

© Группа авторов, 2007

**Морфофункциональная характеристика мышц голени  
экспериментальных животных при «веерном» удлинении  
конечности в эксперименте**

**Н.К. Чикорина, М.С. Сайфутдинов, С.А. Ерофеев, Т.В. Сизова**

**Morphofunctional characteristics of the leg muscles of  
experimental animals for experimental "fan-like" limb lengthening**

**N.K. Chikorina, M.S. Saifutdinov, S.A. Yerofeyev, T.V. Sizova**

Федеральное государственное учреждение

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

На восьми взрослых беспородных собаках путём «веерного» удлинения голени после закрытой флекссионной остеоклазии берцовых костей в сравнении с пятью контрольными животными было показано, что использование специального режима distraction для получения радиальных регенератов не приводит к необратимому снижению функционального состояния нервно-мышечного аппарата, существенно отличающемуся от такового в контрольной серии. Проведенные при этом гистологические исследования мышц голени свидетельствуют об умеренно выраженных реактивных изменениях, характерных для растяжения тканей, которые компенсируются регенерацией внутриклеточных структур миосимпластов.

**Ключевые слова:** distraction остеосинтез, мышца, электромиография.

When 8 mongrel adult dogs were subjected to "fan-like" leg lengthening after closed flexion osteoclasia of leg bones and compared with 5 control animals, it was demonstrated that the use of the special mode of distraction to obtain radial regenerated bones did not lead to the non-reversible decrease of functional state of the neuromuscular system, which considerably differed from that of control series. The histological studies of leg muscles performed demonstrate the moderately marked reactive changes, characteristic of tissue tension, which are compensated by regeneration of myosymplast intracellular structures.

**Keywords:** distraction osteosynthesis, muscle, electromyography.

Одним из важных аспектов distraction остеосинтеза является создание адекватных условий для оптимального функционального состояния удлиняемой конечности. В частности, существует необходимость уменьшить степень неравномерности растяжения мышечных групп-антагонистов. Для голени это икроножная и передняя большеберцовая мышцы, имеющие неодинаковый физиологический поперечник и специфику точек прикрепления к костям. В связи с вышесказанным, одним из авторов данной

работы предложен способ «веерного» удлинения конечностей [1], который позволяет осуществлять не только стимуляцию костеобразования, но и использовать щадящий режим для мягких тканей при «веерной» тракции отломков, так как мышцы, расположенные с противоположных сторон, имеют возможность периодического «отдыха». **Целью** настоящего исследования явилось изучение морфофункциональных особенностей скелетных мышц голени при данной методике удлинения конечностей.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Исследование выполнено на 13 взрослых беспородных собаках. У всех животных distraction осуществлялась в ручном режиме 1 мм в сутки за четыре приёма. Основную группу составляли 8 животных (15 наблюдений), у которых получали радиальные регенераты путём «веерного» удлинения голени [1]. В контрольную группу вошли ранее опубликованные нами результаты обследования 5 животных (11 наблюдений) [2, 3]. Содержание животных, оперативные вмешательства и эвтаназию осуществляли

согласно приказу МЗ СССР № 755, 1977 г. [4].

Стимуляционная электромиография (ЭМГ) проводилась по общепринятой методике [5] в модификации, под внутривенным барбитуровым наркозом до начала эксперимента, в конце периода distraction, через 30 дней фиксации и через 30 дней после снятия аппарата. Вызванную биоэлектрическую активность (М-ответы) мышц голени получали в результате раздражения седалищного нерва через игольчатый электрод прямыми импульсами длительностью 1 мс с

заведомо супрамаксимальной амплитудой для М-ответов. Биоэлектрическую активность икроножной и передней большеберцовой мышц регистрировали с помощью ЭМГ-системы «DISA-1500» (DANTEC, Дания) монополярно электродом с модифицированными отводящими поверхностями в виде игл. Активный полюс электрода вводили в брюшко тестируемой мышцы, а индифферентный - под кожу в области сухожилия. Измеряли амплитуду М-ответа от вершины максимального негативного до максимального позитивного пика. Из-за малого объема выборки, не позволяющего определить характер распределения анализируемого параметра, статистическую значимость наблюдаемых изменений оценивали

с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни [6, 7].

