

А.П. Шейн, Г.А. Криворучко, К.Н. Болатбаев

ПОКАЗАТЕЛИ ВЫЗВАННОЙ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И КОНТРАКТИЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЦ У БОЛЬНЫХ С КОНСОЛИДИРОВАННЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ КОСТЕЙ ГОЛЕНИ

ГУ РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова (Курган)
Курганский филиал Южно-Уральского научного центра РАМН (Курган)

Цель исследования состояла в уточнении вопроса о глубине и обратимости латерализованных следовых структурно-функциональных изменений в мышцах у больных с закрытыми консолидированными диафизарными переломами костей голени. Методом стимуляционной электромиографии (режимы стимуляции п. peroneus — 1 Гц, 10 Гц и 50 Гц) с параллельным динамометрическим контролем обследован 31 больной мужского пола в возрасте 22–48 лет через 9–36 месяцев после лечения по Илизарову закрытых диафизарных переломов костей голени. Полученные данные свидетельствуют о присутствии в различной степени выраженных следовых изменений в системе экстрафузальных мышечных волокон передне-латеральной группы мышц травмированной конечности у больных с консолидированными закрытыми переломами костей голени, коррелирующих с отношением периодов остеосинтеза к срокам после лечения.

Ключевые слова: травма, остеосинтез, мышцы, электромиография

THE PARAMETERS OF THE EVOKED BIOELECTRIC AND CONTRACTILE ACTIVITY OF MUSCLES IN PATIENTS WITH CONSOLIDATED FRACTURES OF LEG BONES

A.P. Shein, G.A. Krivorouchko, K.N. Bolatbayev

State Science Institution RSC of Restorative Traumatology and Orthopaedics named after
G.A. Ilizarov, Kurgan
The Kurgan Branch of the South Ural Scientific Center RAMS, Kurgan

The object of the study is redetermination of the problem concerning the depth and reversibility of lateralized trace structural-and-functional changes in the muscles of patients with closed consolidated shaft fractures of leg bones. 31 male patients at the age of 22–48 years were examined 9–36 months after treatment of closed shaft fractures of leg bones according to Ilizarov using the technique of stimulation electromyography (modes of n. peroneus stimulation were 1 Hz, 10 Hz and 50 Hz) with parallel dynamometric control. The data obtained demonstrated the presence of differently marked trace changes in the system of the extrafusal muscular fibers of the anteriolateral group of muscles of the limb injured in patients with consolidated closed fractures of leg bones, and the changes of osteosynthesis periods correlated to periods after treatment ratio.

Key words: trauma, osteosynthesis, muscles, electromyography

Существует мнение, что независимо от причин, вызывающих дегенеративно-дистрофические процессы в мышечной ткани, изменения морфологических и функциональных свойств в большей степени выражены в быстрых мышцах, чем в медленных [12, 15], что эквивалентно преобладанию деструктивно-дегенеративных сдвигов в системе мышечных волокон быстрых («фазических») двигательных единиц (ДЕ) скелетной мышцы смешанного типа [11]. В связи с этим обстоятельством определен теоретический и практический интерес представляет оценка состояния мышц ранее травмированной конечности (закрытый перелом костей голени) по данным стимуляционной электромиографии, которая имеет существенное преимущество перед классической «квизиморфологической» диагностикой ДЕ с помощью концентрических игольчатых электродов в плане возможности тестирования всей («генеральной») совокупности мышечных волокон крупных, поверхностно расположенных мышц верхних и нижних конечностей у человека, а не только той фракции волокон, которые входят в состав мышечной час-

ти т.н. «низкопороговых» ДЕ [5]. Следует подчеркнуть, что информативность метода стимуляционной электромиографии при оценке патологических моторных асимметрий может быть существенно дополнена данными механографии контрактной активности тестируемой группы мышц при использовании различных частотных режимов стимуляции двигательного нерва [13]. Последнее предполагает разработку и использование специализированных тензометрических устройств, позволяющих в процессе раздражения двигательного нерва регистрировать механический ответ определенной группы мышц.

Цель настоящего исследования состояла в уточнении вопроса о глубине и обратимости латерализованных следовых структурно-функциональных изменений в мышцах у больных с закрытыми консолидированными диафизарными переломами костей голени.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Методом стимуляционной электромиографии с параллельным динамометрическим контролем

обследован 31 больной мужского пола в возрасте 22 – 48 лет через 9 – 36 месяцев после лечения по Илизарову закрытых диафизарных переломов костей голени. Распределение выборки по характеру перелома: косых – 4, винтообразных – 17, оскольчатых – 10. По локализации: верхняя треть голени – 1, средняя треть – 6, граница средней трети с нижней – 4, нижняя – 20. Остеосинтез аппаратом Илизарова в 21 случае производился в течение суток после травмы, в 10 случаях – на вторые – пятые сутки. Средний период со дня травмы до снятия аппарата Илизарова составлял 63 ± 4 дня. Больные обследованы однократно в сроки от 292 до 1 098 (634 ± 38) дней после снятия аппарата Илизарова.

