

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ

А. Р. СТРИГАНОВА

**ЗНАЧЕНИЕ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ В РАЗВИТИИ  
ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В МЫШЦЕ**

*(Представлено академиком Е. Н. Павловским 6 II 1953)*

При изучении функционального состояния регенерирующей мышцы крыс нами установлены закономерные изменения функциональной активности поврежденной мышцы в период ее восстановления. При этом было обнаружено, что значительное ослабление сократительной активности мышцы наступает не сразу после повреждения, а через 3—5 дней (1). Это свидетельствует о том, что ослабление функций мышцы в ответ на повреждение развивается постепенно, по мере изменения морфо-физиологического состояния поврежденной мышцы. С чем же связаны эти изменения? Ранее было показано, что поврежденные мышечные волокна подвергаются последовательным морфологическим изменениям не только в области повреждения, но и по всей длине волокон, вплоть до связи их с сухожилием. Аналогичные изменения обнаруживаются также и в неповрежденных волокнах травмированной мышцы (2). В этой реакции выражается целостность мышцы, несомненно, определяемая ее связями с нервной системой.

При повреждении мышцы неизбежно нарушается и ее нервный аппарат. Вследствие разрыва нервных волокон, проходящих через область повреждения, мышца оказывается в состоянии частичной денервации. Отсюда можно допустить, что физиологическое состояние мышцы в первый период после нанесения повреждения в какой-то мере претерпевает изменения, подобные тем, которые наблюдаются в денервированной мышце. Атрофия парализованных мышц является давно известным фактом. Наступающая вслед за перерезкой нерва мышечная атрофия сопровождается уменьшением веса и объема мышцы. Если скелетная мышца после нанесения повреждения оказывается действительно в состоянии частичной денервации, то она в какой-то мере также подвергается атрофии, что должно отразиться на ее объеме и весе.

Выяснение этого вопроса представляется важным для понимания роли нервной системы в развитии восстановительного процесса в поврежденной мышце. С этой целью было проведено определение веса икроножной мышцы взрослых крыс в разные сроки после повреждения ее. Вес поврежденной мышцы сравнивался с весом одноименной мышцы другой стороны того же животного. Предварительно было установлено, что правая и левая икроножные мышцы в нормальном состоянии у крыс как по весу свежей ткани, так и по сухому остатку различия не имеют. Требуется лишь тщательная препаровка и точное отделение от мест прикрепления сухожилий. В проведенной серии опытов повреждению подвергалась правая мышца, левая служила контролем. Повреждение наноси-

лось путем неполного поперечного рассечения ножницами посредине мышцы.

Полученные результаты взвешивания мышц в разные сроки после повреждения приведены в табл. 1. Они показывают, что на 5 день вес свежей ткани поврежденной мышцы не изменяется по сравнению с левой нормальной мышцей животного. Сухой вес поврежденной мышцы у этих же крыс оказался меньше по сравнению с контролем в среднем на 8%. Следовательно, на 5 день после повреждения первоначальный объем мышцы еще не изменяется. Хотя сухой вес несколько уменьшается, но потеря его компенсируется увеличением содержания воды в поврежденной мышце в этот период. В то время как сухой остаток контрольной мышцы, по отношению к весу свежей ткани той же мышцы составляет 25% (содержание воды 75%), сухой остаток поврежденной мышцы равен 22% (содержание воды 78%). На 10 день вес поврежденной мышцы по сухому остатку составляет по сравнению с левой в среднем 85% (потеря веса 15%). Уменьшение веса поврежденной мышцы в этот период обнаруживается и по снижению веса свежей ткани в среднем на

Таблица 1

Изменение веса поврежденной икроножной мышцы крыс в процессе восстановления

Срок после повреждения	Число крыс	Вес поврежденной мышцы в % к нормальной *		% сухого остатка по отношению к весу свежей ткани	
		по весу свежей ткани	по сухому весу	в нормальной мышце	в поврежденной мышце
5 дн.	5	100	92	25	22
10 "	7	90	85	25	24
20 "	4	89	89	25	24,5
30 "	4	89	90	24,8	24,7
40 "	4	93	93	25	25
4 мес.	3	100	—	—	—

\* Во всех случаях правая (поврежденная) мышца сравнивается с левой (нормальной) мышцей того же животного.

10%. Содержание воды по сравнению с 5 днем понижается и превышает контроль только на 1%. На 20 день потеря в весе поврежденной мышцы по сухому остатку уменьшается по сравнению с 10 днем и не превышает

обнаруживается и по снижению веса свежей ткани в среднем на

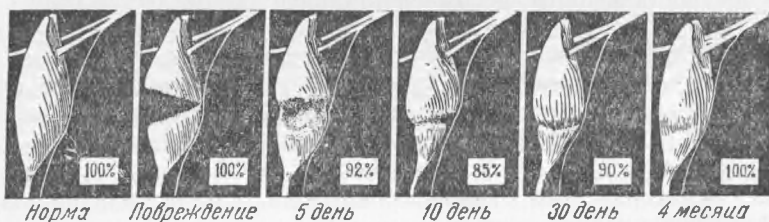


Рис. 1. Последовательные изменения объема и веса поврежденной икроножной мышцы крыс в процессе ее восстановления (рисунки)

в среднем 11%, по весу же свежей ткани выражается той же величиной. Содержание воды в поврежденной мышце превышает контроль лишь на 0,5%. На 30 день отношение веса поврежденной и контрольной мышц мало изменяется по сравнению с 20 днем, хотя тенденция к уменьшению потери веса по сухому остатку ясно видна (10%). Содержание воды в поврежденной и контрольной мышцах в этот период выражается одинаковой величиной. На 40 день вес поврежденной мышцы в среднем равен 93% от веса контрольной. По содержанию воды поврежденная мышца не отличается от контрольной. Через 4 мес. после повреждения восстановленная мышца по весу не отличается от контрольной. Прилагаемый рисунок дает представление о последовательных изменениях объема и веса поврежденной мышцы в процессе ее восстановления.

