

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ

Р. П. ЖЕНЕВСКАЯ

**РАЗВИТИЕ ИННЕРВАЦИИ МЫШЦЫ, ВОССТАНОВЛЕННОЙ  
ПУТЕМ ПЕРЕСАДОК ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ**

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 27 I 1954)

Исследованиями А. Н. Студитского и его сотрудников показана высокая способность к регенерации соматической мускулатуры у теплокровных животных (1, 2). Описан феномен восстановления целых мышц посредством пересадок измельченной мышечной ткани (3, 4). В развитии формообразовательного процесса при восстановлении мышц обнаружены две отчетливых стадии: миобластическая, протекающая до образования дефинитивных нервных связей, и миосимпластическая, необходимым условием для наступления которой является развитие нервно-мышечных связей.

Возможность восстановления внутримышечных нервных ветвей и их концевых аппаратов, дегенерирующих при повреждении мышцы или после ее денервации, показана работами ряда авторов (5-7). Настоящее исследование предпринято с целью изучения процесса восстановления иннервации мышцы, регенерирующей при пересадках измельченной мышечной ткани.

У белых крыс в возрасте 3—5 месяцев удалялась икроножная мышца правой конечности путем отсечения ее на уровне Ахиллова сухожилия и выше места вхождения большеберцового нерва (см. рис. 1). Небольшая часть проксимального конца мышцы сохранялась. Предварительно главный ствол большеберцового нерва осторожно отпрепаровывался и сохранялся неповрежденным, перерезались только веточки, входящие в мышцу. На место удаленной мышцы пересаживалась измельченная до состояния кашицы ее латеральная головка. Операции подверглись 57 белых крыс. Животные забивались в разные сроки от 7 дней до 6 месяцев после операции. Восстановленная мышца взвешивалась, фиксировалась 10% нейтральным формалином и обрабатывалась по методам Бильшовского — Гросс — Лаврентьева и Шпильмейера.

Часть подопытных животных была использована для исследования функциональной активности регенерирующей мышцы. Для этого проводилось определение порога раздражения и сократительной реакции мышцы в ответ на раздражение большеберцового нерва индукционными ударами. Сокращения регистрировались путем миографической записи. Методика проведения опытов описана в работе А. Р. Стригановой (7).

По данным А. Н. Студитского и нашим наблюдениям, уже через неделю после операции на месте пересаженной измельченной ткани обнаруживается оформленный мышечный орган.



Рис. 1. Схема операции удаления икроножной мышцы. Горизонтальными линиями показан уровень отсечения

Гистологическое изучение показывает, что регенерат в этот период находится на миобластической стадии развития формообразовательного процесса: наблюдаются интенсивные процессы распада и в то же время образование огромного количества миобластов. Недалеко от места вхождения

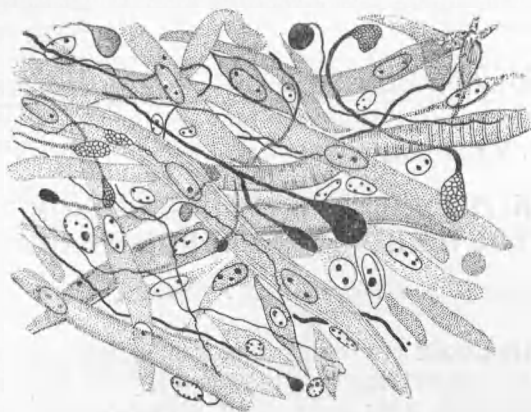


Рис. 2. «Колбы роста» регенерирующих нервных волоконцев через 2 недели после пересадки измельченной мышечной ткани. Импрегнация по методу Бильшовского — Гросс — Лаврентьева. Ок. 10, об. 90

большеберцового нерва образуют скопление в виде пучка. Можно наблюдать, как из этого пучка безмякотные нервные волокна вырастают также и в остаток удаленной мышцы. В бюнгнеровских тяжах последнего иногда обнаруживаются уже 2—3 тонких волокна. Регенерирующие нервные волокна оканчиваются вздутиями в виде маленького клубочка или расширениями с нежной фибриллярной сеточкой (рис. 2).

