

ГИСТОЛОГИЯ

Г. М. ЛИТВЕР

**РЕГЕНЕРАЦИЯ КРАСНОЙ И БЕЛОЙ МУСКУЛАТУРЫ У РЫБ  
НА ПРИМЕРЕ *MISGURNUS FOSSILIS***

(Представлено академиком Н. Н. Аничковым 1 VI 1950)

В работе <sup>(3)</sup> мы показали на примере мышц *Misgurnus fossilis*, что у рыб имеются белые и красные мионы, обладающие различными морфо-физиологическими свойствами, которые развились в результате дивергентной дифференцировки скелетной мускулатуры. В настоящей работе нами изучен процесс репаративной регенерации этих двух типов мышц на том же объекте.

Литературные данные по вопросу о регенерации мышечной ткани противоречивы. Шминке <sup>(5)</sup> считает, что мышцы регенерируют миосим-пластами, А. Заварзин <sup>(1)</sup>, В. Хейсина <sup>(4)</sup> — за счет миобластов. Наконец, Сидориак и Нуссбаум <sup>(6)</sup> и Казанцев <sup>(2)</sup> допускают возможность регенерации обоими путями. Все эти исследователи, однако, при изучении регенерации у рыб не обращали внимания на разнородность мионов. Поэтому мы считали необходимым изучить регенерацию белых и красных мышц отдельно. Это представлялось тем более необходимым, что в литературе имеется точка зрения, рассматривающая красные мионы как мышечные волокна, остановившиеся в своем эмбриогенезе. По отношению к ним можно было предполагать регенерацию миобластами.

Объектом исследования служили выноны\* размером около 25 см. Повреждения (разрезы) наносили лезвием безопасной бритвы на глубину 3—4 мм, строго локализованно, в области боковой линии и спины. Материал был фиксирован ценкер-формолом и жидкостью Штиве в первые сутки после операции через каждые 3 часа, затем до 30-го дня ежесуточно и далее через каждые 7 дней до 120-го дня включительно. Парaffиновые срезы толщиной от 2 до 8  $\mu$  изготавливались сериями. Препараты были окрашены азур-эозином, железным гематоксилином и по Маллори.

Уже через 3 часа после нанесения раны непосредственно поврежденные белые и красные мионы начинают распадаться на сарколиты с последующим разрушением их путем аутолиза и фагоцитоза. Резорбцию мышечных масс фагоцитами мы наблюдали уже через 12—15 час. после травмы.

Сарколиты белых и красных мионов имеют свои особенности, например, последние, теряя краевую зону саркоплазмы, по большей части улиткообразно свертываются. В дальнейшем сарколиты непосредственно поврежденных как белых, так и красных волокон полностью разрушаются и в регенерации мышечной ткани не участвуют. Разрушение волокон данной миомеры, находящихся на некотором

\* Принимались во внимание возрастной и сезонный факторы.

расстоянии от места повреждения, происходит одновременно по типу медленно протекающего ценкеровского некроза; картины его часто можно видеть даже на 35-й, 40-й день, когда практически на месте травмы уже полностью закончилась регенерация мышечной ткани.



Рис. 1

красных мионов происходит путем непосредственного образования от них миосимпластов. Однако при этом рост миосимпластов красной и белой мускулатуры имеет свои особенности.

Возникновения миобластов, как это было описано А. Заварзиной для бычка и В. Хейсиной для сматриды, несмотря на тщательный просмотр препаратов на различных этапах восстановления мышечной ткани у выноса, мы не могли констатировать. Правда, на 4-й и в особенности на 11-й и 16-й дни мы видели на срезах «миобластообразные» клетки овальной или веретенообразной формы с базофильной протоплазмой, светлым ядром и крупным ядрышком. Однако на последовательной серии срезов с применением упрощенной реконструкции удалось установить несомненную связь этих элементов с миосимпластами. Следовательно, эти образования на отдельных срезах, действительно напоминающие самостоятельные клетки, представляют участки перерезанных миосимпластов. В особенности симулируют одноядерные клетки перерезанные стреловидные, узкие миосимпласты красных мионов. В области ядер эти миосимпласты расширяются, а в промежутках между ними имеют нитевидную форму. Такие миосимпласты, перерезанные в своей суженной части, приобретают на срезах вид веретенообразных клеток.

Кроме вышеуказанных элементов, встречаются в области регенеранта на различных этапах его развития крупные веретенообразные или отросточные клетки с базофильной гомогенной протоплазмой, светлым ядром и одним ядрышком. Они отличаются от обычных фибробластов соединительной ткани выноса своими размерами и резко выраженной базофилией. Эти клетки часто вытягиваются и располагаются рядами. В таком виде они весьма напоминают миобласты при эмбриональном

В результате ценкеровского перерождения эти красные и белые волокна распадаются на отдельности. Часть их полностью разрушается (путем фагоцитоза и аутолиза), другая же остается жизнеспособной и представляет собой исток для регенерации мышечной ткани. Фрагменты красных мионов, возникших таким образом, в отличие от сарколитов непосредственно поврежденных волокон, не только сохраняют краевую зону саркоплазмы, но она у них значительно увеличивается, при одновременном уменьшении миофибриллярного аппарата. Регенерация мышечных волокон из фрагментов белых и

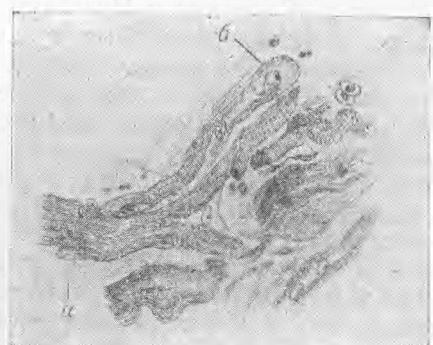


Рис. 2

развитии мышечной ткани. Детальный гистологический анализ позволил выяснить их происхождение. Среди пучков коллагеновых волокон плотной дермальной части кожи выноса находятся в значительном количестве мелкие, слегка вытянутые, соединительнотканные камбиональные элементы, которые в нераздраженной коже мало заметны. При глубокой трамве дермы они резко увеличиваются, приобретают веретенообразную или отростчатую форму и передвигаются в направлении раны.

