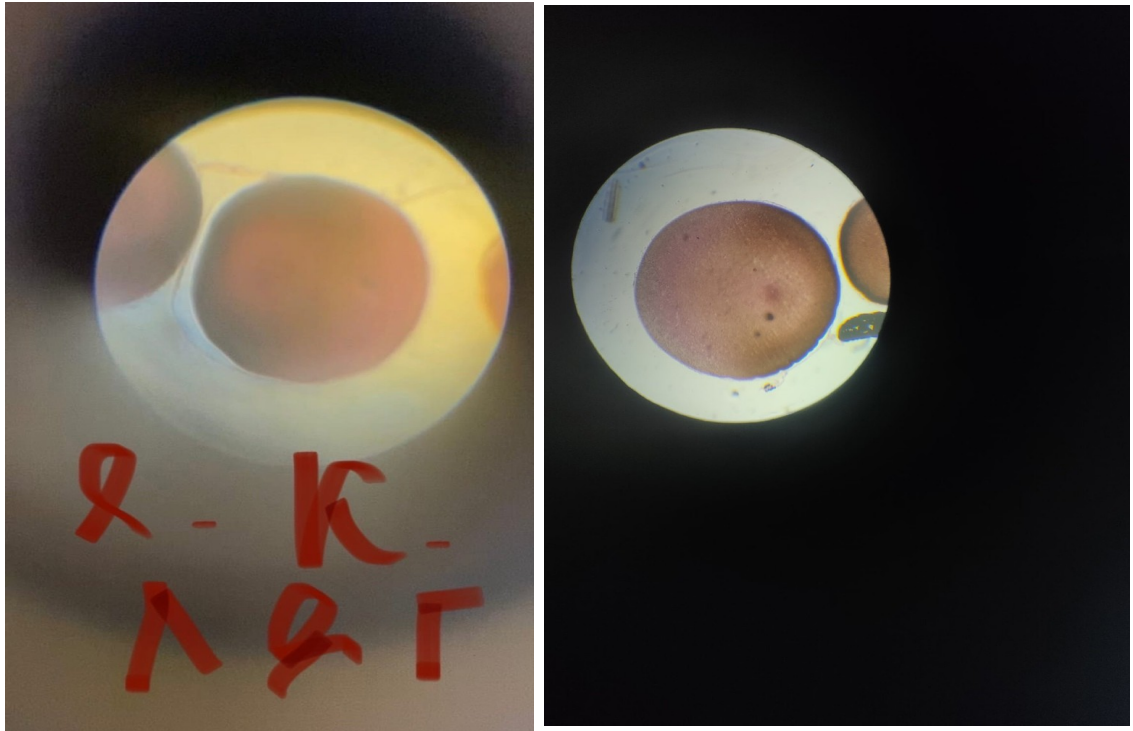
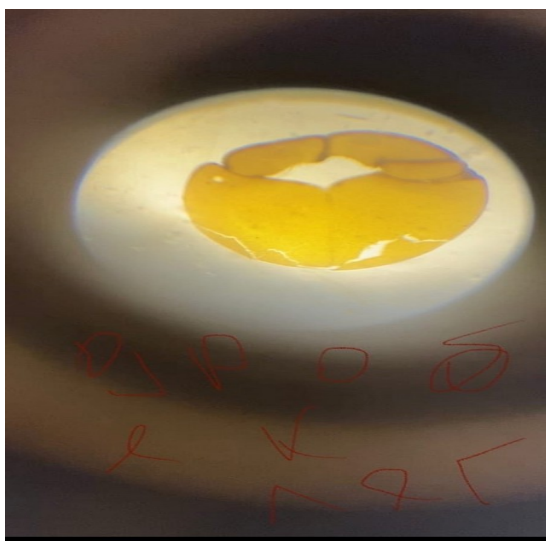


1) Яйцеклетка лягушки



Яйцеклетка лягушки. Яйцеклетка лягушки относится к полилецитальным, по распределению желтка — к умеренно телолецитальным. Желточные включения имеют форму овальных пластинок различной величины. На анимальном полюсе яйцеклетки, содержащем ядро, присутствует небольшое количество мелких желточных пластинок и меланосом, заполненных пигментом меланином. Ближе к вегетативному полюсу многочисленные крупные желточные включения занимают весь объём цитоплазмы. Оплодотворённая яйцеклетка превращается в одноклеточный организм — зиготу.

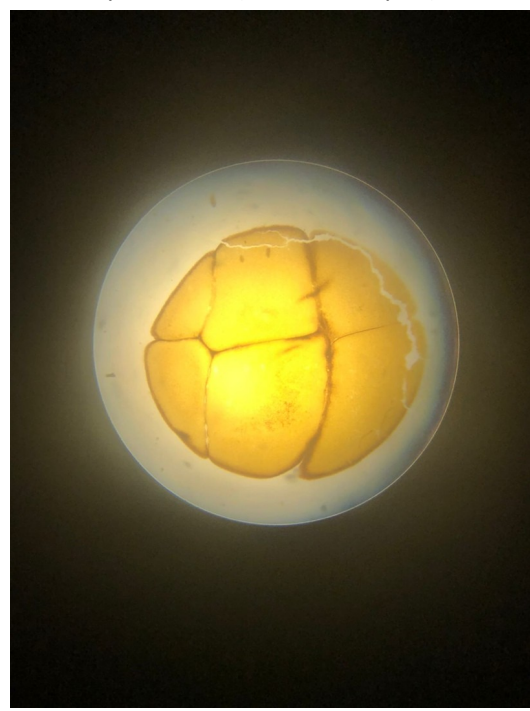
2) Дробление яйцеклетки лягушки



дробление (4 бластомера)



