

© Группа авторов, 1999

ЭМГ-признаки реактивности и адаптации мышц голени при утолщении большеберцовой кости у больных с хронической недостаточностью периферического кровообращения

А.П. Шеин, Г.А. Криворучко, Н.В. Петровская

EMG-signs of reactivity and adaptation of leg muscles for tibial thickening in patients with chronic insufficiency of peripheral circulation

A.P. Shein, G.A. Krivoroochko, N.V. Petrovskaya

Государственное учреждение науки

Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова, г. Курган
(Генеральный директор — академик РАМТН д.м.н. профессор, заслуженный деятель науки РФ В.И. Шевцов)

Цель исследования состояла в выяснении глубины и обратимости изменений в мышцах голени, связанных с реакцией нейромоторных структур на операционную травму и пролонгированное воздействие типа «поперечная тракция» при утолщении большеберцовой кости, используемого в качестве фактора, стимулирующего развитие реактивной гиперемии и ревазуляризации ишемизированных тканей у больных с окклюзионными заболеваниями сосудов нижних конечностей. До и в различные сроки после лечения методами стимуляционной электромиографии обследовано 25 пациентов (облитерирующий эндартериит - 19, тромбангиит - 2, атеросклероз - 4). Выявленные отклонения основных характеристик М-ответов и Н-рефлексов мышц голени оперированной конечности от дооперационных величин и контроля (здоровые испытуемые) имеют тенденцию к возврату до исходного уровня в течение первого года после снятия аппарата Илизарова и только по отдельным параметрам. Результаты проведенных исследований позволяют заключить, что указанная методика стимуляции процессов ревазуляризации достаточно травматична. Наиболее чувствительна к факторам distraction остеосинтеза - m. soleus.

Ключевые слова: ишемия, голень, утолщение кости, ревазуляризация, электромиография.

The aim of the study - to reveal a level and reversibility of leg muscular changes, concerned with a reaction of neuromotor structures to surgical injury and prolonged influence of «transverse traction» type in tibial thickening, used as a factor, stimulating development of reactive hyperemia and revascularization of ischemized tissues in patients with occlusion diseases of lower limb vessels. 25 patients have been examined before treatment and in different periods after it, using methods of stimulation electromyography (obliterating endarteritis - 19, thrombangiitis - 2, atherosclerosis - 4). The revealed deviations of the main characteristics of M-waves and H-reflexes of leg muscles in operated limb from preoperative values and from the control (normal subjects examined) have a tendency to a return to initial levels during the first year after the Ilizarov apparatus removal, and this refers just to isolated parameters. The results of the study allow to conclude, that the mentioned technique for stimulation of revascularization processes is rather traumatic. M. soleus is the most susceptible to factors of distraction osteosynthesis.

Keywords: ischemia, leg, bone thickening, revascularization, electromyography.

Реализуемая в РНЦ «ВТО» комплексная программа исследований, ориентированная на решение проблем оптимизации ревазуляризирующих воздействий на ткани конечностей больных с окклюзионными заболеваниями периферических сосудов, включала в качестве одного из своих элементов выяснение глубины дооперационных изменений в мышцах пора-

женных сегментов конечности и реакцию нейромоторных структур на операционную травму и пролонгированное воздействие «поперечной тракции» при утолщении большеберцовой кости, используемой в качестве фактора, стимулирующего развитие реактивной гиперемии и процессов ревазуляризации ишемизированных тканей [1].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методом стимуляционной электромиографии обследовано до и в различные сроки (от 5

дней до 3 лет и 2 месяцев) после курса ревазуляризирующего «аппаратного» лечения в отде-

лении ангиологии РНЦ "ВТО" 25 больных мужского пола в возрасте от 24-х до 61-го года. Распределение выборки по этиологии заболевания: облитерирующий эндартериит сосудов нижних конечностей – 19 (II стадия – 5; III стадия – 10; IV стадия – 4), облитерирующий атеросклероз (III стадия) – 4, облитерирующий тромбангиит (II стадия) – 2. Оперативное вмешательство заключалось в полной кортикотомии медиальной поверхности большеберцовой кости и фиксации полученного костного фрагмента спицами с упорными площадками в аппарате Илизарова. Уровень выделения и размер костного фрагмента (15-20 см) планировался в зависимости от уровня окклюзии артерий голени, захватывая проксимальную или дистальную метафизарную зоны большеберцовой кости. Дозированная поперечная тракция костного фрагмента осуществлялась в косоагитальной проекции в сторону задней группы мышц голени. Темп дистракции составлял в среднем $0,75 \pm 0,06$ мм/сутки, срок дистракции – 33 ± 4 дня, срок фиксации – 61 ± 5 дней. Определялись основные характеристики М-ответов (объекты исследования – *m. tibialis anterior*, *m.*

