**Введение**

Оплодотворение представляет один из самых загадочных и замечательных процессов живой природы. Мы наблюдаем его в том или ином виде не только у всех животных и растений, но даже у простейших одноклеточных форм - у инфузорий, амеб и многих внутриклеточных паразитов. Везде и всегда оплодотворение или половой процесс представляет, в сущности, не что иное как соединение двух клеток: женской клетки, называемой яйцом, и мужской клетки, или сперматозоида.

После этого соединения яйцевая клетка, которая остается до этого момента совершенно пассивной и как бы безжизненной, начинает быстро делиться сначала на 2, потом - на 4, на 8, на 16 и т.д. клеточек. Все эти клеточки образуют в конце концов маленький шаровидный зародыш, состоящий из тысяч микроскопических клеточек, из которых строятся путем сложных процессов зачатки различных органов и тканей. Таким путем происходит развитие всех животных, как самых простых, так и самых сложных. Так же происходит и развитие человека.

На основании всех этих точно установленных фактов можно сказать, что всякий организм, как бы ни был он сложен и велик, начинает свою жизнь в виде одной маленькой, часто микроскопической клетки-яйца, которое должно быть оплодотворено для своего дальнейшего развития. Неоплодотворенные же яйца у большинства животных неспособны к дальнейшему развитию и погибают. Отсюда естественно сделали заключение, что оплодотворение необходимо для развития, т. е. для размножения и деления яйцевой клетки. у всех многоклеточных животных отличают два типа клеток. Клетки телесные, из которых строятся все органы и ткани (мышцы), и клетки половые.

Телесные клетки неподвижны и фактически лишены возможности конъюгировать между собой. Впрочем, если бы конъюгация была возможна, она все равно не достигла бы цели, так как происходила бы между родственными клетками.

Половые же клетки, которые остаются свободными и могут конъюгировать с половыми клетками другого организма, сохраняют способность к беспредельному размножению и вечной жизни. Половое размножение - прогрессивная форма размножения, очень широко распространено в природе, как среди растений, так и среди животных. Образующиеся в процессе полового размножения организмы отличаются друг от друга генетически, а также по характеру приспособленности к условиям обитания <http://ebiology.ru/evolyuciya/prisposoblennost-organizmov-%e2%80%93-rezultat-dejstviya-faktorov-evolyucii-otnositelnyj-xarakter-prisposoblennosti/>.

При половом размножении материнским и отцовским организмами вырабатываются специализированные половые клетки - гаметы. Женские неподвижные гаметы называются яйцеклетками, мужские неподвижные - спермиями, а подвижные - сперматозоидами. Эти половые клетки сливаются с образованием зиготы, т.е. происходит оплодотворение. Половые клетки, как правило, имеют половинный набор хромосом (гаплоидный), так что при их слиянии восстанавливается двойной (диплоидный) набор, из зиготы развивается новая особь. При половом размножении потомство образуется при слиянии гаплоидных ядер. Гаплоидные ядра образуются в результате мейотического деления.

Мейоз ведет к уменьшению генетического материала вдвое, благодаря чему количество генетического материала у особей данного вида в ряду поколений остается постоянным. Во время мейоза происходит несколько важных процессов: случайное расхождение хромосом (независимое расчленение), обмен генетическим материалом между гомологичными хромосомами (кроссинговер). В результате этих процессов возникают новые комбинации генов. Поскольку ядро зиготы после оплодотворения содержит генетический материал двух родительских особей, это повышает генетическое разнообразие внутри вида. Если суть и биологическое значение полового процесса едины для всех организмов, то его формы очень разнообразны и зависят от уровня эволюционного <http://ebiology.ru/evolyuciya/razvitie-evolyucionnyx-predstavlenij-dokazatelstva-evolyucii/> развития, среды обитания, образа жизни и некоторых других особенностей.

Половое размножение имеет очень большие эволюционные преимущества по сравнению с бесполым. Сущность полового размножения заключается в объединении в наследственном материале потомка генетической информации из двух разных источников - родителей. Оплодотворение у животных может быть наружным или внутренним. При слиянии образуется зигота с двойным набором хромосом.

В ядре зиготы все хромосомы становятся парными: в каждой паре одна из хромосом отцовская, другая - материнская. Дочерний организм, который разовьется из такой зиготы, в одинаковой мере снабжен наследственной информацией обоих родителей.

