

ГАМЕТОГЕНЕЗ. СПЕРМАТОГЕНЕЗ. ООГЕНЕЗ.  
МЕНСТРУАЛЬНЫЙ ЦИКЛ.  
ОПЛОДОТВОРЕНИЕ. ОБРАЗОВАНИЕ ЗИГОТЫ.  
ДРОБЛЕНИЕ. ОБРАЗОВАНИЕ БЛАСТОЦИСТЫ.  
БЛИЗНЕЦЫ. ИМПЛАНТАЦИЯ. РАННЕЕ  
ПОСТИМПЛАНТАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ.

# Гаметы – половые клетки

Женские ♀ -  $1n$

Мужские ♂ -  $2n$

Гаметогенез – процесс образования половых клеток (гамет).

Овогенез

Сперматогенез

3



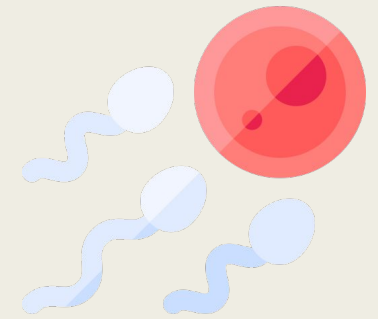
Гаметогенез закономерно присутствует в жизненном цикле ряда простейших, водорослей, грибов, споровых и голосеменных растений, а также многоклеточных животных.

Основой гаметогенеза служит мейоз — редукционное деление клетки с уменьшением вдвое числа хромосом. Результат: гаплоидные гаметы.

Слияние гамет восстанавливает число хромосом в зиготе до диплоидного. Последующее деление зиготы происходит путем митоза.

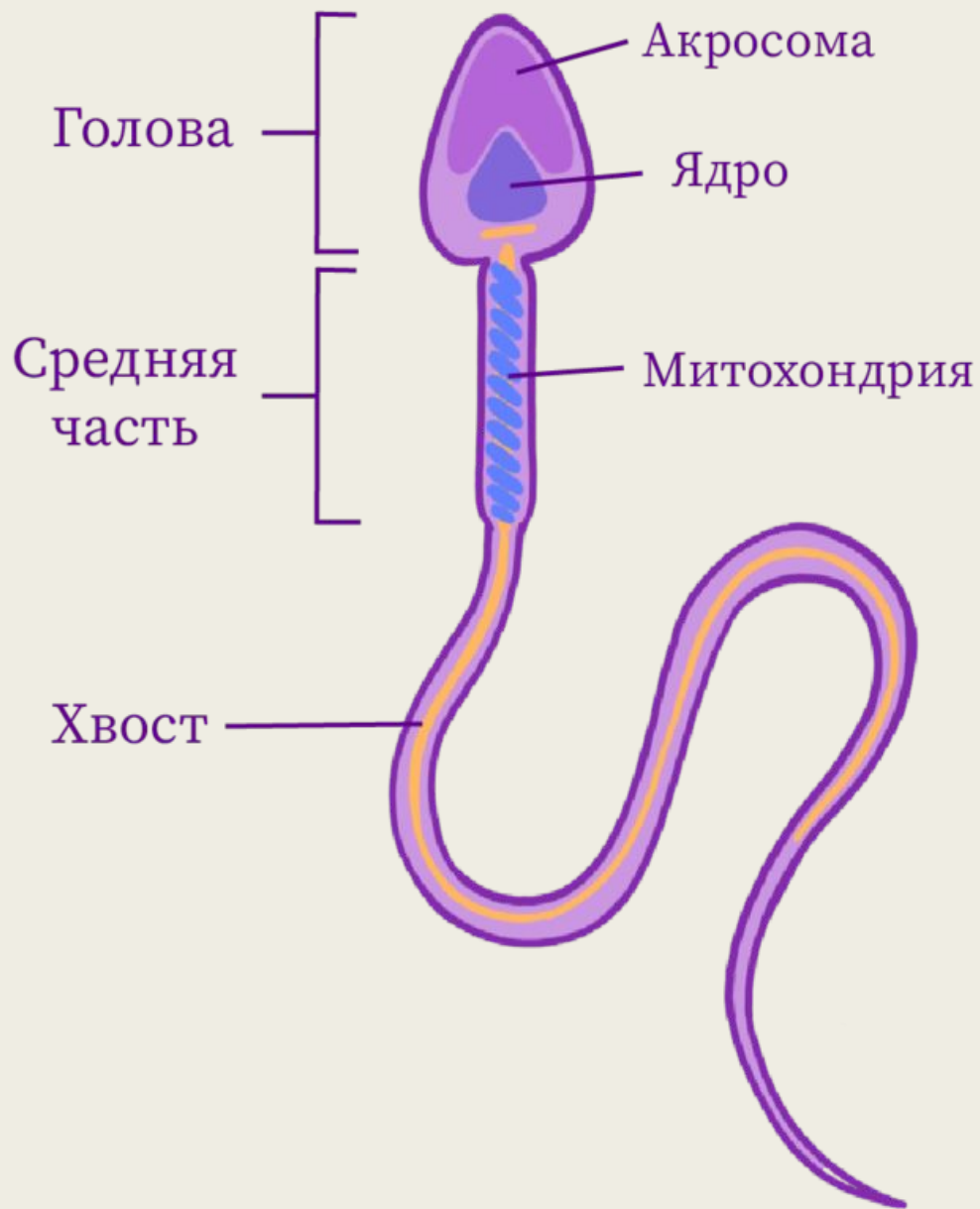
Гаметы	Функции	Особенности строения
Яйцеклетка	<p>обеспечение развития зародыша питательными веществами;</p> <p>хранение генетической информации</p>	<p>от 0,01 мм до 23 см;</p> <p>крупная и неподвижная;</p> <p>содержит большой запас питательных веществ;</p> <p>крупное ядро с гаплоидным набором хромосом</p>
Сперматозоид	<p>внесение генетической информации в яйцеклетку;</p> <p>стимуляция развития яйцеклетки</p>	<p>70 мкм;</p> <p>маленькие и подвижные;</p> <p>есть головка, шейка, хвостик;</p> <p>небольшое ядро с гаплоидным набором хромосом;</p> <p>нет запаса питательных веществ;</p> <p>аппарат Гольджи преобразован в <b>акросому</b>, расположенную на переднем конце головки:</p> <p>акросома выделяет ферменты, растворяющие оболочку яйцеклетки;</p> <p>митохондрия упаковывается вокруг жгутика, образуя шейку</p>

