

Динамика функционального состояния мышц предплечья у пациентов с врожденной аномалией развития верхней конечности в условиях дистракционного остеосинтеза

М.С. Сайфутдинов, Е.Б. Гребенюк, Т.В. Сизова

Dynamics of the functional state of forearm muscles in patients with congenital developmental anomaly of the upper limb under distraction osteosynthesis

M.S. Saifutdinov, E.B. Grebenuk, T.V. Sizova

Федеральное государственное учреждение

«Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова Росмедтехнологий», г. Курган (и.о. генерального директора — д.м.н., профессор А.Н. Дьячков)

Электромиографические обследования 29 больных 4-18 лет с врожденными аномалиями развития верхних конечностей показали, что активационная способность мышц предплечья на пораженной конечности в большей степени снижена при нарушении развития лучевой кости. При наличии укорочения предплечья, не сопровождающегося дефектами его костей, снижение способности к произвольной активации мышц предплечья минимально. Изменения ЭМГ при максимальном произвольном напряжении у больных с дефектами локтевой кости занимают промежуточное положение. Разнообразие паттернов низкоамплитудной ЭМГ мышц удлиняемого предплечья у больных с аномалиями развития верхних конечностей отражает многообразие процессов адаптации и дезадаптации периферических структур двигательных единиц в условиях дистракционного остеосинтеза. Восстановление ЭМГ-параметров в сроки до 1 года после лечения у больных с разными вариантами аномалий развития также происходит волнообразно и представляет собой колебательный переходный процесс.

Ключевые слова: электромиография, врожденные аномалии развития, мышцы, защитный тонический рефлекс.

Electromyographic examinations of 29 patients at the age of 4-18 years with congenital developmental anomalies of the upper limb have demonstrated that the activation ability of forearm muscles in the limb involved is to greater extent decreased in the developmental disorder of radius. In case of shortening of the forearm not accompanied by defects of its bones the decrease of the ability of forearm muscle voluntary activation is minimal. EMG changes by maximal voluntary tension in patients with ulnar defects stand midway. Numerous low-amplitude EMG patterns of lengthened forearm muscles in patients with upper limb developmental anomalies reflect variety of the processes of adaptation and disadaptation of motor unit peripheral structures under the conditions of distraction osteosynthesis. The recovery of EMG-parameters within the periods of 1 year after treatment in patients with different variants of developmental anomalies also has a wave-like character and represents an oscillatory transitional process.

Keywords: electromyography, congenital developmental anomalies, muscles, defense tonic reflex.

У больных с врожденными аномалиями развития предплечья имеет место разная степень выраженности недоразвития мускулатуры, вплоть до полного отсутствия некоторых мышц; в проксимальном отделе предплечья все мышцы могут быть слиты в общую массу, их трудно даже анатомически отдифференцировать друг от друга. Это порождает неопределенность их структурно-функционального статуса и в значи-

тельной степени затрудняет оценку функционального состояния мышц, расположенных в области врожденной анатомической аномалии предплечья. Целью настоящего исследования является оценка с помощью метода электромиографии функционального состояния мышц предплечья при врожденных аномалиях развития верхней конечности в процессе лечения методом дистракционного остеосинтеза.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проанализирована выборка из 29 больных 4-18 лет (14 женского, 15 мужского пола). Всех пациентов мы разделили на три группы: в первую (I) группу (13 больных) вошли пациенты с лучевой косорукостью (аплазия и гипоплазия лучевой кости); во вторую (II) группу (11 больных) — с локтевой косорукостью (гипоплазия

локтевой кости); в третью (III) группу (5 больных) — с симметричным укорочением предплечья и отставанием в росте одной из его костей.

Электромиограмму (ЭМГ) при максимальном произвольном напряжении [7; 9] разгибателей и сгибателей запястья регистрировали с помощью цифровой ЭМГ-системы «DISA-1500» (Dantec,

