

Е. А. БАБУРИНА

МУСКУЛЬНЫЕ КЛЕТКИ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ (LUMBRICIDAE)

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 2 III 1950)

Мускульная ткань и мускульная клетка беспозвоночных еще недостаточно исследованы. При сравнительно-гистологическом изучении мускулатуры дождевые черви заслуживают внимания не только вследствие того, что составляют группу животных со своеобразными экологическими особенностями, благодаря которым они играют значительную роль в формировании почвенного слоя⁽¹⁾, но и потому, что их мускулатура мощно развита как в стенке тела, так и в различных органах (включая оболочку нервного тяжа). С функциональной стороны мускулатура дождевых червей интересна тем, что выполняет большую работу при передвижении червей в почве. Различное значение в этой работе мускулатуры различных органов дало основание предположить также существование особенностей в строении их мускульных слоев и мускульных клеток. Установление связи между особенностями структуры и функции мускульной клетки может дать новые данные о функциональном значении некоторых ее структур.

Выводы авторов, изучавших мускулатуру стенки тела дождевых червей, противоречивы. Часть авторов считает, что мускулатура дождевых червей построена из клеток, в кольцевой мускулатуре сходных с мускульными клетками пиявок, а в продольной с клетками аскариды^(2, 3, 7). Другая группа исследователей принимает симпластическое строение мускулатуры дождевых червей^(4, 5). Внутри этой группы существуют разногласия в толковании взаимоотношения мускульного симпласта с соединительной тканью. Многие авторы указывали на присутствие в мускульных клетках Lumbricidae сократимой коры и зернистой сердцевины^(2, 3), но подробно эти два вида цитоплазмы не изучались. В мускулатуре различных внутренних органов описывалась форма и расположение мускульных клеток^(6, 9-11). В клетках кишечника, диссепиментов и кровеносных сосудов различали зернистую цитоплазму (саркоплазму) и фибриллы.

При изучении мускулатуры различных органов перед нами стояла задача выяснить: имеет ли она клеточное строение или представляет собой синцитий или симпласт; дифференцирована ли цитоплазма мускульных клеток на кино- и саркоплазму, как это известно для гладких мускульных клеток ряда других беспозвоночных⁽⁷⁾; каково строение фибрилл и каковы взаимоотношения между мускульными клетками и соединительной тканью, т. е. можем ли мы здесь говорить о миомах как о структурных единицах мускульной ткани⁽⁸⁾.

Объектами изучения служили *Lumbricus rubellus* Hoffm., *Allolobopora caliginosa* Sav. и *Eisenia foetida* Sav. Мускулатура изучалась в расщипанном виде, в мацерированном виде и в виде фиксированных

и окрашенных препаратов. Для фиксации применялись смеси Флемминга, Шампи, Ценкера; для окраски — железный гематоксилин, кислая ализариновая синька, азан, смесь Маллори. Применялись также методы окраски по Альтманну или по Секи, импрегнации Бельшовского — Мареш и осмирования Колачева — Насонова.

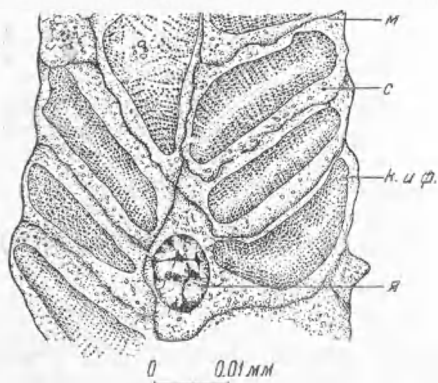


Рис. 1. Поперечный срез мускульных клеток продольной мускулатуры *Limbricus tubellus*. Часть миона, ближайшая к кольцевой мускулатуре. Флемминг, кислая ализариновая синька. к — киноплазма; с — саркоплазма; ф — фибриллы; я — ядро; м — миолемма

риллами каждого радиального ряда видны тонкие перемишки. Из разорванной иглами живой мускульной клетки фибриллы выступают как упругие нити. Гомогенная цитоплазма ведет себя при этом как вязкое вещество. При сокращении фибриллы остаются прямыми, что дает основание считать их, наряду с киноплазмой, сократимой структурой.

Зернистая цитоплазма окрашивается упомянутыми выше красками значительно слабее, чем гомогенная. Ядро округлое или эллипсоидной формы. Аппарат Гольджи расположен у полюсов ядра и имеет вид зерна или узелков, иногда связанных перемишками. Митохондрии очень крупны и округлой формы.

Гомогенная цитоплазма по своей способности окрашиваться примененными красками и по другим своим физическим свойствам вполне соответствует киноплазме гладких мускульных клеток, изученных Г. И. Роскиным; зернистая, ядросодержащая цитоплазма, несомненно, представляет собой саркоплазму.

