

© Группа авторов, 2006

Структура и функция мышц голени у больных с "острыми" посттравматическими дефектами большеберцовой кости

Т.И. Долганова, М.С. Сайфутдинов, И.И. Мартель, Д.В. Долганов

The structure and function of leg muscles in patients with "acute" posttraumatic tibial defects

T.I. Dolganova, M.S. Saifutdinov, I.I. Martel, D.V. Dolganov

Федеральное государственное учреждение науки

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

Проведен анализ сонографических характеристик и показателей функционального состояния мышц голени у 18 больных мужчин в возрасте от 12 до 62 лет ($33,4 \pm 3,54$ г.) с «острыми» посттравматическими дефектами большеберцовой кости от 5 до 14 см в процессе восстановления целостности костей голени путем замещения дефекта костной ткани внутри фасциально-мышечного футляра без дополнительного удлинения мягкотканного компонента методиками чрескостного остеосинтеза. После окончания лечения, когда восстановлены целостность и длина костей голени, восстановление структуры мышц, по данным УЗИ, происходит значительно медленнее. В течение 6 месяцев после снятия аппарата сохраняется атрофия всех исследованных мышц и повышены значения эхоплотности *m.tibialis ant.*, *m.gasrocnemius*, *m.soleus*, что обусловлено недостаточным сроком реабилитационного процесса. Мышцы подошвенные сгибатели стопы обладают относительно быстрым темпом восстановления, а тыльные сгибатели стопы – медленным, т.к. имеет место повреждение зоны площади их прикрепления к большеберцовой кости. Наибольший темп восстановления наблюдается у показателя «контрактность» мышц, достигая 80 % от значений нормы.

Ключевые слова: физиология, "острый" посттравматический дефект большеберцовой кости, сонометрия, динамометрия, электромиография.

The analysis of the sonographic characteristics and functional state indices of leg muscles was made in 18 male patients at the age of 12–62 years ($33,4 \pm 3,54$ years) with «acute» posttraumatic tibial defects of 5–14 cm in the process of restoration of leg bone integrity by filling a bone tissue defect in the fascial-and-muscular sheath without additional lengthening of soft tissue component using the techniques of transosseous osteosynthesis. After the end of treatment, when the integrity of leg bones has been restored as well as their length, according US study the restoration of muscular structure occurs much slower. Within 6 months after the device removal atrophy of all the muscles studied is preserved, and the values of *m.tibialis ant.*, *m.gasrocnemius*, *m.soleus* echodensity are increased due to the deficient time of rehabilitative process. Foot plantar flexors have a relatively fast rate of restoration, and foot dorsal flexors – a slow one, because the area of their attachment to tibia is damaged. The greatest rate of restoration is noted for muscular "contractility" index, which reaches 80% of normal values.

Keywords: physiology, "acute" posttraumatic tibial defect, sonometry, dynamometry, electromyography.

Дозированное растяжение мягких тканей стимулирует их рост, но изменения, происходящие в мышце, существенно отличаются от тех, которые наблюдаются в костной ткани. Наряду с регенерацией в мягких тканях развиваются и дистрофические процессы, чего не наблюдается в костном регенерате [15]. Особенностями процесса регенерации скелетной мышечной ткани являются длительно существующие пролиферативные процессы миогенных элементов и незавершенность процессов дифференцировки новообразованных мышечных волокон [3]. В процессе удлинения мышц в зависимости от режима distraction [13] отмечено развитие денервации конечности, вследствие которой происходит перерождение мышечных волокон с образованием областей мышечного фиброза [25], что выражается в значительном снижении мышечной силы [18]. Влияние денервации на

мышечную ткань многообразно. Кроме хорошо известных структурных перестроек, меняются и её физиологические характеристики, которые проявляются в функциональном недовосстановлении мышц у травматологических больных после лечения в сроки до 12–13 лет [4]. В частности, быстрые двигательные единицы становятся более медленными, о чём свидетельствует распределение комплексов Гольджи и микротрубочек в мышечных волокнах обоих типов, характерное для медленно сокращающихся мышечных волокон [26, 29].

