

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ

З. П. ИГНАТЬЕВА

**РЕГЕНЕРАЦИЯ СОМАТИЧЕСКОЙ МУСКУЛАТУРЫ  
У МЛЕКОПИТАЮЩИХ**

(Представлено академиком К. И. Скрябиным 2 X 1950)

В предыдущем сообщении <sup>(1)</sup> нами были опубликованы данные о полном восстановлении поврежденных мышц у взрослых белых крыс. До нашего исследования полное восстановление мышц было получено Кларком <sup>(5)</sup>, но его методика опыта отличалась тем, что место ранения заполнялось удаленной мышцей, что создавало условия, отличные от тех, которые встречаются при травматизации. Более отчетливые результаты получены А. Н. Студитским с сотрудниками <sup>(2-4)</sup>, так как ими были приняты во внимание условия, имеющие огромное значение для нормального роста и функции мышцы, — натяжение.

В настоящей работе мы ставили себе задачу изучить развитие процесса регенерации при различной травматизации у нескольких видов животных и установить значение натяжения, на которое обратил внимание А. Н. Студитский. Исследования были проведены на собаках, морских свинках и кроликах различного возраста. Объектом изучения служили мышцы портняжные и нежные. Травма наносилась двумя способами: 1) поперечным надрезом мышцы и 2) вырезанием окна значительного размера. Материал фиксировался в формалине и жидкостях «Суза» и Ценкера, начиная со второго дня и кончая 6 мес. после операции. Резка производилась серийно, окраска азокармином Маллори, железным гематоксилином с докраской Маллори и без нее.

Опыты с собаками. В опыте было 24 собаки, из них 13 взрослых и 11 щенят в возрасте 3—5 мес. Поставлены две серии опытов, в каждую из которых входили и взрослые животные и щенята. В I серии травма наносилась путем надреза мышцы длиной 6—8 мм и шириной 4—5 мм; во II серии из середины мышцы вырезалось окно длиной 12 мм и шириной 8 мм. Регенерационный процесс изучался



Рис. 1. Взрослая собака. Место травмы (окно) через 4 мес. после операции

макро- и микроскопически. Макроскопически место травмы в опытах I серии трудно распознавалось уже начиная с 1,5 мес. и полностью исчезало к 2,5—3 мес. В опытах II серии место повреждения сглаживалось к 4—5 мес. Гистологическое изучение показало, что процесс регенерации в обеих сериях протекает сходно. В интенсивности же роста регенерирующих волокон в опытах I и II серии обнаруживаются большие различия. При разных способах нанесения травмы, как это мы имеем в наших опытах, условия для развития процесса создаются совершенно различные. Это относится в первую очередь к натяжению в мышце, которое значительно нарушается при вырезании большого окна. Соединительная ткань, в особенности ее коллагеновые волокна, развиваясь в месте травмы в условиях натяжения, располагаются пря-



Рис. 2. Взрослая морская свинка. Место травмы (окно) через 3 мес. после операции

молинейно, как струны, и мышечные волокна, следуя их направлению, быстро прорастают весь поврежденный участок. В другом случае ход коллагеновых волокон извилист и несколько путан, что не только тормозит, но иногда и прекращает прорастание мышечных волокон. Регенерация мышечных волокон у собак в основном происходит от регенерационных почек. Отделение миобластов и их развитие выражено очень слабо. В первые дни в области повреждения интенсивно разворачивается процесс фагоцитоза разрушенных частей мышечных волокон, концы которых принимают типичную форму расширенных колб с вакуолизированной протоплазмой и значительным количеством ядер. Тонкие короткие выросты молодых волокон появляются на 8—9-й день. Быстро разрастаясь, они в опытах с надрезом к 40-му дню уже пронизывают все место травмы, образуя рыхлый переплет из тонких, навстречу подросших волокон. Соединительной ткани еще очень много, но направление коллагеновых волокон способствует прорастанию мышечных. После соприкосновения с навстречу растущими волокнами рост сильно замедляется и волокна начинают утолщаться, часто давая боковые ответвления, которые прорастая заполняют все пространства, ранее занятые соединительной тканью. К 2,5—3 мес. в этой серии процесс восстановления дефекта восстанавливается. Некоторая неправильность в ходе волокон остается, но это не препятствует их сокращению в общем комплексе. Соединительная ткань остается к концу восстановления в виде тонких скрепляющих прослоек между концами подросших волокон.

В серии с вырезанием большого окна процесс регенерации мышечных волокон обычно начинается несколько позже — на 13—14-й день. К этому времени соединительная ткань иногда еще не заполняет все-

го дефекта и в его центральной части остается некоторое количество экссудата и кровяных элементов. Но по краям раны в соединительной ткани уже развиты коллагеновые волокна, ход которых более извилистый и путан, чем в опытах с надрезом. Мышечные волокна, прорастая в таких условиях, достигают гораздо медленнее встречных волокон, почему весь процесс восстановления затягивается до 5—6 мес. На рис. 1 изображено место травмы (окно) через 4 мес. после операции. Выросшие волокна не достигли еще нормальной толщины и окончательной морфологической дифференцировки. Соединительной ткани еще значительное количество, процесс восстановления еще не закончен.

Опыты с морскими свинками. На 50 животных различного возраста было поставлено 2 серии опытов. В I серии делался надрез мышцы размером 6 мм в длину и 4 мм в ширину, во II серии вырезалось окно длиной 10 мм и 8 мм шириной.

Гистологическое изучение препаратов показало, что рост мышечного волокна происходит как миобластически, так и от регенерационных почек. Отделение и развитие миобластов, четко выраженное у молодых и взрослых животных, у старых животных наблюдается в ограниченной степени.

