

## СОСТОЯНИЕ НЕЙРОМОТОРНОГО АППАРАТА ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ УДЛИНЕНИЯ МЕТОДОМ ДИСТРАКЦИОННОГО ОСТЕОСИНТЕЗА У БОЛЬНЫХ С ПОСЛЕДСТВИЯМИ ГЕМАТОГЕННОГО ОСТЕОМИЕЛИТА

Сайфутдинов М.С.<sup>1</sup>, Аранович А.М.<sup>1</sup>, Гофман Ф.Ф.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «РНЦ «ВТО» имени академика Г.А. Илизарова Министерства здравоохранения России», Курган, Россия, (640014 г. Курган-14 ул. М. Ульяновой, 6), e-mail: maratsaif@yandex.ru

Оценка результатов электромиографического обследования (тест максимальное произвольное напряжение) 27 пациентов 5-25 лет с укорочениями верхних конечностей 4-11 см, возникшими как последствия гематогенного остеомиелита показало, что функциональное состояние мышц поражённой конечности умеренно снижено относительно уровня контралатеральной, что указывает на высокий адаптивный потенциал моторной системы, способный обеспечить высокую степень восстановления её двигательной функции после оперативного удлинения по Илизарову. Под воздействием длительного дозированного растяжения тканей удлиняемого сегмента конечностей активируется защитный тонический рефлекс, ограничивающий уровень активации не только мышц удлиняемой, но и контралатеральной конечностей. Данное обстоятельство должно учитываться при назначении реабилитационных мероприятий. Изменения биоэлектрической активности мышц в условиях distraction osteosynthesis носят обратимый характер.

Ключевые слова: электромиография, двигательные единицы, distraction osteosynthesis.

## THE UPPER LIMB NEUROMOTOR APPARATUS CONDITION DURING LENGTHENING BY THE DISTRACTION OSTEOSYNTHESIS METHOD IN PATIENTS WITH HEMATOGENOUS OSTEOMYELITIS CONSEQUENCES

Saifutdinov M.S.<sup>1</sup>, Aranovich A.M.<sup>1</sup>, Gofman F.F.<sup>1</sup>

*The Federal State-Financed Institution "Russian Ilizarov Scientific Center for «Restorative Traumatology and Orthopaedics» of RF Ministry of healthcare", Kurgan, Russia, (640014 g. Kurgan -14, M. Ulyanova street, 6), e-mail: maratsaif@yandex.ru*

Evaluation results of electromyographic examination (maximum voluntary stress testing) of 27 patients at the age of 5-25 years with the upper limb shortening 4-11 cm, occurred as a consequence of hematogenous osteomyelitis, showed that the functional condition of muscles of the affected limb is moderately reduced concerning to the level of contralateral limb, indicating a high adaptive potential of the motor system, capable to provide high degree of motor function recovery after surgical lengthening by Ilizarov. The protective tonic reflex is activating by long measured strain of the extendable limb segment, limiting the activation level of the muscles of not only extended, but the contralateral limb. This fact should be considered during prescription of rehabilitation measures. The changes in muscle bioelectric activity under distraction osteosynthesis are reversible.

Keywords: electromyography, motor units, distraction osteosynthesis.

Оперативная коррекция формы и продольных размеров верхних конечностей методом distraction osteosynthesis в настоящее время рассматривается как эффективное средство решения ортопедических проблем. В связи с этим важно иметь средства текущей оценки функционального состояния мышц в области наложения distraction osteosynthesis аппарата.

### Материалы и методы

Методом глобальной электромиографии [4] (тест «максимальное произвольное напряжение») обследовано 27 пациентов (13 мужского и 14 женского пола) в возрасте 5-25 (13,7±0,9) лет с укорочениями верхних конечностей 4-11 см (справа - 15, слева - 12), возникшими как последствия гематогенного остеомиелита. Обследования проводили с

использованием цифровой ЭМГ-системы «Viking-2e» (Nicolet, США) до операции, в процессе distraction и фиксации, и в течение года после снятия distractionного аппарата.