gastrocnemius (с.1.), *m. soleus*; отведение – униполярное; форма раздражающих стимулов – прямоугольная, длительность – 1 мс, интенсивность – супрамаксимальная; анализируемые параметры – амплитуда «от пика до пика», латентность, длительность, число точек перегиба) и максимальных Н-рефлексов (объекты исследования – *m. gastrocnemius* (с.1.) и *m. soleus*; способ отведения, форма и длительность стимулов – те же, что и при регистрации М-ответов; подбор оптимальной интенсивности раздражающих стимулов осуществлялся в режиме интерактивного поиска; анализируемые параметры – те же, что и для М-ответов). Тестированию подвергалась как левая, так и правая конечность. Для отведения и регистрации М-ответов и Н-рефлексов использовалась 4-канальная цифровая ЭМГ-система "1500" (фирма DANTEC, Дания). В качестве контроля (норма) использованы результаты обследования 10 здоровых испытуемых мужского пола в возрасте от 26 до 39 лет. Оценка статистической значимости различия средних произведена с использованием t-критерия Стьюдента для независимых выборок показателей.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты статистической обработки, характеризующие динамику анализируемых признаков и их отличие от дооперационных и контрольных (здоровые субъекты) величин представлены в таблицах 1-5. В таблицах отражены показатели, полученные при обследовании оперированной (т.е. более пораженной) конечности. Одноименные показатели М-ответов и Н-рефлексов мышц левой и правой конечностей контрольной выборки испытуемых объединены ($n=20$) в связи с отсутствием статистически значимых билатеральных различий.

Из таблиц 1-3 следует, что основные характеристики М-ответов, у больных, обследованных нами до лечения, несколько отличается от контрольных величин (здоровые испытуемые). В частности, амплитуда в отведениях от *m. tibialis anterior* и *m. gastrocnemius* (с.1.) оказалась ниже нормы соответственно на 26,8% и 10,8%, а латентность в этих же отведениях увеличенной на 25,8% и 17,6%. Последнее связывается, прежде всего, с повышенной чувствительностью к ишемии терминалей аксонов и мионивральных синапсов.

Обращают на себя внимание максимальные значения амплитуд Н-рефлексов (см. табл. 4-5), составляющие в среднем, по отношению к контрольным величинам 77,8%. Это обстоятельство (при величинах М-ответов близких к норме) определяет и более низкие по сравнению с данными здоровых испытуемых значения

N_{max}/M_{max} . Отличие прочих показателей Н-рефлексов от контрольных величин было несущественным.

Оперативное вмешательство и последующее утолщение большеберцовой кости (формирование отщепы и дистракционного регенерата между базовой костью и отщепом, стимулирующее развитие реактивной гиперемии в окружающих мягких тканях), сопровождается развитием болевого синдрома, отеком и дисфункцией мышц голени, в совокупности являющихся факторами, отрицательно влияющими на их трофику и активационно-контрактильные свойства.

В ближайшие (особенно в течение первого месяца) сроки после снятия аппарата Илизарова отмечено резкое (на 51,1-69,9 %) отличие амплитуд М-ответов от дооперационных величин. Наибольшее снижение указанного показателя зафиксировано в отведении от *m. soleus*.

Уменьшение амплитуд М-ответов в процессе "аппаратного" лечения, зарегистрированное в ближайшие сроки после его завершения, сопровождается некоторым увеличением их длительности. В частности, для *m. soleus* прирост этого показателя по сравнению с дооперационным в сроки «0-1 месяц» после снятия аппарата составляет 15,7 %, а в сроки «1-6 месяцев» – 23,2%.

Форма М-ответов *m. gastrocnemius* (с.1.), *m. gastrocnemius* (с.1.) и *m. soleus*, характеризуемая количеством точек перегиба (локальных

экстремумов), в сроки «1-6 месяцев» после лечения оставалась существенно измененной, тогда как латентность в сравнении с дооперационными величинами заметно сократилась. Последнее рассматривается нами в качестве признака улучшения оксигенации синаптических структур и повышения тканевой температуры, в совокупности влияющих на скорость распространения возбуждения в терминальных и претерминальных струкурах двигательных нервов.

