

© Г.В. Дьячкова, 2004

***Клинико-экспериментальные данные о состоянии мышечной системы голени при ее удлинении
(обзор литературы)***

Г.В. Дьячкова

***The clinical-and-experimental data of the muscular system status of the leg in the process of its lengthening
(review of literature)***

G.V. Diachkova

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)

Методы оперативного удлинения конечностей при их укорочениях различного происхождения, а также у пациентов низкого роста используются в настоящее время не только для решения ортопедических задач, но и для решения проблем социального и психологического плана, поэтому как никогда результат лечения должен быть оптимальным [19, 21, 4].

В связи с этим необходимо учитывать и знать все особенности строения костной и мягких тканей укороченных конечностей, а также те изменения, которые наступают в процессе удлинения [11, 13, 36, 22].

Увеличение роста и восстановление пропорций тела у больных ахондроплазией и при других системных заболеваниях за счет удлинения верхних и нижних конечностей методом чрескостного дистракционного остеосинтеза является в настоящее время эффективным и надежным способом реабилитации людей с низким ростом [44, 25, 15, 32, 4].

Рентгеноанатомические особенности костей у больных ахондроплазией обеспечивают, как правило, благоприятное течение процессов репаративного остеогенеза, тогда как мягкие ткани требуют к себе постоянного внимания, тем более что у этих больных и подкожная клетчатка, и мышцы по своим морфологическим параметрам отличаются от таковых у здоровых.

Еще более сложная ситуация возникает при удлинении врожденноукороченных конечностей, когда исходное состояние мышц характеризуется значительными морфологическими изменениями.

Интерес к изучению мягких тканей при удлинении конечностей наиболее ярко проявился в середине 80-х годов прошлого столетия [31, 68, 51, 23], тогда как первые работы по исследованию состояния мышц, сосудов, нервов при дист-

ракции появились гораздо раньше [7, 69, 50, 46].

Указанные работы базировались на морфологических исследованиях, проведенных в эксперименте, или на данных электрофизиологических методов диагностики в клинике.

В одной из первых работ, где в эксперименте на собаках были изучены изменения мышц в условиях дистракции [5], была дана морфологическая характеристика мышц при удлиняющем артродезе коленного сустава. В период дистракции в мышцах отмечены реактивные изменения, заключающиеся в набухании отдельных мышечных волокон и амитотическом делении ядер. Мышечные волокна уменьшались в диаметре. Происходило образование молодых мышечных волокон диаметром около 14 мкм. В период фиксации изменения в мышцах были менее значительны, а в отдаленные сроки гистоструктура мышц оперированной и неоперированной конечностей была одинаковой.

В работе В.М. Яковлева (1975) показано, что возникающие при удлинении изменения в мышцах выражены неравномерно и носят очаговый характер [68]. Под влиянием растяжения в мышцах постепенно нарастают нарушения внутриоргана кровообращения, усиливаются экссудативно-пролиферативные явления в перимизии и фасциях, а также дистрофические изменения мышечных волокон. На фоне феномена «раздражения» нарастают явления дегенерации и распада в нервных элементах мышц. В конце периода дистракции усиливается склероз перимизия, фасций и нарастает атрофия мышечных волокон. В период фиксации в мышцах снижаются дистрофические и пролиферативные процессы, но прогрессирует атрофия. Сохраняются значительные изменения внутримышечных сосудов. После снятия аппарата постепенно нормализуется строение

мышц и их сосудов, однако даже через 18 месяцев после удлинения в мышцах и сосудах не происходит восстановления их нормальной структуры. Автор считает, что изменения, возникающие в мышцах при дозированном растяжении, связаны с нарушением микроциркуляции, приводящим к гипоксии тканей.

В работе В.Ф. Четвергова (1975) указано, что реактивно-приспособительные процессы в скелетных мышцах зависят от величины и характера distraction [51]. Наиболее физиологичной, по мнению автора, является distraction на 0,1 см за сутки. Применявшаяся автором тенотомия вызывает в мышцах явления атрофии, приводит к снижению веса. Реактивные изменения наступают раньше и оказываются более выраженными для мышечных волокон I типа (красные) по сравнению с волокнами II типа (белые). Высказано мнение, что соматическая мускулатура является высокодинамичной тканевой системой, однако потенциально-приспособительные реакции ее необходимо учитывать в клинической практике.

По мнению Н.Н. Мажары (1974), очаговый характер изменений в мягких тканях удлиняемого сегмента можно объяснить неодинаковым их растяжением [31], причем основное сопротивление distraction оказывает фасциальный аппарат.

В работе Л.А. Смирновой с соавт. (1972) впервые на большом экспериментальном материале изучены морфологические изменения крупных нервных стволов и нервно-мышечного аппарата голени при ее дозированном удлинении [33]. Авторы отметили, что наиболее лабильными в процессе distraction являются мягкотные нервные волокна, причем раньше изменениям подвергаются осевые цилиндры нервных волокон. Феномен раздражения в ранние сроки сменяется процессами деструкции, дегенерации и регенерации. Компенсаторная перестройка нервных стволов не заканчивается через один год после операции.

Ю.Ю. Колонтай с соавт. (1976) в эксперименте на собаках изучено влияние distraction на мышцы, их сосуды и нервы при удлинении голени на 20% от исходной длины с темпом 1 мм в сутки [8]. Авторы приходят к выводу, что нарушение кровообращения, дистрофические изменения сосудов и мышц, деструкция нервных элементов мышц, сужение и облитерация просвета артерий в период стабилизации достигнутого удлинения преимущественно обратимы и связаны с перерастяжением мышц и фасций, что вызывает нарушение микроциркуляции, приводящее к гипоксии тканей. Отмечено, что в фасциях происходит компенсаторно-приспособительная перестройка, которая проявляется пролиферацией их клеток, уплотнением и возникновением многослойности. Высказано мнение о целесообразности предварительного удлинения ахиллова сухожилия при коррекции укорочения голени

свыше 10%.

