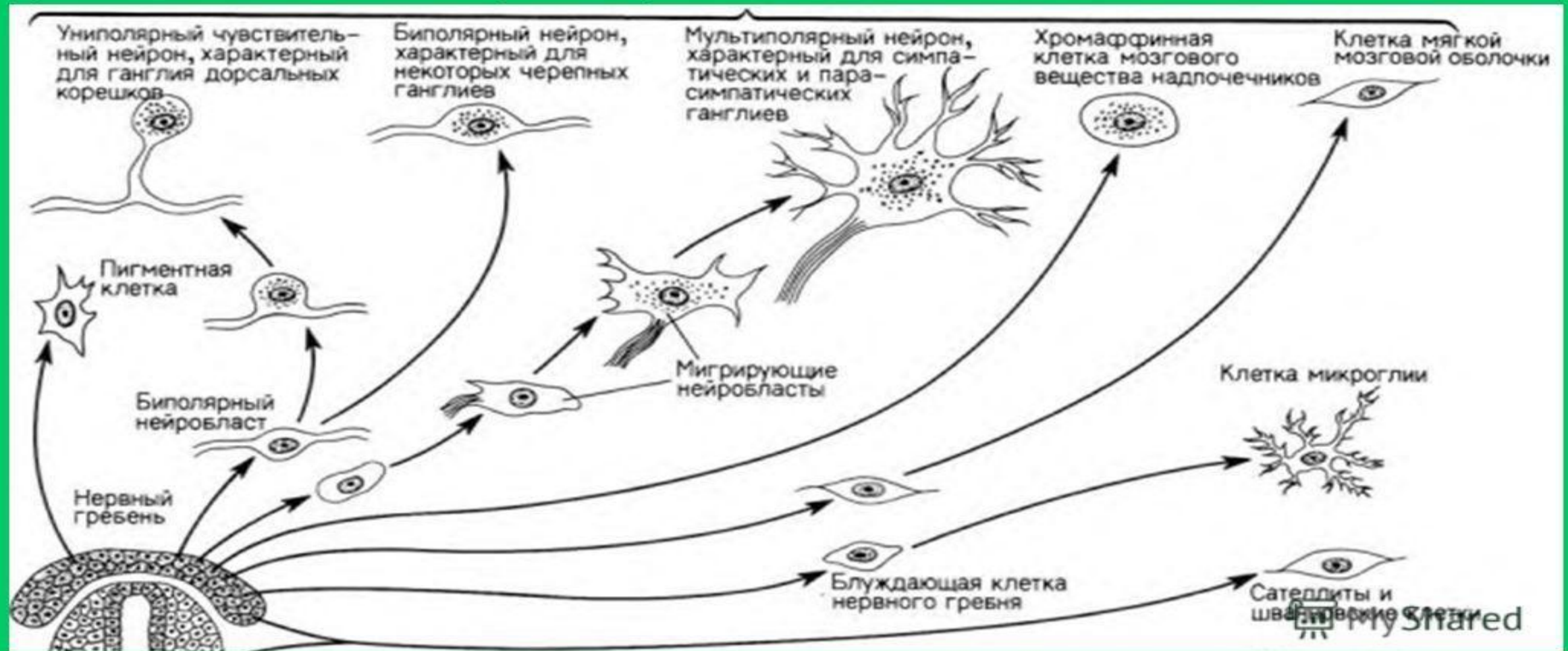
нейрула - зародыш с комплексом осевых органов: нервная трубка, хорда, кишечная трубка.



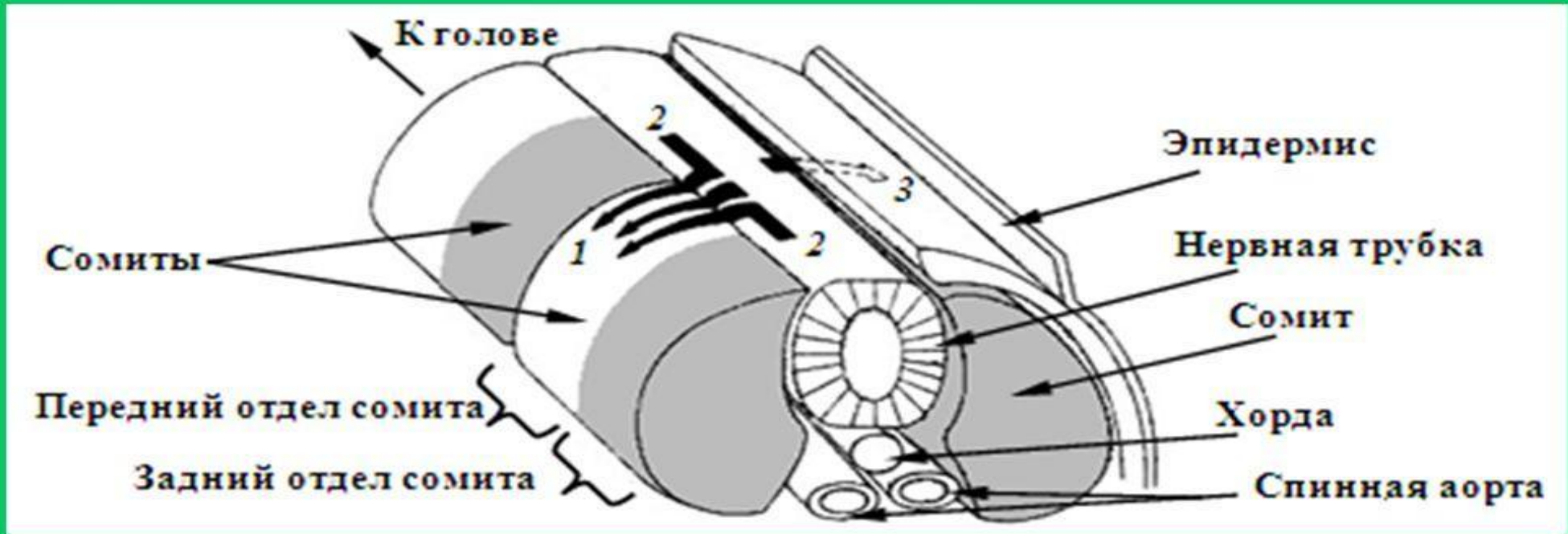
- **Нервная трубка.** Вскоре после образования края нервной пластинки приподнимаются, и формируются **нервные валики**. Между валиками расположен **нервный желобок**. Позднее края нервных валиков смыкаются по срединной линии, и образуется замкнутая нервная трубка. Краниальный и каудальный участки нервной трубки долго остаются незамкнутыми, их называют соответственно передним и задним нейропором. Передний **нейропор** закрывается на 23-26-1 день развития, а задний – на 26-30-й день.

