

## Сперматозоиды человека.

На рисунке 15 изображены мужские половые клетки — живчики. Они — длинные и часто имеют хвостик. Живчики образуются в теле самцов.

Впервые они были открыты в человеческом семени в 1677 г. лейденским студентом Гаммом, который показал их своему знаменитому учителю Левенгуку. Последний считал их за истинных зародышей животных, которые при оплодотворении проникают в яйцевую клетку и в ней развиваются. И хотя формально открытие сперматозоидов принадлежит Гамму, детально рассмотрел, зарисовал и описал сперматозоиды Левенгук. Первыми были открыты сперматозоиды человека, вскоре Левенгук описал сперматозоиды многих животных. Левенгук сразу высказал предположение, что «семенные зверьки» участвуют в зачатии, о чём сообщил специальным письмом в Британское Королевское научное общество. Однако на протяжении ещё почти века в науке доминировала точка зрения, что сперматозоиды являются паразитическими существами в сперме, а оплодотворяет сама семенная жидкость (Как опровергнуть эту гипотезу?

---

Термин «сперматозоид» появился только в начале XIX века. Его ввёл академик Петербургской Академии наук, немец по происхождению Карл Эрнст фон Бэр.

Подобные же клетки — яйцеклетки и сперматозоиды — имеются и у многих растений.

Что же это за клетки? Почему они не соединены тесно друг с другом, как большинство других клеток тела?

А потому, что половые клетки имеют в организме совсем особое значение. Из яйца и живчика, путём их слияния, образуются новые организмы; они служат для размножения многоклеточных живых существ.

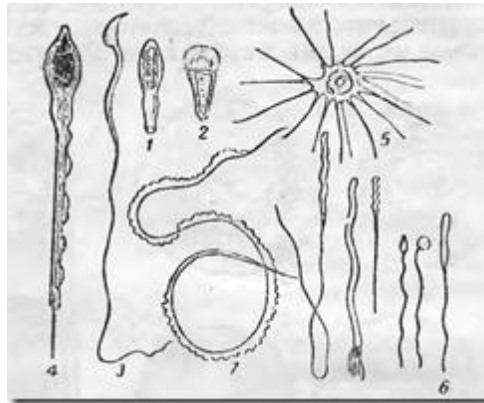


Рис. 15. Живчики разных животных. 1—живчик клеща; 2—живчик глисты — лошадиной аскариды; 3— живчик крысы; 4— живчик человека; 5—живчик речного рака; 6—живчик лягушки; 7—живчик саламандры.

Ю.А.Филипченко «Доступная биология» 1923 г

## **Строение сперматозоида:**

Головка сперматозоида человека имеет форму эллипсоида, сжатого с боков. В головке сперматозоида располагаются следующие клеточные структуры:

Ядро, несущее одинарный набор хромосом. Такое ядро называют \_\_\_\_\_. Ядро сперматозоида значительно мельче ядер других клеток, хромосомы сильно уплотнены. В связи с сильной конденсацией хроматин неактивен — в ядре сперматозоида не синтезируется РНК.

Акросома — видоизмененный аппарат Гольджи— мембранный пузырек, несущий ферменты — вещества, растворяющие оболочку яйцеклетки. Акросома занимает около половины объёма головки и по своему размеру приблизительно равна ядру. Она лежит спереди от ядра и покрывает собой половину ядра (поэтому часто акросому сравнивают с шапочкой). При контакте с яйцеклеткой акросома выбрасывает свои ферменты наружу и растворяет небольшой участок оболочки яйцеклетки, благодаря чему образуется небольшой «проход» для проникновения сперматозоида.

Клеточный центр — центр организации микротрубочек, обеспечивает движение хвоста сперматозоида, а также предположительно участвует в сближении ядер зиготы и первом клеточном делении зиготы.

Через всю среднюю часть сперматозоида проходит цитоскелет жгутика, который состоит из микротрубочек. В средней части вокруг цитоскелета жгутика располагается митохондрия — состоящий из 28 митохондрий. Митохондрия имеет спиральную форму и как бы обвивает цитоскелет жгутика. Митохондрия выполняет функцию синтеза АТФ и тем самым обеспечивает движение жгутика.