В работах Ю.Ю. Колонтай с соавт. (1976), Н.Н. Мажары (1974), В.М. Яковлева (1975) впервые были показаны происходящие в мышцах, сосудах и нервах изменения, динамика их в зависимости от периода эксперимента, условий удлинения и, что особенно важно, механизмы некоторых дезадаптивных процессов [8, 31, 68].

Исследования Н.Н. Мажары (1974), В.Ф. Четвергова (1975), В.М. Яковлева (1975) следует считать основополагающими, сделавшими акцент на необходимость обратить внимание в процессе удлинения на состояние сосудистой и мышечной систем, влияние которых на функциональное состояние конечности чрезвычайно важно [31, 51, 68].

Исследование гистологических и гистохимических изменений мышц в клинических условиях проведено в работе Е.Н. Ярошевской и С.Д. Дзахова (1969), где дана оценка состояния мышечной ткани у 15 больных после удлинения конечности при помощи аппарата Гудушаури [69]. Величина удлинения составила 5-13 см. Отмечено, что через 1-2 месяца после удлинения в значительной части волокон видны дистрофические изменения, которые спустя 6-9 месяцев были выражены менее отчетливо. Между волокнами располагались значительной величины прослойки соединительной и жировой ткани. В большей части мышц были выражены явления регенерации. Авторы делают вывод, что постепенное растяжение не вызывает глубоких нарушений в структуре мускулатуры. Умеренно выраженные изменения связаны не только с растяжением мышц, но влиянием иммобилизации.

Новым этапом в изучении мягких тканей при distraction стали выполненные под руководством профессора Г.А. Илизарова в начале 80-х годов и продолженные в 90-е годы исследования сотрудников Курганского НИИЭКОТ [3, 30, 45, 10, 29, 18, 60]. Работы были выполнены как в экспериментальных условиях, так и в клинике и касались не только морфологических аспектов, но и биомеханики с использованием современного исследовательского оборудования и методик, в частности электронной микроскопии.

Влияние distraction на нервный аппарат мышц изучено в эксперименте [30]. Реактивная реакция на 14-й день удлинения сменяется через месяц более глубокими дегенеративными процессами в нервных окончаниях мышц с частичным распадом концевых структур и реактивными изменениями претерминалий. В более поздние сроки отмечается обширная сеть регенерирующих концевых структур. В период фиксации процессы регенерации преобладают над реактивными и дегенеративными изменениями. Через год после снятия аппарата Илизарова нервный аппарат мышц восстанавливается, хотя сами мышечные волокна имеют дистрофические изменения.

Г.В. Дьячковой были проведены оригинальные биомеханические исследования, впервые позволившие оценить вклад различных мягкотканых образований в сопротивление растяжению как до удлинения, так и после distraction [10]. Кроме того, были изучены особенности удлинения мышц в зависимости от уровня остеотомии и их анатомических особенностей.

В работах Г.В. Дьячковой и А.М. Чирковой, Г.В. Дьячковой и С.А. Ерофеева впервые подробно исследована динамика морфологической картины в фасциях конечности в различные периоды удлинения [18, 17]. С.Н. Асоновой изучение фасциального аппарата голени проведено с целью выявления «Эффекта Илизарова» методами трансмиссионной, сканирующей электронной микроскопии, стереологического анализа. Результаты работы показали, что реализация формогенного эффекта напряжения растяжения при distractionном морфогенезе фасций у взрослых собак свидетельствует о сходстве этих ультраструктурных проявлений с таковыми при естественном постнатальном морфогенезе [2].

Формогенный эффект напряжения растяжения у взрослых собак состоит в ориентации фибробластов фасций, приклеточных компартментов фибриллогенеза и формируемых ими коллагеновых волокон по вектору растяжения. Степень ориентированности этих структур в период distraction нарастает и максимально выражена к концу 2-го месяца.

В период distraction у взрослых собак наблюдается прогрессивная гипертрофия цитоскелета фибробластов, формирование ими межклеточных контактов и цитостромальных контактов с микрофибриллами эластических волокон. Эти структуры опосредуют формогенный эффект напряжения растяжения. В период distraction площадь поверхности межклеточных контактов и интенсивность контактообразования фибробластами нарастают и достигают максимальных значений к концу 1-го месяца. Дифференцировка фибробластов в течение 2-го месяца distraction сопровождается снижением оценок стереологических параметров системы межклеточной интеграции фибробластов.

Н.К. Чикориной была изучена реакция мышц голени на удлинение методами электронной микроскопии [52]. Проведенные исследования показали, что в процессе удлинения большинство волокон передней большеберцовой мышцы сохраняло нормальную ультраструктуру миофибрилярного аппарата с признаками гипертрофического роста за счет миофибриллогенеза в подсарколемных участках саркоплазмы. В части мышечных волокон развивались дистрофические изменения. К 33-42-му дню distraction нарастали явления миогенеза по эмбрионально миобластическому типу [20].

В это же время параллельно состояние мышц

изучалось сотрудниками Уральского НИИТО Л.Н. Кочутиной и позднее Е.Б. Трифионовой. Морфологические исследования мышц голени при различных темпах ее удлинения в эксперименте показали, что наименее выраженные, преимущественно обратимые изменения мионов, мышечной соединительной ткани, сосудистой сети имеют место при удлинении голени по 0,5 мм в сутки. Через год после снятия аппарата в этой серии отмечено восстановление структуры мышцы [24].