Биологический смысл полового размножения состоит в том, что возникающие организмы могут сочетать полезные признаки отца и матери. Такие организмы более жизнеспособны. Половое размножение играет важную роль в эволюции организмов.

**1. Понятие оплодотворения**

Оплодотворение - это процесс объединения мужской и женской гамет, который приводит к формированию зиготы и последующему развитию нового организма. В процессе оплодотворения происходит установление диплоидного набора хромосом в зиготе, что определяет выдающееся биологическое значение этого процесса.

В зависимости от видовой принадлежности организмов у животных, размножающихся половым путем, различают наружное и внутреннее оплодотворение.

Наружное оплодотворение происходит в окружающей среде, в которую поступают мужские и женские половые клетки. Например, наружным является оплодотворение у рыб. Выделяемые ими мужские (молока) и женские (икра) половые клетки поступают в воду, где и происходит их «встреча» и объединение. Данные об оплодотворении у морских ежей свидетельствуют о том, что уже через 2 секунды после соприкосновения сперматозоидов и яйцеклетки наступают изменения в электрических свойствах плазменной мембраны яйцеклетки. Слияние содержимого гамет наступает через 7 секунд.

Внутреннее оплодотворение обеспечивается переносом сперматозоидов из мужского организма в женский в результате полового акта. Такое оплодотворение встречается у млекопитающих, причем центральным моментом здесь является исход встречи между половыми клетками. Считают, что в яйцеклетку этих животных проникает ядерное содержимое лишь одного сперматозоида. Что касается цитоплазмы сперматозоида, то у одних животных она поступает в яйцеклетку в небольшом количестве, у других совсем не поступает в яйцеклетку. У человека оплодотворение происходит в верхней части фаллопиевой трубы, причем в оплодотворении, как и у других млекопитающих, участвует лишь один сперматозоид, ядерное содержимое которого поступает в яйцеклетку. Иногда в фаллопиевой трубе может оказаться не одна, а две или более яйцклеток, в результате чего возможно рождение двоен, троен и т. Д. В результате оплодотворения в оплодотворенной яйцеклетке восстанавливается диплоидный набор хромосом. Яйцеклетки способны к оплодотворению в течение примерно 24 часов после овуляции, тогда как оплодотворяющая способность сперматозоидов сохраняется до 48 часов.

В механизмах оплодотворения многое еще остается неясным. Предполагают, что проникновение в яйцеклетку ядерного материала лишь одного из множества сперматозоидов связано с изменениями электрических свойств плазматической мембраны яйцеклетки. По вопросу о причинах активации сперматозоидом метаболизма яйцеклетки существует две гипотезы. Одни исследователи считают, что связывание сперматозоида с внешними рецепторами на поверхности клеток представляет собой сигнал, который через мембрану поступает внутрь яйцеклетки и активирует там инозитолтрифосфат и ионы кальция. Другие полагают, что сперматозоиды содержат специальный инициирующий фактор.

Оплодотворенная яйцеклетка дает начало зиготе, развитие организмов через образование зигот называют зигогенезом. Экспериментальные разработки, выполненные в последние годы, показали, что оплодотворение яйцеклеток млекопитающих, включая человека, возможно и в пробирке, после чего зародыши, развившиеся в пробирке, могут быть имплантированы в матку женщины, где они могут развиваться дальше. К настоящему времени известны многочисленные случаи рождения «пробирочных» детей. Установлено также, что оплодотворить яйцеклетку человека способны не только сперматозоиды, но и сперматиды. Наконец, возможно оплодотворение яйцеклеток (лишенных искусственно ядер) млекопитающих ядрами их соматических клеток.

Оплодотворение осуществляет две разные функции:

• половую - включает передачу генов от родителей потомкам;

• репродуктивную - включает инициацию в цитоплазме яйца тех реакций, которые позволяют продолжать развитие и создание нового организма.

Важная роль в процессе оплодотворения принадлежит сперматозоиду, он необходим для:

• активации яйца, побуждения его к началу развития (данная функция не специфична: в качестве активирующего фактора сперматозоид может быть заменен рядом физических или механических агентов, например при партеногенезе);

• внесения в яйцеклетку генетического материала отца.