Однако не следует забывать, что данные структурно-функциональной реакции мышечной ткани на distraction получены в экспериментах на животных, в основном, на собаках и крысах. Поэтому перенос выявленных закономерностей на человека должен производиться с осторожностью, учитывая видовую специфику

регенераторных процессов. Тем не менее, знание особенностей морфо-функциональной корреляции между структурными перестройками в мышцах и соответствующими изменениями их функции у человека имеет большое теоретическое и прикладное клиническое значение.

Для тестирования структурно-функциональных изменений заинтересованных мышц наиболее информативно сочетание ультразвуковой сонографии (УЗИ), электромиографии и динамометрии, приобретающее в последние годы в ортопедии и травматологии всё большую популярность [11]. УЗИ позволяет неинвазивно, *in vivo*, наблюдать сократительную функцию мышц, непосредственно измерять углы перистости при сокращении [21, 23], вы-

являть изменения толщины мышечного брюшка, рисунка структуры мышечной ткани [12], что даёт возможность сопоставления структурных перестроек с изменениями активационных (данные ЭМГ) и контрактильных (данные динамометрии) свойств мышц [8].

В связи с вышесказанным целью исследования является анализ сонографических характеристик и показателей функционального состояния мышц голени в процессе восстановления «острого» дефекта костной ткани внутри фасциально-мышечного футляра без дополнительного удлинения мягкотканного компонента методом чрескостного остеосинтеза у травматологических больных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В процессе лечения и в ближайшие (до 6 месяцев) сроки после оперативного лечения обследовано 18 больных мужчин в возрасте от 12 до 62 лет ($33,4 \pm 3,54$ г.) с «острыми» посттравматическими дефектами большеберцовой кости от 5 до 14 см.

В качестве объекта исследования использована передняя и задняя группы мышц голени (*m. tibialis ant.*, *m. ext. digitorum long.*, *m. gastrocnemius lat.*, *m. soleus*) интактной и поврежденной конечностей. У каждого больного производилось комплексное обследование функционального состояния мышц методами тонометрии, динамометрии, ультразвукового сканирования при продольном расположении датчика, глобальной и стимуляционной электромиографии.

Анализировались следующие параметры: характеристики эхоплотности (L) по данным постпроцессорной компьютерной обработки эхосигнала, где L – уровень «серой шкалы», составляющий оттенок, который является самым распространенным в исследуемой области. Сонограммы регистрировались при единой шкале настройки изображения. Дополнительно определялась толщина её мышечного слоя с расчетом величины атрофии мышц относительно интактной конечности и контрактильность

мышц при проведении функциональной пробы (произвольное напряжение мышц).

ЭМГ-параметры: амплитуда моторного ответа (M-ответа), также средняя амплитуда и частота следования колебаний суммарной ЭМГ, зарегистрированной на пике максимального произвольного напряжения. Определялся максимальный момент силы мышц сгибателей и разгибателей стопы (MF); показатель поперечной твердости мышц голени, который обусловлен их тонусом и самой структурой мышц.

Аппаратурное обеспечение исследования: система для ультразвукового сканирования органов и тканей с эхокамерой SSD-630 (фирма АЛОКА, Япония), 4-канальная цифровая ЭМГ-система «1500» (фирма Dantec, Дания), специализированный динамометрический стенд для тестирования мышц голени [17] и миотонетр, выполненный на базе индикатора перемещения часового типа ИЧ-05, разработанные в РНЦ «ВТО» [18]. Достоверность различия анализируемых показателей оценивалась с использованием t-критерия Стьюдента и непараметрического критерия Манна-Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По данным УЗИ, на здоровой конечности мышечная ткань голени имеет характерную неоднородную структуру с продольной исчерченностью и отчетливо определяемыми фасциальными листками (рис. 1). При произвольном максимальном напряжении мышц биоэлектрическая активность находится вблизи соответствующей нижней границы нормы.

