

М.С. Сайфутдинов, Т.В. Сизова

СОСТОЯНИЕ МОТОРНЫХ ЦЕНТРОВ МЫШЦ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ В УСЛОВИЯХ ДИСТРАКЦИОННОГО ОСТЕОСИНТЕЗА**ФГУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова Росмедтехнологий» (Курган)**

На 128 больных 4–27 лет с врождёнными укорочениями и деформациями нижних конечностей методом глобальной ЭМГ (тест «максимальное произвольное напряжение») было показано, что наблюдаемые в процессе дистракционного остеосинтеза электрофизиологические феномены отражают общую неспецифическую реакцию ЦНС на воздействие комплекса факторов лечения и выступают в качестве коррелятов процессов адаптации двигательной системы к новым условиям функционирования. На основании ЭМГ-критериев повышенного риска дезадаптивных изменений в двигательных единицах мышц удлиняемого сегмента производится коррекция режимов дистракции и назначаются реабилитационные мероприятия, позволяющие оптимизировать функциональное состояние мышц в соответствии с условиями текущей стадии лечения.

Ключевые слова: электромиография, двигательные единицы, дистракционный остеосинтез

CONDITION OF MOTOR CENTERS IN MUSCLES OF THE LOWER LIMBS UNDERGOING DISTRACTION OSTEOSYNTHESIS

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

Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedic, Kurgan

The method of global EMG (maximal arbitrary tension test) used in 128 patients, aged 4-27 y.o., showed that the electrophysiological phenomena observed during the process of distraction osteosynthesis revealed general non-specific reaction of the Central Nervous System to the complex of influencing treatment factors and acted as correlators of adaptation the locomotor factors to new functioning conditions. Basing on the EMG criteria that show a high risk of disadapting changes in the muscle motor units of the lengthened segment, distraction regimes can be corrected and rehabilitative measures can be administered that allow for optimizing the functional state of muscles according to the conditions of the treatment stage.

Key words: electromyography, motor units, distraction osteosynthesis

Проведённые ранее исследования [6, 8, 16, 18] позволили сформулировать концепцию [3] неспецифической реакции системы организации и управления движением человека на воздействие комплекса факторов дистракционного остеосинтеза. Её элементами являются изменения в соматосенсорном анализаторе [11, 12, 16] и охранительное торможение системы управления мышцами нижних конечностей [5, 18], которое проявляется в снижении ЭМГ при попытке их максимального произвольного напряжения. При этом динамика амплитудно-частотных характеристик ЭМГ в разные сроки лечения [14] позволяет предполагать качественную неоднородность паттернов биоэлектрической активности, что требует уточнения её интерпретации, т.е. физиологического смысла тех или иных структурно-функциональных изменений в двигательных единицах (ДЕ) и системе организации и управления движениями. В связи с вышесказанным **целью** исследования была оценка электрофизиологических коррелятов адаптационной реакции двигательных единиц мышц нижних конечностей с врождёнными аномалиями развития на воздействие комплекса факторов дистракционного остеосинтеза.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Было обследовано 128 ортопедических больных 4–27 лет (62 мужского и 66 женского пола)

с укорочениями (1–24 см) и деформациями нижних конечностей врождённого генеза. ЭМГ-обследования проводились до лечения (139 наблюдений), в процессе дистракционного остеосинтеза (280 наблюдений) и в разные сроки (до 4–5 лет) после снятия аппарата Илизарова (70 наблюдений). Биоэлектрическую активность четырёх мышц нижних конечностей: *m. tibialis anterior*, *m. gastrocnemius lateralis*, *m. rectus femoris*, *m. biceps femoris* — слева и справа получали при их максимальном произвольном напряжении [7, 9] с использованием цифровой ЭМГ-системы «DISA-1500» (Dantec, Дания). Отведение ЭМГ осуществляли с помощью биполярного накожного электрода с площадью поверхностей 8 мм и межэлектродным расстоянием 10 мм. Больные находились в положении лёжа. Тестовое движение выполнялось после предварительной инструкции плавно и с максимальным усилием. Длительность максимального напряжения мышцы не превышала 3 секунды [9]. Во время лечения аппаратом не регистрировали ЭМГ *m. biceps femoris*, поскольку пациенты не могли полноценно выполнить тестовое движение. Измеряли амплитуду (А) и частоту колебаний (f) ЭМГ. Вычисляли среднее значение (М), ошибку среднего (m) ЭМГ-параметров. Степень значимости их различий оценивалась с помощью t-критерия Стьюдента [10]. На основа-

