© Группа авторов, 2007

Динамика ЭМГ-паттернов мышц при удлинении нижних конечностей ортопедических больных

М.С. Сайфутдинов, А.В. Попков, А.М. Аранович, Т.В. Сизова

The dynamics of muscle EMG-patterns for lower limb lengthening in orthopaedic patients

M.S. Saifutdinov, A.V. Popkov, A.M. Aranovich, T.V. Sizova

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

Анализ разнообразия паттернов ЭМГ мышц нижних конечностей разных групп ортопедических больных показал, что изменения возбудимости спинальных двигательных центров в процессе дистракционного остеосинтеза носят неспецифический характер. Динамика частоты встречаемости некоторых типов ЭМГ отражает этиологические особенности функционального состояния двигательных единиц перед первым оперативным вмешательством и в поздние сроки реабилитационного периода перед началом повторного удлинения.
Ключевые слова: двигательные единицы, мышцы, электромиограмма, дистракционный остеосинтез.

The analysis of variety of EMG-patterns of lower limb muscles in different groups of orthopaedic patients has demonstrated that changes of spinal motor center excitability in the process of distraction osteosynthesis are of non-specific character. The frequency dynamics of some EMG types reflects the etiologic features of motor unit functional condition before the first surgical intervention and in the late rehabilitation periods before repeat lengthening starting.
Keywords: motor units, muscles, electromyogram, distraction osteosynthesis.

Как отмечалось ранее [1, 2], угнетение произвольной электромиограммы (ЭМГ) в условиях дистракционного остеосинтеза следует рассматривать как следствие развития центрального торможения, которое носит [3] охранительный характер и является частью общей неспецифической реакции сенсомоторной системы на воздействие оперативной травмы и длительного дозированного растяжения тканей конечности [5]. Однако на фоне общего угнетения биоэлектрической активности мышц удлиняемого сегмента можно наблюдать разнообразие проявлений суммарной активности двигательных единиц (ДЕ).

В связи с вышесказанным **целью** настоящей работы был анализ динамики ЭМГ-паттернов при максимальном произвольном напряжении мышц нижних конечностей ортопедических больных в условиях дистракционного остеосинтеза.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Всех больных мы разделили на две группы: 1) 61 больной ахондроплазией 4-27 лет (25 мужского и 36 женского пола), обследованные перед очередным этапом лечения (66 наблюдений), в процессе удлинения бедра и голени (18 наблюдений) и после его окончания (21 наблюдение); 2) 122 больных 4-17 лет (60 мужского и 62 женского пола) с укорочениями и деформациями нижних конечностей врождённого генеза (85 человек), последствиями остеомиелита (31 человек) и другой этиологии (6 человек). Обследования проводили перед очередным этапом лечения (84 наблюдения), в процессе удлинения бедра, голени, бедра и голени (151 наблюдение) и после его окончания (112 наблюдений).

ЭМГ четырёх мышц нижних конечностей: m. tibialis anterior, m. gastrocnemius lateralis, m. rectus femoris, m.biceps femoris справа и слева получали при их максимальном произвольном напряжении [5] с использованием цифровой ЭМГ-системы «DISA-1500» (Dantec, Дания). Отведение ЭМГ осуществляли с помощью биполярного поверхностного электрода с площадью отводящих поверхностей 8 мм и межэлектродным расстоянием 10 мм. Тестовое движение выполнялось после предварительной инструкции плавно и с максимальным усилием, преодолевая сопротивление, оказываемое лаборантом. Длительность максимального напряжения мышцы не превышала 3 секунды [5]. Измеряли среднюю амплитуду (от пика до пика) и частоту следования колебаний ЭМГ в секунду. У больных с аппаратом на бедре m. biceps femoris в процессе лечения не тестировалась, поскольку они не могли находиться в рас-

слабленном состоянии лёжа на животе. Для проведения качественного анализа все записи ЭМГ были распределены по таксономическим единицам в соответствии с разработанной нами классификацией.

