

© Группа авторов, 2003

Зависимость динамики вызванной биоэлектрической активности и морфологических характеристик мышц голени от вида оперативного вмешательства при ее удлинении в эксперименте

М.С. Сайфутдинов, С.А. Ерофеев, Н.К. Чикорина

The dependence of the dynamics of the evoked bioelectrical activity and the morphological characteristics of the muscles of the leg on the type of surgery for its experimental lengthening

M.S. Saifutdinov, S.A. Yerofeyev, N.K. Chikorina

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)

На 11 взрослых беспородных собаках производилось сравнение влияния на состояние мышц голени остеотомии берцовых костей в средней трети диафиза долотом с шириной лезвия 0,7 см из двух боковых разрезов по 1,0 см (6 наблюдений) и флекссионной остеоклазии берцовых костей на том же уровне. Вид операции не оказывает существенного влияния на мышцы в период distraction, однако к концу фиксации и после снятия distractionного аппарата намечается тенденция к более быстрому восстановлению М-ответов мышц в группе животных с остеотомией.

Ключевые слова: голень, мышца, электромиография, distraction остеосинтез, регенерация, кровообращение.

The effect of leg bone osteotomy in the diaphyseal middle third using a chisel with 0,7-cm width of blade, made from two lateral cuts 1,0 cm each (6 cases) and flexion osteoclasis of leg bones at the same level on the condition of leg muscles was compared in 11 adult mongrel dogs. Type of surgery was of no significant effect upon the muscles during distraction, however, by the end of fixation and after the distraction device removal there was a tendency towards more rapid recovery of muscular M-responses in the animals subjected to osteotomy.

Keywords: leg, muscle, electromyography, distraction osteosynthesis, regeneration, (blood) circulation.

В РНЦ «ВТО» разработаны новые методы кортикотомии и устройства для их осуществления [1, 2], изучено состояние остеогенных тканей и кровоснабжающих кость сосудов при различных видах кортикотомии, во многом определяющих активность костеобразовательных процессов. Установлена прямая зависимость результатов лечения от степени травматизации при остеотомии остеогенных тканей и нарушения кровоснабжения костных фрагментов.

Успех коррекции укорочения конечности во многом зависит от состояния мышц. Этим объясняется интерес к многообразию процессов в них протекающих. В частности, не до конца решён вопрос о роли вида оперативного вмешательства в динамике физиологических и морфо-

логических изменений двигательных единиц в процессе удлинения конечности и последующем восстановлении её функции.

Проведённые ранее исследования [3] показали, что реактивные изменения в нервных проводниках появляются на уровне повреждения кости уже сразу после операции наложения distractionного аппарата из-за нарушения барьерной функции оболочек нерва под влиянием асептического воспаления тканей, вызванного оперативным вмешательством. Важно определить, в какой мере степень травматичности оперативного вмешательства оказывает влияние на последующее течение реактивно-репаративного процесса в двигательных единицах мышц удлиняемой конечности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведены эксперименты на 11 взрослых беспородных собаках в возрасте 1-3 лет. Для удлинения голени применяли аппарат Илизарова, состоящий из двух дуг и двух колец. В шести опытах производили остеотомию берцовых костей в средней трети диафиза долотом с шириной лезвия 0,7 см из двух боковых разрезов по 1,0 см. У оставшихся пяти животных (группа контроля) осуществлялась флекссионная остеоклазия берцовых костей на том же уровне [4]. Удлинение голени начинали через 5 дней после операции. Режим distraction был 1 мм в сутки за 4 приема по 0,25 мм в течение рабочего времени. Удлинение осуществляли 4 недели, что соответствовало 15% исходной длины. Животных выводили из опыта передозировкой барбитуратов через 14, 28 дней distraction, 30 дней фиксации и 30 дней после снятия аппарата. Содержание животных, оперативные вмешательства и эвтаназию осуществляли согласно приказу МЗ СССР № 755, 1977 г.

