

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ

А. Н. СТУДИТСКИЙ, А. Р. СТРИГАНОВА и И. Э. МИЛАНОВСКАЯ
**УСЛОВИЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ПОПЕРЕЧНО-ПОЛОСАТОЙ
МУСКУЛАТУРЫ У МЛЕКОПИТАЮЩИХ**

(Представлено академиком А. И. Опариным 30 XI 1948)

Поперечно-полосатая мышечная ткань млекопитающих проявляет ограниченную способность к регенерации. В хирургической и гистологической литературе прочно утвердилось мнение, что восстановление дефектов в мускулатуре млекопитающих происходит, как правило, не за счет регенерирующей мышечной ткани, а на основе замещения соединительнотканым рубцом (4, 8). Однако до сих пор нельзя еще считать решенным вопрос о причинах такого исхода восстановительного процесса. Большинство исследователей не отрицает наличия регенерационных свойств в поперечно-полосатых мышечных волокнах. Показано, что у рыб и амфибий восстановительный процесс завершается образованием мионов, возникающих путем дифференцировки регенерационных почек или миобластов (3, 6). Развитие регенерационных почек на поврежденных мышечных волокнах установлено и для млекопитающих. Описаны и процессы гистогенеза мышечных волокон в регенерате (1, 2, 5, 9, 10). Вопрос заключается в том, кроются ли причины, ограничивающие восстановление поврежденной мускулатуры, в слабости регенерационной способности самой поперечно-полосатой мышечной ткани или они заключены в условиях, при которых происходит регенерация.

Некоторыми исследователями отмечалось, что рубцовая ткань, возникающая в очаге регенерации, представляет препятствие для роста и дифференцировки новообразующихся мионов (1, 5). Действительно, у животных с мало развитой соединительной тканью, как, например, у амфибий и, в особенности, у аксолотля, регенерация мускулатуры может приводить к замещению очень крупных дефектов. Очевидно, характер взаимодействия с соединительной тканью является одним из существенных условий регенерации мышечной ткани. Это условие, однако, имеет значение лишь в комплексе с рядом других, из которых нам представляется наиболее важным фактор натяжения. Новообразование мышечных элементов при замещении дефектов мускулатуры у амфибий происходит по линиям натяжения, возникающим при движениях животного. В этих участках соединительнотканые волокна развиваются упорядоченно, не препятствуя росту миосимпластов.

Опыты по регенерации поперечно-полосатой мышечной ткани млекопитающих в условиях натяжения были проведены нами на крысах. Операции подвергалась диафрагмальная мышца, в которой фактор натяжения выражен в чрезвычайной отчетливой форме. Пучки мышечных волокон диафрагмы, идущие от костных и хрящевых частей всей окружности грудной части туловища к сухожильному центру, растянуты в радиальном направлении и не подвергаются существенным допол-

нительным давлениям и натяжениям. У взрослых крыс в возрасте 6—8 мес. под эфирным наркозом вскрывалась брюшная полость, обнажался правый купол диафрагмы и в участке между крупными ветвями кровеносных сосудов и нервных сплетений наносилось повреждение в виде небольшого отверстия, диаметром 2—3 и не более 4 мм. Под опы-

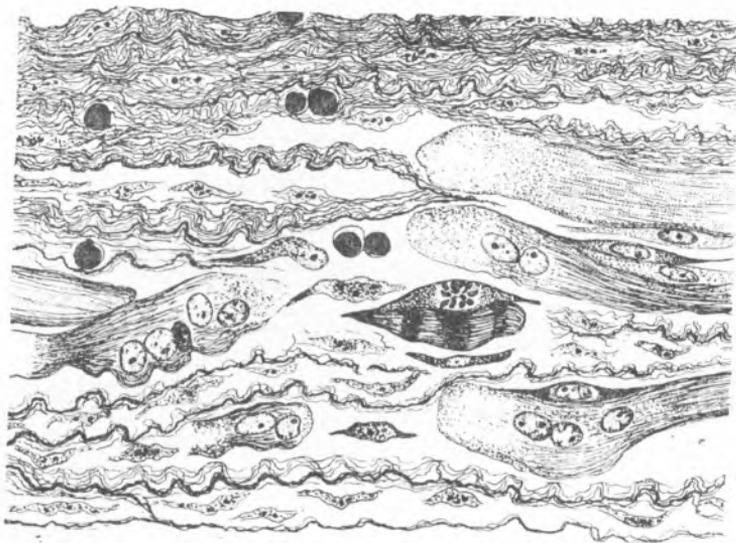


Рис. 1. Гистоструктура регенерата диафрагмы взрослой крысы. 7-й день после операции. Развитие регенерационных почек и освобождение миобластов

