

УДК 531/534: [57+61]

ОПОРНАЯ РЕАКЦИЯ СТОП У БОЛЬНЫХ АХОНДРОПАЗИЕЙ ПОСЛЕ УВЕЛИЧЕНИЯ ДЛИНЫ СЕГМЕНТОВ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

Т.И. Долганова, Т.И. Менщикова, А.М. Аранович, Д.В. Долганов

Федеральное государственное учреждение науки «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова Росздрави», Россия, 640005, Курган, ул. Марии Ульяновой, 6, e-mail: gip@rncvto.kurgan.ru

Аннотация. Обследовано пятнадцать пациентов с ахондроплазией с помощью компьютерного комплекса оценки опорных реакций стоп при ходьбе («ДиаСлед-Скан», г. Санкт-Петербург). Подографическое исследование после двухэтапного перекрестного удлинения сегментов нижних конечностей выявило равномерное увеличение вариабельности шага на обеих конечностях, нарушение плавности по нисходящей кривой заднего толчка по типу дополнительной балансирующей активности пальцами. На участке демпферного провала регистрировалась дополнительная волна различной степени выраженности, что коррелировало с патологией тазобедренного сустава. При оценке подограмм следует учитывать биомеханическую специфику функции разных мышечных групп. Снижение показателей динамометрии мышц-разгибателей, образующих силовую часть локомоторной синергии, приводило к большим изменениям при ходьбе, чем снижение силы мышц-сгибателей, в основном корректирующих движения.

Ключевые слова: подография, ахондроплазия, увеличение длины сегментов нижних конечностей.

ВВЕДЕНИЕ

Ахондроплазия – системное заболевание скелета, ведущим симптомом которого является укорочение сегментов конечностей. Нарушение роста костей в длину у больных ахондроплазией сопровождается варусной деформацией шейки бедра; варусной и вальгусной деформациями коленных суставов, разболтанностью связок коленного сустава; плосковальгусной деформацией стоп как следствием неправильной оси конечностей. Варусная деформация шейки бедра вторично вызывает наклон таза и крестца и приводит к выраженному лордозу. Суставные поверхности костей деформированы, неконгруэнтны. Малоберцовая кость относительно удлинена, принимает участие в образовании сустава [5]. По мнению ряда авторов, в настоящее время методом выбора для увеличения роста у больных является чрескостно-дистракционный остеосинтез (ЧКДО) [12]. Современные достижения в области ЧКДО позволяют провести удлинение сегментов на 10 см и более за один этап лечения. Однако актуальным является функциональное состояние локомоторного аппарата в отдаленные сроки после снятия аппарата. Интегративным показателем, отражающим дееспособность удлинённых конечностей, является двигательная активность. Раскрытие закономерностей ходьбы пациентов ахондроплазией после окончания этапов

удлинения нижних конечностей представляет значительный интерес для обоснования особенностей реабилитации этих пациентов [7, 14]. Биомеханика походки, ее патология и механизм восстановления после различных заболеваний достаточно освещен в специальной литературе [3, 6, 9, 10, 16]. В ранних работах авторов было показано, что у больных до лечения длина нижних конечностей равнялась в среднем 49 см, число шагов на контрольном участке пути с возрастом (от 6 до 13 лет) уменьшалось от 245 ± 4 до 190 ± 6 , время прохождения соответственно сокращалось со 134 с до 92 с. Длина шага у подростков равнялась 47,5 см, суточная активность – 6,1 км. У здоровых детей 5–6 лет при такой же длине конечностей число шагов на контрольном участке пути равнялось 186 ± 10 , к 7–10 годам уменьшилось на 20%, к 11–13 годам – на 25% и к 14–16 годам – на 30%.

После удлинения конечностей в среднем на 45% длина нижних конечностей достигла 71,3 см, длина шага увеличилась на 24%, количество шагов на контрольном участке пути уменьшалось на 16% по сравнению с исходным уровнем, скорость локомоции увеличилась на 15%, среднесуточная локомоторная двигательная активность возросла на 71%. Энергетическая (пульсовая) стоимость локомоций снизилась, что объясняется перестройкой двигательного стереотипа, недовосстановлением силы мышц удлинённого сегмента [11, 12, 13].

