

**Пермская Государственная Медицинская Академия имени
академика Е.А.Вагнера**

Кафедра биологии, экологии и медицинской генетики

Образование половых клеток

Шилова Светлана Ивановна

План:

- **Мейоз, его биологическое значение**
- **Гаметогенез**
 - **Сперматогенез**
 - **Овогенез**
 - **Половые клетки. Особенности их строения**

- Мейоз – деление половых клеток, при котором происходит уменьшение числа хромосом.
- Meiosis (греч.) уменьшение.
- 1 \underline{e} мейотическое деление. Редукционное. Гентерфаза.
- Профаза 1:
- Лептонема
- Зигонема
- Пахинема
- Диплонема
- Дикитионема
- Диокинез
- Метафаза 1
- Анафаза 1
- Телофаза 1
- 2 \underline{e} мейотическое деление. Эквационное.
- Метафаза 2
- Анафаза 2
- Телофаза 2

- 1е мейотическое деление.
- Профаза 1
- Лептонема
- В ядрах сперматоцитов $1n$ и овоцитов $1n$ появляются хромосомы. Они имеют вид тонких нитей с утолщением. Хромосомы свободно лежат в кариоплазме, но соединены с ядерной ламиной и ядрышком. Количество их $= 2n$. Это состояние легкой конденсации, которое приостановится в конце.

- Зигонема
- Вновь начинается спирализация, гомологичные хромосомы сближаются, конъюгируют и плотно прилегают друг к другу. Процесс конъюгации называют синапелеом. Идет спирализация, поэтому гомологичные хромосомы могут при этом перекручиваться друг с другом. Образуют гомологичные пары хромосом – биваленты, количество которых = гаплоидному “n” набору. Перекручивание конъюгирующих хромосом – возможность обмена генами между гомологичными хромосомами.

- Пахинема
- Сильная спирализация хромосом в бивалентах. Биваленты становятся толще и короче. К концу пахиномы каждая хромосома в биваленте делится на 2Е образующие её хроматиды. Становится видно 4 хроматиды – тетрады.

- Диплонема
- Гомологичные хромосомы отталкиваются друг от друга. Действие сил отталкивания происходит в области центромеры, так как на их поверхности возникает отрицательный заряд. Хромосомы в биваленте частично разделяются и начинают отталкиваться друг от друга. Между ними возникают щели. Появляются места перекручивания хромосом. Между несестринскими хромосомами видны крестообразные фигуры – хиазмы. В точках перекрест – хиазмах наблюдается явление кроссинговера, при котором несестринские хроматиды обмениваются гомологичными участками, несущими определенный состав.
- К концу диплонемы гомологичные хромосомы оказываются связанными только в области хиазм.

- Диокинез
- Хромосомы продолжают спиралезоваться, при это они сильно утолщаются и укорачиваются. Хиазмы, вследствие полного расхождения – исчезают. Вследствие того, что при укорочении они просто соскальзывают. К концу диокенеза хромосомы располагаются в виде диад (хромосома из двух хроматид) в плоскости экватора. В конце профазы 1 растворяется ядерная оболочка, исчезает ядрышко.
- Т. О. Профаза 1 мейоза отличается: 1) Продолжительностью и сложностью происходящих в ней процессов. 2) во время профазы 1 образуются хромосомы с измененным генным составом.

- **Метафаза 1**

- Диады располагаются по экватору попарно. Вначале беспорядочно, затем попарно, в виде одиночной материнской звезды. Своими центромерами каждая хромосома соединена с нитями веретена деления только одного полюса.

- **Анафаза 1**

- Диады расходящиеся к полюсам клетки в виде двух дочерних звезд. Ядра их будут содержать уменьшенный вдвое набор хромосом $n/2c$.

- **Телофаза 1**

- На полюсах к клетке из диад формируются новые дочерние ядра, клетка делится:
- Спермациты 2 и овоциты 2 - $n/2c$.
- В результате деления образуется гаплоидный набор хромосом – деление получило название редукционного.
- Между 1 и 2 мейотическим делениями – интерфаза (очень короткая).
Период S отсутствует.