Дания). Обследования проводили до операции, в период distraction и фиксации и в сроки до двух лет после снятия аппарата. Отведение ЭМГ осуществляли с помощью биполярного кожного электрода с площадью поверхностей 8 мм и межэлектродным расстоянием 10 мм. Больные находились в положении сидя. Тестовое движение выполнялось после предварительной инструкции плавно и с максимальным усилием, длительность которого не превышала 3 секунды [9]. Измеряли наиболее важные количественные характеристики ЭМГ: амплитуду (A) «от пика до пика», выраженную в микровольтах (мкВ), и частоту (f) колебаний в секунду. Вычисляли следующие статистические параметры [10, 12]: среднее арифметическое (M), медиану (Me) и моду (Mo), ошибку среднего арифметического (m), асимметрию (As) и эксцесс (Ex) ЭМГ-характеристик. Каждый из первых трёх статистических параметров делит весь диапазон изменений индивидуальных значений A и f на две части: левую (left) и правую (right), в которых, соответственно, сосредоточены меньшие и большие по сравнению с данным параметром величины анализируемой характеристики. Сопоставляя количество наблюдений из I-III групп сравнения в left-right частях диапазонов ЭМГ-характеристик, можно судить о степени равномерности их распределения в объёме всей выборки, а следовательно подверженности влиянию какого-либо фактора. Использование сразу трёх статистических параметров повышало надёжность оценки характера группировки данных в группах сравнения. Все индивидуальные значения меньше, чем M, Me и Mo считали принадлежащими поддиапазону «left», а превосходящие или равные им отнесли к области «right». Если анализируемая ЭМГ-характеристика в одной из групп сравнения равномерно распределялась относительно статистических параметров, то патологический процесс не оказал на неё ощутимого влияния, превосходящего шум от случайных факторов. Такая ситуация оценивается 0 баллов (s = 0). В противном случае, когда значения параметра концентриро-

вались преимущественно в одной из областей «left» (s = -1 балл) или «right» (s = 1 балл), очевидным становилось воздействие на ЭМГ в данной группе какого-то фактора. Полученные баллы суммировали для каждой группы сравнения.

Рассчитывали коэффициент асимметрии (K_{As}) как отношение разности большего (A_1) и меньшего (A_2) значений амплитуд ЭМГ симметричных мышц предплечья к большему, выраженный в процентах (формула 1):

$$K_{As} = \frac{(A_1 - A_2) * 100\%}{A_1} \quad (1).$$

По данным литературы [1], асимметрия ЭМГ парных мышц у здоровых людей не превышает 8-18 %. Для большей надёжности мы выбрали в качестве критической величины значение асимметрии 20 %. Если коэффициент асимметрии не превышает 20 %, мы считаем асимметрию нормальной, в противном случае она рассматривается как высокая. Оценивалось количество пациентов с нормальной и высокой асимметрией в группах сравнения. Когда доминировала нормальная асимметрия, условный показатель асимметрии принимал нулевое значение ($VAs = 0$), а в случае преобладания повышенной – $VAs = -1$.

На основании вышесказанного для каждой группы сравнения рассчитывается балльный показатель (S), характеризующий степень патологических изменений в мышцах поражённого предплечья:

$$S = \sum_{i=1}^{i=n} s_i + VAs \quad (2),$$

где: $s_i = -1; 0; 1$; – результат балльной оценки i-того параметра; $n = k \times l$; где $k = 3$ – количество тестируемых мышц; l – количество анализируемых ЭМГ-характеристик.

Степень достоверности изменений средних значений ЭМГ-параметров в восстановительном периоде оценивали с помощью t-критерия Стьюдента [10, 12]. В качестве контроля использовали ранее опубликованные [6] результаты обследования здоровых испытуемых.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

ЭМГ-параметры мышц предплечья анализированной выборки больных в дооперационном периоде представлены в таблице 1. Расхождения средних значений амплитуды ЭМГ для всех тестируемых мышц поражённого и контралатерального предплечья статистически не значимы ($P > 0,05$) относительно уровня нормы. Различия между средними значениями амплитуды и частоты ЭМГ мышц поражённой и контралатеральной конечностей также статистически не значимы ($P > 0,05$), за исключением m. flexor carpi radialis, для которой амплитуда ЭМГ на

стороне поражения существенно ниже ($P < 0,05$), чем на контралатеральной.

Индивидуальные значения амплитуды ЭМГ мышц предплечья поражённой и контралатеральной конечностей и её степень асимметрии у больных в анализируемой выборке варьировали в широких пределах. Тем не менее, в большинстве случаев на стороне поражения амплитуда ЭМГ была снижена по сравнению со значениями симметричной мышцы контралатеральной стороны.