Максимальное приближение показателей к дооперационным величинам завершается, в основном, к окончанию первого года после снятия аппарата. В отдаленные (более 12 месяцев) сроки после лечения динамика изученных показателей характеризуется "выходом на плато" на уровнях, несколько отличающихся от дооперационных. В частности, выявленное нами постфиксационное возрастание амплитуды М-ответов *m. soleus* прекращается при достижении в среднем 82,9% от дооперационной величины.

Отчетливой фазностью характеризуется изменение показателей Н-рефлексов, отраженное в таблицах 4-5.

В сроки до 6 месяцев после снятия аппарата средние значения амплитуд Н-рефлексов *m. gastrocnemius* (с.1.) и *m. soleus*. по сравнению с дооперационными величинами снижены до 38,2%. Отмечено также заметное увеличение латентности и длительности Н-рефлексов. К концу первого года после лечения амплитуда Н-рефлексов восстанавливалась до значений, несколько превышающих исходные, а в отдаленные сроки после лечения - имела тенденцию к повторному снижению. Такой характер динамики анализируемого показателя интерпретирован нами с точки зрения взаимодействия двух факторов: интенсификации внутримышечного кровотока и следовых реактивных изменений в мышцах и их иннервационных структурах, связанных с постдистракционным изменением конфигураций мышечных лож.

Приведенные нами факты свидетельствуют о том, что у обследованных нами больных до операции в мышцах голени отсутствовали признаки грубых структурно-функциональных расстройств. Тем не менее, гиподинамический эффект, обусловленный интенсивными болями, возникающими даже при незначительной нагрузке на фоне хронической недостаточности внутримышечного кровотока, заметно отразился на таких показателях, как амплитуда и латентность М-ответов *m. tibialis anterior* и

m. gastrocnemius (с.1.). Значительно более чувствительными к хронической ишемии оказались Н-рефлексы, что связывается с развитием ишемического блока проведения возбуждения преимущественно во фракции афферентных волокон смешанного нерва [5].

Реактивные изменения в мышцах, индуцированные факторами оперативного вмешательства и утолщения большеберцовой кости (высота сформированного в результате поперечной тракции костного блока достигала 2,5 см), нейрофизиологически выражаются в снижении амплитуд М-ответов и Н-рефлексов, увеличении их длительности и полифазности, что в совокупности позволяет оценить применяемую методику ревазуляризирующих воздействий как достаточно травматичную.

С позиций представленных нами сведений, характеризующих постдистракционную адаптацию мышц голени к изменившимся условиям функционирования, легко объясняется феномен постепенного возрастания "локомоторной выносливости" и других показателей статической и динамической нагрузки на оперированную конечность в течение первого года после снятия аппарата Илизарова [2]. При этом, нарастающий по интенсивности естественный миотренинг после снятия аппарата Илизарова вполне обоснованно рассматривается как фактор, закрепляющий позитивные сдвиги в сосудистом русле пораженных сегментов конечности.

В связи с этим обстоятельством, оптимальным решением проблемы компенсации развившейся после утолщения большеберцовой кости функциональной недостаточности мышц голени и ускорения постдистракционных адаптивных изменений в их структуре явилось бы раннее (уже через 2 недели после операции) включение в лечебно-реабилитационный комплекс электромиостимуляции, акцентированной на поддержание и восстановление активационно-контрактильных свойств как передне-латеральной так и задней групп мышц голени, а также стабилизацию сосудорасширяющего эффекта пролонгированной тракции костного фрагмента. Опираясь на результаты ранее проведенных клинко-экспериментальных исследований [3, 4], электростимуляцию указанной группы мышц целесообразно проводить как в процессе аппаратного лечения, так и в течение первых шести месяцев после снятия аппарата Илизарова.

Таблица 1.