Регистрировали амплитуду (A) и частоту (f) электромиограммы (ЭМГ) при максимальном произвольном напряжении, отведённую транскутанно, биполярно от мышц (табл. 1) укороченной и контралатеральной конечностей. Рассчитывали средневыворочное значение (M) ЭМГ-параметров, ошибку средней (m), коэффициент асимметрии ( $K_{As}$ ) амплитуды ЭМГ (формула 1) как отношение разности между максимальным ( $A_{max}$ ) и минимальным ( $A_{min}$ ) её значениями в симметричных точках отведения к максимальному:

$$K_{As} = \frac{(A_{max} - A_{min}) * 100\%}{A_{max}} \quad (1)$$

Степень статистической значимости изменений средних значений ЭМГ-параметров оценивали с использованием t-критерия Стьюдента.

По формуле 2 определяли частоту встречаемости различных ЭМГ-паттернов на разных этапах лечения:

$$V_i = \frac{n_i}{N} \quad , \quad (2)$$

где  $n_i$  – число наблюдений i-ого паттерна активности, N – общее количество наблюдений в рассматриваемой группе на соответствующем этапе исследования.

В качестве контрольных использованы значения ЭМГ-параметров, полученные при обследовании здоровых испытуемых и опубликованные ранее [8]. Дизайн проведённого исследования – продольное-проспективное.

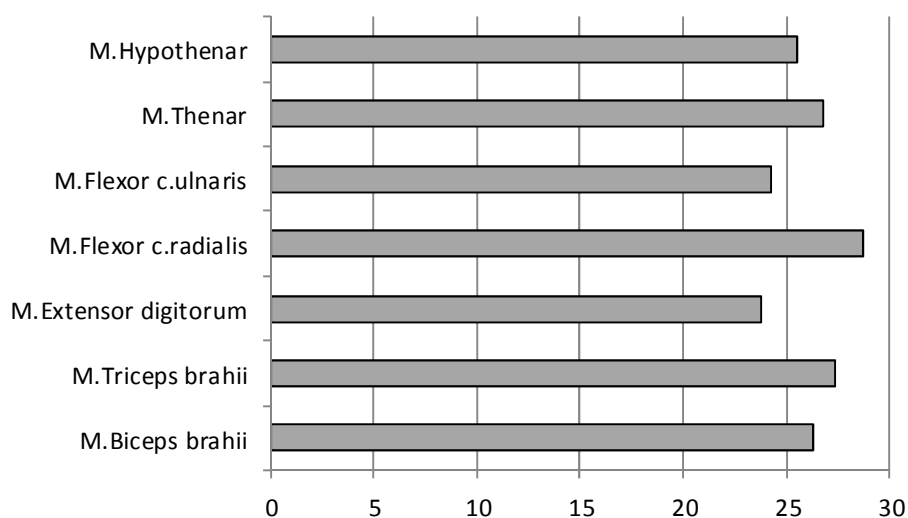
### **Результаты исследования**

Значения ЭМГ-параметров мышц верхних конечностей в анализируемой выборке пациентов в пределах нормы (таблица 1). Имеет место умеренное снижение ( $p < 0,05$ ) амплитуды ЭМГ на поражённой стороне, более выраженное для дистальных мышц. Интересно отметить, что снижение амплитуды ЭМГ мышц плеча на поражённой стороне относительно контралатеральной сопровождается незначительным ( $p < 0,05$ ) повышением её частоты в то время, как для дистальных мышц аналогичное снижение биоэлектрической активности связано с аналогичным уменьшением ( $p < 0,05$ ) средних значений колебаний биопотенциалов. Следует подчеркнуть, что речь идёт только о слабовыраженных тенденциях. Асимметрии ЭМГ симметричных мышц, более выражены индивидуально (рисунок 1), чем для средних значений анализируемого параметра (таблица 1).

**Таблица 1**

**ЭМГ-параметры мышц верхней конечности ортопедических больных в  
предоперационном обследовании**

Конечность	Оперированная				Контралатеральная			
	Амплитуда (А,мкВ)		Частота (f,кол/сек)		Амплитуда (А,мкВ)		Частота (f,кол/сек)	
Местимуемые мышцы	n	M±m	n	M±m	n	M±m	n	M±m
M.Bicepsbrahii	26	2100 ± 200	26	143±10	26	2100 ± 200	26	132±7
M.Tricepsbrahii	26	1300 ± 200	26	184±11	26	1400 ± 100	26	173±11
M.Extensordigitorum	26	900 ± 100	26	239±11	26	1100 ± 100	26	235±13
M.Flexorc.radialis	22	900 ± 100	22	234±16	22	1200 ± 200	22	243±15
M.Flexorc.ulnaris	21	500 ± 100	21	290±15	21	600 ± 100	21	305±17
M.Thenar	25	1900 ± 200	25	244±9	25	2100 ± 200	25	255±14
M.Hypothenar	25	1300 ± 100	25	200±12	25	1600±200	25	203±14