Для гистологического исследования из передней большеберцовой и икроножной мышц вырезали кусочки продольной и поперечной ориентации, которые после фиксации в 12 % растворе нейтрального формалина заливали в парафин и парафин-целлоидин. Срезы толщиной от 3 мкм до 30 мкм окрашивали гематоксилин-эозином и пикрофуксином по методу Ван-Гизона. Срезы изучали с помощью светового микроскопа «Биолам-70». Иллюстрации получены при использовании аппаратно-программного комплекса «ДиаМорф».

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Через 14 дней distraction в проксимальном и дистальном отделах передней большеберцовой мышцы животных основной группы патологических изменений нет. Мышечные волокна в пучках располагаются компактно, имеют хорошо просматриваемую поперечную исчерченность. Гиперхромные ядра вытянутой формы располагаются под сарколеммой. В эндомизии определяется умеренное количество раскрытых капилляров. В средней трети мышцы на уровне остеоклазии наблюдаются контрактуры миофибрилл в отдельных мышечных волокнах. В соседствующих с такими очагами деструкции волокон увеличивается число мышечных ядер (рис. 1). В икроножной мышце изменений нет. Таким образом, через 2 недели distraction в мышцах голени наблюдается слабо выраженная обычная реакция скелетной мышечной ткани на раздражение (растяжение), картина которой аналогична данным, полученным в контрольной группе [2, 3].

Через 28 дней distraction в мышечных волокнах передней большеберцовой мышцы по всей длине определяются изменения, характерные для внутриклеточной регенерации реактивно раздраженных структур. На поперечных срезах наблюдаются различные диаметры и форма профилей мышечных волокон (чаще округлая или эллипсоидная), косвенно свидетельствующие о несопряженности мышечного сокращения двигательных единиц. В отдельных волокнах на месте утраченных структур наблюдается активизация регенераторных процессов в виде скопления крупных прозрачных мышечных ядер (рис. 2). Хроматин в них располагается в виде глыбок по всей кариоплазме. В икроножной мышце изменений нет. В некоторых случаях наблюдения отмечается утолщение фасции с разволокнением коллагеновых структур и обильное ее кровоснабжение (рис. 3).

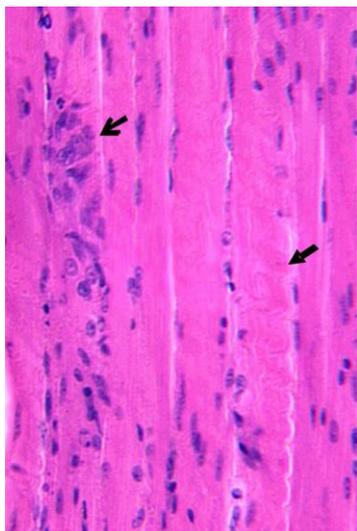


Рис. 1. Участок передней большеберцовой мышцы через 14 дней distraction. Контрактура миофибрилл мышечного волокна обозначена жирной стрелкой. Очаг внутриклеточной регенерации миосимпласта обозначен тонкой стрелкой. Продольный срез. Окраска гематоксилин-эозином. Ок.12,5. об.16

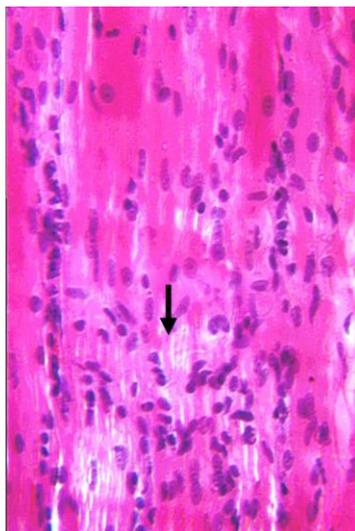


Рис. 2. Участок передней большеберцовой мышцы через 28 дней distraction. Скопления активизированных мышечных ядер в очагах деструкции мышечных волокон (стрелка). Продольный срез. Окраска гематоксилин-эозином. Ок.12,5. об.16

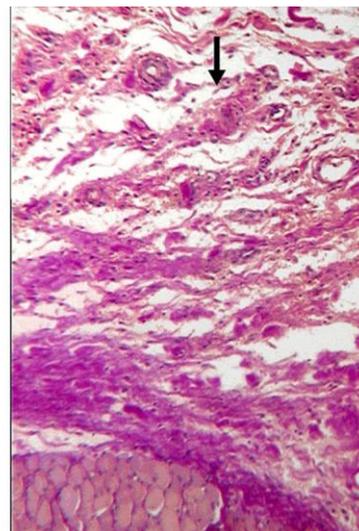


Рис. 3. Участок передней большеберцовой мышцы через 28 дней distraction. Разволокнение коллагеновых структур и обильная васкуляризация собственной фасции мышцы (стрелка). Поперечный срез. Окраска по методу Ван-Гизона. Ок.12,5. об.6,3