Изучение нервных проводников и их концевых аппаратов в мышцах и коже с помощью электронной микроскопии выявило микроскопические перерастяжения нервных волокон. Найдено резкое истончение, обрывы аксонов, признаки периаksonальной и долларовской дегенерации. С увеличением distraction количество поврежденных волокон возрастает. В то же время имеется большое число регенерирующих нервных волокон, однако они длительное время не достигают тканей - мишеней [28, 41, 43, 26].

При сравнительном анализе морфологических изменений моторных нервных окончаний при больших одноэтапных удлинениях голени выявлено, что дистрофические изменения их наблюдаются раньше и более распространены при монолокальном distractionном остеосинтезе. Регенерационные процессы с формированием моторных нервных окончаний вблизи миогенных элементов возникают раньше в условиях биллокального distractionного остеосинтеза [27].

Изучение реактивности и регенерации скелетных мышц конечности при удлинении в эксперименте показало, что в условиях биллокального остеосинтеза проявляется преимущественно клеточно-компенсаторно-приспособительный характер регенерации, который имеет сходство с морфологическими проявлениями естественного гистогенеза скелетных мышц у растущих животных [25].

С 1971 года в РНЦ «ВТО» проводятся клинко-нейрофизиологические исследования, посвященные изучению влияния различных факторов distractionного остеосинтеза на функциональное состояние центральных и периферических структур нейромоторного аппарата у больных с укорочением конечностей различной этиологии [58, 59]. Методами стимуляционной и глобальной ЭМГ изучены произвольная и вызванная биоэлектрическая активность мышц и нервов в зоне удлинения и дистальных (по отношению к ней) сегментов укороченной конечности.

Тестированию подлежали на голени: икроножная мышца (*m. gastrocnemius*), передняя большеберцовая мышца (*m. tibialis anterior*), короткий сгибатель пальцев (*m. flexor digitorum brevis*), короткий разгибатель пальцев (*m. extensor digitorum brevis*). Электромиографические исследования функционального состояния мышц и нервов укороченной конечности после операции, в различ-

ные периоды distraction и фиксации показали, что реконструктивный, индуцированный дозированным растяжением нейромиогенез включает два положения: 1) пограничные состояния; 2) двустадийность [67].

По мнению авторов исследования, первое положение отражает особенности вовлечения в структурно-функциональную реорганизацию различных типов мышц и нервных волокон. Так, при удлинении голени первыми в деструктивно-репаративную реакцию вовлекаются иннервационные структуры тыльных и подошвенных сгибателей стопы (10% удлинения). При дальнейшем удлинении у больных с врожденными укорочениями конечности отмечается резкое снижение М-ответов мышц тыльной и подошвенной поверхности стопы.

Авторы предложили концепцию двустадийного характера нейромиогенеза. В первую стадию, обозначенную как «альтерационная», происходит пассивное растяжение нервных стволов и мышц за счет имеющегося запаса их длины и эластичности, а затем за счет репаративной регенерации нервных и мышечных волокон на фоне угнетения их функции. Частичная денервация мышц в условиях растяжения приводит к дедифференцировке мышечной ткани и проявлению ее репаративных свойств. Часть мышечных волокон полностью атрофируется, замещаясь соединительной тканью, снижаются контрактильные и реологические свойства мышц, их сила [47]. Вторая «адаптационная» стадия характеризуется преобладанием процессов регенерации в мышцах и нервах, что сопровождается формированием резерва длины и эластичности мышц и нервных стволов.

Комплекс работ, выполненных под руководством А.П. Шеина, является в настоящее время наиболее полным и всесторонним исследованием, пролившим свет на механизмы нейромиогенеза при distraction и позволившим разработать комплекс практических рекомендаций, касающихся способов контроля и коррекции функционального состояния центральных и периферических эфферентных структур в процессе и после удлинения.

Исследование энергетического метаболизма мышц в различных режимах distractionного остеосинтеза проведено Е.Б. Трифионовой [42]. Установлено, что удлинение голени до 50% исходной величины вызывает значительные сдвиги в биоэнергетике скелетной мышечной ткани. Степень активации биоэнергетических путей зависит от режимов удлинения, его величины. Регенерация скелетной мышцы происходит на фоне активных кислород-зависимых реакций, максимально выраженных в режиме биллокального distractionного остеосинтеза. В начальном периоде distraction решающее значение имеет гликолиз, затем - окисление НАД и ФАД-

зависимых субстратов, на этапе фиксации – рефосфорилирование креатинфосфата.

Исследование А.С. Симпсоном (1991) реакции мышц на различные скорости distraction показало, что во всех случаях имела место воспалительная инфильтрация, увеличение количества коллагеновых волокон, увеличение длины саркомер и их числа. При distraction со скоростью свыше 2% в день отмечалось нарушение функции нервов [39].

В работе В.И. Шевцова (1982) морфофункциональное состояние мышц удлиняемой конечности изучено в условиях гипербарической оксигенации [53]. По мнению автора, в условиях ГБО изменения мышечных волокон менее выражены, функциональные свойства скелетных мышц снижаются постепенно, быстрее происходит их морфологическое восстановление.

В 1997-2001 годах в РНЦ «ВТО» выполнен цикл работ, касающихся изучения морфофункциональных, гистологических, морфометрических характеристик мышц голени со стереологическим анализом гемомикроциркуляторного русла передней большеберцовой мышцы в зависимости от режима удлинения и времени суток [57, 40, 34].

В одной из первых работ С.Н. Асоновой (1997) отмечено, что при высокостадийной distraction увеличивается количество капилляров с уменьшением радиуса цилиндра мышечного волокна, снабжаемого одним капилляром; отмечается увеличение объема сосудистого бассейна, сокращение межкапиллярного расстояния, т.е. создаются условия для увеличения кровоснабжения мышц, хотя эти изменения не могут полностью удовлетворить запросы тканей [1]. Тем не менее после прекращения distraction морфофункциональные изменения сосудистого бассейна быстрее проходят, восстанавливается объем движений в суставах и опороспособность конечности.

