

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ

О. Н. РУМЯНЦЕВА

**РОЛЬ ТРАНСПЛАНТИРОВАННОГО МАТЕРИАЛА
В ВОССТАНОВЛЕНИИ ЦЕЛЫХ МЫШЦ ПУТЕМ ПЕРЕСАДОК
ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ**

(Представлено академиком А. И. Абрикосовым 2 IV 1954)

А. Н. Студитский^(1, 2) показал, что если на место полностью удаленной мышцы произвести пересадку измельченной мышечной ткани, то из нее через определенное время образуется вполне сформированная мышца. Опыты ставились А. Н. Студитским на цыплятах и крысах: у цыплят производилось полное удаление двуглавой мышцы плеча, у крыс удалялась икроножная мышца, причем, в отличие от опытов на цыплятах, в развитии регенерата принимала участие не только пересаженная измельченная мышечная ткань, но также и сохранявшаяся ткань проксимального отдела мышцы. Отсюда возникает предположение, что пересаженная ткань может быть является не только источником регенерации, но и фактором стимуляции восстановительного процесса в остатке мышцы.

Задачей настоящего исследования была разработка методики полного удаления икроножной мышцы у крыс для изучения восстановления мышцы исключительно из материала пересаженной измельченной мышечной ткани.

Работа проведена на 65 полуторамесячных белых крысах, среднего веса 90—120 г, которые были прооперированы с усовершенствованием способа, примененного для крыс А. Н. Студитским.

На правой задней ноге тщательно удалялись трехглавый (икроножная и камболовидная) и подошвенный мускулы голени. Особое внимание уделялось полноте удаления мышечной ткани путем глубокого выскабливания всех ее остатков, вплоть до ткани сухожилий. Латеральная головка икроножной мышцы измельчалась, и определенная навеска измельченной массы пересаживалась на место удаленной мышцы. Для гистологического исследования материал фиксировался в жидкости Ценкера, срезы толщиной 5—6 μ окрашивались железным гематоксилином и азаном по Гейденгайну. Функциональное состояние мышцы проверялось по ее сокращению в ответ на раздражение седалищного нерва индукционным током.

Результаты исследования. На 3 день после пересадки на место удаленных трехглавого и подошвенного мускулов измельченной мышечной ткани можно видеть образование, которое А. Н. Студитский в своих работах называл моделью мышцы. Оно имеет творожистую консистенцию, легко отделяется от окружающих тканей, с бедренной и пяточной костями не соединено.

Микроскопическое исследование развивающейся мышцы на этой стадии обнаружило следующую картину: измельченная мышечная ткань состоит из отдельных отрезков мышечных волокон, неодинаковых по величине и с разной степенью дегенерации (рис. 1). Во многих отрезках

ядра и миофибриллы очень изменены или совсем отсутствуют. Встречаются отрезки, один конец которых сохранил еще структуру мышечного волокна, а другой конец лишен таковой; бесструктурный конец округлен, утолщен и лишен ядер.

На срезах можно видеть очень много разволокнувшихся отрезков, между частями которых, как и между всеми вообще отрезками измельченных мышечных волокон, имеется огромное количество макрофагов и клеток крови (лейкоцитов и эритроцитов). В этом периоде развития можно наблюдать появление первых миобластов (рис. 2) и молодых соединительнотканых элементов — фибробластов. В отдельных миоблестах видны митозы. Развивающиеся кровеносные сосуды представлены капиллярами, просветы которых часто заполнены клетками крови. Третий день после пересадки можно считать началом миобластической фазы развития мышечной ткани.

На 5 день развития мышечная модель представляет собой более плотное образование, соединенное с пяточной и бедренной костями. Микроскопическое изучение позволяет отметить еще большее изменение отрезков измельченных мышечных волокон. Одни из них полностью потеряли структуру и находятся в очень разрыхленном состоянии, тогда как другие сохранили ядро и структуру мышечного волокна. Количество макрофагов и лейкоцитов сильно увеличилось. Эритроциты, расположенные между отрезками мышечных волокон, находятся в состоянии дегенерации. Появилось большое количество миобластов и саркоплазматических почек, наблюдавшихся многими авторами при регенерации соматической мускулатуры. Можно предполагать, что почки образовались из саркоплазмы отрезков измельченной мышечной ткани. Почки имеют разное количество ядер (рис. 3). Ядра округлые и очень крупные. Часто можно наблюдать отщепление от почек миобластов. В клетках развивающейся соединительной ткани, в макрофагах и в миоблестах встречаются митозы. Отмечено наличие мелких кровеносных сосудов.

На 7 день развивающаяся мышца претерпела дальнейшие изменения. Измельченная мышечная ткань обнаруживает еще более отчетливые признаки деструкции. Некоторые кусочки окружены клетками молодой соединительной ткани, которой в этот период развития очень много. Количество саркоплазматических почек и миобластов сильно возросло. Встречаются одиночные первые мышечные трубочки, от которых, так же как и от почек, отщепляются миобласты. Макрофагов стало больше и в протоплазме некоторых из них видны частицы мышечных волокон.

