

Морфофункциональная характеристика мышц голени собак при регенерации пересеченного седалищного нерва в условиях дистракционного остеосинтеза бедренной кости

М.С. Сайфутдинов, Т.В. Сизова, Н.К. Чикорина, Н.А. Щудло, А.В. Шамара

Morphofunctional characteristic of canine leg muscles in regeneration of transected sciatic nerve in the conditions of femoral distraction osteosynthesis

M.S. Saifutdinov, T.V. Sizova, N.K. Chikorina, N.A. Chtchoudlo, A.V. Shamara

Государственное учреждение науки

Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова, г. Курган (генеральный директор — заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАМН, д.м.н., профессор В.И. Шевцов)

Изучали особенности регенерации двигательных единиц в экспериментах с травмой седалищного нерва и бедренной кости у собак. В 1 серии выполнено пересечение нерва и микрохирургический эпи-периневральный шов. Во 2 и 3 сериях операция на нерве произведена после остеотомии бедренной кости и остеосинтеза в спице-стержневом аппарате, причём во 2 серии применяли нейтральный остеосинтез, а в 3-ей производили удлинение бедра на 10-15% дистракцией фрагментов бедренной кости. По сравнению с 1 серией в условиях нейтрального остеосинтеза голени в ранние сроки после операции интенсивность реиннервации незначительно снижена. В поздние сроки наблюдалась стабилизация реиннервации на уровне, близком реиннервации икроножной мышцы в первой группе. Уровень стабилизации М-ответа передней большеберцовой мышцы несколько ниже. В третьей экспериментальной серии реиннервационный процесс развивается по восходящей постепенно. Интенсивность колебательной составляющей в данной серии меньше, чем тенденция к росту. Возможно, что дистракция в выбранном режиме не столько стимулирует, сколько упорядочивает процесс формирования структуры ДЕ.

Ключевые слова: собаки, мышца, нерв, электромиография, регенерация, денервация.

Characteristic features of regeneration of motor units (MU) were studied experimentally in dogs with trauma of sciatic nerve and femur. Intersection of the nerve and microsurgical epineural suturing were made in series 1. In series 2 and 3 the nerve surgery was performed after femoral osteotomy and osteosynthesis using a wire-and-half-pin device such that in series 2 neutral osteosynthesis was made and in series 3 femur was 10-15% lengthened by distraction of femoral fragments. In comparison with series 1 using leg neutral osteosynthesis reinnervation intensity was slightly decreased in the early periods after surgery. Stabilization of reinnervation was noted in the late periods at the level close to reinnervation of the gastrocnemial muscle in the first group. The level of stabilization of the anterior tibial muscle M-response was a little lower. The reinnervation process in the third experimental series developed ascending gradually. The intensity of the oscillation component in this series was less than the tendency towards growth. Probably distraction in the mode selected not so much stimulated as organized the process of MU structure formation.

Keywords: dogs, muscle, nerve, electromyography, regeneration, denervation.

При сочетании перелома кости с дефектом нервного ствола некоторые авторы считают предпочтительным применить не нейропластику, а непосредственное сшивание нерва, для чего нередко необходимо укорочение кости [4,11,12]. Восстановление длины укороченного сегмента не осуществляют [4,12] или выполняют через 15 месяцев после первой операции [11] из-за представлений об отрицательном влиянии дистракции на регенерацию нервных волокон. Экспериментальным исследованием оптимальных условий репарации нервного ствола после шва в условиях дистракции посвящены немногочисленные публикации [3,10]. Цель работы -

изучение электрофизиологической и гистоморфологической характеристики мышц голени собак при регенерации седалищного нерва после его пересечения и шва, а также при сочетании его повреждения с остеотомией бедренной кости и дистракционным остеосинтезом. Модель пересечения, а не резекции выбрана потому, что у собак уже при резекции 1 см нерва возникает резкое несоответствие пучковых паттернов его отрезков. Степень несоответствия определяется индивидуальными особенностями внутривольной топографии, что делает невозможной сравнительную оценку регенерации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено на 15 взрослых беспородных собаках. В 1 серии опытов (6 собак) под внутривенным барбитуровым наркозом выполнено пересечение седалищного нерва на уровне средней трети бедра и микрохирургический эпи-перинеуральный шов нитью 8/0 с применением оптического увеличения микроскопа "Opton". Во 2 и 3 сериях операция на нерве произведена после открытой чрездиафизарной остеотомии бедренной кости пилой Джигли и остеосинтеза в спице-стержневом аппарате. Во 2 серии опытов бедренную кость фиксировали в аппарате в течение 2-х месяцев. В 3 серии, начиная с 7-9 дня после операции, производили distraction фрагментов бедренной кости с точным темпом 0,5 и 0,75 мм за 2-3 приёма. После консолидации distractionного костного регенерата аппарат снимали. Через 12 месяцев после операции животные были выведены из опыта.