Результаты послеоперационных исследований показали, что при автоматическом удлинении и 8-кратной дробной distraction клинические показатели были лучше, чем при малой дробности distraction, а наилучшая «капилляризация» мышц была отмечена при 60-кратной дробности distraction [40].

Удлинение голени в режиме distraction 1мм за 8 приемов сопровождается увеличением объема микроциркуляторного русла, диаметра микрососудов, отмечается новообразование капилляров.

При удлинении голени с высокой дробностью и в разное время суток, при величине одномоментного удлинения, не превышающей ранее эмпирически найденный критический порог [38], не найдено существенных отличий в функциональных характеристиках мышц (М-ответы) [48].

Изучение гистохимических и морфометрических характеристик при удлинении с различной дробностью показало, что более выражен-

ные изменения морфометрических показателей отмечены при удлинении в режиме 1 мм за 8 приемов, а гистохимическая картина наиболее отлична от интактной при 4-кратной дробности distraction [48].

С 1994 по 2000 год появился ряд работ зарубежных авторов, которые касались изучения мягких тканей конечностей при удлинении. Большая часть из них повторяла выполненные в РНЦ «ВТО» морфологические исследования в эксперименте и касалась изучения влияния темпов и ритмов distraction на состояние мышечной ткани, а также роли уровня остеотомии.

Так, в работе М.Р. Макагов с соавт. (1996) было изучено состояние мышц в двух группах животных [76]. В первой удлинение в автоматическом режиме с различным ритмом осуществляли после остеотомии в средней трети диафиза голени. Во второй группе удлинение с ритмом 3 раза в день проводили после остеотомии в верхней, средней, нижней трети голени и после двойной остеотомии. Результаты работы свидетельствуют о том, что удлинение после двойной остеотомии и с более частым ритмом сопровождается более активно протекающими процессами регенерации в мышцах.

Влияние distraction на различные типы мышечных волокон и их диаметр изучено в работах В. Fink с соавт. [73]. В двух группах экспериментов (25 дней distraction – А группа и 25 дней фиксации – В группа) установлено, что атрофия в период distraction более выражена для волокон типа II. В период фиксации были выражены процессы реиннервации. Мышечная адаптация у молодых и взрослых кроликов в условиях distraction с темпом 1 мм и 1,4 мм в сутки изучалась иммунофлуоресцентным методом, с помощью которого определяли количество мышечной новообразованной ткани в передней большеберцовой мышце [75]. У молодых кроликов 27% мышечных волокон содержали новообразованную мышечную ткань, тогда как у взрослых кроликов только 9,9% мышечных волокон давали положительную реакцию. Гистологическими, гистохимическими, иммуногистохимическими методами с помощью электронной микроскопии изучена реакция мышц голени собак при удлинении с темпом 0,5 мм два раза в день.

В первой группе эксперимент заканчивался периодом distraction, во второй – через 25 дней фиксации. Изменения в мышцах выражались, по мнению авторов, в дегенерации, регенерации, эндо- и перимизиальном фиброзе, атрофии волокон типа I и типа II [18]. В период фиксации преобладали явления реиннервации. Авторы считают, что удлинение сопровождается не только дегенеративными процессами в мышечной ткани, но и регенерацией и реиннервацией, которые проявляются в образовании новой мышечной ткани.

Изучение реакции кровеносных сосудов на

удлинение гистологическими, гистохимическими, электромиографическими методами показало [72], что сосуды хорошо адаптируются к растяжению во время distraction.

Биомеханические исследования сухожилий при удлинении голени у собак методами циклических нагрузок выявили, что эластичность сухожилий после удлинения значительно уменьшилась [74]. Электромиографические исследования [77, 72] икроножной мышцы показали, что нейрогенные и миопатические изменения, возникающие в мышцах в период distraction, после снятия аппарата сменяются восстановительными и реиннервационными процессами.

По мнению некоторых авторов, лечение врожденных укорочений сложнее, чем приобретенных, поскольку в этом случае патологический компонент исходно присутствует во всех тканях конечности. В работах В.А. Щурова с соавт. [63, 61] и Л.А. Гребенюк с соавт. [6] отмечено, что мышечная сила разгибателей и сгибателей голени была на 52-60% ниже уровня таковой на интактной конечности, а момент силы мышц тыльных сгибателей стопы составил 22% от уровня на интактной. Исследование кровообращения при врожденном укорочении голени показало, что величина линейной скорости кровотока по артериям укороченной нижней конечности по сравнению с интактной была снижена. Объемная скорость кровотока также была меньше на 35%. В процессе distraction этот показатель был повышен в 2 раза, тогда как пиковый кровоток снижался на 17%, а индекс пикового кровотока составил 38% от уровня на интактной конечности [62].

По данным В.А. Щурова и А.В. Попкова, удлинение голени методом автоматической distraction сопровождается значительным увеличением интенсивности кровообращения на фоне меньшего прироста шунтового кровотока и большего прироста капиллярного [66].

С 1990 по 2001 год в РНЦ «ВТО» проведены комплексные исследования состояния мягких тканей верхней и нижней конечностей при удлинении в клинических условиях. К ним относятся исследования Г.В. Дьячковой [71, 70] и В.И. Шевцова с соавт. [54], в которых с помощью контрастной рентгенографии изучены особенности анатомии и топографии мышц плеча, бедра и голени у больных с врожденными и приобретенными укорочениями конечностей и ахондроплазией. Совместно с Т.И. Меншиковой и Л.А. Гребенюк исследованы сонографические параметры мышц конечностей у больных с различной этиологией укорочения. Состояние мышц в процессе удлинения методами КР, УСГ и КТ изучены в работах [12, 14, 55, 16, 9].