# Нервный гребень и его производные

Клетки нервного гребня активно мигрируют на значительные расстояния, давая начало огромному типу клеток (**полипотентность**), в том числе: 1) нейроны и глия сенсорной, симпатической и парасимпатической систем, 2) адренергические клетки надпочечников, 3) пигментные клетки эпидермиса, 4) скелетные и соединительнотканые компоненты головы



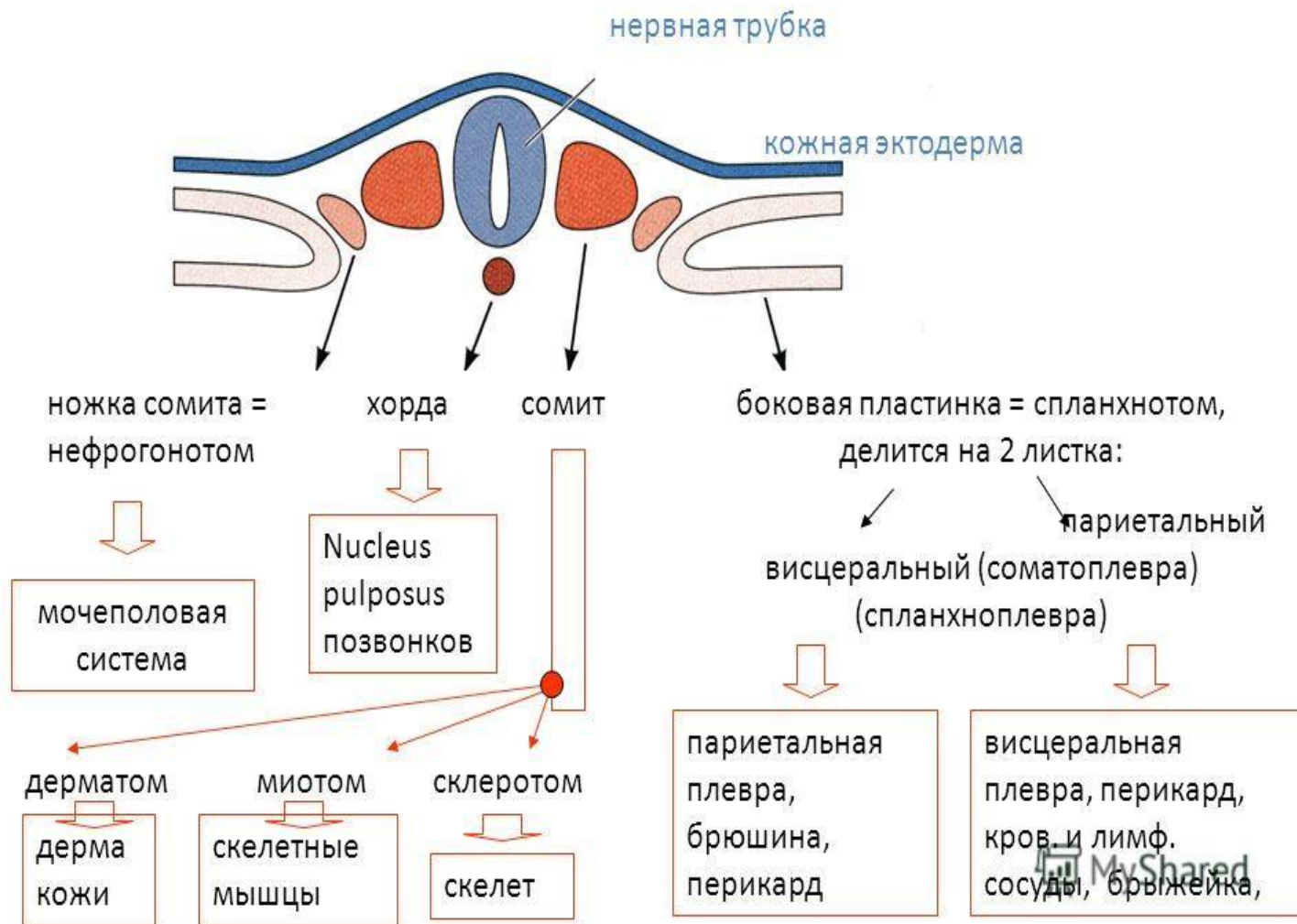
# Нервный гребень (пути миграция клеток)



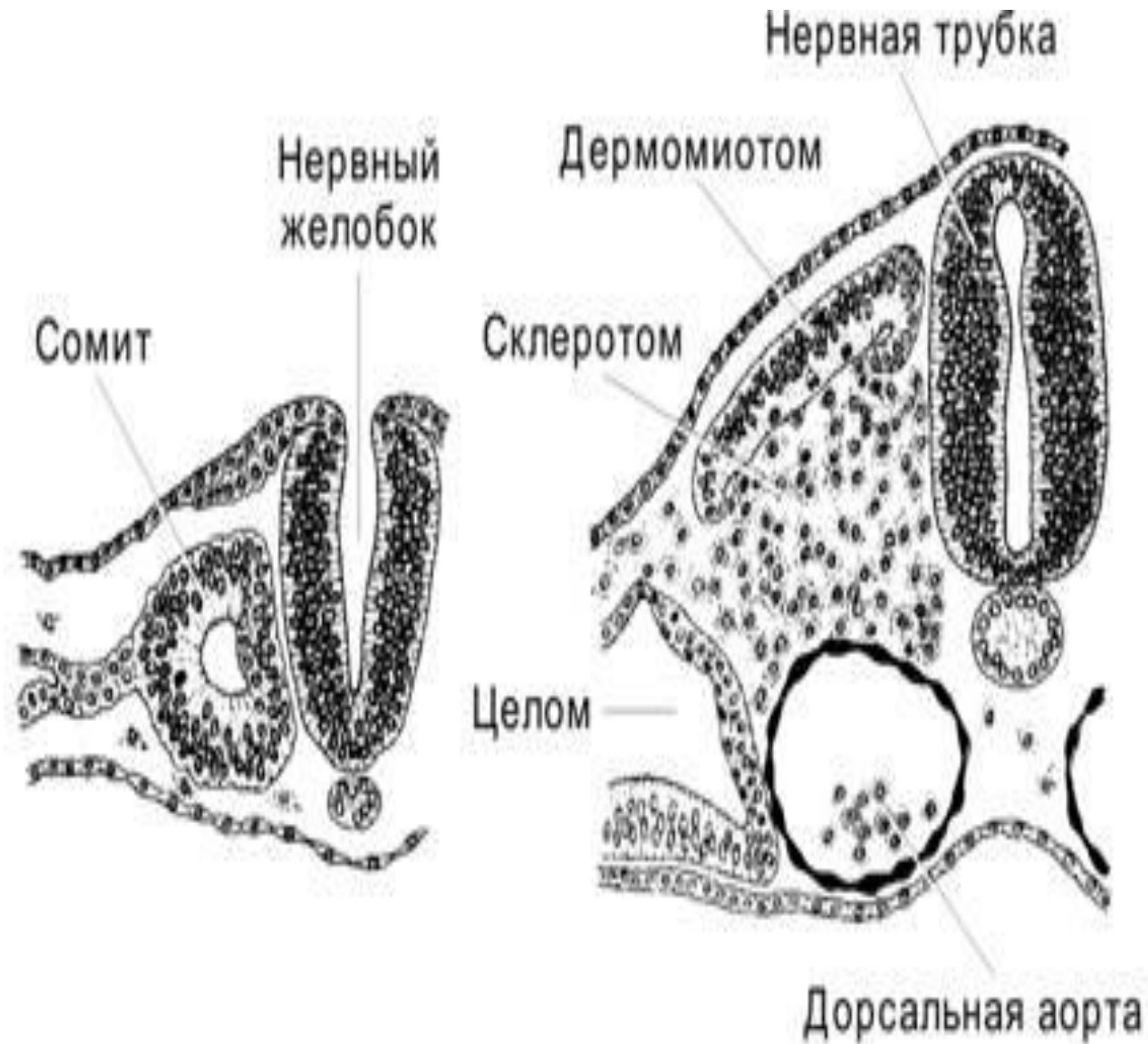
- 1 – в вентральном направлении через передний отдел сомита: симпатические ганглии и хромоаффинные клетки надпочечников;
- 2 – между нервной трубкой и сомитом в передний отдел лежащего рядом сомита: клетки спинно-мозговых ганглиев;
- 3 – в дорсолатеральном направлении под покровным эпителием: меланоциты