Цель работы – оценить опорную реакцию стоп при ходьбе у пациентов с ахондроплазией после удлинения их нижних конечностей аппаратом Илизарова.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для увеличения роста больных ахондроплазией на одном этапе лечения применены методики перекрестного удлинения бедра и голени. Для удлинения костей голени больным ахондроплазией проводили двойную частичную кортикотомию берцовых костей. С целью «защиты» голеностопного сустава через пяточную кость проводили спицы, устанавливалась дополнительная опора. Средняя величина удлинения голени составила $(10,8 \pm 0,7)$ см. Суммарный темп дистракции равнялся 1,75 мм в сутки. Удлинение голени проводили методикой би- и монолокального остеосинтеза. Средняя величина удлинения бедренной кости равнялась $(8,0 \pm 2,0)$ см.

Обследовано 15 больных ахондроплазией до и на различных этапах после перекрестного удлинения сегментов нижних конечностей. Опорную реакцию стоп при ходьбе оценивали через 3–6 мес. после снятия аппаратов, после первого этапа лечения, перед вторым этапом лечения, и через 3–6 мес. и свыше одного года – после снятия аппаратов после второго этапа лечения.

Оценка статических и динамических параметров ходьбы производилась с помощью комплекса «ДиаСлед-Скан» (Санкт-Петербург), содержащего системный блок, коммутатор и электронные стельки различных размеров, помещаемых в обувь обследуемых. Регистрация параметров проводилась в позе стоя и при привычном темпе ходьбы. Проходимая дистанция составляла 10 м. Рассчитывалось среднее давление на различные отделы стопы при стоянии и при ходьбе. Во время ходьбы определялись длительность периода переката через стопу, периода переноса конечности над опорой, двуопорный период шага, время достижения пика переднего и заднего толчков, демпферного провала. Относительно массы тела определялась величина пиков переднего и заднего толчков, демпферного провала (в процентах). Оценивалась максимальная нагрузка ($\text{кг} / \text{см}^2$) на отделы стопы, продольные и поперечные девиации шага. Для всех показателей рассчитывался коэффициент асимметрии (%) между правой и левой конечностями [2, 3].