Классификация произвольной ЭМГ. Всё многообразие вариантов ЭМГ при максимальном произвольном напряжении, отводимых накожными электродами, мы условно подразделили на 3 больших типа (таблица 1): интерференционную ЭМГ, редуцированную ЭМГ и атипичную ЭМГ, состоящую из отдельных потенциалов действия (ПД) двигательных единиц [5]. Принадлежность ЭМГ к этим типам зависит от характера суммации ПД ДЕ при её отведении и определяется сочетанием центральных и периферических условий.

Всю шкалу значений амплитуд (А) мы условно разделили на три диапазона. Границы диапазонов выбраны эмпирически, на основании ранее полученных данных и их интерпретации. В связи с этим вышеуказанные типы ЭМГ превращаются в функциональные подтипы. При этом для интерференционной ЭМГ выделены три диапазона частоты (f), поэтому подтипы интерференционной ЭМГ распадаются на соответствующие классы. Ранее было показано [6], что снижение в ходе дистракции амплитуды произвольной ЭМГ ниже 20 мкВ повышает вероятность возникновения необратимых изменений структуры и функции удлинённой мышцы. При этом интерференционная ЭМГ столь низкой амплитуды при накожном отведении наряду с ПД ДЕ интегрирует значительную долю (неподдающуюся на сегодняшнем уровне развития технологии отведения и анализа биоэлектрической активности количественной оценке) тканевого шума. Поэтому мы посчитали целесообразным выделить такую ЭМГ в отдельную таксономическую единицу - тип «И-min», и не фиксировать в таких случаях значение частоты колебаний, поскольку в данных условиях она мало связана с активностью ДЕ.

По тем же причинам все варианты биоэлектрической активности ниже критического уровня амплитуды (20 мкВ), а также полное биоэлектрическое молчание (ABS) объединены в единую таксономическую единицу – «Min-3». Ввиду особенностей функционирования механизмов генерации произвольной ЭМГ (которые будут рассмотрены ниже), генетическая связь между основными выделяемыми нами таксонами прослеживается легко, в зависимости от стадии денервационно-реиннервационного процесса [7], за исключением редуцированной ЭМГ, которая на схеме представлена отдельно. Определяли частоту встречаемости каждого типа ЭМГ-паттерна как выраженное в процентах отношение числа случаев, в которых он встречается, к общему количеству наблюдений на данный период лечения.

Таблица 1

Распределение паттернов ЭМГ при максимальном произвольном напряжении в зависимости от их конфигурации и амплитудно-частотных характеристик

Амплитудные диапазоны ЭМГ		Атипичная ЭМГ	Редуцированная ЭМГ	Интерференционная ЭМГ		
				частотные диапазоны		
				f < 100 к/с	100 к/с < f < 300 к/с	f > 300 к/с
				a	b	c
A > 100 мкВ	1	ПД-1	Ред-1	Инт-1a	Инт-1b	Инт-1c
20 мкВ < A < 100 мкВ	2	ПД-2	Ред-2	Инт-2a	Инт-2b	Инт-2c
A=20 мкВ				И-min		
A < 20 мкВ		Min-3				

Примечание: объяснение в тексте.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Частота встречаемости типов ЭМГ в анализируемой выборке больных представлена в таблице 2. Во всех тестированных мышцах в предоперационном периоде преобладает ЭМГ-паттерн «Инт-1b», соответствующий интерференционному типу ЭМГ. При этом у больных с односторонним укорочением частота встречаемости данного типа для мышц контралатеральной конечности незначительно выше, чем на стороне патологии. Из других видов паттернов ЭМГ можно отметить наличие типа «Инт-1c», отличающегося более высокой частотой колебаний. Случаев наблюдения данного паттерна было значительно меньше у больных с укорочениями и аномалиями развития конечностей. В группе больных ахондроплазией паттерн «Инт-1c» встречался чаще, хотя и уступал по количеству наблюдений типу «Инт-1b», за исключением m. gastrocnemius lateralis. Низкоамплитудная («Инт-2b») и редуцированная («Ред-1» и «Ред-2») ЭМГ встречались в единичных случаях при обследовании больных с аномалиями развития конечностей перед очередным этапом удлинения.