Электрофизиологические исследования с использованием стимуляционной электромиографии (ЭМГ) по общепринятой методике [2] в модификации, предложенной к.б.н. А.П. Шейным, проводили под внутривенным барбитуровым наркозом. Вызванную биоэлектрическую активность (М-ответы) мышц голени получали в результате раздражения седалищного нерва через игольчатый электрод прямоугольными импульсами длительностью 1 мс с заведомо супрамаксимальной для М-ответов амплитудой. Вызванную биоэлектрическую активность икроножной и передней большеберцовой мышц регистрировали с помощью ЭМГ-системы «DISA-1500» фирмы "DANTEC" (Дания) монополярно. Активный электрод вводили в брюшко тестируемой мышцы, а индифферентный - под кожу в области сухожилия.

Восприятие исследователя, обладающего определенным опытом в рассматриваемой про-

блеме, в процессе визуального анализа графического представления корреляционного поля анализируемого параметра чаще всего позволяет увидеть основные тенденции развития, что задает направление поиска.

С одной стороны, эффективная реиннервация подразумевает увеличение амплитуды М-ответа, то есть одной из главных доминирующих тенденций является возрастание параметра. С другой стороны, формирование и перестройка структуры двигательных единиц (ДЕ) протекает по типу колебательного переходного процесса [9], что совпадает с данными, полученными в других условиях [5]. Для количественной оценки изучаемых феноменов необходимо привлечение специализированного математического аппарата.

Ориентируясь на максимальные значения коэффициента детерминации (R^2), мы пришли к заключению, что первая тенденция лучше всего описывается в рамках возможностей, предоставляемых пользователю аппроксимационными средствами "Excel-97", степенной зависимостью вида:

$$Y = at^b \quad (1)$$

а вторая – полиномом:

$$Y = a_1t^n + a_2t^{n-1} + \dots + at + a_n \quad (2)$$

с показателем степени 3-5.

Морфологические исследования передней большеберцовой и икроножной мышц проводили на световом и ультраструктурном уровнях. Для гистологического исследования парафиновые срезы окрашивали гематоксилин-эозином и по методу Ван Гизона. Для электронно-микроскопического изучения материал обрабатывали по общепринятой методике и просматривали в микроскопе фирмы "ДЖЕОЛ" (Япония).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Клинические характеристики денервационно-реиннервационного синдрома представлены в таблицах.

В первой и второй сериях моторные ответы

мышц голени появляются через три-восемь недель после шва нерва, причём в передней большеберцовой мышце на 2-4 недели позднее, чем в икроножной.

Таблица 1.

Серия 1, контроль. Операция: пересечение седалищного нерва, микрохирургический эпи-перинеуральный шов.
Срок эксперимента - 12 месяцев

№	Особенности ДНС	Срок функционального выздоровления
1.	Пяточная язва	3 мес.
2.	Ослабление опоры	3 мес.
3.	Облысение пяточной области, периодическая тыльная флексия стопы при ходьбе, ослабление опороспособности	5 мес.
4.	Ослабление опоры, подворачивание стопы кнутри	5 мес.
5.	Ослабление опороспособности	7 мес.
6.	Периодическая опора на тыл стопы	10 мес.

Таблица 2.

Серия 2, контроль. Операция: остеотомия бедренной кости, остеосинтез, пересечение седалищного нерва, микрохирургический эпи-периневральный шов. Срок эксперимента - 12 месяцев

№	Срок в аппарате (дни)	Особенности ДНС	Срок функционального выздоровления
1.	60	Ослабление опороспособности	3 мес.
2.	60	Постоянная опора на тыл стопы, изъязвление тыла, затем натоптыш, контрактура голеностопного сустава	10мес.
3.	60	Пяточная язва, периодически опора на тыл, иногда на веерообразно распластанную стопу	В 7 мес. восстановилась опора и походка, но сохранился участок облысения в пяточной области

Таблица 3.

Серия 3, опыт. Операция: остеотомия бедренной кости, остеосинтез, пересечение седалищного нерва, микрохирургический эпи-периневральный шов, дистракция с 7-9 дня. Срок эксперимента - 12 месяцев

№	Срок в аппарате (дни)	До дистракции (дней)	Удлинение %	Особенности ДНС	Срок функционального выздоровления
1.	63	9	10%	Периодическая опора на тыл стопы	3 мес.
2.	84	9	15%	Периодическая опора на тыл стопы	4 мес.
3.	50	7	10%	Резкое ослабление опоры	4 мес.
4.	94	7	10%	Ослабление опоры, облысение в пяточной области	7 мес.
5.	97	8	15%	Периодическая опора на тыл стопы, рецидивирующая пяточная язва, контрактура голеностопного сустава	Нет
6.	48	8	10%	Периодическая опора на тыл стопы	Нет

На рисунке 1А амплитуда М-ответа икроножной мышцы в динамике достигает первого максимума на шестой месяц после операции. Затем наблюдается вторичное снижение параметра. К 12 месяцам наблюдения вновь намечается тенденция к подъему его, о чем свидетельствует полиномиальная линия тренда.

