

***Влияние ранних активных движений на темпы
восстановления функции коленного сустава
после оперативного удлинения бедра***

В.А. Щуров, Д.А. Попков, О.В. Лаптев

***The effect of early active movements on the rates of the knee
function recovery after surgical femoral lengthening***

V.A. Shchourov, D.A. Popkov, O.V. Laptev

Государственное учреждение

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

Проведено комплексное исследование состояния опорно-двигательной системы у 63 больных разного возраста (от 6 до 54 лет), с различным по этиологии и величине укорочением одной из нижних конечностей, которым проводили оперативное удлинение бедра методом чрескостного дистракционного остеосинтеза. С первых дней лечения больные под руководством инструктора ЛФК выполняли активные движения в коленном суставе. Анализ динамики восстановления функции коленного сустава после лечения показал, что более быстрый рост амплитуды движений наблюдался у данной группы больных по сравнению с лечившимися 129 пациентами, у которых не применялись ранние активные движения. Эффект ускорения реабилитации особенно выражен у взрослых больных и продолжается до 1 года после лечения.

Ключевые слова: удлинение бедра, коленный сустав, ЛФК

The complex study of the locomotor system condition was performed in 63 patients of different age (range: 6-54 years) with shortening of different etiology and amount involved one of the lower limbs, who were subjected to surgical femoral lengthening by the technique of transosseous distraction osteosynthesis. The patients trained active movements in the knee under the specialist supervision from the first days of treatment. The analysis of the dynamics of the knee function recovery after treatment demonstrated, that the fastest increase of the range of movements was noted in these patients in comparison with 129 patients treated, who didn't train their early active movements. The effect of rehabilitation hastening was particularly marked in adult patients and maintained up to a year after treatment.

Keywords: femoral lengthening, the knee (joint), exercise therapy.

Важнейшей задачей при реабилитации больных с укорочением конечностей после оперативной компенсации дефицита ее продольных размеров является восстановление биомеханических и функциональных свойств мягких тканей, в первую очередь, мышц. В связи с относительно высокой стоимостью пребывания больных в стационарных условиях остро стоит вопрос об ускорении темпов функциональной реабилитации, а также о сохранении функции смежных с удлиняемым сегментом конечности суставов, необходимой для восстановления локомоторной активности [1].

В последнее десятилетие в ГУ РНЦ «ВТО» внедрен ряд новых методик оперативного удлинения конечностей [2]. В связи с этим были пересмотрены принципы и методические приёмы

лечебной физкультуры с целью ускорения темпов и повышения уровня функциональной реабилитации больных. Для решения этих задач было решено совмещать во времени лечебную и функциональную реабилитацию, в частности, применять в процессе дистракции ранние активные упражнения. Однако вопрос о влиянии на темпы восстановления функции сустава удлиненной конечности ранних активных движений остаётся дискуссионным.

Работа выполнена с целью изучения эффективности нового комплекса методов ЛФК при оперативном удлинении бедра и влияния этого комплекса на темпы восстановления функционального состояния опорно-двигательной системы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследованы 63 больных разного возраста (от 6 до 54 лет) мужского (38) и женского (25) пола с различным по этиологии и величине укорочением одной из нижних конечностей, которым производили оперативное удлинение бедра методом чрескостного дистракционного остеосинтеза. До лечения ограничение движений в коленном суставе отмечалось у 9 человек. Удлинение бедра производилось на величину от 2 до 16 см (в среднем на $6,2 \pm 0,8$ см). Период дистракции длился от 10 до 115 дней. Период фиксации – от 18 до 216 дней.

В процессе занятий ЛФК с пациентами использовалось разнообразное оборудование (ортопедические кушетки, песочники, подушки, пластиковые пластины, подступники, эспандеры, приспособления для пассивной разработки суставов нижней конечности, силовые тренажеры, велотренажеры, степперы, беговые дорожки и др.). Наряду с этим использовался комплекс методов, специально направленных на профилактику и лечение контрактур мышц бедра и коленного сустава удлиненной конечности. Предлагаемый комплекс включал:

- а) изометрические упражнения;
- б) изотонические упражнения;
- в) идеомоторные упражнения;
- г) упражнения для туловища и интактных конечностей.

Физиологическим основанием для расширения комплекса методов ЛФК был контроль вегетативного обеспечения тканей конечности в процессе лечения.