дробление (6 бластомеров)



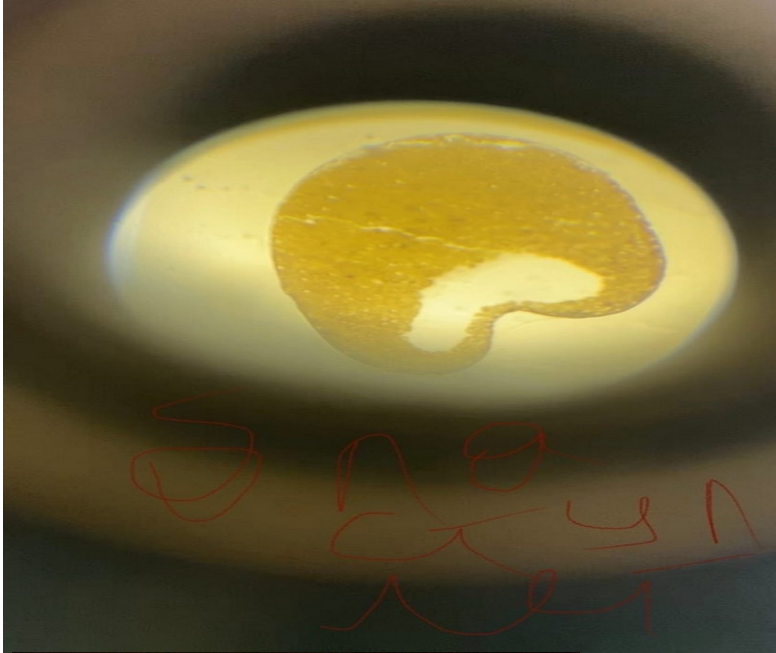
Дробление зиготы. Дробление зиготы — полное неравномерное

Стадия двух бластомеров. Первая борозда дробления (меридиональная) постепенно распространяется от анимального до вегетативного полюса. Зигота делится полностью (полное дробление), в результате образуется две одинаковые по размеру дочерние клетки (равномерное дробление). При этом не происходит увеличения бластомеров и сохраняется размер зиготы.

Стадия четырёх бластомеров. Вторая борозда дробления проходит меридионально перпендикулярно первой. В результате второго деления образуется четыре одинаковых по размеру бластомера (дробление полное равномерное). По объёму бластомеры в четыре раза меньше зиготы.

