

Г. Н. ОРЛОВА

О РЕГЕНЕРАЦИИ СОМАТИЧЕСКОЙ МУСКУЛАТУРЫ У КРУГЛОРОТЫХ

(Представлено академиком К. М. Быковым 20 VI 1950)

В серии работ, посвященных сравнительно-гистологическому изучению регенерации мышечной ткани, начатой под руководством А. А. Заварзина в 1934 г., был исследован ряд беспозвоночных и позвоночных животных (1, 2, 4, 5). Этими работами установлен единый миобластический способ регенерации соматических мышц для беспозвоночных и некоторых позвоночных (2). Основным признаком этого способа регенерации является уничтожение значительных масс мышечного волокна и восстановление его за счет оставшихся целыми участков саркоплазмы с ядрами (3).

В указанной серии работ круглоротые не были изучены, до последнего времени нет данных по регенерации мышц у них. Однако для эволюционных построений в сравнительной гистологии такое исследование представляет значительный интерес, ввиду особого систематического положения круглоротых и своеобразного строения туловищных мышц у этих животных.

Многочисленно изучена регенерация соматических мышц у личинки ручьевой миноги (*Lampetra planeri*), пескоройки позднего возраста (длина 12—15 см), что соответствует последнему году жизни перед метаморфозом. Животные получались из природы и содержались в аквариумах при комнатной температуре (14—16°). Подопытные животные голодали. Операция заключалась в следующем. Через отверстие в коже в подлежащие мышцы вводилось инородное тело — полоска киноплёнки. Здесь, вокруг инородного тела, разыгрывались регенераторные процессы в мышцах и в соединительной ткани. Материал фиксировался через определенные сроки после операции, начиная с 1 часа и до 6 мес. (всего 28 сроков). В каждый срок фиксировалось не менее 3 животных. Фиксация производилась жидкостью Ценкера с формалином (4:1), заливка — в парафин через хлороформ. Киноплёнка удалялась из тканей путем растворения с помощью спирт-эфира; последний включался в проводку между двумя порциями 100% спирта. Серии срезов (толщина 8 μ) окрашивались эозин-азуром II, железным гематоксилином, по Маллори и серебрились по Бильшовскому.

Сегментная мускулатура миноги и пескоройки состоит из лент, которые образуют коробочки, последние складываются в сегменты. Мышечные сегменты разделены миосептами. Коробочки отделены друг от друга тончайшими артериофильными пластинками, между которыми проходят тончайшие капилляры. Весь соединительнотканый каркас также пронизан сетью кровеносных сосудов и капилляров. В миосептах и в подкожном слое, покрывающем туловищную мускулатуру, имеется более или менее хорошо развитый слой жировой ткани. В мышечных лентах миофибриллы лежат плотно, саркоплазма с ядрами располагается пра-

вильно чередующимися рядами между участками миофибрилл. Как правило, саркоплазма в норме не видна, а ядер имеется ограниченное количество.

В поврежденных мышцах прежде всего начинаются деструктивные процессы. Распад мышц протекает различно в зависимости от степени повреждения и расстояния от поврежденного участка. Условно можно различать три основные зоны, которые я для удобства в дальнейшем изложении называю 1-й, 2-й и 3-й зонами.

1-я зона — это участок мышц, непосредственно поврежденных при операции. Уже в течение первых суток после повреждения здесь происходит распад сократимого вещества, саркоплазмы и ядер. В дальнейшем образовавшийся дефект целиком заполняется соединительнотканым рубцом.

2-я зона расположена, несколько отступя от края повреждения. Через 48 час. после операции в мышцах этой зоны можно наблюдать по-разному измененные отдельные участки лент. Иногда они расслаиваются по длине. Местами они находятся в состоянии сокращения. В части мышц миофибриллярные структуры еще сохранились. Ядра подвергаются реактивным изменениям — в них видны ядрышки, вокруг которых обозначается светлая сфера. В другой части мышц поперечная исчерченность слабо выражена или совсем не выражена. Миофибриллы и некоторое количество ядер дегенерируют.

Картина распада сократимого вещества не отличаются от описываемых многими авторами для самых различных объектов ⁽⁴⁾. А именно, имеет место распад, сходный с глыбчатым распадом, зернистый, вакуолярный, восковидный и столбиками. Дегенерирующие ядра распадаются нацело, иногда довольно длительное время от них сохраняются зерна хроматина, беспорядочно расположенные в распадающихся мышцах.