Кроме того, проведена выкопировка 129 историй болезни пациентов, которым удлинляли нижнюю конечность в РНЦ "ВТО" с 1982 по 1997 г., с анализом динамики и уровня восстановления функционального состояния опериро-

ванной и интактной конечностей.

Комплексное физиологическое обследование выполнено у 45 больных. Обследования осуществляли через 5-12 дней после операции, затем повторно с интервалом в 10-14 дней. Частота обследований составила в среднем 4-5 раз за период лечения.

Для изучения показателей периферической гемодинамики применяли метод венозной окклюзионной плетизмографии с использованием прибора "Periquant-3500" (Швеция) с определением объемной скорости кровотока покоя и пикового кровотока и метод ультразвуковой доплерографии артерий нижних конечностей (прибор «АНГИОДОП-2», Россия) с использованием датчиков на 8 и 4 МГц. На обеих конечностях регистрировалась линейная скорость кровотока по бедренным, задним большеберцовым, подколенным артериям, тыльной артерии стопы в состоянии физического покоя. Диаметр артерий определяли с помощью линейного датчика на 7,5 МГц ультразвуковой диагностической установки «SONOLINE» SI – 450 (ФРГ).

Сократительную способность мышц бедра и голени оценивали по данным динамометрии, осуществляемой с помощью сконструированных в РНЦ "ВТО" стенов [3].

Измерение поперечной твердости мышц проводили с помощью разработанного в РНЦ "ВТО" миотонометра, выполненного на базе индикатора перемещения часового типа ИЧ-05 с ценой деления 0,01 мм.

Исследование функциональной нагрузки на различные отделы стопы при стоянии и ходьбе производили при помощи компьютерного комплекса "ORTHO-SYSTEM" производственного объединения "Биоимитатор" (Россия).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Было показано, что темпы функциональной реабилитации больных в значительной мере определяются применяемыми методиками лечебной физкультуры.

Показатель упругости (поперечной твердости) прямой мышцы бедра и икроножной мышцы голени на интактной конечности до лечения составил соответственно $84 \pm 4,9$ и $90 \pm 4,0$ усл. ед., на пораженной конечности был ниже на 11% и 3%. В процессе дистракции показатель упругости на оперированной конечности существенно повышался и даже после окончания лечения был выше, чем на интактной: на бедре – на 14%, на голени – на 44% ($p \leq 0,001$). В отдаленные сроки после лечения показатель упругости мышц оперированной конечности был выше исходного уровня на 9-11% и не отличался от

значений интактной конечности. Такой прирост связан с увеличением длины конечности, поскольку установлено, что показатель упругости мышц у детей и подростков находится в прямой зависимости от продольных размеров сегментов конечности [4].

Линейная скорость кровотока по бедренной артерии пораженной конечности до лечения составила $16,6 \pm 1,0$ см/с, по подколенной – $11,1 \pm 1,0$ см/с, по задней большеберцовой – $7,9 \pm 0,9$ см/с и по тыльной артерии стопы – $4,2 \pm 0,5$ см/с. Показатели интактной конечности существенно не отличались от показателей пораженной. В период дистракции линейная скорость кровотока по артериям оперированной конечности оставалась на прежнем уровне либо имела тенденцию к снижению. В период фиксации по бедренной, задней

большеберцовой артериям и тыльной артерии стопы оперированной конечности скорость кровотока была ниже, чем на контралатеральной конечности, соответственно на 22%, 20% и 10%, по подколенной – на 7% выше.

При этом больные чувствовали себя вполне удовлетворительно, величина удлинения была небольшой, режим лечения щадящий. Одним из факторов сохранения скорости кровотока на неизменном уровне может быть увеличение диаметра артерий. Диаметр подколенной артерии после окончания лечения увеличился на больной конечности с $4,7 \pm 0,2$ до $5,5 \pm 0,5$ мм и на интактной – с $4,6 \pm 0,2$ до $5,0 \pm 0,3$ мм. Прирост диаметра артерий в отдаленные сроки после лечения мог быть связан с увеличением возраста и массы тела больных. В то же время известно, что диаметр артерий у здоровых людей определяется не столько возрастом, сколько увеличением сократительной способности мышц конечности [5].