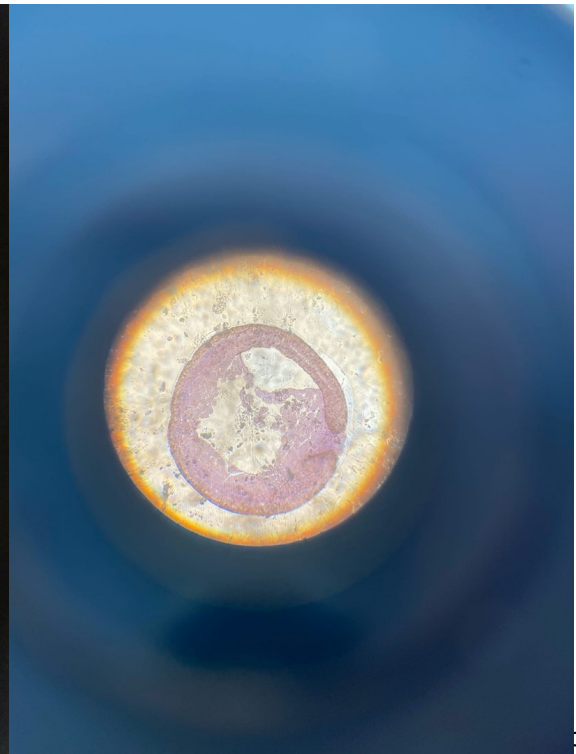
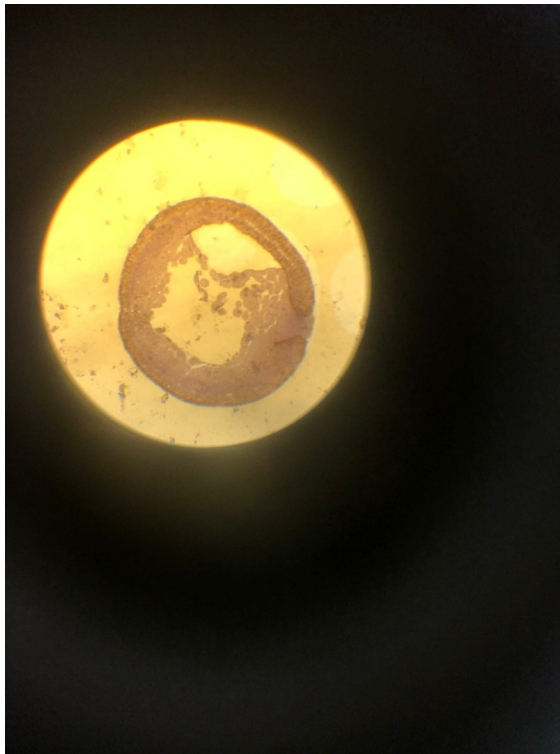
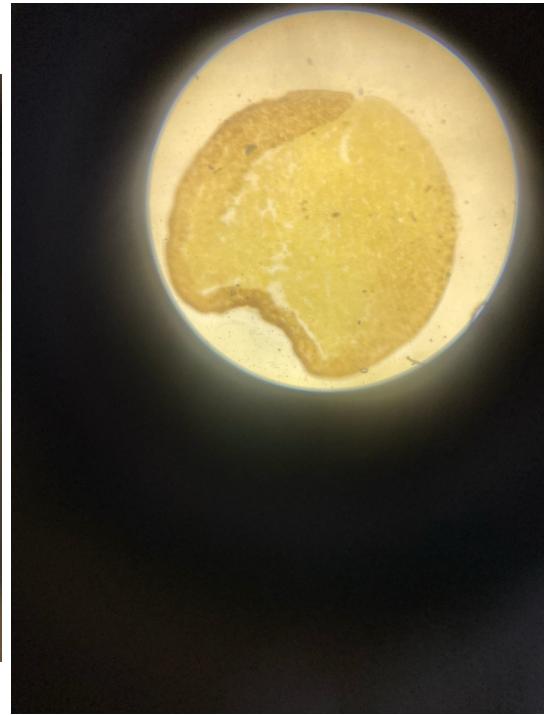
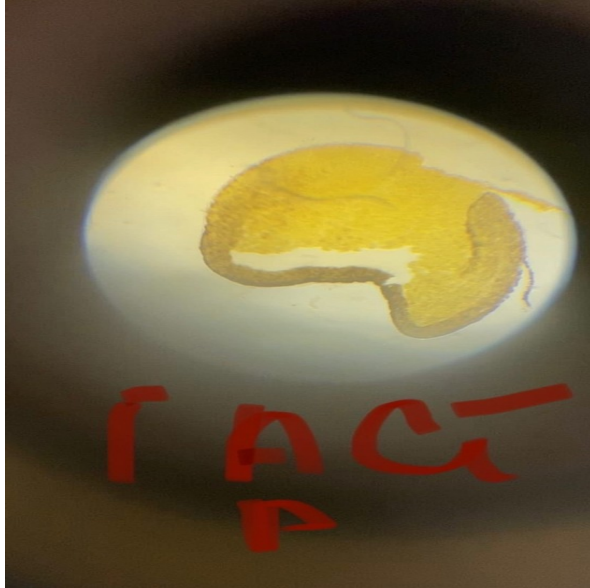
Морула. Третья борозда дробления проходит по широте и смещена к анимальному полюсу, что обусловлено загруженностью желтком вегетативного полюса. На 8-клеточной стадии появляется различие в размерах бластомеров. В результате полного неравномерного дробления образуются четыре анимальных бластомера, значительно меньших по объёму четырёх вегетативных клеток. Следующие две меридиональные борозды возникают одновременно, при этом образуются 16 бластомеров. Следующие две одновременные широтные борозды приводят к образованию 32-клеточной стадии. Далее чередуются четыре одновременных меридиональных и четыре одновременных широтных борозд дробления, в результате чего появляется 128-клеточный зародыш. Однако, после 64-клеточной стадии геометрическая прогрессия нарушается. Клетки анимального полюса, бедные желтком, делятся быстрее клеток вегетативного полюса, нагруженных желточными включениями.

### 3) Бластула



По мере увеличения количества бластомеров клетки расходятся и между ними формируется полость, которая заполняется жидкостью. У амфибий в результате полного неравномерного дробления образуется амфибластула. Бластоцель амфибластулы располагается асимметрично (смещён к анимальному полюсу). Бластодерма (стенка бластулы) имеет разную толщину за счёт различия в количестве слоёв и размеров бластомеров. В анимальной части, в области крыши, мелкие клетки образуют 1-3 слоя клеток. В вегетативной части, в области дна, толстая стенка образована крупными, загруженными желточными гранулами клетками. В экваториальной (краевой) зоне, между крышей и дном амфибластулы, бластодерма представлена 3-5 слоями промежуточных по размеру клетками.