Таблица 1

Параметры ЭМГ мышц предплечья при максимальном произвольном напряжении у больных с аномалиями развития верхних конечностей в дооперационном периоде

Тестируемые мышцы	Конечность		n	M±m	Me	Mo
M. extensor digitorum	Поражённая	Амплитуда	37	774±83	500	500
	Контралатеральная		25	815±90	700	500
M. flexor c.radialis	Поражённая		26	540±62*	500	500
	Контралатеральная		16	781±77	750	1000
M. flexor c.ulnaris	Поражённая		14	621±103	500	500
	Контралатеральная		9	578±60	600	600
M. extensor digitorum	Поражённая	Частота	37	221±11	200	180
	Контралатеральная		25	224±9	210	200
M. flexor c.radialis	Поражённая		26	251±11	255	200
	Контралатеральная		16	237±12	240	190
M. flexor c.ulnaris	Поражённая		14	251±20	255	270
	Контралатеральная		9	286±17	280	350

Примечание: M±m – средняя арифметическая и ошибка средней; Me – медиана; Mo – мода. Звёздочкой отмечены статистически значимые (P<0,05) различия ЭМГ-параметра между поражённой и контралатеральной стороной.

Результаты оценки межгрупповых различий ЭМГ-характеристик мышц поражённого предплечья относительно общевыборочных значений среднего арифметического, медианы и моды представлены в таблице 2. Проведённый анализ показал, что сумма баллов для латеральной группы мышц предплечья была распределена равномерно по всем трём группам сравнения. Для мышц, расположенных в проекции лучевого и локтевого сгибателей запястья, минимальная сумма баллов отмечалась в первой группе, а максимальная – в третьей. Общая сумма баллов для всех тестируемых мышц также минимальна в первой группе и максимальна в третьей. Таким образом, в наибольшей степени активационные способности мышц предплечья были изменены у больных с нарушениями развития лучевой кости и в наименьшей степени – при наличии укорочения предплечья без выраженной гипоплазии одной из его костей.

На рисунке 1 представлены амплитудно-частотные характеристики ЭМГ тестируемых мышц поражённой и контралатеральной конечностей у больных с аномалиями развития предплечья в дооперационном периоде. В первом случае для общего разгибателя пальцев (рис. 1, Б, слева) можно отметить, что множества всех наблюдений ЭМГ в первой и второй группах почти полностью перекрываются между собой. При этом они охватывают всю шкалу диапазонов амплитуды и частоты. Совокупность множества наблюдений ЭМГ третьей группы концентрируется в области сред-

них и низких величин амплитуды ЭМГ, а по частоте колебаний распадается на две подгруппы, полностью в рамках общей территории первой и второй групп. Мы полагаем, что это связано с малым количеством наблюдений и не отображает каких-либо физиологических феноменов. Таким образом, данный рисунок показывает, что все наблюдения ЭМГ общего разгибателя пальцев на стороне поражения в первой, второй и третьей группах больных концентрируются в общей области пространства состояний, причём наблюдения, составляющие третью группу, локализуются в нижней части этой области, т.е. представляют собой средне- и низкоамплитудную ЭМГ с широким частотным диапазоном.

На контралатеральной конечности (рис. 1, К, слева) ситуация выглядит несколько иначе. Множества наблюдений ЭМГ, соответствующие трём анализируемым группам, пересекаются в меньшей степени. Множество ЭМГ, соответствующее первой группе, вытянуто вдоль оси ординат (т.е. имеет большую вариативность по амплитуде), но локализовано преимущественно в среднем частотном диапазоне, в то время как множество наблюдений ЭМГ, соответствующее второй группе, больше вытянуто вдоль оси абсцисс с уклоном в сторону области высоких частот. Третье множество расположено более компактно и более ориентировано вдоль оси абсцисс, охватывая низко- и среднечастотные диапазоны. ЭМГ из третьего множества также менее вариативна по амплитуде.

Таблица 2

Суммарная балльная оценка (S) распределения ЭМГ-параметров тестируемых мышц в группах сравнения

ЭМГ	Статистические параметры	I группа			II группа			III группа		
		M. extensor digitorum	M. flexor c.radialis	M. flexor c.ulnaris	M. extensor digitorum	M. flexor c.radialis	M. flexor c.ulnaris	M. fxtensor digitorum	M. flexor c.radialis	M. flexor c.ulnaris
A	M	0	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	0
	Me	1	1	-1	1	1	1	1	1	0
	Mo	1	1	-1	1	1	1	1	1	0
f	M	-1	-1	0	-1	0	-1	-1	1	0
	Me	0	-1	0	1	0	0	1	1	1
	Mo	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1
VAs		0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0
S		-4			4			6		

Примечание: S – сумма баллов в группах сравнения.

