

# СТРОЕНИЕ И РАЗВИТИЕ МУЖСКИХ ПОЛОВОЙХ КЛЕТОК

*лекция 1*



# Первичные половые клетки

Закладка половых клеток происходит на ранних этапах эмбриогенеза экстрагонадно. С момента отделения от линии соматических клеток и до вселения в гонаду это **первичные половые клетки** (ППК). Мужские и женские ППК неотличимы. Различия в их строении становятся заметными лишь при дифференцировке половой железы.

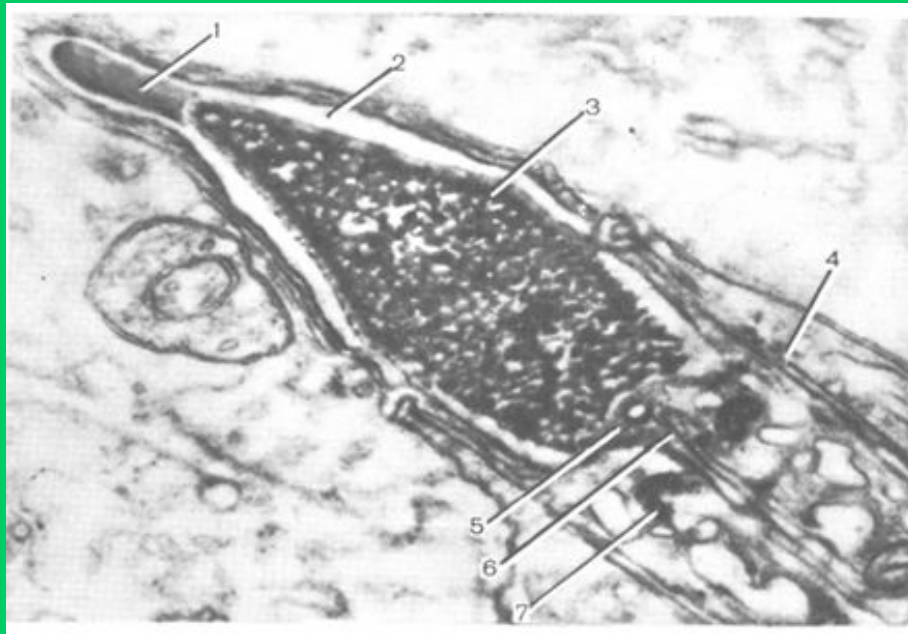
## Отличия половых клеток от соматических:

- **гаплоидный набор хромосом**;
- **тотипотентность** (способность формировать любые (все) органы и ткани организма);
- **изменённое ядерно-плазменное отношение**: пониженное у яйцеклеток (объём цитоплазмы увеличен вследствие накопления питательных веществ) и высокое у сперматозоидов (из-за малого количества цитоплазмы);
- **различный уровень метаболизма**: яйцеклетка находится в состоянии депрессии, а у сперматозоидов нормальный метаболизм и вовсе исключается;
- **высокая степень специализации** (жгутик, оболочки яйцеклеток);
- **отсутствие способности к неиндуцированному митозу**.

# Строение спермия:

- **гаплоидное ядро** – содержит генетический материал;
- **двигательная система** – перемещение спермия;
- **акросома** – используется при оплодотворении.

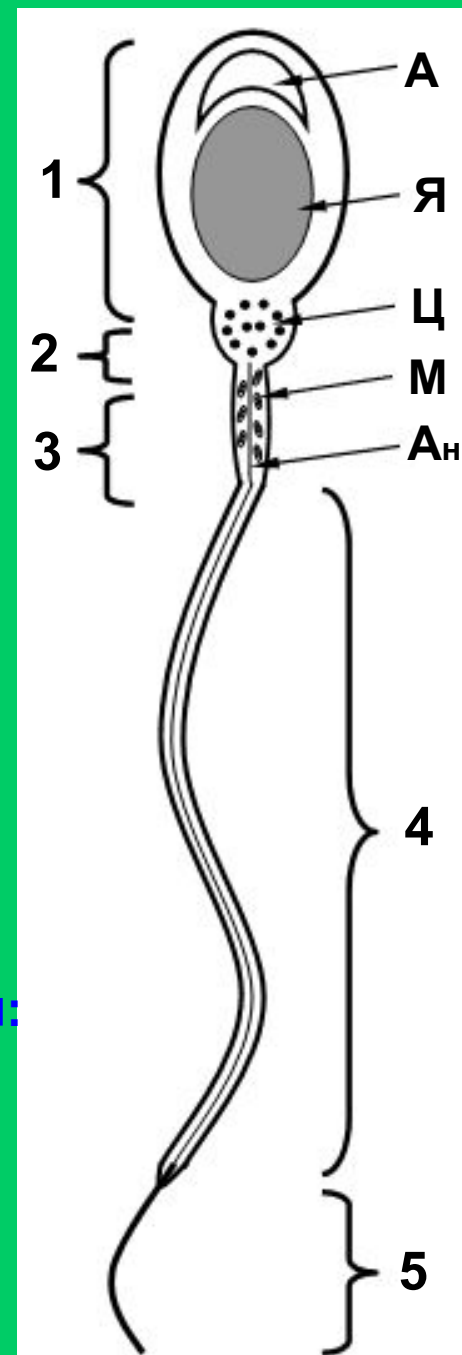
Ферменты акросомы: **гиалуронидаза** (растворяет блестящую оболочку яйцеклетки) и **трипсин** (нарушает целостность фолликулярной оболочки).