# Производные мезодермы

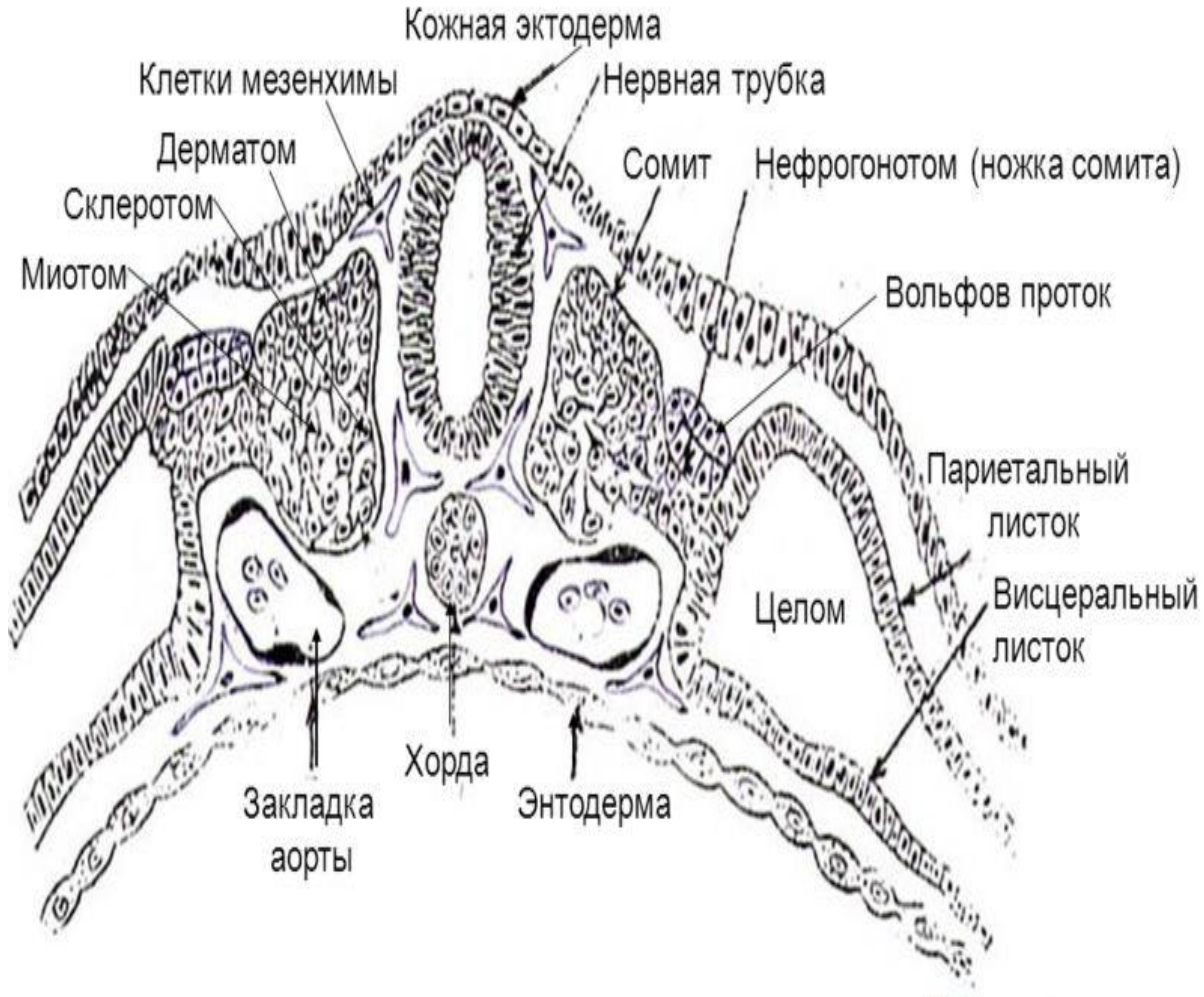


- **Мезодерма и сомиты**
- Клетки зародышевой мезодермы выселяются из эпибласта и формируют пресомитную мезодерму, из которой возникают сомиты – симметричные парные структуры по бокам от хорды и нервной трубки. Из мезодермы образуется еще два крупных зачатка: нефротом (промежуточная мезодерма) и латеральная мезодерма. Производные этих структур, а также всех зародышевых листков.