Биомеханические свойства мягких тканей, в частности сократительная способность мышц и локомоторная активность, изучены в работах

В.А. Щурова с соавт. [64, 35, 49, 65]. В возрасте 7 лет у больных ахондроплазией максимальный момент силы (ММС) мышц тыльных сгибателей стопы (ТСС) на 66% меньше, чем у сверстников. К 10-11 годам ММС мышц ТСС и ПСС увеличивался до 7,8 и 8,2 Н*м, что было также ниже нормы.

Более тщательный анализ материала показал, что дефицит относительного момента силы (ОМС) мышц постепенно уменьшался. После удлинения голени на 9-10см сила мышц ТСС составляла 82%, а ПСС - 58% по сравнению с интактной голенью. При большой величине удлинения (14см) ММС мышц ТСС равнялся 80%, а мышц ПСС - 137%. Высокий уровень восста-

новления сократительной способности мышц ТСС был у детей 11-12 лет.

Анализ литературы показал, что разноплановые и многочисленные исследования мышечной системы нижней конечности при удлинении позволили выявить характерные изменения как отдельных мышц, так и различных структурных элементов мышечной ткани в зависимости от условий удлинения.

Проведенные исследования подтвердили необходимость тщательного наблюдения за состоянием мышц в процессе distraction и поиска оптимальных условий удлинения по отношению к мягким тканям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асонова, С.Н. Состояние сосудистого бассейна мышц конечности при разных режимах удлинения (морфо-функциональное исследование) / С.Н. Асонова // Гений ортопедии. - 1997. - № 2. - С. 5-11.
2. Асонова, С.Н. Ультраструктурные проявления эффекта Илизарова в фасциях скелетных мышц тазовой конечности собак при ее дозированном удлинении (Экспериментальное исследование): Автореф. дис... канд. биол. наук / С.Н. Асонова. - М., 1993. - 18 с.
3. Асонова, С.Н. Ультраструктурные особенности фибриллогенеза при удлинении конечности по Илизарову / С.Н. Асонова, Н.В. Петровская // Тезисы докладов обл. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. - Курган, 1986. - С. 73.
4. Ахондроплазия: Руководство для врачей / Под ред. А.В. Попкова, В.И. Шевцова. - М.: Медицина, 2001. - 352 с.
5. Бахлыков, Ю.Н. Морфологическая характеристика мышц при удлинении артрозе коленного сустава в эксперименте / Ю.Н. Бахлыков, А.П. Барабаш // Материалы VII науч.-техн. конф. молодых ученых и специалистов г. Тюмени. - Тюмень, 1973. - С. 377-407.
6. Гребенюк, Л.А. Комплексное исследование состояния мягких тканей верхней конечности в различные периоды удлинения по Илизарову / Л.А. Гребенюк // Гений ортопедии. - 1996. - №2-3. - С.35-36.
7. Дзахов, С.Д. Удлинение голени при последствиях полиомиелита у детей / С.Д. Дзахов // Ортопед. травматол. - 1959. - № 8. - С. 15-17.
8. Динамика изменений в мышцах, их внутриорганных кровеносных сосудах и нервах при удлинении голени distractionно-компрессионным аппаратом / Ю.Ю. Колонтай, Л.И. Смирнова, В.И. Стецула, В.М. Яковлев // Теоретические и практические аспекты чрескостного компрессионного и distractionного остеосинтеза: Тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конф. - Курган, 1976. - С. 60-62.
9. Дьячкова, Г.В. Значение комплексной лучевой диагностики в оценке состояния мягких тканей конечности при ее удлинении / Г.В. Дьячкова // Новые технологии в медицине: Тез. науч.-практ. конф. В 2-х ч. - Курган, 2000. - Ч. 1. - С. 81-82.
10. Дьячкова, Г.В. Мышечно-фасциальный аппарат голени при удлинении ее по Илизарову (эксперим. исследование): Автореф. дис... канд. мед. наук / Г.В. Дьячкова. - Новосибирск, 1982. - 15 с.
11. Дьячкова, Г.В. О диагностическом значении рентгеноконтрастного исследования подкожной клетчатки / Г.В. Дьячкова // Лечение повреждений и заболеваний опорно-двигательного аппарата: Сб. науч. тр. - Казань, 1991. - С. 72-75.
12. Дьячкова, Г.В. Рентгенодиагностика состояния мягких тканей у больных ахондроплазией при удлинении конечностей по Илизарову / Г.В. Дьячкова // Вестн. рентгенол. и радиол. - 1995. - № 2. - С. 46-49.
13. Дьячкова, Г.В. Рентгенологическое исследование подкожной клетчатки с искусственным контрастированием ее / Г.В. Дьячкова // Вестн. рентгенол. и радиол. - 1992. - № 2. - С. 43-45.
14. Дьячкова, Г.В. Современные достижения и задачи развития лучевой диагностики заболеваний мягких тканей / Г.В. Дьячкова // Гений ортопедии. - 1996. - № 2-3. - С. 155-156.
15. Дьячкова, Г.В. Сравнительные характеристики мышц бедра и голени в норме и у больных ахондроплазией / Г.В. Дьячкова // Биомеханика. - 1999. - № 2. - С. 52-53.
16. Дьячкова, Г.В. Рентгеносонографические параллели в оценке морфологических характеристик мышц плеча у больных ахондроплазией и здоровых сверстников / Г.В. Дьячкова, Л.А. Гребенюк // Биомеханика. - 1999. - № 2. - С. 51-52.
17. Дьячкова, Г.В. Макроскопические характеристики и анатомические параметры мышечно-фасциального аппарата голени при удлинении в режиме автоматической distraction и ручной подкрукты / Г.В. Дьячкова, С.А. Ерофеев // Травматол. ортопед. России. - 1995. - № 5. - С. 53-55.
18. Дьячкова, Г.В. Рентгеноморфологические исследования мышц при удлинении конечностей по Илизарову / Г.В. Дьячкова, А.М. Чиркова, Т.А. Палкина // Метод Илизарова: теория, эксперимент, клиника: Тез. докл. Всесоюз. конф. с участ. иностран. специал., посв. 70-летию Г.А. Илизарова. - Курган, 1991. - С. 275-277.
19. Илизаров, Г.А. Клинические и теоретические аспекты компрессионного и distractionного остеосинтеза / Г.А. Илизаров // Теоретические и практические аспекты чрескостного компрессионного остеосинтеза: Тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конф. - М.: ЦИТО, 1977. - С. 14-24.
20. Илизаров, Г.А. Влияние дозированного растяжения аппарата Илизарова на структурно-функциональное состояние скелетной мышцы в эксперименте / Г.А. Илизаров, А.Д. Наумов, Н.К. Чикорина // Метод Илизарова: теория, эксперимент, клиника: Тез. докл. Всесоюз. конф. с участ. иностран. специал. - Курган, 1991. - С. 290-293.
21. Теоретические и практические аспекты удлинения конечностей методом чрескостного остеосинтеза / Г.А. Илизаров, В.И. Шевцов, В.И. Калякина и др. // Пленум научного совета по травматологии и ортопедии АМН СССР: Тез. докл. - Москва; Пермь, 1982. - С.33-36.
22. Карымов, Н.Р. Изменения нервов удлиняемого сегмента конечности при разной дробности distraction: Автореф. дис... канд. мед. наук / Н.Р. Карымов. - Пермь, 1995. - 24 с.
23. Кислов, А.И. Электромиографические показатели нервно-мышечного аппарата при дозированном удлинении голени / А.И. Кислов, Т.И. Черкасова // Труды Центр. ин-та усовершенствования врачей. - М., 1975. - Т.195. - С. 89-92.
24. Кочутина, Л.Н. Морфометрические данные исследования мышц голени при различных темпах ее удлинения в эксперименте / Л.Н.