Характеристики М-ответов ($M \pm m$) m.tibialis anterior

Показатели	До лечения (n=25)	Сроки после снятия аппарата Илизарова (месяцы)			
		0-1 (n=10)	1-6 (n=10)	6-12 (n=10)	более 12 (n=8)
Амплитуда (мВ)	9,0±0,3 к (73,2)	4,4±0,5 кд (35,8) (48,9)	6,7±0,6 кд (54,5) (74,4)	8,3±0,6 к (67,4) (92,2)	7,5±0,7 (61,0) (83,3)
Латентность (мс)	3,9±0,1 к (125,8)	2,8±0,1 д (90,3) (71,8)	3,6±0,1 д (116,1) (92,3)	3,5±0,2 (112,9) (89,7)	3,2±0,2 д (103,2) (82,0)
Длительность (мс)	33,5±1,4 (106,7)	35,8±2,6 (114,0) (106,9)	32,9±2,7 (104,8) (98,2)	33,8±2,3 (107,6) (100,9)	32,0±1,7 (101,9) (95,5)
Число точек перегиба	5,2±0,3 (91,2)	5,5±0,4 (96,5) (105,8)	4,5±0,5 (78,9) (86,5)	5,7±0,4 (100,0) (109,6)	6,2±0,4 (108,8) (119,2)

Примечание: буквами "к" и "д" помечены показатели, отличие которых от контрольных (здоровые испытуемые) и дооперационных величин было статистически значимо ($P < 0,05$); n - количество наблюдений; под средними значениями показателей в верхних скобках указаны их значения в процентах от контрольных величин, в нижних - от дооперационных.

Таблица 2.

Характеристики М-ответов ($M \pm m$) m.gastrocnemius (с.1.)

Показатели	До лечения (n=25)	Сроки после снятия аппарата Илизарова (месяцы)			
		0-1 (n=10)	1-6 (n=10)	6-12 (n=10)	более 12 (n=8)
Амплитуда (мВ)	24,7±0,9 к (89,2)	10,6±1,2 кд (38,3) (42,9)	15,0±2,1 кд (54,1) (60,7)	23,5±2,0 (84,8) (95,1)	26,3±2,8 (94,9) (106,5)
Латентность (мс)	4,0±0,1 к (117,6)	3,2±0,2 д (94,1) (80,0)	3,5±0,2 д (102,9) (87,5)	3,8±0,2 (111,8) (95,0)	3,8±0,3 (111,8) (95,0)
Длительность (мс)	25,3±0,9 (101,6)	32,5±2,1 к (130,5) (128,4)	26,1±2,6 (104,8) (103,2)	24,3±0,8 (97,6) (96,0)	27,7±0,9 к (111,2) (109,4)
Число точек перегиба	3,6±0,2 (87,8)	3,8±0,5 (92,7) (105,5)	4,8±0,4 д (117,1) (133,3)	3,8±0,1 (92,7) (105,5)	3,9±0,5 (95,1) (108,3)

Примечание: те же, что и для таблицы 1.

Таблица 3.

Характеристики М-ответов ($M \pm m$) m.soleus

Показатели	До лечения (n=25)	Сроки после снятия аппарата Илизарова (месяцы)			
		0-1 (n=10)	1-6 (n=10)	6-12 (n=10)	более 12 (n=8)
Амплитуда (мВ)	21,6±0,8 (99,5)	6,5±0,8 кд (30,0) (30,1)	6,7±0,6 кд (30,8) (31,0)	16,3±1,7 кд (75,1) (75,5)	17,9±1,8 (82,5) (82,9)
Латентность (мс)	4,5±0,1 (104,6)	3,9±0,2 к (90,7) (86,7)	3,6±0,1 кд (83,7) (80,0)	3,5±0,2 кд (81,4) (77,8)	5,1±0,3 к (118,6) (113,3)
Длительность (мс)	26,7±0,9 (109,0)	30,9±2,7 кд (126,1) (115,7)	32,9±2,7 кд (134,3) (123,2)	33,8±2,3 кд (137,9) (126,6)	23,7±1,9 (96,7) (88,8)
Число точек перегиба	3,8±0,3 (102,7)	3,9±0,3 (105,4) (102,6)	4,5±0,5 (121,6) (118,4)	5,7±0,4 кд (154,0) (150,0)	3,2±0,3 (86,5) (84,2)

Примечание: те же, что и для таблицы 1.

Таблица 4.

Характеристики Н-рефлексов ($M \pm m$) *m. gastrocnemius* (с.1.)