- **Пресомитная мезодерма.** Клетки, прошедшие через первичную полосу, мигрируют в латеральном направлении и образуют непрерывный пласт толщиной в несколько клеток. В непосредственной близости от нервной трубки и хорды мезодермальные клетки образуют скопление – концентрические

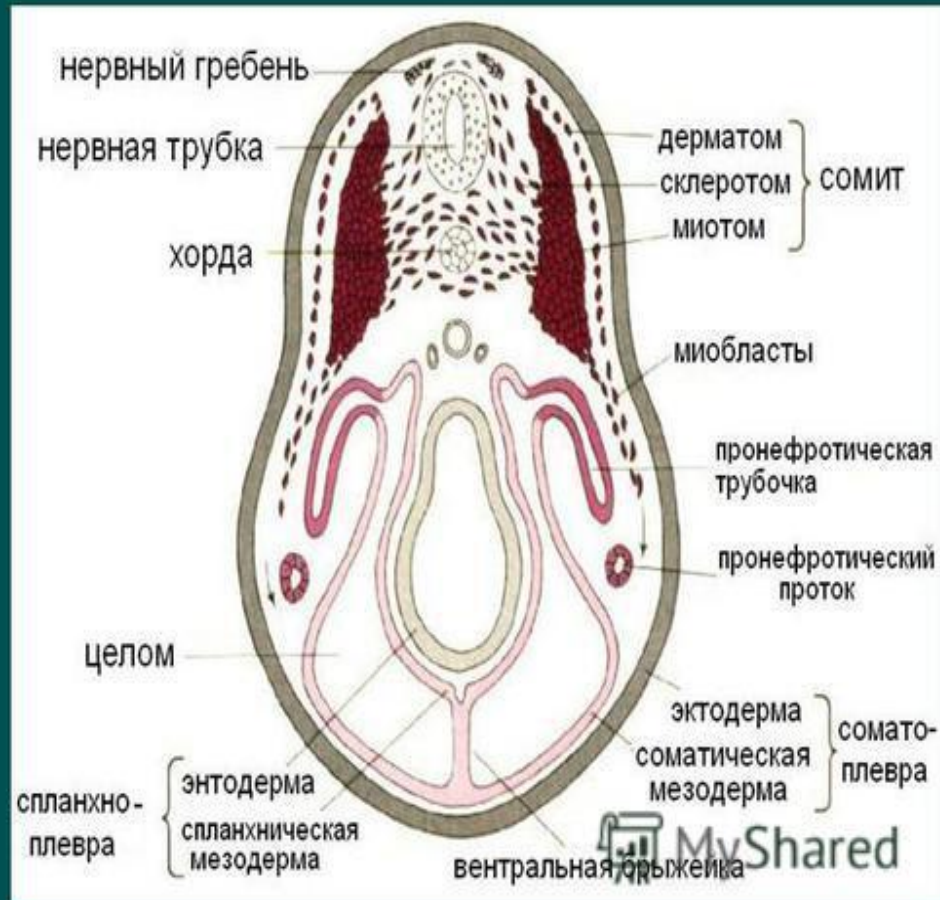
## Поперечный срез зародыша на сомитной стадии



- **Сомиты.** В результате пролиферации клеток, их миграции и последующей агрегации из сомитомеров формируется дорсальная мезодерма – сомиты. Образование сомитов происходит от головного к хвостовому концу зародыша. Новая пара сомитов образуется примерно каждые 6,6 часов. В сомите существует полость, ограниченная клетками, связанными между собой при помощи плотных контактов. В каждом сомите различают склеротом, дерматом и миотом; их клетки имеют свои пути миграции и служат источником для различных структур.

# Дорсальная мезодерма - СОМИТ

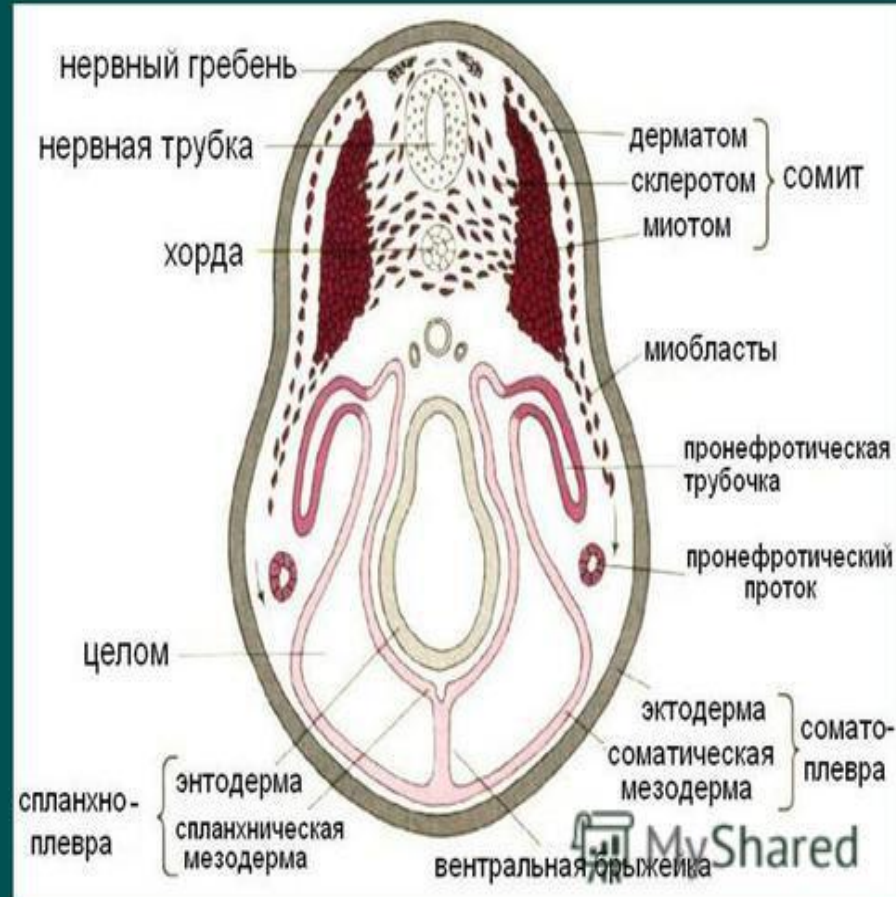
- **Склеротом** – кости осевого скелета
- **Миотом** – скелетные мышцы
- **Дерматом** – собственно кожа



- **Склеротом.** Под влиянием хорды и нервной трубки клетки ventro-медиальной области сомитов (склеротом) интенсивно размножаются и выселяются из сомита, окружая хорду и ventральную часть нервной трубки. Выселившиеся клетки дифференцируются в хрящевые и образуют позвонки, рёбра и лопатки.

