

Анализ походки больных ахондроплазией после удлинения сегментов нижних конечностей

Т.И. Менщикова, Т.И. Долганова, А.М. Аранович

Gait analysis in patients with achondroplasia after lengthening of the lower limb segments

T.I. Menshchikova, T.I. Dolganova, A.M. Aranovich

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган
(директор — д. м. н. А. В. Губин)

Цель. Анализ походки больных ахондроплазией после удлинения нижних конечностей. **Материалы и методы.** Обследовано 63 больных ахондроплазией в возрасте от 6 до 18 лет до лечения, в процессе удлинения сегментов конечностей и в ближайшие (3, 6 месяцев) и отдаленные сроки (12, 24, 36 месяцев) после снятия аппарата. Удлинение сегментов конечностей проводили с помощью метода чрескостного дистракционного остеосинтеза моно- и биллокально. **Результаты.** Анализ походки показал, что больные ахондроплазией до лечения имели относительно короткий шаг, низкие значения скорости ходьбы, суточной локомоторной активности, что определяло низкий темп ходьбы. Ультразвуковой контроль в процессе удлинения голени позволяет выявить критическое структурное состояние мышц, определяемое как «эффект матового стекла», которое сопровождается длительным реабилитационным периодом. В отдаленные сроки после удлинения параметры походки определялись амплитудой движения в суставах. У всех пациентов после удлинения бедра и голени регистрируется нарушение симметричности походки больше в сторону конечности, где на последнем этапе проведено удлинение бедра с увеличением вариабельности шага. При удлинении голени до 10 см силовые и временные параметры цикла шага приближены к норме. Снижению амплитуды движений в суставах при величинах удлинения голени на 12-14 см соответствует уменьшение силовых параметров цикла шага. За счет уменьшенного угла между осью стопы и направлением движения тела сохраняется измененная структура переката стопы по поверхности опоры за счет отсутствия участия в опоре медиальных структур стопы. **Заключение.** Проведенные исследования и полученные результаты позволяют корректировать величину удлинения для нормализации процесса ходьбы у больных ахондроплазией.

Ключевые слова: ахондроплазия, удлинение, локомоторная активность, походка, подография, ультразвуковые исследования.

Purpose. To analyze the gait in patients with achondroplasia after the lower limb lengthening. **Materials and Methods.** 63 patients with achondroplasia at the age of 6-18 years examined before treatment, during limb segment lengthening and in the immediate (3, 6 months) and long-term (12, 24, 36 months) periods after the fixator removal. The procedure of limb segment lengthening performed mono- and bilocally by the technique of transosseous distraction osteosynthesis. **Results.** The gait analysis demonstrated that patients with achondroplasia before treatment had relatively a short stride, the low values of walking speed, daily locomotor activity, thereby determining a low rate of walking. Ultrasound control during leg lengthening allows identifying the critical structural condition of muscles determined as «the effect of frosted glass» accompanied by a long rehabilitative period. The gait parameters determined by the range of motions in the joint in the long-term periods after lengthening. In all the patients after femur and leg lengthening the disorder of gait symmetry registered more towards the limb side where femur lengthening made at the last stage with the increase in stride variability. The force- and time-related parameters of stride cycle approached to the norm for leg lengthening up to 10 cm. The decrease in force-related parameters of stride cycle conforms to the reduction of range of motions in the joints for 12-14-cm leg lengthening. Due to the decreased angle between the foot axis and the body movement direction, the altered structure of foot rolling through the support surface persists on account of non-participation of the medial foot structures in the support. **Conclusion.** The studies and the results allow correcting the lengthening value in order to normalize the walking process in patients with achondroplasia. **Keywords:** achondroplasia, lengthening, locomotor activity, gait, podography, ultrasound examinations.

Ахондроплазия – системное заболевание скелета, в основе которого лежит нарушение энхондрального роста костей. Основным симптомом данной патологии является отставание продольных размеров тела из-за задержки роста сегментов конечностей. Рост взрослых пациентов не превышает 132 см [1]. Избирательное нарушение роста и развития нижних конечностей не могло не отразиться на основных показателях локомоции.