Показатели	До лечения (n=25)	Сроки после снятия аппарата Илизарова (месяцы)			
		0-1 (n=10)	1-6 (n=10)	6-12 (n=10)	Более 12 (n=8)
Амплитуда (мВ)	6,8±0,4 к (76,4)	5,0±0,9 к (56,2) (73,5)	2,6±0,5 кд (29,2) (38,2)	8,9±1,0 (100,0) (130,0)	5,8±1,0 к (66,2) (86,8)
Латентность (мс)	27,8±1,1 (101,8)	29,4±0,6 к (107,3) (105,7)	29,6±0,6 к (109,4) (106,5)	28,5±0,3 к (104,0) (102,5)	29,5±0,3 к (107,7) (106,1)
Длительность (мс)	22,7±1,4 (91,2)	31,3±2,4 кд (125,7) (137,9)	25,1±1,4 (100,8) (110,6)	24,7±0,7 (99,2) (108,8)	25,5±0,9 (102,4) (112,3)
Число точек перегиба	4,0±0,2 (102,6)	3,7±0,5 (94,9) (92,5)	6,4±1,2 (164,2) (160,0)	3,3±0,3 (84,6) (82,5)	4,1±0,7 (105,1) (102,5)
H_{max}/M_{max} (%)	27,5±1,6 к	47,2±4,3 д	17,3±2,6 кд	37,8±3,6	22,1±4,1 к

Примечание: те же, что и для таблицы 1.

Таблица 5.

Характеристики Н-рефлексов ($M \pm m$) *m. Soleus*.

Показатели	До лечения (n=25)	Сроки после снятия аппарата Илизарова (месяцы)			
		0-1 (n=10)	1-6 (n=10)	6-12 (n=10)	Более 12 (n=8)
Амплитуда (мВ)	8,7±0,5 к (79,1)	3,7±0,8 кд (33,6) (42,5)	4,3±0,8 кд (39,1) (49,4)	9,6±1,1 (87,3) (110,3)	8,0±1,4 (72,7) (91,9)
Латентность (мс)	29,4±0,2 к (103,9)	29,8±0,6 к (105,3) (101,4)	29,9±0,4 к (106,0) (101,7)	29,3±0,3 к (103,9) (99,6)	29,9±0,4 к (106,0) (101,7)
Длительность (мс)	20,0±1,3 (94,7)	24,5±3,9 (116,1) (122,5)	24,9±1,9 кд (118,0) (124,5)	23,2±1,3 (109,9) (116,0)	23,1±0,8 (109,5) (115,5)
Число точек перегиба	3,7±0,3 (112,1)	4,2±0,7 (127,2) (113,5)	4,4±0,6 (133,3) (118,9)	3,6±0,5 (109,1) (97,3)	4,6±0,8 (139,4) (124,3)
H_{max}/M_{max} (%)	40,3±2,9 к	56,9±6,2	64,2±7,4 д	59,9±4,4	44,7±6,0

Примечание: те же, что и для таблицы 1.

ВЫВОДЫ

Реваскуляризирующие воздействия по типу "утолщение большеберцовой кости" существенно изменяют функциональные характеристики мышц голени. Продолжительность периода восстановления - 12 месяцев с момента снятия

аппарата Илизарова.

Данные стимуляционной электромиографии свидетельствуют о повышенной чувствительности *m. soleus* к реваскуляризирующим воздействиям указанного типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Результаты внедрения и совершенствования метода чрескостного остеосинтеза в ангиологии / В.И. Шевцов, А.А. Ларионов, Н.В. Петровская и др. // Гений ортопедии. - 1996. - № 2-3. - С. 120-121.
2. Шевцов В.И., Щурова Е.Н., Щуров В.А. Функциональные исходы лечения по методу Илизарова больных с облитерирующим эндартериитом нижних конечностей // Хирургия. - 1997. - № 6. - С. 47-50.
3. Шейн А.П., Ерохин А.Н., Новиков К.И. Влияние электростимуляции на произвольную и вызванную биоэлектрическую активность мышц при удлинении нижних конечностей у больных ахондроплазией // Гений ортопедии. - 1995. - № 2. - С. 23-26.
4. Шейн А.П., Ерохин А.Н., Ерофеев С.А. Влияние электростимуляции на электрофизиологические, морфологические и гистохимические характеристики мышц при удлинении голени у собак по методу Илизарова // Гений ортопедии. - 1995. - № 2. - С. 26-29.
5. Magladery J.W., McDougal D.B., Stoll J. Electrophysiological studies of nerve and reflex activity in normal man. II. The effect of peripheral ischemia // Bull. Johns Hopkins Hosp. - 1950. - Vol. 86. - P. 291-312.

Рукопись поступила 23.04.99.