# Дорсальная мезодерма - СОМИТ

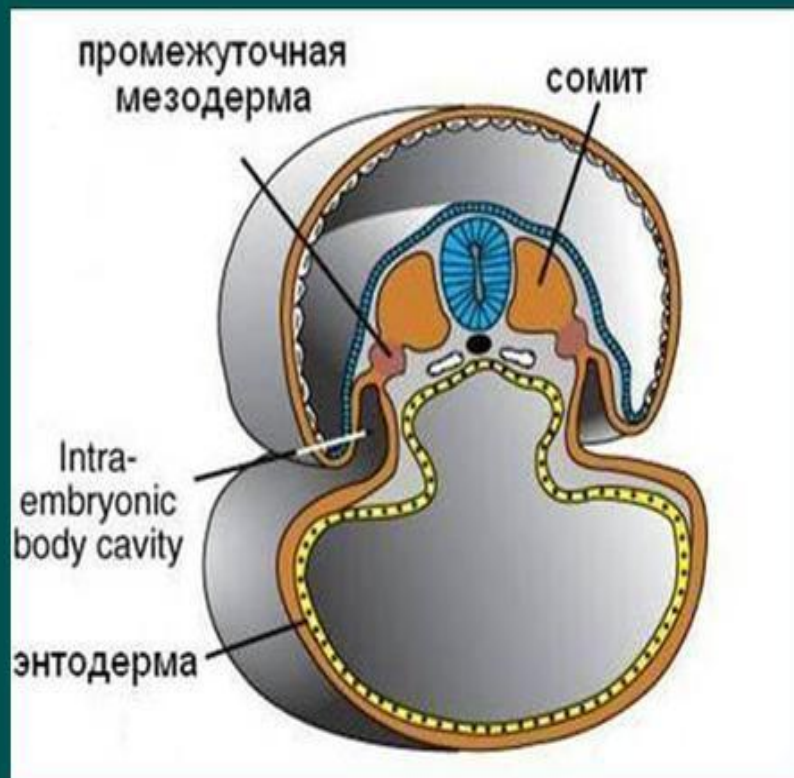
- **Склеротом** – кости осевого скелета
- **Миотом** – скелетные мышцы
- **Дерматом** – собственно кожа



- **Миотом и дерматом.** В оставшей дорсо-латеральной части сомита выделяют миотом (внутренний слой клеток, образующий впоследствии скелетную мускулатуру) и дерматом (наружный слой, зачаток соединительнотканной части кожи).
- **\* Нефротом.** Латеральнее сомита находится скопление клеток промежуточной мезодермы (нефротом) – зачаток мочевыделительной и половой систем.

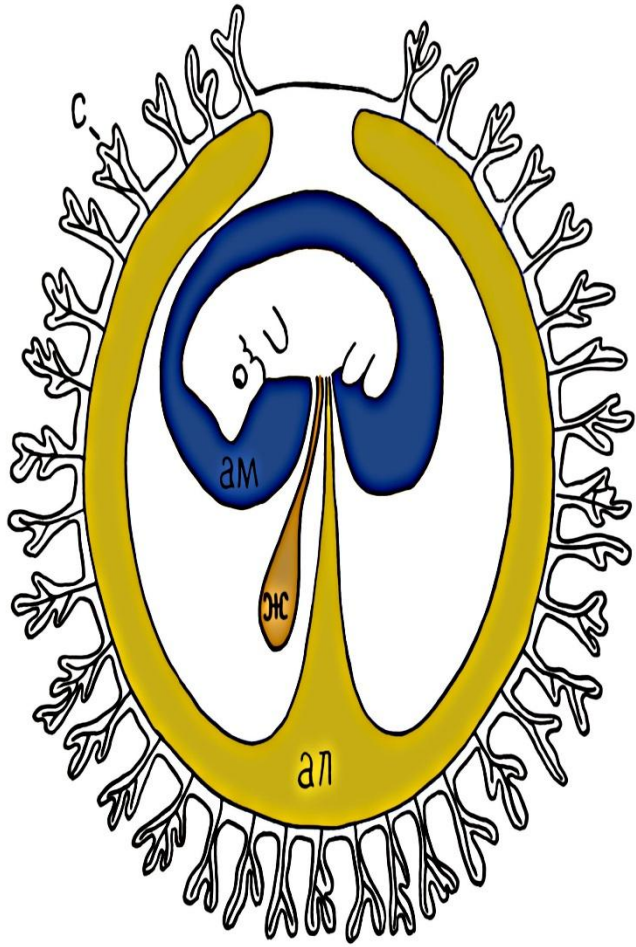
# Мезодерма

- Дорсальная
- Промежуточная
- Латеральная:
  - Соматическая
  - Спланхническая



Латеральная мезодерма. Расположенная латеральнее нефротома (мезодерма латеральной пластинки) расщеплена на два листка: дорсальный и вентральный. Дорсальный (париентальный) листок – соматическая мезодерма (из неё образуются серозные оболочки). Вентральный (висцеральный) листок – спланхническая мезодерма (из неё образуются сердце, кора надпочечников, строма гонад, соединительная и гладкомышечная ткани внутренних органов и кровеносных сосудов).

## ЗАРОДЫШЕВЫЕ ОБОЛОЧКИ ПЛАЦЕНТАРНОГО МЛЕКОПИТАЮЩЕГО

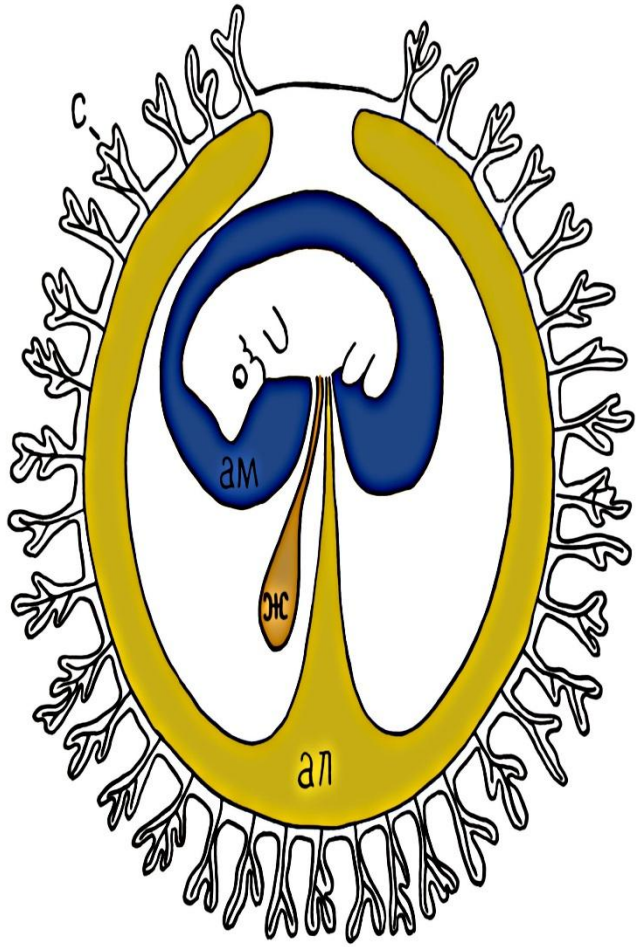


ал – аллантоис; ам – амнион; ж – желточный мешок; с – сероза.

