Доклады Академии наук СССР
1955. Том 104, № 6

ГИСТОЛОГИЯ

Е. С. КИРПИЧНИКОВА

КОЛЬЦЕВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В МЫШЕЧНЫХ ВОЛОКНАХ СЕРДЦА ANODONTA

(Представлено академиком Н. Н. Аничковым 23 V 1955)

Наряду с продольными миофибриллами, составляющими основной сократимый элемент скелетной мускулатуры, в мышцах позвоночных обнаружены также и поперечные образования — кольцевые и спиральные, имеющие характер миофибрилл.

Гейденгайн (1), Слаук (2), Шутц (3) и Фосс (4) описали спирали и кольца, возникающие в поперечно-полосатых мышцах при мышечной дегенерации у человека, сопровождающей атрофическую миотонию, микседему и другие заболевания. А. А. Заварзин (5) нашел кольцевые фибриллы в мышечных волокнах рыбы (Cottus cottus), зараженных цистами миксоспоридий. Циркулярные миофибриллы возникают, повидимому, и при некоторых регенеративных процессах, именно при регенерации скелетных мышц (В. П. Гилев (6)). Большой интерес представляют также исследования Тюлэна (7, 8), Шварца (9), Вольфарта (10) и др., обнаруживших кольцевые и спиральные образования в нормальной поперечно-полосатой мускулатуре языка амфибий, глазных мышц млекопитающих, язычка, диафрагмы и пищевода человека.

Кольцевые элементы до сих пор были известны только для поперечно-полосатой мускулатуры позвоночных. Нами они были обнаружены в мышечных волокнах гладкой мускулатуры беспозвоночных, а именно в сердце Anodonta. Мы поставили перед собой задачу изучить морфологию и гистохимию найденных элементов, сопоставить их с описанными ранее и выяснить их функциональное значение. Нами был применен метод мацерации (20% азотной кислотой и по Гудричу), а также обычные методы фиксации и окраски — железным гематоксилином, смесью Маллори, пикрофуксином. Кроме того, нами проделан ряд специальных гистохимических реакций.

В результате удалось установить следующее.

Синцитий сердечной мышцы представляет собой рыхлое образование, в котором волокна располагаются во всех направлениях. Отдельные волокна соединяются с соседними всегда своими концами, никогда не образуя боковых ответвлений, столь характерных для сердечной мышцы позвоночных. Таким образом, волокна соединяются в определенных точках; иногда — это соединение двух-трех волокон, иногда — целой группы. В последнем случае места соединений имеют форму звезд с отходящими в разные стороны лучами-волокнами. «Звезды» хорошо видны лишь на толстых срезах или при мацерации.

Внутри волокон в богатой зернами саркоплазме лежат овальные или круглые ядра. По периферии продольно проходят миофибриллы, никогда не имеющие поперечной исчерченности, т. е. типичные гладкие миофибриллы. Они очень тонки и по толщине равны друг другу. Вокруг мышечных волокон, оплетая весь синцитий, располагаются коллагеновые волоконца, которые соединяют соседние мускульные волокна друг с другом и смесью Маллори окрашиваются в синий цвет.

Сверх того были обнаружены крупные толстые кольца, окружающие мышечные волокна (см. рис. 1). Они особенно хорошо заметны в местах соединения волокон. Иногда кольца окружают сразу два волокна, так что эти волокна в месте соединения имеют общие кольца, которые затем раздваиваются. Кольцевые элементы даже в одном и том же волокне имеют разную толщину. Они распределяются по волокну неравномерно: можно видеть волокна, сплошь окруженные кольцами, но наряду с ними и такие, у которых кольца имеются только на одном конце волокна. На продольных срезах через волокно вдоль него по обе стороны

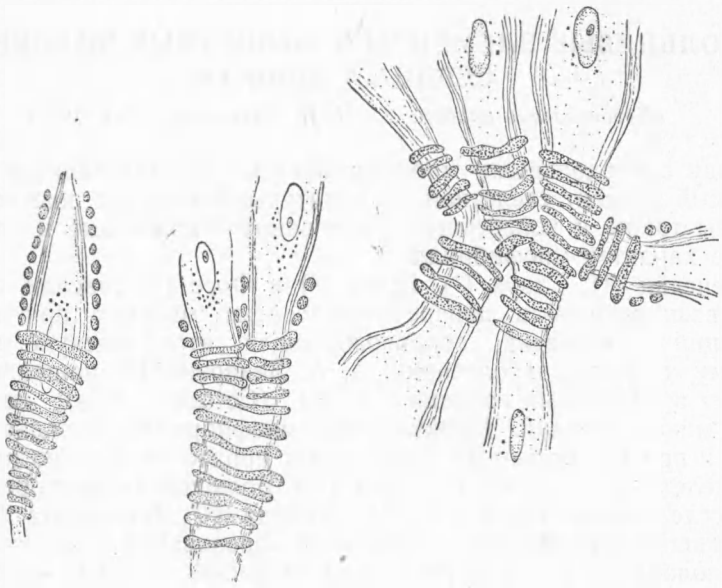


Рис. 1. Кольцевые элементы в сердце беззубки. Ценкер, гематоксилин. Ок. 10, имм.