Нервные волокна часто подходят вплотную к ядрам мышечных элементов — миобластов и уже появившихся мышечных трубочек. Восстановительный процесс вступает в следующую стадию развития — миосимпластическую.

Через 20 дней в регенерате наряду с миобластами и мышечными трубочками обнаруживаются и очень тонкие поперечно-полосатые мышечные волокна. Одиночные нервные волокна к этому времени соединяются в небольшие пучки, вначале по 2—3 волокна, а затем и больше. Иногда видны шванновские ядра, прилегающие к нервному волокну и образующие его оболочку. Можно наблюдать также разветвления нервных волоконцев, подходящие к мышечным волокнам и имеющие окончания в виде пуговок и петелек.

В остатке удаленной мышцы в этот период иногда обнаруживаются нервные стволы, оканчивающиеся начинающимися формироваться бляшками.

Проведенная нами проверка функционального состояния регенерирую-

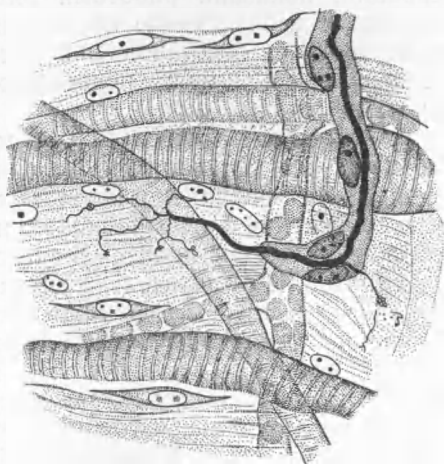


Рис. 3. Образование нервных окончаний примитивной структуры в регенерирующей мышце через месяц после операции. Импрегнация по методу Бильшовского — Гросс — Лаврентьева. Ок. 10, об. 90

шей мышцы через 20 дней после операции обнаружила в одних случаях очень слабое сокращение восстановленной мышцы в ответ на раздражение индукционным током (при РК = 10—12 см), в других случаях мышца совсем не отвечала на раздражение.

Значительно более отчетливый ответ на раздражение нерва дает мышца через месяц после операции. Порог возбуждения колеблется в пределах РК = 31—53 см. Но в этот период сокращается главным образом проксимальная часть мышцы, где в остатке старой мышцы микроскопически наблюдаются нервные стволики, оканчивающиеся почти сформированными моторными бляшками.

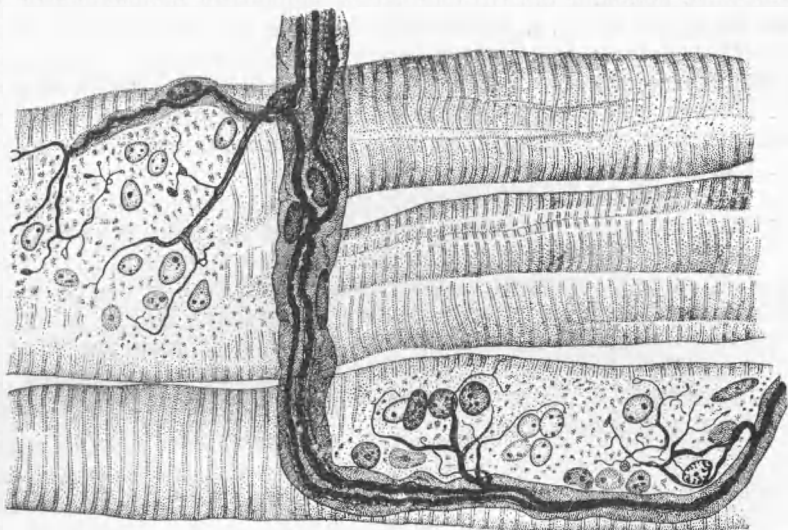


Рис. 4. Нервное волокно с сформированными моторными бляшками в восстановленной мышце через 6 мес. после операции. Импрегнация по методу Бильшовского — Гросс — Лаврентьева. Ок. 10, об. 90

В области вхождения в мышцу большеберцового нерва в регенерате обнаруживается мощный пучок нервных волокон, часто имеющих уже миелиновую оболочку и проникающих на большое расстояние в толщу мышцы.