#### 4) Гастроула

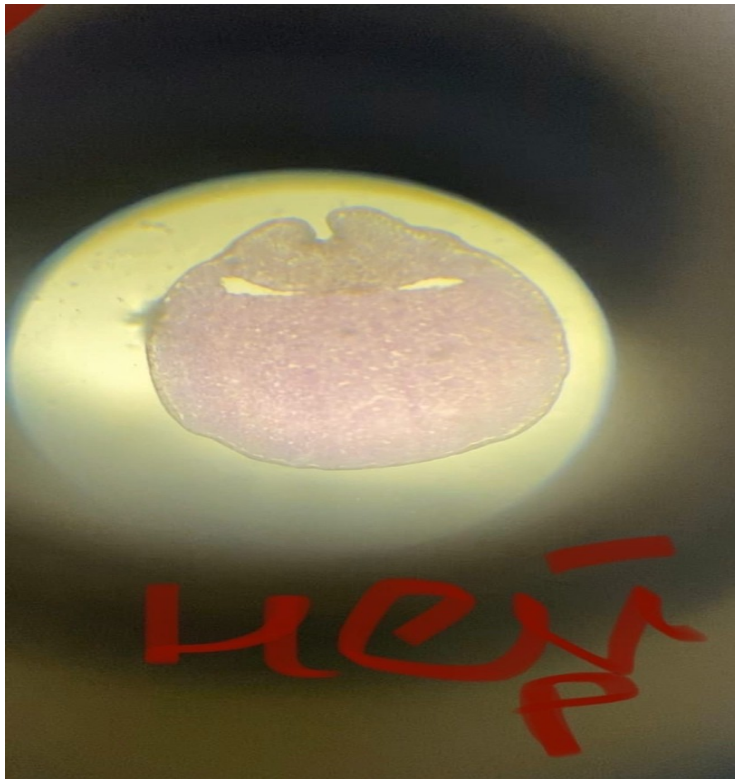


в месте серповидной бороздки. Расположенные здесь клетки, в отличие от вегетативных бластомеров, намного мельче и не содержат так много желтка. Они приобретают колбовидную форму и погружаются вглубь бластулы, в результате чего образуется щелевидный бластопор. Крупные поверхностные вегетативные клетки образуют желточную пробку. Щель бластопора продолжает углубляться и образуется полость — гастроцель (первичная кишка). Часть материала, подворачивающегося через бластопор, врастает в промежуток между крышей бластулы и стенкой первичной кишки и обособляется в хордальную пластинку и средний зародышевый листок — мезодерму. Клетки анимального полушария интенсивно размножаются и в результате миграции покрывают всю поверхность вегетативного полушария бластулы (эпиболия) с формированием эктодермы, при этом желточная пробка погружается внутрь зародыша.

Вегетативные бластомеры, не принимающие участия в формировании первичной кишки, называются провизорной (временной) желточной энтодермой. Таким образом, у амфибий, в отличие от ланцетника, у которого вся энтодерма участвует в образовании первичной кишки, происходит разделение энтодермы на провизорную и кишечную (дефинитивную).

Ранняя гастрולה лягушки имеет шарообразную форму, поздняя — несколько вытянутую в длину, овальную форму.

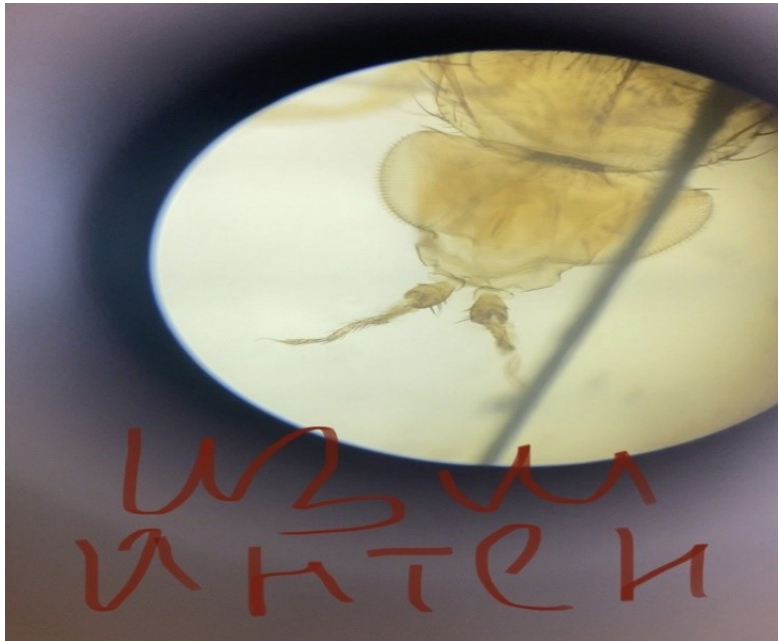
#### 5) Нейрула



Дорсальная сторона эмбриона становится определённой после образования нервных валиков — парных гребневидных складок эктодермы, располагающихся над спинной струной — хордой. Приподнимаясь над дорсальной поверхностью зародыша, нервные валики начинают сближаться друг с другом и, наконец, срастаются, образуя нервную трубку. При этом нервная трубка погружается внутрь эмбриона, а кожная эктодерма покрывает её снаружи, образуя непрерывный эктодермальный покров. Смыкание нервной трубки начинается несколько сзади от переднего конца желобка, поэтому происходит в направлениях кзади и кпереди. Мезодерма дифференцируется на дорсальную (сомиты), промежуточную (нефротом), и латеральную, расположенные наиболее вентрально (спланхнотом), которая расщепляется на висцеральный (внутренний) и париетальный (наружный, пристеночный) листки. Спланхнотом окружает первичную кишку, стенка которой представлена энтодермой.

На дорсальной стороне эмбриона из материала дорсальной эктодермы (нейроэктодермы) формируется нервная пластинка. Нервный желобок образуется путем инвагинации нервной пластинки и приподнимания её краев с образованием нервных валиков. Далее нервные валики сближаются и смыкаются друг с другом с образованием нервной трубки.