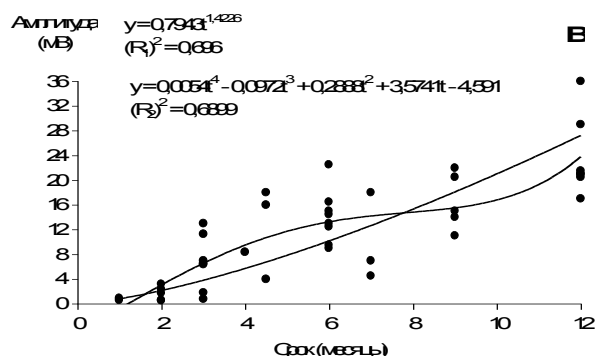
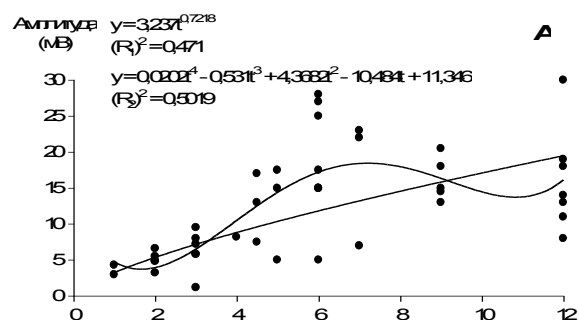


Рис. 1. Динамика амплитуды М-ответов икроножной (А) и передней большеберцовой (В) мышц оперированной конечности в первой группе животных.

На рисунке 1В первый максимум динамики амплитуды М-ответа передней большеберцовой мышцы на срок 6 месяцев менее выражен, чем для икроножной мышцы, а второй максимум (на 12 месяцев) хорошо выражен.

Судя по близости значений коэффициентов детерминации обоих видов тренда, степень точности аппроксимации для полученных данных приблизительно одинакова. В то же время показатели R^2 для обеих функций в случае икроножной мышцы ниже, чем для передней большеберцовой. Видимо, на динамику М-ответа икроножной мышцы большее влияние оказывают стохастический характер воздействия фоновых факторов, либо денервационно-реиннервационные процессы в ней по причинам, требующим уточнения, протекают менее равномерно.

На рисунке 2А, отображающем динамику М-ответа икроножной мышцы во второй экспериментальной группе, выражен только первый максимум. Далее, в срок между шестью и восемью месяцами эксперимента, амплитуда М-ответа икроножной мышцы во второй экспериментальной группе выходит на плато, чему соответствует вид линии полиномиального тренда.

На рисунке 2В в динамике М-ответа передней большеберцовой мышцы максимум на шесть месяцев эксперимента отсутствует, и наблюдается постепенное увеличение анализируемого параметра.

Для обеих мышц коэффициенты детерминации степенных трендов больше, чем полиномиальных. Однако в случае с икроножной мышцей степенной тренд игнорирует выход параметра на плато. Как и в предыдущей серии, показатели R^2 обоих видов зависимости для передней

большеберцовой мышцы имеют большие значения, чем для икроножной.

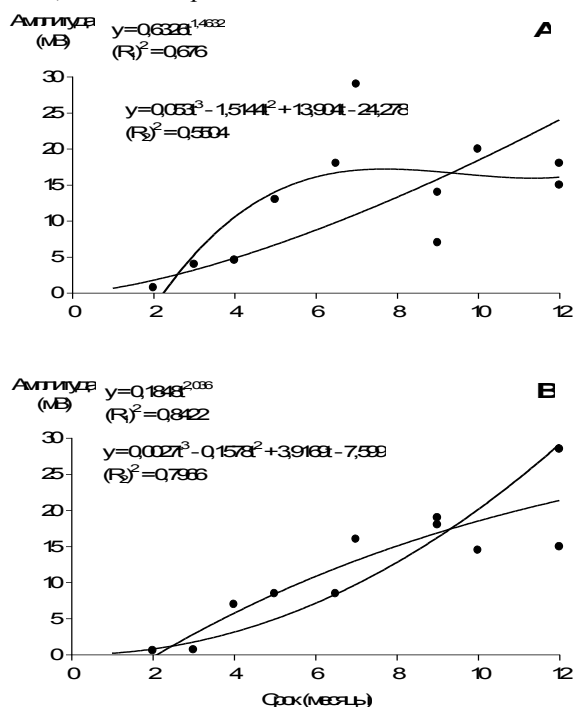


Рис. 2. Динамика амплитуды М-ответов икроножной (А) и передней большеберцовой (Б) мышц оперированной конечности во второй группе животных.