**2. Перенос сперматозоида в женском половом тракте**

В организме женщины сперматозоиду предстоит долгий путь до встречи с яйцеклеткой. Это - канал шейки матки, полость матки и маточных труб. И на каждом этапе хорошему сперматозоиду предстоят испытания, которые являются важными звеньями естественного отбора. К сожалению, оценить влияние слизистой матки и трубной жидкости на сперматозоиды, невозможно. Но достаточно легко оценить взаимодействие сперматозоидов и слизи шейки матки.

Впервые движение сперматозоидов в цервикальной слизи было обнаружено в 1866 году. Однако длительное время это открытие оставалось без внимания, и только в 1913 году доктор Хунер повторил исследование, и с тех пор посткоитальный тест (тест Симса-Хунера) вошел в практику обследования супружеских пар с бесплодием. За это время были предложены разные модификации метода, но суть - определение количества и подвижности сперматозоидов в цервикальной слизи через некоторое время после полового акта - осталась прежней.

Канал шейки матки (цервикальный канал) является первым этапом, который должны преодолеть сперматозоиды. Образование слизи шейки матки находится под контролем гормонов. Эстрогены в 1 фазе стимулируют образование обильной цервикальной слизи, в то время как прогестерон во 2 фазу секреторную активность желез "сгущает". Помимо секрета желез шейки матки в состав цервикальной слизи может входить незначительное количество эндометриальной, трубной и, возможно, фолликулярной жидкости. Кроме этого, цервикальная слизь включает в себя лейкоциты, погибшие клетки эндометрия и эпителия канала шейки матки. И, таким образом, представляет собой гетерогенную субстанцию. Около 50% цервикальной слизи представлено водой.

Циклические изменения в слизи оказывают влияние на жизнеспособность и подвижность сперматозоидов в канале шейки матки. Благоприятные для сперматозоидов изменения в цервикальной слизи наступают приблизительно с 9-го дня нормального 28-дневного менструального цикла и постепенно возрастают, достигая, пика в период овуляции, а увеличение вязкости в лютеиновой фазе цикла создает для сперматозоидов труднопреодолимый барьер. Сперматозоиды могут задерживаться в слизи шейки матки, где они длительно сохраняют жизнеспособность и постепенно медленно проникают в полость матки.

Таким образом, цервикальная слизь:

создает условия для проникновения сперматозоидов в период овуляции, или наоборот препятствует проникновению сперматозоидов в другие периоды менструального цикла;

защищает сперматозоиды от "враждебной" среды во влагалище;

накапливает энергию для сперматозоидов;

осуществляет отбор сперматозоидов по подвижности и морфологии;

создает резервуар для сперматозоидов;

запускает реакции капацитации (изменение сперматозоида при прохождении полости матки).

Одним из наиболее важных показателей, влияющих на способность сперматозоидов к проникновению через шеечную слизь, является консистенция цервикальной слизи. Наименьшая резистентность к проникновению сперматозоидов наблюдается в середине цикла, когда вязкость слизи минимальна, а повышенная вязкость в лютеиновую фазу создает труднопреодолимый барьер для сперматозоидов. Отмершие клетки и лейкоциты создают дополнительное препятствие для миграции сперматозоидов. Так, выраженный эндоцервицит часто сопровождается снижением фертильности. Цервикальная слизь доступна для проникновения сперматозоидов в течение ограниченного периода времени. Длительность этого промежутка времени у каждой женщины индивидуальна, и может отличаться в разных циклах.

Вероятность фертилизации зависит от времени полового сношения относительно момента овуляции. Это обусловлено тем, что после эякуляции сперма сохраняет жизнеспособность 3-5 дней, а ооцит - порядка 24 часов. Оптимальным местом фертилизации являются фаллопиевы трубы, поскольку это увеличивает возможность имплантации зиготы в наиболее благоприятное для ее развития место матки - на задней стенке в верхней ее трети. Сперматозоиды, попавшие во влагалище женщины во время полового акта, примерно через 30 мин после эякуляции достигают устьев фаллопиевых труб, а еще через 15 мин - их ампулярной части, где обычно происходит оплодотворение яйцеклетки.