На оперированной конечности весь период лечения мы наблюдаем существенные изменения структуры, активационных и биомеханических свойств мышц. Мощный ноцицептивный фон из области поврежденного сегмента вызывает охра-

нительное торможение спинальных двигательных центров. В результате ЭМГ, при попытке произвольного максимального напряжения мышц поврежденного сегмента, существенно снижена до 20-100 мкВ в зависимости от степени близости к месту повреждения. Очень часто ЭМГ носит редуцированный характер. Она сохраняется таковой на протяжении всего периода distraction.

В течение первого месяца после остеосинтеза травмированного сегмента конечности мы регистрируем достоверное увеличение показателя поперечной твердости мышц задней группы на 69 %, что свидетельствует о повышенном мы-

шечном напряжении и отеке. На 39 % увеличивается ультразвуковая плотность только *m. tibialis anterior* (табл.1), что является следствием временной посттравматической ишемии с последующей пролиферацией соединительнотканых клеток [1]. Ограничение диапазона сократительной способности мышц сопровождалось появлением атрофии с уменьшением толщины брюшка мышц на 9-17 % и снижением контрактности в 1,5-2 раза по сравнению с нормой (рис. 2).

После остеотомии и в процессе замещения дефекта костной ткани дистракционным регенератом, когда костный отломок перемещается внутри фасциально-мышечного футляра без дополнительного удлинения мягкотканного компонента, мы регистрируем увеличение показателя поперечной твердости мышц на 82 % и показателя ультразвуковой плотности всех исследованных мышц на 6-30 %.

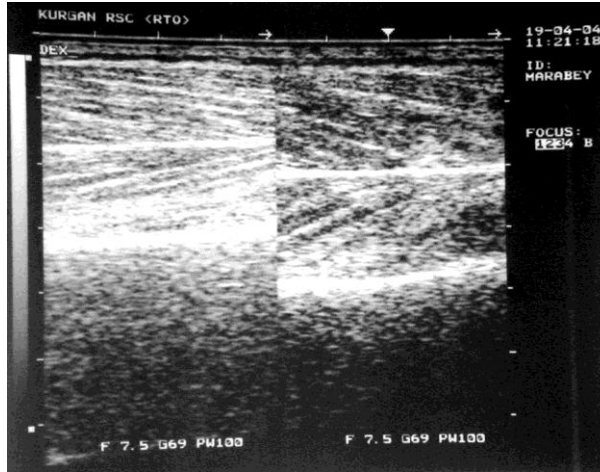


Рис. 1. Обследуемый М., 38 лет. Ультразвуковая картина *m. tibialis anterior* и *m. extensor digitorum longus* в норме. Показано увеличение толщины брюшка мышц после произвольного их сокращения (оценка контрактности)

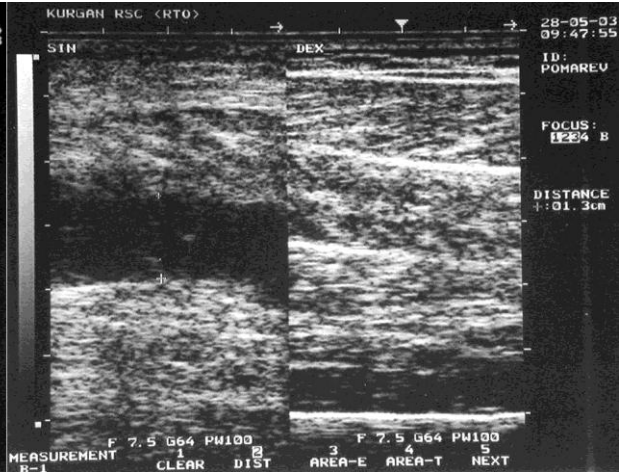


Рис. 2. Больной Р., 43 лет. Острый посттравматический дефект костей левой голени. 18 дней после операции, перед остеотомией. Ультразвуковая картина *m. tibialis anterior* и *m. extensor digitorum longus* больной (Sin) и интактной (Dex) конечностей