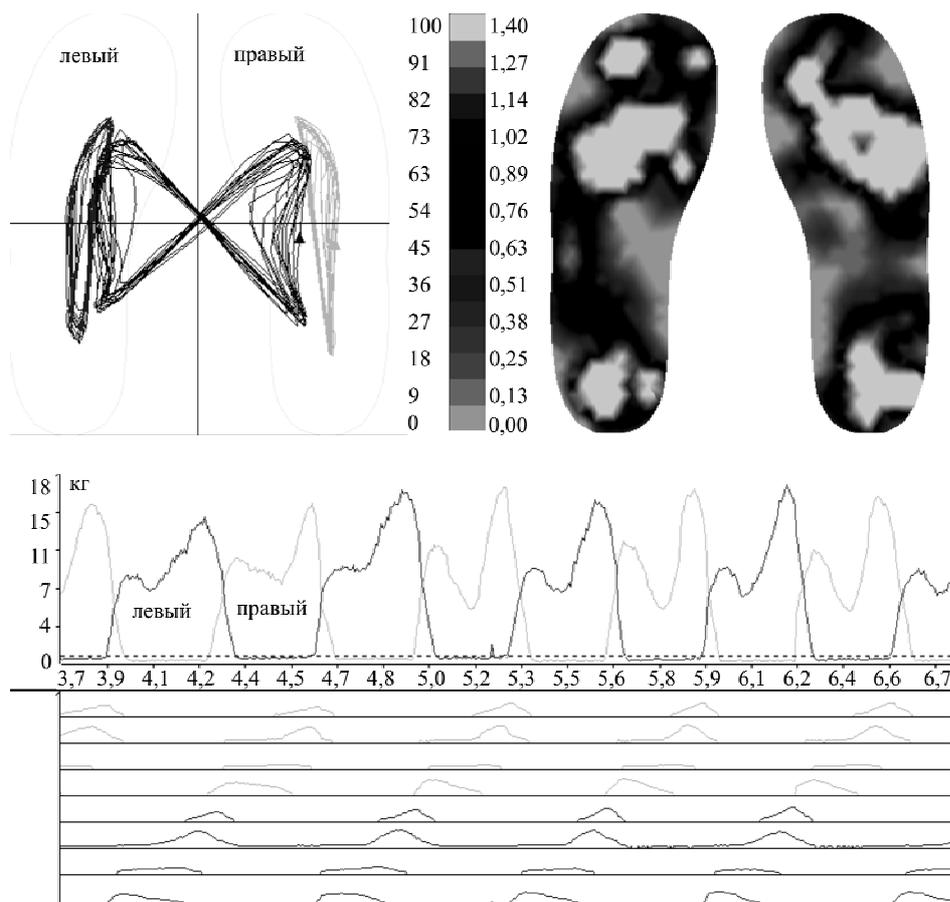


Рис. 1. Подограмма пациентки С., 15 лет. Ахондроплазия. До лечения: длина бедра 23 см, длина голени 24 см. Анатомическая длина конечностей 51 см. Регистрируется смещение общего центра давления в медиальную сторону, выраженное справа. Плавность графиков суммарной нагрузки на правой и левой стопах в большинстве циклов походки сохранена. Справа, слева – перекал через стопу по варусному типу, больше выражен слева

РЕЗУЛЬТАТЫ

По данным подографии, при обследовании пациентов до лечения точка перекреста траектории проекции общего центра давления в горизонтальной плоскости, которая является производной характеристикой от изменения распределения давления под стопой во времени, находится вблизи центра пересечения осей координат. Площадь траектории его девиаций соответствует норме. При ходьбе асимметрия нагружения стоп составляет 10–20% при незначительном равномерном увеличении справа и слева показателя «вариабельность шага» до 20%, который является наиболее чувствительным параметром, характеризующим степень поражения суставов [8]. Продолжительность перекала через стопу на обеих стопах одинаковая ($D = S$), где D обозначает правый перекал через стопу, S – левый перекал через стопу. Рессорная функция конечности не нарушена. Учитывая более медленный темп ходьбы, регистрируем относительное увеличение длительности периода перекала через стопу и уменьшение двуопорного и одноопорного периода шага по сравнению с нормой. Это способствует повышению статической устойчивости при ходьбе. Асимметрия силы переднего и заднего толчка не превышает 20%. Симметричность ходьбы сохранена. Плавность графиков суммарной нагрузки на правой и левой стопах в большинстве циклов походки сохранена (рис. 1).

После первого этапа удлинения (перекрестное удлинение бедра и голени), через один год после снятия аппаратов, по данным подографии, точка перекреста траектории проекции общего центра давления в горизонтальной плоскости смещена на сторону удлинения бедра и площадь траектории его девиаций увеличена в 3–4 раза. Симметричность ходьбы нарушена, имеется асимметрия ходьбы больше в сторону конечности, где проведено удлинение бедра с преимущественным нагружением контрлатеральной конечности и увеличением вариабельности шага на стороне удлинения бедра. Компенсаторно на конечности с удлиненной голенью отмечается увеличение продолжительности переката через стопу. Данный механизм позволяет при ходьбе сохранять асимметрию нагружения стоп ($\text{кг}/\text{см}^2$) в пределах 15%. Выравнивание асимметрии нагружения стоп осуществляется также и за счет разносторонней асимметрии силы переднего и заднего толчка: передний толчок больше на стороне удлинения голени, задний толчок больше на стороне удлинения бедра. На обеих конечностях снижены абсолютные значения (процент от веса тела) переднего и заднего толчков, что является следствием снижения амплитуды движений в суставах. Плавность графика суммарной нагрузки на обе стопы изменена. На стороне удлинения голени может отмечаться уменьшение показателя соотношения задний / передний толчок (менее 1,0), т.е. имеет место преобладание сгибательной позиции нижних конечностей в опорной фазе, уменьшение моментов мышечных сил, формирующих задний толчок [1].

Чаще всего регистрируется сглаженный демпферный провал, что является следствием ограничения опорной реакции конечностей за счет уменьшения тыльного сгибания в голеностопном суставе и разгибания в проксимальных суставах, снижения рессорной функции конечности (рис. 2).

Через один год после снятия аппаратов, после второго этапа удлинения конечностей, по данным подографии, сохраняются те же компенсаторные механизмы поддержания симметричности походки, как и после первого этапа: смещение точки перекреста траектории проекции общего центра давления в горизонтальной плоскости в сторону удлинения бедра на первом этапе; асимметрия ходьбы с увеличением продолжительности переката через стопу больше в сторону конечности, где проведено удлинение голени на первом этапе (рис. 3). При этом вариабельность шага равномерно увеличена на обеих конечностях. Выравнивание асимметрии нагружения стоп осуществляется также и за счет разносторонней асимметрии силы переднего и заднего толчка. На обеих конечностях увеличиваются абсолютные значения (процент от веса тела) переднего и заднего толчков, но отмечается снижение заднего толчка, более выраженное на стороне удлинения бедра после второго этапа. При оценке этих факторов следует учитывать биомеханическую специфику функции разных мышечных групп: выпадение функции мышц-разгибателей, образующих силовую часть локомоторной синергии, наносит бóльший ущерб ходьбе, чем утрата функции мышц-сгибателей, в основном корректирующих движения [4, 15].