Общая схема обследования представлена на рис. 1. Использовались три частотных режима электрической стимуляции *n. peroneus* (форма стимулов – прямоугольная, длительность – 0,7 – 1,0 мс, интенсивность – супрамаксимальная). Для первого (1 Гц) определялись основные характеристики униполярно («belly-tendon») отведенного М-ответа *m. tibialis ant.* (латентность, амплитуда «от пика до пика», длительность, число точек перегиба) и пиковые значения тензограмм одиночных мышечных сокращений; для второго (10 Гц) – амплитудные значения тетануса, его переменной составляющей и первой производной переменной составляющей; для третьего (50 Гц) – амплитуда тетануса и пиковые (максимальные) значения скорости нарастания усилия и расслабления. Первая производная тензограмм определялась с помощью аналоговой вычислительной машины и вместе с кривой изменения усилия регистрировалась с помощью блоков регистрации применяемой в работе ЭМГ-системы. Определялся также момент силы при максимальном произвольном сокращении пе-

редней группы мышц голени. Приборное обеспечение: цифровая система ЭМГ и ВП «1500» (Dantec, Дания), разработанный нами специализированный динамограф (рис. 2) [9], магнитограф (Nihon Kohden, Япония), аналоговая вычислительная машина МН-10М, тензоусилитель УТ4-1, цифровой вольтметр Р385.

С целью оценки уровня инактивации тестируемой группы мышц голени в процессе остеосинтеза по Илизарову методом динамометрии (определение максимального момента передней группы мышц голени (рис. 2, Б)) дополнительно обследовано 16 больных (14 – женского и 2 – мужского пола) 16 – 52 (36 ± 3) лет поступивших в клинику РНЦ «ВТО» с закрытыми диафизарными переломами костей голени. Средняя продолжительность периода со дня травмы до снятия аппарата Илизарова у больных данной выборки составляла 53 – 99 (68 ± 4) дней. Обследования производились через 7, 30 и 60 дней после наложения аппарата Илизарова, а также спустя 1 – 3 месяца после его снятия.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В таблице 1 приведены усредненные величины основных параметров М-ответа *m. tibialis ant.* здоровой и ранее поврежденной конечностей. Учитывая вариабельность параметров М-ответа, оценка статистической значимости их билатеральных различий производилась с привлечением *t*-критерия Стьюдента для попарно сопряженных вариантов.

Из таблицы 1 видно, что амплитуда М-ответа на стороне перелома на 12,4 % ($P < 0,02$) ниже, чем на интактной, а длительность – на 8,4 % ($P < 0,05$) выше. Достоверной асимметрии по латентности М-ответа обнаружено не было, что свидетельству-

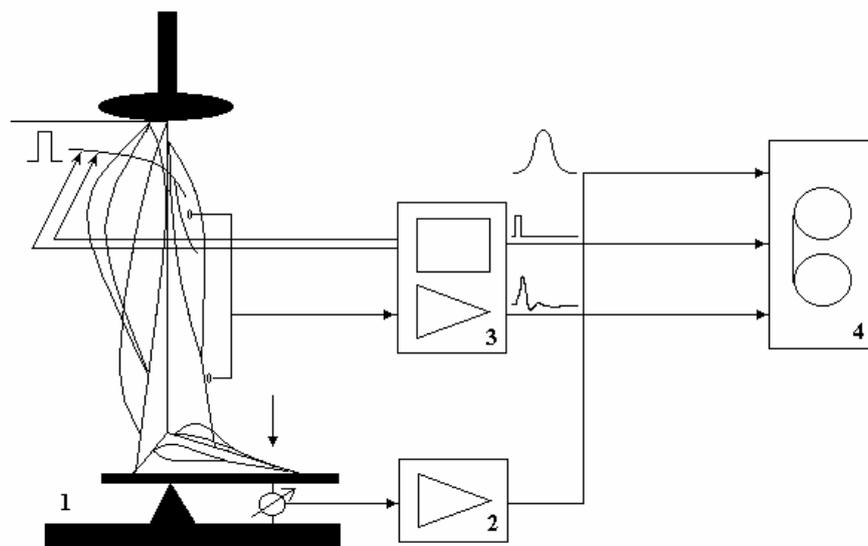


Рис. 1. Функциональная схема установки для исследования биоэлектрических и сократительных характеристик передней группы мышц голени в условиях ритмической стимуляции *n. peroneus* (1 – динамометрический стэнд, 2 – тензоусилитель, 3 – электромиограф, 4 – магнитограф).