В период аппаратного лечения частота встречаемости типа «Инт-1b» резко падает, вплоть до полного исчезновения. В это время значительно повышается частота встречаемости низкоамплитудной («Инт-2b»), низкоамплитудной уреженной («Инт-2a») и редуцированной («Ред-1» и «Ред-2») ЭМГ. Отмечены также единичные случаи достижения критического уровня биоэлектрической активности. Причём в период дист-

ракции такие наблюдения, наряду со случаями редуцированной ЭМГ, встречаются чаще, чем во время фиксации, когда начинает превалировать уреженная низкоамплитудная ЭМГ.

У больных с односторонними укорочениями для мышц контралатеральной конечности остаётся высокой частота встречаемости основного интерференционного типа («Инт-1b») ЭМГ. Среди других паттернов чаще встречается «Инт-1c». Уреженная и редуцированная ЭМГ отмечена в единичных случаях у больных с врождённой аномалией развития конечностей.

Таблица 2

Частота встречаемости (%) паттернов ЭМГ при максимальном произвольном напряжении у ортопедических больных на разных стадиях лечебно-реабилитационного процесса

ЭМГ-паттерны		Первая группа			Вторая группа		
		До лечения	В аппарате	После лечения	До лечения	В аппарате	После лечения
M. TIBIALIS ANTERIOR	Инт-1a	0,0	6,3	0,0	0,0	2,8	0,0
	Инт-1b	60,0	36,6	70,6	89,3	19,7	81,8
	Инт-1c	40,0	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0
	Инт-2a	0,0	6,1	0,0	1,2	4,2	9,1
	Инт-2b	0,0	17,8	7,3	0,0	16,2	0,0
	Инт-2c	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ред-1	0,0	6,1	9,9	0,0	18,3	9,1
	Ред-2	0,0	9,4	9,9	0,0	17,6	0,0
	ПД-1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ПД-2	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	0,0
	И-min	0,0	5,9	0,0	0,0	10,6	0,0
	Min-3	0,0	11,9	2,4	0,0	2,8	0,0
M. GASTROCNEMIUS LAT.	Инт-1a	0,0	2,8	0,0	2,4	0,0	0,0
	Инт-1b	50,0	25,8	55,3	79,5	10,5	72,7
	Инт-1c	50,0	0,0	2,6	10,8	0,0	0,0
	Инт-2a	0,0	0,0	2,6	0,0	0,8	0,0
	Инт-2b	0,0	14,1	7,9	4,8	11,3	0,0
	Инт-2c	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ред-1	0,0	17,2	18,4	2,4	12,0	9,1
	Ред-2	0,0	14,2	10,5	0,0	27,1	9,1
	ПД-1	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0
	ПД-2	0,0	2,8	0,0	0,0	13,5	9,1
	И-min	0,0	8,7	2,6	0,0	17,3	0,0
	Min-3	0,0	8,7	0,0	0,0	6,8	0,0
M. RECTUS FEMORIS	Инт-1a	0,0	9,1	5,6	0,0	1,4	0,0
	Инт-1b	94,4	9,1	62,1	95,7	7,0	60,0
	Инт-1c	5,6	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0
	Инт-2a	0,0	4,5	5,4	0,0	5,6	0,0
	Инт-2b	0,0	18,2	8,0	2,9	4,2	0,0
	Инт-2c	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ред-1	0,0	4,5	8,2	1,4	7,0	10,0
	Ред-2	0,0	18,2	8,0	0,0	15,5	10,0
	ПД-1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ПД-2	0,0	4,5	0,0	0,0	16,9	0,0
	И-min	0,0	18,2	2,6	0,0	33,8	20,0
	Min-3	0,0	9,1	0,0	0,0	8,5	0,0
M. BICEPS FEMORIS	Инт-1a	0,0	--	0,0	0,0	--	16,7
	Инт-1b	94,4	--	79,5	97,0	--	33,3
	Инт-1c	5,6	--	0,0	1,5	--	0,0
	Инт-2a	0,0	--	3,3	1,5	--	0,0
	Инт-2b	0,0	--	0,0	0,0	--	0,0
	Инт-2c	0,0	--	0,0	0,0	--	0,0
	Ред-1	0,0	--	6,9	0,0	--	16,7
	Ред-2	0,0	--	6,9	0,0	--	0,0
	ПД-1	0,0	--	0,0	0,0	--	0,0
	ПД-2	0,0	--	0,0	0,0	--	16,7
	И-min	0,0	--	3,3	0,0	--	0,0
	Min-3	0,0	--	0,0	0,0	--	16,7