Определяемая с помощью метода окклюзионной плетизмографии объёмная скорость кровотока голени на оперированной конечности до лечения оказалась относительно повышенной. В процессе лечения данный показатель снижался на обеих конечностях, восстанавливаясь после его окончания, и в отдаленные сроки имел тенденцию к снижению на интактной конечности.

Как на больной, так и на интактной конечности был сравнительно невысокий пиковый кровоток, регистрируемый после 3-минутной окклюзии артерий бедра, невысоким был и индекс пикового кровотока голени (2,1 и 2,3). Время достижения пикового кровотока после прекращения окклюзии артерий в норме составляло несколько секунд (у больных до лечения оно было 25 сек.), снижалось в процессе лечения до 11 сек. и увеличивалось в отдаленные сроки после его окончания (табл. 1).

Таким образом, как линейная, так и объёмная скорость кровотока в процессе лечения больных не увеличивалась. Даже температура кожных покровов поражённой конечности в процессе лечения лишь выравнивалась с температурой интактной. В ближайшие и отдаленные сроки после лечения температура удлиненной конечности вновь становилась ниже температуры интактной конечности на $0,4-0,5^\circ$.

Функциональная нагрузка на стопу при ходьбе у больных до лечения была снижена как на поражённой, так и на интактной стороне. В процессе лечения нагрузка на оперированную конечность продолжала снижаться до 55%. После окончания лечения нагрузка на удлиненную конечность при стоянии достигла 92% (табл. 2).

У больных до лечения характерным является увеличение нагрузки на пяточную область интактной конечности и на передний отдел отставшей в росте стопы (рис. 1). Это происходит вследствие того, что отставание в росте конечности больные пытаются компенсировать за счет эквинусной установки стопы. В результате лечения возрастает нагрузка на пятку больной конечности и на передний отдел интактной.

При обследовании больных до лечения во время ходьбы обнаружено, что толчковая, балансирующая и рессорная функции стопы интактной конечности составляют соответственно $23 \pm 2\%$, $22 \pm 3\%$ и $10 \pm 2\%$ (у здоровых людей – 39%, 29% и 21%).

Показатели отставшей в росте конечности у больных существенно не отличались от показателей интактной. В процессе лечения существенно снижались толчковая и балансирующая функции. В ближайшие сроки после окончания лечения показатели имели тенденцию к восстановлению.

Таблица 1

Показатели окклюзионной плетизмографии (мл/мин*100 см³)

Этап лечения	Кровоток покоя		Пиковый кровоток		Время ПК (сек.)	
	Больная	Интakтная	Больная	Интakтная	Больная	Интakтная
До лечения	$4,0 \pm 0,6$	$2,8 \pm 0,3$	$8,4 \pm 1,0$	$6,4 \pm 0,4$	25 ± 4	25 ± 5
Дистракция	$3,0 \pm 0,4$	$2,5 \pm 0,3$	$5,3 \pm 1,1$	$6,0 \pm 1,5$	$11 \pm 4^*$	15 ± 5
Фиксация	$2,0 \pm 0,3^*$	$2,1 \pm 0,2$	$5,9 \pm 0,5$	$5,7 \pm 1,2$	$11 \pm 4^*$	20 ± 5
Ближайшие	$2,5 \pm 0,4$	$2,8 \pm 0,5$	$5,7 \pm 1,1$	$5,9 \pm 1,2$	24 ± 6	22 ± 4
Отдаленные	$2,6 \pm 0,4$	$1,8 \pm 0,2^*$	$5,7 \pm 1,3$	$4,9 \pm 0,4$	32 ± 6	35 ± 7

Примечание: *различия достоверны по сравнению с исходными показателями ($p \leq 0,05$).