- **2е мейотическое деление. Эквационное. (уравнительное)**
- Проходит по типу обычного митоза.
- Профаза 2 (очень короткая)
- Метафаза 2
- Анафаза 2 (хроматиды расходятся к полюсам, состоят из одной монады)
- Телофаза 2 – 1 овотида – 1 яйцеклетка
- - сперматиды
- более длительный процесс 4 – 3.5 недели у дрозофилы.

- **Биологическое значение мейоза:**
- Особый регулирующий механизм, который обеспечивает поддержание постоянства состава (числа) хромосом.

- **Отличие митоза от мейоза:**

- при мейозе в профазе 1 гомологичные хромосомы соединяются в биваленты.
- В метафазе 1 в экваториальной плоскости располагаются биваленты, при митозе отдельные хромосомы.
- Редукционное деление – расхождение хромосом. Эквационное деление – расхождение хроматид из гаплоидного набора.
- Мейоз включает в себя следующие явления отсутствующие при митозе:
 - Синапсис и конъюгация гомологичных хромосом;
 - Образование хиазм;
 - Кроссинговер;
 - Расхождение и редукция числа хромосом.
 - Образование клеток с реколеб. Свойствами.

- **Особенности мейоза в овогенезе:**
- Образование граафова пузырька
- Вступление в мейоз со стадии диокинеза; метафаза 1; анафаза 1; телофаза 1
- В течение нескольких минут – профаза 2 и метафаза 2
- Остановка мейоза
- Оплодотворение – на фоллониевых трубках
- Завершается 2Е мейотическое деление
- Через несколько часов “пронуклеусы” сливаются и происходит деление, дробление.

- **Половые клетки – гаметы**
- Мужские – сперматозоиды
- Женские – яйцеклетки
- Они представляют собой особым образом дифференцированные клетки, которые в процессе эволюции приобрели свои приспособления для выполнения специфической функции – функции размножения

- *Половые клетки имеют следующие отличия от соматических:*
- ядра их содержат гаплоидный набор хромосом $n + n = 2n$ при слиянии
- ядро – цитоплазма, соотношение иное чем в соматических клетках. Оно занижено у яйцеклеток (благодаря увеличенному объему цитоплазмы), выше и сперматозоидов (так как цитоплазма в небольшом объеме)
- резко снижен обмен веществ

- **Гаметогенез**
- Развитие половых клеток – сложный процесс, протекающий в половых железах.
- Сперматогенез
- Sperma – семя, genesis – образование.
- Протекает в парных половых железах – семенниках (яичках) – testis
- Семенник – система извитых и прямых канальцев.
- Прямые канальцы – проводящие. **Извитые** канальцы семенника – образование сперматозоидов.
- Стенку извитых канальцев образуют особые клетки, располагающиеся во много рядов – это клетки сперматоченного эпителия. Из них образуются сперматозоиды в процессе сперматогенеза.
- Сперматогенез 4 периода.
- Размножение
- Рост
- Созревание
- Процесс образования сперматозоидов 70 дней на
-

- Период размножения
- Первичные мужские половые клетки образуются из клеток сперматогенного эпителия в результате митоза и называются – сперматогонии. Они располагаются на периферии извитого канальца под базальной мембраной.
- Размножение их в яичках идет в течение почти всей жизни мужчин. К старости затухает.
- С наступлением половой зрелости часть сперматогониев перестает размножаться и вступает в период роста.

- В этот период сперматогонии, прекратив размножаться, растут, увеличиваются в
- размере, примерно в 4 раза, и превращаются в сперматоциты I порядка.
- Набор хромосом 2п.4с в цитоплазме увеличено количество РНК и гликогена.

- Период созревания – два деления, быстро наступающих друг за другом.
- I-е мейотическое деление
- Редукционное – образуются сперматозоиды II порядка к-ки п2с
- II-е мейотическое деление эквационное – сперматозоиды п с

1. Формирование – образование сперматозоидов. Не имеет цикличности, идет в течение всего года.