Таким образом, в обеих группах животных, являющихся контролем для сравнения с третьей серией, амплитуда М-ответа к 12 месяцам достигает в большинстве случаев значений, близких к дооперационному уровню. Проведённые в этот срок морфологические исследования показали, что структура мышц в пучках представлена компактно расположенными, частью гомогенно окрашенными мышечными волокнами различной толщины, имеющими полигональную или округлую форму на поперечных срезах. Поперечная исчерченность в большинстве волокон сохранена, ядра расположены под сарколеммой (рис. 3). Нервные стволы и мышечные веретена не изменены (рис. 4).

Электронно-микроскопические исследования показали, что в большинстве мышечных волокон наблюдается упорядоченная структура саркомеров и саркотубулярной системы (рис. 5). Однако в отдельных волокнах обнаруживается дезорганизация Z-линий, что выражается в вариабельности их толщины и электронно-оптической плотности (рис. 6). Обращает внимание значительное скопление полирибосом в околоядерных участках саркоплазмы, активный миофибриллогенез и формирование цистерн саркотубулярной системы (рис. 7). В части мышечных волокон встречаются многочисленные ундулирующие выросты на концах волокон, содержащие крупные ядра, миелиновые фигуры и околоядерные органеллы (рис. 8). Содержание межфибрилярного и околоядерного гликогена — умеренное.

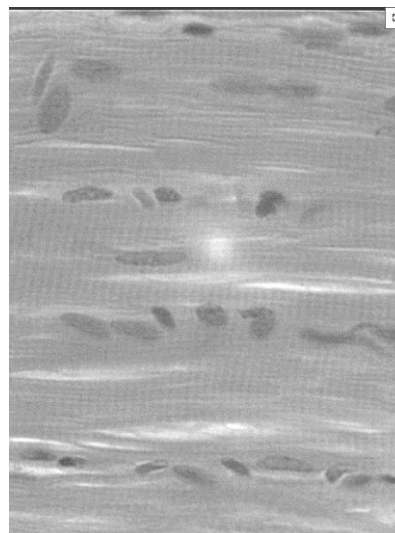


Рис. 3. Продольный срез передней большеберцовой мышцы. 12 мес. опыта. Нормальная гистоструктура мышечных волокон. Гематоксилин-эозин. Об. 16. Ок. 10.

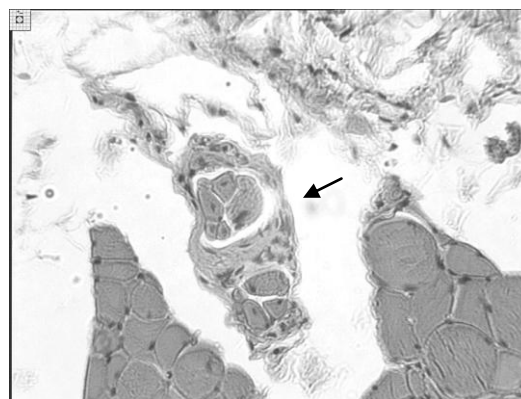


Рис. 4. Поперечный срез икроножной мышцы. 12 мес. опыта. Мышечное веретено в перимизии. ВванГизон. Об. 16. Ок. 10.

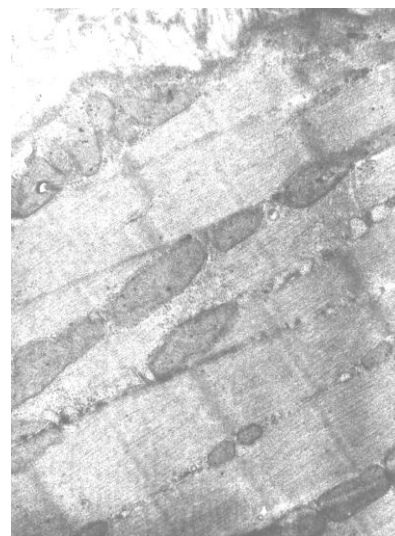


Рис. 5. Электронограмма передней большеберцовой мышцы. 12 мес. опыта. Упорядоченная структура саркомеров. x30000.