1 – акросома; 2 – головной колпачок; 3 – ядро;  
4 – цитоплазма; 5 – проксимальная центриоль;  
6 – осевые нити; 7 – дистальная центриоль

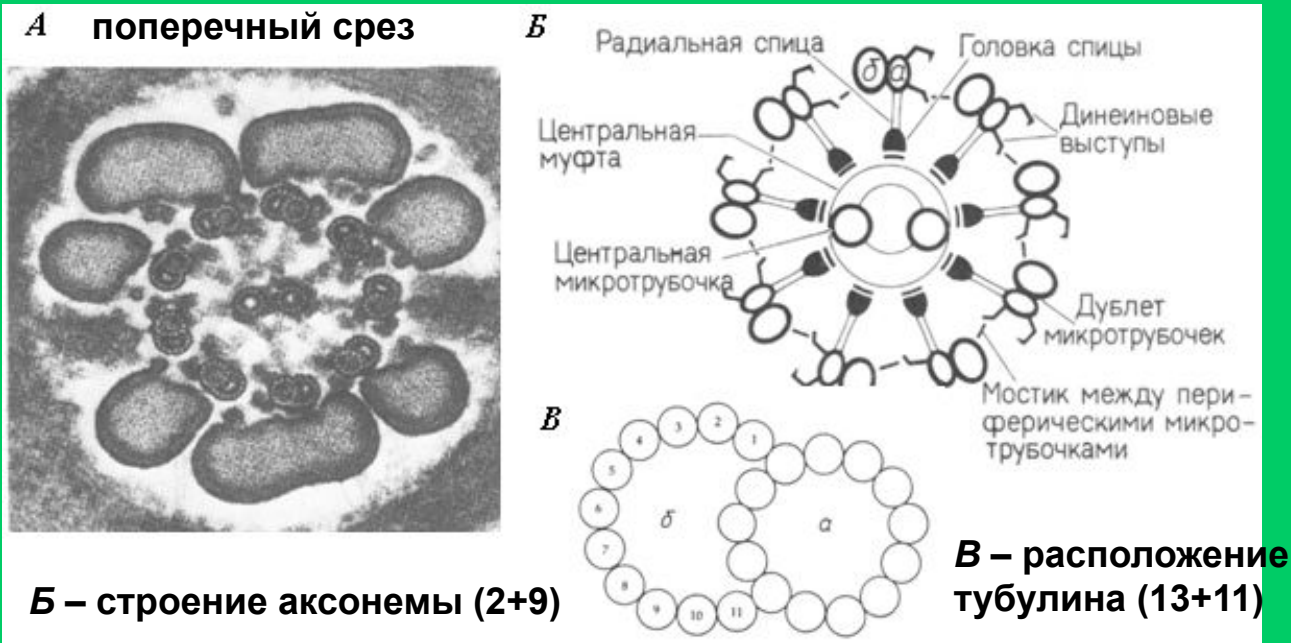
## Части спермия:

- **головка:** акросома (А), ядро (Я)
- **шейка:** центриоли (Ц)
- **промежуточный отдел:** митохондрии (М)
- **ХВОСТ (главный, 4, и концевой, 5, отделы):** аксонема (Ан) и дуплеты микротрубочек.



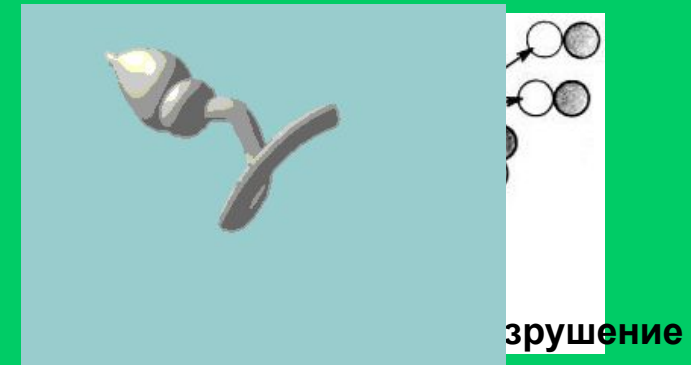
# Строение жгутика спермия:

- **аксонема** – двигательная основа. Начинается от дистальной центриоли. 2 центральные и 9 пар периферических фибрилл, связанных спицами;
- **митохондриальная спираль** – 12–15 витков митохондрий;



## Белки аксонемы:

- **тубулин** – образует микротрубочки;
- **динеин** – АТФ-аза.



