

С. Л. ФРОЛОВА

РОЛЬ СТРУКТУРЫ ЯДРА В ОПРЕДЕЛЕНИИ ФОРМЫ ГОЛОВОК СПЕРМИЕВ У ЖИВОТНЫХ

(Представлено академиком Н. Н. Анциковым 19 IV 1951)

Спермии животных в функциональном отношении чрезвычайно специализированные клетки; этим и объясняются различия в их строении у отдельных групп животных. В многочисленных работах по спермиогенезу у животных изучались постепенные изменения цитоплазмических компонентов сперматиды (центриолей, хондриосом, аппарата Гольджи), ядро же почти не затрагивалось⁽¹⁾. Известно лишь, что оно образует большую часть головки спермия и интенсивно окрашивается ядерными красками. Форма головок чрезвычайно разнообразна, являясь постоянной для данного вида. Какие же элементы клетки определяют форму головки? Приписывать исключительную роль в определении формы головки наружным спиральям, окружающим ядро, возможно было⁽²⁾, когда ядро спермия рассматривалось как капля жидкого хроматина. Подобная точка зрения на структуру ядра большинством ученых в настоящее время не разделяется; в литературе имеются высказывания, что в определении формы головки спермия ядро также должно играть роль. На этом основании в настоящей работе обращено внимание как на развитие наружной спирали, окружающей ядро головки спермия, так и на изменения в структуре ядра сперматиды при ее превращении в ядро головки готового спермия.

Исследование было начато нами со спермиев с удлинненными и нитевидными головками. Наиболее удачными объектами оказались среди насекомых комар *Choaborus plumicornis* (*Corethra plumicornis*) и среди амфибий — аксолотль.

В сперматиде *Choaborus* аксиальная нить окружается большим количеством цитоплазмы и, когда сперматида уже сильно удлинена, ядро остается еще округлым. В нем ясно видны три двуплечих хромосомы; они расщеплены и обнаруживают хромомерное строение (см. рис. 1, а). Хромосомы лежат таким образом, что при вытягивании ядра оказываются расположенными последовательно друг за другом (см. рис. 1, б). Затем они становятся длиннее и тоньше, сильно изгибаются и своими концами могут заходить одна за другую*. В это время они начинают спирализоваться; каждая образует 1,5—2 оборота, так что в ядре наблюдается первоначально лишь несколько крупных витков (см. рис. 1, в). При дальнейшем удлинении ядра и уменьшении его диаметра количество оборотов значительно возрастает (см. рис. 2).

* Сходное описание этих стадий в работе Вольфа у мухи *Dicranomia trinotata* Meig. (4).

На ацето-карминовых препаратах хромомерное строение незаметно, но оно очень хорошо видно на срезовом материале после фиксации жидкостями Санфеличе, Мевес и Шампи; двойственность хромосом, которая ясно была видна в округлом ядре, здесь удается обнаружить чрезвычайно редко. Описанная структура ядер наблюдается и на живом мате-

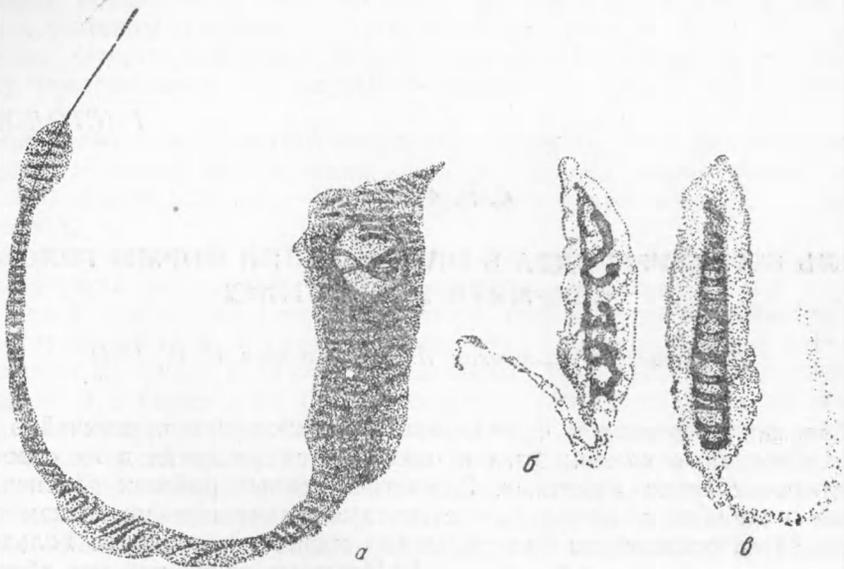


Рис. 1. *Choaborus plumicornis*. *a* — сперматиды; в ядре три расщепленные хромосомы; *б* — сперматиды (передняя часть); три хромосомы расположены одна за другой; *в* — сперматиды (передняя часть); спирализация хромосом. Ацетокармин. Рисунки по микрофотографиям