б) Антеннопедия

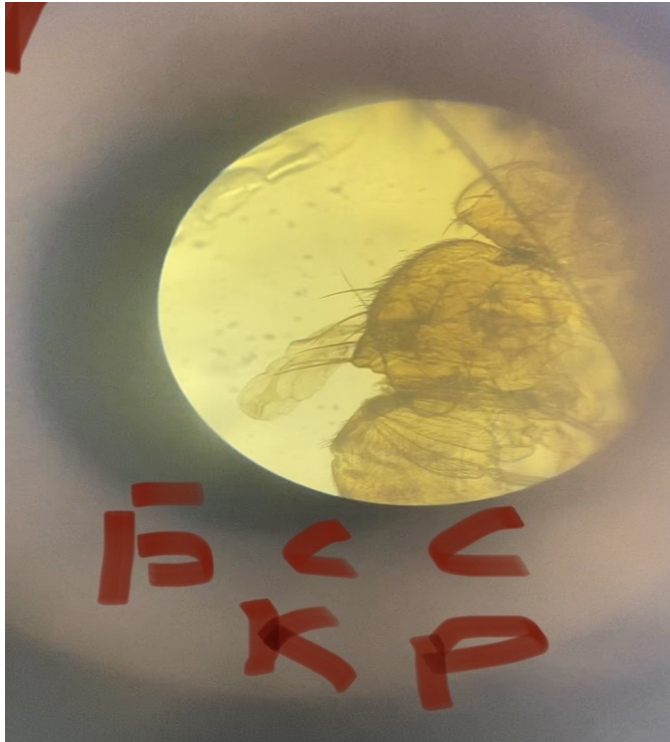


Изменение антенн в ножные структуры - антеннопедия

Антеннопедия. Доминантная мутация гомеозисного гена Antennapedia (Antp) вызывает превращение у дрозофилы усиков в ноги

Дрозофила с мутацией гена Antennapedia (Antp). На голове плодовой мушки вместо усиков растут ноги.

8) Агенезия крыльев



мутация дрозофилы — бескрылая форма

Отсутствие крыльев обусловлено мутацией гена сегментарной полярности *wingless (wg)*. В результате рецессивной мутации гена у дрозофилы не формируются крылья. Ген *wg* относится к семейству генов *Wnt*. *Wnt* белки являются ключевыми регуляторами эмбрионального развития. *Wnt*-сигнальный каскад контролирует поддержание популяции стволовых клеток, процессы адгезии клеток и их миграции, раннего эмбриогенеза, гистогенеза, формирования суставов в ходе развития конечностей и связан с возникновением опухолей.

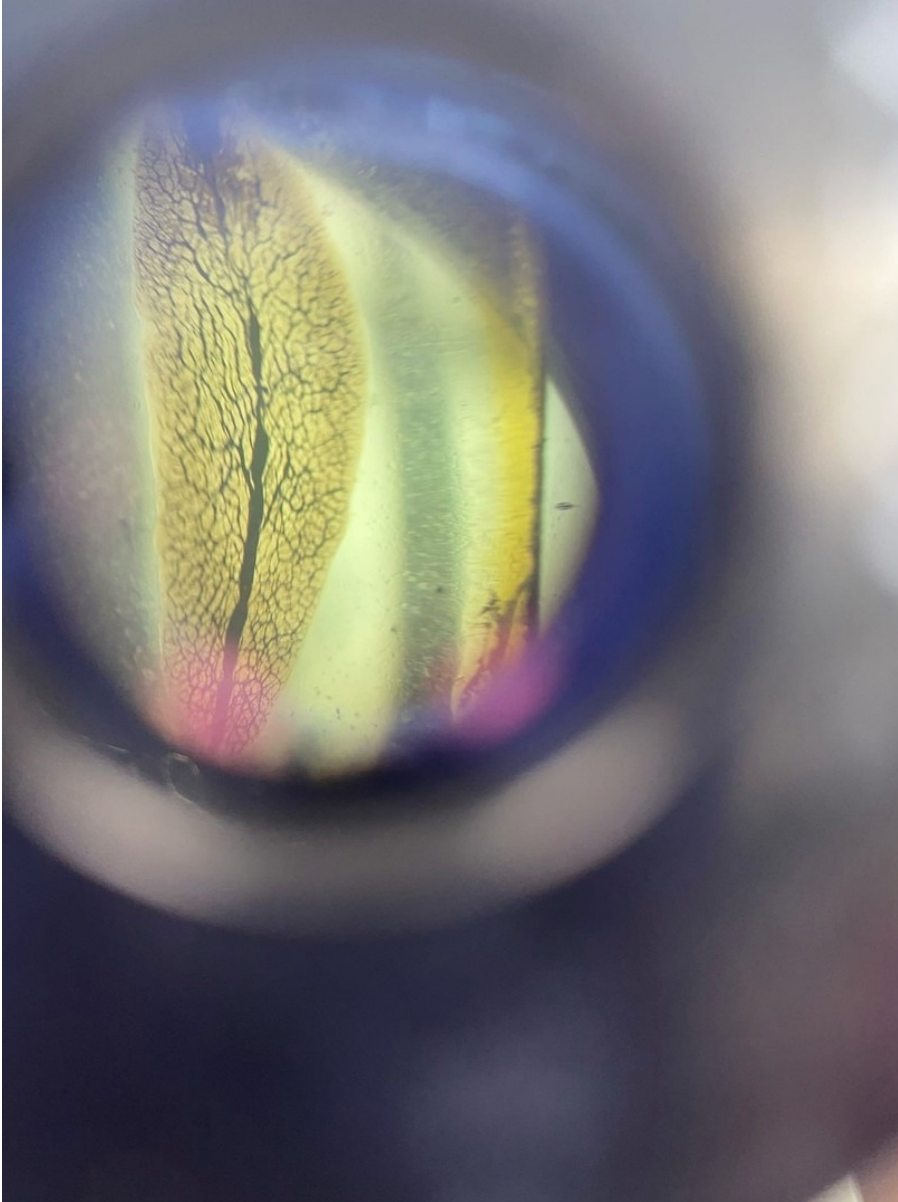
#### 9) Пищеварительная система сосальщиков