Таблица 2

Нагрузка на отделы стопы обеих конечностей при стоянии (%)

Этап лечения	Интakтная конечность		Больная конечность	
	Передний отдел	Пятка	Передний отдел	Пятка
До лечения	$37,8 \pm 11,6$	$53,0 \pm 11,9$	$42,6 \pm 11,4$	$49,9 \pm 11,8$
Лечение	$27,4 \pm 18,1$	$72,6 \pm 18,1$	$21,8 \pm 12,6$	$33,8 \pm 16,9$
После лечения	$56,2 \pm 15,0$	$43,7 \pm 15,1$	$47,0 \pm 16,3$	$54,5 \pm 15,6$

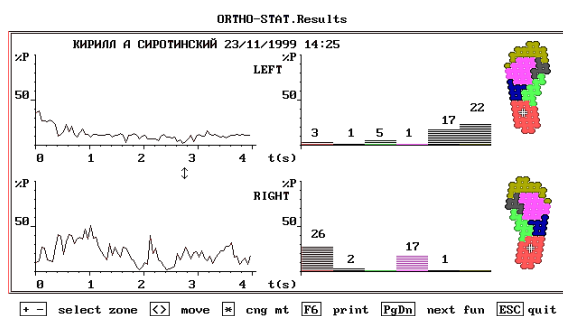


Рис. 1. Образец компьютерного представления результатов распределения нагрузки на отделы стопы у больного С., 32 лет, с отставанием роста левого бедра на 7 см до лечения

Сократительная способность мышц-разгибателей голени пораженной конечности до лечения была снижена на 9,5%, сгибателей голени – на 17% (табл. 3). В ближайшие сроки после лечения динамометрические показатели мышц-разгибателей интактного бедра не увеличились, а сила мышц-сгибателей стала меньше на 25% вследствие снижения объема и темпа локомоций. Показатели оперированной конечности не достигли исходного уровня. Отставание силы разгибателей и сгибателей голени от показателей интактной конечности равнялось соответственно 30% и 9%.

Таблица 3

Показатели динамометрии мышц бедра (Н*м)

Этап лечения	Число набл.	Интактная конечность		Больная конечность	
		разгибатели	сгибатели	разгибатели	сгибатели
До лечения	26	52,8±7,8	51,0±7,8	47,8±7,5	42,4±6,2
Ближайшие сроки	14	52,0±9,1	38,4±5,2	36,5±5,6	34,9±3,9
Отдаленные сроки	29	67,1±7,8	49,5±4,8	46,6±5,2	40,8±4,0

Поскольку функциональные исходы лечения изучались в отдаленные сроки до 10 лет, в том числе у детей и подростков, когда меняется масса тела, мы использовали для анализа не только абсолютные величины, но и относительный момент силы (ОМС) мышц, т.е. значение силы, соотнесенное с показателем массы тела.

После окончания лечения больных сократительная способность мышц бедра интактной конечности восстанавливалась в течение 2 месяцев.

Сократительная способность мышц удлинённого бедра после окончания лечения составляла 10-20% от уровня интактной конечности. За первые 6 месяцев после лечения сила мышц увеличивалась в 3-5 раз (рис. 2).

Через год после окончания лечения у некоторых больных сила мышц бедра достигала 0,9 Н*м/кг. Однако через 3 года после лечения сила снижалась до уровня 0,65 Н*м/кг. В дальнейшем показатель силы обеих групп мышц бедра имел устойчивую тенденцию к увеличению до уровня 0,9 Н*м/кг.

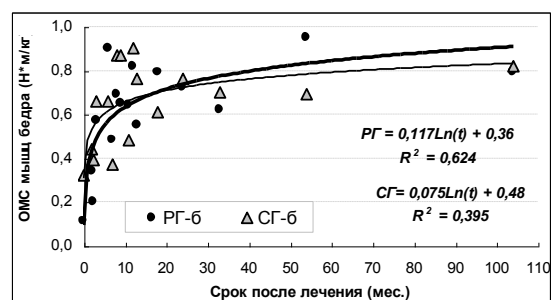


Рис. 2. Динамика относительного момента силы (ОМС) мышц-сгибателей и разгибателей голени в ближайший год после окончания лечения

Быстрое восстановление силы мышц в течение первого года после окончания лечения связано, на наш взгляд, с тем, что оно происходит под влиянием увеличения функциональной нагрузки на фоне компенсаторной гипертрофии мышц. После завершения перестройки дистракционного регенерата эта гипертрофия, по-видимому, исчезает, и дальнейшее восстановление сократительной способности происходит лишь под влиянием функции.

По данным ранее проведенных исследований [6], через 1-2,5 года после удлинения сегментов нижней конечности на 25-40% сила передней группы мышц интактного бедра у больных, не имевших выраженной контрактуры или анкилоза коленного сустава, составляла 63±17 кг, больной – 32±7 кг (51%). Сила мышц-тыльных сгибателей стопы составила 53% от уровня интактной.