- Сперматозоид:
- Мелкие размеры: 40-100 Мкм у животных, у человека 50-70 Мкм.
- Подвижны, вследствие чего и происходит встреча с гаметой
- Строение: головка; шейка; жгутик – хвостовая нить
- Головка имеет два компонента. В передней части акросома – это видоизмененный аппарат Гольджи, обуславливает проникновение спермы через оболочки яйцеклетки внутрь.
- Функции – увеличение мезосомы

- Ядро головки. (содержит n число хромосом). Молекулы ДНК имеют строго упорядоченное расположение, гиперспирализованы.
- Кариоплазма в состоянии жидких кристаллов, что обеспечивает выживаемость сперматозоидов в других средах.
- За головкой располагается шейка. Она представляет собой цилиндр, где располагается пара центриолей, лежащих под прямым углом друг к другу. Микротрубочки одной из центриолей удлиняются, образуя осевую нить жгутика. Многочисленные митохондрии собраны в спираль вокруг жгутика. Они доставляют энергию для движения жгутика. Хвостовая часть сперматозоида имеет строение, характерное для жгутиков. 9 пар микротрубочек, собранных вокруг 2-х центральных микротрубочек. Структура $9 \cdot 2 + 2$

- Семенник снаружи покрыт плотной соединительно-тканной оболочкой, белочной. Соедин.-тк перегородки делят семенник на дольки. В каждой дольке находятся 1-2 извитых семенных канальцев. Внутренним структурным компонентом сем.канальцев является эпителиально-сперматогенный слой. Периферическое базальное положение занимают сперматогонии – исходные стволовые клетки. Сперматогонии в фазу размножения перестают делиться и многие из них вступают во вторую фазу – период роста. Значительно увеличиваются в размере, постепенно превращаясь в сперматоциты I –го порядка. В ядрах сперм. I происходят сложные изменения хромосом. Формируются ленточные хромосомы для которых характерна легкая (малая) спирализация. Затем гомологичные хромосомы собираются попарно (конъюгируют). Эта стадия называется зиготенной или синаптенной. Ее значение состоит в том, чтобы между конъюгирующими хромосомами происходил обмен генами. Затем прогрессирующая спирализация приводит к утолщению хромосом – пахитенная стадия. Наконец в каждой из конъюгирующих хромосом видна щель – диплоидная стадия. Дальнейшая спирализация приводит к тому, что пары конъюгирующих хромосом приобретают вид коротких тельц – тетрады. Образованием тетрад заканчивается роста сперматозоидов I порядка и они вступают в период созревания, в течение которого происходит мейоз и образуются сперматозоиды 2 порядка и сперматиды. Сперматозоиды больше не делятся и вступают в период формирования. Превращения сперматиды в зрелую половую клетку сопровождается образованием акробласта, а затем акросомы в областях аппарата Гольджи, уменьшением и уплотнением ядра, сползанием цитоплазмы в сторону роста хвоста сперматозоида и смещением центриолей. Проксимальная центриоль прилегает к задней поверхности ядра, а от дистальной формируется жгутик. На базальной мембране семейного канальца расположены эпителиальные поддерживающие клетки. Сертоли.
- Между петлями семенных канальцев залегают клетки, вырабатывающие мужской половой гормон – тестостерон.
-

- **Овогенез**
- 1. Период размножения
- 2. Рост
- Созревание

- **Особенности овогенеза:**

- 1. Период размножения:

- Размножение овогониев митозом происходит в основном в эмбриональный период и полностью заканчивается где-то к 5-6 месяцу постнатального периода.
- Прекратившие деление овогонии в постнатальном периоде представляют собой первичные фолликулы – клетки покрытые снаружи особой оболочкой, состоящей из одного слоя фолликулярного эпителия. В виде первичных фолликулов овогонии сохраняются до половой зрелости
- Период роста : первичный фолликул превращается в графов пузырек, который имеет сложное строение; к концу роста графов пузырек перемещается на периферию яичника.
- Под влиянием нервного импульса и гормона лютеина – повышается давление внутри пузырька.
- 3. Период созревания: стенка графова пузырька разрывается созревающий фолликул с силой выбрасывается в брюшную полость и попадает на воронку яйцевода.

- **Особенности овогенеза:**

- Из 1ой овогонии – 1 яйцеклетка + 3 редуционных тельца.
- Период созревания протекает в созревающей фолликуле, содержащем овоцит 2го порядка. И происходит это на воронке яйцевода, в брюшной полости.
- Отсутствует период формирования
- Раннее прекращение стадии размножения.