### • Амнион.

- Амнион – плодный пузырь – объемистый мешок, заполненный амниотической жидкостью (околоплодными водами). В области пупочного кольца амнион переходит на пуповину и далее на плодную часть плаценты, образуя их эпителиальный покров. Зародышевый (эмбриональный) и плодный периоды развития человека происходят внутри плодного пузыря.

## ЗАРОДЫШЕВЫЕ ОБОЛОЧКИ ПЛАЦЕНТАРНОГО МЛЕКОПИТАЮЩЕГО

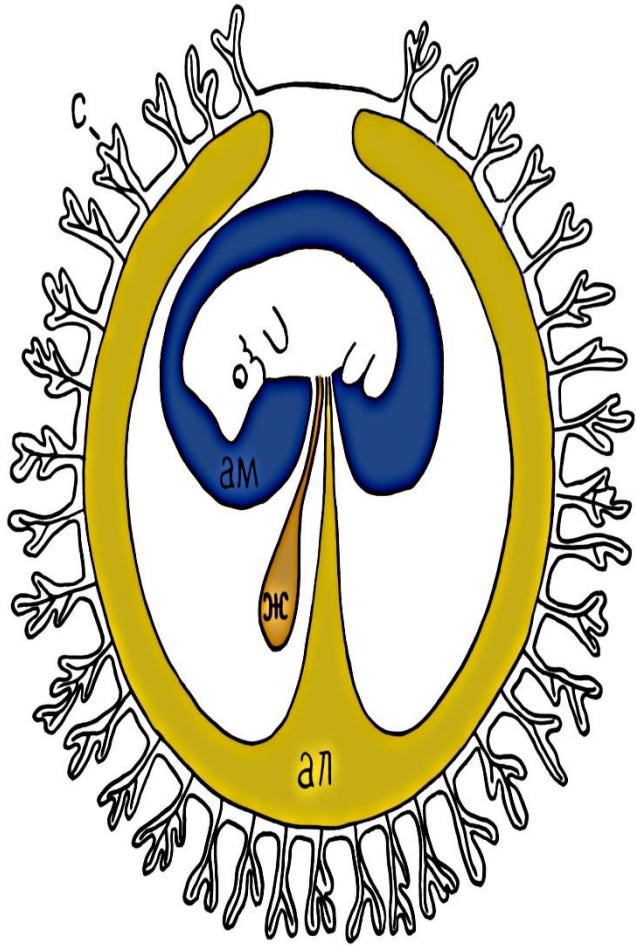


ал – аллантоис; ам – амнион; ж – желточный мешок; с – сероза.

- **Образование амниона.** Одновременно с расслоением внутренней клеточной массы на эпибласт и гипобласт образуется амниотическая полость, ограниченная эпибластом и внезародышевой (амниотической) эктодермой. В ходе гаструляции клетки зародышевой мезодермы обрастают амниотическую эктодерму, формируя наружный слой амниона.



## ЗАРОДЫШЕВЫЕ ОБОЛОЧКИ ПЛАЦЕНТАРНОГО МЛЕКОПИТАЮЩЕГО



ал – аллантоис; ам – амнион; жс – желточный мешок; с – сероза.

- **Амниотические складки.** На краниальном конце амнион образует головную амниотическую складку. С увеличением размеров зародыша его голова растет вперед, в амниотическую складку. Боковые амниотические складки формируются по обе стороны зародыша за счет краев головной складки. Хвостовая амниотическая складка образуется на каудальном конце зародыша и растет в краниальном направлении. Головная, боковые и хвостовая амниотические складки сходятся над зародышем и замыкают амниотическую полость. Место соединения амниотических складок – амниотический шов; здесь образуется исчезающий впоследствии тканевый тяж.

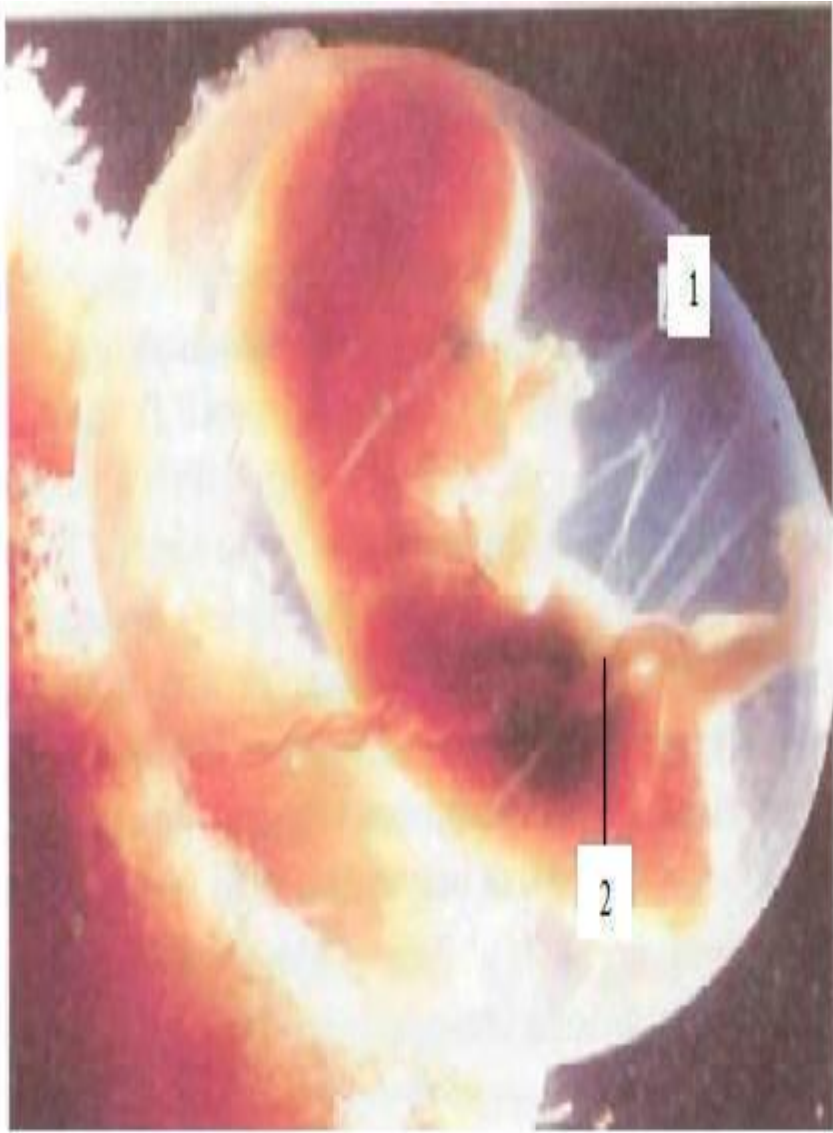


Рис. 9.1. Амниотическая оболочка плода 9 - 9,5 недель (1) и пупочный канатик (2)