В 5 и 7 дни после операции миобластическая фаза развития мышечной ткани достигает наивысшего уровня.

На 10 день развивающаяся мышца представляет собой конической формы образование, основание которого лежит в проксимальном конце. С пяточной костью мышца соединена уже довольно плотным сухожилием, вес ее составляет 0,10—0,15 г. Кусочков измельченной мышечной ткани на этой стадии остается уже немного. Миобластов стало меньше чем в предыдущие дни развития, тогда как число мышечных трубочек увеличилось. Сеть кровеносных сосудов сильно разрослась.

Увеличение числа мышечных трубочек и уменьшение числа миобластов, вероятно, можно рассматривать как период затухания миобластической фазы и перехода в новую фазу — миосимпластическую.

На 17 день развивающаяся мышца по цвету мало отличается от соседних нормальных мышц. Вес ее при сравнении с весом на 10 день развития не изменился. Гистологическое изучение показывает, что мышца в основном состоит из мышечных трубочек, находящихся на разной стадии дифференцировки и расположенных по направлению натяжения. Можно наблюдать отщепление от мышечных трубочек миобластов и митотическое деление их ядер. Ядра мышечных трубочек по своим размерам и по окраске железным гематоксилином очень разнообразны. Встре-



Рис. 1. Отрезки измельченной мышечной ткани на 3 день после пересадки

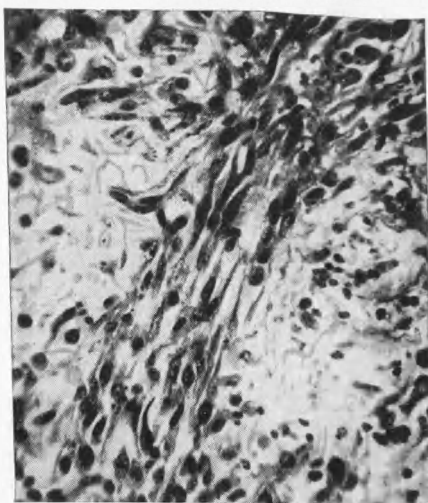


Рис. 2. Продольный срез развивающейся мышцы на 3 день. Видны потоки миобластов при малом увеличении

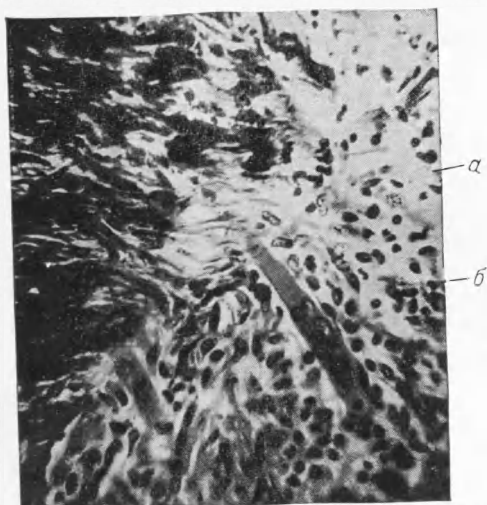


Рис. 3. Структура развивающейся мышцы на 5 день. *а* — разволокненные кусочки мышечной ткани; *б* — саркоплазматическая «почка» с большим количеством ядер



Рис. 4. Продольный срез развивающейся мышцы через 4 $\frac{1}{2}$ месяца. Вполне сформированные мышечные волокна имеют ясно выраженную поперечную и продольную исчерченность

чаются ядра, на поверхности которых видны выпячивания в форме бугорков. Соединительнотканых элементов много.

На 20 день мышечные трубочки находятся на стадии перехода в состояние мышечного волокна, большинство ядер мышечных трубочек принимает эксцентричное положение, одновременно встречаются тонкие мышечные волокна с типичным периферическим расположением ядер. Часто можно наблюдать отщепление миобластов от мышечных волокон и митотическое деление ядер мышечных волокон. Макрофагов еще много, но кусочков измельченной мышечной ткани уже нет.

Проверка функциональной активности показала, что в некоторых случаях регенерат на этой стадии развития уже способен, хотя и слабо, отвечать на раздражение нерва индукционным током.

Можно предполагать, что этот срок развития мышечного органа является началом новой фазы — фазы образования мышечных волокон.

К 28 дню новый мышечный орган претерпел дальнейшую дифференцировку. Вес его колеблется в пределах 0,14—0,25 г. Заметно увеличилось количество мышечных волокон и их толщина. Ядра в большинстве случаев имеют удлинненную форму и расположены по периферии мышечных волокон. Мышечные трубочки и миобласты встречаются в небольшом количестве.

На раздражение индукционным током во всех случаях регенерат на этой стадии развития отвечает сокращениями, которые имели больший размах, чем в предыдущий период развития мышцы, но совершаются, главным образом, в ее проксимальном отделе.

