

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ

А. Р. СТРИГАНОВА

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ СВЯЗИ
В ДЕНЕРВИРОВАННОЙ МЫШЦЕ**

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 14 II 1953)

Опыты с ампутацией денервированной конечности аксолотля показывают, что регенерационный процесс при этих условиях наступает, но, достигнув первоначальной стадии образования регенерационной почки, останавливается вплоть до восстановления утраченной органом связи с нервной системой. С восстановлением иннервации регенерация органа продолжается и достигает своего завершения (1).

Опыты с повреждением мышцы денервированной конечности обнаруживают, что первоначальная стадия восстановительного процесса — распад поврежденных мышечных волокон и последующее образование миобластов — протекает с большей интенсивностью, но дальнейшее формирование структуры регенерата и завершение восстановительного процесса в отсутствие связи с нервной системой не наступает (2).

Последовательные изменения функциональной активности и веса поврежденной мышцы в процессе ее восстановления также свидетельствуют о взаимозависимости структуры и функции в развитии восстановительного процесса в мышце (3, 4).

Полученные нами в этих исследованиях результаты полностью опровергают прежние представления о независимости процессов дифференцировки от нервной системы и влияния последней только на рост (5, 6). Вышеприведенные данные ясно обнаруживают глубокую зависимость процессов формообразования от нервной системы и указывают на организующую роль нервной системы в развитии восстановительного процесса у взрослых организмов.

Взаимодействие нерва с иннервируемой им структурой в развитии восстановительного процесса особенно отчетливо обнаруживается при изучении восстановления денервированной мышцы.

В настоящем исследовании проведены опыты по изучению восстановления нервно-мышечной связи в денервированной икроножной мышце взрослых крыс при условии повреждения мышцы в различные сроки после денервации ее.

Денервация мышцы производилась путем перерезки большеберцового нерва на 1 см выше места вхождения его в икроножную мышцу. Центральный конец нерва при помощи тонкой лигатуры отводился в сторону и прикреплялся к мышце бедра. Периферический конец оставался свободным. Раздражение его индукционным током показало, что полная потеря возбудимости наступает на 3—4 день после перерезки нерва. С этого момента начинается быстро прогрессирующая атрофия мышцы.

Повреждение на мышцу наносилось путем неполного поперечного рассечения через 10 дней после денервации. К этому времени денервированная мышца теряет в весе около 40%. В одной группе опытов повреждение мышцы произведено через 2 мес. после денервации, когда потеря в весе мышцы достигает уже 70%.

Проведены две серии опытов. I серия, с односторонней денервацией, на 60 крысах. Денервации подвергалась правая икроножная мышца, левая служила контролем. Через 10 дней после денервации у 25 крыс была произведена повторная операция с нанесением одинаковых повреждений на правую, денервированную и левую, нормальную мышцу. Остальные 35 крыс оставались без повреждения в виде контрольной группы. В определенные промежутки времени у крыс определялись функциональная активность и вес мышц.

Результаты опытов показывают, что в контрольной группе вес правой денервированной мышцы по сравнению с левой контрольной постепенно уменьшается и к 70 дню после денервации составляет 19%.

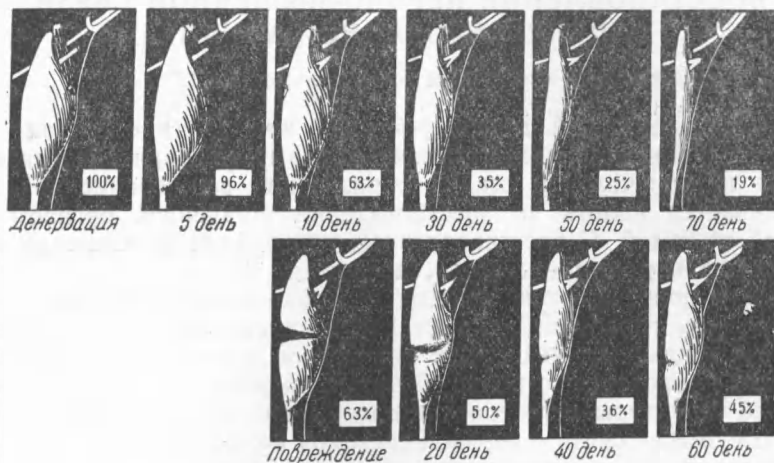


Рис. 1. Последовательные изменения объема и веса денервированной мышцы (верхний ряд) и денервированной мышцы после повреждения (нижний ряд) в течение 70 дней после денервации. Схематические рисунки выполнены по фотографиям

К этому времени мышечная ткань почти полностью атрофируется. Во второй группе опытов, с денервацией и повреждением — до 60 дня также обнаружено последовательное уменьшение веса правой (денервированной и поврежденной) мышцы по сравнению с левой контрольной (только поврежденной). Однако при сопоставлении результатов этой группы с данными первой группы ясно видно, что потеря в весе денервированной мышцы после повреждения замедляется. К 60 дню после денервации в 1-й группе опытов вес денервированной мышцы составляет 25% (потеря 75%), тогда как во 2-й группе вес денервированной и поврежденной мышцы в среднем 36% (потеря 64%). На 70 день различия между группами выступают еще более резко. В то время как в 1-й группе вес денервированной мышцы, продолжая уменьшаться, составляет лишь 19%, во второй группе, в это же время, вес денервированной и поврежденной мышцы по сравнению с предыдущим периодом (60 днем) увеличился и в среднем составляет 45% (см. рис. 1).