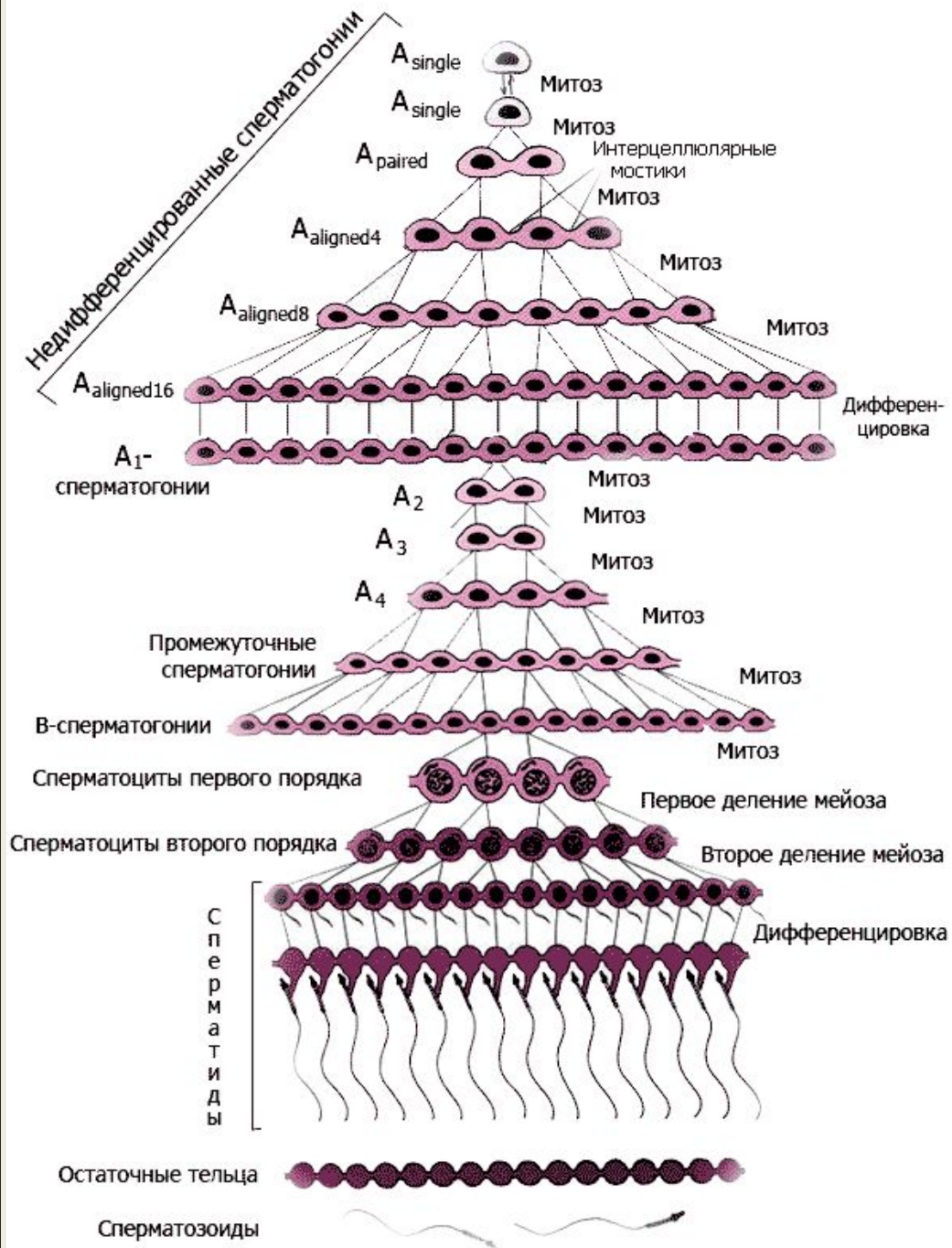
# Сперматогенез



**Сперматогенéз** — развитие мужских половых клеток (сперматозоидов), происходящее под регулирующим воздействием гормонов. Одна из форм гаметогенеза.

Сперматозоиды развиваются из клеток-предшественников, которые проходят редукционные деления (деления мейоза) и формируют специализированные структуры (акросома, жгутик и пр.). В разных группах животных сперматогенез различается. У позвоночных животных сперматогенез проходит по следующей схеме: в эмбриогенезе **первичные половые клетки — гоноциты** мигрируют в зачаток гонады, где формируют популяцию клеток, называемых **сперматогониями**. С началом полового созревания сперматогонии начинают активно размножаться, часть из них дифференцируется в другой клеточный тип — **сперматоциты I порядка**, которые вступают в мейоз и после первого деления мейоза дают популяцию клеток, называемых **сперматоцитами II порядка**, проходящих впоследствии второе деление мейоза и образующих **сперматиды**; путём ряда преобразований последние приобретают форму и структуры сперматозоида в ходе спермиогенеза.





**Схема сперматогенеза.** В этом процессе почти все клетки при делении не до конца расходятся, образуя синцитий (тип ткани с неполным разграничением клеток, при котором обособленные участки цитоплазмы с ядрами связаны между собой цитоплазматическими мостиками), благодаря чему все физиологические процессы в них синхронизируются, и они могут одновременно совершать какие-то действия, например, двигаться или делиться. Сперматогенез можно разбить на такие стадии: 1) Все начинается с так называемых «недифференцированных сперматогониев». Они все обладают свойствами стволовых клеток. Делятся они довольно вяло и безалаберно (то есть не в строго определенные моменты времени, а когда попало). Иногда они делают «шаг назад» по этой схеме, превращаясь в клетки предшествующих типов (например, два  $A_{paired}$ -сперматогония могут спокойно поделиться и превратиться в пару  $A_{single}$ ) — это нужно, чтобы поддерживать популяцию стволовых клеток, а также регулировать итоговый выход сперматозоидов. 2) На следующей ступени находятся чуть более дифференцированные  $A_{1-4}$ -сперматогонии. В отличие от своих предшественников, они делятся уже не когда попало, а в строго определенные моменты времени, которые называются стадиями цикла семенного эпителия. Кроме того, на этом этапе наблюдается массовая гибель некоторых клонов клеток, необходимая для уменьшения итогового выхода спермы. И вот  $A_4$  дают при делении 3) Еще более дифференцированные промежуточные и В-сперматогонии, при делении которых получают 4) Сильнодифференцированные сперматогонии первого порядка, которые вступают в мейоз и дают вначале сперматогонии второго порядка, а затем... 5) Сперматиды, которые не делятся, а только созревают, дифференцируются, из круглых становятся вытянутыми и наконец превращаются в... 6) Сперматозоиды, которые уплывают прочь, оставляя после себя так

Сперматогенез у человека в норме начинается в **пубертатном** периоде (около 12 лет) и продолжается до глубокой старости. Продолжительность полного сперматогенеза у мужчин составляет примерно 73—75 дней. Один цикл зародышевого эпителия составляет приблизительно 16 дней.

Сперматозоиды образуются в **семенниках**, а именно в извитых семенных канальцах.

Сложный процесс сперматогенеза регулируется гонадотропными **гормонами** гипофиза и стероидными гормонами яичка. После полового созревания **гипоталамус** начинает выделять гонадотропный релизинг-гормон, под влиянием которого **гипофиз** секретирует **фолликулостимулирующий гормон (ФСГ)**, стимулирующий развитие и функционирование **клетки Сертоли** (соматические **клетки**, расположенные в извитых канальцах **яичек — семенников млекопитающих**), и **лютеинизирующий гормон (ЛГ)**, стимулирующий **клетки Лейдига** (гормонопродуцирующие **клетки млекопитающих**, расположенные в стенках извитых семенных канальцев между соединительнотканной оболочкой и слоем питательного эпителия **семенниках**, в них производится **тестостерон** и другие соединения **андрогенного** ряда, также в них образуется небольшое количество **женских половых гормонов эстрогенов и прогестинов**) к выработке **тестостерона**. Тестостерон оказывает воздействие на развитие клеток Сертоли, а также на предшественники половых клеток (в ассоциации с андроген-связывающим белком, выделяемым клетками Сертоли).