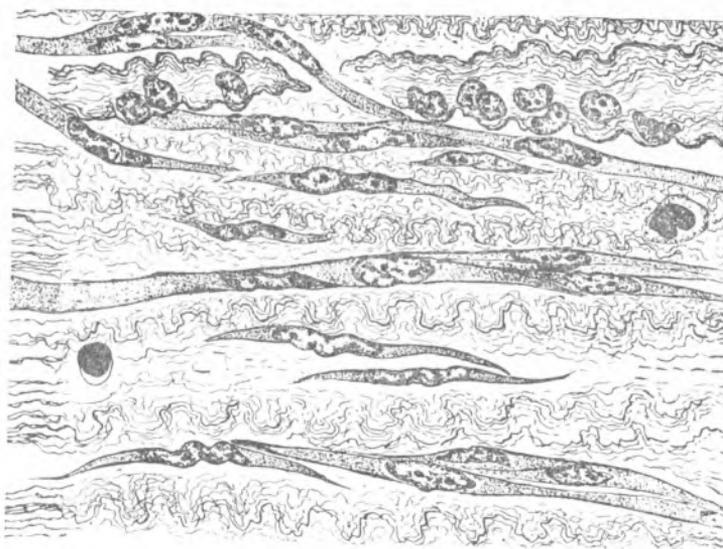


Рис. 2. 10-й день после операции. Миобласты среди соединительнотканых волокон

том находилось 15 крыс, которые подвергались обследованию через 5, 8, 10, 14, 20, 27, 32 и 45 дней после операции.

При вскрытии на 5-й день после операции обнаруживается, что края поврежденного участка диафрагмы плотно срастаются с прилегающим участком печени. Со стороны грудной полости через отверстие повреж-

дения еще отчетливо видна печень. С 8-го по 14-й день после операции наблюдается постепенное заполнение дефекта в диафрагме новообразующейся тканью. Первоначально это — тонкая прозрачная пленка. К 20-му дню она значительно уплотняется и выполняет до краев поврежденный участок. Спустя 32 дня на месте дефекта со стороны груд-

