

©Т.И. Менщикова, В.А. Щуров., 1997

Влияние удлинения нижних конечностей на показатели локомоторной двигательной активности больных ахондроплазией

Т.И. Менщикова, В.А. Щуров

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

Определены показатели локомоторной активности (суточная двигательная активность, длина шага, скорость ходьбы, энергостоимость локомоций) у 32 больных ахондроплазией до и после 2-х этапного удлинения нижних конечностей в среднем на 22 см по Илизарову в сравнении с показателями здоровых детей и подростков (61). Установлено, что на каждый сантиметр увеличения длины нижних конечностей длина шага становится больше на 0,73 см. У больных до лечения локомоция осуществлялась в энергетически невыгодном режиме, без использования законов инерции. После лечения нормализуется длительность периода шага, скорость локомоции возрастает на 15%, суточная локомоторная активность - на 51%.

Ключевые слова: рост тела, удлинение конечностей, локомоторная активность.

Для ликвидации отставания в росте тела больным ахондроплазией необходимо провести удлинение сегментов нижних конечностей более чем на 30 см, что технически возможно в условиях применения метода Илизарова. Однако такое удлинение сопровождается существенным снижением сократительной способности мышц и функции суставов. Поэтому важнейшим критерием при оценке эффективности лечения этих больных следует признать, наряду с увеличением роста, сохранение или улучшение функций локомоторного аппарата. Локомоторная двигательная активность (ЛДА) является интегральным показателем, отражающим состояние как опорно-двигательного аппарата, так и общего физического развития у детей и подростков. Имеются многочисленные исследования, посвященные оценке состояния ЛДА у здоровых детей и подростков, а также экспериментальных животных.

Возрастные нормы суточной двигательной активности у детей 8-10 лет колеблются от 7,5 до 10 км [7]. У детей в первые годы жизни скорость ходьбы увеличивается за счет длины шага, а затем - за счет повышения скорости движений [1,8]. Показатели энергетической стоимости передвижения зависят от возраста, пола, физической тренированности [3,9]. Энергетическую стоимость локомоций можно адекватно оценить по приросту частоты сердечных сокращений [5,6,10].

Особый интерес представляет восстановление показателей ЛДА у больных с заболеванием опорно-двигательного аппарата [2,4].

Целью данной работы явилось исследование основных показателей локомоторной двигательной активности у больных ахондроплазией до удлинения сегментов нижних конечностей (32), в отдаленные сроки после полной коррекции роста (30).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Средние величины удлинения бедра и голени равнялись соответственно 10 и 12 см. Кроме того, обследованы здоровые дети и подростки в возрасте от 5 до 16 лет (61).

При исследовании локомоторной активности использован шагомер "ШМ-6", прибор с механизмом инерционного типа, реагирующий на изменения вертикальной составляющей смещения тела при ходьбе обследуемого. Шагомер устойчиво работает при темпе ходьбы от 80 до 140 шагов в минуту при отклонении оси корпуса от вертикального положения на угол не более 10°. Шагомер фиксировали на поясе обследуемых, которые проходили контрольный участок пути, равный 100 метрам. Одновременно при

визуальном контроле подсчитывали истинное число шагов и сравнивали с показаниями шагомера, определяли время прохождения пути (t сек.). Рассчитывали декремент (D) между истинным числом шагов и показателем шагомера:

$$D = (N \cdot 100) / P,$$

где P - показатель шагомера, N - число шагов на 100 м пути.

Скорость ходьбы определяли по формуле:

$$V = 10 \cdot 3600 / t.$$

Исследовалась также суточная локомоторная активность:

$$ЛДА = (0,1 \cdot S) / N,$$

где S - показатель шагомера за сутки.

Частота сердечных сокращений (ЧСС) определялась в положении лежа, в состоянии полного физического покоя, в положении стоя и сразу

после прохождения контрольного участка пути.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Выявлено, что у здоровых детей 5-6 лет число шагов на контрольном участке пути равнялось 186 ± 10 , к 7-10 годам уменьшалось на 20%, к 11-13 - на 26 и 24% соответственно у мальчиков и девочек и к 14-16 годам - на 30% у обследуемых обоего пола. При этом время прохождения контрольного участка пути составляло у детей 5-6-летнего возраста 110 ± 11 сек, уменьшаясь к 14-16 годам до 78 ± 6 сек. Соответственно, скорость ходьбы с возрастом имела тенденцию к увеличению (табл.1).