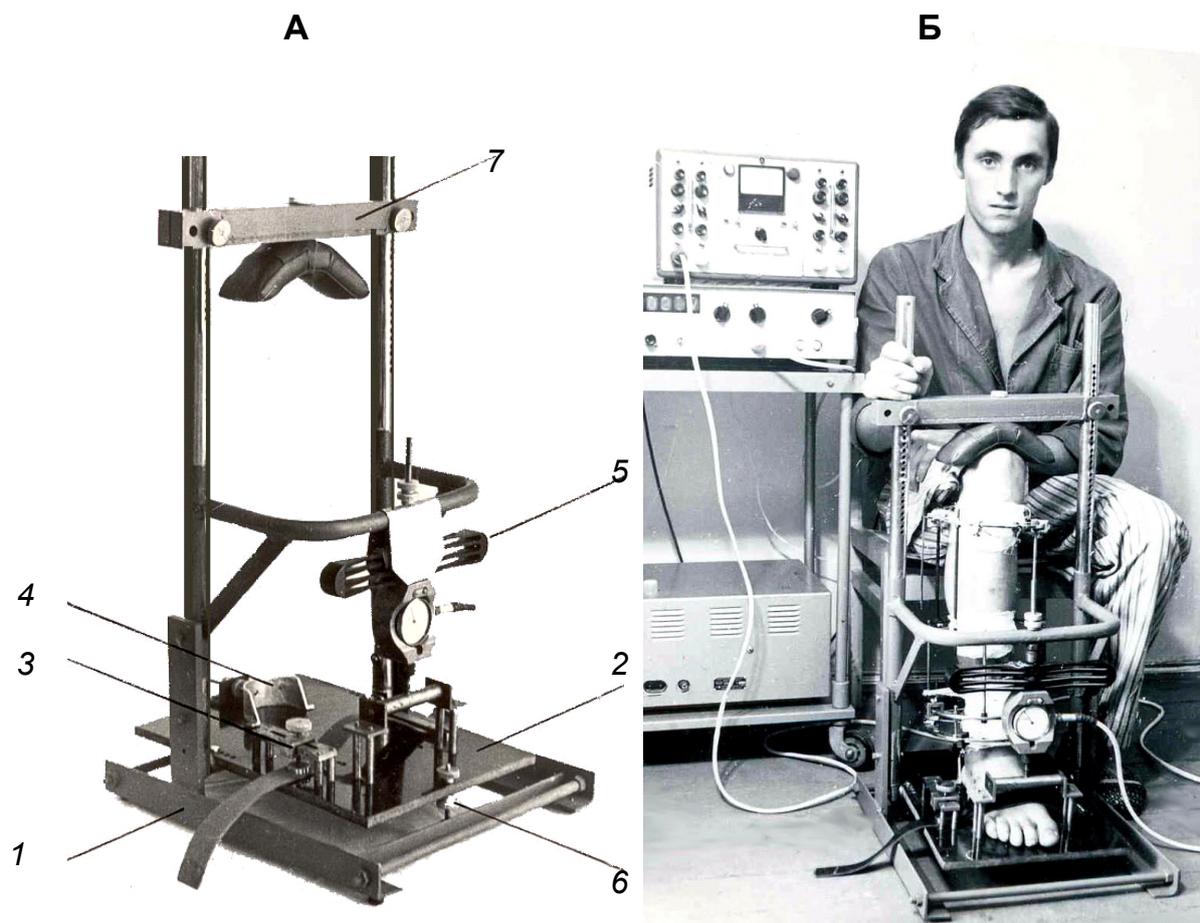


Рис. 2. Динамометрический стенд с аналого-цифровой индикацией момента силы для тестирования переднелатеральной и задней групп мышц голени (А – общий вид (1 – станина, 2 – педаль, 3 – ременное крепление стопы, 4 – запятник, 5 – динамометр системы Токаря ДОСМ-3-0,2 с тензодатчиками, 6 – калибровочное устройство, 7 – горизонтальная штанга с упором для колена) Б – обследование больного с аппаратом Илизарова на голени).