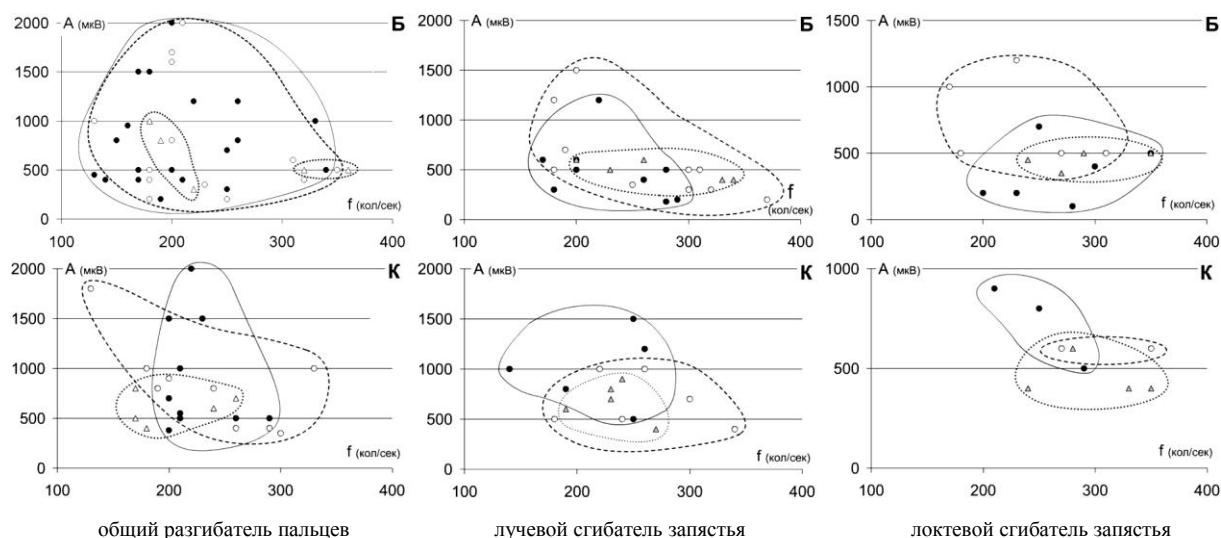


Рис. 1. Амплитудно-частотные характеристики ЭМГ мышц на пораженной (Б) и контралатеральной (К) конечностях у больных с аномалиями развития предплечья в предоперационном периоде. Обозначения: ● – первая, ○ – вторая, Δ – третья группы сравнения

Для лучевого сгибателя запястья на поражённой конечности (рис. 1, Б, в центре) наибольший разброс наблюдений в пространстве состояний отмечается у больных во второй группе, за счёт двух высокоамплитудных случаев в области низких частот и одной низкоамплитудной высокочастотной ЭМГ. Если абстрагироваться от них и одного значения высокоамплитудной ЭМГ из среднечастотного диапазона, то остальные наблюдения, принадлежащие к I-III группам, размещаются компактно в области амплитуд средней и низкой величины, вытянутой вдоль оси абсцисс от низкочастотного к высокочастотному диапазону. В то время как для общего разгибателя пальцев наблюдения разбросаны по большей площади более равномерно. С учётом выпадающих значений территория множества наблюдений второй группы полностью поглощает территорию множества третьей группы и почти совпадает с территорией множества первой группы. Таким образом, общая картина больше напоминает ситуацию с распределением наблюдений ЭМГ общего разгибателя пальцев на поражённой конечности. Исходя из вышесказанного, с большой уверенностью можно считать, что при увеличении количества наблюдений ЭМГ для лучевого сгибателя кисти картина их распределения в пространстве состояний будет приближаться к ситуации, характерной для общего сгибателя пальцев. Случаи высокоамплитудной ЭМГ концентрируются в области более низкой частоты колебаний.

На контралатеральной конечности (рис. 1, К) территория множества ЭМГ третьей группы остаётся в рамках территории второй группы, но множество наблюдений первой группы сместилось ближе к левому верхнему углу графика пространства состояний, т.е. в область более высоких амплитуд и низких частот. В целом же большинство наблюдений концентрируется ближе к центру пространства состояний.