В отдаленные сроки после лечения масса тела больных превосходила исходные значения на 28%, сила мышц-разгибателей голени интактного бедра стала больше на 27%. Показатели силы сгибателей, а также обеих групп мышц удлинённого бедра практически не отличались от исходных значений. Момент силы мышц интактного бедра в отдаленные сроки возрос, по сравнению с показателями в ближайшие сроки, на 29% (при неизменной массе тела), мышц-сгибателей и разгибателей голени удлинённого бедра – на 28% и 17%. Следовательно, меньшая сила мышц пораженного бедра была обусловлена исходным отставанием в росте и развитии сократительного аппарата.

Таким образом, применение средств ЛФК в процессе лечения больных и после его окончания позволило сохранить сократительную способность мышц удлинённого бедра на уровне дооперационных значений. Абсолютные значения динамометрического показателя мышц-разгибателей и сгибателей голени после удлинения бедра равнялись соответственно 69,4% и 82,4% от уровня интактной конечности.

Соотношение моментов силы мышц-тыльных сгибателей стопы (ТСС) и мышц-подоперационных сгибателей стопы (ПСС) на интактной конечности до лечения составило 46%,

на пораженной – 43%. Сила мышц ТСС и ПСС пораженной конечности равнялась соответственно 74% и 84% от уровня интактной.

В ближайшие сроки после лечения сила мышц восстанавливалась до исходного уровня, а в отдаленные – превосходила его. При увеличении массы тела моменты силы мышц ТСС и ПСС интактной конечности стали выше соответственно на 38% ($p>0,05$) и 43% ($p>0,05$), удлинённой конечности – на 30% и 40%. В отличие от общепринятого представления о худшем восстановлении силы мышц у больных с врождённым отставанием конечности в росте, в наших исследованиях ОМС всех мышечных групп, кроме тыльных сгибателей стопы, стал больше, чем у больных с приобретённым укорочением конечностей.

Амплитуда движений в коленном суставе у обследуемых контрольной группы, закончивших лечение без применения разработанного нами комплекса ЛФК, зависела в основном от двух факторов: величины удлинения конечности и возраста пациентов. При одинаковой величине удлинения, чем моложе были пациенты, тем быстрее и в большем объёме восстанавливалась амплитуда движений в коленном суставе. К концу 1-го года после снятия аппарата Илизарова зависимость амплитуды движений в коленном суставе от возраста пациентов (t , годы) описывалась уравнением регрессии:

$$H = 148 - 3,40 \cdot t; r = 0,720; p \leq 0,05.$$

Результаты проведенных исследований в опытной группе подтверждают влияние величины удлинения на состояние мышц и суставов как в процессе distraction, так и после окончания лечения. По мере увеличения длины бедра в период distraction амплитуда движений неуклонно снижалась (рис. 3). После прекращения distraction, в период падения distractionных усилий в системе *аппарат-конечность*, амплитуда восстанавливалась до 40° (рис. 4).

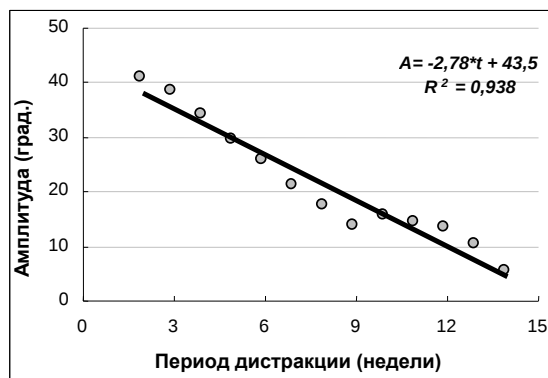


Рис. 3. Динамика амплитуды движений в коленном суставе у больных в период удлинения бедра



Рис. 4. Динамика амплитуды движений в коленном суставе в период фиксации удлинённого бедра

Мы не выявили возрастного снижения исходной амплитуды движений в коленном суставе. Сразу после окончания лечения амплитуда движений была сравнительно выше у детей 11 лет, вступающих в период предпубертатного скачка естественного роста. На протяжении первых 1,5 месяцев реабилитации амплитуда движений в суставе возрастала до 90° независимо от возраста обследуемых.