Таблица 1
Средние величины ($M \pm t$) основных параметров М-ответов *m. tibialis ant.* здоровой (З) и ранее поврежденной (Б) конечностей у больных после лечения закрытых переломов костей голени

Показатели	З	Б	Разность (З-Б)
Амплитуда (мВ)	$7,56 \pm 0,50$	$6,62 \pm 0,59$	$0,94 \pm 0,38$ ($P < 0,02$)
Длительность (мс)	$20,2 \pm 0,7$	$21,9 \pm 0,8$	$-1,7 \pm 0,7$ ($P < 0,05$)
Латентность (мс)	$4,61 \pm 0,10$	$4,50 \pm 0,09$	$0,11 \pm 0,37$ ($P > 0,05$)
Число наблюдений, относящихся к различным значениям билатеральной разности (З-Б) числа точек перегиба кривой М-ответа	13 – (0); 5 – (-1); 3 – (-2); 1 – (-3); 2 – (-4); 3 – (+1); 4 – (+2)		

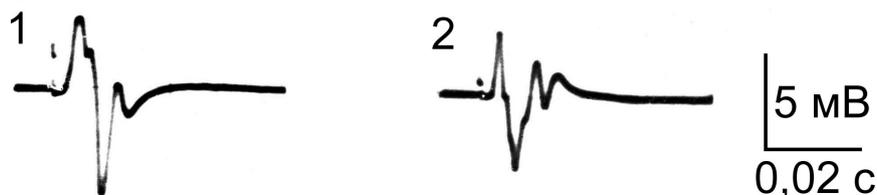


Рис. 3. М-ответы *m. tibialis ant.* интактной (1) и ранее поврежденной (2) конечностей у больного Ч. 39 лет (И/б № 4673) со сросшимся переломом обеих костей правой голени, обследованного через 344 дня после снятия аппарата Илизарова.

ет об отсутствии в момент обследования нейротерминальных и синаптических аномалий на стороне травмы.

В силу особенностей строения *m. tibialis ant.*, обладающей двумя зонами моторных пластинок, ее суммарный вызванный потенциал имеет довольно сложную форму кривой с 4–7 точками перегиба (рис. 3), которая, тем не менее, хорошо воспроизводится в симметричных отведениях М-ответа у здоровых субъектов.

В таблице 1 показано, что у 13 испытуемых грубых асимметрий по форме М-ответов не наблюдалось, у 7 – М-ответ на стороне заболевания имел более сглаженные очертания, чем на интактной, у 11 – число точек перегиба М-ответа на стороне перелома превышало таковое на интактной. Оценка достоверности асимметрии по числу точек перегиба производилась нами с помощью Т-критерия Вилкоксона для сопряженных пар признаков. Показано, что полифазность М-ответа на стороне поражения статистически значимо увеличена (при $n = 31$, $U_p = 1,87$; $P < 0,05$).

Для оценки пропорциональности одностороннего снижения у обследованных больных амплитуды М-ответа *m. tibialis ant.*, максимальных моментов силы мышц – тыльных сгибателей стопы при их произвольной активации и тетанизации *n. peroneus* с частотой 50 Гц по трем указанным показателям рассчитывались коэффициенты асимметрии

$$K_a = 100 \% (X_3 - X_6) / X_3,$$

где X_3 и X_6 – соответствующие значения показателей интактной и ранее поврежденной конечностей.

Коэффициенты линейной корреляции между K_a по амплитуде М-ответа и K_a по максимальным моментам силы при произвольном и вызванном стимуляцией нерва сокращениях передней группы мышц голени составили соответственно 0,560 ($P < 0,001$) и 0,697 ($P < 0,01$). Наличие достоверной статистической взаимосвязи между перечисленными признаками свидетельствуют о пропорциональности в изменении суммарного электрического потенциала т.н. «мышечного эквивалента» (мышцы, от которой отводилась биоэлектрическая активность) и предельных силовых возможностей мышечной группы, которую представлял данный «мышечный эквивалент», при выпадении части мышечных волокон из состава двигательных единиц. Кроме того, эта взаимосвязь указывает на относительную равномерность в распределении следовых деструктивных изменений среди мышц – принципиальных синергистов, участвующих в тыльной флексии стопы.

Исходя из высказанных ранее соображений о роли локальной гиподинамии в формировании односторонних посттравматических двигательных расстройств, правомерно допустить, что степень различия соответствующих показателей здоровой и ранее поврежденной конечностей у больных со сросшимися переломами кос-

тей голени является функцией временных факторов, т.е.

$$K_a = f(T_1, T_2),$$

где: T_1 – интервал времени со дня травмы до снятия аппарата Илизарова, а T_2 – со дня снятия аппарата до явки больного на обследование.

Действительно, вычисление коэффициентов линейной корреляции Пирсона между указанными признаками в отдельности (т.е. коэффициентами асимметрии и периодами T_1 и T_2) не позволило сделать статистически достоверные выводы о наличии связи между ними, тогда как между соотношениями T_1/T_2 и соответствующими K_a обнаружилась статистически достоверная взаимосвязь. Показано в частности, что чем меньше соотношение периодов T_1/T_2 (т.е. чем меньше продолжительность лечения и больший срок после его прекращения), тем ниже K_a по амплитуде М-ответа *m. tibialis ant.* ($r = 0,482$; $P < 0,01$), по максимальному моменту силы при произвольном сокращении ($r = 0,577$; $P < 0,001$) и тетанизации *n. peroneus* с частотой 50 Гц ($r = 0,513$; $P < 0,01$).