Таблица 1
Структурно-функциональные характеристики мышц у больных с «острыми» посттравматическими дефектами костей голени

Исследуемые мышцы	Параметры			
	Интактная конечность	Больная конечность		
		Травма (1 мес остеосинтеза)	Процесс замещения дефекта	После снятия аппарата (до 6 мес.)
m.tibialis ant.				
L(отн.ед)	23,9±3,84	33,3±1,42*	35,1±1,97	33,1±1,01
Контрактность (%)	18,6±3,6	7,53±1,74*	8,6±2,59	15,8±4,33
Атрофия (%)	0	12±4,0*	22±3,2*	20±8,8
m. digitorum long.				
L(отн.ед)	33,4±3,14	32,5±2,31	43,0±2,52*	35,8±3,04
Контрактность (%)	20,9±4,05	11,0±1,47*	10,4±2,76	16,0±4,44
Атрофия (%)	0	9,0±5,6*	15,0±5,83*	18,0±7,47
m.gasrocnemius				
L(отн.ед)	34,2±3,09	33,5±1,48	43,7±1,64*	40,6±2,09
Контрактность (%)	25,6±4,8	14,6±3,88*	11,9±3,13	18,3±2,58
Атрофия (%)	0	17,0±3,43*	17,0±4,66	17,0±8,87
m.soleus				
L(отн.ед)	29,7±2,31	30,0±1,73	38,9±1,79*	39,8±2,56
Контрактность (%)	16,2±3,07	9,5±2,37*	3,25±1,05	18,7±3,32
Атрофия (%)	0	0±4,7	9,0±3,58	14,0±3,76
Поперечная твердость мышц, усл.ед.	122,5±22,8	200,5±19,3	220,0±24,1	155,1±17,5
Разгибатели стопы, Н*М	61,2±8,92	0	3,32±1,172	15,2±3,14
Сгибатели стопы, Н*М	124,9±16,77	0	3,98±1,15	58,5±6,11

Степень изменения ультразвуковой структуры мышц определяется уровнем остеотомии. При остеотомии в верхней трети голени наиболее выражено, по данным сонографии, изменение структуры *m. tibialis ant.*, т.к. имеет место дополнительное повреждение на площади ее прикрепления к большеберцовой кости. При остеотомии в нижней трети голени изменения структуры *m. tibialis ant.* минимальны, т.к. не затрагивается область прикрепления этой мышцы к большеберцовой кости. Структурные изменения *m. ext. digitorum long.* регистрируются у всех больных и наиболее выражены при поперечной тракции участка малоберцовой кости в область дефекта большеберцовой кости, т.к. ее площадь прикрепления расположена на протяжении *membrana interossea cruris*.

При этом отмечается увеличение степени атрофии с уменьшением толщины брюшка мышц на 5-10 % и дальнейшее снижение их контрактности. Возможность совмещения процесса дистракции и опорных нагрузок на конечность с двигательной активностью до 2 км в сутки [10] позволяет сохранить на неизменном уровне степень атрофии *m. gastrocnemius lat.*, но тем не менее, регистрируется увеличение степени атрофии передней группы мышц голени и появление до 9 % атрофии *m. soleus*. Аналогичная динамика наблюдается и в эксперименте на крысах [7].

Дифференциация мышечной ткани на мышечные пучки и межпучковое пространство сохраняется. Так как замещение дефекта костной ткани осуществляется внутри фасциально-мышечного футляра без дополнительного удлинения мягкотканного компонента, то угол расположения мышечных пучков относительно продольной оси конечности достоверно не меняется.