Мускулатура и соединительная ткань всюду стоят в тесной структурной и функциональной связи. Мускульные клетки и соединительнотканевые фибриллы образуют мионы или комплексные мионы, строение которых в различных органах и мускульных слоях варьирует.

В мускулатуре стенки тела и различных внутренних органов представлены мускульные клетки, тонкие оболочки (миолеммы (?)) которых (а следовательно, и клеточные границы) отчетливо видны при всех примененных нами методах фиксации и окраски.

Во всех мускульных клетках червей можно различать цитоплазму гомогенную (содержащую фибриллы) и цитоплазму зернистую (содержащую ядро и органоиды). Гомогенная цитоплазма интенсивно окрашивается гематоксилином, азаном, кислой ализариновой синькой и двоякопреломляет в поляризованном свете. Фибриллы или округлые в поперечных срезах, образующие радиальные ряды (рис. 1), или широкие, лентовидные (рис. 2). Иногда на поперечных срезах между фиб-

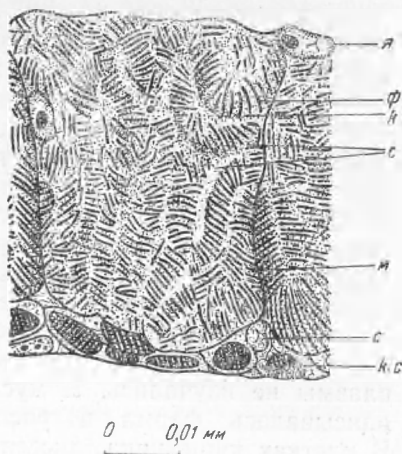


Рис. 2. Часть наружной и средней продольной мускулатуры мускульного желудка *Allolobophora caliginosa* в поперечном срезе. Спирт, кислая ализариновая синька. я — ядро; к — киноплазма, с — саркоплазма; к. с. — киноплазматический столбик в наружном слое; м — миолемма

Кольцевая мускулатура состоит из веретеновидных мускульных клеток, каждая из них окружена волокнами и основным веществом соединительной ткани, образуя вместе с ними мион.

Саркоплазма с ядром и органоидами расположена по оси каждой клетки и окружена со всех сторон киноплазмой.

Фибриллы расположены в киноплазме радиальными рядами. Во всех других мускульных слоях киноплазма с фибриллами образует осевой столбик, одетый снаружи саркоплазмой. Периферическое расположение киноплазмы и фибрилл обуславливает правильную веретеновидную форму мускульных клеток и усиливает их способность сопротивляться механическим воздействиям внешней среды, что существенно для наружного мускульного слоя. Таким образом, фибриллы мускульной клетки, повидимому, представляют собой полифункциональную структуру (сократимую и опорную).

Другим опорным образованием для мионов служит сеть соединительнотканевых волокон, сильно развитых в кольцевой мускулатуре.

В продольной мускулатуре клетки образуют хорошо известные мускульные связи, одетые тонкой, но плотной сетью соединительнотканевых фибрилл (комплексный мион). Внутри связок у изученных нами видов соединительной ткани нет. Киноплазма и фибриллы образуют в мускульной клетке осевой столбик; саркоплазма покрывает его слоем неравномерной толщины с многими выступами; в одном из выступов лежит ядро (рис. 1).

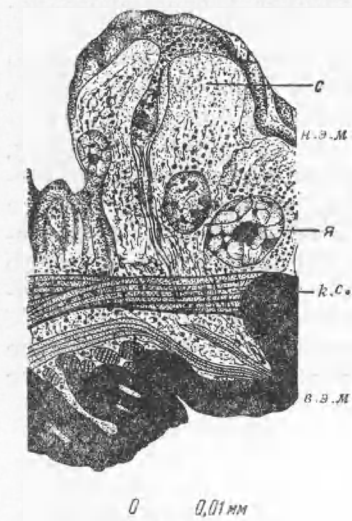


Рис. 4. Часть поперечного среза спинного сосуда *Lumbricus tubellus*. Ценкер, азан. к. с. — киноплазматический столбик, с — саркоплазма, я — ядро, н. э. м. — наружная эластическая мембрана, в. э. м. — внутренняя эластическая мембрана

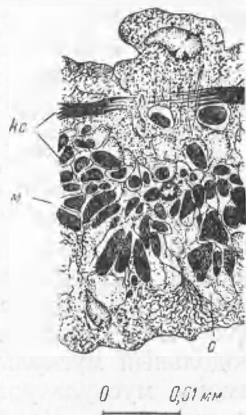


Рис. 3. Часть поперечного среза через диссепимент. Флемминг, кислая ализариновая синька. к. с. — киноплазматический столбик, с — саркоплазма, м — миолема

На внутренний продольный слой приходится большая часть работы по передвижению тела, что и обуславливает в нем преобладание сократимых и трофических структур над опорными, по сравнению с кольцевой мускулатурой.