- Кочутина // Теоретические и клинические аспекты дистракционного остеосинтеза: Сб. науч. тр. - Л., 1982. - С. 33-42.
25. Кочутина, Л.Н. Реактивность и регенерация скелетных мышц конечности, удлиняемой методом биллокального дистракционного остеосинтеза по Илизарову / Л.Н. Кочутина // Значение открытых Г.А. Илизаровым общебиологических закономерностей в регенерации тканей: Сб. науч. тр. Вып. 13. - Курган, 1988. - С. 71-76.
26. Кочутина, Л.Н. Регенерация мышц и сухожилий конечности при больших удлинениях методом моно- и биллокального дистракционного остеосинтеза по Г.А. Илизарову: Автореф. дис... д-ра мед. наук / Л.Н. Кочутина. - СПб., 1992. - 20 с.
27. Кочутина, Л.Н. Изменения моторных нервных окончаний при больших одноступенчатых удлинениях конечности аппаратом Илизарова / Л.Н. Кочутина, И.П. Кудрявцева // Современные аспекты чрескостного остеосинтеза: Материалы науч. конф. - Казань, 1991. - С. 144-145.
28. Кочутина, Л.Н. Влияние растяжения на гистоструктуру мышц и сухожилий голени при дистракционном остеосинтезе / Л.Н. Кочутина, А.И. Реутов // Медицинская биомеханика. В 4-х томах. Т. 1. - Рига, 1986. - С. 206-209.
29. Криворучко, Г.А. Электромиографический контроль пластических перестроек нервных стволов и мышц в условиях дистракционного остеосинтеза по Илизарову / Г.А. Криворучко, А.П. Шеин // Лечение ортопедических больных в стационаре и поликлинике методом чрескостного остеосинтеза, разработанным в КНИИЭКОТ: Тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конф. - Курган, 1982. - Т. 2. - С. 79-83.
30. Кузнецова, А.Б. Влияние дистракции по методу Илизарова на состояние нервного аппарата мышц в эксперименте / А.Б. Кузнецова, В.Г. Берко // Теоретические и практические аспекты чрескостного компрессионного и дистракционного остеосинтеза: Тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конф. - Курган, 1976. - С. 62-64.
31. Мажара, Н.Н. Изменение нервных стволов и кровеносных сосудов голени при ее удлинении (экспериментально-морфологическое исследование): Автореф. дис... канд. мед. наук / Н.Н. Мажара. - Днепрпетровск, 1974. - 20 с.
32. Менщикова, Т.И. Влияние удлинения нижних конечностей на показатели локомоторной двигательной активности больных ахондроплазией / Т.И. Менщикова, В.А. Щуров // Гений ортопедии. - 1997. - № 1. - С. 19-23.
33. Морфологические изменения крупных нервных стволов и нервно-мышечного аппарата голени при ее дозированном удлинении / Л.А. Смирнова, Л.И. Беленко, Н.Н. Мажара, В.И. Яковлев // Ортопед. травматол. - 1972. - № 8. - С. 37-44.
34. Морфофункциональная характеристика мышц голени при удлинении ее с высокой дробностью и в разное время суток / Н.К. Чикорина, С.А. Ерофеев, М.С. Сайфутдинов, А.А. Шрейнер // Гений ортопедии. - 2001. - № 4. - С. 13-17.
35. Оценка уровня восстановления функции мышц удлиненной конечности / В.А. Щуров, Б.И. Кудрин, В.И. Шевцов, Т.И. Иванова // Ортопед. травматол. - 1985. - № 8. - С. 9-11.
36. Реализация пластических возможностей мягких тканей в условиях дозированного растяжения по Илизарову / С.Н. Асонова, Н.Р. Карымов, Н.С. Мигалкин и др. // Пластическая хирургия при ожогах и ранах: Материалы междунар. конф. Ч. 3. - М., 1994. - С. 5-6.
37. Рентгенологическая динамика анатомо-томографических характеристик мышц у больных ахондроплазией на различных этапах реабилитации / Г.В. Дьячкова, П.В. Нецветов, Ю.Л. Митина и др. // Материалы III междунар. конф. по восстановительной медицине. - М., 2000. - С. 98.
38. Значение величины разового удлинения для состояния двигательной функции удлиняемой конечности / М.С. Сайфутдинов, С.А. Ерофеев, Н.К. Карымов и др. // Гений ортопедии. - 1996. - №2-3. - С. 141.