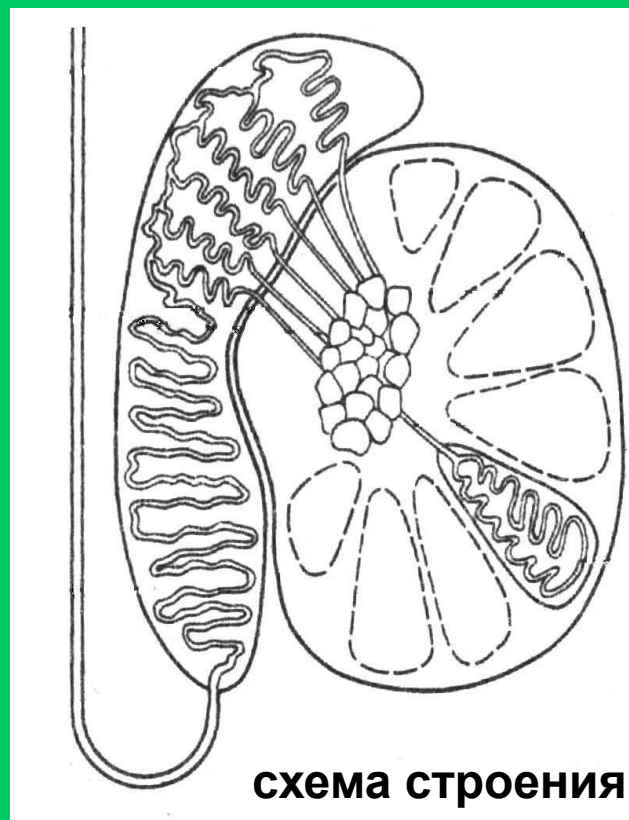
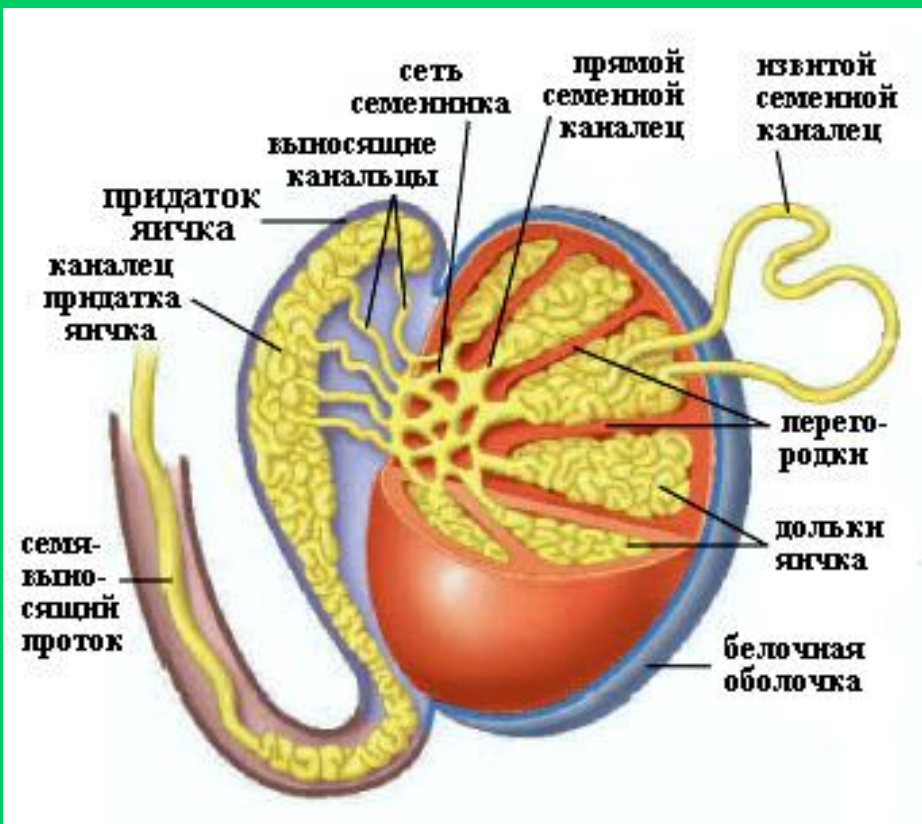
Отсутствие динеина (**синдром Картедженера**): стерильность мужских особей, подверженность респираторным инфекциям, 50 % вероятность *situs inversus totalis*.

Скорость движения 2–5 мм/мин. **Реотаксис** – движение против тока секрета. Направление движения: вперед вверх или вниз, вращение вокруг собственной оси.



# Строение семенников:

**Семенник** – парный дольчатый орган, который разделен на дольки (250-300 в каждом) за счет ответвлений, отходящих от белковой оболочки семенников. В каждой долке 3–4 **извитых канальца** (50 см в длину и 200 мкм в диаметре) в которых происходит сперматогенез.



Сперматогенез человека - 70 дн.

На 1 г веса яичка образуется 107 спермиев в сутки.

Длительность жизни спермия половых путей женщины 1–3 дня .