Результаты электромиографического тестирования мышц голени животных основной и контрольной группы приведены на рисунке 7. В конце периода дистракции (на 28-й день) у животных основной группы амплитуда М-ответа икроножной и передней большеберцовой мышц оперированной конечности снижена по сравнению с исходным уровнем на 68,2 % и 60,7 % ( $P < 0,05$ ). Ввиду высокой вариативности анализируемого параметра, все различия между его средними значениями основной и контрольной групп статистически не значимы ( $P > 0,05$ ).

Через 30 дней фиксации голени в аппарате в большинстве мышечных волокон передней большеберцовой мышцы патологических изменений нет. Мышечные волокна в пучках расположены компактно, саркомеры в них выстроены в ранжир. Мышечные ядра вытянутой формы располагаются под сарколеммой в умеренном количестве. В отдельных волокнах наблюдаются очаговые скопления крупных ядер, содержащие глыбки хроматина и хорошо просматриваемые ядрышки, что является свидетельством продолжающейся дифференцировки внутриклеточных структур миоцитов в зрелые единицы (рис. 4). В икроножной мышце изменений нет. М-ответы в этот период остаются ниже дооперационного уровня соответственно на 66,3 % и 53,2 % ( $P < 0,05$ ). Различия с контролем статистически не значимы ( $P > 0,05$ ).

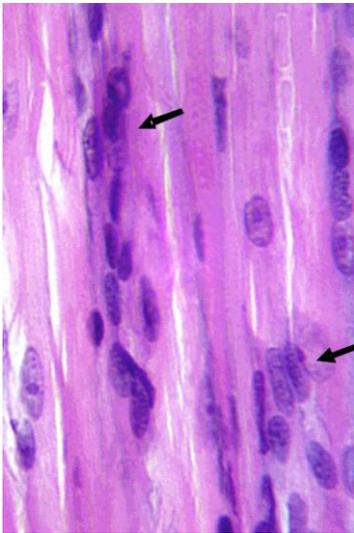


Рис. 4. Гистоструктура мышечных волокон передней большеберцовой мышцы через 30 дней фиксации голени в аппарате. Стрелками обозначены очаги скопления активизированных мышечных ядер. Продольный срез. Окраска гематоксилин-эозином. Ок.12,5. об.40

Через 30 дней после снятия аппарата мышечные волокна одинакового диаметра имеют хорошо выраженную поперечную исчерченность и умеренное число подсарколеммальных ядер; на поперечных срезах - полигональную форму. Необходимо отметить часто встречаю-

щиеся вено-венозные анастомозы (рис. 5), наличие которых свидетельствует о разрешении венозного застоя, имевшего место в начальных стадиях удлинения голени [3]. На данный срок патологических изменений в мышцах голени не обнаруживается (рис. 6). Вызванная биоэлектрическая активность мышц голени при этом остается сниженной на 63,0 % и 37,4 % ( $P < 0,05$ ), соответственно. Различия с контролем статистически не значимы ( $P > 0,05$ ).

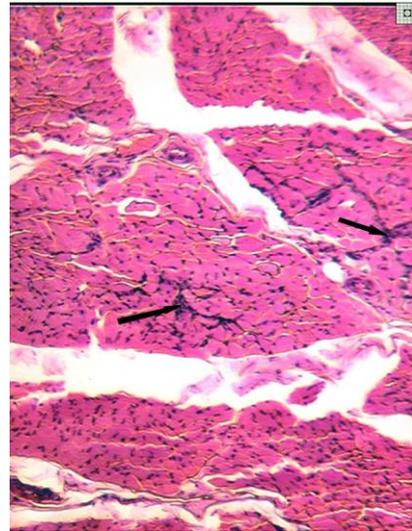


Рис. 5. Участок передней большеберцовой мышцы, включающий несколько пучков мышечных волокон, через 30 дней после снятия аппарата. Стрелками указаны вено-венозные анастомозы. Поперечный срез. Окраска гематоксилин-эозином. Ок.12,5. об.6,3.