В репродуктивном тракте мужчины сперматозоиды имеют низкую оплодотворяющую способность. Нормальная оплодотворяющая способность сперматозоидов формируется после эякуляции в женском репродуктивном тракте. Формирование нормальной оплодотворяющей способности сперматозоидов, или капацитация, происходит в результате образования спермы, т. е. смешивания сперматозоидов с семенной жидкостью во влагалище, а также во время продвижения сперматозоидов через слизь шейки матки. Продвижению сперматозоидов в просвете фаллопиевых труб способствуют собственная двигательная активность сперматозоидов и направленные в сторону каудального отдела труб волны сокращения гладких мышц стенки яйцевода.

Двигательная активность сперматозоидов, находящихся в каудальной части фаллопиевых труб, возрастает через несколько минут после овуляции. Это свидетельствует о том, что ооцит или фолликулярные клетки высвобождают сигнальные факторы, которые активируют подвижность сперматозоидов (хемотаксис) и направляют их в зону оплодотворения. Только небольшая часть сперматозоидов человека (2-12 %) обладает хемотаксисом, т. е. реагирует на хемостимуляцию фолликулярными факторами. Поэтому в оплодотворении ооцита избирательно участвуют только капацитированные сперматозоиды.

Сперматозоид человека движется при помощи жгутика. Во время движения сперматозоид обычно вращается вокруг своей оси. Скорость движения сперматозоида человека может достигать 0,1 мм в сек. или более 30 см в час. У человека приблизительно через 1-2 часа после коитуса с эякуляцией первые сперматозоиды достигают ампулярной части фаллопиевой трубы.

Движение сперматозоидов по половым путям женщины является самостоятельным и осуществляется против движения жидкости. Для осуществления оплодотворения сперматозоидам необходимо преодолеть путь длиной около 20 см (цервикальный канал - около 2 см, полость матки - около 5 см, фаллопиева труба - около 12 см).

Среда влагалища является губительной для сперматозоидов, семенная жидкость нейтрализует влагалищные кислоты и частично подавляет действие иммунной системы женщины против сперматозоидов. Из влагалища сперматозоиды движутся по направлению к шейке матки. Направление движения сперматозоид определяет, воспринимая pH окружающей среды. Он движется по направлению уменьшения кислотности; pH влагалища около 6,0 , pH шейки матки около 7,2. Как правило, большая часть сперматозоидов не способна достичь шейки матки и погибает во влагалище (по критериям ВОЗ, используемым в посткоитальном тесте, спустя 2 часа после коитуса во влагалище не остается живых сперматозоидов). Прохождение канала шейки матки является для сперматозоидов сложным, из-за наличия в нем цервикальной слизи. После прохождения шейки матки сперматозоиды оказываются в матке, среда которой благоприятна для сперматозоидов, в матке они могут достаточно долго сохранять свою подвижность (отдельные сперматозоиды до 3-х дней). Среда матки оказывает на сперматозоиды активирующее действие, их подвижность значительно возрастает. Это явление получило название «капацитация». Для успешного оплодотворения в матку должно проникнуть не менее 10 млн сперматозоидов. Из матки сперматозоиды направляются в фаллопиевы трубы, направление к которым и внутри которых сперматозоиды определяют по току жидкости. Показано, что сперматозоиды имеют отрицательный реотаксис, то есть стремление двигаться против течения. Ток жидкости в фаллопиевой трубе создают реснички эпителия, а также перистальтические сокращения мышечной стенки трубы. Большая часть сперматозоидов не может достичь конца фаллопиевой трубы - так называемой «воронки», или «ампулы», где происходит оплодотворение. Из нескольких миллионов сперматозоидов, вошедших в матку, лишь несколько тысяч достигают ампулярной части фаллопиевой трубы. Каким образом сперматозоид человека разыскивает яйцеклетку в воронке фаллопиевой трубы остается неясным. Существуют предположения о наличии у сперматозоидов человека хемотаксиса - движения по направлению к неким веществам, выделяемым яйцеклеткой, либо фолликулярными клетками, ее окружающими. Несмотря на то, что хемотаксис присущ сперматозоидам многих водных организмов с наружным оплодотворением, у сперматозоидов человека и млекопитающих животных его наличие пока не доказано.

Наблюдения in vitro показывают, что движение сперматозоидов является сложным - сперматозоиды способны обходить препятствия и осуществлять активный поиск.

