

ВЫВОДЫ.

1. Применение ранней (с 1-2-й недели дистракции), пролонгированной (на протяжении всего периода удлинения и фиксации) электростимуляции мышц удлиняемого сегмента конечности в адекватном режиме способствует сохранению их функциональных свойств.
2. Положительный эффект ЭМС в виде более выраженного прироста амплитуд суммарной ЭМГ и М-ответа тестируемой мышцы удлиненного сегмента конечности сохраняется в отдаленные сроки после снятия аппарата Илизарова.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Возможности автоматического управления процессом дистракции / Г.А.Илизаров, И.А.Катаев, А.А.Шрейнер, В.М.Быков, И.И.Мартель // Лечение ортопед.-травматол. больных в стационаре и поликлинике методом чрескост. остеосинтеза, разработ. в КНИИЭКОТ: Тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конф. — Ч.2. — Курган, 1982. — С. 21-23.
2. Шевцов В.И., Шестаков В.А., Онипко Н.Н. Удлинение голени по Илизарову при ахондроплазии в амбулаторных условиях // Чрескост. компрес.-дистракц. остеосинтез по Илизарову в травматол. и ортопед.: Сб.науч. трудов. — Вып. 10. — Курган, 1985. — С. 41-46.
3. Макаров С.В., Чипизубов А.А., Шерстнева С.Г. Ошибки и осложнения при оперативном удлинении нижних конечностей у детей и подростков // там же. — С.54-58.
4. Девятков А.А., Каплунов А.Г. Осложнения при чрескостном остеосинтезе аппаратом Илизарова// Чрескост. компрес. и дистракц. остеосинтез в травматол. и ортопед.: Сб. научн. трудов. КНИИЭКОТ. — Вып. 4. — Л., 1978. — С.80-92.
5. Трохова В.Г. Меры предупреждений осложнений при удлинении конечностей// Значение открытых Г.А.Илизаровым общебиологических закономерностей в регенерации тканей: Сб. науч. трудов. — Вып. 13. — Курган, 1988. — С.217-223.
6. Состояние нервно-мышечной и сердечно-сосудистой систем при лечении больных с укорочением нижней конечности / Г.А.Илизаров., В.И.Калякина, А.П.Шейн, В.А.Щуров // Теоретич. и практич. аспекты чрескост. компрес. и дистракц. остеосинтеза: Тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конф. (22-23 июня 1976 г.). — Курган, 1976. — С.25-26.
7. Криворучко Г.А., Шейн А.П. Электромиографический контроль пластических перестроек нервных стволов и мышц в условиях дистракционного остеосинтеза по Илизарову // Лечение ортопед.-травматол. больных в стационаре и поликлинике методом чрескост. остеосинтеза, разработ. в КНИИЭКОТ: Тез.докл.Всесоюзн.науч.-практ.конф.. — Ч.2. — Курган., 1982. — С. 79-82.
8. Электромиостимулятор "Миоритм-124И"/ А.П. Шейн, Л.Я. Даниленко, Г.К. Шуляка, С.В. Куршаков // Материалы 6-го съезда травматол.-ортопед. СНГ (14-17 сентября). — Ярославль, 1993. — С.382.
9. Электромиографический контроль функционального состояния нервов и мышц при удлинении конечностей по Илизарову: Метод. рекомендации / МЗ РСФСР, ВКНЦ "ВТО".; Сост.: А.П.Шейн, В.И.Калякина, Г.А.Криворучко, А.Н.Ерохин. — Курган, 1991. — 25 с.

Рукопись поступила 14.01.93.

© А.П.Шейн, А.Н.Ерохин, С.А.Ерофеев, 1995

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ НА ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ, МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИСТОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЫШЦ ПРИ УДЛИНЕНИИ ГОЛЕНИ У СОБАК ПО МЕТОДУ ИЛИЗАРОВА.