После окончания лечения, когда восстановлены целостность и длина костей голени, темпы восстановления сонографических показателей

мышц различны. Наибольший темп восстановления наблюдается у показателя «контрактность» мышц, достигая 80 % от значений нормы к 6 месяцам после снятия аппарата. В ближайшие сроки после снятия аппарата (до 6 месяцев) эхоплотность и толщина мышечного брюшка не меняется, сохраняется атрофия всех исследованных мышц и повышены значения эхоплотности *m. tibialis ant.*, *m. gastrocnemius*, *m. soleus*, что обусловлено недостаточным сроком реабилитационного процесса.

Данные сонографии хорошо согласуются с результатами ЭМГ-обследований. Сохранение атрофии мышц проявляется в снижении амплитуды М-ответов. Амплитуда и частота ЭМГ при произвольном максимальном напряжении первые 3 месяца после окончания лечения также снижена. Затем отмечается значительное возрастание амплитуды произвольной ЭМГ, которое может в отдельных случаях превышать соответствующие значения в симметричных отведениях на контралатеральной конечности при сохранении её низкой частоты и даже дальнейшим урежении интерференционной кривой.

Через 6 месяцев после снятия аппарата сохраняется повышенным показатель поперечной твердости мышц на 24 %, обусловленный их тонусом и самой структурой. Мы регистрируем различный темп восстановления мышц сгибателей и разгибателей стопы (соответственно 47,9 % и 26,8 % относительно значений интактной конечности). Силовой индекс антагонистов, составляющий на интактной конечности 47,9 %, на больной конечности был снижен до 26,8 %, что является следствием большего повреждения передней группы мышц голени.

Проведен корреляционный анализ данных сонографии и динамометрии мышц сгибателей и разгибателей стопы после окончания лечения (табл. 2).

Таблица 2

Структурно-функциональные корреляты у пациентов с «острыми» посттравматическими дефектами костей голени

	Контрактность <i>m. tibialis ant.</i>	Атрофия <i>m. tibialis ant.</i>	Ультразвуковая плотность <i>m. tibialis ant.</i>
Момент силы мышц разгибателей стопы	0,360, $p>0,05$, $n=8$	-0,752, $p\leq 0,05$, $n=8$	-0,842, $p\leq 0,01$, $n=8$
	Контрактность <i>m. ext. digitorum long.</i>	Атрофия <i>m. ext. digitorum long.</i>	Ультразвуковая плотность <i>m. ext. digitorum long.</i>
Момент силы мышц разгибателей стопы	0,690, $p\leq 0,05$, $n=8$	-0,852, $p\leq 0,01$, $n=8$	-0,607, $p>0,05$, $n=8$
	Контрактность <i>m. gastrocnemius</i>	Атрофия <i>m. gastrocnemius</i>	Ультразвуковая плотность <i>m. gastrocnemius</i>
Момент силы мышц сгибателей стопы	0,654, $p\leq 0,05$, $n=8$	-0,340, $p>0,05$, $n=8$	0,024, $p>0,05$, $n=8$
	Контрактность <i>m. soleus</i>	Атрофия <i>m. soleus</i>	Ультразвуковая плотность <i>m. soleus</i>
Момент силы мышц сгибателей стопы	0,555, $p>0,05$, $n=8$	0,365, $p>0,05$, $n=8$	-0,229, $p>0,05$, $n=8$

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Непосредственно после травмы и весь период лечения аппаратом Илизарова трудно говорить о каких-либо коррелятах произвольной активности мышц и их структурных изменениях, поскольку охранительное торможение активности соответствующих спинальных мотонейронов маскирует все возможные эффекты. Центральное торможение также является причиной снижения силы мышц, которое превосходит вызванное структурными перестройками падение их сократительной способности. Эти параметры становятся информативными для поиска структурно-функциональных коррелятов только после снятия аппарата Илизарова, когда отсутствуют функциональные эффекты, вызванные высоким уровнем ноцицепции и другими видами интерорецептивной активности.