Электрофизиологические исследования собак с использованием стимуляционной электромиографии (ЭМГ) по общепринятой методике [5] в модификации, предложенной А.П. Шейным, проводили под внутривенным барбитуратовым наркозом до начала эксперимента, в конце периода distraction, в процессе фиксации и через 30 дней после снятия аппарата. Вызванную биоэлектрическую активность (М-ответы) мышц голени получали в результате раздражения седалищного нерва через игольча-

тый электрод прямоугольными импульсами длительностью 1 мс с заведомо супрамаксимальной амплитудой и регистрировали с помощью ЭМГ-системы DISA-1500 (фирма "DANTEC", Дания) через монополярные электроды с модифицированными отводящими поверхностями в виде игл. Активный полюс электрода вводили в брюшко тестируемой мышцы, а индифферентный - под кожу в области сухожилия. Вычисляли среднюю арифметическую (М), ошибку средней (m) и коэффициенты вариации (V) амплитуды М-ответа на разных сроках наблюдения. Из-за малого объема анализируемых выборок статистическую значимость наблюдаемых изменений амплитуды М-ответа и её различия между сериями оценивали с использованием непараметрического критерия Манна-Уитни [6, 7].

Морфологические исследования передней большеберцовой и икроножной мышц проведены через 14, 28 дней distraction, 30 дней фиксации и 30 дней после снятия аппарата на светоптическом и ультраструктурном уровнях. Для гистологического исследования препараты, изготовленные из верхней, средней и нижней трети мышц, окрашивали гематоксилином-эозином и по методу Ван-Гизона. Материал для электронно-микроскопического исследования с помощью электронного трансмиссионного микроскопа "Jem-100b" обрабатывали по общепринятой методике.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что после 14 дней distraction в скелетных мышцах голени животных обеих серий наблюдаются незначительные реактивные изменения со стороны миофибрилярного аппарата в виде локального лизиса миофибрилл и появления единичных миосимпластов внутри мышечных волокон. Реакция ядерного аппарата мышечных волокон более активная. Отмечается очаговое увеличение числа мышечных ядер и ядер активизированных миосателлитов (рис. 1), конденсация хроматина под кариолеммой (рис. 2) и увеличение числа эухроматических ядер. Встречаются мышечные волокна, содержащие митохондрии со значительно разреженным матриксом, расположенные в топографической близости к расширенным цистернам саркоплазматического ретикулума, и скопления гликогеновых гранул. В эндомизии появляется множество малодифференцированных клеток (рис. 3)

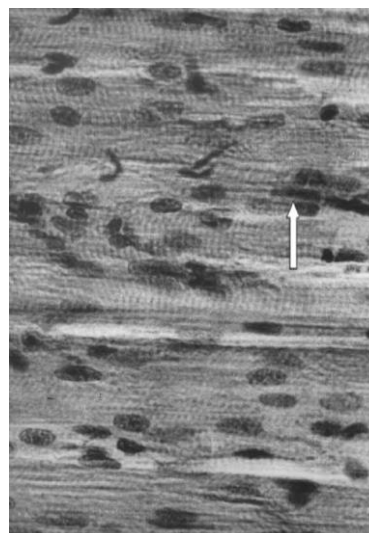


Рис. 1. Продольный срез мышечных волокон передней большеберцовой мышцы через 14 дней distraction. Хорошо видна регулярная поперечная исчерченность, множество мышечных ядер, свободно лежащие миосателлиты и миобласты (стрелка). Окраска гематоксилином-эозином. Увеличение: об.40, ок. 10