# Овогенез

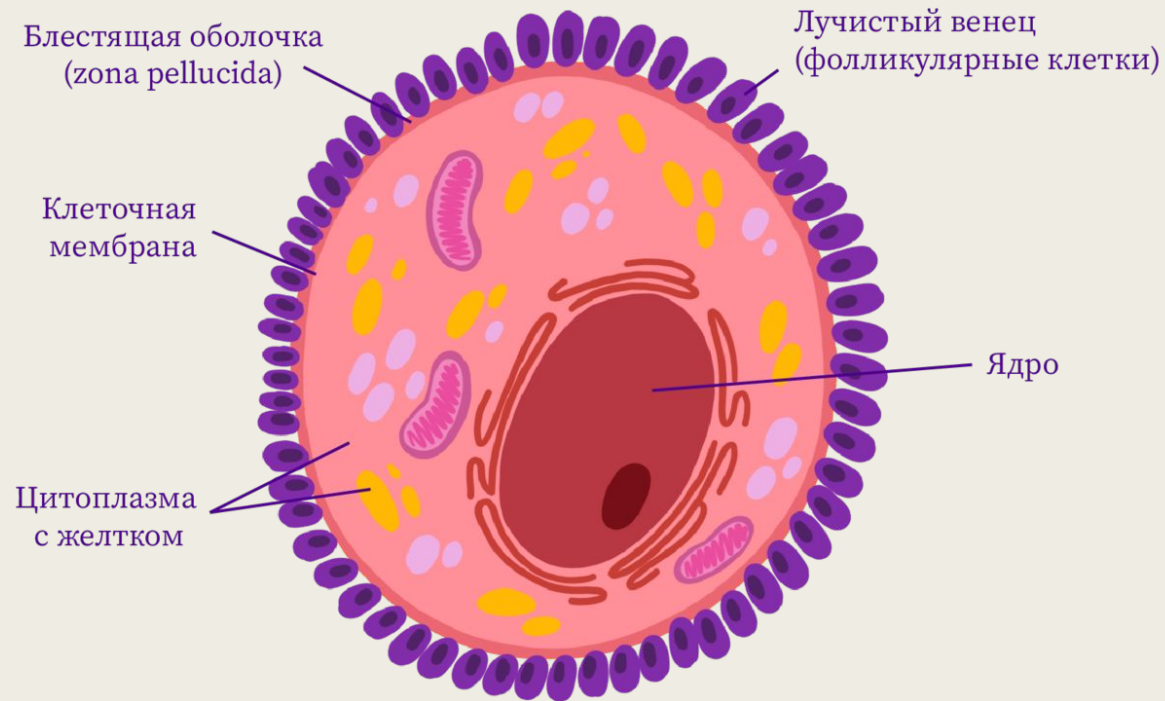


Процесс развития женских половых клеток (яйцеклеток) называется овогенезом. Овогенез происходит в женских половых органах – яичниках. Периоды развития яйцеклеток сопоставимы с Периодами сперматогенеза.

Овогонии развиваются из первичных половых клеток, мигрирующих в яичник на ранней стадии эмбриогенеза. **Период размножения (I)** овогоний у млекопитающих и человека заканчивается еще до рождения. Сформировавшиеся к этому времени овоциты I порядка ( $2n4c$ ) сохраняются в яичнике без изменения многие годы. С наступлением половой зрелости один раз в 28-32 дня один из овоцитов увеличивается в размерах (**период роста (II)**), окружается фолликулярными клетками, обеспечивающими питание.

Наступает **период созревания (III)**. Под влиянием женских половых гормонов овоцит I порядка проходит редукционное деление мейоза. Образуется один овоцит II порядка и одно полярное тельце. Наступает второе мейотическое деление, которое в яичнике проходит до стадии метафазы. На этой стадии овоцит II порядка выходит из яичника в брюшную полость, а оттуда попадает в маточные трубы. Дальнейшее созревание не произойдет до тех пор, пока овоцит не объединится со сперматозоидом, который окажет стимулирующее воздействие. В маточных трубах овоцит I порядка уже после слияния со сперматозоидом завершает 2-е мейотическое деление и превращается в овотиду - зрелую яйцеклетку. Если оплодотворения не произойдет, овоцит I порядка погибает, слизистая матки отторгается и наступает менструация.

**Т.о. овогенез включает 3 периода: размножение, рост и созревание. Из одного овоцита I порядка образуется только 1 зрелая яйцеклетка и 3 полярных тельца.**



Имеет четко выраженную морфологическую и физиологическую полярность, что проявляется в различной активности обмена веществ. В верхней части яйцеклетки физиологическая активность выше, чем в нижней. В результате оплодотворения яйцеклетки образуется зигота, из которой развивается зародыш.

# Менструальный цикл

**Менструальный цикл** — это регулярное естественное изменение, которое происходит в женской репродуктивной системе (особенно в матке и яичниках), что делает беременность возможной. Цикл необходим для производства ооцитов и для подготовки матки к беременности. Менструальный цикл происходит из-за изменения уровня гормонов. Этот цикл приводит к утолщению функционального слоя слизистой оболочки матки и росту яйцеклетки (что необходимо для наступления беременности). В цикле средней длительности (28 дней) яйцеклетка выходит из яичника примерно на четырнадцатый день; функциональный слой слизистой матки обеспечивает питание эмбриона после имплантации. Если беременность не наступает, функциональный слой эндометрия отторгается, что и называется менструацией.

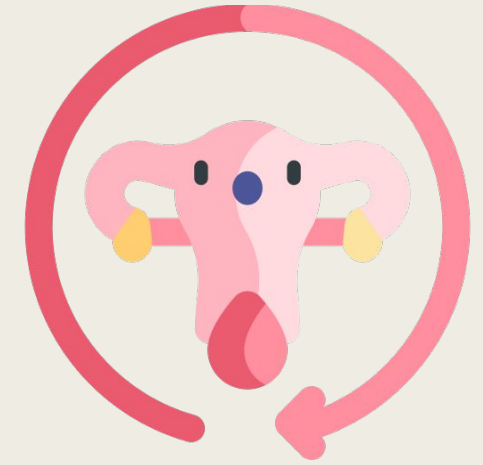
## **Параметры нормального МЦ:**

длительность от 21 до 35 дней (у 60% женщин средняя продолжительность цикла составляет 28 дней),  
продолжительность менструальных выделений от 2 до 7 дней,  
величина кровопотери в менструальные дни 40 – 80 мл,  
менструации должны быть безболезненными.