Интенсивное уничтожение гибнущих тканей начинается вскоре после повреждения и наряду с автолитическим распадом осуществляется лимфоидными элементами, действующими цитолитически, и макрофагами соединительнотканного происхождения из ретикулярных клеток подкожного слоя и миосепт. Последние активно заглатывают обломки миофибрилл, эритроциты и другие гибнущие клетки. Количество макрофагов увеличивается путем митотического деления.

Наконец, 3-й зоной я называю такие участки мышц, которые значительно удалены от места непосредственного повреждения или даже расположены в соседнем неповрежденном сегменте. Здесь, через 48 час. после операции, мышцы находятся в состоянии пролиферативного возбуждения, морфологическим выражением которого являются изменения в ядрах — увеличение объема, удлинение и появление одного, двух или нескольких ядрышек.

На 3—4-е сутки, а затем во все последующие сроки после операции в каждой из вышеописанных зон наблюдаются соответствующие дальнейшие изменения.

В 1-й зоне, как указывалось выше, все мышцы полностью дегенерируют и на их месте образуется рубец. Во 2-й зоне параллельно с процессами дегенерации в некоторых частях лент продолжают реактивные изменения. Начиная примерно с 7-го дня, здесь можно наблюдать картины образования миобластов. Вокруг мышечных ядер саркоплазма стекается в виде пенистой массы, сперва слабо базофильной с расплывчатыми контурами, а затем в процессе дифференцировки миобластов протоплазматическое тело высвобождается из окружающей миофибриллярной субстанции и приобретает четкие контуры (см. рис. 1). Во время высвобождения миобластов из синцитиальной связи в них наблюдаются митозы (рис. 1), большая часть которых падает на 16—20-е сутки после операции. В образовавшихся путем митозов миобластах начинаются

амитозы, типичные для миобластов, причем протоплазма их из пенистой становится гомогенной и резко базофильной. Одновременно с изменениями в саркоплазме меняется ядерный аппарат. Происходит увеличение ядер в объеме и по длине. Весь хроматин сосредоточивается в ядрышке, которое тоже увеличивается в размерах, и в нем наблюдаются фигуры деления — удлинение, затем бисквитообразная и гантелевидная форма и, наконец, разделение на два ядрышка. После разделения ядрышка происходит деление ядра, за которым не следует деление

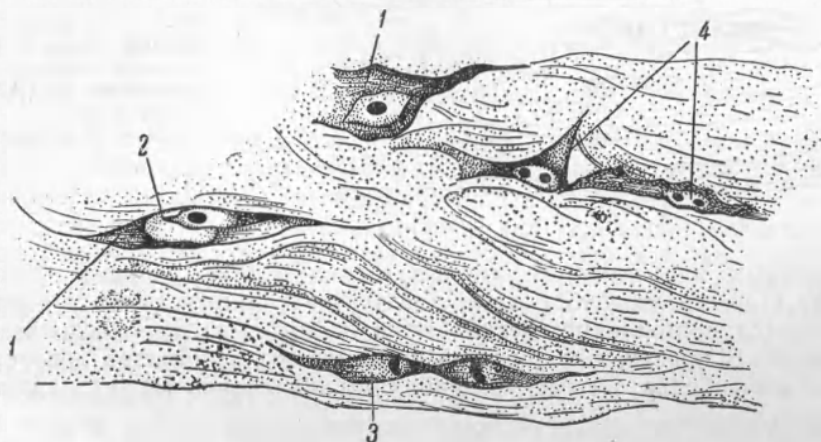
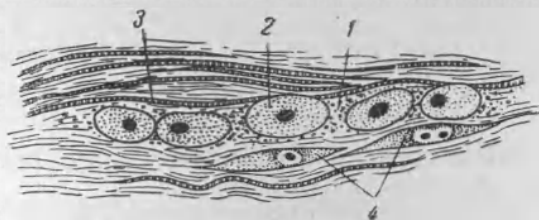


Рис. 1. 16 суток после ранения. Зона 2 (эозин-азур II). 1 — миобласт, 2 — амитоз миобласта, 3 — митоз миобласта, 4 — фибробласты

протоплазматического тела миобласта, что ведет к образованию ядерно-протоплазматического комплекса. В дальнейшем, наряду с продолжающимися амитозами, происходит накопление саркоплазмы, последняя

Рис. 2. 50 суток после ранения. Зона 2 (железный гематоксилин по Гейденгайну). 1 — саркоплазма, 2 — пузыревидное ядро с ядрышком, 3 — новообразованные миофибриллы с характерной поперечной исчерченностью, 4 — фибробласты



становится слабо базофильной и слегка пенистой. Образование ядерно-протоплазматических комплексов может происходить и путем слияния отдельных миобластов. Ядернопротоплазматические комплексы, вытягиваясь по длине, превращаются в тяжи, где ядра расположены цепочкой. В приядерных участках саркоплазмы возникают миофибриллы. Через 50 суток после операции можно видеть новообразованные миофибриллы с характерной поперечной исчерченностью (см. рис. 2). В промежутках между островками новообразующихся мышечных лент располагается рубцовая соединительная ткань, что в значительной степени препятствует восстановлению мышечной ткани на месте дефекта и обуславливает не всегда правильное расположение новообразованных мышечных лент. Следовательно, во 2-й зоне происходит частичная регенерация мышечной ткани.