**Путь семенной жидкости:** извитые семенные канальцы – прямые семенные канальцы – сеть семенника – 10–20 выносящих канальцев – выносящий каналец придатка – семявыносящий проток – мочеиспускательный канал.



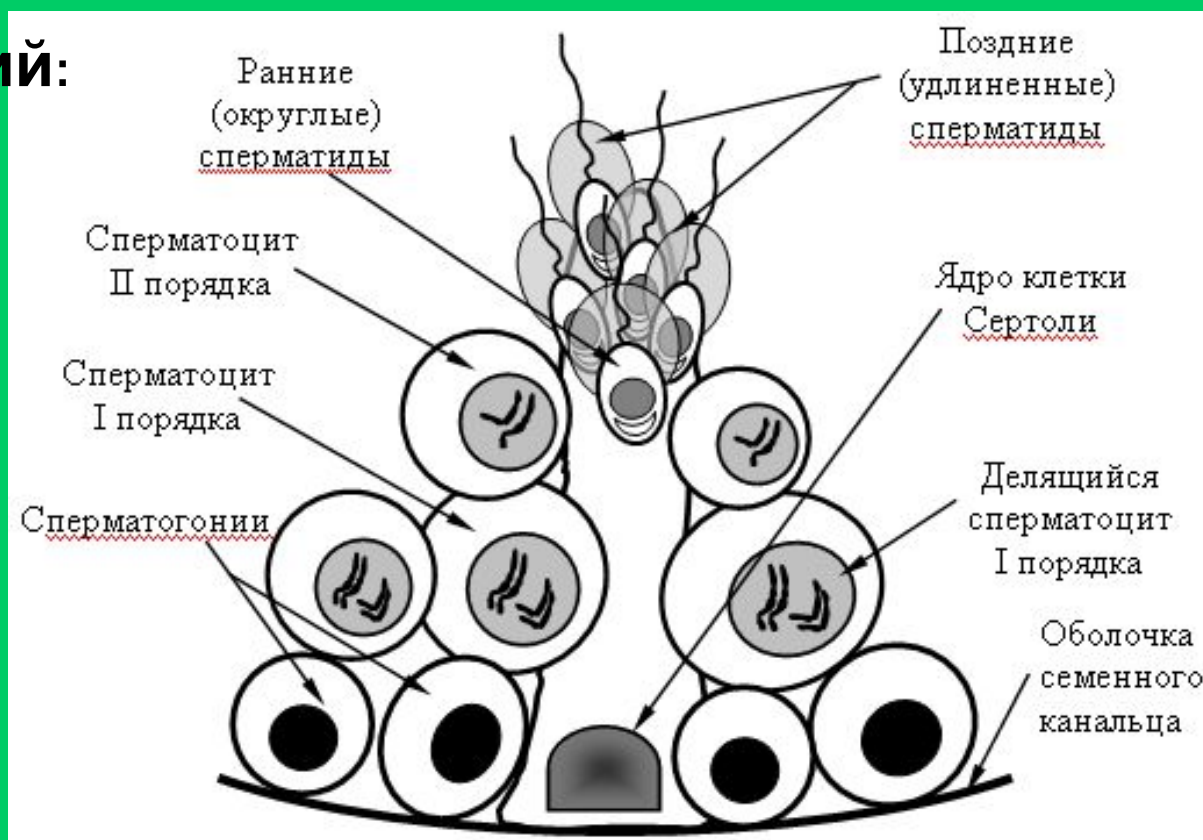
# Строение извитого семенного канальца (1):

- **интерстициальное пространство** – вырабатывающие *тестостерон* клетки Лейдига, кровеносные и лимфатические сосуды, нервные волокна.
- **соединительно-тканная основа**;
- **слой клеток Сертоли** – опора, питание, упорядочение. Не пролиферируют, формируют гемато-тестикулярный барьер, продуцируют антимюллеровский гормон
- **половые клетки (сперматогенный эпителий)**.