В глотке мускульные клетки довольно крупные и сильно разветвлены; кроме того, они связаны между собой саркоплазматическими перемичками. Соединительной ткани внутри слоев очень мало. Таким образом, мускульный слой глотки в целом выстлан соединительной тканью изнутри и по периферии, образуя гигантский комплексный мион. Губчатое строение мускулатуры глотки и слабое развитие в ней соединительной ткани определяет ее способность к многим сложным движениям, необходимым для захватывания пищи.

В пищеводе, кишечнике и зобе мускульные клетки мелкие, окружены соединительной тканью и образуют внутренний (кольцевой) и наружный (продольный) слой.

Мускульный желудок имеет мощные стенки и состоит из трех мускульных слоев: двух наружных (продольных) и внутреннего (кольцевого). Наружный слой (рис. 2) тонкий, состоит из одного слоя клеток, по размерам таких же, как в кишечни-

ке; он, повидимому, играет роль эластической оболочки мускульного желудка. Средний слой (рис. 2) значительно более толстый, состоит из гигантских разветвленных клеток, окруженных тонким слоем соединительнотканевых волокон. Киноплазматические столбики очень велики, саркоплазматические оболочки очень тонки. Лентовидные фибриллы широкие и толстые. Внутренний кольцевой слой достигает наибольшей толщины. Он также состоит из очень крупных мускульных клеток, с тонким саркоплазматическим слоем, но не разветвленных. Гигантские размеры киноплазматических столбиков мускульного желудка, повидимому, связаны с тем, что напряженность работы этого органа периодически очень велика; саркоплазматический слой незначительной величины оказывается достаточным для выполнения трофической функции благодаря значительным периодам покоя. В диссепиментах и мускулатуре щетинок мускульные клетки мелкие (рис. 3) и окружены соединительной тканью. Сокращение мускулатуры этих органов при движении тела играет лишь вспомогательную роль. Оболочка нервного тяжа содержит продольный мускульный слой, клетки которого довольно крупны. Повидимому, мускулатура предохраняет нервный тяж от деформации во время движения. Мочевые пузыри снабжены двумя рыхлыми слоями мускульных клеток. Мускульные клетки кровеносных сосудов и «сердце» образуют два слоя: наружный кольцевой и внутренний продольный. Киноплазматические столбики невелики, но саркоплазма сильно развита и образует большие выступы в сторону полости тела (рис. 4). Саркоплазма богата зернами, расположенными в ряды. Опорную роль для мускулатуры сосудов играет, повидимому, внутренняя, эластическая мембрана, а в спинном сосуде, кроме того, наружная эластическая мембрана (рис. 4).

Богатство саркоплазмой мускульных клеток сосудов, повидимому, связано с тем, что их непрерывная работа требует непрерывного пополнения затраченных веществ.

Следует отметить, что отношение интенсивности окраски киноплазмы к интенсивности окраски фибрилл в разных органах неодинаково. Очень резко выделяются фибриллы на фоне киноплазмы в клетках мускульного желудка и кольцевой мускулатуры, т. е. в мускульных клетках, энергично работающих или онтогенетически ранее развивающихся (периферическая часть продольной мускулатуры), меньший контраст в окраске фибрилл и киноплазмы виден в глубине продольной мускулатуры, в глотке и в оболочке нервного тяжа. Фибрилл почти не видно при любой интенсивности окраски в наиболее мелких и слабо работающих мускульных клетках (диссепименты и щетинки).

Полученные данные приводят к выводу, что различия в структуре мускульных клеток различных органов и мускульных слоев связаны с особенностями функции этих образований.

Поступило
1 III 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Ч. Дарвин, Образование растительного слоя деятельностью дождевых червей и наблюдения над образом жизни последних, пер. Крашенинниковых, ред. Мензбира, 1929. ² R. Hesse, Zs. wiss. Zool., 58, 394 (1894). ³ C. Schneider, Lehrbuch d. vergleich. Histologie der Tiere, Jena, 1902. ⁴ M. Bock, Revue suisse de Zool. Ann. de la Soc. Zool. suisse, 9, 1 (1901). ⁵ M. Bargeton, C. R. Soc. Biol., 128, 1070 (1938). ⁶ А. Заварзин, Арх. анат., гист. и эмбр., 19, в. 3, 342 (1938). ⁷ Г. Роскин, Уч. зап. МГУ, в. 13, 227 (1937). ⁸ Г. Роскин, Zs. f. Zellforsch., 24, 585 (1936). ⁹ S. Sterling, Zs. f. Naturwiss., 44, 323 (1909). ¹⁰ J. Johnston, Biol. Bull., 5, 74 (1903). ¹¹ J. Stephenson, Oligochaeta, Oxford, 1930.