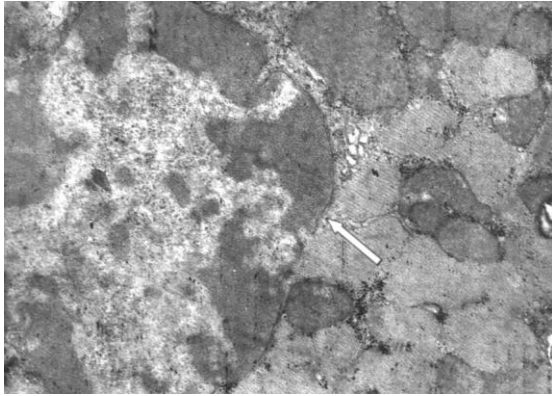


Рис. 2. Поперечный срез мышечных волокон передней большеберцовой мышцы через 14 дней дистракции. Конденсация ядерного хроматина под карิโอлеммой (стрелка). Электронограмма. Инструментальное увеличение 22200

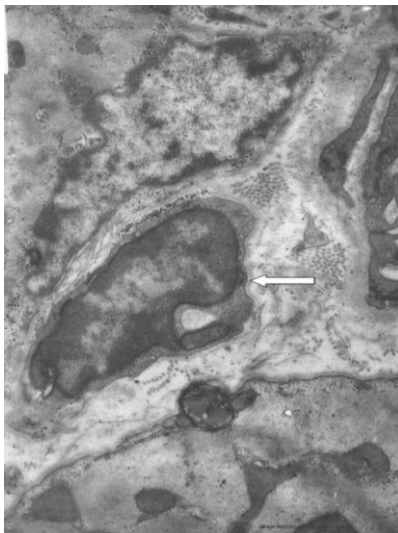


Рис. 3. Поперечный срез мышечных волокон икроножной мышцы через 14 дней дистракции. Мало дифференцированная клетка в эндомизии (стрелка). Электронограмма. Инструментальное увеличение 15200

Через 28 дней дистракции гистологическая структура локомоторного аппарата остается идентичной таковой после 14 дней дистракции. Однако значительная интенсификация кровообращения вызывает усиление коллатерального кровотока и раскрытие массы резервных капилляров (рис. 4). На отдельных участках перимизимальных пространств наблюдается извилистость артериол.

Из таблицы 1 видно, что на 28 день дистракции во всех сериях по сравнению с дооперационным уровнем снижается статистически значимо ($P < 0,05$) амплитуда М-ответов икроножной (контроль – на 58,1%; опыт – на 68,1%) и передней большеберцовой (контроль – на 61,1% опыт – на 54,0%) мышц удлиняемой конечности. Степень снижения М-ответов в контроле и опытной группе различается статистически незначимо ($P > 0,05$).

Через 1 месяц фиксации голени в аппарате во всех сериях эксперимента мышечные волокна в пучках имеют компактное расположение,

отмечается очаговое увеличение мышечных ядер и отдельные миосимпласты внутри волокон. В перимизии наблюдаются артериолы с закрытым или щелевидным просветом, а также артерии замыкающего типа, несущие функцию шунтов (рис. 5). В период фиксации отмечается начало восстановления амплитуды М-ответов обеих мышц в контрольной и опытной группах.

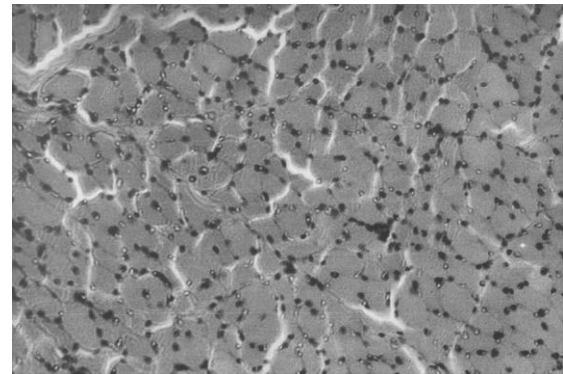


Рис. 4. Поперечный срез мышечных волокон икроножной мышцы через 28 дней дистракции. В эндомизии множество раскрытых капилляров. Окраска гематоксилином-эозином. Увеличение: об.16, ок.10

Таблица 1

Изменения средних значений ($M \pm m$) амплитуды (мВ) вызванной биоэлектрической активности мышц голени при ее удлинении после разных видов нарушения целостности кости