Данные корреляционного анализа, с одной стороны, подтвердили факт обратимости посттравматических деструктивных изменений в тестируемой группе мышц голени, с другой, свидетельствуют о том, что более полному и быстрому восстановлению функциональных характеристик мышц после сращения перелома может способствовать сокращение продолжительности «аппаратного» лечения. В данном случае уместно отметить, что сроки сращения переломов костей голени с помощью аппарата Илизарова в среднем ниже, чем при использовании гипсовой повязки [3].

Особый интерес представляют результаты сопоставления пиковой скорости нарастания усилия и расслабления тыльных сгибателей стопы интактной и ранее поврежденной конечностей при стимуляции *n. peroneus* с частотой 50 Гц. Из таблицы 2 и рисунка 4 видно, что на стороне перелома скорость нарастания усилия и расслабления на 22,5% ($P < 0,01$) и 30,4% ($P < 0,001$) ниже, чем на интактной.

Одной из вероятных причин этого явления может быть снижение максимальных величин тянущего усилия (при произвольной активации – на 11,7%, $P < 0,01$; при стимуляции нерва с частотой 50 Гц – на 20,3%, $P < 0,05$) тестируемых мышц поврежденной конечности, обусловленное деструкцией части мышечных волокон. Коэффициенты корреляции между K_a по максимальной амплитуде тетануса и K_a по пиковым значениям скорости нарастания и спада усилия составили соответственно 0,571 ($P < 0,01$) и 0,552 ($P < 0,01$).

Об увеличении «тоничности» мышц ранее поврежденной конечности свидетельствует и то обстоятельство, что при стимуляции *n. peroneus* с частотой 10 Гц амплитуда перемежной составляющей зубчатого тетануса и ее первой производной на стороне перелома оказалась ниже по сравнению с интактной на 36,6% ($P < 0,001$) и 39,1% ($P < 0,01$)

Таблица 2

Средние значения некоторых показателей ($M \pm m$), характеризующих сократительные возможности передней группы мышц интактной (З) и ранее поврежденной (Б) голени в условиях произвольной активации и непрямой стимуляции

Показатели	З	Б	P <
Максимальный момент силы при произвольном сокращении (Н·м)	54,9 ± 1,2	48,5 ± 1,5	0,01
Максимальный момент силы при стимуляции нерва с частотой 50 Гц (Н·м)	52,6 ± 3,6	41,9 ± 3,0	0,05
Пиковая скорость развития усилия при стимуляции нерва с частотой 50 Гц (Н·м/с)	274,8 ± 14,4	212,9 ± 13,3	0,01
Пиковая скорость расслабления при прекращении стимуляции нерва с частотой 50 Гц (Н·м/с)	406,3 ± 16,3	282,6 ± 9,9	0,001
Амплитуда переменной составляющей зубчатого тетануса при стимуляции нерва с частотой 10 Гц (Н·м)	5,54 ± 0,44	3,51 ± 0,22	0,001
Амплитуда первой производной переменной составляющей зубчатого тетануса при стимуляции нерва с частотой 10 Гц (Н·м/с)	85,9 ± 8,6	52,3 ± 4,8	0,01