Открытый Г.А. Илизаровым общеприимчивый закон стимулирующего влияния напряжения растяжения на регенерацию и рост в принципе решил проблему оперативного увеличения роста человека [5]. Постоянное техническое совершенствование методики чрескостного дистракционного остеосинтеза позволяет удлинять сегменты конечностей на 10 см и более за один этап лечения. Однако удлинение сопровождается структурными изменениями целого комплекса окружающих костный

регенерат мягких тканей – мышц, фасций, сухожилий, сосудов, нервов, которые в конечном результате будут определять результат лечения. Следует отметить, что «платой» за оперативное увеличение длины сегментов конечностей является снижение функциональных возможностей локомоторного аппарата, снижение сократительной способности мышц сегментов конечностей после удлинения, изменение особенностей двигательной активности в различные сроки после удлинения [3, 9, 10]. Исследованию структурного состояния мягких тканей посвящено ряд экспериментальных работ [3, 4, 8, 11].

Интегральными показателями, отражающими функциональное состояние нижних конечностей, являются биомеханические показатели походки пациентов.

Цель исследования: провести анализ походки больных ахондроплазией после удлинения нижних конечностей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Обследовано 63 больных ахондроплазией в возрасте от 6 до 18 лет до лечения, в процессе удлинения

сегментов конечностей, в ближайшие (3, 6 месяцев) и отдаленные сроки (12, 24, 36 месяцев) после снятия ап-

парата. Удлинение сегментов конечностей проводили с помощью метода чрескостного дистракционного остеосинтеза моно- и билокально [6].

Локомоторную активность оценивали с помощью шагомеров ШМ-6 фирмы «ЗАРЯ» (Россия).

Оценка статических и динамических параметров ходьбы производилась с помощью комплекса "ДиаСлед-Скан", (г. С-Петербург). Регистрация параметров проводилась в позе «стоя» и при привычном темпе ходьбы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Рост больных ахондроплазией в возрасте 6-7 лет составляет $97 \pm 2,0$ см, к 12-13 годам увеличивается до $115 \pm 1,50$ см. Рост взрослых пациентов достигает 122-130 см и оценивается как патологически низкий или карликовый. Для увеличения роста и улучшения пропорций тела больным необходимо удлинить все сегменты конечностей, сохранив при этом функциональные состояния локомоторного аппарата.

У всех больных наряду с диспропорцией туловища и нижних конечностей имелись сопутствующие деформации суставов. Для коленного сустава характерны рекурвационная ($5-25^\circ$), вальгусная ($160-170^\circ$), варусно-рекурвационная, вальгусно-рекурвационная деформации. Отмечались боковая разболтанность коленного сустава ($10-20^\circ$) и положительный симптом «переднего и заднего выдвижного ящиков». Наблюдалась вальгусная деформация стоп с пронацией пятки $10-20^\circ$, реже варусная деформация с супинацией пятки до 15° . Для тазобедренного сустава – варусная деформация шейки бедра, которая и определяла «утиную» походку больных. Амплитуда движений в коленном суставе – $170 \pm 29,8^\circ$, в голеностопном – $62 \pm 1,55^\circ$, в тазобедренном – $110 \pm 1,9^\circ$.

При оценке локомоторной активности установлено, что по сравнению со сверстниками [8] у больных до лечения длина нижних конечностей была меньше и составляла $49 \pm 2,49$ см, длина шага – $47,5 \pm 1,9$ см, число шагов на контрольном участке пути (100 м) с возрастом (от 6 до 13 лет) уменьшалось от 245 ± 4 до 190 ± 6 , время прохождения данного участка соответственно сокращалось в среднем со 134 до 92 секунд. Скорость ходьбы составляла $1,81 \pm 0,39$ км/час в 6-7 лет и $3,9 \pm 0,68$ км/час в 16-18 лет (табл. 1).

Таблица 1

Основные показатели суточной локомоторной активности у больных ахондроплазией

Возраст (годы)	n	Суточная локомоторная активность (км/сутки)	Время (сек) прохождения контрольного участка пути	Скорость ходьбы (км/час)
$6,5 \pm 0,5$	15	$2,79 \pm 0,19$	$134,14 \pm 13,6$	$1,81 \pm 0,39$
$8,5 \pm 0,5$	18	$3,38 \pm 0,83$	$114,65 \pm 9,7$	$3,33 \pm 0,22$
$10,5 \pm 0,5$	14	$3,76 \pm 0,91$	$107,92 \pm 5,39$	$3,51 \pm 0,20$
$12,5 \pm 0,5$	9	$3,50 \pm 0,68$	$101,11 \pm 6,52$	$3,65 \pm 0,18$
$16,5 \pm 0,5$	7	$3,73 \pm 0,23$	$92,43 \pm 5,19$	$3,90 \pm 1,90$