*Рис. 1.* Значение коэффициентов асимметрии для мышц верхних конечностей ортопедических больных в предоперационном периоде

В процессе удлинения конечности отмечается существенное снижение амплитуды произвольной ЭМГ (рисунок 2), более выраженное для мышц удлиняемого сегмента. Угнетение биоэлектрической активности в области наложения дистракционного аппарата является результатом суммации процессов электрофизиологических эффектов структурной перестройки двигательных единиц (ДЕ) под воздействием длительного дозированного растяжения и центрального охранительного торможения соответствующих спинальных моторных центров. Снижение интенсивности ЭМГ мышц дистального по отношению к зоне удлинения сегмента и контралатеральной конечности обусловлено только тормозными влияниями, идущими из ЦНС.

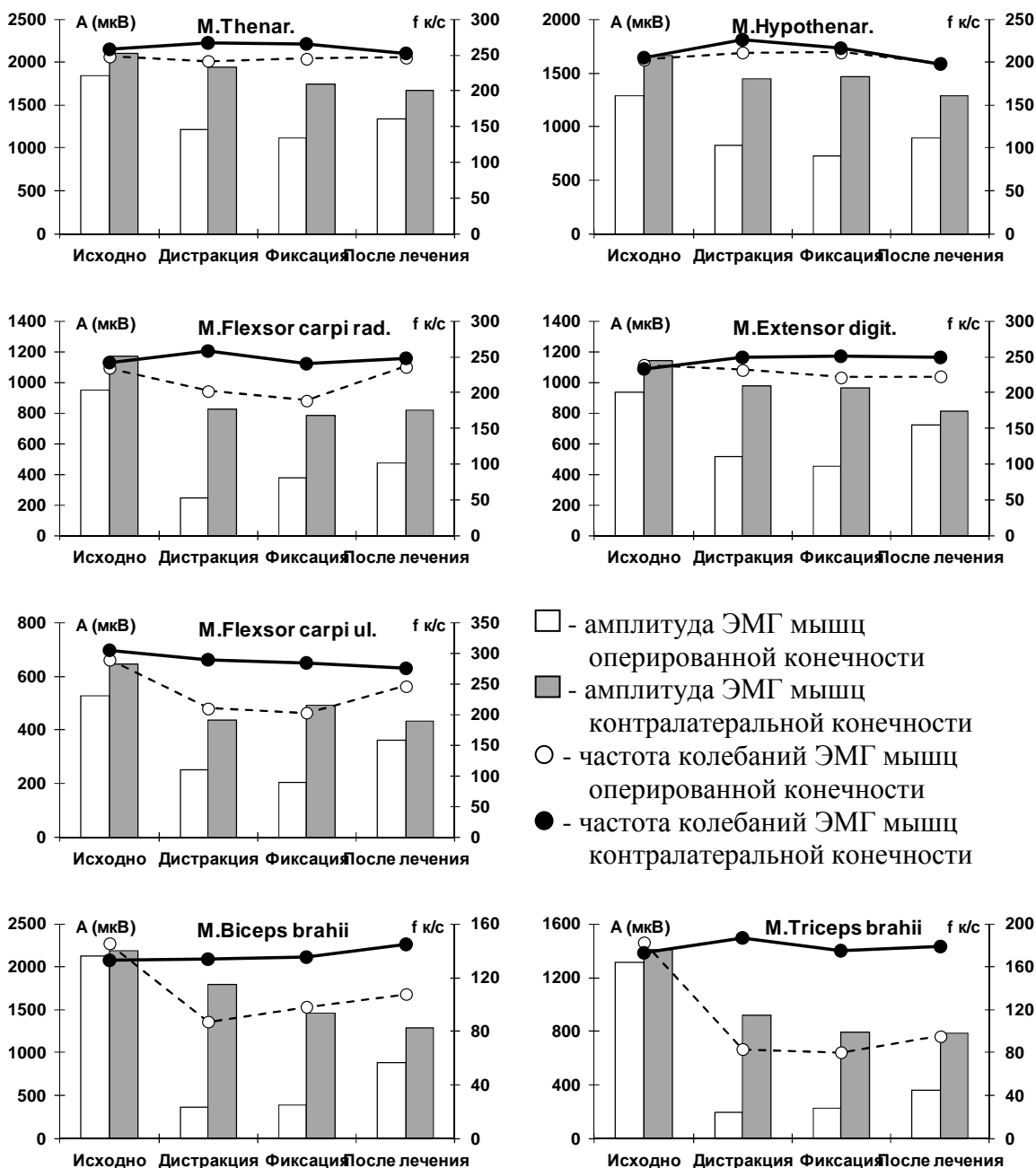


Рис. 2. Динамика ЭМГ- параметров мышц верхних конечностей в процессе удлинения методом дистракционного остеосинтеза