А.П.ШЕЙН, А.Н.ЕРОХИН, С.А.ЕРОФЕЕВ

Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" имени академика Г.А.Илизарова, г.Курган (Генеральный директор — академик РАМТН, д.м.н., профессор В.И.Шевцов)

В опытах на 8 взрослых беспородных собаках, которым производилось удлинение правой голени на 20,0-27,5% ее исходной длины, показано стимулирующее влияние низкочастотного импульсного электрического тока на постдистракционное восстановление электрофизиологических, морфологических и гистохимических показателей передней большеберцовой мышцы и ее функционального антагониста — икроножной мышцы. Выявленный эффект подтверждает исходную посылку о целесообразности применения дополнительных экзогенных воздействий на мягкие ткани удлиняемой конечности с целью оптимизации процесса морфо-функциональной адаптации периферических нейромоторных структур к новым биомеханическим условиям функционирования.

Ключевые слова: дистракционный остеосинтез, электромиостимуляция, мышцы.

В ретроспективе клинико - экспериментальных работ, вышедших из Российского научного центра "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика

Г.А.Илизарова и других профилированных учреждений, ярко отражена тенденция к оптимизации функциональных исходов удлинения конечностей главным образом за счет резервов,

заложенных в самой пространственно - временной организации биомеханического взаимодействия "аппарат-конечность", имитирующей естественный рост в онтогенезе. В частности, эта тенденция прослеживается на примере перехода от многоэтапного, монолокального и моносегментарного дистракционного остеосинтеза к одноэтапному, полилокальному и полисегментарному, а также экспериментирования с темпами и ритмами дистракции. Другой, на наш взгляд не менее продуктивный подход предполагает параллельное использование дополнительных экзогенных воздействий, стимулирующих процесс морфо-функциональной

адаптации высокодифференцированных тканей удлиняемой конечности к новым биомеханическим условиям. В этом плане представляется перспективным использование электромиостимуляции, хорошо зарекомендовавшей себя при коррекции дисфункциональных и денервационных двигательных расстройств [1].

Цель настоящего исследования состояла в изучении влияния импульсного электрического тока низкой частоты на морфофункциональные и гистохимические характеристики передней большеберцовой мышцы (ПБМ) и икроножной мышцы (ИМ) в процессе удлинения голени у собак.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

В качестве объектов исследования использованы ПБМ и ИМ 8 беспородных взрослых собак, которым производилось удлинение правой голени на 2,0-2,4 см (20,0-27,5 % от исходной длины сегмента) с темпом 0,5-0,75 мм/сутки (соответственно, с дробностью 2-3 раза в сутки). Продолжительность дистракции составляла 31 ± 2 дня, фиксации — 172 ± 35 дней. Использованы электрофизиологические, морфологические и гистохимические методы исследования.

Курс электромиостимуляции (ЭМС) был проведен четырем животным (опытная группа) при использовании электромиостимулятора МИОРИТМ-082. Раздражение мышц производилось униполярно поверхностными свинцовыми электродами с индивидуально подобранными формой и размерами. Активный электрод, снабженный гидрофильной матерчатой прокладкой, пропитанной 0,9% раствором хлористого натрия, накладывали в области проекции брюшка ПБМ, индифферентный — дистальнее активного на расстоянии, вдвое превышающем ширину электрода, либо на сухожилие. Использован следующий режим электростимуляции: форма импульсов — прямоугольная; полярность — чередующаяся; длительность — 50-100 мс, частота следования импульсов — 5-10 Гц, длительность посылки — 4 с, соотношение посылки к паузе — 1:1, сила тока — пороговая (2-8 мА); подбор амплитуды стимуляции производился с ориентацией на поведенческую реакцию животного; продолжительность одного сеанса — не более 8 минут; число сеансов в неделю — не менее 3 минут. Трем животным ЭМС начинали с 6-го дня дистракции, одному — с начала фиксации.

Электрофизиологические исследования проводились на животных под барбитуровым наркозом с применением 3-канальной ЭМГ-

системы 14A30 (DISA, Дания). М-ответы ПБМ и ИМ отводили униполярно посредством пары игольчатых электродов, один из которых вводили в брюшко мышцы, а другой — в ее сухожилие. Седалищный нерв раздражали на уровне седалищных бугров супрамаксимальными по величине прямоугольными стимулами длительностью 1 мс, подводимыми к нерву посредством пары игольчатых электродов. Сроки обследования: до операции, перед дистракцией, перед началом фиксации, через каждые 30 дней фиксации и после снятия аппарата Илизарова (перед эвтаназией).