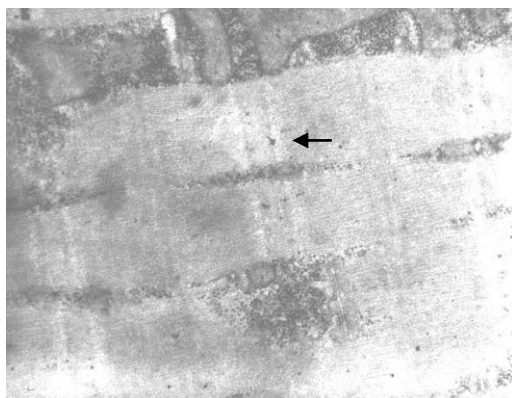


Рис. 6. Электронограмма передней большеберцовой мышцы. 12 мес. опыта. Широкие Z-линии в мышечном волокне. x50000.

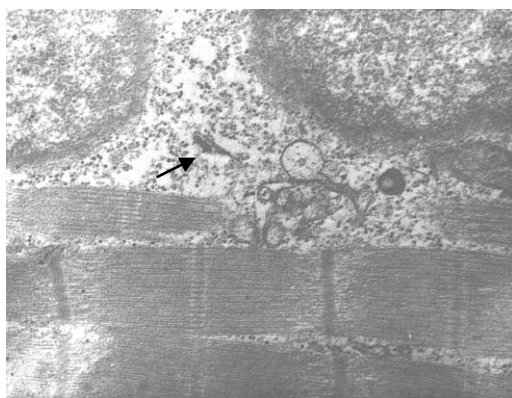


Рис. 7. Электронограмма передней большеберцовой мышцы. 12 мес. опыта. Обилие полирибосом, синтез миофиламентов и формирование цистерн сарко-тубулярной системы в околоядерной зоне мышечного волокна. x30000.

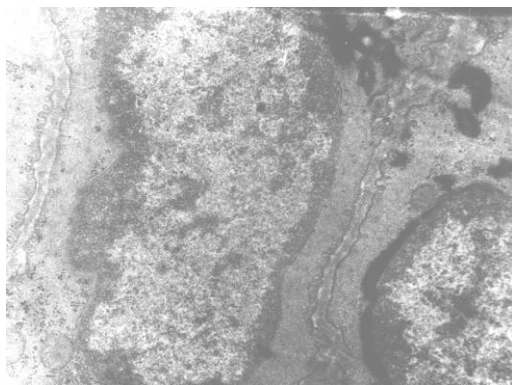


Рис. 8. Электронограмма икроножной мышцы. 12 мес. опыта. Ундулирующие выросты саркоплазмы на конце мышечного волокна. x30000.

В третьей серии экспериментов первые моторные ответы появляются в мышцах голени через 1-2 месяца после операции. На рисунке 9А представлена динамика амплитуды М-ответа икроножной мышцы в третьей экспериментальной группе. Первый максимум анализируемого параметра на 6-8 месяцев после вмешательства на нерве только намечается. Второй максимум на срок 12 месяцев хорошо выражен.

Аналогичную картину динамики амплитуды М-ответа передней большеберцовой мышцы

для данной экспериментальной группы можно видеть на рисунке 9В. Очевидно, что денервационно-реиннервационные изменения в обеих мышцах оперированной голени в третьей экспериментальной серии протекали сходно и синхронно. Значения коэффициентов детерминации обоих видов трендов икроножной и передней большеберцовой мышц имели близкие значения. Судя по их величинам, обе функции не очень хорошо описывают динамику реиннервационного процесса в третьей экспериментальной серии. Через год в большинстве наблюдений амплитуда М-ответа мышц голени достигает значений, близких к нижней границе нормы.

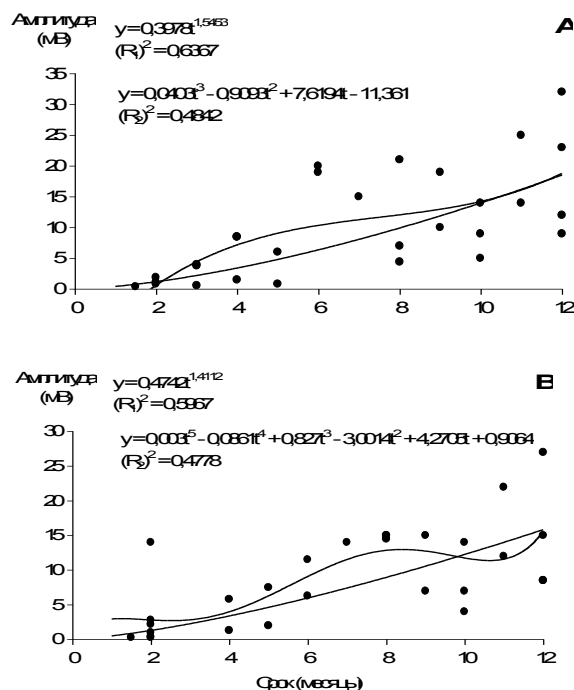


Рис. 9. Динамика амплитуды М-ответов икроножной (А) и передней большеберцовой (В) мышц оперированной конечности в третьей группе животных.