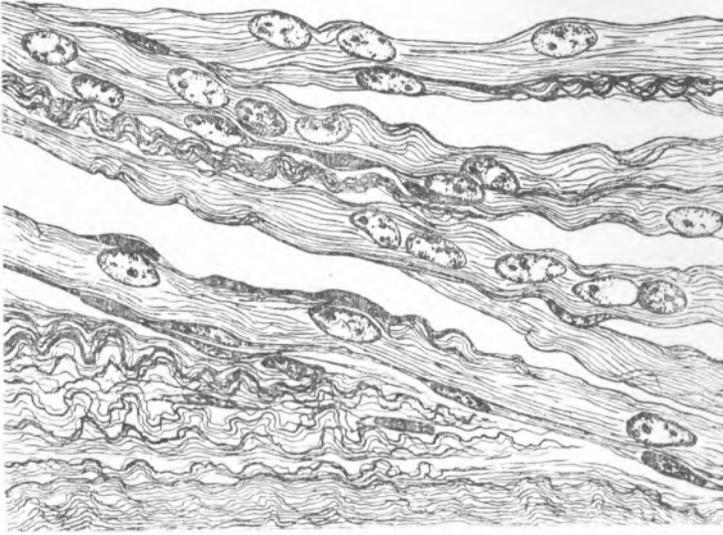


Рис. 3. 21-й день после операции. Развитие миофибрилл в мышечных волокнах

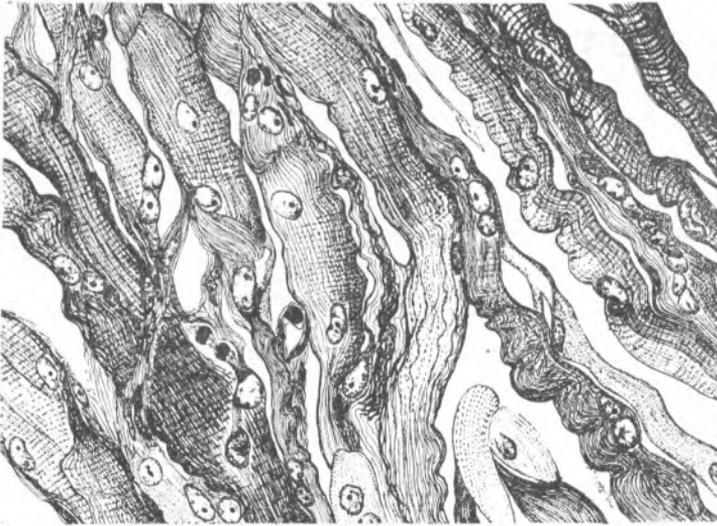


Рис. 4. 32-й день после операции. Сформированные мышечные волокна. Дифференцировка продолжается (митоз внутри одного из волокон)

ной полости обнаруживается плотный бугорок регенерата. Со стороны брюшной полости он обычно сплавляется с капсулой печени. Этот вид регенерат сохраняет и через 45 дней после операции.

Гистологическое обследование. Изучение микроскопических препаратов показывает отчетливую картину восстановления

дифференцированных мышечных волокон в ткани регенерата. Процесс восстановления начинается с развития типичных регенерационных почек на концах поврежденных мышечных волокон. Почки представляют собой наплывы саркоплазмы, в которых постепенно исчезают миофибриллы и накапливаются ядра. Одновременно идет разрастание соединительной ткани эндомизия, которая в сопровождении сосудов заполняет место повреждения. Растущие почки внедряются между волокнами, заканчиваясь широкими колбовидными расширениями, лишенными миофибрилл и слабо воспринимающими окраску (рис. 1). Новообразование мышечных элементов происходит путем освобождения уплотненных участков саркоплазмы, отделяющихся от регенерационных почек (рис. 1). Эти элементы представляют собой, очевидно, миобласты. Их продвижение в очаге регенерации совпадает с линиями натяжения, по которым происходит развитие соединительнотканых волокон (рис. 2). Превращение миобластов в мионы совершается путем разрастания в длину и увеличения количества ядер. Одновременно происходит формирование миофибрилл (рис. 3). На 32-й день в поверхностном слое рубцовой ткани обнаруживается хорошо развитая поперечно-полосатая мышечная ткань, которая отличается от остальной ткани диафрагмы только тем, что мышечные волокна в ней разделяются соединительноткаными пучками (рис. 4). Процессы дифференцировки и новообразования к этому сроку далеко еще не заканчиваются. На препаратах можно обнаружить как продолжающееся отщепление миобластов от регенерационных почек, так и дальнейшее развитие мионов, сопровождающееся размножением ядер и разрастанием волокон в толщину (рис. 4).

Параллельно развитию мионов из миобластов происходит формирование волокон и миосимпластическим путем. Часть новообразованных волокон, возникших на основе симпластов — выростов регенерационных почек, сохраняет связь со старыми мионами, которые отличаются от новообразованных своей большей толщиной.

Приведенные данные не оставляют сомнений в том, что мышечная ткань крысы, в условиях натяжения, реализует свою способность к регенерации, несмотря на сильное развитие соединительнотканного рубца. Располагаясь по линиям натяжения, соединительнотканые волокна не представляют препятствия для роста и дифференцировки регенерирующей мускулатуры.

На основании результатов данных опытов можно сделать заключение, что ограниченность регенерационного процесса при восстановлении повреждений в мускулатуре млекопитающих имеет причиной не столько слабость регенерационной способности поперечно-полосатой мышечной ткани, сколько отсутствие условий, необходимых для реализации этой способности. Среди этих условий натяжение играет существенную роль.

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

Поступило
19 XI 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. Н. Жинкин, ДАН, 48, № 9 (1945). ² Л. Н. Жинкин, ДАН, 63, № 7 (1948).
³ А. А. Заварзин, Арх. анат., гист. и эмбр., № 19, в. 3 (1938). ⁴ А. А. Заварзин и А. В. Румянцев, Курс гистологии, 1946. ⁵ В. П. Казанцев, ДАН, № 6 (1935). ⁶ З. Крюкова, Арх. анат., гист. и эмбр., 19, в. 3 (1938).
⁷ Н. Г. Хлопин, Общебиол. и эксп. основы гистологии, 1946. ⁸ В. Н. Шевкуненко, Краткий курс операт. хирургии, 1947. ⁹ W. E. Clark, J. Anat., 80, 24 (1946). ¹⁰ H. M. Hines, J. O. Thomson and B. Lazere, Am. J. Physiol., 137, 527 (1942).