После снятия аппарата частота встречаемости основного интерференционного типа ЭМГ восстанавливается достаточно быстро и у больных с укорочениями и аномалиями развития нижних конечностей достигает уровня, близкого к дооперационным значениям. На контралатеральной конечности наряду с основным паттерном ЭМГ встречается тип «Инт-1с». У больных ахондроплазией ЭМГ-паттерн «Инт-1b» по частоте встречаемости в мышцах голени превышает дооперационный уровень за счет уменьшения доли типа «Инт-1с». Остальные варианты ЭМГ встречаются значительно реже в единичных наблюдениях.

Для оценки степени восстановления функционального состояния ДЕ мышц нижних конечностей у больных, ранее подвергавшихся воздействию дистракционного остеосинтеза, перед очередным этапом удлинения сравнивали профили их ЭМГ-паттернов с данными, полученными перед первым этапом лечения (рис. 1-2). Для упрощения процедуры сравнения выделенные нами паттерны ЭМГ объединены в большие функциональные группы. Для удобства сравнения больших (до 100 %) и маленьких (доли процента) значений частоты встречаемости признаков использована логарифмическая шкала оси ординат. На рисунках видно, что ЭМГ-профили перед первым и последующими этапами лечения близки по конфигурации, особенно в области высокоамплитудной ЭМГ, что говорит о том, что двигательная система в основном успела восстановить своё функциональное состояние за период между предыдущим снятием аппарата и последующей операцией. Это соответствует данным, полученным в ранее проведённых исследованиях [6].

Интерес представляет некоторое повышение у больных ахондроплазией, по сравнению с первым этапом, доли «Инт-1b» типа за счёт уменьшения частоты встречаемости «Инт-1с» паттернов, что, по-нашему мнению, отражает определённые перестройки внутренней структуры мышц. В этой связи нам представляется перспективным сопоставить наблюдаемые типы ЭМГ с данными современных ультразвуковых методов визуализации структуры мышц.

Таким образом, выделенные нами ЭМГ-паттерны отражают динамику функционального состояния двигательных единиц мышц нижних конечностей у ортопедических больных в условиях дистракционного остеосинтеза. Распределение типов биоэлектрической активности в сравниваемых группах больных отражает влияние этиологического фактора на частоту встречаемости разных вариантов ЭМГ.