Имея показатели функции сустава на различных этапах периода реабилитации при удлинении конечности на 30%, 20% и 10% у больных контрольной группы, методом линейной экстраполяции мы рассчитали соответствующие значения и построили «идеальную» кривую восстановления амплитуды, которая могла бы быть при отсутствии удлинения конечности.

В опытной группе при анализе динамики восстановления амплитуды движений в коленном суставе получена кривая, близкая к расчетной «идеальной» для контрольной группы. График восстановления функции в опытной группе намного выше соответствующей кривой контрольной группы после удлинения конечности на 20% от исходных продольных размеров конечности (рис. 5). Уже через 2 месяца после окончания лечения больных амплитуда приближалась к 100°. Через 15 месяцев после лечения разница в подвижности сустава у больных опытной и контрольной групп исчезла.

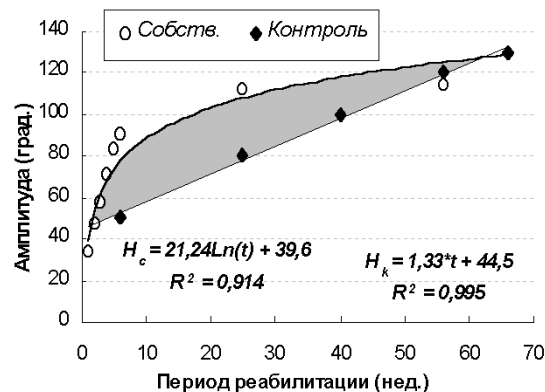


Рис. 5. Динамика восстановления амплитуды движений в коленном суставе у больных опытной и контрольной групп

Следовательно, использование в процессе лечения больных новых приемов стимуляции остеогенеза и комплекса усовершенствованных методик ЛФК влияет в основном на темпы функциональной реабилитации мышц и суставов удлинённой конечности. Применение новых технологий оперативного вмешательства при удлинении бедра позволило расширить показания для применения ряда способов ЛФК, включить в комплекс упражнения с активным сокращением мышц. В результате такого воздействия существенно ускорился процесс функ-

циональной реабилитации больных, исчезла зависимость темпов и уровня функциональной реабилитации от возраста пациентов. Полученный эффект особенно важен для взрослых пациентов, поскольку известно, что с возрастом утрачивается врожденная потребность в активных движениях – кинезофилия. Для восстановления функции мышц необходимы активные движения, которые у взрослых больных в процессе лечения обычно возможно проводить только под контролем специалиста по ЛФК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевцов, В.И. Теоретические предпосылки и практические последствия увеличения длины нижних конечностей у больных с ахондроплазией / В.И. Шевцов, Т.И. Меньщикова, В.А. Щуров // Рос. журн. биомеханики. – 2000. – Т. 4, № 3. – С. 74-79.
2. Шевцов, В.И. Оперативное удлинение нижних конечностей / В.И. Шевцов, А.В. Попков. - М.: Медицина, 1998. - 192 с.
3. Пат. 2029536 РФ, МКИ⁶ Ф 61 Р 1/100 Устройство для ангулодинамометрии /В.А.Щуров (РФ); РНЦ "ВТО" им. акад. Г.А. Илизарова. - № 5042260/14; Заявл. 15.05.92; Опубл. 27.02.95. Бюл. № 6. - С.114.
4. Щуров, В.А. Физиологическое обоснование эффекта стимулирующего влияния растяжения на рост и развитие при удлинении конечности по Илизарову: Автореф. дис... д-ра мед. наук / В.А. Щуров. - Пермь, 1993. - 32 с.
5. Щуров, В.А. Влияние увеличения продольных размеров голени и систематических тренировок на состояние артерий конечностей / В.А. Щуров, Р.В. Кучин //Физиология человека. - 2001. – Т. 27, № 5. – С. 71-75.
6. Функциональное состояние нервно-мышечной системы и регионарного кровообращения после удлинения нижних конечностей по методу Илизарова / В.А. Щуров, А.П. Шеин, В.И. Калякина, Л.Х. Левитина //Чрескостный компрессионный, дистракционный и компрессионно-дистракционный остеосинтез в травматологии и ортопедии: Сб. науч. тр. – Вып. 2. - Челябинск, 1976. – С. 96- 99.

Рукопись поступила 22.10.03.