Хвост, или жгутик, расположен за средней частью. Он тоньше средней части и значительно длиннее её. Хвост — орган движения сперматозоида. Его строение типично для клеточных жгутиков эукариот.

[wikipedia.org](http://wikipedia.org)

Наконец, на мембране расположены белки-рецепторы химического чувства:

## **Гормон беременности управляет сперматозоидами**

Биологи нашли молекулярный «навигатор», без которого сперматозоид не может оплодотворить яйцеклетку. Ученые рассказали Infox.ru, что попутно выяснили, почему гипертоники становятся бесплодными, и наткнулись на противозачаточное нового поколения.

Сперматозоид — это клетка с неполным (гаплоидным) набором хромосом. Понятно, что при оплодотворении она не думает, куда идти и как быстро «вилять» хвостом. Однако поведение мужских половых клеток выглядит вполне осознанным: сперматозоиды «выбирают» одну из двух маточных (фаллопиевых) труб и, обгоняя друг друга, устремляются к яйцеклетке, «прогрызая» защитные барьеры женской гаметы.

Получается, что на клеточном и молекулярном уровне сперматозоид должен быть не только здоровым, расторопным и в меру эгоистичным. Мужская половая клетка должна уметь «ориентироваться на местности» и передвигаться целенаправленно -- к яйцеклетке,

которая, высвободившись из яичника, перемещается в маточную трубу. Более того, сперматозоид просто обязан обладать недюжинной силой: «Яйцеклетка отделяется от яичника с «куском» половой железы (кумулюсными клетками), -- пояснила корреспонденту Infox.ru Полина Лишко (Polina V. Lishko), автор нового исследования, раскрывающего тайны навигации сперматозоидов. – Половой клетке приходится пробираться не только через защитную оболочку (zona pellucida), но и через целую «крепость» клеток яичника».

### Гормон всемогущий

Уроженцы России и Украины Полина Лишко (Polina V. Lishko), Инна Бочкина (Inna L. Botchkina) и Юрий Киричок (Yuriy Kirichok), работающие в Университете Калифорнии в Сан-Франциско (University of California San Francisco), описали особенности навигационной молекулярной системы, без которой сперматозоиды могут заблудиться или обессилеть и не преодолеть систему защитных барьеров яйцеклетки.

Полина Лишко рассказала корреспонденту Infox.ru, что поведение сперматозоидов во многом зависит от гормона беременности (прогестерона), который вырабатывают яичники и кумулюсные клетки-спутницы. Известно, что прогестерон имплантирует зиготу, следит за генетической стабильностью и подготавливает матку к вынашиванию плода. А за прошедшее десятилетие биологи выяснили, что воздействуя на кальциевые каналы гормон еще и активизирует сперматозоиды, помогая им «ориентироваться на местности» и пробираться внутрь женской гаметы. Однако специалисты по клеточной и молекулярной биологии не знали, с помощью каких молекул гормон беременности помогает сперматозоидам.

### Молекулярная навигация

Полина Лишко и ее коллеги обратили внимание на специфичный и недостаточно изученный порообразующий белок (ионный канал CatSper), который пронизывает мембрану сперматозоидного жгутика. Похожие белки -- это своеобразные «бублики», которые формируют дырку (пору) в клеточной мембране. Они присутствуют в каждой клетке. И одну из подобных молекул человек уже использует в качестве ДНК-томографа.

Но сам CatSper – уникальный и неповторимый: «CatSper – довольно сложная молекула, изученная на примере мышинных сперматозоидов. Работа молекулы CatSper зависит от внутриклеточного показателя pH (кислотности): как только понижается концентрация ионов водорода ( $H^+$ ) внутри хвоста сперматозоида, канал CatSper активируется и впускает кальций ( $Ca^{2+}$ ). Эта реакция запускает асимметричное биение хвоста, за счет чего сперматозоид делает повороты и «вворачивается» в яйцеклетку, -- рассказала корреспонденту Infox.ru Полина Лишко. – Неравномерное биение хвоста спровоцировано кальциевой блокадой моторного белка, который обеспечивает хвост сперматозоида энергией АТФ».