Морфологические исследования показали, что в условиях дистракционного остеосинтеза гистологическое строение большинства мышечных волокон в пучках нормальное. В строме органа регулярно встречаются мышечные веретена и нервные стволы. Однако на отдельных участках отмечаются очаговые скопления мышечных ядер, чаще по ходу артериол (рис. 10), и очаговые лимфоидно-плазмочитарные инфильтраты. В области мышечно - сухожильных соединений наблюдается дисконфлексация мышечных пучков.

Изучение электронограмм показало, что в основной массе мышечных волокон наблюдается нормальная комплектация саркомеров. Митохондрии имеют удлинненную форму, энергизированы. Отмечается очаговое скопление гликогеновых гранул в межфибриллярных пространствах (рис. 11). В отдельных мышечных волокнах сарколемма образует глубокие склад-

ки, выпячивания, содержащие ядра и набор органелл. По бокам и на концах отдельных мышечных волокон наблюдается внутриклеточная

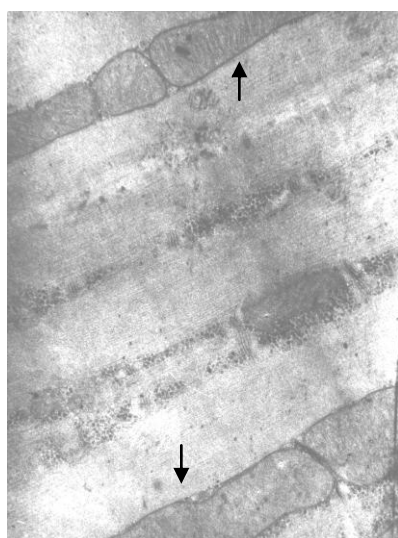
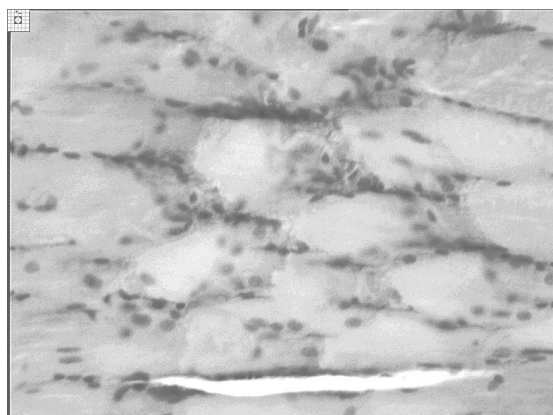


Рис. 11. Электронограмма передней большеберцовой мышцы. ДО. 12 мес. опыта. Энергизированные митохондрии удлиненной формы и скопления гликогенных гранул в мышечном волокне. $\times 30000$.

регенерация локомоторного аппарата и саркотубулярной системы (рис. 12).

Рис. 10. Продольный срез икроножной мышцы. ДО. 12 мес. опыта. В мышечных волокнах скопления собственных мышечных ядер и стромальных клеток. Ван-Гизон. Об. 16. Ок. 10.

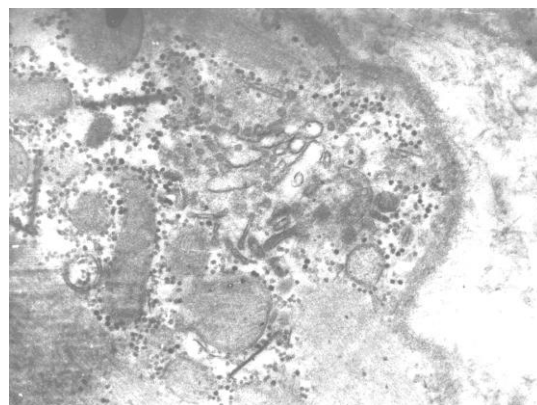


Рис. 12. Электронограмма передней большеберцовой мышцы. ДО. 12 мес. опыта. Активизация биосинтеза миофиламентов, трубочек и цистерн саркотубулярной системы на конце мышечного волокна. $\times 30000$.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В первом приближении амплитуда **М**-ответа пропорциональна количеству активированных электрическим импульсом **ДЕ** [1]. Однако следует учесть, что на величину амплитуды **М**-ответа могут оказывать влияние ряд факторов, воздействие которых носит стохастический характер. К ним, в частности, относятся вариации положения отводящих и раздражающих электродов, флуктуации функционального состояния возбудимых мембран **ДЕ**, связанные с действием премедикации и наркоза, а также с общим колебанием состояния организма. Эти факторы, в основном связанные с методикой и обстоятельствами тестирования, будем в дальнейшем именовать фоновыми. Таким образом, каждое конкретное значение амплитуды **М**-ответа интегрирует в себе влияние закономерных тенденций, отражающих логику протекаю-

щего на момент тестирования реиннервационного процесса и стохастическое воздействие фоновых факторов.