**3. Перемещение яйца**

После того, как произойдет оплодотворение яйцеклетки, она начинает постепенно двигаться по трубе в сторону матки. Движение осуществляется при помощи сокращения мышц стенок яйцевода и колебания ресничек, покрывающих трубу изнутри. Двигается яйцо не очень быстро и достигает матки только на 8-10 день после оплодотворения. Постепенно зародыш начинает выделять особые ферменты, разрушающие слизистую оболочку матки. Внутри нее происходит эрозия, к которой и прикрепляется зародыш. Этот процесс называется нидацией.

Зародыш, при помощи ворсинок, покрывающих его внешнюю оболочку, постепенно вступает в контакт с кровеносными сосудами тела женщины. Если раньше его питание обеспечивали вещества, содержащиеся в самом яйце, то теперь это происходит за счет матери. Через ее кровь к нему начинают поступать питательные вещества и кислород. Полностью процесс присоединения зародыша к стенке матки завершается на 12-14 день после оплодотворения.

Нидация зародыша напрямую зависит от скорости его продвижения к матке. Во время перемещения яйца по трубе постепенно происходит формирование особого верхнего слоя, вырабатывающего впоследствии ферменты, позволяющие разрушить слизистую оболочку матки и прикрепиться к ее стенке. Если же движение происходит слишком быстро, то этот слой не успевает сформироваться, следовательно, зародыш не сможет прикрепиться к матке. В результате произойдет выкидыш.

**4. Жизнеспособность яиц и сперматозоидов**

Под продолжительностью жизни половых клеток подразумевается их способность к оплодотворению или быть оплодотворенными. Изучение этого вопроса имеет не только теоретический интерес, оно имеет и несомненное практическое значение. Знание этих вопросов в известной мере может помочь в правильном суждении о времени наступившего зачатия. Разберем эти вопросы раздельно в отношении мужской половой клетки - сперматозоида и женской - яйцеклетки.

Жизнеспособность сперматозоида. Известно, что при половом акте мужское семя депонируется во влагалище, преимущественно в заднем своде (receptaculum seminis). В каждом эйякуляте здорового мужчины содержится около нескольких миллионов сперматозоидов. Однако под влиянием кислой влагалищной среды большая часть их погибает и только меньшая проникает в цервикальный канал шейки и тело матки. Под влиянием щелочной среды матки сперматозоиды приобретают еще большую подвижность. Путь от наружного маточного зева до ампулярной части трубы - расстояние, равное в среднем 20 см, сперматозоид преодолевает примерно за 2-3 ч. Этот путь может быть проделан и за более короткий срок: по данным Шуварского - за 30 мин (цит. по К. К. Скробанскому). Сперматозоиды, не принявшие участия в оплодотворении яйцеклетки, погибают и уничтожаются лейкоцитами. По поводу жизнеспособности сперматозоидов существуют различные взгляды. Behne и Hoehne определяют ее равной 2-3 дням, Nurnberger - 15 дням.

Для определения времени, в течение которого сохраняется оплодотворяющая способность сперматозоидов, находящихся в половом тракте крольчихи, Hammond произвел следующие опыты. Известно, что овуляция у крольчихи наступает через 10 ч после покрытия ее самцом. Введя искусственно сперматозоиды во влагалище крольчихи, автор затем покрывал ее самцом, у которого хирургическим путем был перевязан семявыводящий проток. Таким образом, самец при покрытии самки не мог выделить своих сперматозоидов и, если беременность наступала, то, следовательно, от тех сперматозоидов, которые были искусственно введены во влагалище. Покрывая таким самцом самок в различное время после их искусственного обсеменения, Гаммонд установил время жизнеспособности сперматозоидов. На рис. 149 представлен опыт Гаммонда. В результате этих опытов было установлено, что наибольшая оплодотворяющая способность сперматозоидов, находящихся в половом тракте крольчих, сохраняется в течение 18 ч, так как только в пределах этого времени беременность наступала в 90,9%.

Способность к оплодотворению яйцеклетки изучена еще меньше. Hoehne полагает, что яйцеклетка может быть оплодотворенной и по прошествии 3-4 дней после овуляции. По Гаммонду, наибольшее время жизнеспособности яйцевой клетки равняется 4 ч. Несмотря на то, что данные, полученные в эксперименте на животных, не могут быть безоговорочно отнесены к человеку, тем не менее они могут в известной мере характеризовать жизнеспособность половых клеток вообще, и в частности, у человека.