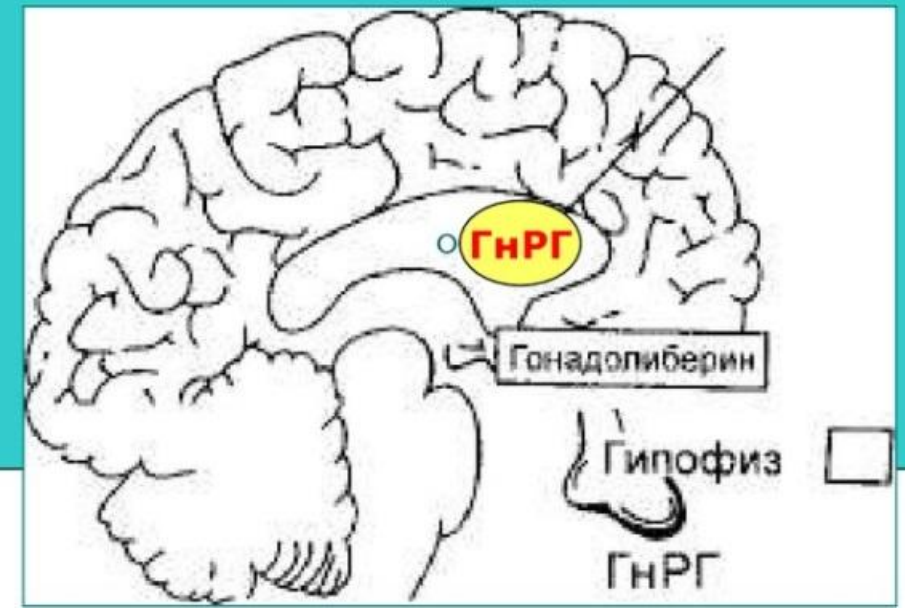


1 уровень регуляции МЦ - кора головного мозга  
и экстрагипоталамические церебральные структуры

Нейротрансмиттеры  
(норадреналин, дофамин,  
серотонин, ГАМК)  
Нейропептиды  
(ЭОП -эндорфины,  
энкефалины, динарфины)



2 уровень регуляции МЦ -  
гипофизотропная зона гипоталамуса



3 уровень регуляции МЦ – передняя доля гипофиза – **гонадотропные гормоны**

**ФСГ, ЛГ, пролактин**  
АКТГ, ТТГ, СТГ

4 уровень регуляции МЦ – периферические эндокринные органы

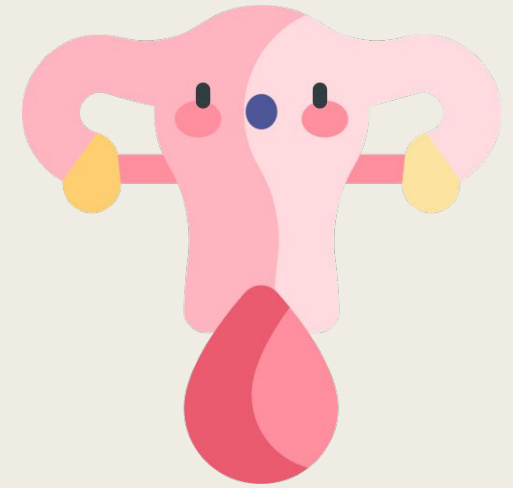
**яичники,**  
надпочечники,  
щитовидная железа

5 уровень регуляции МЦ – ткани-мишени

Матка, маточные трубы,  
влагалище, молочные железы,  
кожа, кости, жировая ткань

Процессы, происходящие в течение менструального цикла, могут быть описаны как фазы, соответствующие изменениям

в яичниках (фолликулярная, овуляторная и лютеиновая), и в эндометрии (менструальная, пролиферативная и секреторные фазы).



### **Фолликулярная/менструальная фаза**

*Менструальная фаза* представляет собой кровотечение из полости матки в результате отторжения слоя эндометрия, которое происходит в конце овариального цикла, если не было оплодотворения яйцеклетки. Началом фолликулярной фазы яичника или менструальной фазы матки считается первый день менструации. Длительность фолликулярной фазы, во время которой происходит окончательное созревание доминантного фолликула, довольно вариабельна: при 23-дневном цикле — 9—11 дней, при 35-дневном — 21—23 дня.

## **Овуляторная/пролиферативная фаза**

Приблизительно к седьмому дню цикла определяется доминантный фолликул, который продолжает расти и секретирует увеличивающееся количество эстрадиола, в то время как остальные фолликулы подвергаются обратному развитию. Достигнувший зрелости и способный к овуляции фолликул называется графовым пузырьком. Во время овуляторной фазы, которая длится около трёх дней, происходит выброс лютеинизирующего гормона (ЛГ). В течение 36—48 ч происходит несколько волн высвобождения ЛГ, значительно увеличивается его концентрация в плазме. Выброс ЛГ завершает развитие фолликула, стимулирует продукцию простагландинов и протеолитических ферментов, необходимых для разрыва стенки фолликула и высвобождения зрелой яйцеклетки (собственно овуляция). В то же время снижается уровень эстрадиола, что иногда сопровождается овуляторным синдромом. Овуляция обычно происходит в ближайшие 24 ч после наиболее крупной волны выброса ЛГ (от 16 до 48 ч). Во время овуляции высвобождается 5—10 мл фолликулярной жидкости, в которой содержится яйцеклетка.

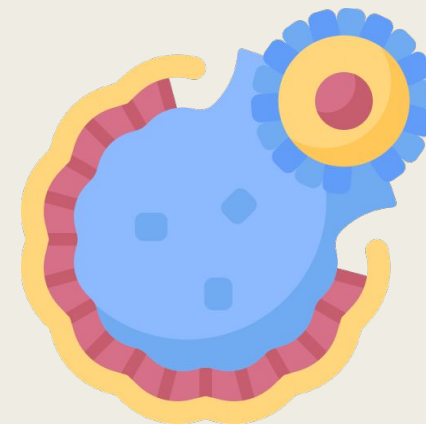
Овуляция - разрыв преовуляторного (доминантного) фолликула и выход из него яйцеклетки

Подъем уровня эстрогенов стимулирует выделение ЛГ, в яичнике происходит разрыв доминантного фолликула яйцеклетка выделяется в брюшную полость на месте овулировавшего фолликула образуется желтое тело.

Процесс овуляции управляется гипоталамусом, который регулирует работу передней доли гипофиза. Регуляция осуществляется посредством гонадотропин-рилизинг гормона, под действием которого гипофиз выделяет в кровь гонадотропные гормоны: лютеинизирующий гормон и фолликулстимулирующий гормон.

Менструальный цикл, характеризующийся отсутствием выхода яйцеклетки из яичника, называется ановуляцией. Ановуляция является одним из самых частых вариантов эндокринного бесплодия. Одна из частых причин олигоовуляции (аномально редкой овуляции) и ановуляции — синдром поликистозных яичников.

Если оплодотворения не произошло, яйцеклетка погибает в фаллопиевой трубе в течение приблизительно 24 часов.