Печёночный сосальщик (*Fasciola hepatica*), плоский червь класса сосальщиков. Паразитирует в желчных протоках печени травоядных животных и человека. В стенках протоков сосальщики удерживаются с помощью двух присосок – ротовой и брюшной. Питается кровью, а также продуктами распада клеток печени, которые сосальщик засасывает в пищеварительный канал. Фасциола имеет двустороннесимметричное уплощенное в дорсальновентральном направлении листовидное тело. Стенка тела представлена кожно-мышечным мешком. Снаружи тело покрыто сплошным слоем плотной кутикулы, сросшейся с лежащими под ней мышцами.

Под кожно-мышечным мешком в рыхлой паренхиматозной ткани расположены внутренние органы. На микропрепарате при малом увеличении видна на переднем конусообразном суженном конце фасциолы ротовая присоска. Внутри ротовой присоски находится единственное отверстие пищеварительной системы, выполняющее одновременно функции ротового и анального. За ротовым отверстием находится мускулистая глотка, играющая важную роль в акте сосания, переходящая в короткий пищевод, который впадает в раздваивающийся, слепо заканчивающийся на заднем конце тела кишечник. Каждая из двух кишечных трубок дает множество боковых ответвлений.

## 10) Выделительная система сосальщиков



Выделительная система фасциолы относится к протонефридальному типу. Она начинается многочисленными концевыми (терминальными) клетками, разбросанными в паренхиме, внутри которых начинаются тончайшие канальцы. Клетки вбирают из паренхимы тканевую жидкость, содержащую конечные продукты обмена. Внутри клетки у начала канальца имеется пучок ресничек («мерцательное пламя»), колебание которых способствует продвижению продуктов обмена по проводящим каналам к выделительной поре. На тотальном препарате выделительная система инъецирована тушью. При малом увеличении по средней линии тела виден центральный выделительный канал (эксреторный пузырь), заканчивающийся на заднем конце выделительной порой. При большом увеличении видна сеть из многочисленных канальцев, которые, соединяясь во все более крупные, впадают в парные выносящие каналы, и наконец, в эксреторный пузырь.

## 11) Поперечный срез дождевого червя

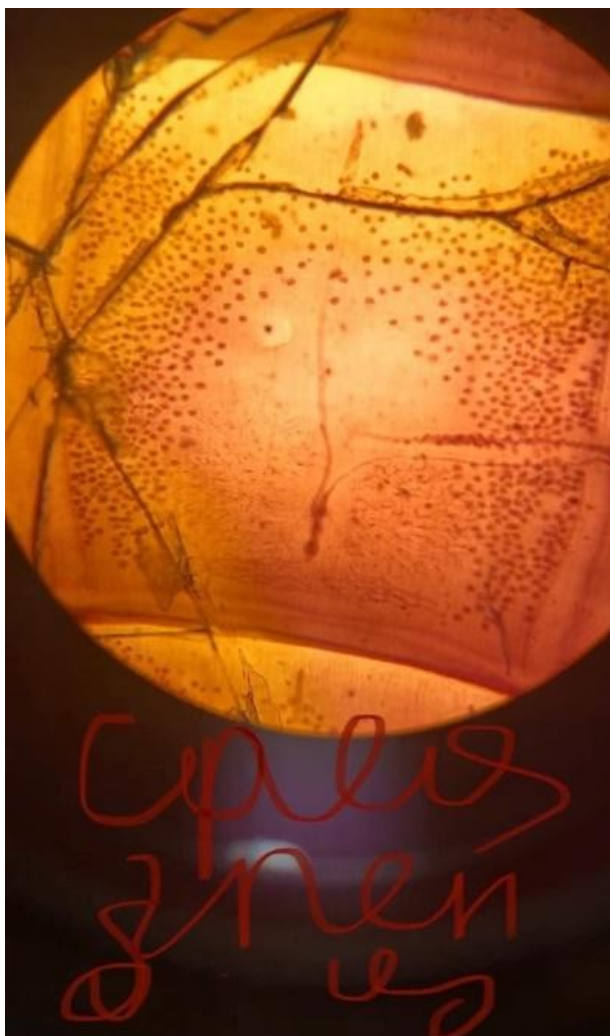


Дождевой червь (*Lumbricus terrestris*), представитель кольчатых червей класса малощетинковые, состоит из повторяющихся сегментов (метамеров), характеризующихся сходным внешним и внутренним строением. Снаружи на каждом сегменте имеется по 8 щетинок, расположенных попарно в два ряда. Тело дождевого червя покрыто кутикулой, под которой расположен эпителиальный слой, глубже лежат мышцы: снаружи кольцевой, под ним продольный слой. Дождевой червь имеет вторичную содержащую жидкость полость (целом), разделенную на камеры перегородками, соответственно внешней сегментации. Специальных органов дыхания у дождевого червя нет, дышит он через кожу, в которой находится густая сеть кровеносных капилляров. У кольчатых червей впервые появляется кровеносная система замкнутого типа, что характерно и для дождевого червя. Кровеносная система состоит из брюшного и спинного сосудов, которые соединены между собой кольцевыми сосудами. По спинному сосуду кровь течет вперед, а по брюшному — назад. В каждом сегменте имеется свой кольцевой сосуд. Между