Время возможного зачатия еще менее изучено, так как не существует методов, с помощью которых можно было бы установить момент овуляции, наступление которой у женщины подвержено многочисленным колебаниям. Исходя из предполагаемых данных о сроке жизнеспособности яйцеклетки, наибольшая вероятность зачатия возможна в определенные дни менструального цикла. Так, при 32-дневном цикле этот момент совпадает с 16-20 днями, при 28-дневном - 12-16 и т. д. Эти особенности показаны на рис. 150 (цит. по К. К. Скробанскому).

**5. Слияние гамет**

Процесс слияния гамет, т.е. собственно оплодотворение, разделяют на три последовательные фазы:

) дистантное взаимодействие гамет и их сближение;

) контактное взаимодействие гамет и активизация яйцеклетки;

) вхождение сперматозоида в яйцо и последующее слияние гамет - сингамия.

Первая фаза (дистантное взаимодействие гамет) обеспечивается хемотаксисом - действием совокупности специфических факторов увеличивающих вероятность контакта половых клеток. Осуществляются на некотором расстоянии, до соприкосновения гамет друг с другом. Они направлены на повышение вероятности встречи сперматозоидов и яйцеклетки. Дистантные взаимодействия характерны для водных организмов, с наружным типом оплодотворения. При этом животные сталкиваются со следующими проблемами:

• осуществление встречи спермиев и яиц при их низкой концентрации в среде;

• предотвращение оплодотворения яиц спермиями другого вида. [8]

В ходе эволюции выработалось, соответственно и два механизма и для решения поставленных задач: видоспецифичное привлечение спермиев и видоспецифичная их активация.

Видоспецифичное привлечение спермиев доказано для многих животных: кишечнополостных, моллюсков, иглокожих и первично-хордовых. Оно представляет собой род хемотаксиса - и движения по градиенту концентрации вещества. В 80-х гг. XX удалось идентифицировать два видоспецифичных аттрактантасперматозоидов морских ежей - сперакт и резакт. Об вещества относятся к пептидам и содержат 10 и 14 аминокислотных остатков соответственно. Важную роль в этом хемотаксисе принадлежит гамонам - химическим веществам, вырабатываемым половыми клетками. Яйцеклетка способна продуцировать т.н. гиногамоны или фертилизины, а сперматозоид - андрогомогы. Гиногамон I - низкомолекулярное вещество небелковой природы, котороеактивирует движение сперматозоидов, повышая вероятность их встречи с яйцом. Гиногамон II - вещество белковой природы (гликопротеин), которое вызывает связывание сперматозоидов при взаимодействии с комплементарным ему андрогомоном II, встроенным в поверхностную оболочку спермия. Андрогомон I подавляет подвижность спермия. Андрогомон II разжижает студенистое вещество и растворяет оболочку яйца, поэтому его зачастую отождествляют с гиалуронидазой. Установлено, что яйцеклетки выделяют пептиды, способствующие привлечению сперматозоидов. Сразу после эякуляции сперматозоиды не способны к проникновению в яйцеклетку до тех пор, пока не произойдет капацитация - приобретение спермиями оплодотворяющей способности. Капацитация происходит в течение приблизительно семи часов под действием секрета женских половых путей. В процессе капацитации с плазмалеммы спермия в области акросомы удаляются гликопротеины и протеины семенной плазмы, что способствует акросомальной реакции. В механизме капацитации большое значение принадлежит действию гормонов, прежде всего прогестерона (гормон желтого тела), активизирующего секрецию железистых клеток яйцеводов. Во время капацитации происходят связывание холестерола цитолеммы спермия альбуминами женских половых путей и обнажение биохимических рецепторов половых клеток.

Оплодотворение происходит в ампулярной части яйцевода. Оплодотворению предшествует осеменение - дистантное взаимодействие и сближение гамет, обусловленное хемотаксисом.

Вторая фаза оплодотворения - контактное взаимодействие, во время которого сперматозоиды вращают яйцеклетку. Многочисленные спермии приближаются к яйцеклетке и вступают в контакт с её оболочкой. Яйцеклетка начинает совершать вращательные движения вокруг своей оси со скоростью ~4 оборота в минуту. Эти движения обусловлены биением жгутиков сперматозоидов, которые продолжаются около ~12 ч.