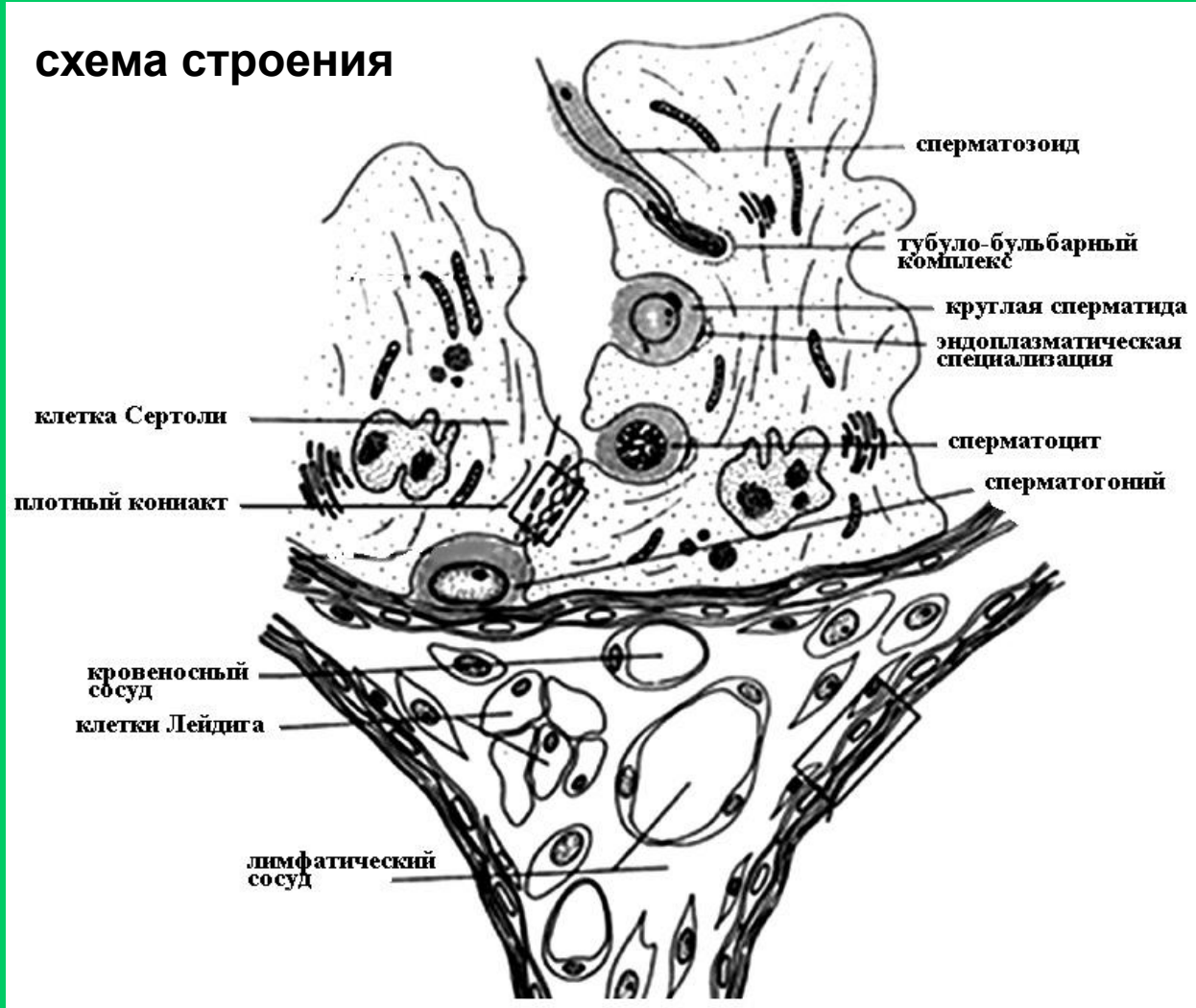
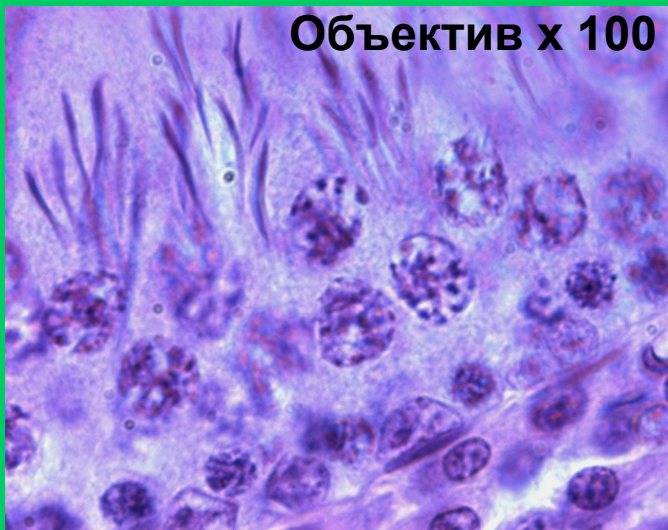
## Сперматогенный эпителий:

- **сперматогонии**
- **сперматоциты I порядка**
- **сперматоциты II порядка**
- **сперматиды**
- **сперматозоиды**

При сперматогониальных делениях цитогенез не доходит до конца и формируется **синцитий**. Клетки сообщаются посредством цитоплазматических мостиков (**фузом**).