На поражённой конечности множество наблюдений ЭМГ локтевого сгибателя кисти для первой группы больных (рис. 1, Б, справа) территориально располагается под соответствующим множест-

вом второй группы, при этом область их пересечения значительно меньше, чем для общего разгибателя пальцев и даже для лучевого сгибателя запястья. Тем не менее, во втором случае наблюдается больше сходства. При этом множество, соответствующее третьей группе, находится практически на стыке двух первых множеств, что также в большей степени соответствует картине, наблюдаемой для лучевого сгибателя запястья. Отдельные наблюдения ЭМГ первого и второго множеств равномерно распределены по занимаемой территории, в то время как третье множество организовано более компактно.

Для контралатеральной конечности (рис. 1, К, справа) количество наблюдений минимально, что значительно затрудняет оценку характера распределения по группам. Тем не менее, следует отметить, что наблюдается картина, в некоторой степени обратная той, что наблюдалась на стороне поражения; т.е. ЭМГ, полученная в первой группе, территориально выше областей второй и третьей групп.

Таким образом, анализ поведения балльного критерия и корреляционных полей индивидуальных значений ЭМГ показывает, что в предоперационном периоде активационная способность мышц предплечья на поражённой конечности у больных с аномалиями развития верхних конечностей зависит от особенностей патологии скелета. В большей степени она снижена при нарушении развития лучевой кости, а при наличии укорочения предплечья, не сопровождающегося дефектами его костей, снижение способности к произвольной активации мышц предплечья минимально. Изменения ЭМГ при максимальном произвольном напряжении у больных с дефектами локтевой кости занимают промежуточное положение.

Оперативное вмешательство и последующий процесс трансформации конечности являются мощным неспецифическим фактором воздействия, унифицирующим реакцию нервно-мышечных структур при разных вариантах патологии. Эта реакция сводится к значительному

угнетению ЭМГ при попытке максимального произвольного напряжения мышц за счет охранительного центрального торможения, вызванного мощной интероцептивной (в том числе и ноцицептивной) афферентацией из области оперативного вмешательства. При этом на протяжении всего времени пребывания конечности больного в дистракционном аппарате в мышцах подверженного коррекции сегмента отмечается большое разнообразие низкоамплитудных паттернов ЭМГ (таблица 3), среди которых мы выделяем низкоамплитудную интерференционную ЭМГ, представляющую собой непрерывную кривую сложного характера со средней амплитудой, не превышающей 100 мкВ. Встречается также редуцированная ЭМГ, запись которой представляет участки интерференционной ЭМГ, чередующиеся с «периодами молчания». На некоторых записях регистрируются только серии отдельных потенциалов действия двигательных единиц. Следует особо отметить присутствие сверхнизкой ЭМГ, амплитуда сигнала при которой менее 20 мкВ.

Восстановление ЭМГ-параметров в сроки до года после лечения у больных с разными вариантами аномалий развития также происходит волнообразно и представляет собой колебательный переходный процесс.

Сравнение распределения наблюдений ЭМГ общего разгибателя пальцев (рис. 2, слева) в пространстве состояний в сроки, превышающие полтора года после снятия аппарата (множест-

во 2), с предоперационным уровнем (множество 1) показывает, что большая часть территории обеих множеств перекрывается на оперированной и контралатеральной конечности. Однако следует отметить, что в дооперационном периоде максимальные значения амплитуды ЭМГ чаще наблюдаются в среднечастотном диапазоне, а поздние сроки после окончания лечения амплитудные максимумы на стороне вмешательства смещаются в область низких частот. На контралатеральной стороне максимальная амплитуда ЭМГ мышц предплечья распределяется равномерно по всему частотному диапазону и не принимает слишком высоких значений.

Для сгибателей запястья (рис. 2, в центре и справа) территории множеств 1 и 2 в пространстве состояний перекрываются в меньшей степени, чем для общего разгибателя пальцев, как на пораженной, так и на контралатеральной конечностях. Во всех случаях элементы множества 2 смещены в область низких частот.

Через полтора-два года после окончания лечения средние значения ЭМГ-параметров мышц предплечья возвращаются к уровню, близкому к исходному. Восстановление функционального состояния нейромоторного аппарата конечности позволяет при необходимости приступить к очередному этапу её оперативной реконструкции при минимальном риске дезадаптивных изменений в двигательных единицах заинтересованных мышц.