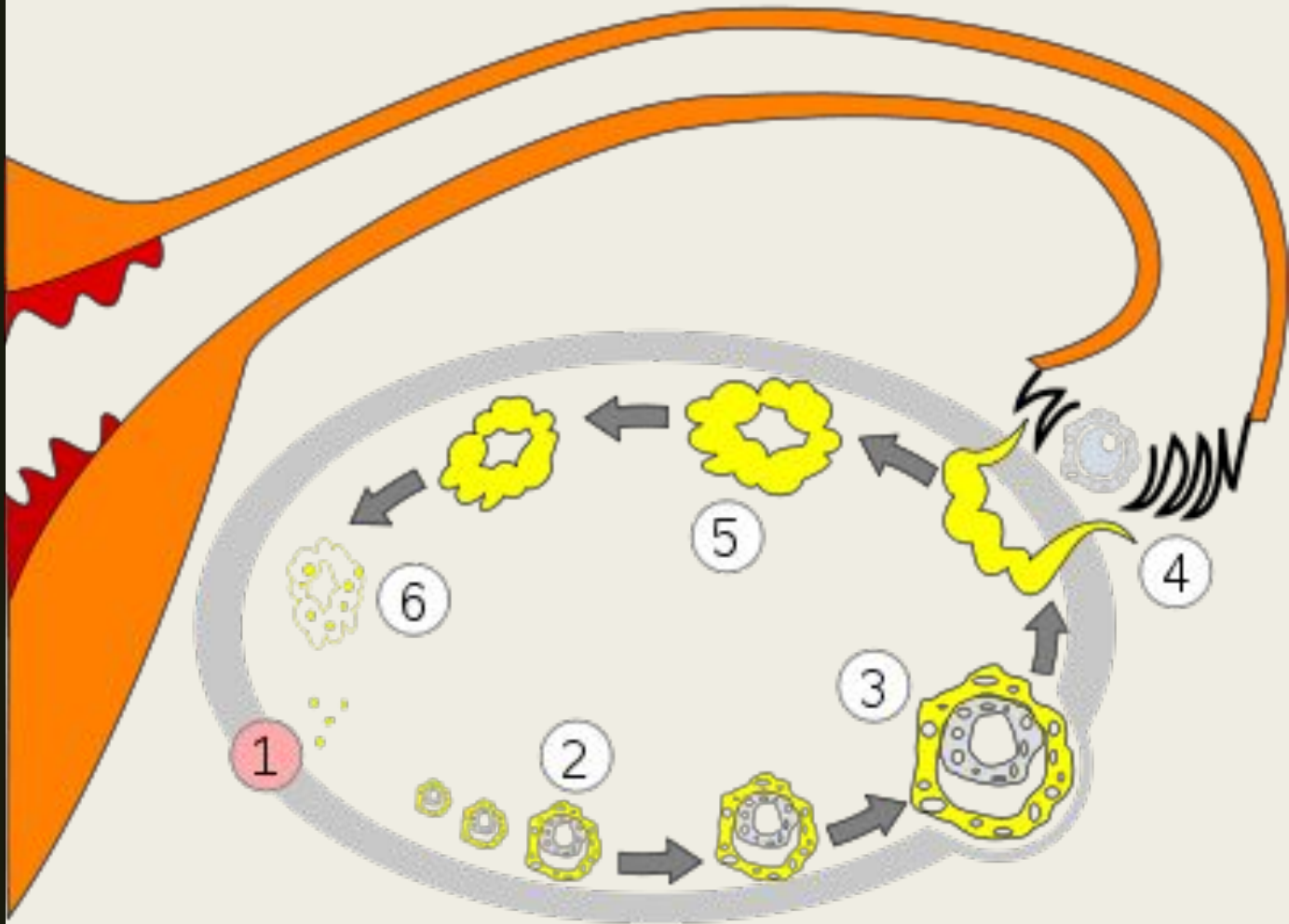


## Лютеиновая/секреторная фаза

Промежуток времени между овуляцией и началом менструального кровотечения называется лютеиновой фазой цикла (также известна как фаза жёлтого тела). В отличие от фолликулярной фазы, длительность лютеиновой более постоянная — 12 дней ( $\pm 2$  дня). После разрыва граафова пузырька стенки его спадаются, его клетки накапливают липиды и лютеиновый пигмент, это придаёт ему жёлтый цвет. Трансформированный граафов фолликул теперь называется жёлтым телом. Продолжительность лютеиновой фазы зависит от периода функционирования (10—12 дней) жёлтого тела, в это время жёлтое тело секретует прогестерон, эстрадиол и андрогены. Повышенный уровень эстрогена и прогестерона изменяет характеристику двух наружных слоев эндометрия. Железы эндометрия созревают, пролиферируют и начинают секретировать (секреторная фаза), матка готовится к имплантации оплодотворенной яйцеклетки. Уровень прогестерона и эстрогена достигают пика в середине лютеиновой фазы, и в ответ на это снижается уровень ЛГ и ФСГ.

При наступлении беременности жёлтое тело начинает вырабатывать прогестерон до тех пор, пока плацента не разовьётся и не станет секретировать эстроген и прогестерон.

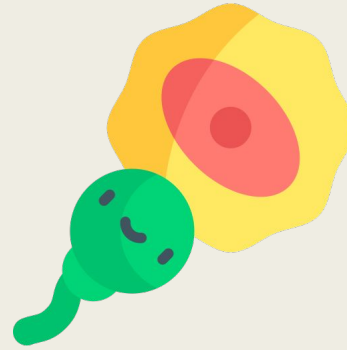
Если беременность не происходит, жёлтое тело прекращает функционировать, снижается уровень эстрогенов и прогестерона, что приводит к отечности и некротическим изменениям эндометрия. Снижение уровня прогестерона также усиливает синтез простагландинов. Если яйцеклетка не оплодотворяется, то через некоторое время жёлтое тело подвергается лизису или структурному разрушению, и более неспособно синтезировать прогестерон и эстрадиол. Регулятором лютеолиза является простагландин  $PGF_2$ . Из-за лютеолиза секреция фоллитропина и лютропина более не подавляется, поскольку более нет отрицательной обратной связи, и секреция этих гормонов начинает возрастать, стимулируя развитие нового фолликула. Уменьшение уровня эстрогена и прогестерона также способствует возобновлению синтеза ЛГ и ФСГ начинается новый менструальный цикл.



Процессы в яичнике в течение менструального цикла:

- 1 Менструация
- 2 Созревающий фолликул
- 3 Граафов фолликул
- 4 Овуляция
- 5 Жёлтое тело
- 6 Жёлтое тело прекращает функционировать

# Оплодотворение



Процесс слияния мужской и женской половых клеток, приводящий к образованию зиготы, которая дает начало новому организму, называется оплодотворением. Собственно процесс оплодотворения начинается с момента контакта сперматозоида и яйцеклетки. В момент такого контакта плазматическая мембрана акросомального выроста и прилежащая к ней часть мембраны акросомального пузырька растворяются, фермент гиалуронидаза и другие биологически активные вещества, содержащиеся в акросоме, выделяются наружу и растворяют участок яйцевой оболочки. Чаще всего сперматозоид полностью втягивается в яйцо, иногда жгутик остается снаружи и отбрасывается. С момента проникновения сперматозоида в яйцо гаметы перестают существовать, так как образуют единую клетку — зиготу.