В 3-й зоне, начиная с 3—4 суток после операции происходит фрагментация ядер, которая приводит к значительному увеличению их количества (см. рис. 3). Фибриллярность в таких участках выражена четко, но поперечная исчерченность не видна. Местами можно наблюдать

начало литического распада миофибрилл. В 3-й зоне идет перестройка мышц без образования миобластов (см. рис. 4). Прежде всего здесь происходит накопление саркоплазмы, причем миофибриллы как бы раздвигаются. Саркоплазма приобретает пенистое строение и становится слегка базофильной. Затем наступает amitotическое деление ядер, они увеличиваются в размерах, становятся пузыревидными с четко конту-

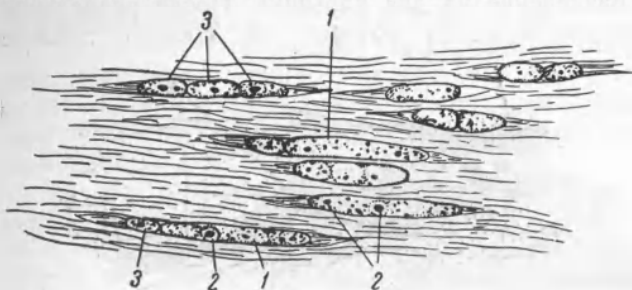
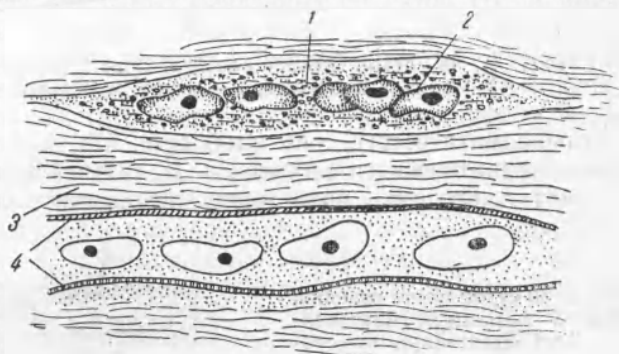


Рис. 3. 3 суток после ранения. Зона 3 (гематоксилин — эозин). 1 — скопление саркоплазмы, 2 — удлиненные ядра, 3 — фрагменты ядер с ядрышками

рированным ядрышком. В богатых саркоплазмой ядерных участках между старыми миофибриллами в результате множественных amitozов образуются протоплазматические тяжи, в которых ядра располагаются цепочкой. В приядерных участках саркоплазмы начинается новообразование миофибрилл. Старые миофибриллы постепенно гибнут. В отличие

Рис. 4. 50 суток после ранения. Перестройка мышц в зоне 3 (эозин-азур II). 1 — скопление саркоплазмы, 2 — amitotически делящиеся мышечные ядра, 3 — старые миофибриллы, 4 — новообразованные миофибриллы с характерной поперечной исчерченностью



от 2-й зоны, здесь в новообразованных лентах всегда сохраняется прежняя ориентировка миофибрилл.

Из изложенного можно сделать вывод, что регенерация соматических мышц у пескоройки в общих чертах протекает по схеме, данной А. А. Заварзиным для рыб. У пескоройки, в зависимости от условий повреждения, может иметь место миобластический способ регенерации соматических мышц.

В связи с медленно протекающими процессами пролиферации у пескоройки хорошо прослеживается первая реакция мышцы на повреждение — фрагментация ядер и amitozы, которых не удавалось уловить на других объектах (2).

Поступило
24 V 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. Н. Жинкин, Сборн. памяти акад. А. А. Заварзина, 1948. ² А. А. Заварзин, Арх. анат., гист. и эмбр., 1938. ³ А. А. Заварзин, Очерки эволюционной цистологии нервной системы, 1941. ⁴ З. И. Крюкова, Арх. анат., гист. и эмбр., 1938. ⁵ В. И. Хейсина, Сборн. памяти акад. А. А. Заварзина, 1948.