При раздражении индукционным током периферического конца большеберцового нерва через 70 дней после перерезки нерва во 2-й группе опытов денервированная и поврежденная мышца отвечает сокращением. В контрольной группе возбудимость денервированной мышцы в этот период не обнаруживается как при раздражении с нерва, так и при прямом раздражении. Полученные результаты ясно свидетельствуют о наступлении восстановления нервно-мышечной связи в денервированной и поврежденной мышце. Следовательно, нанесенная денервированной мышце травма способствует восстановлению утраченных нервно-мышечных связей.

Для подтверждения этого вывода нами была проведена II серия опытов при условии опыта и контроля на одном животном. С этой целью у крыс одновременно денервировались правая и левая икроножные мышцы. Через определенный промежуток времени производилась вторая операция с нанесением повреждения только на правую мышцу.

Предварительно были проведены контрольные опыты на 15 крысах с одновременной денервацией правой и левой мышц без повреждения, которые убедили нас, что атрофия обеих мышц развивается равномерно, уменьшение веса мышц в разные периоды после денервации совпадает.

II серия опытов была проведена на 50 крысах. Из них у 20 животных повторная операция с повреждением правой денервированной мышцы произведена через 10 дней; у 20 крыс через 60 дней. Остальные 10 крыс оставались в качестве контроля без повреждения. Полученные в этой серии опытов результаты полностью подтвердили данные I серии. Как видно из табл. 2, в 1-й группе опытов до нанесения повреждения у контрольных животных вес правой и левой денервированных мышц полностью совпадает. После нанесения повреждения на правую мышцу, во всех случаях обнаруживается постепенно возрастающая разница в весе мышц, которая указывает на то, что атрофия правой, денервированной и поврежденной мышцы, замедляется по сравнению с левой, денервированной, но неповрежденной мышцей. На 60—80 день после повреждения правая мышца по весу превышает левую на 36—48%.

Еще более эффективными оказались результаты, полученные во 2-й группе опытов, где денервированная мышца повреждалась через 60 дней после денервации (см. табл. 1). У контрольных животных на

Таблица 1

Результаты опытов с двухсторонней денервацией и последующим повреждением правой мышцы

Сроки после денервации в дн.	Сроки после поврежден. прав. мышцы в дн.	Число крыс	Вес прав. мышцы в % к весу левой *		Сроки после денервации в дн.	Сроки после поврежден. прав. мышцы в дн.	Число крыс	Вес прав. мышцы в % к весу левой*	
			по весу свежей ткани	по сух. весу				по весу свежей ткани	по сух. весу
Опыты с повреждением правой мышцы через 10 дней после денервации					Опыты с повреждением правой мышцы через 60 дней после денервации				
20	без повр. (контроль)	3	100	100	60	без повр. (контроль)	2	100	—
20	10	5	114**	108	70	то же	5	99	—
30	20	5	111	113	70	10	4	130	—
40	30	3	112	118	80	20	5	147	—
70—80	60—70	6	136	—	90—95	30—35	3	170	—
90	80	3	148	—	108—120	48—60	4	297	—

* Того же животного.

** Более высокий процент увеличения веса на 10 день по сравнению с 20 и 30 днями после повреждения объясняется увеличением содержания воды в поврежденной мышце в этот период.

60 и 70 день после денервации правая и левая мышцы по весу не различаются. На раздражение индукционными ударами с нерва не реагируют. Через 10 дней после нанесения повреждения на правую мышцу ее вес уже превышает вес левой мышцы в среднем на 30%, через 20 дней — на 47%, а через 2 месяца правая мышца у животных по весу почти в три раза превосходит левую мышцу. Следовательно, в то время как атрофия левой денервированной мышцы продолжает прогрессировать, атрофия правой денервированной мышцы, после повреждения ее, при-

останавливается и сменяется бурным процессом восстановления. Изучение функционального состояния мышц при этом показало, что при условии повреждения мышцы через 40—60 дней после ее денервации, спустя 30—40 дней после нанесения повреждения, во всех случаях обнаруживаются признаки восстановления функции, а через 2 мес. функция мыш-



Рис. 2. Микрофото с препарата правой икроножной мышцы крысы № 585 на 108 день после денервации и 48 день после повреждения. Обработка по Бильшовскому. $\times 68$

цы почти полностью восстанавливается. К этому времени возбудимость мышцы в ответ на раздражение нерва колеблется в пределах близких норме (порог раздражения РК = 41—43 см), тогда как левая контрольная мышца у одних животных совсем не отвечает возбуждением на раздражение нерва, а у других реагирует слабым сокращением при РК 11—14 см. Эти данные ясно указывают на восстановление утраченной иннервации в правой мышце. Микрофото (см. рис. 2) показывает регенерирующие нервные волокна в денервированной мышце на 48 день после повреждения ее. Нервные волокна в большом количестве подрастают к очагу повреждения и пронизывают его. Очевидно, вызванный травмой раневой очаг в денервированной мышце создает ту среду, которая с большей интенсивностью привлекает регенерирующие нервные волокна и тем способствует восстановлению нервно-мышечных связей.

Суммируя наши данные, можно отметить, что повреждение денервированной икроножной мышцы крыс путем нанесения травмы вызывает замедление атрофии и способствует восстановлению функции мышцы.

Полученные данные открывают перспективу для дальнейшего исследования условий восстановления парализованных мышц.

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

Поступило
29 I 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Р. Стриганова, ДАН, 66, № 3 (1949). ² А. Н. Студитский, А. Р. Стриганова, Восстановительные процессы в скелетной мускулатуре, 1951.
³ А. Р. Стриганова, ДАН, 81, № 2 (1951). ⁴ А. Р. Стриганова, ДАН, 89, № 4 (1953). ⁵ Л. В. Полежаев, Основы механики развития позвоночных, 1945.
⁶ В. Н. Замаараев, Бюлл. экспер. биол. и мед., в. 3 (1947).