Снижение ЭМГ мышц удлиняемого сегмента наиболее выражено в период дистракции. Во время фиксации намечается тенденция к её восстановлению, которое эффективно протекает после снятия дистракционного аппарата. Изменения частоты колебаний биопотенциалов при этом аналогичны амплитуде. Для мышц дистального сегмента и контралатеральной конечности изменения амплитуды ЭМГ разнонаправлены. В период фиксации её средние значения могут начать повышаться, либо продолжать снижаться, что отражает неравномерность выраженности центральных тормозных влияний. В ранние сроки после снятия аппарата (до 4 месяцев) ЭМГ этих мышц остаётся сниженной. Частота ЭМГ сгибателей запястья при этом также снижается в период аппаратного лечения и

восстанавливается после снятия аппарата. Для *m.extensordigitorum* и мышц кисти, а так же мышц контралатеральной стороны в процессе лечения меняется незначительно. При этом все наблюдаемые изменения амплитуды являются следствием торможения активности части ДЕ.

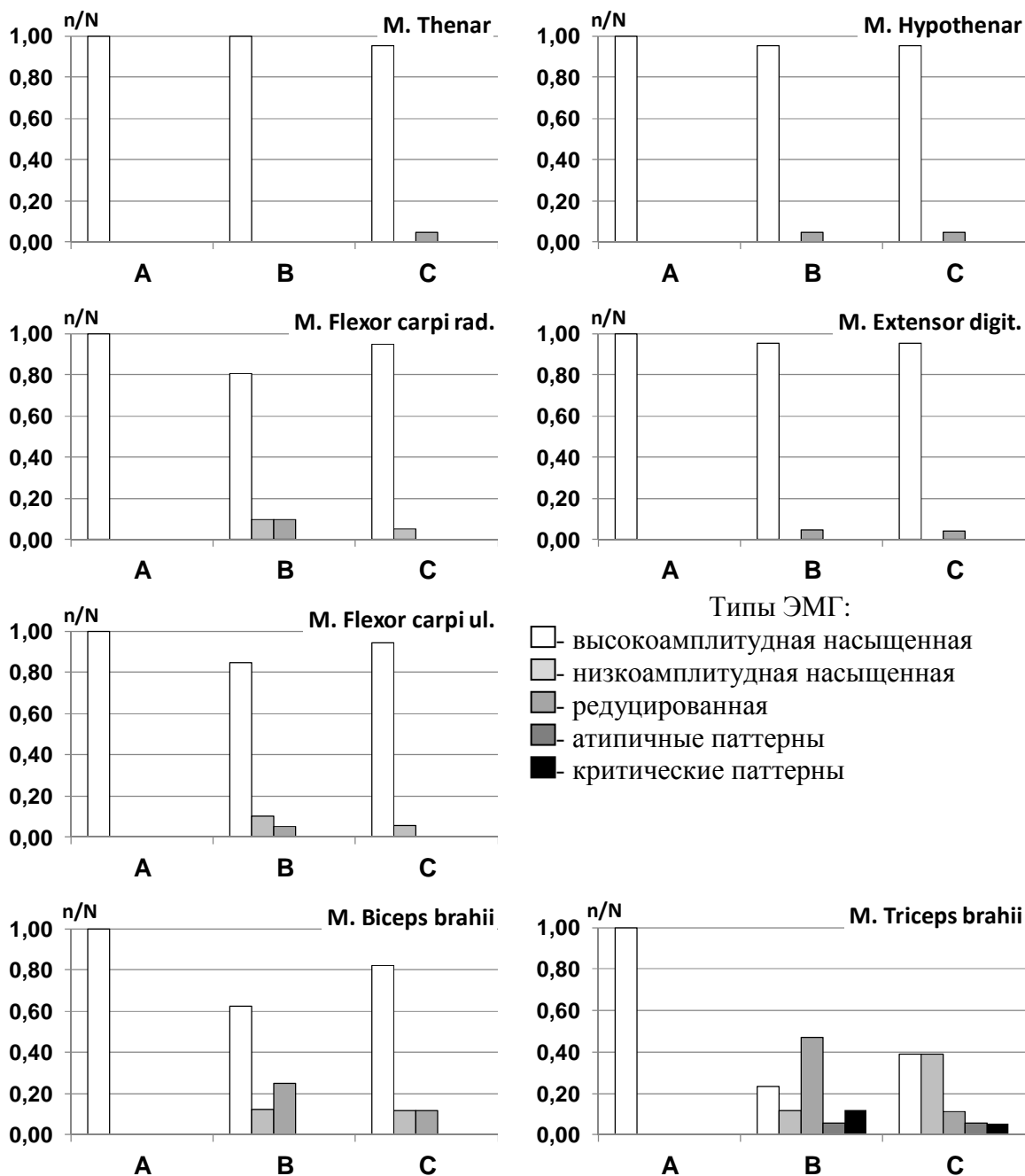


Рис. 3. Динамика частоты встречаемости ЭМГ- паттернов в процессе удлинения верхних конечностей: А - предоперационное обследование; В - период distraction; С - период фиксации

Всё многообразие зарегистрированных ЭМГ- паттернов мы распределили на пять больших групп (рисунок 3): 1) высокоамплитудная насыщенная активность (амплитуда ЭМГ выше 100 мкВ); 2) низкоамплитудная насыщенная активность (амплитуда ЭМГ ниже 100 мкВ); 3) редуцированная ЭМГ, имеющая «периоды молчания» на электрограммах; 4) атипичные ЭМГ- паттерны, состоящие из отдельных потенциалов; 5)

сверхнизкоамплитудная активность менее 20 мкВ (включая «полное биоэлектрическое молчание»).

Для всех тестируемых мышц укороченной конечности в предоперационном периоде отмечается полное доминирование высокоамплитудной ЭМГ. В период distraction частота встречаемости высокоамплитудной ЭМГ для мышц плеча, находящихся в зоне наложения аппарата Илизарова, снижается за счёт появления низкоамплитудной насыщенной и редуцированной активности. Это в большей степени проявляется при отведении активности от *m.tricepsbrahii*, где отмечены единичные случаи наблюдения атипичных и сверхнизкоамплитудных паттернов.