В процессе контактного взаимодействия мужской и женской половых клеток в спермиях происходит акросомальная реакция. Она заключается в слиянии наружной мембраны акросомы с передними двумя третями поверхности плазмалеммы спермия. Затем мембраны разрываются в области слияния и в среду высвобождаются ферменты акросомы. Запуск второй фазы оплодотворения происходит под влиянием сульфатированных полисахаридов блестящей (прозрачной) зоны. Они вызывают поступление ионов кальция и натрия в головку спермия, замещение ими ионов калия и водорода и разрыв мембраны акросомы. Прикрепление спермия к яйцеклетке происходит под влиянием углеводной группы фракции гликопротеинов прозрачной зоны яйцеклетки. Рецепторы спермия для прозрачной зоны представляют собой фермент гликозилтрансферазу. Этот фермент, находящийся на поверхности акросомы головки сперматозоида, «узнаёт» сахар N-ацетилглюкозамин - рецептор женской половой клетки. Плазматические мембраны в месте контакта половых клеток сливаются и происходит плазмогамия - объединение цитоплазм обеих гамет.

Сперматозоиды при контакте с яйцеклеткой могут связывать десятки тысяч молекул гликопротеида Zp3. При этом отмечается запуск акросомальной реакции. Акросомальная реакция характеризуется повышением проницаемости плазмалеммы спермия к ионам Са2+ и её деполяризацией. Это способствует слиянию плазмалеммы с передней мембраной акросомы.

Ферменты разрушают блестящую зону, спермий проходит через разрыв и входит в перивителлиновое пространство, расположенное между блестящей зоной и плазмалеммой яйцеклетки. Через несколько секунд изменяются свойства плазмалеммы яйцеклетки, и начинается кортикальная реакция, а ещё через несколько минут наступает зонная реакция, в процессе которой изменяются свойства блестящей зоны.

Оплодотворению способствуют сотни других, принимающих участие в осеменении, сперматозоидов. Ферменты, выделяемые из акросом, - спермолизины (трипсин, гиалуронидаза) разрушают лучистый венец, расщепляют гликозаминогликаны прозрачной зоны яйцеклетки. Отделяющиеся фолликулярные клетки склеиваются в конгломерат, который вслед за яйцеклеткой перемещается по маточной трубе благодаря мерцанию ресничек эпителиальных клеток слизистой оболочки маточной трубы.

Третья фаза оплодотворения - сингамия. В овоплазму проникают головка и промежуточная часть хвостового отдела. После вхождения сперматозоида в овоцит на периферии овоплазмы происходит её уплотнение (зонная реакция) и образуется оболочка оплодотворения.[1]. Кортикальная реакция - это слияние плазмалеммы яйцеклетки с мембранами кортикальных гранул. В результате этого содержимое из гранул выходит в перивителлиновое пространство и воздействует на молекулы гликопротеидов блестящей зоны. Вследствие этой зонной реакции молекулы Zp3 модифицируются и утрачивают способность быть рецепторами спермиев. Образуется оболочка оплодотворения толщиной ~50 нм, препятствующая полиспермии, то есть проникновению других спермиев. Механизм кортикальной реакции включает приток ионов натрия через участок мембраны сперматозоида, встроенный в поверхность яйцеклетки после завершения акросомальной реакции. В результате отрицательный мембранный потенциал клетки становится слабоположительным. Приток ионов натрия обусловливает высвобождение ионов кальция из внутриклеточных депо и увеличение его содержания в гиалоплазме яйцеклетки. Вслед за этим начинается экзоцитоз кортикальных гранул. Высвобождающиеся из них протеолитические ферменты разрывают связи между блестящей зоной и плазмалеммой яйцеклетки, а также между спермиями и прозрачной зоной. Кроме того, выделяется гликопротеид, связывающий воду и привлекающий её в пространство между плазмалеммой и блестящей зоной. Вследствие этого формируется перивителлиновое пространство. Наконец, выделяется фактор, способствующий отвердению прозрачной зоны и образованию из нее оболочки оплодотворения.