б

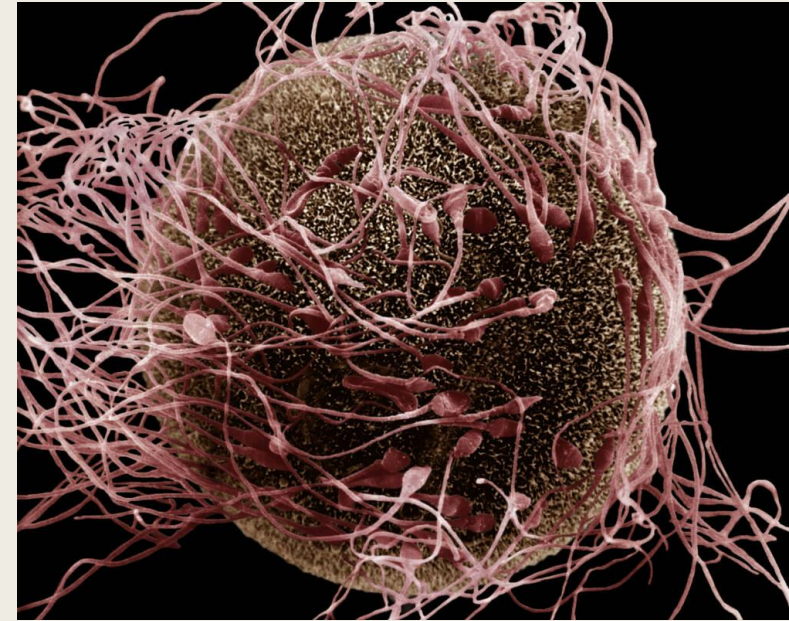
$$\text{♀ } 1n2c + \text{♂ } 1n2c = 2n4c$$

$$\text{♀ гамета} + \text{♂ гамета} = \text{зигота } 2n4c$$

Оплодотворение — необратимый процесс, то есть однажды оплодотворенное яйцо не может быть оплодотворено вновь.

Ядро сперматозоида набухает, его хроматин разрыхляется, ядерная оболочка растворяется, и он превращается в мужской пронуклеус. Это происходит одновременно с завершением второго деления мейоза ядра яйцеклетки, которое возобновилось благодаря оплодотворению. Постепенно ядро яйцеклетки превращается в женский пронуклеус. Пронуклеусы перемещаются к центру яйцеклетки, происходит репликация ДНК, и после их слияния набор хромосом и ДНК зиготы становится « $2n\ 4c$ ». Объединение пронуклеусов и представляет собой собственно оплодотворение. Таким образом, оплодотворение заканчивается образованием зиготы с диплоидным ядром.

Стадия зиготы у человека продолжается около 24-28 часов от момента оплодотворения яйцеклетки до деления зиготы на две дочерние клетки. Несколько поколений дочерних клеток, образовавшихся в результате дробления зиготы, называют бластомерами. Первые деления зиготы называют «делениями дробления» потому что клетка именно дробится: дочерние клетки после каждого деления становятся всё мельче, а между делениями отсутствует стадия клеточного роста. Эмбрион на стадии дробления уже не называется зиготой, стадия дробления продолжается около 3 дней и завершается формированием морулы. По мере развития дробящийся эмбрион перемещается по фаллопиевой трубе с током жидкости в сторону матки. На 4 день развития эмбрион на стадии морулы достигает матки, где в течение последующих 2 дней формирует бластоцисту, которая имплантируется в стенку матки.



Зигота как яйцеклетка является одной из самых крупных клеток человека, её диаметр составляет около 0,12 мм. Это шарообразная полупрозрачная клетка, окружённая так называемой блестящей оболочкой. Внутри зиготы формируются два ядра, которые называются пронуклеусами. Одно из ядер формируется из проникшего сперматозоида, оно называется мужским пронуклеусом и содержит отцовские хромосомы. Другое ядро формируется в результате созревания яйцеклетки, оно называется женским пронуклеусом и содержит материнские хромосомы. Оба ядра зиготы сближаются и находятся в непосредственном соприкосновении на протяжении нескольких часов. Ядрышки двух пронуклеусов также приближаются друг к другу<sup>[3]</sup>. В ряде случаев пронуклеусы сливаются в общее ядро зиготы, которое вскоре исчезает. Но чаще исчезновение пронуклеусов происходит без слияния. После исчезновения пронуклеусов хромосомы отца и матери объединяются в единую метафазную пластинку, после чего в течение 1-2 часов происходит деление зиготы на дочерние клетки.



Зигота человека с  
пронуклеусами

В процессе оплодотворения яйцеклетка, а в последующем зигота, продолжает своё продвижение по маточной трубе в сторону матки. Этому способствуют сокращения мышечного слоя трубы и движения ресничек её эпителия. После образования зиготы начинается процесс её митотического деления, который носит название «дробление» (такое название деление зиготы получило потому, что общий размер эмбриона не увеличивается, и с каждым последующим делением дочерние клетки становятся все мельче). Размер эмбриона человека на стадиях зиготы и дробления одинаков и составляет около 130 мкм. Дробление у человека, как и всех млекопитающих, полное, асинхронное. Асинхронность дробления означает, что дочерние клетки делятся не одновременно, и в итоге эмбрион человека может содержать число клеток, отличное от степени двойки (1, 2, 4, 8...). Напротив, при синхронном дроблении, характерном для большинства животных, число клеток равно  $2^n$ , где  $n$  — число актов деления. Клетки эмбриона на стадии дробления называются бластомеры. Период дробления продолжается около 3 дней.

Первоначально все бластомеры эмбриона человека одинаковы, как по внешнему виду, так и по своей детерминации. Бластомеры не взаимодействуют друг с другом и удерживаются вместе лишь благодаря блестящей оболочке. Если блестящая оболочка по какой-то причине будет повреждена, то эмбрион рассыплется на отдельные группы клеток или индивидуальные клетки. В редких случаях это может приводить к формированию двух и более независимых эмбрионов, идентичных генетически. Такие эмбрионы дадут начало однояйцевым дихориальным близнецам (около одной трети случаев рождения всех однояйцевых близнецов).

К 4 дню развития, когда эмбрион состоит приблизительно из 12—16 клеток, бластомеры дифференцируются и образуют два клеточных слоя. Наружные бластомеры формируют так называемый трофобласт, а внутренние — чуть позже — эмбриобласт.

К 5 дню развития дробящийся эмбрион формирует бластоцисту — стадию развития, характерную только для плацентарных млекопитающих. Бластоциста состоит из приблизительно 30 клеток в начале развития и приблизительно 200 клеток в конце развития. Бластоциста представляет собой полый шар размером 130—200 мкм, сформированный клетками трофобласта, внутри шара располагается группа клеток эмбриобласта, прикрепленная к одной из стенок.

Изредка бластоциста может нести два эмбриобласта, такой эмбрион даст начало однояйцевой двойне — однояйцевым монохориальным близнецам (около двух третей случаев рождения всех однояйцевых

**Бластоциста** — ранняя стадия развития зародыша млекопитающих (в том числе человека). Стадия бластоцисты следует за стадией морулы и предшествует стадии зародышевого диска. Стадия бластоцисты относится к преимплантационному периоду развития, то есть самому раннему периоду эмбриогенеза млекопитающих (до прикрепления зародыша к стенке матки).

Внешне бластоциста представляет собой шар, состоящий из нескольких десятков или сотен клеток. Размер бластоцисты колеблется от долей миллиметра (0,1 мм у грызунов и человека) до нескольких миллиметров (у непарнокопытных). Бластоциста состоит из двух клеточных популяций: трофобласта (трофэктодермы) и эмбриобласта (внутренней клеточной массы). Трофобласт формирует внешний слой эмбриона — полый шар или пузырьёк. Эмбриобласт формирует внутренний слой бластоцисты, располагается внутри трофобластического пузырька в виде скопления клеток у одного из полюсов шара (внутренняя клеточная масса). Трофобласт участвует в имплантации (прикрепление эмбриона к эпителию матки, инвазия внутрь эндометрия матки, иммуносупрессорное действие, разрушение кровеносных сосудов), а также в формировании эктодермы ворсинок хориона (эктодермальная часть плаценты). Эмбриобласт даёт начало собственно телу плода, а также мезодермальным и энтодермальным структурам внезародышевых органов (желточному мешку, аллантоису, амниону, мезодермальной части хориона).