Ранее ученые выяснили, что в человеческих сперматозоидах работают дополнительные, не характерные для мышей механизмы. И изучить эти молекулярные особенности можно только на человеческих половых клетках: «В других клетках есть его что-то очень похожее (аналогичные кальциевые каналы), но не такое же. А заставить какую-нибудь клетку экспрессировать CatSper невозможно», -- продолжила Полина Лишко.

Биологи объясняют, что CatSper прокачивает через мембрану хвоста  $Cs^+$ ,  $Na^+$  и  $Ca^{2+}$ . Из-за ионного тока в некоторых частях клеточной оболочки изменяется потенциал –

происходит электрический разряд. Прокачивая ионы через мембрану жгутика, CatSper провоцирует и увеличение концентрации кальция в головной части сперматозоида. Дополнительные ионы кальция «заставляют» сперматозоид высвободить содержимое пузырька «мордовой» части – акросомы. Содержимое акросомы и «переваривает» защитную оболочку (zona pellucida) -- мужская гамета проникает в яйцеклетку.

Так как активация белка CatSper оказывает на «поведение» сперматозоида такие же эффекты, как и прогестерон, ученые предположили, что гормон действует посредством ионного канала CatSper. В эксперименте со сперматозоидами человека биологи выяснили, что прогестерон действительно активизирует CatSper. Причем, наномолярных концентраций прогестерона достаточно, чтобы у мужской половой клетки задержался хвостик и высвободились «едкое» содержимое акросомы.

Команда Полины Лишко успешно испытала фармакологический препарат, который блокирует кальциевые каналы: CatSper «сломался» и сперматозоид не смог проникнуть в яйцеклетку. Правда, руководитель исследования отмечает, что кальциевыми блокаторами предохраняться не стоит: «Известно, что люди, которые лечат гипертонию блокаторами кальция (нифедипины, например), утрачивают фертильность. И иногда безвозвратно. Учитывая, что пора CatSper похожа и на кальциевые каналы сердечной мышцы, становится понятно, что причиной бесплодия мужчин-гипертоников могут быть блокаторы кальциевых каналов, которые «закупоривают» в том числе и CatSper. Сперматозоиды со «сломанным» ионным каналом лишаются «нюха» и «навигации», -- пояснила результаты эксперимента Полина Лишко.

«Мы хотим найти вещество, которое будет не блокировать канал, а предотвращать связывание прогестерона с CatSper. Именно эта молекула и станет контрацептивом нового поколения», -- продолжила Полина Лишко, пояснив, что противозачаточные свойства блокаторов кальция были задокументированы ранее.

Infox.ru следит за успехами Полины Лишко и ее коллег, чья статья «Progesterone activates the principal Ca<sup>2+</sup> channel of human sperm» появилась на этой неделе в Nature.

Алла Солодова/Infox.ru

**Движение** живчика в жидкости совершается при помощи змеевидных сокращений хвостика, подобных плавательным движениям некоторых рыб; плавают живчики головкой вперед, причем при поступательном движении происходит и вращательное, вокруг продольной оси, то в одну, то в другую сторону. Скорость поступательных движений живчика (позвоночных) не превышает 2-3 мм в минуту. После смерти животного живчики, заключающиеся в яйчке или в выводном канале его, сохраняют свои движения в продолжение 1-2 суток. Равным образом и после извержения своего из организма живчики сохраняют свою жизнеспособность, т. е. способность к движениям и оплодотворительную силу в некоторых случаях чрезвычайно долгое время. В человеческом семени движения живчика продолжаются часов 16-20; в женских же половых органах, при нормальном их состоянии, движения живчиков сохраняются 7-8 дней. Куры могут снести оплодотворенные яйца через 18 дней после разлучения с петухом. У летучих мышей семя сохраняется в матке самки в течение целой зимы. Наконец, в семяприемнике пчелиной матки живчики сохраняются живыми целые годы.