- Итак, в процессе гомеостаза в период созревания происходит деление половых клеток путем мейоза, при котором число хромосом уменьшается в 2 раза, т.е. становится одинарный (гаплоидный) набор хромосом – “n”.

- В процессе образования яйцеклеток (овогенез) различают ряд стадий: период размножения, роста и созревания. Овогенез связан с развитием фолликулов в яичнике зародыша.
- Период роста протекает в эмбриональном и постнатальном периоде, главным образом после периода полового созревания. Хотя и в препубертатном периоде наблюдается рост части фолликулов (малый рост) и вырабатываются эстрогены. Происходит превращение примордиального фол-ла в первичный ф-л, затем вторичный и троичный овариальные фолликулы.
- Примордиальные ф-лы состоят из овогоний, окруженных слоем плоских фолликулярных эпителиоцитов. В первичном -1 слой кубических эпителиоцитов.
- Во вторичном -овариальном – многослойный фолликулярный эпителий 3ий начинает накапливать жидкость, появляется полость такой фолликул над пузырьком.
- (гр. пуз.) клетки фолликулярного эпителия разделяются на зернистый слой (на периферии фолликулы) и лучистый венец, окружающий овоцит, вокруг которого обособляется прозрачная плотная зона (з. пеллюцида)
- по мере накопления жидкости овоцит оттесняется в верхний полюс фолликулы. Фолликул достигающий максимума своего развития называется зрелым фолликулом. Во время овуляции происходит разрыв стенки фолликула и выход овоцита 2го порядка, окруженного фолликулярным эпителием в брюшную полость. Здесь быстро происходит деление, созревание и образуется зрелая яйцеклетка, готовая к оплодотворению. На месте лопнувшей фолликулы возникает желтое тело, которое вырабатывает гормон прогестерон. Желтое тело функционирует как эндокринная железа (период беременности и предменструальную фазу), а затем редуцируется и заменяется соединительной тканью и образует белое тело.
- Яичники обладают двойной функцией –репродуктивной и эндокринной: 1) заключается в выработке половых клеток – яйцеклеток. 2) выработке женских половых гормонов: эстрогенов и прочее.

- **Строение яйцеклетки.**
 - Самая крупная 200 Мкм у черепахи.
 - Имеет дополнительные оболочки, чего нет у других животных клеток. У человека 2, у птиц больше. Оболочки хорошо видно в световой микроскоп. Наружная – фолликулярная. Внутренняя, блестящая – зона пеллюцида. Эти оболочки имеют:
 - Защитную функцию
 - Обеспечивают трофику – фолликулярные клетки наружной оболочки
 - Препятствует проникновению сперматозоидов при оплодотворении.
- **Яйцеклетка имеет:**
- Шарообразную форму
- Цитоплазма богата трофическими включениями, необходимыми для развития зародыша до момента образования плаценты.
- Яйцеклетка содержит все органоиды общего значения, за исключением клеточного центра.
- Неподвижная, т.к. перегружена трофическими включениями
- Ядро содержит “n” хромосом.

- Яйцеклетки других животных имеют некоторые особенности. У птиц крупные размеры (яйцо страуса до 15 см), много трофических веществ, 4е оболочки.

- 2) случайное распределение между гаметами гомологичных хромосом – генетическая неоднородность половых клеток.
- 3) рекомбинация генетического материала в кроссинговере.

- Особенности мейоза в овогенезе:
- Мейоз начинается с 3х месяцев пренатального периода. Развитие в первичных фолликулах.
- В профазе 1 дополнительная стадия – диктионема: хромосомы принимают форму “ламповых щеток” сохраняются до полового созревания. 4й месяц – зигонема; 7й – большинство ооцитов на стадии диплономы; к 9 месяцу все ооциты на стадии диктионемы.
- Детство. Объем цитоплазмы ооцита увеличивается, а ядро неизменно.
- К началу полового созревания около 90% всех ооцитов дегенерирует.
- В первой половине каждого месяца лютеинизирующий гормон стимулирует мейоз в одном ооците.