Нарушение подвижности в суставах нижней конечности затрудняет 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 ослабляется толчковая функция ноги; ограничение подвижности в проксимальных суставах уменьшает амплитуду и скорость перемещения конечности в пространстве [3, 4].

Плавность графика суммарной нагрузки на обе стопы изменена. Регистрируется сглаженный демпферный провал; имеются нарушения плавности по нисходящей кривой заднего толчка по типу дополнительной балансировочной активности

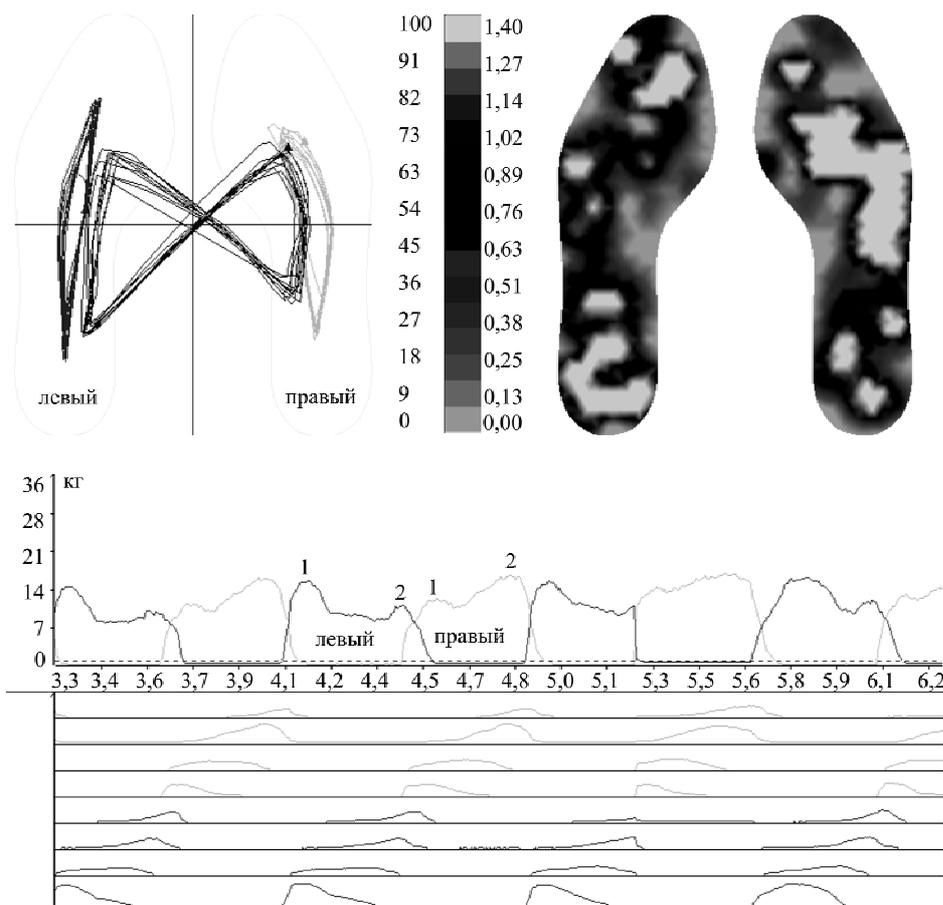


Рис. 2. Подограмма пациентки А., 15 лет. Ахондроплазия. 1 год, 7 мес. после первого этапа: перекрестное удлинение правого бедра 9 см, левой голени 10 см. Симметричность ходьбы нарушена, имеется асимметрия ходьбы больше вправо, с преимущественным нагружением левой конечности. Продолжительность переката через стопу $S > D$ на 12%. Асимметрия силы переднего (1) толчка 21,1% ($S > D$), заднего (2) толчка 34,4% ($D > S$). Слева снижен задний толчок – преобладание сгибательной позиции нижних конечностей в опорной фазе. Справа, слева – перекат через стопу по варусному типу

пальцами; на участке демпферного провала регистрируется дополнительная волна различной степени выраженности, что отражает патологию преимущественно тазобедренного сустава и больше выражена на стороне удлинения бедра на первом этапе.