нии амплитудно-частотных характеристик ЭМГ все записи биоэлектрической активности были распределены по таксономическим единицам в соответствии с разработанной нами рабочей классификацией [13], сокращённое описание которой будет изложено ниже. Оценивали частоту встречаемости ЭМГ-паттернов ($v\% = n \times 100\% / N$) как отношение числа наблюдений (n) данного паттерна к общему числу (N) наблюдений на разных стадиях лечебно-реабилитационного процесса.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Всё многообразие вариантов ЭМГ-паттернов при максимальном произвольном напряжении, отводимых накожными электродами, мы разделили на три большие типа (табл. 1): интерференционную ЭМГ, редуцированную ЭМГ и атипичную ЭМГ. К первому типу относятся записи множественных суммарных колебаний потенциалов действия (ПД) ДЕ, образующих непрерывную интерференционную кривую. Ко второму типу принадлежат электрограммы с чередованием участков интерференционной ЭМГ и периодов молчания. Третий тип включает записи, состоящие из серии отдельных ПД. Шкала значений амплитуды ЭМГ содержит три диапазона (табл. 1): $A < 20$ мкВ $< A \leq 100$ мкВ $< A$. В связи с этим три вышеуказанных типа ЭМГ превращаются в 9 функциональных подтипов. Для интерференционной ЭМГ выделены три диапазона частоты её колебаний: $f \leq 50$ к/с $< f \leq 100$ к/с $< f \leq 300$ к/с $< f$. Поэтому каждый подтип интерференционной ЭМГ распадается на три класса. Амплитудно-частотные границы диапазонов выбраны эмпирически, на основании данных литературы [4, 7, 9], ранее полученных результатов и их интерпретации [14, 18].

Поскольку в процессе distraction снижается амплитуды произвольной ЭМГ ниже 20 мкВ повышается вероятность возникновения необратимых изменений структуры и функции удлинённой мышцы [8], мы выделяем интерференционную ЭМГ с амплитудой 20 мкВ в отдельную таксономическую единицу — тип «И-min». Накожное отведение ЭМГ столь низкой амплитуды наряду с ПД ДЕ интегрирует значительную долю (неподдающуюся на сегодняшнем уровне развития технологии от-

ведения и анализа биоэлектрической активности количественной оценке) тканевого шума. Поэтому мы посчитали целесообразным не фиксировать значения f интерференционной ЭМГ в случае, когда $A \leq 20$ мкВ, поскольку наблюдаемая при этом частота колебаний мало связана в этих условиях с активностью ДЕ. Варианты биоэлектрической активности ниже критического уровня амплитуды (20 мкВ), т.е. «ПД-3», «Ред-3», «Инт-3а», «Инт-3б» и «Инт-3с» (субкритические паттерны активности), а также полное биоэлектрическое молчание (ABS), объединены в единую таксономическую единицу — «Min-3».

Следует отметить, что предлагаемая классификация ограничена ситуацией distractionного остеосинтеза, поскольку разрабатывалась с учётом его особенностей и может быть применима только к записям ЭМГ, полученным при соблюдении условий отведения и регистрации, перечисленных в разделе «Материалы и методы» настоящей работы.

ЭМГ-характеристика мышц у больных с укорочениями и аномалиями развития нижних конечностей представлена в таблице 2. Прежде всего, следует отметить выраженную асимметрию ($P < 0,05$) анализируемых ЭМГ-параметров, что соответствует результатам ранее проведённых исследований [5, 17]. Снижение амплитуды и частоты ЭМГ на поражённой конечности, очевидно, связано с более низким уровнем кровообращения и локальной гипокинезией. Отсутствует выраженная связь параметров ЭМГ больных детей и подростков с возрастом, наблюдаемая другими авторами [1, 2] и очевидная с точки зрения законов возрастной физиологии. На поражённой конечности этот феномен объясняется гипотрофией мышц, а на контралатеральной — компенсаторной перестройкой их активности, в зависимости от степени нарушения анатомо-функциональных характеристик поражённой конечности, что порождает высокий уровень вариативности ЭМГ.