# Строение извитого семенного канальца (2):



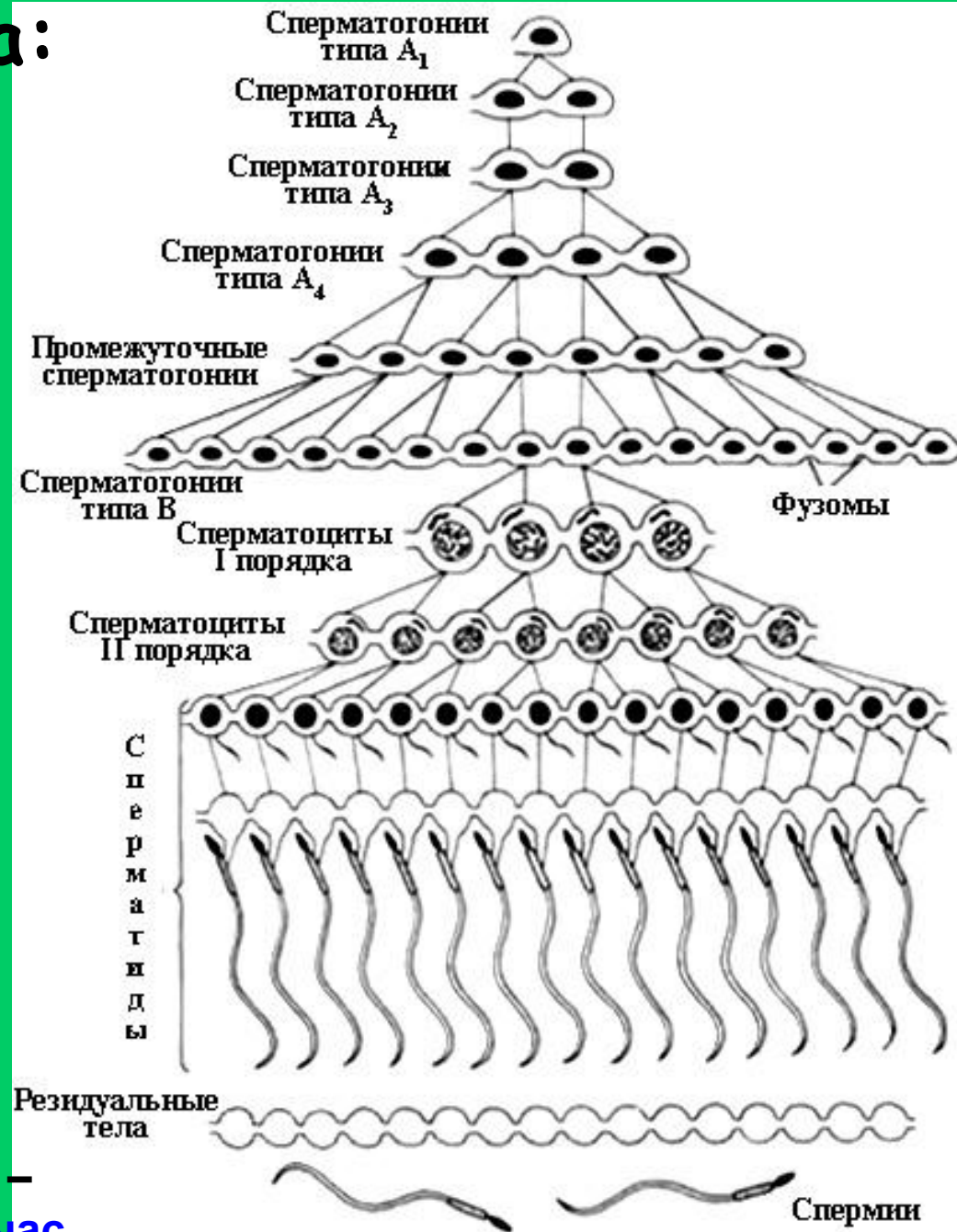
Представлена схема строения извитого семенного канальца человека и микропрепарат извитого семенного канальца крысы (разные увеличения).



# Стадии сперматогенеза:

- **Стадия размножения.** Деление ППК и образование сперматогониев  $A_1$  (стволовая клетка). Самопроизводство  $A_1$  и образование сперматогониев  $A_2$ , затем  $A_3$ ,  $A_4$  и промежуточных сперматогониев, митоз которых приводит к образованию сперматогониев В.
- **Стадия роста.** Профаза мейоза в сперматоците I порядка.
- **Стадия созревания.** Два последовательных деления мейоза. В результате первого деления из сперматоцита I порядка образуются 2 сперматоцита II порядка. Из них в результате второго деления образуются 4 сперматиды.
- **Стадия формирования.** Сперматиды преобразуются в сперматозоиды (спермиогенез).