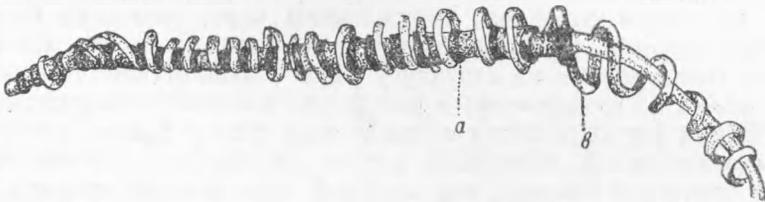


Рис. 2. *Choaborus plumicornis*. Передний конец спермия. *a* — обороты ядерной спирали; *б* — наружная спираль, переходящая с головки на шейку. Ацетокармин. Рисунок по микрофотографии

риале при фазово-контрастной установке, что ясно доказывает, что она не является артефактом фиксации.

В цитоплазме сперматиды, окружающей ядро и в особенности аксиальную нить, хондриосомы располагаются рядами, образуя в дальнейшем спирали (см. рис. 1, *a*). В части, окружающей ядро, можно установить соотношение между витками этой спирали, возникшей в цитоплазме, и внутренней ядерной. Наружная спираль переходит непосредственно с головки на шейку (непрерывная нить) (см. рис. 2). Она окрашивается кислым фуксином в красный цвет и видна на готовом спермии при окраске по Бионди, но головка так тонка, что структуру в ядре обнаружить невозможно.

У тутового шелкопряда *Bombyx mori* головки готовых спермиев еще тоньше, чем у *Choaborus*; однако в семенниках, наряду с обычными очень мелкими сперматидами, встречаются отделы с очень крупными сперматидами. В их ядрах удается обнаружить расположение хромосом по спирали (см. рис. 3).

У аксолотля очень крупные сперматиды; поэтому они являются удобным объектом для изучения спермиогенеза, несмотря на значительное число хромосом (14) и на их большую длину.

В округлом ядре сперматиды аксолотля наблюдаются очень длинные хромомерные нити, в расположении которых не видно какого-либо порядка. Они располагаются правильными рядами при начале удлине-