Частота встречаемости типов ЭМГ в анализируемой выборке больных представлена в таблице 3. В предоперационном периоде во всех тестируемых мышцах доминирует интерференционная

Таблица 1

Виды паттернов ЭМГ максимального произвольного напряжения мышц

Типы ЭМГ		I	II	III		
Амплитудные диапазоны				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-1а	Инт-1b	Инт-1с
20 мкВ < A < 100 мкВ	2	ПД-2	Ред-2	Инт-2а	Инт-2b	Инт-2с
A = 20 мкВ				И-min		
A < 20 мкВ		Min-3				

Примечание: I – атипичная ЭМГ; II – редуцированная ЭМГ; III – интерференционная ЭМГ.

Таблица 2

Средние значения ($M \pm m$) ЭМГ-параметров мышц нижних конечностей в предоперационном периоде

Конечность	Оперированная				Контралатеральная				As (%)
ЭМГ-параметр	Амплитуда		Частота		Амплитуда		Частота		
Мышцы	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m	M ± m
M. tibialis ant.	134	570 ± 31	121	225 ± 6	134	897 ± 38	134	252 ± 4	32,8 ± 3,1
M. gastroc.lat.	134	334 ± 22	121	216 ± 5	109	512 ± 22	132	247 ± 4	30,6 ± 4,4
M. rectus femoris	109	382 ± 23	102	169 ± 5	109	548 ± 26*	104	191 ± 4	30,2 ± 3,1
M. biceps femoris	106	445 ± 26	99	159 ± 6	105	654 ± 33	105	205 ± 5	28,8 ± 3,3

Примечание: n – количество наблюдений; As – коэффициент асимметрии для амплитуды ЭМГ, рассчитанный по формуле:
 $As = (A_k - A_o) \times 100 / A_k$.

насыщенная ЭМГ с амплитудой, превышающей 100 мкВ (тип «Инт-1b»). При этом частота встречаемости данного типа для мышц контралатеральной конечности выше (94,4 %), чем на стороне патологии (77,0 %). В связи с таким положением мы в дальнейшем будем именовать тип «Инт-1b» ЭМГ основным типом. Он неодинаково представлен в разных мышцах. Эти различия минимальны на контралатеральной (от 90,4 % для латеральной головки икроножной мышцы до 98,2 % для прямой мышцы бедра) и более выражены на поражённой (от 69,1 % для двуглавой мышцы бедра до 82,6 % для передней большеберцовой) конечности. Интересно, что в обоих случаях разница между минимальной и максимальной частотой встречаемости близка к 10 %, но не превышает эту величину. Очевидно, наблюдаемые колебания данной величины в большей степени обусловлены случайными факторами. Гораздо более существенна разница между частотой встречаемости типа «Инт-1b» в симметричных мышцах конечностей. Она наиболее выражена на бедре (29,2 % для прямой мышцы и 26,3 % для двуглавой мышцы), в то время как на голени (15,1 % для латеральной головки икроножной мышцы, 11,6 % для передней большеберцовой мышцы) эта величина существенно ниже. Из других паттернов ЭМГ можно отметить наличие «Инт-1a» (8,3 %) и «Инт-1с» (3–5 %) типов, отличающихся, соответственно, более низкой и высокой частотой колебаний. Наличие уреженной ЭМГ («Инт-1a») отмечено только на стороне поражения. Для мышц бедра, имеющих более крупные ДЕ, частота встречаемости данного типа достаточно высока (18,2 % для двуглавой мышцы и 9,1 % для прямой мышцы). Для мышц голени она на порядок ниже. Случаев наблюдения «Инт-1с» ЭМГ было значительно меньше. Данный тип чаще наблюдался на контралатеральной конечности (5,8 % для передней большеберцовой, 8,8 % для икроножной и 4,6 % для двуглавой мышцы), чем на поражённой (5,8 % для передней большеберцовой, 3,6 % для икроножной и 1,8 % для двуглавой мышцы). При этом разница максимальна для икроножной мышцы (5,2 %). Низкоамплитудная ЭМГ, представленная в основном типом «Инт-2b» (3,4 %), и редуцированная («Ред-1» – 4,6 %) ЭМГ встречались до операции в мышцах

поражённой конечности у пациентов, перенёсших ранее оперативное лечение.