Через 2 месяца 10 дней при вскрытии на месте пересадки обнаруживается вполне сформированная мышца, которая по консистенции и цвету почти не отличается от соседних мышц. Вновь образованный мускул весит 0,14—0,30 г.

Сократительная способность этой мышцы выражена сильнее, чем на более ранних стадиях. Заметно возросла ее работоспособность.

В полном соответствии с отмеченными изменениями, которые претерпела мышца к этому периоду, находится ее гистологическая структура. Диаметр мышечных волокон сильно увеличился. Основная масса мышечных волокон располагается по линии натяжения. Часто можно встретить картины отщепления мышечных волокон и их дегенерацию. Миобласты на этой стадии развития встречаются очень редко. Заметно уменьшилось и количество соединительнотканых элементов. Наряду с этим отмечается большое развитие сети кровеносных сосудов.

В период 4, 5 и 6 месяцев развития вес вновь сформированной мышцы лежит в пределах от 0,14 до 0,35 г. Мышца имеет коническую форму с расширенным проксимальным концом и соединена с пяточной костью толстым и очень плотным сухожилием. Исследование функционального состояния мышцы показало, что в этот период она уже способна совершать значительную работу.

О высокой дифференцировке этой мышцы говорит и микроскопическое исследование. На продольном и поперечном срезе хорошо видны толстые мышечные волокна, располагающиеся преимущественно по линии натяжения (рис. 4). Волокон, расположенных хаотично, немного. Часто можно наблюдать картину отщепления мышечных волокон и их дегенерацию. Встречаются ядерные цепочки и амитотическое деление ядер. Отмеченные в более ранней стадии развития ядра, на поверхности которых имелись выпячивания, бугорки, наблюдаются и в период 4½ месяцев. Подобную же картину наблюдала Л. Ф. Березкина⁽³⁾ при культивировании мышечной ткани вне организма; она трактует это явление, как один из способов размножения мышечных ядер.

В 8 месяцев вес мышцы значительно увеличился (0,28—0,40 г.). Гистологическое и физиологическое исследование свидетельствует о дальнейшем развитии функциональной активности новообразованной мышцы.

Через 11 месяцев после операции была забита одна крыса, у которой вес новообразованной мышцы равнялся 0,74 г, т. е. немногим отличался от веса *m. gastrocnemius* противоположной ноги той же крысы (1,0 г). Исследование функционального состояния этой мышцы показало, что ее работоспособность по сравнению с предыдущим сроком увеличилась. Данные об увеличении веса и работоспособности мышцы говорят о дальнейшем росте и развитии этого нового мышечного органа.

Таким образом, на основании подробного изучения развития мышцы из измельченной мышечной ткани после пересадки последней на место полностью удаленной икроножной мышцы у крыс, можно определенно утверждать, что источником новообразования мышечной ткани может быть исключительно пересаженная измельченная мышечная ткань.

В этом убеждает нас дополнительный контрольный опыт, проведенный на 9 крысах. У контрольных крыс полное удаление трехглавого и подошвенного мускулов не сопровождалось последующей пересадкой измельченной мышечной ткани. Животные были забиты в два срока: шесть крыс через один месяц и остальные три — через два месяца после операции. У четырех крыс первого срока и у двух крыс второго срока на месте удаленных мышц ничего не было обнаружено, а у двух первого и одной второго сроков было найдено лишь сухожилие, соединенное с плечевой и бедренной костями.

Итак, если на место тщательно удаленных мышц не производить пересадки измельченной мышечной ткани, то нового мышечного органа не образуется. Во всех же случаях, когда на место удаленных мышц производилась пересадка измельченной мышечной ткани, была обнаружена вновь образованная мышца.

Следует отметить, что вес новообразованной мышцы не зависит от количества пересаженной мышечной массы, что хорошо видно из следующих цифр:

Вес пересаж. измельч. мышечн. массы в г	0,17	0,18	0,20	0,22	0,27
Вес новообразов. мышцы через 28 дней					
после пересадки в г	0,25	0,20	0,15	0,23	0,17

Приведенные в настоящем сообщении результаты опытов показывают, что роль измельченной мышечной ткани, пересаживаемой на место удаляемого мышечного органа, заключается не в стимуляции восстановительного процесса в остатке мышцы, а в доставлении материала, за счет которого совершается развитие нового мышечного органа. Конечно, если какая-либо часть удаляемого мышечного органа остается на месте, нельзя исключить ее участия в восстановлении мышцы. Но совершенно очевидно, что это участие не является обязательным и не составляет главной действующей силы восстановительного процесса.

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

Поступило
13 III 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ А. Н. Студитский, ДАН, 84, № 2 (1952). ² А. Н. Студитский, Арх. анат., гист. и эмбр., 29, № 6 (1952). ³ Л. Ф. Березкина, Тр. Инст. морф. жив. АН СССР, 11 (1954).