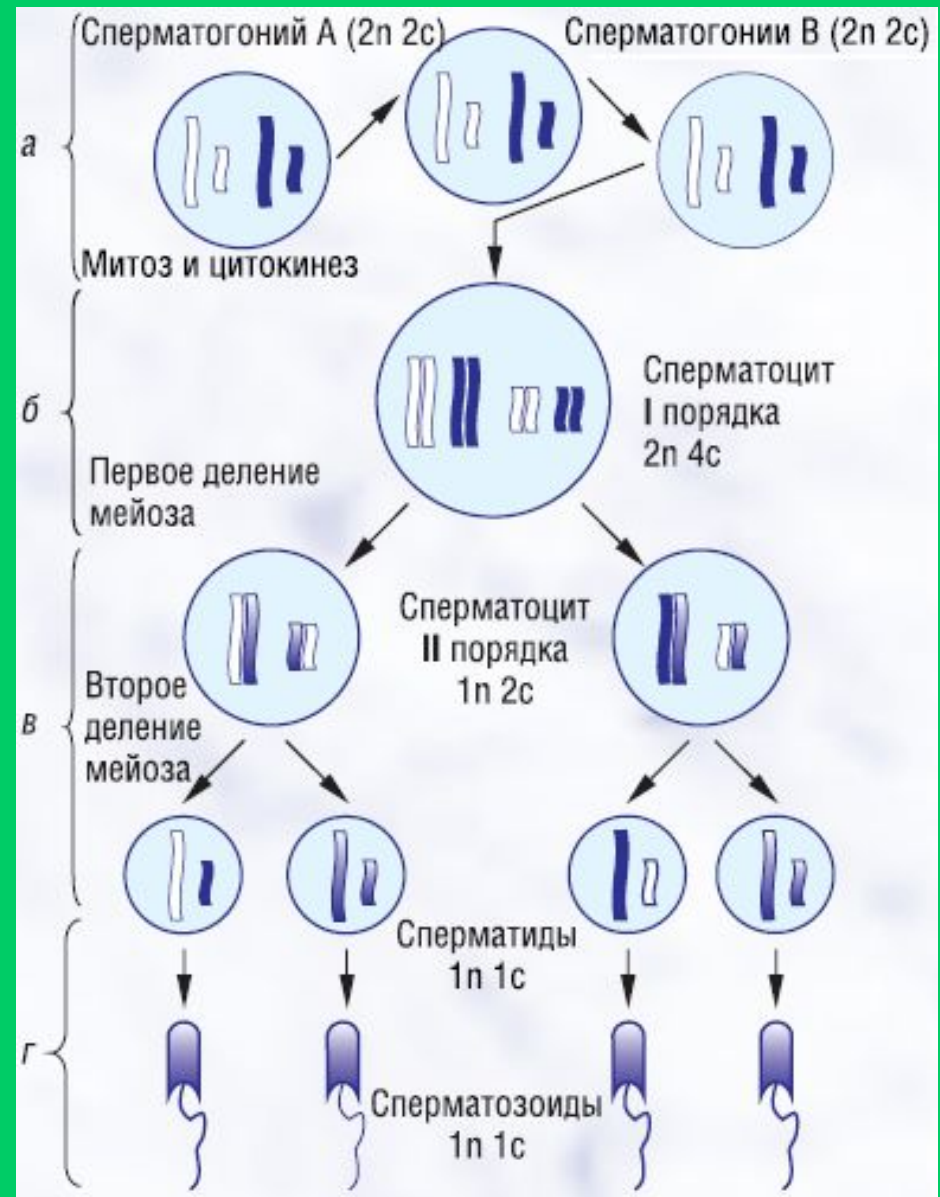
Длительность сперматогенеза человека – 74 дня. Скорость образования: 100 млн/час