Таблица 3

Разнообразие паттернов низкоамплитудной ЭМГ в период лечения аппаратом

Типы биоэлектрической активности	M. extensor digitorum	M. flexor c. radialis	M. flexor c. ulnaris
Низкоамплитудная интерференционная ЭМГ	31	24	8
Редуцированная ЭМГ	15	20	5
Единичные потенциалы действия	6	5	4
Сверхнизкоамплитудная ЭМГ	10	3	8
Общее количество наблюдений	62	52	25

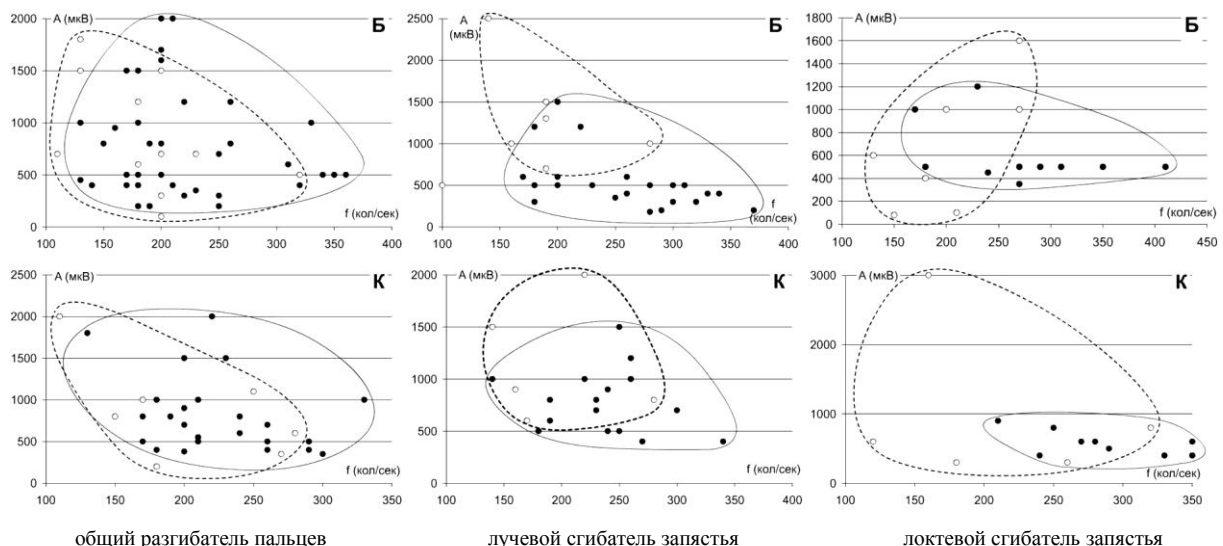


Рис. 2. Амплитудно-частотные характеристики ЭМГ мышц предплечья оперированной (Б) и контралатеральной (К) конечностей у больных с аномалиями развития верхней конечности до лечения (●) и в отдаленные сроки после оперативной коррекции (○)

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Резкое угнетение ЭМГ при максимальном произвольном напряжении мышц предплечья, подверженного оперативной коррекции, связано с мощной интероцептивной, в том числе и ноцицептивной импульсацией из области оперативного вмешательства [6; 7]. Через несколько дней после операции ноцицептивная активность становится менее интенсивной, но интероцептивный компонент афферентации сохраняется на высоком уровне из-за механического и химического воздействия на разнообразные тканевые рецепторы. Данное торможение носит охранительный характер и является частью неспецифической адаптивной реакции сенсомоторной системы на воздействие комплекса факторов distractionного остеосинтеза [3]. При этом разнообразие паттернов низкоамплитудной ЭМГ отражает множественность путей и стадий процессов перестройки внутренней структуры периферической части ДЕ мышц оперированного сегмента [11] в соответствии с концепцией distractionного нейромиогенеза [14].

Ранее было показано [2], что восстановление электрофизиологических характеристик ДЕ мышц оперированного сегмента конечности в реабилитационном периоде после снятия distractionного аппарата происходит волнообразно, поскольку представляет собой колебательный переходный процесс, суть которого заключается в адаптации нервно-мышечного аппарата к новым условиям функционирования конечности. Полученные нами в настоящей работе данные полностью соответствуют этим представлениям. Волнообразный характер перестройки

нервно-мышечного аппарата связан с тем, что в основе его лежит денервационно-реиннервационный процесс, который по представлениям Б.М. Гехта [4; 5] является основным механизмом трансформации внутренней структуры мышц и образующих их ДЕ под влиянием различных факторов воздействия, начиная с физической нагрузки и заканчивая разными видами патологии. Волнообразный характер протекания денервационного процесса был показан на экспериментальных моделях восстановления иннервации мышц после повреждения седалищного нерва [8].