По данным подографии у пациентов до лечения симметричность походки сохранена. Регистрируется равномерное увеличение справа и слева показателя «вариабельность шага» до 20 %, который является наиболее чувствительным параметром, характеризующим степень поражения суставов [6]. Рессорная функция конечности не нарушена. С учетом более медленного темпа ходьбы регистрируется относительное уве-

Проходимая дистанция составляла 10 метров. Рассчитывались временные и силовые параметры цикла шага. Для всех показателей рассчитывался коэффициент асимметрии (%) между правой и левой конечностями.

Ультразвуковые исследования выполнены на аппарате «VOLUSON» 730PRO (Австрия) с использованием линейного и секторного датчиков с частотой 7,5 Мгц. Оценивали состояние передней группы мышц бедра и голени, задней группы мышц голени.

личение длительности периода переката через стопу и уменьшение двуопорного и одноопорного периода шага по сравнению с нормой. Это способствует повышению статической устойчивости при ходьбе. Плавность графиков суммарной нагрузки на правой и левой стопах в большинстве циклов походки сохранена.

После 2-х этапного удлинения бедер и голени длина нижних конечностей равнялась $71,3 \pm 3,5$ см. При удлинении конечности на 45 % длина шага увеличивалась на 24 %. Характерное соотношение между длиной конечностей и шага сохраняется у больных и после удлинения двух голеней и после удлинения бедра и контралатеральной голени. Количество шагов на контрольном участке пути составило $169 \pm 5,0$, что на 18 % меньше, чем до удлинения, скорость локомоции в среднем увеличилась на 15 %, среднесуточная локомоторная активность – $5,6 \pm 0,89$ км/сут., что на 51 % больше, чем до лечения. Зависимость длины шага от длины нижних конечностей у больных ахондроплазией до лечения (1) и после удлинения бедер и голеней (2) представлена на рисунке 1.

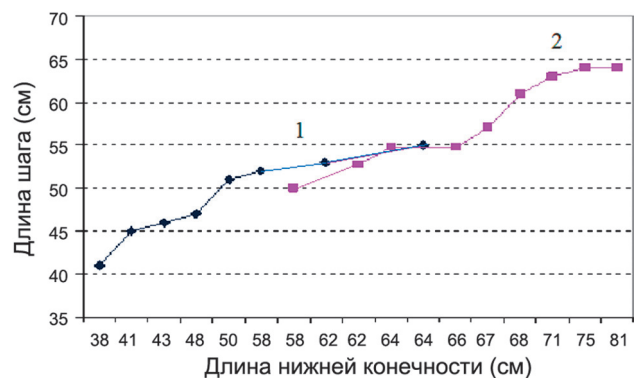


Рис. 1. Зависимость длины шага от длины нижних конечностей у больных ахондроплазией до лечения (1) и после удлинения бедер и голеней (2)

После удлинения конечностей показатели локомоторной активности зависели от уровня функциональной реабилитации суставов и мышц.

В отдаленные сроки (свыше 1 года) после удлинения голени амплитуда движения в суставах во многом определялась величиной удлинения. После удлинения голени на 10-12 см амплитуда движения в голеностопном суставе равнялась $39 \pm 3^\circ$, при удлинении на 14-16 см – $31 \pm 3^\circ$. В возрастном аспекте наилучшее восстановление отмечалось у детей 9-13 лет, в группе 14-17 лет хорошее восстановление амплитуды связано с меньшими величинами удлинения. Амплитуда движения в тазобедренном суставе в отдаленные сроки восстанавливалась полностью, в коленном суставе – до 70-90 % и голеностопном – до 50-60 % от исходного уровня. Более уязвимым оказывается голеностопный

сустав, что связано с медленным восстановлением структуры передней группы мышц голени. При исчерпании резервов адаптации [3, 9] наступала контрактура нижележащего голеностопного сустава.

В период дистракции мышцы претерпевали ряд изменений, которые касались анатомических и морфологических характеристик. Удлинение сегментов конечностей сопровождалось появлением признаков дезорганизации структуры, которые характерны для всех групп мышц. Визуализировалось нарушение характерной мышечной исчерченности: пучки мышечных волокон теряли угол наклона, становились более короткими, тонкими, плотно «упакованными» и располагались параллельно оси натяжения. Наибольшие структурные изменения характерны для передней группы мышц голени. При удлинении голени более 10 см пучки мышечных волокон и межмышечная перегородка не определялась, показатель эхоплотности мышцы превышал исходный уровень на $50 \pm 10\%$, визуализировался эффект «матового стекла», контрактильная реакция не определялась.