В период дистракции в мышцах оперированного сегмента конечности (рис. 1А) интерференционная ЭМГ, превышающая по амплитуде 100 мкВ, наблюдается в единичных случаях, большая часть которых относится к *m. tibialis anterior*. В основном это уреженная активность типа «Инт-1a». Наиболее часто встречающиеся ЭМГ-паттерны – это паттерны низкоамплитудной интерференционной (20,1 %), редуцированной (23,6 %) и сверхнизкой (51,3 %) активности. Они неравномерно представлены в разных мышцах и по времени удлиннения. Во время фиксации в мышцах оперированного сегмента конечности (рис. 1А) количество наблюдений интерференционной ЭМГ, превышающей по амплитуде 100 мкВ, увеличивается по сравнению с периодом дистракции и наблюдается во всех мышцах, причём к уреженной ЭМГ («Инт-1a») добавляется основной тип активности («Инт-1b»), хотя в большинстве случаев по-прежнему сохраняется низкоамплитудная интерференционная (19,0 %), редуцированная (40,0 %) и сверхнизкая (42,6 %) ЭМГ. Следует отметить, что намечающаяся к концу фиксации тенденция к уменьшению количества наблюдений низкоамплитудной интерференционной ЭМГ, вплоть до полного исчезновения уреженной активности в сочетании с увеличением случаев сверхнизкой активности свидетельствует, по нашему мнению, об уменьшении адаптационного резерва ДЕ при длительном пребывании сегмента конечности в аппарате.

Таким образом, на протяжении всего периода пребывания сегмента конечности в дистракционном аппарате (табл. 3) количество наблюдений «Инт-1b» ЭМГ резко падает, вплоть до полного исчезновения. При этом регистрируется большое многообразие паттернов низкоамплитудной биоэлектрической активности низко- и среднечастотного диапазонов («Инт-2a» – 11,7 % и «Инт-2b» – 9,8 %). Высокочастотная низкоамплитудная ЭМГ («Инт-2с») в анализируемой выборке не встречалась. Редуцированная («Ред-1» и «Ред-2») активность наблюдалась, соответственно, в 9,3 и 18,4 % случаев, а 7,2 % всех наблюдений составил тип «ПД-2» ЭМГ. Критическая («И-мин») и субкритическая («Min-3») активность отмечалась в 19,8 и 17,7 % случаях.

Таблица 3

Частота встречаемости (v%) ЭМГ-паттернов мышц нижних конечностей на разных стадиях лечебно-реабилитационного процесса

Типы ЭМГ			До лечения		Сегмент конечности							
					В процессе лечения				После лечения			
					Удлиняемый		Дистальный		Удлиняемый		Дистальный	
					n	v	n	v	N	v	n	v
Конечность	Оперированная	Инт-1a	4	2,9	5	3,2	4	7,5	2	4,7	0	0
		Инт-1b	114	82,6	8	5,2	34	64,2	29	67,4	10	100
		Инт-1c	8	5,8	0	0,0	5	9,4	0	0,0	0	0
		Инт-2a	2	1,4	20	12,9	0	0,0	2	4,7	0	0
		Инт-2b	2	1,4	23	14,8	5	9,4	1	2,3	0	0
		Инт-2c	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0
		Ред-1	6	4,3	28	18,1	5	9,4	5	11,6	0	0
		Ред-2	0	0,0	19	12,3	0	0,0	3	7,0	0	0
		ПД-1	0	0,0	1	0,6	0	0,0	0	0,0	0	0
		ПД-2	0	0,0	8	5,2	0	0,0	0	0,0	0	0
		И-min	1	0,7	21	13,5	0	0,0	0	0,0	0	0
		Min-3	1	0,7	22	14,2	0	0,0	1	2,3	0	0
	Контралатеральная	Инт-1a	0	0,0	0	0,0	--	--	0	0,0	--	--
		Инт-1b	130	94,2	178	95,2	--	--	51	98,1	--	--
		Инт-1c	8	5,8	6	3,2	--	--	1	1,9	--	--
		Инт-2a	0	0,0	0	0,0	--	--	0	0,0	--	--
		Инт-2b	0	0,0	1	0,5	--	--	0	0,0	--	--
		Инт-2c	0	0,0	0	0,0	--	--	0	0,0	--	--
		Ред-1	0	0,0	2	1,1	--	--	0	0,0	--	--
		Ред-2	0	0,0	0	0,0	--	--	0	0,0	--	--
		ПД-1	0	0,0	0	0,0	--	--	0	0,0	--	--
		ПД-2	0	0,0	0	0,0	--	--	0	0,0	--	--
		И-min	0	0,0	0	0,0	--	--	0	0,0	--	--
		Min-3	0	0,0	0	0,0	--	--	0	0,0	--	--

Интересно отметить, что тип «Инт-2a» равномерно представлен во всех мышцах, тип «Инт-2b» чаще встречается при тестировании передней большеберцовой мышцы, а редуцированная ЭМГ больше представлена в мышцах голени, чем на бедре. Критические и субкритические паттерны ЭМГ при тестировании прямой мышцы бедра обнаруживаются с большей вероятностью, чем для передней большеберцовой. Латеральная головка икроножной мышцы занимает по этому показателю промежуточное положение. Причём на бедре чаще встречается критический паттерн ЭМГ, а на голени — субкритический.