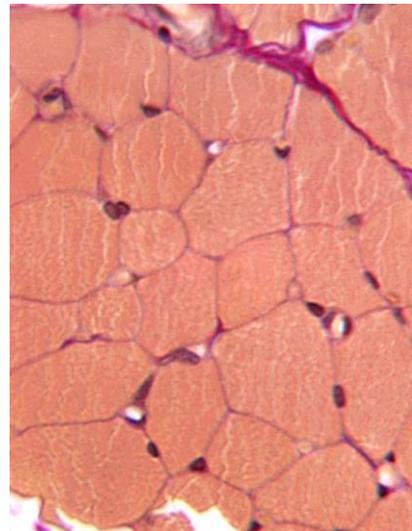


Рис.6. Гистоструктура мышечных волокон передней большеберцовой мышцы через 30 дней после снятия аппарата. Поперечный срез. Окраска по методу Ван-Гизона. Ок.12,5. об.40

Таким образом, электрофизиологические исследования показали, что использование специального режима дистракции для получения радиальных регенератов у взрослых беспородных собак после закрытой флекссионной остеоклазии

берцовых костей не приводит к необратимому снижению функционального состояния нервно-мышечного аппарата, существенно отличающегося от такового в контрольной серии. Проведенные при этом гистологические исследования

мышц голени свидетельствуют об умеренно выраженных реактивных изменениях, характерных для растяжения тканей, которые компенсируются регенерацией внутриклеточных структур миосимпластов.

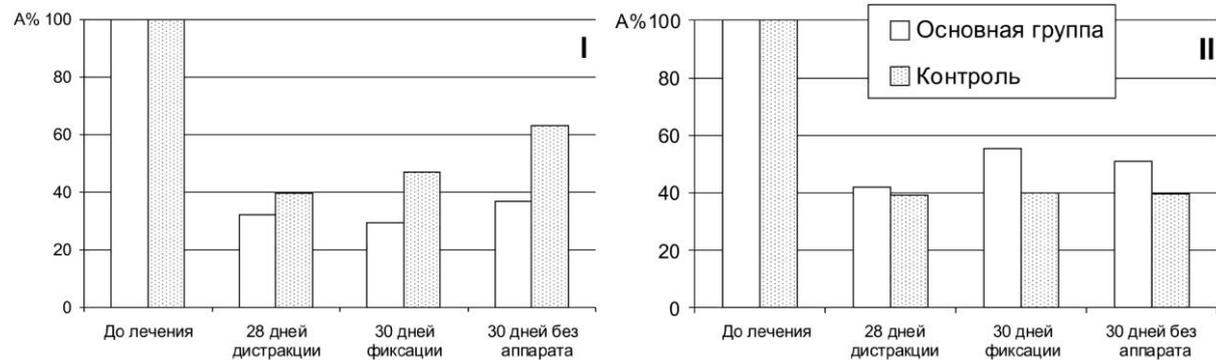


Рис. 7. Динамика амплитуды М-ответов мышц голени при ее удлинении в эксперименте (I – m. gastrocnemius lateralis; II – m. tibialis anterior)

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Заявка № 2003118783 (019956) Российская Федерация, МПК 7 А 61 В 17/56. Способ «веерного» удлинения конечностей / Шевцов В. И., Ерофеев С. А. – заявл. 23.06.03 ; опубл. 20.12.05.
2. Поиск и апробация новых режимов distractionного остеосинтеза : отчет о НИР (заключ.) / РНЦ «ВТО» им. акад. Г. А. Илизарова ; рук. В. И. Шевцов, А. А. Шрейнер ; исполн. : С. А. Ерофеев [и др.]. - Курган, 2000. – 89 с.
3. Зависимость динамики вызванной биоэлектрической активности и морфологических характеристик мышц голени от вида оперативного вмешательства при ее удлинении в эксперименте / М. С. Сайфутдинов [и др.] // Гений ортопедии. – 2003. - № 4. – С. 67-71.
4. Санитарные правила по устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник и вивариев : утв. главным санитарным врачом СССР от 06.04.77. № 1045-73.
5. Байкушев, С. Стимуляционная электромиография и электронейрография в клинике нервных болезней / С. Байкушев, Э. Х. Манович, В. П. Новикова. - М., 1974. - 143 с.
6. Мюллер, П. Таблицы по математической статистике / П. Мюллер, П. Нойман, Р. Шторм. - М. : Финансы и статистика, 1982. – 271 с.
7. Рунион, Р. Справочник по непараметрической статистике / Р. Рунион. - М. : Финансы и статистика, 1982. - 198 с.

Рукопись поступила 29.04.06.