Сроки тестирования	m.gastrocnemius			m.tibialis anterior		
	n	$M \pm m$	V%	n	$M \pm m$	V%
До операции	11	$32,0 \pm 2,9$	33,3	14	$22,6 \pm 1,3$	21,7
Закрытая флекссионная остеоклазия (контроль)						
Через 28 дней дистракции	5	$13,4 \pm 3,1$	46,4	5	$8,8 \pm 1,9$	49,1
Через 30 дней фиксации	3	$17,7 \pm 1,8$	17,3	3	$9,0 \pm 3,6$	69,4
Через 30 дней без аппарата	3	$16,3 \pm 5,8$	50,0	3	$8,9 \pm 0,1$	1,9
Остеотомия долотом (опыт)						
Через 28 дней дистракции	6	$10,2 \pm 0,9$	21,7	6	$10,4 \pm 1,4$	33,6
Через 30 дней фиксации	4	$14,5 \pm 2,1$	28,4	4	$11,0 \pm 1,6$	28,3
Через 30 дней без аппарата	2	$17,8 \pm 3,8$	29,9	2	$12,5 \pm 1,5$	17,0

Примечание: V% – коэффициент вариации, равный отношению среднего квадратического отклонения к средней арифметической, выраженный в процентах

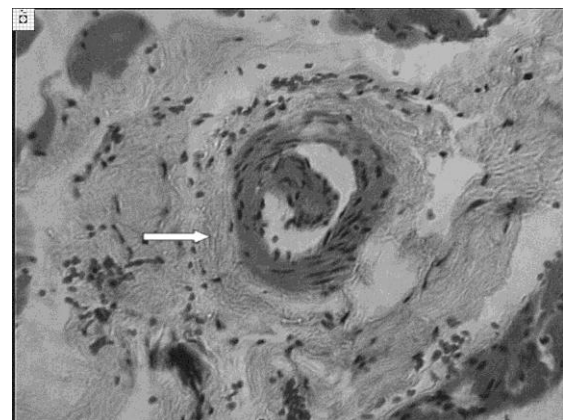


Рис. 5. Поперечный срез мышечных волокон передней большеберцовой мышцы через 1 месяц фиксации голени в аппарате. В эндомизии артерия замыкающего типа (стрелка). Окраска гематоксилином-эозином. Увеличение: об.16, ок.10

Через 1 месяц после снятия аппарата в опытной и контрольной сериях в большинстве мышечных волокон в пучках изменений нет. Волокна имеют компактное расположение, умеренное число ядер под сарколеммой. В эндомиоэпии коллагеновые волокна не утолщены, число раскрытых капилляров нормальное (рис. 6). Наличие мышечных веретен с ядерно-сумчатыми и ядерно-цепочечными интрафузальными волокнами (рис. 7) свидетельствует о сохранности сенсорного аппарата регулирования мышечного напряжения. В этот период процесс восстановления амплитуды М-ответов продолжается. Тем не менее на тридцатые сутки после снятия дистракционного аппарата вызванная биоэлектрическая активность обеих мышц голени остаётся сниженной в обеих сериях: в контрольной – на 49,1% и на 60,6%, в опытной – на 44,4% и на 44,7%.

Удлинение голени методом дистракционного остеосинтеза стимулирует кровообращение в мышцах [8]. При этом часть общего потока крови минует капиллярную сеть и через так называемые артерио-венозные шунты покидает мышцу [8, 9]. В результате в отдельных участках, преимущественно в дистальной части удлиняемого сегмента [10], мышечная ткань может попасть в условия недостаточности кровоснабжения. Мы полагаем, что морфологическим субстратом физиологического механизма перераспределения интенсивности кровоснабжения в тканях удлиняемой конечности является возникающая в условиях дистракции сложная сосудистая сеть, включающая систему капилляров и сосудистых анастомозов и образующая пространственно упорядоченную структуру путей притока и оттока крови [11]. Наблюдаемые нами в удлиняемых мышцах артерии замыкающего типа являются частью такой системы регулирования кровообращения. Шунтирование увеличенного потока крови в менее кровоснабжаемые участки мышц уменьшает риск застойных явлений, что благоприятствует адаптации внутриклеточных структур миоцита к внешнему раздражению и создаёт условия для их физиологической регенерации.