В эволюции млекопитающих бластоциста как стадия развития возникла для обеспечения имплантации, а также для организации пространственной основы формирования зародышевого диска при отсутствии желтка. Стадия бластоцисты не гомологична стадии бластулы. Стадия бластулы следует в онтогенезе млекопитающих позже (зародышевый диск).





1-й день после зачатия. Зигота, отчетливо видны мужской и женский пронуклеусы, отделившееся полярное тело



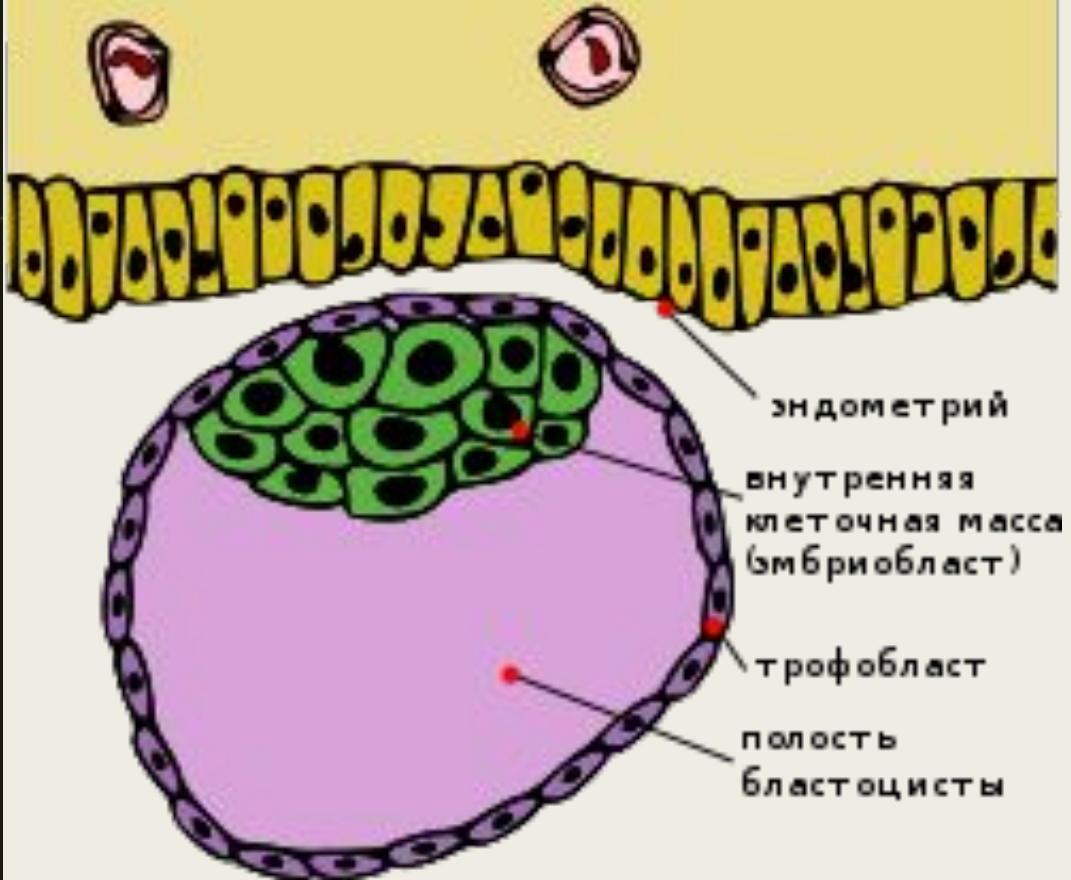
2-й день после зачатия, визуализируются 4 бластомера



3-й день после зачатия, эмбрион состоит из 8 бластомеров



4-й день после зачатия, развития эмбриона человека — морула



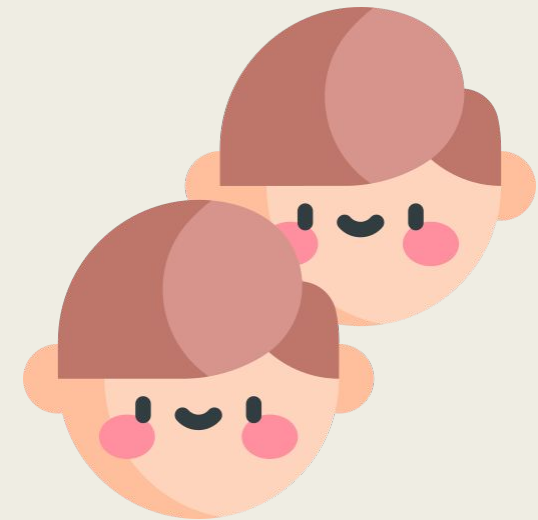
Бластоциста перед имплантацией в матку. На рисунке отмечены: жёлтым — эндометрий, зелёным — внутренняя клеточная масса, тёмно-фиолетовым — трофобласт, светло-фиолетовым — полость бластоцисты.



Бластоциста человека через 5 дней после оплодотворения

# Близнецы

**Близнецы́** — два или более потомка, рождённые в результате одной беременности через непродолжительное время друг за другом, у человека и тех млекопитающих, самки которых обычно рожают одного детёныша. Близнецы бывают однояйцевыми и разнояйцевыми. Раздел биологии, изучающий близнецов, называется гемеллология.



Обычно выделяют два основных типа близнецов:

Монозиготные (гомозиготные), имеющие 100 % общих генов.

Дизиготные (гетерозиготные), имеющие 50 % общих генов.

Кроме этого также существуют более редкие типы близнецов:

Гетерозиготные близнецы от разных отцов, имеющие 25 % общих генов.

Полуторазиготные (сесквизиготные), полуидентичные близнецы имеющие 75 % общих генов. Описано всего несколько таких случаев.

Монозиготные (однойяцевые, гомозиготные или идентичные) близнецы образуются из одной зиготы (одной яйцеклетки, оплодотворенной одним сперматозоидом), разделившейся на стадии дробления на две (или более) части. Они обладают одинаковыми генотипами. Монозиготные идентичные близнецы всегда одного пола и обладают очень большим портретным сходством. Среди монозиготных близнецов часто отмечается большое сходство характеров, привычек и даже биографий. Примерно 25 % идентичных близнецов зеркальные. Это может выражаться внешне (у одного родинка на левой щеке, у другого — на правой) или даже в расположении внутренних органов (например, сердце у одного из близнецов может оказаться справа), часто один из таких близнецов левша, другой — правша. Чем позже разделяется зигота, тем больше шансов у детей приобрести зеркальность. Отпечатки пальцев у идентичных близнецов похожи по некоторым характеристикам, таким как тип шаблона, количество линий, однако детальный рисунок отличается.