Нарушение подвижности в суставах нижней конечности затрудняло перемещение тела в пространстве, сохранение равновесия и выбор наиболее рациональных движений при ходьбе. Выпадение разных движений неодинаково влияет на биомеханику локомоторного акта. При нарушении подвижности в дистальных сочленениях ослаблялась толчковая функция ноги; ограничение подвижности в проксимальных суставах уменьшало амплитуду и скорость перемещения конечности в пространстве. Выпадение функции мышц разгибателей, образующих силовую часть локомоторной синергии, наносит больший ущерб ходьбе, чем утрата функции мышц-сгибателей, в основном корректирующих движения [2].

По данным подографии через 1 год после 2-х этапного удлинения у всех пациентов симметричность

ходьбы нарушена, имеется асимметрия ходьбы больше в сторону конечности, где на последнем этапе проведено удлинение бедра с преимущественным нагружением контрлатеральной конечности и увеличением вариабельности шага на стороне удлинения бедра. При величинах удлинения голени на 12-14 см (1 группа) на обеих конечностях снижены силовые параметры цикла шага – абсолютные значения (% от веса тела) переднего и заднего толчков, что является следствием снижения амплитуды движений в суставах. За счет уменьшения тыльного сгибания в голеностопном суставе, низкого темпа ходьбы ограничена опорная реакция конечностей и, как результат, на подограммах сглажен демпферный провал.

В таблице 2 приведены абсолютные значения временных и силовых показателей цикла шага, а также их асимметрия между правой и левой нижними конечностями у пациентов после удлинения.

Выравнивание асимметрии нагружения стоп осуществляется за счет разносторонней асимметрии силы переднего и заднего толчка: передний толчок больше на стороне удлинения голени, задний толчок больше на стороне удлинения бедра. Плавность графика суммарной нагрузки на обе стопы изменена. Отсутствие демпферного провала сочетается с дополнительной балансировочной активностью пальцами; на участке демпферного провала регистрируется дополнительная волна различной степени выраженности. Регистрируется уменьшение показателя соотношения задний/передний толчок менее 1,0, то есть имеет место преобладание сгибательной позиции нижних конечностей в опорной фазе, уменьшение моментов мышечных сил, формирующих задний толчок (рис. 2).

При величине удлинения голени до 10 см (2 группа) силовые параметры цикла шага относительно веса тела приближены к норме и составляют: передний толчок 45,0-70,0 %, задний толчок – 50,0-85 % (рис. 3).

Таблица 2

Показатели подографии больных ахондроплазией после удлинения голени ($M \pm m$)

Параметр цикла шага	1 группа (n= 8)		2 группа (n=12)	
	показатели	асимметрия (%)	значение	асимметрия (%)
Длительность цикла шага (сек)	0,75 $\pm$ 0,08	10,0 $\pm$ 0,6	0,68 $\pm$ 0,06	8,5 $\pm$ 0,5
Период переката через стопу (сек)	0,45 $\pm$ 0,011	10,5 $\pm$ 0,5	0,40 $\pm$ 0,01	10,5 $\pm$ 0,2
Период переноса конечности над опорой (сек.)	0,30 $\pm$ 0,010*	10,5 $\pm$ 0,5	0,28 $\pm$ 0,004	10,5 $\pm$ 0,2
Двуопорный период шага (сек)	0,10 $\pm$ 0,02	5,5 $\pm$ 0,3	0,07 $\pm$ 0,003	5,5 $\pm$ 0,2
Главный минимум нагрузки (% от веса)	–	–	29,5 $\pm$ 3,29	20,0 $\pm$ 2,20
Передний толчок (% от веса)	22,1 $\pm$ 4,16	20,1 $\pm$ 4,8	54,4 $\pm$ 5,18	15,9 $\pm$ 2,9
Задний толчок (% от веса)	37,5 $\pm$ 4,29	29,4 $\pm$ 3,15	61,5 $\pm$ 4,92	16,1 $\pm$ 5,2
Вариабельность траектории ЦД, %	20,1 $\pm$ 3,16	15,5 $\pm$ 2,9	16,0 $\pm$ 4,03	15,0 $\pm$ 2,5
Длина траектории ЦД, %	44,0 $\pm$ 3,5	7,5 $\pm$ 2,9	52,4 $\pm$ 2,53	5,0 $\pm$ 2,0