Характерное для протекания переходных процессов периодическое колебание значений амплитуды **М**-ответа не следует отождествлять с эффектами стохастического воздействия фоновых факторов, поскольку колебания значений параметра, вызванные ими, выглядят на корреляционном поле как беспорядочное рассеивание индивидуальных значений параметра. А закономерные колебания представляют собой упорядоченную картину периодического распределения точек на графике и отражают одну из закономерных тенденций развития системы.

Решение вопроса о типе основной тенденции развития системы обычно сводится к поиску уравнения функции, с достаточной точностью

аппроксимирующей фактические данные, однако оно не является чисто математической задачей. Сделанный нами выбор двух возможных видов тренда основан на проведенном ранее качественном анализе денервационно-реиннервационного процесса [7-10]. Главной тенденцией, несомненно, является прогрессивный рост количества иннервированных мышечных волокон, в той или иной мере выраженный в разных экспериментальных сериях и в разных мышцах. В то же время условия протекания реиннервационного процесса нельзя назвать стабильными, поскольку с течением времени влияние оперативной травмы ослабевает, к тому же сам реиннервационный процесс, будучи явлением нелинейным, интенсивно меняет условия своего протекания (кровообращение, нейротрофика, вегетативное обеспечение), в частности, на определенном этапе интенсифицируется двигательная активность животного. Этими обстоятельствами обусловлен колебательный характер реиннервации. Стремление прорастающих аксонных терминалей охватить максимально доступную им территорию мышечной ткани приводит к тому, что отдельные мышечные волокна оказываются иннервируемыми несколькими терминалями, а другие слишком удалены от центра иннервации. В первом случае вследствие конкуренции, а во втором из-за трофического напряжения начинается вторичная денервация. Таким образом, в этот период территория ДЕ и число активируемых при электрораздражении мышечных волокон постоянно колеблются.

В первой экспериментальной серии в ранние сроки наблюдения реиннервация более интенсивно протекала в икроножной мышце, о чем свидетельствует хорошо выраженный первый максимум полиномиального и «выпуклый» вид степенного трендов.

Восстановление структуры ДЕ в передней большеберцовой мышце протекает более равномерно. В начале оно несколько отстает по интенсивности от икроножной мышцы, но затем темпы его постепенно ускоряются, о чем свидетельствуют «вогнутый» вид степенного тренда, который все же остается ближе к линейному, чем к параболическому. Видимо, с этим связана слабая выраженность первого максимума на полиномиальном тренде.

На поздних сроках интенсивность реиннервационного процесса в икроножной мышце замедляется, что отражается на вторичном снижении полиномиального тренда. Мы полагаем, что в этот период интенсифицируются процессы перестройки уже сформировавшихся ДЕ, за счет чего отмечается вторичный спад амплитуды М-ответа.

В передней большеберцовой мышце сохраняются прежние темпы реиннервации. Возможно, это связано с тем, что формирование быст-

рых ДЕ, более высоко специализированных структур, происходит более упорядоченно. Очевидно, с этим же связано более медленное начало реиннервации.

Степенная функция и полином, судя по значениям коэффициентов детерминации, аппроксимируют динамику амплитуды М-ответа с одинаковой степенью точности, но полиномиальный тренд, с нашей точки зрения, предпочтительнее, поскольку степенная зависимость игнорирует вторичное снижение амплитуды М-ответа в поздние сроки наблюдения, отражающее перестройку структуры ДЕ – важную черту реиннервации как переходного процесса.

Во второй серии экспериментов тяжесть оперативного вмешательства выше, чем в первой, за счет остеотомии и нейтрального остеосинтеза. Однако условия реиннервации должны оставаться в основном такими же, как в первой группе. Именно с более высокой степенью тяжести оперативного вмешательства мы связываем незначительное снижение интенсивности реиннервации мышц голени в ранние сроки после операции.

В поздние сроки наблюдения амплитуда М-ответа икроножной мышцы выходит на плато, что, по нашему мнению, свидетельствует о стабилизации реиннервации на уровне, судя по величинам амплитуды М-ответа, близком уровню реиннервации икроножной мышцы в первой группе. Уровень стабилизации М-ответа передней большеберцовой мышцы несколько ниже.

В третьей экспериментальной серии первые максимумы в динамике амплитуды М-ответа обеих мышц «размыты». Зато вторые – хорошо выражены. То есть, реиннервационный процесс развивается по восходящей более-менее плавно и постепенно. Значения коэффициентов детерминации свидетельствует о том, что обе выбранные для аппроксимации функции достаточно хорошо описывают динамику процесса, но степенной тренд несколько лучше, то есть интенсивность колебательной составляющей в данной серии меньше, чем тенденция к росту. Возможно, что дистракция в выбранном режиме не столько стимулирует, сколько упорядочивает процесс формирования структуры ДЕ.