В процессе удлинения бедра, при отсутствии дистракционного аппарата на голени её мышцы находятся дистальнее области оперативного вмешательства и не подвергаются непосредственному воздействию длительного дозированного растяжения. При их максимальном произвольном напряжении чаще всего регистрируется (табл. 3;

рис. 1B) «Инт-1b» ЭМГ-паттерн (52,4 % всех наблюдений). Все остальные типы ЭМГ встречаются значительно реже. Следующими по частоте встречаемости типами являются высокоамплитудная редуцированная ЭМГ («Ред-1» — 15,5 %) и низкоамплитудная интерференционная ЭМГ («Инт-2b» — 14,6 %). Все прочие ЭМГ-паттерны встречаются в единичных случаях. Важно отметить, что для передней большеберцовой мышцы частота встречаемости основного типа (64,2 %) ЭМГ выше, чем для латеральной головки икроножной (40,0 %). Кроме того, в первом случае чаще регистрируются другие типы высокоамплитудной ЭМГ («Инт-1a» — 7,5 %; «Инт-1c» — 9,4 %), в то время как в задней группе мышц они практически не регистрируются. Соответственно «Инт-2b» и «Ред-1» в передней большеберцовой мышце наблюдаются реже, чем в икроножной. ЭМГ мышц контралатеральной конечности представлена (табл. 3; рис. 1C) основным интерференционным

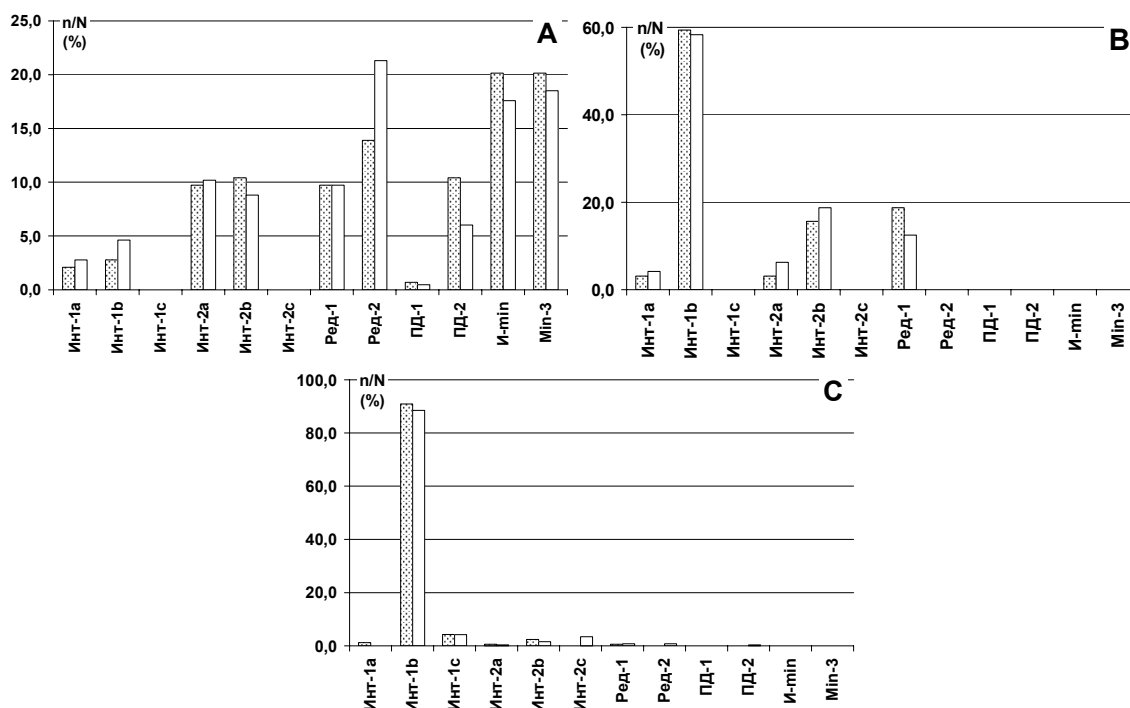


Рис. 1. Распределение частот встречаемости ЭМГ-паттернов мышц нижних конечностей в процессе удлинения (период дистракции, фиксации) в зоне удлинения (А), дистальное (В) и на контралатеральной конечности (С).