Те же мышцы интактной и удлиняемой конечностей использованы после эвтаназии в качестве объектов морфологических и гистохимических исследований (исполнитель — Т.С.Беркуцкая). Активность сукцинатдегидрогеназы, лактатдегидрогеназы, аденозинтрифосфатазы выявляли в срезах, изготовленных в криостате после предварительного замораживания фрагментов ткани в жидком азоте. Для гистологического исследования материал фиксировали в смеси Карнуа, заливали в парафин, окрашивали срезы по Ван Гизону. Для количественной характеристики микроциркуляторного русла производили подсчет числа капилляров, используя препараты гистохимической реакции на аденозинтрифосфатазу (АДФ), последовательно в 34-х полях зрения микроскопа МБИ-6 при увеличении объектива $\times 20$ и окуляра $\times 10$. Полученные данные пересчитывали на площадь среза 1 мм^2 . В этих же препаратах выполняли измерения диаметров мышечных волокон, используя прибор MOP-Videoplan (фирма Opton). В каждом препарате измеряли по 200 мышечных волокон с последующей статистической обработкой материала.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Учитывая влияние временного фактора, электрофизиологические, морфологические и гистохимические данные сопоставлялись в парах животных "контроль-опыт" по сходным срокам эксперимента.

В предоперационном периоде не выявлено билатеральных статистически значимых различий средней амплитуды М-ответов ПБМ и ИМ, что позволило объединить выборки значений для левой и правой конечностей ($n = 16$; ПБМ: $34,0 \pm 3,0$ мВ; ИМ: $36,4 \pm 2,8$ мВ).

В таблице 1 представлена динамика постдистракционного восстановления параметров вызванной биоэлектрической активности ПБМ и ИМ (в % от дооперационных величин) в опытной и контрольной группах животных, прослеженная на временном интервале "30 дней фиксации — после снятия аппарата Илизарова". Разности (с учетом их знака) между данными конечного и предшествующего электрофизиологического тестирования ПБМ и ИМ характеризуют величину и направленность постдистракционного изменения вызванных

потенциалов. В таблице они проставлены в круглых скобках в графе "После снятия аппарата".

Из таблицы 1 следует, что на 30-й день фиксации межгрупповое различие по анализируемым признакам в отношении ПБМ отсутствует, тогда как после снятия аппарата Илизарова (перед эвтаназией) прирост амплитуды М-ответов стимулируемой мышцы в опытной группе существенно превышает таковой в контрольной ($p \leq 0,05$ по W-критерию Вилкоксона-Манна-Уинни). Следует отметить, что в опытной группе максимальное увеличение амплитуды М-ответа ПБМ имело место у животных, которым проведено не менее 20 сеансов ЭМС (в таблице 1 число сеансов ЭМС проставлено в круглых скобках под регистрационным номером животного), начатых в периоде distraction и продолженных в периоде фиксации. У одного из опытных животных (№ 6896), которому был проведен курс ЭМС всего из десяти сеансов, прирост амплитуды М-ответа ПБМ на 30-й день фиксации составил всего 2,1%.

Таблица 1.

Динамика амплитуды М-ответов (в % от дооперационных величин) характеристики передней большеберцовой (ПБМ) и икроножной (ИМ) мышц удлинненной конечности у животных опытной и контрольной групп.

Длительность эксперимента, дни	Опытная группа			Контрольная группа		
	Рег. №	Сроки обследования		Рег. №	Сроки обследования	
		30 дней фиксации	После снятия аппарата		30 дней фиксации	После снятия аппарата
129	6579 (24)			6532		
ПБМ		35,1	71,1(+36,0)		29,4	24,3(-5,1)
ИМ		94,9	94,4(-0,5)		72,5	55,9(-16,6)
232	6808 (21)			6966		
ПБМ		22,1	71,4(+49,3)		24,1	41,2(+17,1)
ИМ		22,1	75,2(+53,1)		66,4	50,1(-16,3)
290	6893 (21)			0114		
ПБМ		18,0	50,0(+32,0)		24,1	53,2(+29,1)
ИМ		36,0	65,0(+29,0)		70,0	83,0(+13,0)
311				6908		
ПБМ					22,0	26,5(+4)
ИМ					60,9	66,4(+5,5)
405	6896 (10)					
ПБМ		24,2	26,3(+2,1)			
ИМ		34,6	23,0(-11,0)			

Примечание: обозначения в тексте.