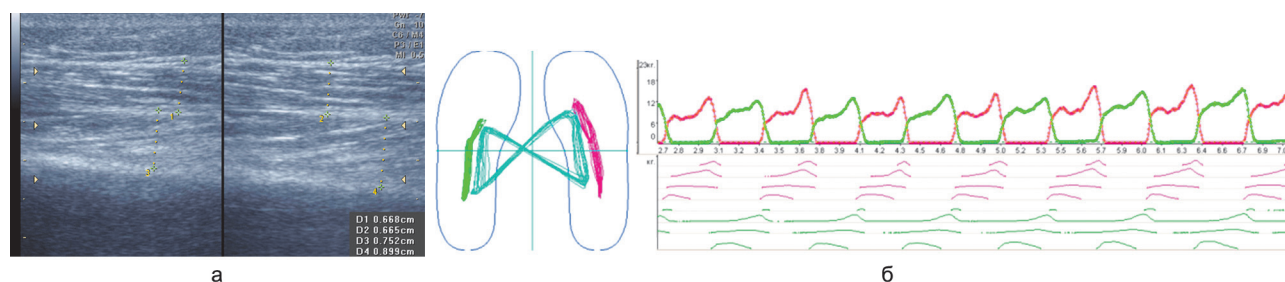


Рис. 2. Сонограмма и подограмма больного С., 16 лет, через 2 года после окончания 2 этапа перекрестного удлинения сегментов нижних конечностей: а – сонограмма передней группы мышц голени, величина удлинения 10 см. Контрактильная реакция, характерная мышечная исчерченность m. tibialis anterior, m. extensor digitorum longus сохранены; б – имеется асимметрия ходьбы больше влево с преимущественным нагружением правой стопы. Асимметрия силы переднего толчка 15,2 % S>D. Асимметрия силы заднего толчка 7,2 % D>S. Плавность графика суммарной нагрузки на правой, левой стопах сохранена (S-левая, D-правая)

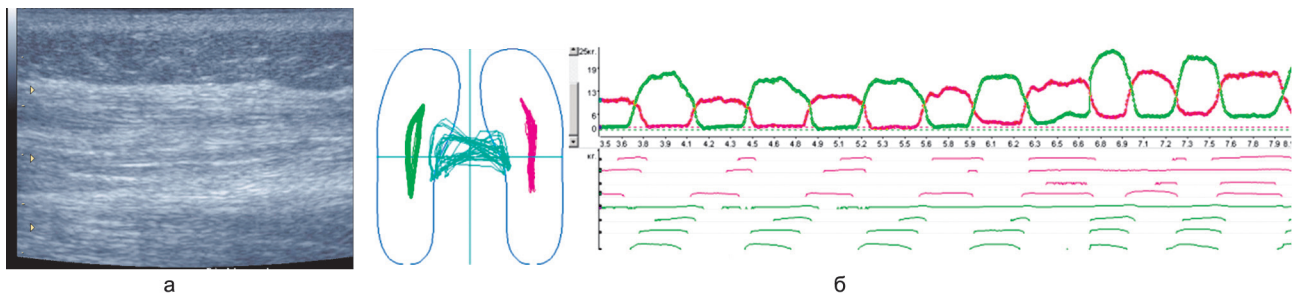


Рис. 3. Сонограмма и подограмма больного А., 11 лет, через 2 года после удлинения голени: а – сонограмма передней группы мышц голени, величина удлинения 15 см. Визуализируется нарушение характерной мышечной исчерченности и контрактильной реакции m. tibialis anterior, m. extensor digitorum longus; б – симметричность ходьбы нарушена. У пациента справа, слева снижена рессорная функция нижней конечности, сгибательная установка голеностопного сустава, ограничена опорная реакция конечностей за счет уменьшения тыльного сгибания в голеностопном суставе и уменьшения амплитуды движений в проксимальных суставах. На подограмме плавность графика суммарной нагрузки на правой, левой стопах изменена: увеличение длительности переката через пятку до 0,26 сек., снижен задний толчок, отсутствует демпферный провал. В период переноса конечности над опорой сохраняется контакт стопы с опорой – недостаточное сгибание коленного сустава, недостаточное разгибание голеностопного сустава. Увеличение длительности двуопорного периода ходьбы до 0,15 сек., снижение способности сохранения устойчивого баланса тела при ходьбе