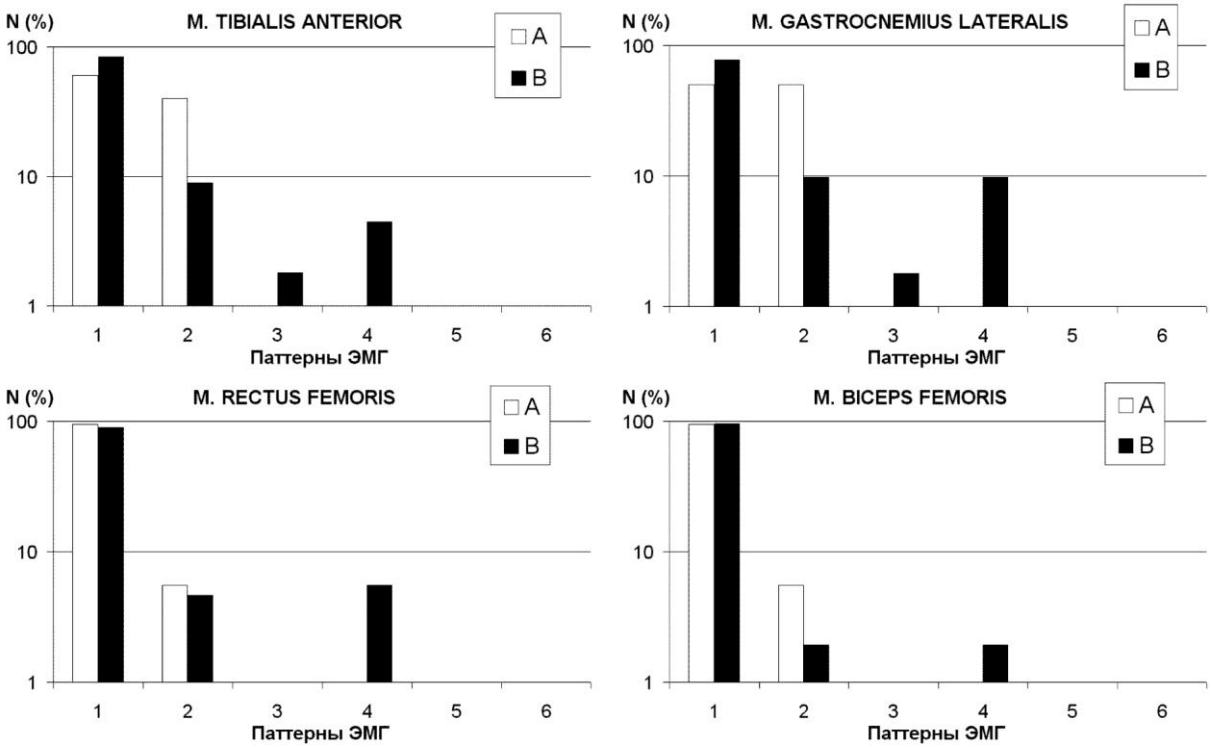

Рис. 1. Сравнение ЭМГ- профилей мышц нижних конечностей больных первой группы перед первым (А) и последующими этапами (В) лечения методом дистракционного остеосинтеза. Ось абсцисс – ЭМГ- паттерны: 1 – основной тип, 2 – интерференционная высокоамплитудная ЭМГ с крайними значениями частоты, 3 – интерференционная низкоамплитудная ЭМГ, 4 – редуцированная ЭМГ, 5 - атипичная ЭМГ, 6 - сверхнизкая биоэлектрическая активность. Ось ординат имеет логарифмическую шкалу