# Генетическая схема сперматогенеза:

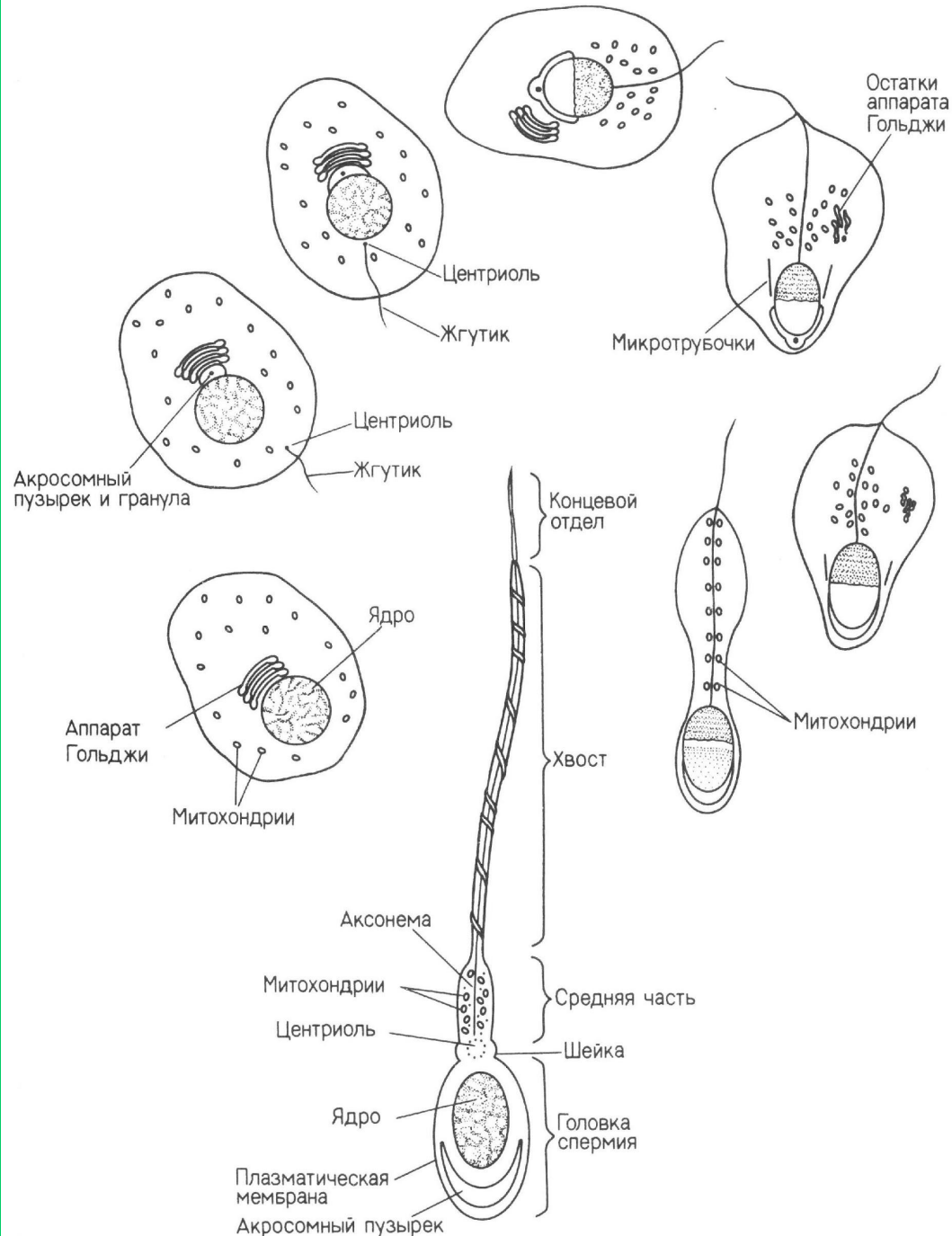
- **Стадия размножения.** Сперматогониальные митотические деления. Их число невелико (1–14) и генетически детерминировано.
- **Стадия роста.** Сперматоциты растут, в ядрах идет редупликация ДНК, образуются тетрады хромосом.
- **Стадия созревания.** В сперматоцитах I порядка диплоидное число хромосом, в сперматиде – гаплоидное. При оплодотворении происходит соединение ядерного материала мужской и женской половых клеток. Зигота несёт диплоидный набор хромосом.
- **Стадия формирования.** В ходе спермиогенеза не происходит количественного изменения числа хромосом или ДНК.



**А** – стадия размножения; **Б** – стадия роста; **В** – стадия созревания; **Г** – стадия формирования

# Стадия формирования

- **Ядро** уплотняется, хроматин конденсируется и становится генетически инертным.
- Перемещение органелл клетки: **аппарат Гольджи** уплотняется, прижимается к ядру и формирует акросому. **Центриоли** смещаются на противоположный от неё полюс, располагаясь одна ближе к ядру, другая дальше.
- Из дистальной к ядру центриоли начинает расти **жгутик**. Вокруг основания жгутика в виде спиралей располагаются митохондрии. Проксимальная центриоль участвует в формировании веретена первого деления дробления.
- **Цитоплазма** отторгается, зрелый сперматозоид практически ее лишен.



# Нейрогуморальная регуляция сперматогенеза

- **Гипоталамус:** гонадотропин (гонадотропин-рилизинг-гормон). Декапептид.
- **Гипофиз:** лютеинизирующий (лютропин, ЛГ) и фолликулостимулирующий (фоллитропин, ФСГ) гормоны. Оба – гликопротеины.
- **клетки Лейдига:** андрогены (тестостерон, 4-10 мг/день), эстрогены (17  $\beta$ -эстрадиол). Стероидные гормоны.
- **клетки Сертоли:** 5  $\alpha$ -дигидротестостерон, 17  $\beta$ -эстрадиол (оба стероиды), андрогеновый рецептор, андроген-связывающий белок, ингибины, активины, антимюллеровский гормон, окситоцин (все – пептиды).

**Семенная жидкость** содержит фруктозу, простагландины, фибриноген (питание гамет и коагуляция спермы), даёт щелочную реакцию, обеспечивающую подвижность спермиев. Образуется в семенных пузырьках, простате, бульбо-уретальных железах под действием тестостерона.





# Дополнительная литература по теме:

- **Физиология человека.** В 3-х томах. Т. 3. Под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М., 1996. С. 823–833.
- **Johnson M.H., Everitt B.J. Essential reproduction.** Blackwell Science, 1995. P. 45–59.
- **Walker W.A. Non-classical actions of testosterone and spermatogenesis** // Phil. Trans. R. Soc. B. 2010. Vol. 365. № 1546. P. 1557–1569.
- **Sharpe R.M. Regulation of spermatogenesis.** In: The physiology of reproduction. Eds E. Knobil, J.D. Neill. 1994. New York, NY: Raven Press. P. 1363–1434.
- **The biology and regulation of spermatogenesis.** Theme Issue. Compiled and edited by C. Yan Cheng and Dolores D. Mruk. // Phil. Trans. R. Soc. B. 2010. Vol. 365. № 1546.