Особую группу среди однойяцевых близнецов составляют необычные типы: двухголовые (как правило, нежизнеспособные) и ксифопа



**Монозиготные полуидентичные (полярные)** — особый тип близнецов. В науке его принято называть промежуточным типом между монозиготными (однойяцевыми) и дизиготными (неидентичными). Встречаются крайне редко, и процесс их образования очень сложен. Вместе с яйцеклеткой, ещё до её оплодотворения, образуется полярное тельце — небольшая клетка, которая обычно отмирает.

Считается, что в некоторых случаях полярное тело расщепляется. Оно увеличивается в размерах, получает больше питания и не отмирает, как обычно. Вместо этого оно ведёт себя, как вторая яйцеклетка. Полярное тело и яйцеклетка могут быть оплодотворены двумя разными сперматозоидами.

Таким образом, получаются близнецы, у которых приблизительно половина генов одинаковая (от матери), а другая половина — разная (от отца). Они сочетают черты как монозиготных, так и дизиготных, поэтому их ещё называют полуидентичными. В отличие от монозиготных идентичных близнецов, монозиготные полуидентичные могут быть разного пола (так называемые «королевские близнецы»),

В 2007 году исследовательница Вивьен Саутер впервые описала случай **«полузиготных полуидентичных близнецов» (сесквизиготных)**. Два сперматозоида, оплодотворив одновременно одну яйцеклетку, образовали триплоид. Обычно статистика показывает, что на все близнецовые зачатия приходится 1 % таких триплоидов, и зиготы в этом случае погибают, но клетка в случае с идентичными близнецами смогла разделиться, как и в случае с полярными близнецами. У детей оказались идентичные материнские гены и не идентичные отцовские, но из-за того, что они изначально были одной зиготой с разным набором отцовских хромосом, произошло смешивание, и дети оказались химерами: один из них родился гермафродитом, и у обоих братьев были найдены клетки с разным набором хромосом. Из этого Вивьен Саутер сделала вывод, что они не были даже малоизученными полярными близнецами, а скорее всего именно полузиготным триплоидом.

Иногда в случае триплоида беременность может стать опасной, так как один из близнецов становится паразитом и ведёт себя как раковая опухоль по отношению ко второму близнецу и матери (молярная беременность). В таком случае при своевременном удалении паразитирующего плода есть надежда на рождение оставшегося ребёнка.

Гетерозиготные близнецы развиваются в том случае, если две яйцеклетки оплодотворены двумя сперматозоидами. Естественно, гетерозиготные близнецы имеют различные генотипы. Они сходны между собой не более, чем братья и сестры, так как имеют около 50 % идентичных генов. Интересно, что в редких случаях могут родиться гетерозиготные близнецы от разных отцов. Иногда гетерозиготные близнецы имеют общую сросшуюся плаценту.

Как гетерозиготные, так и монозиготные близнецы бывают не только двойняшками.

Полярные близнецы крайне мало изучены, но, вероятно, могут быть только двойней. Также зафиксированы случаи, когда в тройне рождались два монозиготных близнеца и один гетерозиготный по отношению к двум другим.

В среднем, близнецы составляют около 2 % от всех новорождённых, а тройняшки — только 2 % от всех близнецов.

Известно, что число рождений монозиготных близнецов сходно в разных популяциях, в то время как для гетерозиготных это число существенно различается. Например, в США дизиготные близнецы рождаются чаще среди представителей негроидной расы, чем среди представителей европеоидной расы. В Европе частота появления дизиготных близнецов составляет 8 на 1000 рождений. Однако в отдельных популяциях их бывает больше. Самая низкая частота рождения близнецов присуща монголоидным популяциям, особенно в Японии. Самый высокий процент рождающихся близнецов зафиксирован в бразильском городе Кандиду-Годой, который именуется «Мировой столицей близнецов».

Полагают, что многоплодие генетически обусловлено. Впрочем, это справедливо лишь для дизиготных близнецов. Факторы, влияющие на частоту рождения близнецов, в настоящее время мало изучены. Есть данные, показывающие, что вероятность рождения дизиготных близнецов повышается с увеличением возраста матери, а также порядкового номера рождения. Влияние возраста матери объясняется, вероятно, повышением уровня гонадотропина, что приводит к учащению полиовуляции. Имеются также данные о снижении частоты рождения близнецов почти во всех индустриальных странах. С изобретением ЭКО увеличился процент рождения близнецов — как дизиготных (так как матери подсаживаются сразу несколько зигот), так и монозиготных (причина не выяснена, возможно, делению способствуют лабораторные условия).



# Имплантация

Для лучшего контакта с эндометрием бластоциста освобождается от блестящей оболочки (так называемый хэтчинг). После этого клетки трофобласта, поверхностного слоя бластоцисты, выбрасывают пальцевидные отростки для погружения в эндометрий, железы которого богаты питательным секретом. В то же время эндометрий продолжает утолщаться под влиянием прогестерона и в итоге окружает бластоцисту со всех сторон. Процесс имплантации происходит при тесном химическом и физическом взаимодействии бластоцисты и эндометрия. Хорионический гонадотропин, выделяемый клетками трофобласта, влияет также на жёлтое тело яичника, стимулируя выработку им прогестерона и препятствуя наступлению менструации.

Нарушение транспорта зиготы в матку может приводить к имплантации бластоцисты в маточной трубе и развитию внематочной беременности. Нарушение реакций взаимодействия бластоцисты с эндометрием в процессе имплантации может обусловить ранний выкидыш ещё до того, как можно установить факт беременности.

Уровень ХГЧ у ожидающих двойню, чаще всего высокий. Иногда это может быть первым признаком того, что вынашивается несколько эмбрионов. Средний ХГЧ для одного эмбриона через 18 дней после овуляции — 70 мЕ/л, а для двойни он составляет 200 мЕ/л в тот же день. Но тем не менее, это не самый достоверный способ определения многоплодной беременности.

Некоторые женщины в период имплантации испытывают сокращение матки и небольшое кровомазание, которое могут спутать с менструальным кровотечением, поскольку имплантация иногда совпадает по времени с ожидаемыми месячными. Но кровотечение при имплантации всегда очень скудно и не длится долго. Кроме того, она не сопровождается болевыми ощущениями.

С каждым днём развития форма эмбриона усложняется. К третьей неделе образуется нервная трубка, которая пройдёт по всей длине эмбриона, дав начало головному и спинному мозгу. Выпуклость в центральной части эмбриона разовьётся в сердце. В это же время начинает формироваться плацента — именно через неё и так называемые ворсины хориона эмбрион получает питательные вещества от своей матери.

К 3-й неделе размер эмбриона — около 4 мм. К этому времени эмбрион представляет собой яйцевидное образование (так называемое «плодное яйцо»). В плодном яйце выделяют собственно зародыш и так называемые внезародышевые органы: хорион, амнион и желточный мешок.

На 21-й день, однако, уже начинают формирование головной и спинной мозг. На 21-й день после зачатия также начинает биться сердце (сердечная трубка, а не сердце) эмбриона.

К концу 4-й недели устанавливается циркуляция крови, полностью сформирована пуповина, глазные впадины, зачатки рук и ног. Начинается закладка важнейших органов — печени, почек, органов пищеварения, выделительной системы.

Пузырьки, из которых позже сформируются глаза, и будущие слуховые проходы, которые сформируют внутреннее ухо, располагаются по бокам головы.