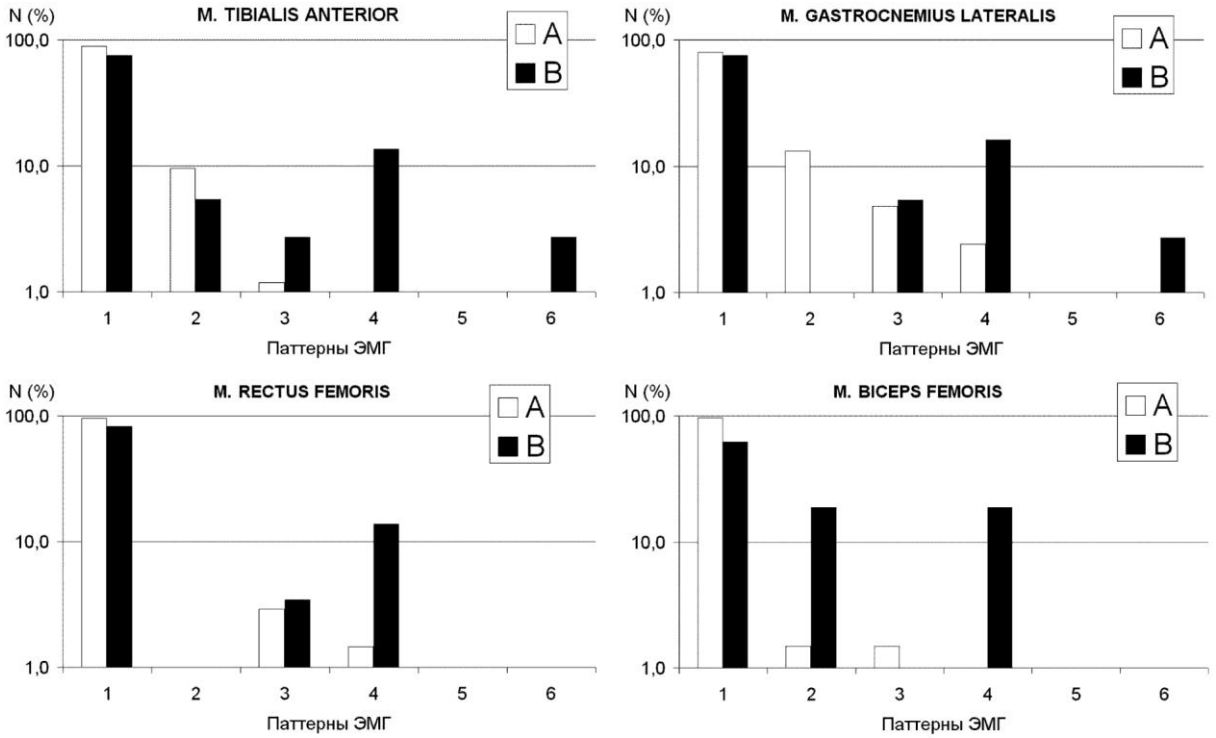

Рис. 2. Сравнение ЭМГ-профилей мышц оперированной конечности больных второй группы перед первым (А) и последующими (В) этапами лечения методом дистракционного остеосинтеза. Ось абсцисс – ЭМГ- паттерны: 1 – основной тип, 2 – интерференционная высокоамплитудная ЭМГ с крайними значениями частоты, 3 – низкоамплитудная интерференционная ЭМГ, 4 – редуцированная ЭМГ, 5 - атипичная ЭМГ, 6 - сверхнизкая биоэлектрическая активность. Ось ординат имеет логарифмическую шкалу

ЛИТЕРАТУРА

1. Дедова, В. Д. Оперативное удлинение укороченных нижних конечностей у детей / В. Д. Дедова, Т. И. Черкасова. - М., 1973. – 128 с.
2. Криворучко, Г. А. Электромиографический контроль пластических перестроек нервных стволов и мышц в условиях дистракционного остеосинтеза по Илизарову / Г. А. Криворучко, А. П. Шеин // Лечение ортопедо-травматологич. больных в стационаре и поликлинике методом чрескостного остесинтеза, разраб. в КНИИЭКОТ : сб. науч. тр. - Курган, 1982. - С. 79-82.
3. Электрофизиологические корреляты неспецифической адаптивной реакции двигательного анализатора на хроническое дозированное растяжение тканей удлиняемой конечности у ортопедических больных / А. П. Шеин [и др.] // Новые технологии в медицине : тез докл. науч.-практ. конф. с междунар. участ. : В 2-х ч. – Курган, 2000. – Ч. 2. - С. 148-149.
4. Вызванная удлинением конечности неспецифическая адаптивная реакция центральной нервной системы ортопедических больных / М. С. Сайфутдинов [и др.] // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. - 2002. - № 6. – С. 195-200.
5. Персон, Р. С. Электромиография в исследованиях человека / Р. С. Персон. - М. : Наука, 1969. - 199 с.
6. Средства и способы контроля и прогнозирования функционального состояния центральных и периферических структур двигательного аппарата в условиях чрескостного дистракционного остеосинтеза по Илизарову. / А. П. Шеин [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 1994. - № 2. - С. 100-106.
7. Гехт, Б. А. Нервно-мышечные болезни / Б. А. Гехт, Н. А. Ильина. – М. : Медицина, 1982. – 352 с.

Рукопись поступила 19.12.05.