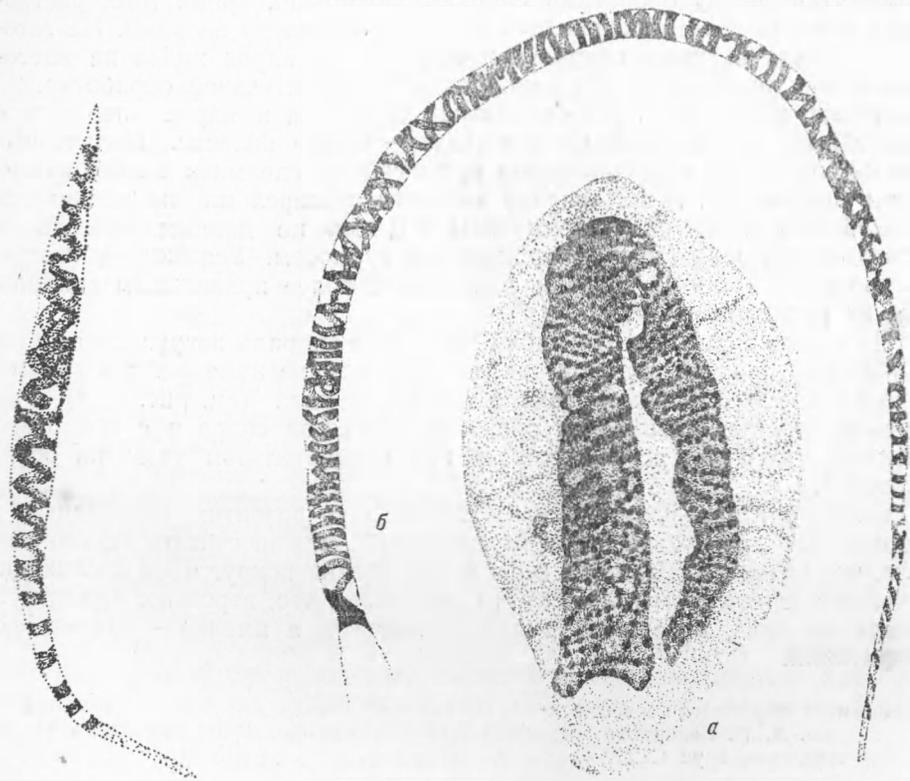


Рис. 3. *Bombus mori*. Ядро сперматиды. Ацетокармин. Рисунок по микрофотографии

Рис. 4. Аксолотль. *a* — сперматида. Ацетокармин. *б* — ядро почти готового спермия. Окраска по Фельгену. Рисунок по микрофотографии

ния ядра. Клетки в это время остаются округлыми и ядра перегибаются подковообразно (см. рис. 4, *a*). В дальнейшем ядра выпрямляются и постепенно удлиняются. О том, что расположение хромосом в ядре в это время спиральное, говорят поперечные разрезы; они представляют собой хромомерные кольца, причем одна сторона кольца лежит всегда на разрезе несколько выше другой. По мере удлинения ядра поперечник его уменьшается, спирально закручивающиеся нити теряют хромомерную структуру, парность в их расположении исчезает. В ядрах, достигших почти окончательного размера (почти готовый спермий), местами ясно видна спирально извитая нить, иногда две нити, идущие в одном направлении. В некоторых местах видны концы нити (см. рис. 4, *б*). Все это говорит о том, что спирально извитые хромосомы располагаются в ядре спермия последовательно одна за другой, местами заходя друг за друга, но не соединяясь в одну непрерывную нить. На рис. 4, *б* ядро достигло окончательной длины; оно в дальнейшем не удлиняется, а лишь становится тоньше, структура в нем — менее отчетливой; наконец, оно все начинает окрашиваться равномерно. Эти изменения, вероятно, объясняются дегидратацией и, следовательно, более плотным соприкосновением витков хромосом.

По литературным данным, нуклеаза не отщепляет тимонуклеиновой кислоты в ядре готового спермия. Однако при окраске по Фельгену готовых спермиев тритона после воздействия на них селезеночного сока (смесь нуклеаз) во многих ядрах удалось обнаружить очень плотно расположенные обороты ядерной спирали. Видимо, происходит частичное отщепление молекул тимонуклеиновой кислоты, почему и увеличиваются промежутки между оборотами спирали. Возможно, кроме того, растворение кариоплазмы, заполняющей промежутки между витками. На готовых спермиях лягушки спиральная структура в ядрах видна на ацетокарминовых препаратах без какой-либо предварительной обработки.

Все это показывает, что спиральная структура в ядрах спермиев с удлинёнными и нитевидными головками — общее явление. Полученные данные совпадают с результатами при изучении спермиев в поляризационном микроскопе, где появление двойного лучепреломления начинается с такой стадии развития сперматиды (³), где, по данным настоящего исследования, начинается спирализация хромосом. Усиление анизотропии по мере развития головки совпадает с более правильным спиральным их расположением.

На готовых спермиях амфибий наружная спираль вокруг ядра обнаруживается при разных окрасках. Ее образование намечается в сперматиде аксолотля при самом начале удлинения ядра (см. рис. 4, *a*). Уже здесь начинается совпадение оборотов наружной спирали с оборотами ядерной, что очень ясно выражено при окончательном развитии обеих спиралей.

Подводя итоги настоящему исследованию развития нитевидных и удлинённых головок спермиев из сперматид, можно считать установленным, что развитие спирали в ядре и цитоплазме вокруг ядра происходит в связи с удлинением головки. Это указывает, что, вероятно, существует общая причина, вызывающая данное явление, а именно — видимо, дегидратация.

Институт морфологии животных
им. А. Н. Северцова
Академии наук СССР

Поступило
20 I 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ G. Geibler, Zs. f. wissenschaft. Zool., 156, H. 2 (1944). ² N. K. Koltzoff, Arch. f. Zellf., 11 (1908). ³ Patti, Zs. f. Zellf., 16 (1932). ⁴ E. Wolf, Chromosoma, 1, H. 3 (1939).