7 и 12 сегментами кольцевые сосуды с выраженной мышечной стенкой выполняют насосную функцию. От главных боковых сосудов отходят боковые ветви, которые заходят в органы и разветвляются на густую сеть капилляров.

На микропрепарате при малом увеличении виден поперечный срез дождевого червя. Тело червя покрыто кутикулой, под которой располагается кожно-мышечный мешок. Стенка кожно-мышечного мешка состоит из эпителия и двух слоев мышц. Внутренняя поверхность кожно-мышечного мешка выстлана слоем эндотелия. В центре полости тела лежит кишечник, на спинной стороне его видна вдающаяся внутрь него складка — тифлозоль, выше — спинной кровеносный сосуд. На брюшной стороне расположен брюшной кровеносный сосуд, под которым видна и нервная цепочка. По бокам кишечной трубки находятся поперечные срезы канальцев метанефридиев (выделительная система).

#### 12) Средний членик бычьего цепня



На препарате гермафродитного проглоттида бычьего цепня видно большое количество семенников, имеющих форму пузырьков. Семенники расположены в паренхиме. От семенников отходят тонкие семявыносящие канальцы, соединяющиеся в общий семяпровод, расположенный поперек членика. Семяпровод заканчивается копулятивным органом, лежащем в совокупительном мешке (мешок цирруса) и вдающемся в половую клоаку. К женским половым

органом относится яичник, состоящий из двух долей, расположенный ближе к задней части проглоттиды. Доли яичника соединяются между собой перемычкой, от которой отходит яйцевод. В последний открывается трубчатое влагалище, через наружное отверстие которого в женскую половую систему поступает сперма. У внутреннего конца влагалища несколько расширяется, образуя семяприемник. Центральной камерой женской половой системы является оотип, в него впадает влагалище, открываются проток желточника и тельце Мелиса (скорлуповая железа), из него берет начало матка. Влагалище обеспечивает проведение сперматозоидов из половой клоаки в оотип, куда из яичника по яйцеводу попадают яйцеклетки, а из желточника — желточные клетки. В оотипе происходит оплодотворение, яйцеклетки получают желточный материал, покрываются скорлуповой оболочкой и оплодотворенные яйца поступают в матку.

### 13) Зрелый членик бычьего цепня (проглоттид)

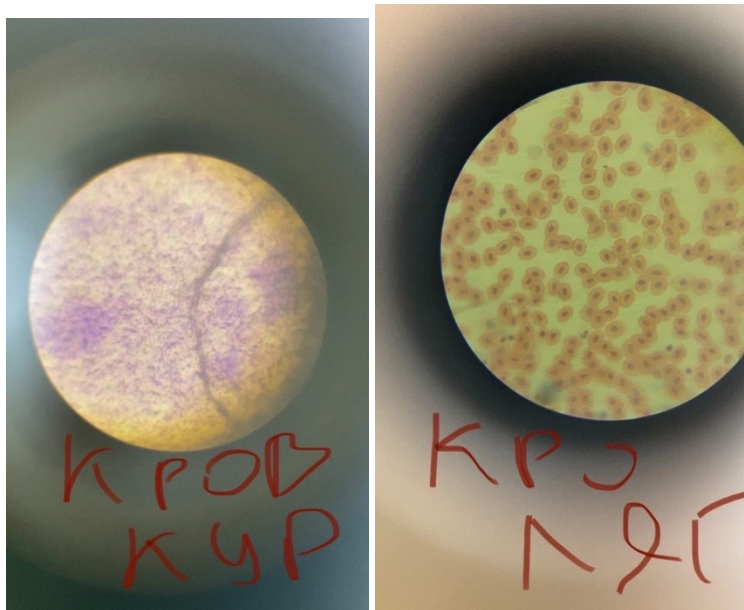


После оплодотворения мужская система постепенно исчезает, а по мере образования яиц начинает интенсивно развиваться матка, она разрастается и образует боковые ответвления, которые, в свою очередь, тоже ветвятся. Все прочие органы женской половой системы по мере развития матки также редуцируются.

Проглоттиды, в которых находится разросшаяся матка, называются зрелыми. Длина зрелых проглоттид 16-30 мм, ширина — 5-7 мм. На препарате зрелого членика бычьего цепня хорошо видна сильно разветвленная матка, заполненная оплодотворенными яйцами. Число ответвлений матки в зрелых члениках варьирует от 17 до 35 с каждой стороны.