39. Симпсон, А.С. Реакция нерва на различные скорости дистракции / А.С. Симпсон // Метод Илизарова: теория, эксперимент, клиника: Тез. докл. Всесоюз. конф. с участ. иностр. специал., посвящ. 70-летию Г.А. Илизарова и 40-летию разраб. им метода чрескост. остеосинтеза. - Курган, 1991. - Т. 2. - С. 468-469.
40. Стере- и морфологический анализ состояния передней большеберцовой мышцы при удлинении голени аппаратом Илизарова в режиме 0,125 мм 8 раз в день / Н.К. Чикорина, Г.Н. Филимонова, С.А. Ерофеев, А.А. Шрейнер // Гений ортопедии. - 2000. - № 1. - С. 65-68.
41. Трифонова, Е.Б. Активность ЛДГ и МДГ сыворотки крови собак при биллокальном дистракционном остеосинтезе по Илизарову / Е.Б. Трифонова // Дистракционный остеосинтез в клинике и эксперименте: Сб. науч. тр. ВКНЦ «ВТО». - Курган, 1988. - С. 122-128.
42. Трифонова, Е.Б. К вопросу о преимуществах применения метода биллокального дистракционного остеосинтеза по Илизарову при травме опорно-двигательного аппарата / Е.Б. Трифонова, Л.Н. Кочутина // V Всерос. съезд травматологов-ортопедов. - Ярославль, 1990. - Ч. 1. - С. 248-250.
43. Трифонова, Е.Б. Влияние больших удлинений голени на активность основных метаболических систем скелетной мышцы / Е.Б. Трифонова, А.И. Реутов // Комплексное лечение больных с тяжелой скелетной травмой: Сб. науч. тр. ВКНЦ «ВТО». - Курган, 1989. - С. 56-59.
44. Увеличение роста при ахондроплазии / Г.А. Илизаров, В.И. Грачева, В.И. Шевцов и др. // Эксперимент.-теорет. и клинические аспекты разрабат. в КНИИЭКОТ метода чрескостного остеосинтеза: Материалы Всесоюз. симп. с участ. иностран. специал. - Курган, 1984. - С. 196-199.
45. Утенькин, А.А. Об исходном сопротивлении мягких тканей при удлинении конечности / А.А. Утенькин, Г.В. Дьячкова // Ортопед. травматол. - 1979. - № 6. - С. 25-26.
46. Федотова, Р.Г. Рост костей голени и бедра после удлинения по поводу врожденного укорочения нижней конечности у детей и подростков / Р.Г. Федотова // Ортопед. травматол., 1974. - №10. - С.55-58.
47. Физиологические основы инструментальной коррекции афферентного и эфферентного звеньев двигательного аппарата удлиняемой конечности / А.П. Шеин, М.С. Сайфутдинов, Т.В. Сизова и др. // Новые технологии в медицине. Способы контроля процессов остеогенеза и перестройки в очагах костеобразования: Тез. докл. науч.-практ. конф. и симп. с междунар. участием. Часть 2. - Курган, 2000. - С. 149-150.
48. Филимонова, Г.Н. Гистохимические и морфометрические характеристики передней большеберцовой мышцы взрослых собак при дистракционном остеосинтезе с различной дробностью / Г.Н. Филимонова, С.А. Ерофеев, А.А. Шрейнер // Гений ортопедии. - 2001. - № 4. - С. 5-12.
49. Функциональное состояние мышц как фактор, опосредующий стимулирующее влияние напряжения растяжения на процессы регенерации и роста / В.А. Щуров, Е.Н. Щурова, Т.И. Менщикова, Л.Ю. Горбачева // Гений ортопедии. - 1996. - №2-3. - С.152-154.
50. Черкасова, Т.И. Физиологические методы исследования патологии опорно-двигательного аппарата / Т.И. Черкасова // Ортопед. травматол. - 1971. - №3. - С. 68-72.
51. Четвергов, В.Ф. Реактивные и восстановительные процессы в скелетных мышцах в условиях их растяжения и тенотомии (эксперим. исслед.): Автореф. дис... канд. мед. наук / В.Ф. Четвергов. - Куйбышев, 1975. - 15 с.
52. Чикорина, Н.К. Ультразвуковая организация скелетных мышц голени при экспериментальном применении аппарата Илизарова / Н.К. Чикорина // Ортопед. травматол. - 1994. - № 4. - С. 80.
53. Шевцов, А.А. Морфофункциональное состояние мышц удлиняемой конечности в условиях гипербарической оксигенации / А.А. Шевцов // Сухожильно-мышечная пластика в ортопедии. - Куйбышев, 1982. - С. 169-171.
54. Шевцов, В.И. Рентгенологический атлас мягких тканей конечностей при ортопедических заболеваниях и травмах / В.И. Шевцов, Г.В. Дьячкова, А.В. Попков. - М.: Медицина, 1999. - 98 с.