Вызванное травмой (в том числе и операционной) длительное гипоксическое воздействие оказывает отрицательное влияние на структуру мышц [22]. В ответ на повреждение мышцы развивается так называемый синдром местных нарушений тканевого кровотока (СМНТК), который определяется кризисом микроциркуляции и приводит к гипоксии тканей, что сопровождается выходом свободной жидкости в интерстициальное пространство. При этом увеличивается объем мышц и повышается гидростатическое давление в костно-фасциальных и фасциальных футлярах [14], что и находит своё отражение в наблюдаемых нами изменениях поперечной твёрдости мышц и их УЗИ-характеристик.

Перемещение костного фрагмента вызывает дополнительную травматизацию мышц. Это выражается в снижении средней толщины мышечного брюшка на фоне дистонии сосудов микроциркуляторного русла и повышении активности ацетилхолинэстеразы мионевральных бляшек, которая является компенсаторной: артериолы остаются спазмированными, а в венозном отделе наблюдалась стойкая дилатация сосудов [9, 6].

По данным литературы, имеется односторонняя динамика показателей ультразвуковой эхоплотности мышцы с нарушением её структуры и увеличением в ней содержания соединительнотканых компонентов [5, 8]. Разрастание соединительной ткани, сопровождаемое снижением плотности мышечных волокон в двигательных единицах (ДЕ), увеличивает элек-

трическое сопротивление среды и в совокупности со снижением числа мышечных волокон, входящих в состав ДЕ, приводит к снижению амплитудных и частотных характеристик биоэлектрической активности мышцы, особенно при экстратерриториальном отведении потенциалов действия (ПД) ДЕ с помощью поверхностных электродов [11].

После окончания лечения восстановление строения мышц происходит значительно медленнее, чем восстановление толщины мышечного брюшка и не идет до конца, при этом отмечено, что мышцы-сгибатели обладают высоким, а мышцы-разгибатели – очень низким темпом восстановления, что согласуется с данными литературы [24]. По экспериментальным данным через 1 год после травмы объем мышцы восстанавливался только до 81 % значений интактной, что связано с неполноценным восстановлением иннервационного аппарата и отставанием формирования капиллярного русла в процессе миогенеза [1]. Деструктивно-дистрофические изменения в мышцах сохраняются в течение 5 месяцев послеоперационного периода на фоне проводимых реабилитационных мероприятий [27]. Темп и уровень восстановления структуры и функциональных возможностей мышц зависит от особенностей оперативной тактики. При пролонгированном воздействии типа «поперечная тракция» наиболее чувствительна к факторам дистракционного остеосинтеза *m. soleus*. [16], при пролонгированном воздействии типа «продольная тракция» – *m. tibialis anterior* [2]. Восстановление структуры мышц зависит от возможности ее функционирования [28].

Результаты корреляционного анализа согласуются с данными литературы. Описана положительная корреляционная связь между длительностью болевого синдрома, снижением силы мышц и ультразвуковыми размерами мышечной массы [20]; у больных с облитерирующим эндартериитом ультразвуковая эхоплотность мышц коррелирует с показателями силы мышц ($r = -0,863$) [19]. Различная динамика показателей контрактильных и активационных возможностей тестируемых мышц и структурных изменений в мышцах, по данным УЗИ, согласуется с выводом об отсутствии статистически значимых структурно-функциональных взаимосвязей [11].

ВЫВОДЫ

Проведённые исследования показали одностороннюю направленность изменений структурных и функциональных характеристик мышц в процессе лечения больных с острыми посттравма-

тическими дефектами костей голени методом дистракционного остеосинтеза.