Выводы

При качественном анализе подограмм у пациентов с ахондроплазией наблюдаются более выраженные изменения походки на стороне удлинения голени как после первого этапа, так и после второго этапа удлинения, что необходимо учитывать, проводя реабилитационные мероприятия и вырабатывая у пациентов в процессе лечебной физкультуры новый стереотип походки.

Компенсаторные реакции при походке, отражающие «правило обеспечения оптимума походки», сохранялись весь период наблюдений (до двух лет после второго этапа удлинения). Плавность графика суммарной нагрузки на стопах изменена: отсутствует или сглажен демпферный провал, имеются нарушения плавности по нисходящей кривой заднего толчка по типу дополнительного толчка пальцами стопы –

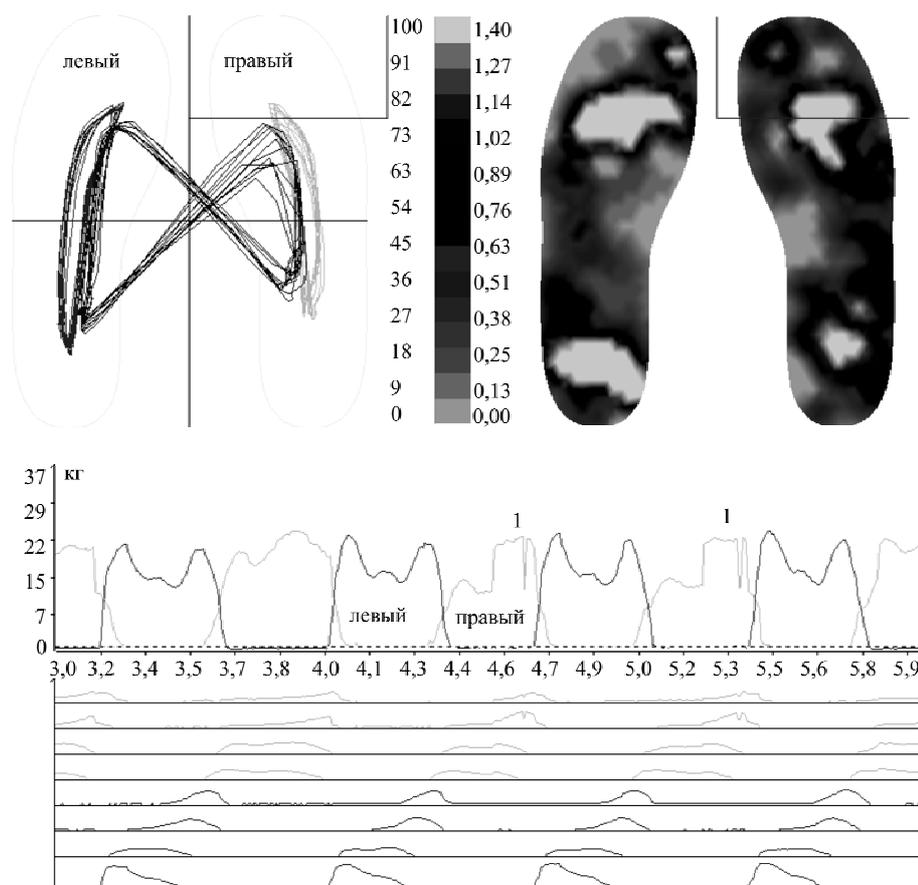


Рис. 3. Подограмма пациентки К., 20 лет. Ахондроплазия. 1 год, 4 мес. после первого и второго этапов: первый этап – перекрестное удлинение правого бедра, левой голени; второй этап – перекрестное удлинение левого бедра, правой голени. Симметричность ходьбы нарушена, имеется асимметрия ходьбы больше вправо, с преимущественным нагружением левой конечности. Справа имеются нарушения плавности по нисходящей кривой заднего толчка по типу дополнительного толчка пальцами стопы (1) – компенсаторная реакция использования пальцевой зоны как дополнительной балансирующей. Справа, слева – перекаат через стопу по варусному типу

компенсаторная реакция использования пальцевой зоны как дополнительной балансирующей.