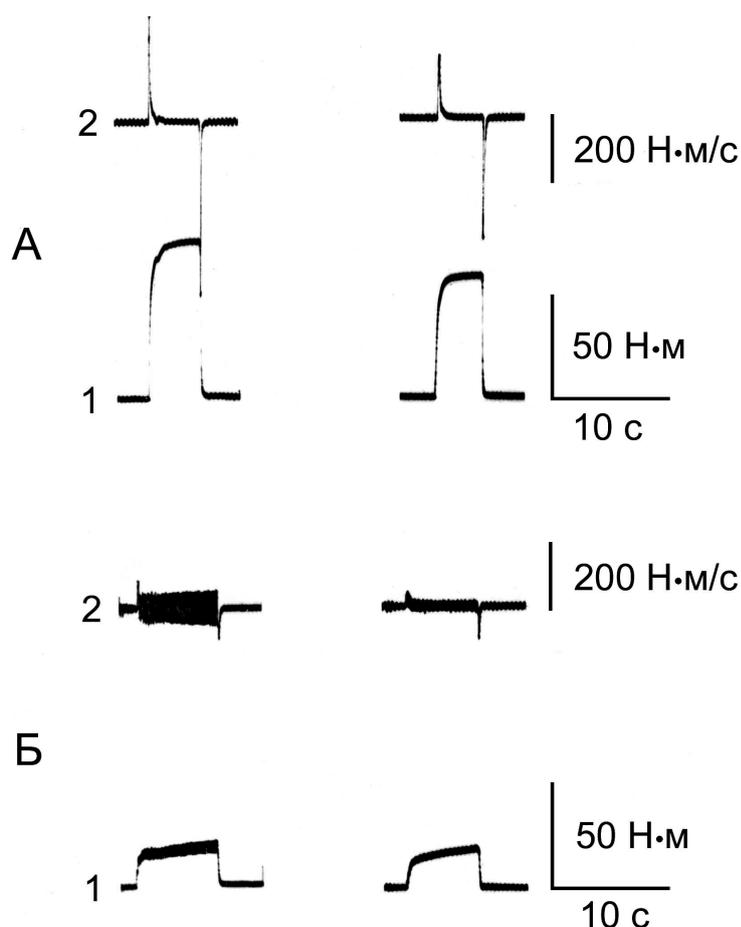


Рис. 4. Осциллограмма усилия (1), развиваемого передней группой мышц голени и его первой производной (2) в условиях стимуляции *n. peroneus* с частотой 50 Гц (А) и 10 Гц (Б) (слева – интактная конечность, справа – ранее травмированная). Больной Б., 37 лет (И/б № 4096) со сросшимся переломом обеих костей правой голени, осмотренного через 621 день после снятия аппарата Илизарова.

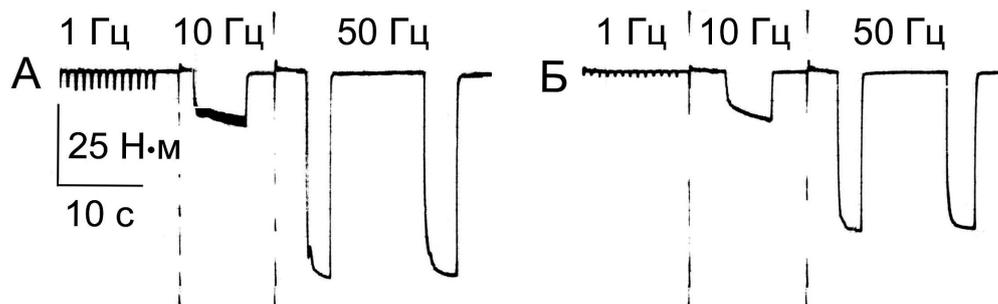


Рис. 5. Тензограммы, характеризующие соотношение амплитуд одиночного и тетанического сокращения передней группы мышц интактной (А) и ранее травмированной (Б) голени. Больной Ж., 39 лет (И/б № 45 14) со сросшимся переломом обеих костей правой голени, осмотренного через 441 день после снятия аппарата Илизарова.

Определенная информация о состоянии сократительной функции передней группы мышц голени содержится в сопоставлении амплитуд одиночного сокращения и тетануса, зарегистрированного при различных частотных режимах стимуляции нерва (рис. 5). Показано, что процентное отношение амплитуды одиночного сокращения тестируемой группы мышц (стимуляция нерва с частотой 1 Гц) к амплитуде тетанического при стимуляции нерва с частотой 10 Гц составило на поврежденной конечности $26,7 \pm 3,6 \%$, на интактной — $44,4 \pm 4,7 \%$ ($P < 0,01$), а при стимуляции нерва с частотой 50 Гц — соответственно $5,8 \pm 0,7 \%$ и $8,2 \pm 0,9 \%$ ($P < 0,05$).

В соответствии с приведенными выше данными, продолжительность посттравматической локальной гиподинамии у обследованных нами больных коррелирует со сроком фиксации отломков аппаратом Илизарова, отнесенным к продолжительности постфиксационного периода. Несомненно, что глубина гиподинамических расстройств модулируется уровнем инактивации мышц, связанным как со степенью травматизации периферических сенсомоторных структур, так и проявлением посттравматического центрального охранительного торможения, которое, в частности, нашло отражение в результатах измерения максимального момента силы передней группы мышц травмированной голени в условиях остеосинтеза по Илизарову.

Установлено, что через 7 дней после остеосинтеза отломков аппаратом Илизарова у половины обследованных больных момент силы тыльных сгибателей стопы достиг $1,4 - 22,0 \text{ Н} \times \text{м}$, а в среднем, по всей группе — $4,4 \pm 1,6 \text{ Н} \times \text{м}$, что составило $7,8 \%$ ($P < 0,001$) от показателя интактной конечности ($55,8 \pm 2,9 \text{ Н} \times \text{м}$). Сравнительно низкие силовые возможности мышц поврежденного сегмента на раннем этапе остеосинтеза обусловлены прежде всего посттравматическим рефлекторным торможением по типу охранительного. Кроме того, активное напряжение мышц на протяжении всего периода аппаратного лечения в значительной степени блокируется спицами аппарата Илизарова, что позволяет интерпретировать состояние мышц пораженного сегмента не только как гиподинамическое, но и как гипокинетическое.