## К 4 модулю не относится, но пусть будет ↓

Кровь лягушки



Эритроциты птиц, пресмыкающихся, земноводных и рыб имеют двояковыпуклую овальную форму, содержат ядра, которые активно функционируют на стадии эритробластов. В зрелых эритроцитах ядра теряют свою активность, но сохраняют способность к реактивации. Эритроциты млекопитающих — безъядерные клетки, имеющие форму двояковогнутого диска. Молодые эритроциты (эритробласты) перед выходом в кровяное русло освобождаются от ядра и приобретают характерную форму.

у млекопитающих величина клеток значительно меньше, чем у земноводных и птиц. Самые крупные эритроциты у лягушки, их размер составляет около 70 мкм. Эритроциты курицы несколько мельче эритроцитов земноводных. Диаметр эритроцитов человека составляет около 7 мкм. Эритроциты лягушки и курицы резко отличаются от эритроцитов человека наличием больших эллиптических ядер, содержащих конденсированный генетически не активный хроматин.

Различия

### 1.1. Мазок крови лягушки

В мазке крови лягушки видны преимущественно красные кровяные клетки — эритроциты. Они имеют правильную овальную форму с гомогенной цитоплазмой розового цвета. В центре клетки расположено овальное клеточное ядро с глыбками хроматина тёмно-фиолетового цвета. Среди эритроцитов можно увидеть белые кровяные клетки — лейкоциты. Это меньшие по размерам округлой формы клетки с выростами цитоплазмы, указывающими на подвижность лейкоцитов.

### 1.2. Мазок крови курицы

В мазке крови курицы видны в большом количестве эритроциты. Клетки имеют форму двояковыпуклого эллипсоидного диска с овальным ядром. Цитоплазма, содержащая

щелочной белок гемоглобин, окрашена кислым красителем (эозином) в розовый цвет, а ядро, содержащее рибонуклеиновые кислоты, окрашивается основным красителем (гематоксилин) в фиолетовый цвет. При внимательном рассмотрении препарата под большим увеличением можно увидеть лейкоциты — ядерные клетки со светлой цитоплазмой.

### 1.3. Мазок крови человека

Стандартный метод микроскопического изучения крови — приготовление мазка на предметном стекле. После фиксации мазок окрашивают гематологическими красителями (например, по Романовскому-Гимза). В зависимости от сродства различных органелл к тому или иному красителю, различают:

- базофилию (синее окрашивание); характерна для ДНК ядер и РНК цитоплазмы;
- азурофилию (пурпурный цвет); типичное для лизосомных гранул лейкоцитов окрашивание;
- эозинофилию (ацидофилия, розовая окраска); присуща, в частности, гемоглобину;
- нейтрофилию (смешанный розово-сиреневый цвет); характерна для гранул нейтрофилов.

**Рис. 2-12. Множественные пороки развития**

**2. Амелия** — полное отсутствие конечностей. Различают верхнюю и нижнюю амелию, в частности: абрахию — отсутствие двух верхних конечностей; монобрахию — одной верхней конечности; апус — двух нижних конечностей; моноапус — одной нижней конечности. **Тетраамелия** — аутосомно-рецессивный врождённый порок развития, характеризующийся отсутствием всех (верхних и нижних) конечностей в результате мутации гена семейства Wnt. У человека известно 4 гена семейства Wnt. Развитие тетраамелии связано с рецессивной мутацией в гене *Wnt3*, локализуемом в 17-й хромосоме.

**Задание**

1. Изучите макропрепарат (рис. 2-13).
2. Зарисуйте родословную семьи, в которой один из четырёх детей родился с синдромом тетраамелии.
3. Запишите генотипы родителей, здоровых и больного ребёнка. Укажите риски появления этого синдрома в этой семье.



**Рис. 2-13. Амелия. II. Микропрепараты. Врождённые пороки**

## ПРАКТИЧЕСКИЕ НАВЫКИ

### I. Макропрепараты. Врождённые пороки развития человека

#### 1. Множественные пороки развития. Расщелина грудной стенки и живота, дисморфогенез лица и черепа, мозговая грыжа

Ген *TFAP2A* кодирует индуцированный ретиноевой кислотой фактор транскрипции AP2-□, связывающийся с промоторами генов, богатых GC-последовательностью. Ген *TFAP2A* экспрессируется клетками эктодермы и клетками нервного гребня, мигрирующими из краниального отдела нервной трубки. Фактор транскрипции AP-2 активируют гены, вовлечённые в развитие мозга, лица, глаз, грудной и брюшной стенки тела, конечностей. У мышей, нокаутных по гену *TFAP2A*, выявлены множественные пороки развития, несовместимые с жизнью: анэнцефалия, дефекты развития черепа, органов чувств, торако- и абдоминошизис. У человека дефект гена *TFAP2A* — причина брахиоокулофациального синдрома, характеризующегося патологией органов, развивающихся из глоточного аппарата, аномалиями развития глаз, дефектами развития лица. Мутации гена *TFAP2A*, возникающие *de novo*, встречаются в 50-60% случаев, наследуются по аутосомно-доминантному типу.

#### Задание

1. Изучите макропрепарат (рис. 2-12). Запишите признаки, характерные для мутации гена *TFAP2A*.

2. Зарисуйте родословную семьи, в которой один из родителей здорового ребёнка страдает брахиоокулофациальным синдромом.

3. Запишите генотипы родителей и больного ребёнка. Укажите риск появления этого синдрома в этой семье.