В период фиксации отмечается повышение частоты встречаемости высокоамплитудной насыщенной ЭМГ, более выраженное для двуглавой мышцы плеча. При этом сокращается количество наблюдений атипичных и субкритических паттернов.

Для мышц дистальных по отношению к зоне удлинения сегментов конечности преобладает высокоамплитудная насыщенная ЭМГ, в единичных случаях в период аппаратного лечения отмечается низкоамплитудная насыщенная и редуцированная активность, а частота регистрации таких наблюдений уменьшается в дистальном направлении. Для мышц контралатеральной конечности характерна только высокоамплитудная насыщенная активность.

После снятия аппарата нормальная структура ЭМГ-паттернов восстанавливается в течение двух-трёх месяцев.

### **Обсуждение результатов**

Слабо выраженные различия ЭМГ-характеристик симметричных мышц поражённой и контралатеральной конечностей свидетельствуют о том, что нейромоторный аппарат ортопедических больных в предоперационном периоде имеет высокий адаптивный потенциал. Проблемы с реализацией моторных актов связаны не столько с недостаточностью мышц, сколько с нарушением анатомических пропорций конечности. Это создаёт предпосылки для хорошего восстановления моторной функции конечности после успешной операционной коррекции её длины, исправления деформаций и устранения контрактур. Основной причиной асимметрий ЭМГ, умеренно превышающих уровень нормы [8] вероятнее всего является разница в кровообращении поражённой и контралатеральной конечностей [3].

Сопоставление особенностей амплитудно-частотных асимметрий мышц проксимального и дистальных сегментов поражённой и контралатеральной конечностей позволяют предположить, что в их моторных центрах преобладают разные механизмы компенсации функциональной недостаточности. Для мышц проксимальной части конечности - это

мобилизация дополнительных ДЕ, о чём свидетельствует умеренное повышение частоты колебаний ЭМГ [2]. В дистальной части для мышц предплечья и кисти возрастает степень синхронизации работы ансамбля  $\alpha$ -мотонейронов. В результате частота ЭМГ незначительно снижается. Возможно, что различия в механизмах компенсации недостаточности активационных свойств сравниваемых мышц обусловлены неодинаковым уровнем их кортикального контроля.