Таким образом, в предоперационном периоде активационная способность мышц предплечья на пораженной конечности у больных с аномалиями развития верхних конечностей зависит от особенностей патологии скелета. В большей степени она снижена при нарушении развития лучевой кости, а при наличии укорочения предплечья, не сопровождающегося дефектами его костей, снижение способности к произвольной активации мышц предплечья минимально. Изменения ЭМГ при максимальном произвольном напряжении у больных с дефектами локтевой кости занимают промежуточное положение. Разнообразие паттернов низкоамплитудной ЭМГ мышц удлиняемого предплечья у больных с аномалиями развития верхних конечностей отражает многообразие процессов адаптации и дезадаптации периферических структур двигательных единиц в условиях distractionного остеосинтеза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Билатеральные различия некоторых показателей произвольной и вызванной биоэлектрической активности мышц верхних и нижних конечностей у здоровых субъектов / А. П. Шеин [и др.] // Структурно-функциональные нейрхимические и иммунологические закономерности асимметрии и пластичности мозга : материалы Всерос. конф. с междунар. участием. М., 2007. С. 697-701.
2. Влияние оперативного удлинения плеча на электрофизиологические характеристики дистальных нервно-мышечных структур / А. П. Шеин [и др.] // Чрескостный компрессионно-дистракционный остеосинтез по Илизарову в травматологии и ортопедии : сб. науч. тр. Курган, 1985. Вып. 10. С. 124-132.
3. Вызванная удлинением конечности неспецифическая адаптивная реакция центральной нервной системы ортопедических больных / М. С. Сайфутдинов [и др.] // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. 2002. № 6. С. 195-200.
4. Гехт Б. А., Ильина Н. А. Нервно-мышечные болезни. М. : Медицина, 1982. 352 с.
5. Электромиография в диагностике нервно-мышечных заболеваний / Б. М. Гехт [и др.]. Таганрог : Изд-во ТРТУ, 1997. 370 с.
6. Дедова В. Д., Черкасова Т. И. Оперативное удлинение укороченных нижних конечностей у детей. М. : Медицина, 1973. 128 с.
7. Команцев В. Н., Заболотных В. А. Методические основы клинической электронейромиографии : рук. для врачей. СПб. : Лань, 2001. 349 с.
8. Морфофункциональная характеристика мышц голени собак при регенерации пересеченного седалищного нерва в условиях distractionного остеосинтеза бедренной кости / М. С. Сайфутдинов [и др.] // Гений ортопедии. 2001. № 3. С. 64-71.
9. Персон Р. С. Электромиография в исследованиях человека. М. : Наука, 1969. 199 с.
10. Реброва О. Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ «Statistica». М. : Медиа Сфера, 2002. 312 с.
11. Сайфутдинов М. С. Электрофизиологическая оценка адаптационной реакции двигательных единиц мышц нижних конечностей ортопедических больных в условиях distractionного остеосинтеза // Вестн. новых мед. технологий. 2006. № 3. С. 145-148.
12. Сергиенко В. И., Бондарева И. Б. Математическая статистика в клинических исследованиях. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2006. 304 с.
13. Шеин А. П., Сайфутдинов М. С., Криворучко Г. А. Локальные и системные реакции сенсомоторных структур на удлинение и ишемию конечностей. Курган : ДАММИ, 2006. 284 с.
14. Шеин А. П., Криворучко Г. А. Структурно-функциональные сдвиги в нервных стволах и мышцах при удлинении конечностей // Ахондроплазия : рук. для врачей / под ред. А. В. Попкова, В. И. Шевцова. М. : Медицина, 2001. Гл. 8, § 1. С. 271-281.

Рукопись поступила 28.12.09.

Сведения об авторах:

1. Сайфутдинов Марат Саматович – ФГУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова», ведущий научный сотрудник научного клинико-экспериментального отдела физиологии, к.б.н.;
2. Гребенюк Евгением Борисович – ФГУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова», врач-травматолог-ортопед ортопедического отделения № 3, к.м.н.;
3. Сизова Тамара Вениаминовна – ФГУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова», научный сотрудник научного клинико-экспериментального отдела физиологии.