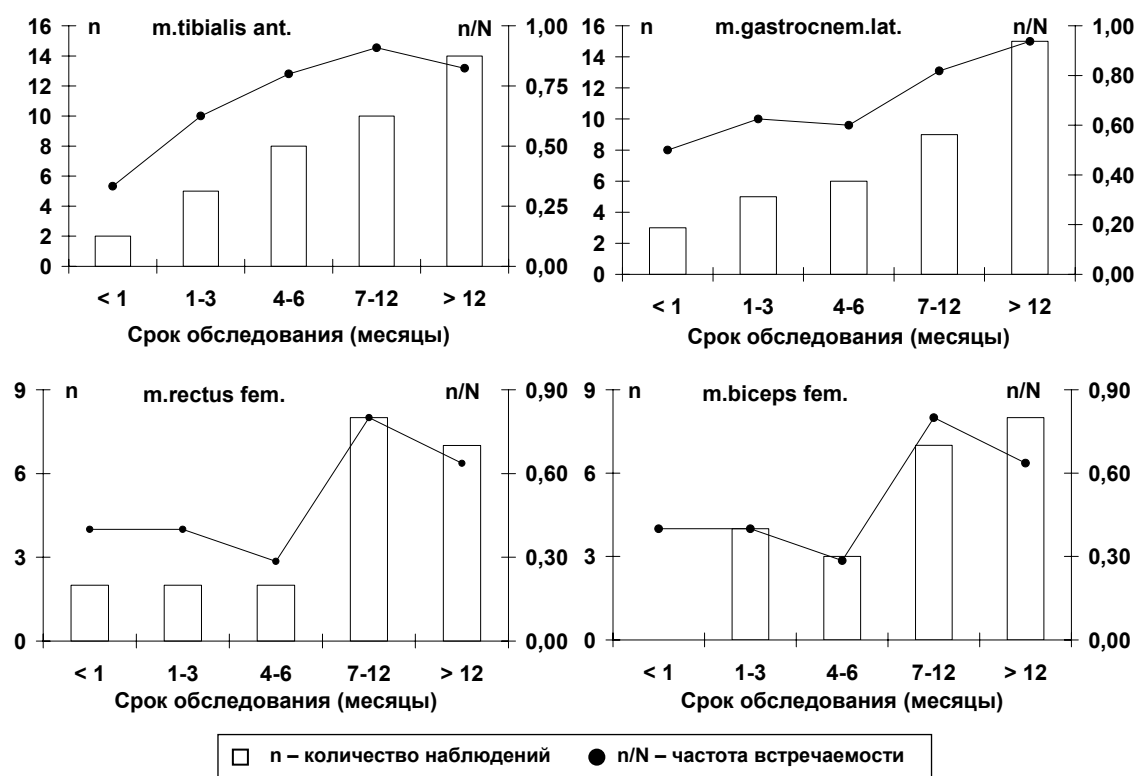


Рис. 2. Динамика восстановления частоты встречаемости основного типа ЭМГ («Инт-1b») при максимальном произвольном напряжении мышц нижних конечностей после их удлинения методом дистракционного остеосинтеза.

типом ЭМГ («Инт-1b» — 90,8 %). Среди других паттернов чаще встречается «Инт-1с» (4,8 %). Другие типы биоэлектрической активности отмечены лишь в единичных случаях.

По завершении лечения количество наблюдений основного ЭМГ-паттерна в мышцах удлиненного сегмента с течением времени постепенно возрастает (рис. 2). Однако частота