Очевидно, что изменения условий и интенсивности протекания реиннервационного процесса в ранние и поздние сроки наблюдений способствуют тому, что выбранные виды трендов неодинаково хорошо их описывают. Видимо, на ранних этапах более адекватен степенной тренд, а в более поздние сроки – полиномиальный. Поэтому величина коэффициентов детерминации не может быть единственным и достаточным критерием успешности аппроксимации.

Проведенные морфологические исследования показали, что через 1 год опыта в реиннервированных мышцах, независимо от методики

нервного шва, а также при резекции кости и наложении аппарата Илизарова (нейтральный остеосинтез) гистологическое строение мышц выглядит нормально. Однако глубокие изменения баланса сократительных (миозин, актин) и особенно плазмолеммальных (дистрофин) белков, а также α -актина Z-линий при денервации остаются долгое время причиной обнаруженных на ультраструктурном уровне картин: многочисленные складки сарколеммы, образующие ундулирующие выросты, продолжаю-

щееся формирование саркотубулярной системы на периферии волокон, дезорганизация Z-линий. В условиях дистракционного остеосинтеза к описанным особенностям ультраструктуры мышечных волокон присоединяются митохондрии удлинённой формы, растягивающиеся на 2-3 саркомера, обилие гранул гликогена в саркоплазме и продолжающаяся дифференцировка внутриклеточных структур мышечных волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бадалян Л.О., Скворцов И.А. Клиническая электронейромиография. – М.: Медицина, 1986. – 368 с.
2. Байкушев С. и др. Стимуляционная электромиография и электронейрография в клинике нервных болезней / С. Байкушев, Э.Х. Манович, В.П. Новикова. – М.: Медицина, 1974. – 143 с.
3. Регенерация сшитого нерва в условиях дозированной дистракции. / Г.А. Илизаров, М.М. Щудло, А.А. Шрейнер и др. // Экспериментально-теоретические и клинические аспекты разрабатываемого в КНИИЭКОТ метода чрескостного остеосинтеза: Тез. докл. Всесоюз. симпозиума с участ. иностр. специалистов. – Курган, 1983. – С. 53-54.
4. Филиппова Р.П. Особенности регенерации нерва в зависимости от степени натяжения его после шва // Ортопед., травматол. – 1974. – № 3. – С. 36-40.
5. Влияние оперативного удлинения плеча на электрофизиологические характеристики дистальных нервно-мышечных структур / А.П. Шеин, В.И. Калякина, Г.А. Криворучко и др. // Чрескостный компрессионно-дистракционный остеосинтез по Илизарову в травматологии и ортопедии: Сб. науч. тр. – Курган, 1985. – Вып. 10. – С. 124-132.
6. Электрофизиологические признаки реконструктивных изменений в нервно-мышечных структурах удлинённой конечности / А.П. Шеин, Г.А. Криворучко, М.С. Сайфутдинов и др. // Актуальные вопросы травматологии и ортопедии. – Екатеринбург, 1997. – С. 209-215.
7. Регенерация нервно-мышечного аппарата при возмещении дефекта дозированным удлинением его отрезков / М.М. Щудло, Н.А. Щудло, Н.К. Чикорина и др. // Гистогенез и регенерация тканей: Материалы науч. конф., посвящ. памяти проф. А.А. Клишова. – СПб.: Военно-медицинская академия, 1995. – С. 45.
8. Реиннервация при разных способах репарации свежеповрежденного седалищного нерва: Тез. докл. Международ. юбил. науч.-практ. конф. / Н.А. Щудло, М.М. Щудло, М.С. Сайфутдинов и др. // Гений ортопедии. – 1996. – № 2-3. – С. 122-123.
9. Ультраструктурные и клинико-физиологические характеристики нервно-мышечного аппарата голени при дефектах седалищного нерва / М.М. Щудло, Н.А. Щудло, Н.К. Чикорина и др. // Гений ортопедии. – 1995. – № 2. – С. 38-42.
10. Экспериментально-морфологическое обоснование возможности удлинения сшитого нервного ствола / М.М. Щудло, Н.А. Щудло, М.С. Сайфутдинов и др. // Травматол. ортопед. России. – 1995. – № 5. – С. 56-60.
11. Pascarel X., Peres J.M., LeClouerec G. Allongement de l'humerus apres reimplantation du membre superieur // Rev. Chir. Orthop. – 1994. – Vol. 80, № 5. – P. 450-453.
12. Seddon H.J. Surgical disorders of the peripheral nerves. – New York: Churchill-Livingstone, 1975. – 336 p.

Рукопись поступила 29.01.01.