При сопоставлении обнаруженных нами изменений веса поврежденной мышцы в процессе ее восстановления с описанными в предыдущей работе последовательными изменениями функциональной активности ее (1) видно, что наибольшая потеря в весе регенерирующей мышцы совпадает с периодом наибольшего ослабления функциональной активности ее. По мере восстановления функции мышцы, восстанавливается и ее вес.

Важно отметить, что как максимальное ослабление функциональной активности, так и наибольшая потеря в весе поврежденной мышцы наступает не сразу после нанесения травмы, а спустя 5—10 дней. Следовательно, эти изменения не связаны непосредственно с нанесением повреждения, а являются, очевидно, следствием вызванных травмой дегенеративных явлений в мышце (1).

По мнению З. И. Крюковой (3) дегенеративные явления в поврежденной мышце обусловлены нарушением питания мышцы вследствие повреждения кровеносных сосудов в месте травмы. Несомненно, это является одним из условий, вызывающих дегенеративные процессы. Однако расстройство кровоснабжения в очаге повреждения наступает непосредственно вслед за нанесением травмы, а изменения в весе мышцы наступают с 5 дня. Значительное ослабление функциональной активности также обнаруживается не ранее 3—5-го дня (1). Далее, вращение сосудов в поврежденный участок мышцы является очень ранней реакцией на повреждение, тогда как наибольшая потеря веса поврежденной мышцы по нашим данным обнаруживается лишь через 10 дней после повреждения мышцы.

Проведенное нами определение веса икроножной мышцы крыс после перерезки большеберцового нерва, также показывает (см. табл. 2), что до 5 дней вес денервированной мышцы почти не изменяется. На 5 день денервированная мышца по весу свежей ткани уступает нормальной мышце лишь на 3—6% (в среднем 5%), а к 10 дню на 30—40% (в среднем 37%).

Раздражение индукционным током периферического конца поврежденного большеберцового нерва показывает, что возбудимость денервированной мышцы в ответ на раздражение нерва исчезает у крыс только с 3—4 дня после перерезки нерва. С этого момента и начинается резкая атрофия мышц.

Сравнение этих данных с результатами определения веса поврежденной мышцы и сократительной активности ее в первые дни после нанесения травмы обнаруживает большое сходство во времени наступления первых сдвигов в весе и функциональном состоянии денервированной и поврежденных мышцах.

Однако нельзя не принимать во внимание и существенные различия между ними. При денервации (перерезке нерва) мышца целиком утрачивает связь с нервной системой, анатомическая же целостность мышцы сохраняется. При нанесении мышце травмы иннервация нарушается частично: центральный конец мышцы сохраняет связь с нервной системой, периферический же конец ее (ниже области повреждения) в значительной степени утрачивает связь и оказывается в состоянии денервации (1). При

Таблица 2

Изменение веса денервированной икроножной мышцы крыс в первые дни после перерезки нерва

Какой день после денервации	Число крыс	Вес правой денервир. мышцы в % по отношению к левой нормальной		% сухого остатка по отношению к весу свежей ткани	
		по весу свежей ткани	по сухому весу	в левой нормальной мышце	в правой денервированной мышце
1	2	101	101	24,9	24,5
2	2	100	98,5	24,8	24,4
5	5	95	91,5	24,7	23,9
10	5	63	—	—	—
20	4	50	—	—	—

этом поврежденные мышечные волокна в очаге травмы разрушаются, вследствие чего структура их резко изменяется. Одновременно повреждаются и кровеносные сосуды, что ведет к временному нарушению питания мышцы. Далее, раневой процесс неотделим от воспалительной реакции. Таким образом явления неполной денервации в поврежденной мышце осложняются рядом условий, связанных непосредственно с ранением мышечной ткани. Поэтому обнаруженные нами в первый период восстановления поврежденной мышцы ослабление сократительной активности<sup>(1)</sup> и потеря веса, есть следствие не только частичной денервации мышцы, но и травмирования мышечных волокон. Но, очевидно, нарушение иннервации при повреждении мышцы играет ведущую роль в последовательных изменениях морфо-физиологического состояния травмированной мышцы. Если процессы разрушения в очаге травмы наступают в результате повреждения мышечных волокон, то аналогичные явления в неповрежденных волокнах травмированной мышцы развиваются, несомненно, как следствие нарушения целостности иннервации мышцы. По мере подрастания регенерирующих нервных волокон из центрального отрезка мышцы, процессы разрушения и распада в мышце приостанавливаются и восстановительный процесс вступает в новую фазу развития. Таким образом, через нервную систему в восстановительный процесс вовлекается мышца в целом.

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

Поступило  
29 I 1953

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. Р. Стриганова, ДАН, 81, № 2 (1951). <sup>2</sup> А. Н. Студитский, А. Р. Стриганова, Восстановительные процессы в скелетной мускулатуре, 1951.  
<sup>3</sup> З. И. Крюкова, Арх. анат., гистол. и эмбр., 19, 382 (1938).