Через 30 и 60 дней после остеосинтеза, а также спустя 1 — 3 месяца после снятия аппарата Илизарова наблюдалось увеличение силы произвольного сокращения передней группы мышц голени до $12,4 \pm 3,2 \text{ Н} \times \text{м}$ ($22,2 \%$ от интактной, ($P < 0,001$), $16,5 \pm 3,8 \text{ Н} \times \text{м}$ ($29,6 \%$, $P < 0,001$) и $24,7 \pm 4,5 \text{ Н} \times \text{м}$ ($44,3 \%$, $P < 0,001$) соответственно.

Таким образом, уровень инактивации мышц по выбранному нами критерию у травматологических больных указанной нозологической группы достигает примерно 30 % от интактной, а в ближайшие сроки после снятия аппарата — 45 %. Что касается реального уровня функциональной нагрузки на мышцы травмированного сегмента конечности в условиях остеосинтеза аппаратом Или-

зарова и в ближайшие сроки после его завершения, то клинически он оценивается как весьма незначительный, что определяет существенность вклада локальной гиподинамии и гипокинезии в патогенезе латерализованной посттравматической сенсомоторной недостаточности.

ОБСУЖДЕНИЕ

В совокупности приведенные данные согласуются с полученными в экспериментах на животных фактами снижения амплитуды усилия, развиваемого как при одиночном, так и тетаническом сокращении «быстрых» мышц, а также уменьшения скорости нарастания усилия и расслабления под влиянием ступенчатого детренирующего воздействия (т.е. функциональной разгрузки) [2, 4, 6, 10, 14]. Увеличение «тоничности» быстрых мышц, т.е. приближение их сократительных характеристик к медленным под влиянием дефицита возбуждения, Е.К. Жуков с соавт. [2] связывают со сдвигами метаболических процессов в мышечных волокнах, изменением проницаемости мышечных мембран и угнетением работы кальциевой помпы саркоплазматического ретикулула. По мнению С. Davis и А. Montgomery [10] снижение скорости развития тетанического усилия, вызванное продолжительной дисфункцией, может быть обусловлено явлениями, сходными по типу с денервационными. Последние, в частности, характеризуются снижением скорости распространения возбуждения по мышечным волокнам и уменьшением скорости укорочения саркомеров.

Мы полагаем, что существенную роль в феномене снижения скорости нарастания мышечного усилия и расслабления у больных на стороне перелома может играть, с одной стороны, преимущественное поражение волокон быстрого типа, с другой, фиброзное разрастание соединительнотканной стромы мышц, структурно связанной с оболочками мышечных волокон. Как известно, соединительнотканый каркас мышцы в норме способствует синхронной передаче напряжений комплексов мышечных волокон к сухожилию и последующему расслаблению мышцы [8]. Следует полагать, что посттравматические изменения в его структурной организации способны повлечь за собой нарушение указанных функций и увеличение внутренней вязкости мышц. Поствоспалительные (в частном случае — посттравматические) фиброзы являются одним из наиболее значимых эффектов последствия патологических процессов в различных органах и тканях, они могут прогрессировать после прекращения патогенного воздействия, а также претерпевать обратные изменения [7]. Разрастание соединительной ткани в мышцах наблюдается и в условиях продолжительного дефицита функциональной нагрузки [1]. Известно, что даже при создании идеальных изометрических условий сокращения мышц имеет место некоторое укорочение экстрафузальных мышечных волокон за счет растяжения эластической ткани мышцы и сухожилий. При выполнении тыльной флексии стопы в

условиях сокращения мышц, близких к изометрическим, наблюдается дополнительное укорочение передней группы мышц голени за счет растяжения верхней и нижней поперечных связок (*retinaculum mm. extensorum superius, retinaculum mm. extensorum inferius*), создающих своеобразный блок первого рода для сухожилий мышц-разгибателей стопы. Предполагается, что избыток соединительной ткани между мышечными волокнами, увеличивая пассивное сопротивление их укорочению, может оказывать демпфирующее влияние на динамику сократительных циклов как в условиях одновременной активации всех мышечных волокон при стимуляции *p. peroneus*, так и при выполнении произвольных дозированных скоростно-точностных силовых рывков заданной градации.