55. Шевцов, В.И. Анализ типов функциональной асимметрии, рентгеноанатомических и морфоэхометрических особенностей мягких тканей конечностей у больных ахондроплазией / В.И. Шевцов, Г.В. Дьячкова, Л.А. Гребенюк // Наследственные заболевания скелета: Тез. науч.-практ. конф. - М., 1998. - С. 51-52.
56. Шевцов, В.И. Оперативное удлинение нижних конечностей / В.И. Шевцов, А.В. Попков. - М.: Медицина, 1998. - 189 с.
57. Шевцов, В.И. Гистологический анализ морфологических проявлений в скелетных мышцах экспериментальных животных при удлинении голени по Илизарову / В.И. Шевцов, Н.К. Чикорина, С.А. Ерофеев // Гений ортопедии. - 1999. - № 2. - С. 72-75.
58. Шейн, А.П. Дистракционный остеосинтез: концепция реконструктивного нейромиогенеза (нейрофизиологические аспекты): Тез. докл. междунар. юбил. науч.-практ. конф. / А.П. Шейн, Г.А. Криворучко, М.С. Сайфутдинов // Гений ортопедии. - 1996. - № 2 - С. 149-150.
59. Шейн, А.П. Методики и аппаратное обеспечение функционального биоуправления / А.П. Шейн, М.С. Сайфутдинов // Ахондроплазия: Руководство для врачей / Под ред. А.В. Попкова, В.И. Шевцова. - М.: Медицина, 2001. - Гл. 8, § 3. - С. 290-302.
60. Шейн, А.П. Методы функционального биоуправления в лечении и реабилитации ортопедо-травматологических больных / А.П. Шейн, М.С. Сайфутдинов, Т.В. Сизова // Материалы XXVII науч.-практ. конф. врачей Кург. обл. - Курган, 1995. - С. 106-107.
61. 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.
62. Щуров, В.А. Скорость распространения пульсовой волны при изменении длины конечности и регионарного артериального давления у обследуемых разного возраста / В.А. Щуров, Т.И. Долганова, Е.Н. Щурова // Физиология человека. - 1993. - Т. 19, № 4. - С. 64-69.
63. Оценка уровня восстановления функции мышц удлинённой конечности / В.А. Щуров, Б.И. Кудрин, В.И. Шевцов, Т.И. Иванова // Ортопед. Травматол. - 1985. - №8. - С.9-11.
64. Щуров, В.А. Взаимосвязь биомеханических и функциональных характеристик мягких тканей и голени при ее удлинении по Илизарову / В.А. Щуров, Б.И. Кудрин, А.П. Шейн // Ортопед. травматол. - 1981. - № 10. - С. 30.
65. Щуров, В.А. Особенности продольного роста голени у больных ахондроплазией / В.А. Щуров, Т.И. Менщикова // Физиология человека. - 1999. - Т.25, №2. - С.114-118.
66. Щуров, В.А. Кровоснабжение голени в условиях автоматической дистракции / В.А. Щуров, А.В. Попков, С.О. Мурадисинов // Гений ортопедии. - 1996. - №2-3. - С.75.
67. Электромиографический контроль функционального состояния нервов и мышц при удлинении конечностей по Илизарову: Метод. рекомендации / РНЦ «ВТО»; Сост.: А.П. Шейн, В.И. Калякина, Г.А. Криворучко, А.Н. Ерохин. - Курган, 1991. - 25 с.
68. Яковлев, В.М. Динамика изменений мышц, их кровеносных сосудов и нервов при удлинении голени на дистракционно-компрессионном аппарате: Автореф. дис... канд. мед. наук / В.М. Яковлев. - Днепропетровск, 1975. - 23с.
69. Ярошевская, Е.Н. Морфологическая характеристика мышц удлинённой нижней конечности / Е.Н. Ярошевская, С.Д. Дзахов // Ортопед. травматол. - 1969. - № 2. - С. 63-69.
70. Diachkova, G.V. Radiographic and anatomic parallels in the assessment of soft tissue during limb elongation with the Ilizarov method / G.V. Diachkova // Bull. Hosp. Jt. Dis. - 1997. - Vol. 56, N 1. - P. 26-33.
71. Diachkova, G.V. Radiopaque muscle studies in patients treated with the Ilizarov method / G.V. Diachkova // Bull. Hosp. Jt. Dis. - 1995. - Vol. 54, N 2. - P. 85-93.
72. Electromyographically evident changes in skeletal muscles during tibial lengthening in dogs using the Ilizarov method / B. Fink, H.J. von Giesen, C. Wilcke et al. // Arch. Orthop. Trauma Surg. - 2000. - Vol. 120, N 1-2. - P. 79-83.
73. Changes in canine skeletal muscles during experimental tibial lengthening / B. Fink, E. Neuen-Jacob, A. Lienert et al. // Clin. Orthop. - 2001. - Vol. 385. - P. 207-218.
74. Biomechanical properties of tendons during lower-leg lengthening in dogs using the Ilizarov method / B. Fink, G. Schwinger, J. Singer et al. // J. Biomech. - 1999. - Vol. 32, N 8. - P. 763-768.
75. Hayatsu, K. Muscle adaptation during distraction osteogenesis in skeletally immature and mature rabbits / K. Hayatsu, P.G. De Deyne // J. Orthop. Res. - 2001. - Vol. 19, N 5. - P. 897-905.
76. Effects of external fixation and limb lengthening on peripheral nerve function / M.R. Makarov, J.G. Birch, M.R. Delgado et al. // Clin. Orthop. - 1996. - Vol. 329. - P. 310-316.
77. Temporary muscle weakness in the early phase of distraction during femoral lengthening. Clinical and electromyographical observations / P.L. Oey, R.H. Engelbert, P.M. van Roermond, G.H. Wieneke // Electromyogr. Clin. Neurophysiol. - 1999. - Vol. 39, N 4. - P. 217-220.

Рукопись поступила 17.04.03.