- **Амниотическая жидкость.** Сформированный амниотический мешок наполняется жидкостью, защищающий зародыш при сотрясении, позволяющей плоду совершать движения и предотвращающей слипание растущих частей тела друг с другом и с окружающими тканями. На 99% амниотическая жидкость состоит из воды, 1% приходится на белки, жиры, углеводы, ферменты, гормоны, неорганические соли, а также эпителиальные клетки амниона, кожи, кишечника, дыхательных и мочевыделительных путей. К концу беременности объем жидкости составляет 700-1000 мл.

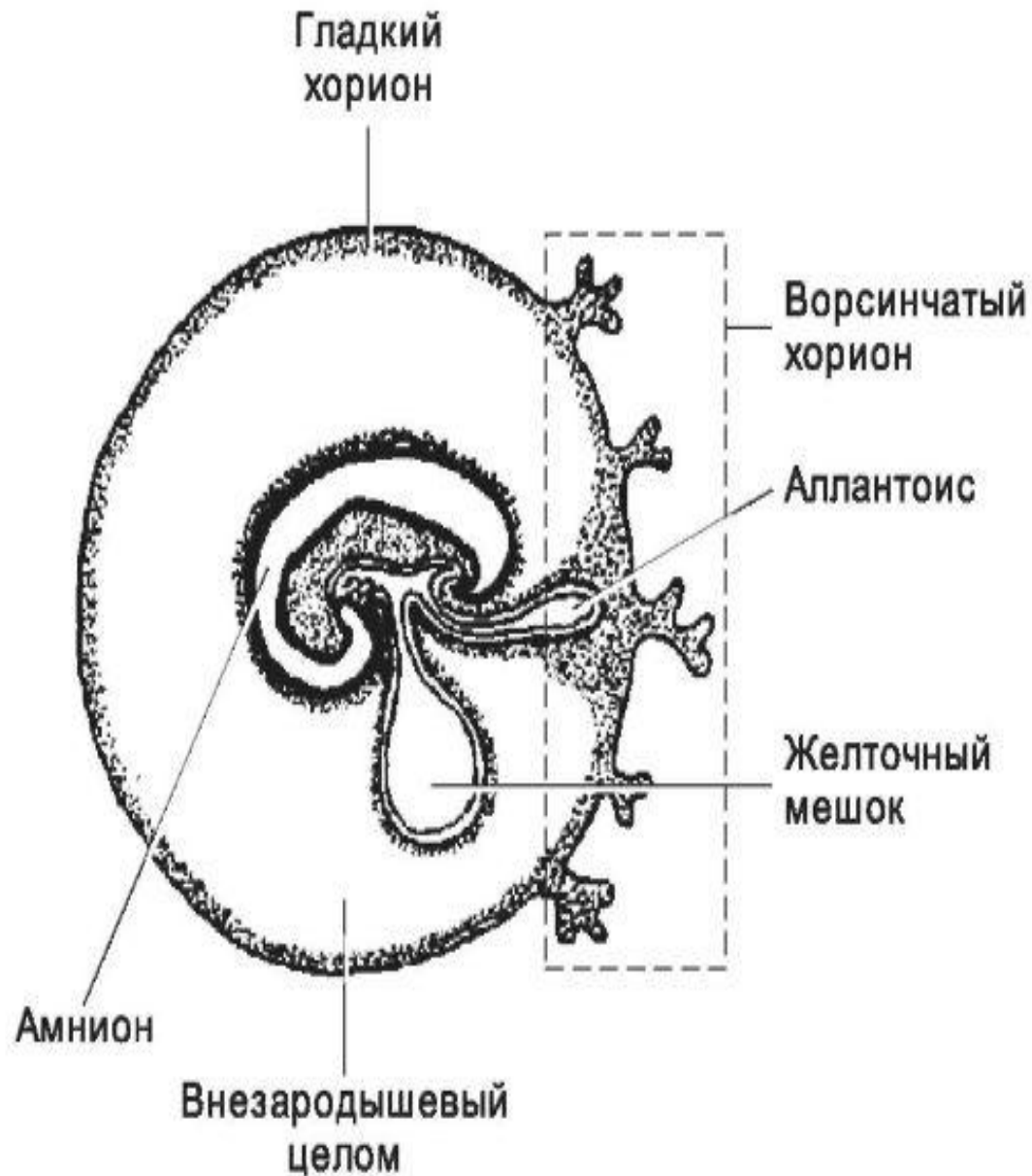


- **Желточный мешок**

- Желточный мешок – вынесенная за пределы зародыша часть первичной кишки. Стенка желточного мешка состоит из двух слоев: внутренний слой образован внезародышевой энтодермой, а наружный – внезародышевой мезодермой. В период наибольшего развития желточного мешка его кровеносные сосуды отделены от стенки матки тонким слоем ткани, что делает возможным поглощение из матки питательных веществ и кислорода. Внезародышевая мезодерма служит местом эмбрионального кроветворения (гемопоза). Здесь формируются кровяные островки.