За счет уменьшенного угла между осью стопы и направлением движения тела у пациентов сохраняется измененная структура переката стопы по поверхности опоры. Максимальное давление локализуется под латеральными фалангами IV и V пальцев. На них приходится основная нагрузка. Отрыв стопы от опоры

происходит при опоре на латеральные фаланги. Медиальные фаланги и внутренняя часть плюсневых костей используются в опоре недостаточно. Внутренняя ротация конечности делает перекат малоэффективным в связи с отсутствием участия в опоре медиальных структур стопы.

ВЫВОДЫ

1. Выраженное отставание от уровня здоровых сверстников в продольном размере нижних конечностей, нарушение пропорциональности частей тела оказывали решающую роль на состояние локомоторной активности у больных ахондроплазией до лечения. Относительно короткий шаг, низкие значения скорости ходьбы, суточной локомоторной активности способствовали увеличению количества времени для прохождения контрольного участка пути.

2. В отдаленные сроки после удлинения параметры походки определяются амплитудой движения в суставах. В возрастном аспекте наилучшее восстановление отмечалось у детей 9-13 лет, в группе 14-17 лет хорошее восстановление амплитуды связано с меньшими величинами удлинения.

3. Ультразвуковое исследование структурного состояния мышц в процессе дистракции голени позволяет своевременно выявить критическое структурное

состояние мышц, определяемое как «эффект матового стекла», которое сопровождается длительным реабилитационным периодом.

4. У всех пациентов после удлинения бедра и голени регистрируется нарушение симметричности походки больше в сторону конечности, где на последнем этапе проведено удлинение бедра с увеличением вариативности шага. При удлинении голени до 10 см силовые и временные параметры цикла шага приближены к норме. Снижению амплитуды движений в суставах при величинах удлинения голени на 12-14 см соответствует уменьшение силовых параметров цикла шага. За счет уменьшенного угла между осью стопы и направлением движения тела сохраняется измененная структура переката стопы по поверхности опоры. Внутренняя ротация конечности делает перекат малоэффективным в связи с отсутствием участия в опоре медиальных структур стопы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахондроплазия : рук. для врачей / под ред. А. В. Попкова, В. И. Шевцова. М.: Медицина, 2001. 352 с. *Achondroplasia: rukovodstvo dlia vrachei / Pod red. AV. Popkova, VI. Shevtsova [Achondroplasia: a guide for doctors. Eds. AV. Popkov, VI. Shevtsov]. M: Meditsina, 2001. 352 s.*
2. Витензон А. С. Закономерности нормальной и патологической ходьбы человека. М., 1988. 271 с. *Vitenzon AS. Zakonomernosti normal'noi i patologicheskoi khod'by cheloveka [The regularities of normal and pathologic human walking]. M, 1988. 271 s.*
3. Возможности рентгенологической и ультрасонографической оценки состояния мягких тканей при лечении укорочений нижних конечностей по методу Илизарова / В. И. Шевцов, Г. В. Дьячкова, Л. А. Гребенюк, Т. И. Менщикова. Курган : «Дамми», 2003. 167 с. *Shevtsov VI, D'iachkova GV, Grebeniuk LA, Menshchikova TI. Vozmozhnosti rentgenologicheskoi i ul'trasonograficheskoi otsenki sostoiianiia miagkikh tkanei pri lechenii ukorochenii nizhnikh konechnostei po metodu Ilizarova [The possibilities of assessing soft tissue condition in treatment of the lower limb shortenings by the Ilizarov method]. Kurgan: Dammi, 2003. 167 s.*
4. Чикорина Н. К. Ультраструктурная организация скелетных мышц голени при экспериментальном применении аппарата Илизарова // Ортопедия, травматология и протезирование. 1994. № 4. С. 80. *Chikorina NK. Ul'trastrukturnaia organizatsiia skeletnykh myshts goleni pri eksperimental'nom primenenii apparata Ilizarova [Ultrastructural organization of leg skeletal muscles for the Ilizarov fixator experimental use]. Ortop. Travmatol. Protez. 1994;(4):80.*
5. Илизаров Г. А., Щуров В. А. Влияние напряжения растяжения на биомеханические свойства мышц, их кровоснабжение и рост голени // Физиология человека. 1988. Т. 14, № 1. С. 26-32. *Ilizarov GA, Shchurov VA. Vliianie napriazheniia rastiazheniia na biomekhanicheskie svoystva myshts, ikh krovosnabzhenie i rost goleni [The effect of tension stress on the biomechanic characteristics of muscles, their blood supply and leg growth]. Fiziologiya cheloveka. 1988;14(1):26-32.*
6. Реабилитация людей с низким ростом : пособие для врачей / А. В. Попков, В. В. Салдин, К. И. Новиков, А. А. Щукин. Курган, 1998. 21 с. *Popkov AV, Saldin VV, Novikov KI, Shchukin AA. Reabilitatsiia liudei s nizkim rostom : posobie dlia vrachei [Rehabilitation of low-height subjects:].*