Нервные волокна растут главным образом по ходу мышечных волокон, параллельно им. Однако в дистальном конце регенерата еще очень мало нервных волокон, они единичны и не имеют оболочки или она находится в самом начале образования: к безмякотному тонкому волоконцу местами прилегают шванновские ядра.

Здесь окончания регенерирующих нервных волокон еще очень примитивны. Иногда тонкое волокно имеет утолщения в форме клубочков, придающих ему вид четок. Только в некоторых случаях удается наблюдать начало образования моторных бляшек: подходя к мышечному волокну, безмякотное нервное волокно разделяется на несколько веточек, заканчивающихся нежными петельками, клубочками или спиральями (см. рис. 3). Через 2—3 месяца после операции уже более дифференцированные бляшки встречаются в регенерате в большом количестве. Однако бляшки имеют еще немного ядер в подошве и их конечные веточки не сильно разветвлены.

К этому времени регенерат целиком состоит из поперечно-полосатых мышечных волокон, значительно увеличенных в диаметре по сравнению с 1 месяцем после операции. Нервные стволики также заметно утолщаются и имеют сформированную миелиновую оболочку. Они пронизывают во всех направлениях толщу регенерата, оплетая мышечные волокна.

Исследование сократительной активности регенерирующей мышцы в этот период показывает, что во всех случаях мышца дает отчетливый ответ сокращением на раздражение с нерва. При этом амплитуда сокращений значительно увеличивается по сравнению с месячным сроком. Порог раздражения колеблется в пределах  $RK = 25-52$  см. Максимальный размах сокращений наступает уже при нагрузке в  $5-10$  г.

Исследование регенерата через  $4-6$  мес. после операции обнаруживает, что мышца состоит из вполне дифференцированных, переплетающихся мышечных волокон и пронизана большим количеством мягкотных нервных волокон с отходящими от них тонкими веточками.

Мышечные волокна богато снабжены нервными окончаниями, различными по степени зрелости. Ясно видны вполне сформированные моторные бляшки; их подошвы содержат зернистую протоплазму и больше количество округлых или овальных светлых ядер с четкими ядрышками (см. рис. 4). Вместе с тем встречаются малоразветвленные бляшки с небольшим количеством ядер в подошве, иногда же окончания имеют вид просто петелек или пуговок.

Опыты с раздражением мышцы с нерва индукционным током через  $6$  мес. после операции показали, что порог раздражения колеблется уже в пределах  $RK = 25-40$  см, т. е. очень близких к норме. Максимальный размах сокращений мышцы наступал при нагрузке в  $10-25$  г (по весу восстановленная мышца в этот период составляет  $30,2\%$  по сравнению с одноименной мышцей противоположной стороны того же животного\*).

Изложенные результаты свидетельствуют об образовании нервно-мышечных связей в мышце, восстановленной посредством пересадок измельченной мышечной ткани.

Поступило  
25 I 1954

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> З. П. Игнатьева, ДАН, 75, № 4 (1950). <sup>2</sup> А. Н. Студитский, А. Р. Стриганова, Восстановительные процессы в скелетной мускулатуре, 1951. <sup>3</sup> А. Н. Студитский, ДАН, 84, № 2 (1952). <sup>4</sup> А. Н. Студитский, Арх. анат., гистол., эмбриол., 29, № 6 (1952). <sup>5</sup> J. Воеке, Studien zur Nervenregeneration, I, 1916. <sup>6</sup> Л. И. Фалин, Всесоюз. совещание по нейроморфол. 26-30 июня 1952 г., тезисы докладов. <sup>7</sup> А. Р. Стриганова, ДАН, 81, № 2 (1951).

---

\* По данным А. Р. Стригановой (<sup>9</sup>) порог раздражения икроножной мышцы крысы в норме колеблется в пределах  $RK = 30-40$  см, в среднем  $RK = 35-36$  см. Оптимальная нагрузка колеблется в пределах  $75-120$  г, в зависимости от веса животного.