Сходная динамика амплитуды М-ответа выявлена и для ИМ, непосредственно электростимуляции неподвергаемой, что, по-видимому, следует рассматривать как проявление

межцентрального нейротрофического взаимодействия сегментарных центров мышц-антагонистов.

При сравнительном изучении результатов гистохимических реакций на окислительно-восстановительные ферменты в серии экспериментов с применением ЭМС и без нее установлены существенные различия в интенсивности реакций на сукцинатдегидрогеназу и лактатдегидрогеназу в срок эксперимента 129 дней (животные №№ 6579 и 6532). В опытной группе гистохимически выявляемая активность этих ферментов, соответствовала данным интактной конечности, тогда как при удлинении голени с аналогичным темпом и ритмом distraction в этот же срок эксперимента без применения ЭМС (контрольная группа) интенсивность реакции была значительно ниже.

В отношении указанного срока эксперимента не установлено различий между данными контроля и опыта по уровню активности аденозинтрифосфатазы. Показано, что в ПБМ при использовании ЭМС перимизий менее выражен, чем при удлинении голени, не сопровождаемым электромиостимуляцией. В более

поздние сроки эксперимента, связанные, главным образом, с большей продолжительностью периодов фиксации, сопоставление пар "контроль-опыт" не выявило закономерных различий в метаболической активности ПБМ и ИМ, а также в их гистологической структуре.

Не установлено закономерности в различиях между данными опытной и контрольной групп животных по диаметру мышечных волокон. В то же время для всех сравниваемых пар "контроль-опыт" численная плотность капилляров в ПБМ и ИМ удлинённой конечности у животных опытной группы оказалась статистически значимо выше, чем контрольной (см. табл. 2). Полученные данные хорошо согласуются с литературными, отражающими, в частности, результаты экспериментальной проверки эффективности стимулирующего влияния низкочастотного электроимпульсного воздействия на морфо-функциональные характеристики жевательной мышцы кролика [2].

Таблица 2.

Численная плотность капилляров характеристики передней большеберцовой (ПБМ) и икроножной (ИМ) мышц удлинённой конечности у животных опытной и контрольной групп, $M \pm m$.

Длительность эксперимента, дни	Опытная группа			Контрольная группа		
	Пер. №	ПБМ	ИМ	Пер. №	ПБМ	ИМ
129	6579	1236±13 *	769±5 *	6532	942±11	609±3
232	6808	1284±17 *	1011±7 *	6966	936±3	656±9
290	6893	981±10 *	869±10 *	0114	742±4	650±5
311				6908	893±7	623±7
405	6896	902±8	1078±13			

Примечание: звездочкой помечены показатели опытной группы, отличие которых от контроля в сравниваемых парах было статистически значимым ($p \leq 0,05$ по t-критерию Стьюдента).

Проведенное исследование позволяет заключить, что использование электростимуляции в отношении мышц, подвергаемых дозированному растяжению в условиях distractionного остеосинтеза, оказывает выраженный положительный эффект как на объект стимуляции (ПБМ), так и на его функциональный антаго-

нист (ИМ), что находит отражение в динамике постdistractionного прироста амплитуды М-ответов, относительно более низким содержанием соединительной ткани в стимулируемой мышце и отчетливом улучшении ее капилляризации.

ВЫВОДЫ.

1. Электростимуляция ускоряет процесс адаптивных перестроек в периферических структурах двигательных единиц подвергнутых растяжению мышц удлинённой конечности, что находит отражение в характерных сдвигах их морфо-функциональных и гистохимических показателей.
2. Позитивный эффект электростимуляции распространяется не только на мышцу, выбранную в качестве объекта стимуляции, но и на ее функциональный антагонист.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Колесников Г.Ф. Электростимуляторы нервно-мышечной системы опорно-двигательного аппарата // Электронная аппаратура для стимуляции органов и тканей. — М., 1983. — С.232-255.
2. Плотникова Н.А., Бузуева И.И. Особенности структурной реакции мышц на электростимуляцию в эксперименте и клинике. // Возрастные, адаптивные и патологические процессы в опорно-двигательном аппарате: Тез. докл. 7-й школы по биологии мышц (Харьков, 8-10 июня, 1988 г.). — Харьков, 1988. — С.132-133.

Рукопись поступила 30.11.92.