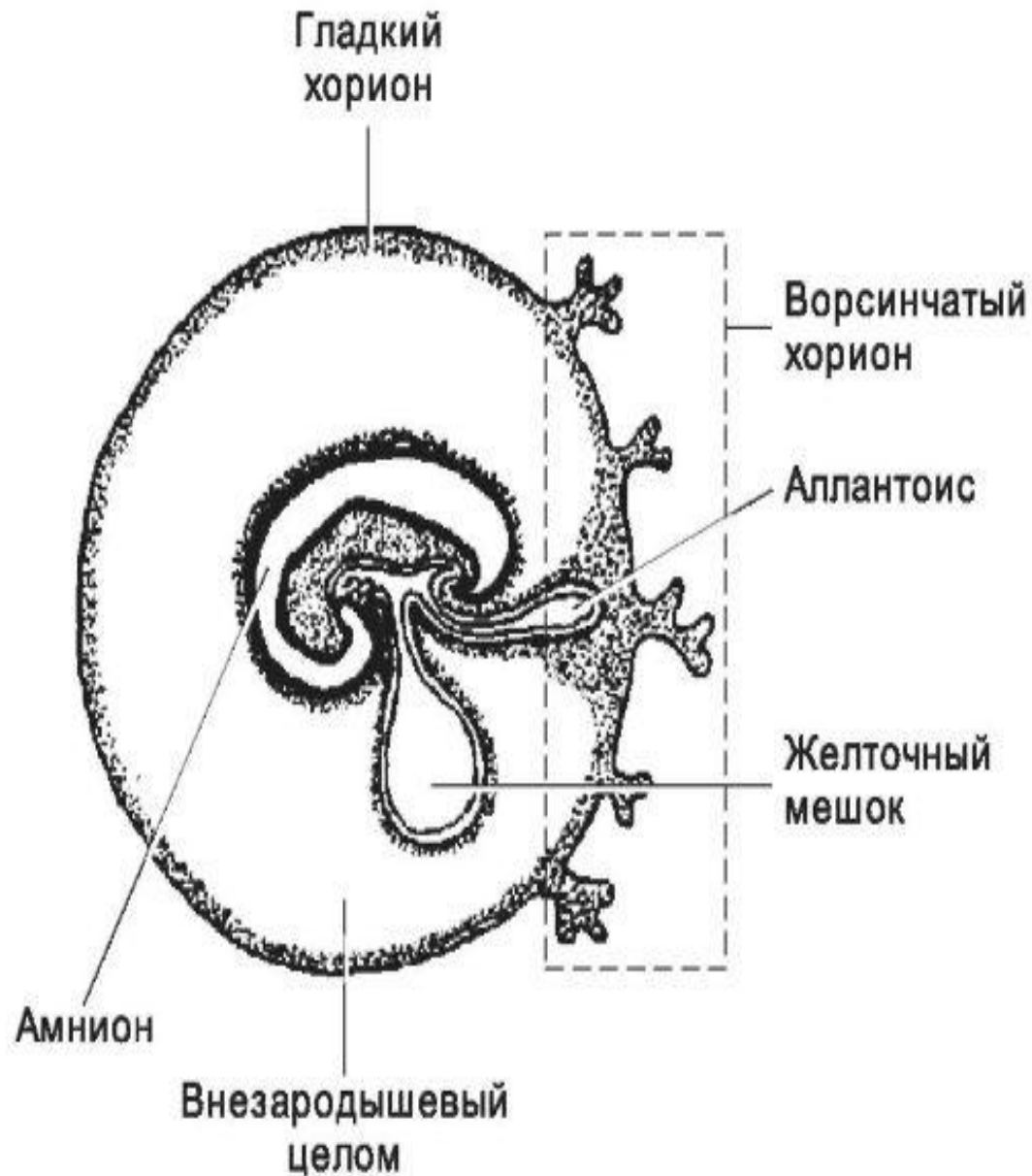


- Во внезародышевой эндодерме желточного мешка временно (на пути их миграции в зачатки гонад) располагаются примордиальные половые клетки. Позднее складки амниона сдавливают желточный мешок; образуется узкая перемычка, соединяющая его с полостью первичной кишки - **желточный стебелек**. Эта структура удлиняется и вступает в контакт с ножкой тела, содержащей аллантоис. Желточный стебелек и дистальная часть аллантоиса вместе со своими сосудами образуют **пупочный канатик**, отходящий от зародыша в области пупочного кольца. Желточный стебелек обычно полностью зарастает к концу 3-го месяца развития плода.



- **Аллантоис**

- Задняя стенка желточного мешка к 16-му дню развития формирует небольшой вырост – аллантоис (от греч. *allas*, колбасовидный), образованный внезародышевыми энтодермой и мезодермой. Устье аллантоиса открывается в клоаку, а его дистальная часть проникает в ножку тела. У человека аллантоис рудиментарен, он не функционирует как орган дыхания или резервуар для окончательных продуктов обмена, но имеет важное значение в эмбриональном кроветворении и ангиогенезе.



- На 3-5 неделе развития в стенке аллантоиса происходит гемопоэз и формируются кровеносные сосуды пупочного канатика (две пупочные артерии и одна пупочная вена).

## СФОРМИРОВАВШАЯСЯ ПЛАЦЕНТА



## • ПЛАЦЕНТА

- Плацента связывает плод с организмом матери. Плацента состоит из материнской (базальная часть децидуальной оболочки) и плодной (ворсинчатый хорион) частей



- **Функция плаценты**
- Функции плаценты многообразны. К ним относятся метаболический обмен между матерью и плодом, транспорт материнских антител, эндокринная функция (синтез ХГТ, прогестерона, хорионического соматомаммотропина, трансферрина, пролактика), детоксикация метаболитов



- **Плацентарный барьер**

- В состав плацентарного барьера (материнская кровь - кровь плода) входят:

синцитиотрофобласт → цитотрофобласт →

базальная мембрана трофобласта →

соединительная ткань ворсинки → базальная

мембрана в стенке капилляра плода → эндотелий

капилляра плода. Хорион защищает плод от

влияния иммунной системы матери.

-

# Периоды пренатального развития

| Период                       | Продолжительность                 | Критическое событие                  |
|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Начальный (концептус)</b> | Первые 2 недели                   | <b>Оплодотворение</b>                |
| <b>Зародышевый (эмбрион)</b> | От 3-й по 8-ю недели включительно | <b>Образование первичной полоски</b> |
| <b>Плодный (плод)</b>        | До конца беременности             | <b>Плацентация</b>                   |

# ОНТОГЕНЕЗ

"онтос"- существо, "генезис"- развитие - индивидуальное развитие организма от зачатия до смерти.



Оплодотворение  
яйцеклетки



1 сутки  
Зигота



3 суток  
Морула



5 суток  
Бластула



10 суток  
Гастрола



3 недели.  
Начало органогенеза



5,5 недель.  
Длина зародыша 10-15 мм



6 недель.  
Регистрируются движения  
плода и сокращения сердца



8-10 недель.  
Длина плода 10 см.  
Все органы сформированы



11 недель.  
Продолжается развитие  
всех систем организма



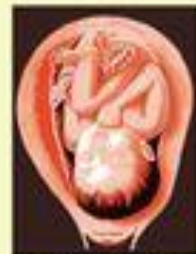
12 недель.  
Интенсивное развитие  
нервной системы



16 недель.  
Плод быстро растет, двигает  
ручками и переворачивается



18 недель.  
Длина плода 20 см.  
Мать ощущает его движения



7 месяцев.  
Завершающий период  
развития



9 месяцев.  
Рождение человека