Благодаря механизмам предотвращения полиспермии только одно гаплоидное ядро сперматозоида получает возможность слиться с одним гаплоидным ядром яйцеклетки, что приводит к восстановлению характерного для всех клеток диплоидного набора хромосом. Проникновение сперматозоида в яйцеклетку через несколько минут значительно усиливает процессы внутриклеточного метаболизма, что связано с активизацией её ферментативных систем. Это служит стимулом для завершения второго деления мейоза, и овоцит второго порядка становится зрелым яйцом. При этом образуется также второе полярное тельце, которое тотчас же дегенерирует, а хвост сперматозоида рассасывается в цитоплазме ядра. Ядра обеих гамет превращаются в пронуклеусы и сближаются. Мембраны пронуклеусов разрушаются, а отцовские и материнские хромосомы прикрепляются к образовавшимся нитям веретена. К этому времени оба гаплоидных набора, содержащих у человека по 23 хромосомы, уже реплицировались, и возникшие в результате 46 пар хроматид выстраиваются по экватору веретена, как в метафазе митоза. Слияние пронуклеусов называется кариогамией и продолжается около ~12 ч. На этой стадии восстанавливается диплоидное число хромосом.[9] После слияния женского и мужского пронуклеусов оплодотворенное яйцо получает название зиготы (одноклеточный зародыш). Зигота проходит стадии анафазы и телофазы и завершает свое первое митотическое деление. Следующий за этим цитокинез приводит к образованию из одноклеточного зародыша двух диплоидных дочерних клеток. Уже на стадии зиготы выявляются презумптивные зоны (лат.: presumptio - вероятность, предположение) как источники развития соответствующих участков бластулы, из которых в дальнейшем формируются зародышевые листки. Процесс оплодотворения заканчивается и начинаются процессы дробления

**Выводы**

оплодотворение гамета сперматозоид сингамия

Оплодотворение - слияние сперматозоида с яйцеклеткой, завершающееся объединением их ядер в единое ядро оплодотворенного яйца (зиготу). У подавляющего большинства животных при нормальном развитии именно оплодотворение служит толчком к выходу яйцеклетки из анабиотического состояния, в котором она находится на последнем этапе стадии созревания.

Оплодотворение осуществляет две разные функции:

• половую - включает передачу генов от родителей потомкам;

• репродуктивную - включает инициацию в цитоплазме яйца тех реакций, которые позволяют продолжать развитие и создание нового организма.

Важная роль в процессе оплодотворения принадлежит сперматозоиду, он необходим для:

• активации яйца, побуждения его к началу развития (данная функция не специфична: в качестве активирующего фактора сперматозоид может быть заменен рядом физических или механических агентов, например при партеногенезе);

• внесения в яйцеклетку генетического материала отца.

Существует несколько принципов классификации процесса оплодотворения:

по месту проникновения сперматозоида в яйцеклетку:

• наружное (оплодотворение происходит во внешней среде);

• внутреннее (оплодотворение происходит в половых путях самки).

по количеству сперматозоидов участвующих в оплодотворении:

• моноспермное (один сперматозоид);

• полиспермное (два и более сперматозоидов)

У ряда беспозвоночных, рыб, хвостатых амфибий и птиц возможна полиспермия, когда в яйцо проникает несколько сперматозоидов, однако с ядром яйцеклетки сливается ядро только одного спермия.

Конкретные особенности оплодотворения очень сильно варьируют у различных видов. Взаимодействие гамет подразделяют на четыре стадии:

• дистантные взаимодействия;

• контактные взаимодействия;

• проникновение сперматозоида в яйцеклетку;

• слияние генетического материала.

После этих процессов начинаются процессы дробления.

**Использованная литература**

1. Алланазарова Н.А. “Биология индивидуального развития” (учебное пособие) Самарканд, 2002.

. Афанасьев Ю.И., Юрина Н.А. “Гистология, цитология, эмбриология” М.: Медицина, 2001.

. Белоусов Л.В. “Основы общей эмбриологии” М.: Изд-во МГУ, 1993. С. 53-68.

. Гилберт С. “Биология развития” Т. 1. М.: Мир, 1993.

. Джелдубаева Э.Р. “Биология индивидуального развития. Курс лекций” - Симферополь, 2008г.

. Иванова Т.В., Калинова Г.С., Мягкова А.Н. "Общая биология" - М.: Просвещение, 2000.

. Карлсон Б.М. “Основы эмбриологии по Пэттену.” Т. 1. М.: Мир, 1983.

. Кноррэ А. Г. “Краткий очерк эмбриологии человека” М.: Медицина, 1967.

. Токин Б.П. “Общая эмбриология” М.: Высш. школа, 1987.

. Юрина Н.А., Торбек В.Э., Румянцева Л.С. “Основные этапы эмбриогенеза позвоночных животных и человека” М., 1984.