a guide for physicians]. Kurgan, 1998. 21 s.

7. Скворцов Д. В. Клинический анализ движений. Анализ походки. Иваново : НПЦ «Стимул», 1996. 344 с.
Skvortsov DV. Klinicheskii analiz dvizhenii. Analiz pokhodki [Clinical analysis of movements. Gait analysis]. Ivanovo: NPTs «Stimul», 1996. 344 s.
8. Филимонова Г. Н., Ерофеев С. А., Шрейнер А. А. Гистохимические и морфометрические характеристики передней большеберцовой мышцы взрослых собак при дистракционном остеосинтезе с различной дробностью // Гений ортопедии. 2001. № 4. С. 5-12.
Filimonova GN, Yerofeyev SA, Shreiner AA. Gistokhimicheskie i morfometricheskie kharakteristiki perednei bol'shebertsovoi myshtsy vzroslykh sobak pri distraktsionnom osteosinteze s razlichnoi drobnost'iu [Histochemical and morphometric characteristics of the anterior tibial muscle of adult dogs during distraction osteosynthesis of different division]. Genij Ortop. 2001;(4):5-12.
9. Шевцов В. И., Менщикова Т. И., Щуров В. А. Комплексная оценка состояния локомоторного аппарата у больных ахондроплазией // Реабилитология : сб. науч. тр. М.: РГМУ, 2004. № 2. С. 328-330.
Shevtsov VI, Menshchikova TI, Shchurov VA. Kompleksnaia otsenka sostoianiia lokomotornogo apparata u bol'nykh akhondroplaziei [Complex evaluation of the locomotor system state in patients with achondroplasia]. In: Reabilitologiya: sbornik nauch. trudov. M: RGMU, 2004;(2):328-330.
10. Шевцов В. И., Щуров В. А., Менщикова Т. И. Теоретические предпосылки и практические последствия увеличения длины нижних конечностей у больных с ахондроплазией // Рос. журн. биомеханики. 2000. Т. 4, № 3. С. 74-79.
Shevtsov VI, Shchurov VA, Menshchikova TI. Teoreticheskie predposylki i prakticheskie posledstviia uvelichenia dliny nizhnikh konechnostei u bol'nykh s akhondroplaziei [Theoretical background and practical consequences of increasing the lower limb length in patients with achondroplasia]. Ros. Zhurn. Biomekhaniki. 2000;4(3):74-79.
11. Changes in canine skeletal muscles during experimental tibial lengthening / Fink B., et al. // Clin. Orthop. 2001. №385. p.207.
Fink B, Neuen-Jacob E, Lienert A, Francke A, Niggemeyer O, Rüther W. Changes in canine skeletal muscles during experimental tibial lengthening. Clin Orthop Relat Res. 2001;(385): 207-18.

Рукопись поступила 15.02.2013.

Сведения об авторах:

1. Менщикова Татьяна Ивановна – ФГБУ "Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова" Минздрава России, ведущий научный сотрудник лаборатории функциональных исследований научного клинико-экспериментального отдела физиологии, д. б. н.; e-mail: tat-mench@mail.ru.
2. Долганова Тамара Игоревна – ФГБУ "Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова" Минздрава России, ведущий научный сотрудник лаборатории функциональных исследований научного клинико-экспериментального отдела физиологии, д. м. н.
3. Аранович Анна Майоровна – ФГБУ "Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова" Минздрава России, главный научный сотрудник, заведующая травматолого-ортопедическим отделением № 15, д. м. н., профессор.