После окончания лечения, когда восстановлены целостность и длина костей голени, восста-

новление строения мышц происходит медленно и не идет до конца. Мышцы подошвенные сгибатели стопы обладают относительно быстрым темпом восстановления, а тыльные сгибатели стопы – медленным, т.к. имеет место травматическое повреждение площади их прикрепления к большеберцовой кости. Наибольший темп восстанов-

ления наблюдается у показателя «контрактильность» мышц, достигая 80 % от значений нормы. В течение 6 месяцев после снятия аппарата сохраняется атрофия всех исследованных мышц и повышены значения эхоплотности *m.tibialis ant.*, *m.gasrocnemius*, *m.soleus.*, что обусловлено незавершенностью реабилитационного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ причин неполного структурно-функционального восстановления скелетных мышц после тяжелого травматического повреждения конечности / А. А. Володина [и др.] // Патология физиология и экспериментальная терапия. - 1991. - № 6. - С. 50-53.
2. Аранович, А. М. Функциональное состояние мышц нижних конечностей при полилокальном и полисегментарном distractionном остеосинтезе у больных ахондроплазией / А. М. Аранович, А. Н. Ерохин, Е. В. Диндереберя // Гений ортопед. - 2002. - № 2. - С. 60-63.
3. Данилов, Р. К. Клетки-миосателлиты и проблема регенерации скелетной мышечной ткани / Р. К. Данилов, Н. А. Одинцова, Ю. Г. Найденова // Успехи совр. биол. - 1995. - Т. 115., № 5. - С. 595-608.
4. Долганов, Д. В. Особенности восстановления динамометрических показателей мышц после лечения больных с множественными переломами костей голени / Д. В. Долганов, А. Г. Карасев // Медико-биологические и медико-инженерные проблемы чрескостного остеосинтеза по Илизарову : сб. науч. тр. - Курган, 1989. - Вып. 14. - С. 79-84.
5. Долганова, Т. И. Взаимосвязь показателей поперечной твердости мышц и ультрасонографии у больных с дефектами костей голени / Т. И. Долганова // Биомеханика на защите жизни и здоровья человека : I Всерос. конф. : тез. докл. - Н. Новгород, 1992. - Т. 1. - С. 70-71.
6. Долганова, Т. И. Оценка микроциркуляции у больных с открытыми переломами костей голени в процессе лечения аппаратом Илизарова / Т. И. Долганова, И. И. Мартель, Д. В. Долганов // Гений ортопедии. - 1999. - № 4. - С. 53-56.
7. Капланский, А. С. Роль недостаточной продукции гормона роста и дефицита опорных нагрузок в развитии мышечных атрофий и остеопений у вывешенных крыс / А. С. Капланский, Е. И. Ильина-Какуева, В. И. Логинов // Авиакосмическая и экологическая медицина. - 1999. - Т. 33, № 1. - С. 20-24.
8. Комплексная оценка мышц нижних конечностей у больных с врожденными сгибательными контрактурами коленного сустава / Т. В. Сизова, Т. И. Долганова, Д. В. Долганов и др. // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. - Т. 2, № 1 (9). - 1999. - С. 55-58.
9. Мухин, И. А. Нейротрофические нарушения при огнестрельном переломе бедра / И. А. Мухин, А. Н. Лиев. // Состояние и перспективы развития военной травматологии и ортопедии : тр. Вен.-мед. акад. - СПб., 1999. - Т. 248. - С. 298-306.
10. Некоторые физиологические критерии перевода стационарных ортопедо-травматологических больных на амбулаторный режим лечения / В. И. Шевцов, Д. В. Долганов, С. И. Швед и др. // Актуальные проблемы чрескостного остеосинтеза по Илизарову : сб. науч. тр. - Курган, 1987. - Вып. 12. - С. 92-98.
11. Структура и функция четырехглавой мышцы бедра у больных с акинематическим гонартрозом. / А. П. Шеин, Т. В. Сизова, Т. И. Долганова и др. // Гений ортопедии. - 2001. - № 3. - С. 34-42.