Таким образом, результаты данной серии исследований подтвердили факт наличия и обратимости следовых посттравматических изменений в мышцах поврежденного сегмента конечности у больных в ближайшие (менее одного года) и отдаленные (более одного года) сроки после лечения закрытых переломов костей голени, выражающихся, в частности, в снижении на стороне перелома амплитуды М-ответов и максимальных моментов силы мышц. Показано также, что тестируемая группа мышц голени травмированной конечности характеризуется увеличенной постоянной времени сократительных циклов, что проявляется в асимметрии по скорости развития напряжения и расслабления в условиях тетанизации двигательного нерва с частотой 50 Гц, показателям усвоения ритма 10 Гц и отношениям амплитуды одиночных сократительных циклов к тетаническим.

ВЫВОДЫ

1. Данные стимуляционной электромиографии с параллельным динамометрическим контролем свидетельствуют о присутствии в различной степени выраженных следовых изменений в системе экстрафузальных мышечных волокон травмированной конечности у больных с консолидированными закрытыми переломами костей голени.

2. Выраженность асимметрии активационных и контрактильных характеристик мышц травмированного сегмента конечности коррелирует с соотношением периода остеосинтеза аппаратом Илизарова и интервала времени с момента снятия аппарата Илизарова до проведения электрофизиологического обследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Букаева И.А. Цитологическая характеристика красной мышцы крыс при ограничении подвижности / И.А. Букаева // Экспериментальные исследования гипокинезии, измененной газовой среды, ускорений, перегрузок и других факторов. — М., 1968. — С. 6—8.

2. Жуков Е.К. Влияние гипокинезии на функциональное состояние скелетных мышц / Е.К. Жуков, З.И. Барбашова, В.В. Федоров // Физиол. Журн. СССР. — 1971. — Т. 57, №9. — С. 1240—1245.

3. Илизаров Г.А. Возможности чрескостного остеосинтеза при лечении переломов костей / Г.А. Илизаров, А.А. Девятов // Лечение переломов и их последствий методом чрескостного остеосинтеза. — Курган, 1979. — С. 4—8.

4. Катинас Г.С. Гиподинамическое и гипокинетическое состояние скелетных мышц / Г.С. Катинас, В.С. Оганов, А.Н. Потапов // Физиол. журн. СССР. — 1974. — Т. 60, № 10. — С. 1606—1608.

5. Команцев В.Н. Методические основы клинической электромиографии. Руководство для врачей / В.Н. Команцев, В.А. Заболотных. — СПб., 2001. — 349 с.

6. Оганов В.С. О функциональном состоянии скелетных мышц крыс при длительном ограничении подвижности (до 120 суток) / В.С. Оганов, А.Н. Потапов // Косм. биол. и мед. — 1973. — Т. 7, № 2. — С. 22—26.

7. Поликар А. Физиология нормальной и патологической соединительной ткани / А. Поликар, А. Колле. — Новосибирск: Наука, 1966. — 272 с.

8. Хорошков Ю.А. Строение скелетной мышцы как биомеханической системы / Ю.А. Хорошков // Тез. докл. второй Всесоюз. конф. по проблемам биомеханики. — Рига: Зинатне, 1979. — Т. 1. — С. 237—240.

9. Шеин А.П. Динамометрический стенд с аналого-цифровой индикацией для тестирований мышц голени / А.П. Шеин, Б.И. Кудрин // Теория и практика физической культуры. — 1980. — № 8. — С. 53—54.

10. Davis C.J.F. The effect of prolonged inactivity upon the contraction characteristics of fast and slow mammalian twitch muscle / C.J.F. Davis, A. Montgomery // J. Physiol. (Lond.), 1977. — Vol. 270, N. 3. — P. 581—594.

11. Engel W.K. The motor unit diseases affecting it in toto or in portio / W.K. Engel, J.R. Warmolts // New developments in electromyography and clinical neurophysiology / J.E. Desmedt (Ed.). — Karger, Basel, 1973. — Vol. 1. — P. 141—177.

12. Guth L. «Trophic» influences of nerve on muscle / L. Guth // Physiol. Rev. — 1968. — Vol. 48, N 4. — P. 645—687.

13. Human skeletal muscle function description of tests and normal values / R.H.T. Edwards, A. Young, G.P. Hosking, D.A. Jones // Clin. Sci. Mol. Med. — 1977. — Vol. 52, N 3. — P. 283—290.

14. Properties of immobilized guinea pig hindlimb muscles / A. Maier, J.L. Crockett, D.R. Simpson et al. // Am. J. Physiol. — 1976. — Vol. 231, N 5. — Pt. 1. — P. 1520—1526.

15. The denervated muscle / E. Gutmann (Ed.). — Prague: Publ. House Czechosl. Acad. Sci., 1962.