Количественный анализ подограмм не выявил четких специфических критериев, характерных для данной группы пациентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Витензон, А.С. Биомеханические параметры ходьбы у детей разного возраста / А.С. Витензон, Г.П. Гриценко, К.А. Петрушанская, И.Г. Алексеенко, А.М. Газалиева, Б.Г. Спивак, И.А. Сутченков // Вестник ВРОСЭРРИ. – 2006. – № 1–2. – С. 117–125.
2. Витензон, А.С. К фазовому анализу ходьбы и некоторых ритмических движений человека / А.С. Витензон, К.А. Петрушанская // Российский журнал биомеханики. – 2005. – Том 9, № 1. – С. 19–35.
3. Витензон, А.С. Закономерности нормальной и патологической ходьбы человека / А.С. Витензон. – М.: ООО «Зеркало-М», 1998. – 271 с.
4. Витензон, А.С. Некоторые вопросы взаимодействия мышечных сил при ходьбе человека / А.С. Витензон // Протезирование и протезостроение : сб. науч. тр. – М.: ЦНИИПП. – 1975. – Вып. 34. – С. 29–38.
5. Волков, М.В. Костная патология детского возраста / М.В. Волков. – М.: Медицина, 1968. – 495 с.

6. Долганова, Т.И. Биомеханические параметры ходьбы у пациентов с переломами костей таза / Т.И. Долганова, И.И. Маргель, В.В. Шведов, Д.В. Долганов // Травматология и ортопедия России. – 2007. – № 45, Приложение 3. – С. 172.
7. Менщикова, Т.И. Структурно-функциональное состояние мышц у больных ахондроплазией после удлинения голени / Т.И. Менщикова // Бюллетень сибирской медицины. – 2005. – Т. 4. – С. 48–49.
8. Оганесян, О.В. Применение препаратов гиалуроновой кислоты для лечения остеоартроза / О.В. Оганесян, Л.А. Семенова, А.П. Хапилин [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2007. – № 2. – С. 55.
9. Сазонова, Н.В. Диагностические критерии подографии и динамометрии у пациентов с остеоартрозами / Н.В. Сазонова, В.А. Щуров, Т.И. Долганова // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2007. – № 6. – С. 119–122.
10. Скворцов, Д.В. Клинический анализ движений. Анализ походки / Д.В. Скворцов. – Иваново: НПЦ «Стимул», 1996. – 344 с.
11. Шевцов, В.И. Особенности продольного роста нижних конечностей и локомоторной двигательной активности у больных с ахондроплазией / В.И. Шевцов, Т.И. Менщикова, В.А. Щуров // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та (Серия «Образование, здравоохранение физкультура и спорт»). – 2004. – № 6. – С. 338–346.
12. Щуров, В.А. Биомеханические и физиологические особенности функционирования опорно-двигательного аппарата в условиях диспропорционально низкого роста / В.А. Щуров, Т.И. Менщикова // Ахондроплазия: рук. для врачей; под ред. А.В. Попкова и В.И. Шевцова. – М.: Медицина. – 2001. – Гл. 5. – С. 151–191.
13. Щуров, В.А. Динамика опорной функции стопы при оперативном увеличении роста тела / В.А. Щуров, Т.И. Менщикова // Анналы травматологии и ортопедии. – 2004. – № 1. – С. 80–83.
14. 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.
15. Kiss, R.M. A motion analysis of the lower extremity during gait with special regard to the EMG activity of M. adductor longus / R.M. Kiss, Z. Knoll // J. Facta Univ. Ser. Phys. Educ. and Sport / Univ. Nis. – 2002. – Vol. 1, No. 9. – P. 1–10.
16. Perry, J. Gait Analysis normal and pathological function / J. Perry. – SLACK Incorporated, 1992. – 524 p.

FOOT SUPPORT REACTION OF PATIENTS WITH ACHONDROPLASIA AFTER LOWER LIMB LENGTHENING

T.I. Dolganova, T.I. Menschikova, A.M. Aranovich, D.V. Dolganov (Kurgan, Russia)

Fifteen patients with achondroplasia were evaluated with a computer-aided system for assessing foot support reaction during walking (“DiaSled-Scan”, St. Petersburg). Podographic examination following two-stage cross lower limb lengthening showed steady increase in step variability of both limbs, broken descending curve continuity with posterior push off of additional balancing toe activity. Additional wave was recorded at a site of damper collapse of varying degree of intensity that correlated with a hip pathology. Biomechanical specific functioning of various muscle groups is to be considered while evaluating podograms: low dynamometric indices of extensors forming a strength part of locomotor synergy resulted in greater changes in gait pattern than a low strength level of flexors mainly correcting locomotion.

Key words: podography, achondroplasia, lower limb lengthening.

Получено 21 января 2009