Наряду с этим живчики обладают также значительной способностью противостоять внешним влияниям, далеко превосходя в этом отношении яйцевые клетки, которые легко повреждаются и отмирают. Так, понижение температуры семени до 0° прекращает

движение Ж., но если затем семя вновь отогреть, то даже после шестидневного пребывания при нулевой температуре движение живчиков возобновляется. Даже если семя заморозить и охладить до  $-15^{\circ}\text{C}$ ., то, когда оно оттаёт, живчики вновь начинают двигаться. Всего лучше движения живчиков происходят при  $+35^{\circ}\text{C}$ .; они прекращаются у теплокровных животных при  $+50^{\circ}\text{C}$ ., у холоднокровных — при  $+43^{\circ}$ . Наркотические вещества, даже в сильной концентрации, хотя и останавливают движение Ж., но не убивают их — так как движения возобновляются после удаления вредного деятеля. Щелочные растворы, сильно разбавленные, возбуждают движение Ж., кислоты же (и кислые жидкости организма), и сильно разбавленные, прекращают движение и убивают Ж. Дистиллированная вода быстро прекращает движение( Почему? \_\_\_\_\_);  
но, если прибавить раствора какой-нибудь средней соли или раствора сахара, белка и т. п. — движение восстанавливается.

И после своей смерти Живчики долго противостоят разрушению; концентрированная серная и азотная кислоты окрашивают их желтоватым цветом, но не разрушают даже в течение 24 часов, растворы щелочей разрушают их лишь при нагревании. В гнилой моче Живчики были находимы через три месяца.

В. Фаусек. «Учебник анатомии и физиологии человека» 1904 г

### **Смысл оплодотворения.**

В теле человека содержится много миллиардов клеток. Каким же образом из крошечных половых клеток образуется большое тело? Как из яйца и живчика образуется сложный организм человека или животного?

Образование, рост сложного организма начинаются только после того, как яйцо и живчик соединятся между собой. Как же происходит это соединение?

Известно, что самки некоторых животных, как, например, рыб, лягушек и других, откладывают свои яйца в воду или в ил. Сюда же выбрасывают самцы свои живчики. Яйца и живчики встречаются и соединяются. В других случаях самки не выделяют яйца наружу (так бывает у зверей, а также у человека), и соединение живчика с яйцом происходит внутри тела самки.

На рисунке 16 показано, как соединяется яйцо с живчиком. В яйцо обыкновенно входит только передняя часть живчика — его головка, то есть само ядро, хвостик же отваливается и в яйцо не проникает. Головка живчика, несущая ядро, постепенно продвигается к ядру яйца и в конце концов сливается с ним.

Соединившись с живчиком, яйцо некоторое время внешне остаётся таким же, как и прежде. На самом же деле оно сильно изменяется. (Как? Что в это время происходит с ядрами внутри? \_\_\_\_\_)

Вскоре яйцо начинает делиться на две части: из одной яйцевой клетки образуются две. Обе эти клетки, однако, не расходятся; они как бы склеены друг с другом. Каждая из этих клеток дробится опять на две. В результате образуются уже четыре соединённых друг с другом клетки. Каждая из четырёх клеток дробится далее: получается восемь. Из восьми клеток образуется 16 клеток и так далее; так начинает расти новое тело. (Все его клетки хранят такую же последовательность нуклеотидов, как и \_\_\_\_\_).

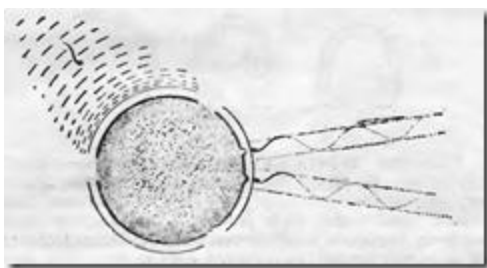


Рис. 16. Оплодотворение. На этой схеме справа показаны два живчика, которые прикоснулись к поверхности яйца—из них в яйцо проникнет только один живчик, а другой останется «за бортом». Слева виден «запоздавший» живчик.

По Ю.А.Филипченко«Доступная биология» 1923 г.

Энциклопедический словарь Ф.А. Брокгауза и И.А. Ефрона