В обеих группах животных и на всех сроках эксперимента в большинстве исследованных образцов икроножной мышцы изменения выражены слабее, чем в передней большеберцовой.

Таким образом, проведенные исследования показали, что при остеотомии берцовых костей

долотом в мышцах голени не происходит особо выраженных патологических изменений, вызывающих деструкцию ткани. В периодах дистракции, фиксации и ближайшие сроки после снятия аппарата нет статистически значимых различий между средними величинами амплитуды М-ответа мышц голени экспериментальных животных. Тем не менее темпы восстановления данного параметра в опытной группе выше, чем в контрольной. Возможно, это связано с некоторым растяжением передней группы мышц в результате получаемой антекурвационной деформации при выполнении флекссионной остеоклазии костей голени.

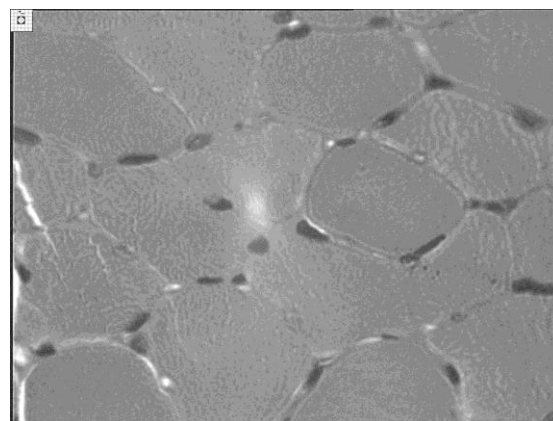


Рис. 6. Продольный срез мышечных волокон передней большеберцовой мышцы через 1 месяц после снятия аппарата. Нормальная гистоструктура мышечных волокон, ядер и капилляров миоцита. Окраска гематоксилином-эозином. Увеличение: об. 40, ок. 10

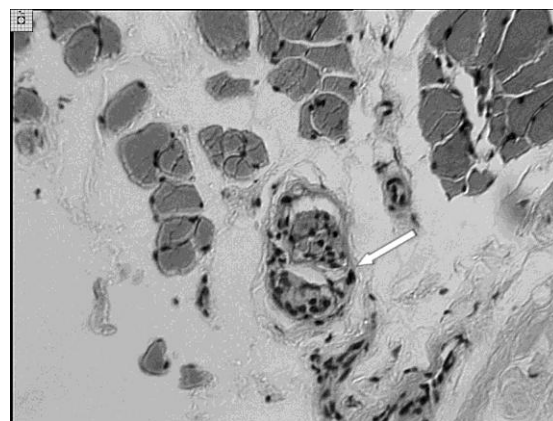


Рис. 7. Поперечный срез мышечных волокон передней большеберцовой мышцы через 1 месяц после снятия аппарата. Мышечное веретено в перимизии (стрелка). Окраска гематоксилином-эозином. Увеличение: об. 16, ок. 10

ЛИТЕРАТУРА

1. А.С. 1727503 СССР, МПК⁵ G 09 B 23/28, A61 B17/56 Способ кортикотомии и устройство для его осуществления / Г.А.Илизаров (СССР). - № 4749176/14; заявлено 16.10.89. ДСП.
2. Заявка № 93048501 РФ, МКИ⁵ A 61 B 17/56, A 61 B 17/60 Способ нарушения целостности кости и устройство для его осуществления / А.А. Шрейнер (РФ); РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова (РФ). – Заявлено 18.10.93. Опубл. 10.11.1996.
3. Илизаров Г.А., Щудло М.М. Изменения нервов голени при ее удлинении в эксперименте // Лечение ортопедо-травматологических больных в стационаре и поликлинике методом чрескостного остеосинтеза, разработанным в КНИИЭКОТ: Тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конф. - Курган, 1982. - С. 198-201.
4. Илизаров Г.А., Шрейнер А.А. Закрытая остеотомия трубчатых костей в эксперименте // Теоретические и практические аспекты