В опытах I серии рост и развитие мышечных волокон происходит значительно интенсивнее, чем во II. Эти наблюдения, так же как и опыты на собаках, указывают на то, что натяжение в области травмы является одним из существенных условий для роста регенерирующих волокон. В опытах с вырезанием окна начало регенерации мышечных волокон падает на 9—10-й день после операции; к этому времени соединительная ткань с тонкими коллагеновыми волокнами заполняет уже почти весь дефект. От старых мышечных волокон начинают отделяться миобласты и отходить молодые волоконца. Миобласты, соединяясь между собой и делясь митотически, образуют молодые мионы, постепенно входящие в состав растущей зоны. Отходящие мышечные волоконца начинают быстро расти, часто разветвляясь и вновь соединяясь на своем пути, и, следуя за коллагеновыми волокнами, дают веерообразные или прямолинейные сильные разрастания. Через 2 мес. пучки волокон, отрастающие с противоположных концов травмы, приходят в соприкосновение. Зона роста состоит из тонких мышечных волокон, часто с отщепляющимися боковыми ответвлениями и отделяющимися миобластами. Поперечная исчерченность волокон выражена четко, но расположение ядер еще центральное. В последующее время развитие волокон сильно замедляется и к концу третьего месяца, хотя большой дефект и заполнен мышечными волокнами, но имеются еще значительные участки соединительной ткани между ними (рис. 2). Полное замещение у старых животных наступает лишь к 6 мес. (рис. 3). В опытах с надрезом мышц процесс восстано-



Рис. 3. Старая морская свинка. Место травмы (окно) через 6 мес. после операции

В опытах II серии рост и развитие мышечных волокон происходит значительно менее интенсивно, чем в I. Эти наблюдения, так же как и опыты на собаках, указывают на то, что натяжение в области травмы является одним из существенных условий для роста регенерирующих волокон. В опытах с вырезанием окна начало регенерации мышечных волокон падает на 9—10-й день после операции; к этому времени соединительная ткань с тонкими коллагеновыми волокнами заполняет уже почти весь дефект. От старых мышечных волокон начинают отделяться миобласты и отходить молодые волоконца. Миобласты, соединяясь между собой и делясь митотически, образуют молодые мионы, постепенно входящие в состав растущей зоны. Отходящие мышечные волоконца начинают быстро расти, часто разветвляясь и вновь соединяясь на своем пути, и, следуя за коллагеновыми волокнами, дают веерообразные или прямолинейные сильные разрастания. Через 2 мес. пучки волокон, отрастающие с противоположных концов травмы, приходят в соприкосновение. Зона роста состоит из тонких мышечных волокон, часто с отщепляющимися боковыми ответвлениями и отделяющимися миобластами. Поперечная исчерченность волокон выражена четко, но расположение ядер еще центральное. В последующее время развитие волокон сильно замедляется и к концу третьего месяца, хотя большой дефект и заполнен мышечными волокнами, но имеются еще значительные участки соединительной ткани между ними (рис. 2). Полное замещение у старых животных наступает лишь к 6 мес. (рис. 3). В опытах с надрезом мышц процесс восстано-

ления носит тот же характер, но по интенсивности значительно выше и заканчивается к 3 мес.

Опыты с кроликами. Опыт проводился на 10 взрослых и 12 молодых кроликах в возрасте 2,5 мес. Метод нанесения травмы был тот же, что и для других животных. Процесс регенерации у кроликов более часто сопровождается воспалительными явлениями, которые задерживают, а иногда и прекращают рост мышечных волокон. Особенно это имеет место при удалении больших кусков мышц, вне зависимости от возраста. Микроскопическое изучение серийных препаратов показало, что, как и у других животных, в первые 6—8 дней в области раны происходит рассасывание кровяного сгустка и идет усилен-



Рис. 4. Взрослый кролик. Место травмы (окно) через 3 мес. Мышечные волокна выполнили уже весь дефект

ный фагоцитоз разрушенных частей волокон. Концы перерезанных волокон приобретают типичную форму расширенных колб с большим количеством ядер. Одновременно в мышечном волокне происходят следующие морфологические изменения. На значительном расстоянии от поврежденных концов начинают скопляться ядра, которые в виде плотных, коротких цепочек располагаются по периферии волокна. Изредка встречаются фигуры митоза. Протоплазма вокруг ядер образует значительные скопления. В ближайшие два дня от старых волокон начинают отделяться миобласты и отрастать тонкие волоконца, которые быстро растут и к концу месяца, в опытах с надрезом мышц, рыхло пронизывают все место травмы. Процесс замещения в этих опытах заканчивается к 2,5 мес.

В опытах с вырезанием большого окна (рис. 4) регенерационный процесс затягивается до 5—6 мес., причем до конца остаются значительные прослойки соединительной ткани между волокнами.

На основании полученных данных можно сделать выводы.

Мышечная ткань разных видов обладает своеобразным характером роста и развития регенерирующих мышечных волокон.

Интенсивность регенерационного процесса зависит от конкретных условий, которые создаются в области травмы. Одним из существенных условий, повышающих интенсивность процесса и способствующих полному восстановлению дефекта является натяжение в мышце.

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

Поступило  
4 IX 1950

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> З. П. Игнатьева, ДАН, 66, № 2 (1949). <sup>2</sup> А. Н. Студитский, Современные проблемы регенерации, 1948. <sup>3</sup> А. Н. Студитский, ДАН, 64, № 3 (1949). <sup>4</sup> А. Н. Студитский, А. Р. Стриганова и И. Э. Милановская, ДАН, 64, № 4 (1949). <sup>5</sup> G. Clark, Journ. of Anat., 80, No. 1 (1946).