12. Ультразвуковая диагностика повреждений и заболеваний мягких тканей опорно-двигательного аппарата / под ред. С. А. Горбатенко : учеб. пособие МЗ СССР, центр. ин-т усоверш. врачей. - М., 1991. - 28 с.
13. Чикорина, Н. К. Морфологические изменения в скелетных мышцах голени при различной дробности distraction / Н. К. Чикорина, С. А. Ерофеев, А. А. Шрейнер // Новые технологии в медицине : тез. докл. науч.-практ. конф. и симпозиум с междунар. участием. - Курган, 2000. - Ч. II. - С. 106-107.
14. Шаповалов, В. М. Огнестрельные переломы костей конечностей / В. М. Шаповалов // Состояние и перспективы развития военной травматологии и ортопедии : тр. воен.-мед. акад. - СПб., 1999. - Т. 248. - С. 127-133.
15. Швырков, М. Б. Морфогенетические процессы при дозированной distraction / М. Б. Швырков // Стоматология. - 2002. - Т. 81, № 3. - С. 9-13.
16. Шеин, А. П. 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 // Гений ортопедии. - 1999. - № 4. - С. 37-41.
17. Пат. 2029536 Российская Федерация, МКИ⁶ А 61 Н 1/00. Устройство для ангулодинамометрии / Щуров В. А. - № 5042260/14 ; заявл. 15.05.92 ; опубл. 27.02.95, Бюл. № 6. - 1 с.
18. Щуров, В. А. Физиологические основы эффекта стимулирующего влияния растяжения тканей на рост и развитие при удлинении конечностей по Илизарову : автореф. дис. ... д-ра. мед. наук / В. А. Щуров. - Пермь, 1993. - 32 с.
19. Щурова, Е. Н. Прижизненная оценка структуры икроножных мышц у больных с облитерирующими поражениями артерий нижних конечностей / Е. Н. Щурова // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН. - Иркутск, 1994. - Вып. 1-2. - С. 134-135.
20. Robben, S. G. F. Atrophy of the quadriceps muscle in children with a painful hip / S. G. F. Robben, M. H. Lequin, M. Meradji // Clin. Physiol. - 1999. - 19, No 5. - P. 385-393.
21. Muscle architecture and function in humans / T. Fukunada, Y. Kawakami [et al.] // J. Rehabil. Res. Dev. - 1998. - Vol. 35, No 2. - P. 252-253.
22. Hoppeler, H. Muscle tissue adaptations to hypoxia / H. Hoppeler, M. Vogt // J. Exp. Biol. - 2001. - Vol. 204, No 18. - P. 3133-3139.
23. Mansour, S. Procédé de mesure de l'épaisseur d'un muscle a partir d'une image: Заявка 2790657 Франция, МПК⁷ А61В5/107, А61В 8/00 / S. Mansour; IODP Sarl. - № 9903083; Заявл. 12.03.99; Опубл. 15.09.00, Бюл. № 00/37
24. Measurement of fatigue in knee flexor and extensor muscle / Y. Kawabata [et al.] // Acta Med. Okajama. - 2000. - Vol. 54, No 2. - P. 85-90.
25. Morphological aspects of rabbit masseter muscle after cervical sympathectomy / P.-S. Dal [et al.] // Int. J. Exp. Pathol. - 2001. - Vol. 82, No 2. - P. 123-128.
26. Ralston, E. The organization of the Golgi complex and microtubules in skeletal muscle is fiber type-dependent / E. Ralston, Z. Lu, T. Ploud // J. Neurosci. - 1999. - Vol. 19, No 24. - P. 10694-10705.
27. Quadriceps muscle wasting persists 5 months after total hip arthroplasty for osteoarthritis of the hip. A pilot study / K. Reardon [et al.] // Intern. Med. J. - 2001. - No 1. - P. 7-14.
28. Travis, M. A. Extrinsic control of fast and slow muscle fiber development : suppression of slow myosin heavy chain in developing human muscle / M. A. Travis, M. Cho // J. Cell. Biochem. - 1991. - Suppl. 15c. - P. 45.
29. Wang, Z.-J. Disi junyi daxue xuebao / Z.-J. Wang, J.-S. Guo // J. Forth Milit. Med. Univ. - 1999. - Vol. 20, No 8. - P. 715-716.

Рукопись поступила 24.12.04.