встречаемости «Инт-1b» ЭМГ восстанавливается до уровня близкого к дооперационным значениям в течение года после снятия дистракционного аппарата. Остальные варианты ЭМГ встречаются значительно реже в единичных наблюдениях (табл. 3). Наличие небольшого количества случаев регистрации паттернов низкоамплитудной ЭМГ при гораздо меньшем их разнообразии, чем в период лечения, отражает пролонгированный характер процессов структурно-функциональной перестройки нервно-мышечного аппарата в изменённых анатомо-биомеханических условиях функционирования удлинённой конечности. В мышцах голени после удлинения бедра практически сразу после завершения лечения наблюдается только основной тип ЭМГ. В мышцах контралатеральной конечности в реабилитационном периоде, безусловно, доминировала ЭМГ «Инт-1b» типа (табл. 3), иногда отмечалось высокочастотная ЭМГ «Инт-1с» типа (3,6 %).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Принадлежность ЭМГ к выделенным нами типам определяется сочетанием центральных факторов, регулирующих активность соответствующего мотонейронного пула и периферических условий генерации ПД ДЕ, а также характера их суммации при отведении биоэлектрической активности. К первым относятся: функциональное состояние двигательного анализатора, неспецифических систем регуляции ЦНС и многоуровневой системы двигательных центров. Они определяют долю мотонейронного пула, отвечающую активацией на командный залп моторной коры при максимальном произвольном напряжении соответствующей мышцы, частоту и степень синхронизации разрядов отдельных мотонейронов. В результате на выходе спинального двигательного центра в соответствующих моторных аксонах формируется пакет волн возбуждения. Он является материальным носителем команды «максимальное произвольное напряжение». Её мощность отрегулирована так, что не превышает функциональных возможностей периферической части ДЕ. Окончательный эффект действия этой команды модулируется упомянутыми выше периферическими условиями (морфофункциональным состоянием периферических элементов ДЕ, свойствами их внутренней среды и объёмного проводника на пути распространения биопотенциалов от сарколеммы к полюсам отводящих электродов), которые (с помощью системы фильтрующих и сепарирующих элементов) определяют параметры ПД ДЕ и характер их суммации. В норме итогом реализации такой команды становится интерференционная ЭМГ типа «Инт-1b». У ортопедических больных в дооперационных обследованиях (при отсутствии существенных отклонений в состоянии и функционировании нервно-мышечного аппарата) доминирует именно данный тип.

Массовое появление низкоамплитудных, редуцированных, атипичных и субкритических

паттернов ЭМГ наблюдается в период остеосинтеза. Ведущими факторами при возникновении подобной ЭМГ в данных условиях являются высокий уровень центрального торможения и частичного блока проведения возбуждения по двигательным волокнам соответствующих отрезков нервных стволов [17]. В случае абсолютного доминирования первого фактора регистрируется низкоамплитудная и редуцированная активность, а при значительном нарастании роли второго — атипичная ЭМГ и субкритическая ЭМГ (к концу периода дистракции, при больших удлинениях). Уровень центрального торможения определяется балансом активирующих и тормозных влияний на мотонейронный пул. Как отмечалось выше, в большинстве случаев оно носит охранительный характер. Однако при нарушении режима ведения больных [15] данное торможение становится избыточным, иными словами, дезадаптивным. При этом доминируют субкритические паттерны ЭМГ. Выбор оптимальных режимов дистракции и проведение адекватных реабилитационных мероприятий в процессе удлинения позволяют минимизировать риск возникновения подобных ситуаций.

После снятия аппарата быстрое восстановление амплитуды ЭМГ связано с уменьшением уровня центрального торможения за счёт прекращения повышенной ноцицепции, а также благодаря восстановлению возбудимости периферических элементов ДЕ. При этом длительность ПД ДЕ остается высокой, а амплитуда значительно увеличивается. Интерференция таких ПД даёт высокоамплитудную ЭМГ с низкой частотой колебаний («Инт-1а»). Важную роль при этом, очевидно, играет синхронизация активности мотонейронов [9]. Появление подобных паттернов высокоамплитудной уреженной ЭМГ после снятия аппарата отмечалось ранее у больных ахондроплазией. В большинстве случаев паттерны уреженной высокоамплитудной ЭМГ достаточно быстро уступали место основному активационному типу биоэлектрической активности.