Между крупными миобласто-подобными клетками регенеранта и раздраженными камбиональными элементами кожи имеются постепенные переходы. В септальных концах мышечных волокон, начиная с 4—5-го дня после повреждения, можно тоже изредка видеть клетки, сходные с миобластами. Они представляют собой, так же как и в коже, «возбужденные», камбиональные элементы соединительной ткани. Как нами уже было показано, у рыб септальные концы белых мионов заканчиваются «мышечными лапками», состоящими в тесной связи с коллагеновыми волокнами. Таким образом, все эти крупные удлиненные базофильные клетки в области регенеранта имеют своим истоком соединительную ткань и в непосредственной регенерации мышц выноса участия не принимают.

По нашим наблюдениям, процесс регенерации белых мионов начинается с того, что в оставшихся жизнеспособными фрагментах мышечного волокна увеличивается путем амитоза число ядер. Затем на концах фрагментов образуются «наплывы» саркоплазмы, которые постепенно превращаются в миосимпласты (мышечные почки) характерной булавовидной формы (рис. 1, б). Миосимпласты, растущие в этой стадии регенерации от старого мышечного волокна в разных плоскостях, часто располагаются в виде «лепестков лилии» (рис. 1). Далее они



Рис. 4

удлиняются и в совокупности приобретают форму «растопыренных пальцев» (рис. 2), сохранивая на растущих концах булавовидные наплывы саркоплазмы с ядрами (рис. 2, б).

Постепенно в саркоплазме миосимпластов начинается дифференцировка: появляются вначале гладкие, а затем поперечно-исчерченные миофибриллы. Процесс дифференцировки миофибрилл происходит в направлении от периферии миосимпластов к центру, аналогично тому, как это наблюдается в эмбриогенезе белых мионов. Располагающиеся рядом миосимпласты соседних мионов, нередко частично срастаются, образуют анастомозы; таким образом возникают миосимпластические сети с множеством ядер и нежными поперечно-исчерченными миофибриллами (рис. 3, б). К 14—18-му дню большинство миосимпластов приобретает вид типичных мышечных трубочек. Между 30—40-м днями белые мионы почти полностью восстанавливаются, однако они теряют по большей части свою обычную ориентировку. Образованию миосимпластов из фрагментов красных мионов также предшествует размножение ядер путем амитоза. Затем терминально или латерально из пери-

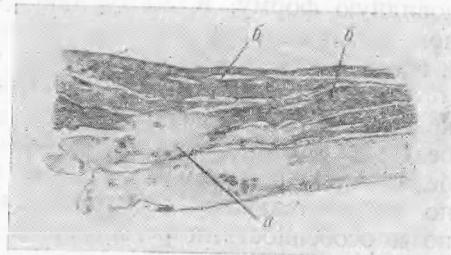


Рис. 3

фериической саркоплазмы вырастают стреловидные мышечные почки (рис. 4, б<sub>1</sub>). Они растут, превращаясь в длинные узкие миосимпласты с веретеновидными утолщениями в области ядер. Затем в них появляются миофибриллы, которые располагаются в миосимпласте аксиально, оттесняя ядра к периферии (рис. 4, б). Здесь образование миофибриллярного аппарата идет также по эмбриональному типу, но характерному для красной мускулатуры. При росте миосимпласты красных мионов многократно расщепляются, неизменно сохраняя на своих концах стреловидную форму. К 30-му дню регенерация красных мионов в основном заканчивается. Регенерировавшие мионы имеют меньший диаметр и более узкий пояс саркоплазмы.

Обобщая результаты исследования, мы считаем, что регенерация и красных и белых мионов происходит миосимпластами, однако при этом белые и красные мионы сохраняют свою специфику. Таким образом, белая мускулатура и красная мускулатура выноса отличаются не только по эмбриональному гистогенезу и морфо-физиологическим признакам, но и особенностями регенерационного процесса. Все это подтверждает взгляд, что красные мионы вряд ли можно рассматривать как мышечные волокна «эмбрионального типа». Они представляют собой специализированные мионы, возникшие в процессе дивергентной дифференцировки скелетной мускулатуры.

Институт экспериментальной медицины  
Академии медицинских наук СССР

Поступило  
29 V 1950

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. Заварзин, Арх. анат. и гист., 19, № 3 (1938). <sup>2</sup> В. П. Казанцев, Тр. ЛЭЗМ, АН СССР, 4, 57 (1935). <sup>3</sup> Г. М. Литвей, ДАН, 61, № 1 (1948). <sup>4</sup> В. Хейсина, Сборн. Памяти акад. А. А. Заварзина, М.—Л., 1948, стр. 147. <sup>5</sup> А. Schminke, Beitr. path. Anat., 45 (1909). <sup>6</sup> J. Nusbaum u. S. Sidorik, Arch. Entw.-Mech., 10, 645 (1900).