Угнетение произвольной ЭМГ в процессе дистракционного остеосинтеза обусловлено включением тормозных механизмов [6] защитного тонического рефлекса [1], ограничивающего моторную активность ортопедических больных. Представленные нами диаграммы демонстрируют зависимость выраженности торможения от близости к зоне оперативного вмешательства.

Наличие центрального торможения моторной активности в период остеосинтеза способствовало созданию оптимальных условий для процессов структурной перестройки в периферической части ДЕ мышц удлиняемого сегмента. Электрофизиологические эффекты центрального торможения и трансформации структуры мышц под влиянием длительного дозированного растяжения тканей обуславливают разнообразие ЭМГ-паттернов, регистрируемых в условиях дистракционного остеосинтеза. Наличие редуцированной и атипичной ЭМГ свидетельствует о высокой интенсивности перестроечных процессов. Их переход к сверхнизкоамплитудной ЭМГ, которая рассматривается как признак критического состояния нейромоторного аппарата, является основанием для назначения дополнительных средств реабилитации таких, как миоэлектростимуляция [7] и биологическая обратная связь [5]. Тот факт, что критические паттерны ЭМГ регистрировались лишь в единичных случаях, свидетельствует об использовании адекватного режима удлинения конечности, соответствующего адаптивным возможностям нейромоторного аппарата. Наблюдаемые в условиях дистракционного остеосинтеза изменения состояния нейромоторного аппарата у больных с последствиями гематогенного остеомиелита менее выражены, чем у пациентов с врождёнными укорочениями и аномалиями развития верхних конечностей.

После завершения процесса удлинения конечности и окончания периода фиксации происходит быстрое восстановление функционального состояния мышц оперированной конечности.

Таким образом, функциональное состояние мышц конечности, укороченной вследствие перенесённого в детстве гематогенного остеомиелита, изменено умеренно, что указывает на их высокий адаптивный потенциал. Под воздействием длительного дозированного растяжения тканей удлиняемого сегмента конечностей активируется защитный тонический

рефлекс, ограничивающий уровень активации не только мышц удлиняемой, но и контралатеральной конечностей. Изменения биоэлектрической активности мышц в условиях дистракционного остеосинтеза носят обратимый характер.

### Список литературы

1. Алатырев В.И., Еремеев А.М., Зефирова Л.Н. Тонические защитные рефлексы и рефлекторные реакции скелетных мышц // Физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова. - 1987. - Т. LXXIII. - № 2. - С. 295-301.
2. Гехт Б.М., Ильина Н.А. Нервно-мышечные болезни. – М.: Медицина, 1982. – 352 с.
3. Дедова В.Д., Черкасова Т.И. Оперативное удлинение укороченных нижних конечностей у детей. - М., 1973. – 128 с.
4. Команцев В.Н., Заболотных В.А. Методические основы клинической электромиографии: Руководство для врачей - СПб.: Лань, 2001. - 349 с.
5. Сайфутдинов М.С., Шеин А.П., Сизова Т.В. Функциональное биоуправление электрической активностью мышц в условиях дистракционного остеосинтеза // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. XIX. - № 4. – С.82-86.
6. Шеин А.П. Механизмы дезинтеграции в системе «сенсомоторный аппарат - схема тела» периферического генеза на модели удлинения конечностей // Гений ортопедии. - 1998. - № 4. - С. 65-71.
7. Шеин А.П., Ерохин А.Н. Влияние электростимуляции на электрическую активность мышц (Гл. 8.2.) // Ахондроплазия: Руководство для врачей / Под ред. А.В. Попкова, В.И. Шевцова. - М.: Медицина, 2001. – С. 281-289.
8. Шеин А.П., Криворучко Г.А., Асимметрия некоторых биомеханических и биоэлектрических характеристик произвольной и вызванной активности мышц верхних и нижних конечностей у здоровых субъектов // Вестник Южно-Уральского государственного университета / Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура» – 2005. – Выпуск 5. – № 4(44). – С.270-276.

### Рецензенты:

Исламов Р.Р., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой медицинской биологии и генетики ГБОУ ВПО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Казань.

Теплов А.Ю., д.б.н., доцент кафедры Патологии ГБОУ ВПО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Казань.