Таким образом, предлагаемая нами система распределения записей ЭМГ по типам и классам расширяет возможности описания функционального состояния ДЕ мышц в условиях дистракционного остеосинтеза. Большинство из наблюдаемых при этом электрофизиологических феноменов являются отражением общей неспецифической реакции ЦНС на экстремальное воздействие комплекса факторов дистракционного остеосинтеза и выступают в качестве коррелятов процессов адаптации двигательной системы к новым условиям функционирования. На основании ЭМГ-критериев повышенного риска дезадаптивных изменений в двигательных единицах мышц удлиняемого сегмента производится коррекция режимов дистракции и назначаются реабилитационные мероприятия, позволяющие оптимизировать функциональное состояние мышц в соответствии с условиями текущей стадии лечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варламова Т.В. Функциональное состояние двигательной системы у детей раннего возраста по данным турн-амплитудного анализа электромиограммы / Т.В. Варламова, А.Ю. Мейгал, А.Л. Соколов // Физиология человека. — 2004. — Т. 30, № 4. — С. 134–137.
2. Возрастные особенности турн-амплитудных характеристик электромиограммы при дозированном изометрическом сокращении / Л.И. Герасимова [и др.] // Физиология человека. — 2004. — Т. 30, № 3. — С. 119–125.
3. Вызванная удлинением конечности неспецифическая адаптивная реакция центральной нервной системы ортопедических больных / М.С. Сайфутдинов [и др.] // Бюлл. ВСНЦ СО РАМН. — 2002. — № 6. — С. 195–200.
4. Гехт Б.А. Нервно-мышечные болезни / Б.А. Гехт, Н.А. Ильина. — М.: Медицина, 1982. — 352 с.
5. Дедова В.Д. Оперативное удлинение укороченных нижних конечностей у детей / В.Д. Дедова, Т.И. Черкасова. — М., 1973. — 128 с.
6. Изменения интеграла ранних компонент соматосенсорного вызванного потенциала в период distraction у больных с односторонними укорочениями верхних конечностей / А.П. Шеин [и др.] // Бюлл. ВСНЦ СО РАМН. — Т. 2, № 1 (9). — 1999. — С. 33–37.
7. Команцев В.Н. Методические основы клинической электронейромиографии (Руководство для врачей) / В.Н. Команцев, В.А. Заболотных. — СПб.: Лань, 2001. — 350 с.
8. Криворучко Г.А. Электромиографический контроль пластических перестроек нервных стволов и мышц в условиях distractionного остеосинтеза по Илизарову / Г.А. Криворучко, А.П. Шеин // Лечение ортопедо-травматологических больных в стационаре и поликлинике методом чрескостного остеосинтеза, разраб. в КНИИЭКОТ: Сб. науч. тр. — Курган, 1982. — С. 79–82.
9. Персон Р.С. Электромиография в исследованиях человека / Р.С. Персон. — М.: Наука, 1969. — 199 с.
10. Плохинский Н.А. Биометрия / Н.А. Плохинский. — М.: Издательство МГУ, 1979. — 367 с.
11. Сайфутдинов М.С. Адаптивное реагирование соматосенсорного анализатора в условиях удлинения конечностей методом distractionного остеосинтеза / М.С. Сайфутдинов, Т.В. Сизова, А.П. Шеин // Вестник новых медицинских технологий. — 2004. — № 3. — С. 39–40.
12. Сайфутдинов М.С. Вариант анализа вызванной биоэлектрической активности соматосенсорной коры головного мозга / М.С. Сайфутдинов, Т.В. Сизова, А.П. Шеин // Вестник новых медицинских технологий. — 2004. — № 3. — С. 8–10.
13. Сайфутдинов М.С. Электрофизиологическая оценка адаптационной реакции двигательных единиц мышц нижних конечностей ортопедических больных в условиях distractionного остеосинтеза / М.С. Сайфутдинов // Вестник новых медицинских технологий. — 2006. — № 3. — С. 145–148.
14. Синапсы и рецепторы мышц удлиняемых конечностей / В.И. Шевцов [и др.] // Бюлл. ВСНЦ СО РАМН. — 2002. — № 6. — С. 231–236.
15. Шеин А.П. Анализ возникновения механизмов невропатий в условиях биллокального distractionного остеосинтеза на модели удлинения бедра у больных с врожденной асимметрией в длине нижних конечностей / А.П. Шеин, Г.А. Криворучко, С.А. Аборин // Гений ортопедии. — 2001. — № 4. — С. 22–26.
16. Шеин А.П. Вызванная биоэлектрическая активность соматосенсорной коры головного мозга у ортопедических больных при удлинении верхних конечностей / А.П. Шеин, М.С. Сайфутдинов, Т.В. Сизова // Физиология человека. — 1999. — Т. 25, № 6. — С. 61–70.
17. Шеин А.П. Локальные и системные реакции сенсомоторных структур на удлинение и ишемию конечностей / А.П. Шеин, М.С. Сайфутдинов, Г.А. Криворучко. — Курган: ДАММИ, 2006. — 284 с.
18. Шеин А.П. Структурно-функциональные сдвиги в нервных стволах и мышцах при удлинении конечностей / А.П. Шеин, Г.А. Криворучко; под ред. А.В. Попкова, В.И. Шевцова // Ахондроплазия: Руководство для врачей. — М.: Медицина, 2001. — С. 271–281.