расположены части срезанных колец в виде круглых образований. Необходимо отметить, что кольцами обладают далеко не все волокна, а только около 50%. Кольца заметны как на мацерированном материале, так и на срезах, окрашенных железным гематоксилином и смесью Маллори. В последнем случае они всегда имеют красную окраску, совершенно такую же, как окраска продольных миофибрилл.

Для установления природы описываемых кольцевых образований мы проделали некоторые гистохимические реакции.

1. Рибонуклеиновая кислота в большинстве волокон не обнаруживается методом Браше. Лишь некоторые волокна содержат небольшое количество рибонуклеиновой кислоты около ядер, в саркоплазме. Миофибриллы и поперечные кольца лишены ее во всех случаях.

2. Дезоксирибонуклеиновая кислота имеется в ядрах, образуя в них мелкозернистую структуру (метод Фельгена).

3. Гистидин был найден (диазореакция) в большом количестве в продольных миофибриллах, ядрышке и зернах саркоплазмы, а в ядрах и в поперечных кольцах, напротив, в очень незначительном.

4. Реакция на глютатион (по Шевремону и Фредерику), очень резкая в зернах саркоплазмы, менее выражена в продольных миофибриллах совершенно отсутствует в поперечных кольцах.

5. Фосфатаза (метод Гомори), пероксидаза (метод Леле) и аскорбиновая кислота (метод Жуайе — Лаверна) не найдены.

6. Жир (окраска суданом III) в виде крупных капель лежит в саркоплазме. В продольных миофибриллах и поперечных кольцах жира нет.

7. Фосфолипоид (реакция на плазмаль) был обнаружен в виде мелких зерен в саркоплазме, часто вблизи ядра. В миофибриллах и поперечных кольцах плазмаль отсутствует.

8. Гликоген (метод Шабадаша) имеется в продольных миофибриллах и в громадном количестве в поперечных кольцах. На препарате, обработанном фиксатором Шабадаша и реактивом Шиффа в яркокрасный цвет, наряду с очень тонкими продольными микрофибриллами, красятся и поперечные образования. Именно эта реакция дает возможность лучше всего обнаружить поперечные кольца в волокнах сердечной мышцы беззубки (см. рис. 2 на вклейке к стр. 918).

При наблюдении мышечных волокон сердца в поляризованном свете оказалось, что и продольные миофибриллы и поперечные кольца обладают двойным лучепреломлением, но первые преломляют свет заметно сильнее, чем вторые.

Физиологическое значение кольцевых элементов в сердечных мышечных волокнах Anodonta может быть двояким: либо поперечные кольца играют чисто трофическую роль, т. е. служат складом гликогена, используемого для мышечной деятельности, либо они активно участвуют в мышечном сокращении, т. е. представляют собой своеобразные миофибриллы.

Все авторы, занимавшиеся кольцевыми элементами поперечно-полосатой мускулатуры, считали их миофибриллами, поскольку они обладают поперечной исчерченностью. Тюлэн толковал спиральные образования в языке амфибий и рептилий как аппарат, способствующий удлинению языка в момент его выбрасывания. Шварц находит, что подобные же образования в глазных мышцах млекопитающих и человека служат для фиксации положения глаза. Высказывается также мнение, что кольцевые и спиральные элементы свойственны органам, выполняющим быструю, напряженную и длительную работу.

Кольцевые элементы у Anodonta отличаются от таковых у позвоночных отсутствием поперечной исчерченности, но по другим морфологическим признакам вполне подобны им. Кольца во всех случаях располагаются на некотором расстоянии друг от друга, имеют разную толщину в одном и том же волокне и в каждой данной мышечной ткани присущи далеко не всем волокнам. В пользу сократительного характера найденных нами элементов говорит также обилие в них гликогена в сочетании с наличием двойного лучепреломления.

Возможно, что кольцевые миофибриллы служат антагонистами продольных. В них не нуждается обычная скелетная мускулатура, способная сокращаться и пассивно расслабляться. Иначе обстоит дело в языке амфибий, глазных мышцах, язычке и диафрагме млекопитающих и человека, где мышцы, в силу своей особой подвижности, нуждаются в активном удлинении мышечного волокна. Именно здесь мы и находим кольцевые элементы.

Сердце беззубки сокращается под влиянием внешнего раздражителя — притекающей гемолимфы, которая растягивает сердце. Очень вероятно, что кольцевые элементы дополняют пассивное растяжение мышечных волокон еще и активным их удлинением.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
1 II 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] M. Heidenhein, Beitr. f. path. Anat. u. allg. Path., **64**, 2, 198 (1918). [2] A. Slauk, Zs. f. ges. Neur. u. Psych., **67**, 276 (1921). [3] H. Schütz, Beitr. path. Anat., **71**, 451 (1922). [4] H. Voss, Zs. f. mikr. anat. Forsch., 28, 161 (1922). [5] А. А. Заварзин, Избр. труды, **2**, 319, 1953, [6] В. П. Гилев, Всес. научн. общ. анат., гист. и эмбр., прогр. засед., 1954 [7] I. Thulin, Anat. Anz., **33**, 10, 241 (1908). [8] I. Thulin, C. R. Soc. Biol., **1**, 490 (1941). [9] M. Schwarz, Zs. f. Anat. u. Entw.-gesch., **75**, 361 (1925). [10] G. Wohlfart, Zs. f. mikr. anat. Forsch., **29**, 592 (1932).