- чрескостного компрессионного и дистракционного остеосинтеза: Тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конф. – Курган, 1976. – С. 38-40.
5. Байкушев Ст., Манович Э.Х., Новикова В.П. Стимуляционная электромиография и электронейрография в клинике нервных болезней. - М., 1974. - 143 с.
 6. Мюллер П.И и др. Таблицы по математической статистике / П. Мюллер, П. Нойман, Р. Шторм. - М.: Финансы и статистика, 1982. – 271 с.
 7. Рунион Р. Справочник по непараметрической статистике. - М.: Финансы и статистика, 1982. - 198 с.
 8. Наумов А.Д., Щуров В.А., Левитина Л.Х. Сравнительное исследование кровоснабжения удлиняемой голени по Илизарову в эксперименте и клинике // Чрескостный компрессионно-дистракционный остеосинтез по Илизарову в травматологии и ортопедии: Сб. науч. тр. – Курган, 1985. - Вып. 10. – С.132-135.
 9. Анализ факторов, определяющих объемную скорость кровотока голени при лечении заболеваний конечностей по Илизарову / В.А. Щуров, Т.И. Долганова, Е.Н. Щурова, Л.Ю. Горбачева // Ортопед. травматол. России. - 1994. – № 2. – С. 91-95.
 10. Влияние дистракционного остеосинтеза на пульсовой приток к голени в условиях артериальной недостаточности конечности / В.С. Бунов, А.Д. Наумов, Н.И. Гордиевских и др. // Гений ортопедии. - 1996. - №. 2-3. - С. 126-127.
 11. Ирьянов Ю.М. Влияние дистракции на ангиогенез и микроангиоархитектонику в мягких тканях конечностей, удлиняемых по Илизарову // Гений ортопедии. – 1996. - №. 2-3. – С.132-133.

Рукопись поступила 20.12.02.

Предлагаем вашему вниманию



Шевцов В.И., Макушин В.Д., Аранович А.М., Чегуров О.К.

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ВРОЖДЕННЫХ АНОМАЛИЙ РАЗВИТИЯ БЕРЦОВЫХ КОСТЕЙ

Курган, 1998 г. – 323 с., табл. 15, ил. 209, библиогр. назв. 201

Монография посвящена проблеме лечения детей с врожденной эктродимией берцовых костей. В книге обобщен опыт лечения больных с применением методик чрескостного остеосинтеза аппаратом Илизарова в различных его рациональных компоновках. Приведены основы биомеханического моделирования остеосинтеза при некоторых клинических ситуациях. Описываются уникальные, не имеющие аналогов в мировой медицине, тактико-технологические принципы реконструкции берцовых костей, повышающие опороспособность и функциональные возможности нижней конечности. Приведенные технические сведения помогут хирургу принимать оптимальные решения в реабилитации пациентов и подготовке конечности к рациональному протезированию. Анализ возможных технологических ошибок и связанных с ними лечебных осложнений имеет большое значение для практикующего врача.

Представленные в книге исследования дают возможность клиницисту представить тяжесть развивающихся при пороке вторичных функциональных и анатомических расстройств.

Приведенные результаты лечения по методикам Российского научного центра «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова дают возможность оценить их эффективность в сравнении с традиционными хирургическими подходами в решении данной проблемы.

Книга иллюстрирована схемами остеосинтеза, клиническими примерами, способствующими усвоению представленного материала.

Монография рассчитана на широкий круг хирургов, ортопедов и педиатров.