Величина суточной локомоторной активности в группе здоровых детей определялась как общефизическим состоянием обследуемых, так и особенностями их двигательного стереотипа, повседневной потребности в локомоциях. Например, у девочек и мальчиков 10-12 лет из группы регулярно тренировавшихся спортсменов с легкоатлетической специализацией уровень локомоторной двигательной активности составлял соответственно 9,83 км и 11,90 км. В группе нетренированных обследуемых женского и мужского пола соответственно - 8,61 км и 8,84 км в сутки.

Одним из информативных показателей, отражающих уровень энергетических затрат при ходьбе, является прирост ЧСС. В обследуемой группе у детей 5-6 лет в состоянии полного физического покоя величина ЧСС составляла $95 \pm 4,6$ уд. в мин. без выраженных статистических различий у мальчиков и девочек. В дальнейшем ЧСС снижалась, появлялись различия в величине прироста ЧСС при нагрузке у мальчиков и у девочек. После прохождения контрольного

участка пути ЧСС у обследуемых младшего возраста увеличивалась на 15%, а у подростков - на 4%.

С увеличением длины нижних конечностей у здоровых людей возрастала длина шага (рис.1):

$$S = 18 + 0,73 \cdot L; r = 0,987, p \leq 0,001,$$

где L (см) - длина нижней конечности; S (см) - длина шага

Таким образом, в группе здоровых детей с увеличением возраста продольных размеров нижних конечностей, а также выносливости и тренированности организма такие показатели, как длина шага, скорость ходьбы, а также суточная локомоторная двигательная активность, становились больше. При этом уменьшались показатель энерготрат и количество шагов на контрольном участке пути.

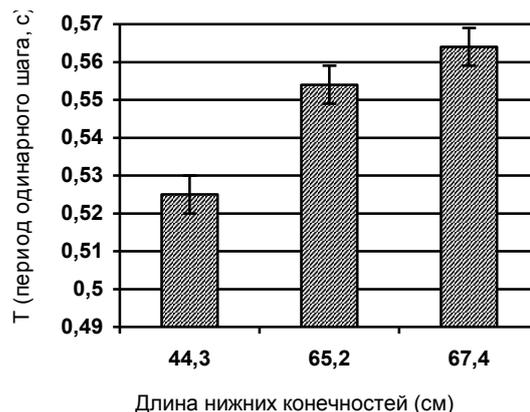


Рис. 1. Взаимосвязь длины конечности и длительности периода шага: у больных до лечения (1), после

Таблица 1.

Показатели локомоторной двигательной активности у здоровых детей.

Возраст (годы)	Пол	Число наблюдений	ЧСС стоя (уд./мин)	ЧСС после ходьбы	Время прохождения пути (с)	Скорость ходьбы (км/час)
5-6		9	100 ± 11	110 ± 12	110 ± 18	2,25
7-10	Девочки	6	86 ± 4	94 ± 6	98 ± 14	3,67
7-10	Мальчики	10	88 ± 4	96 ± 5	98 ± 8	3,50
11-13	Девочки	12	82 ± 3	88 ± 3	80 ± 11	4,50
11-13	Мальчики	13	84 ± 5	89 ± 8	78 ± 6	4,62

Таблица 2.

Показатели локомоторной активности больных до лечения.

Возраст (годы)	n	Прирост ЧСС при ходьбе (уд/мин)	Время прохождения пути (с)	Суточная локомоторной активности (км)	Скорость ходьбы (км/час)
6-7	7	$9,1 \pm 1,6$	134 ± 13	$1,81 \pm 0,39$	$2,79 \pm 0,19$
8-9	13	$10,3 \pm 0,9$	$115 \pm 9,7$	$3,38 \pm 0,83$	$3,33 \pm 0,22$
10-11	12	$10,4 \pm 1,2$	$108 \pm 5,4$	$3,76 \pm 0,91$	$3,51 \pm 0,20$
12-14	9	$10 \pm 1,9$	$101 \pm 6,5$	$6,10 \pm 0,68$	$3,65 \pm 0,18$
15-17	7	$15 \pm 2,1$	$92 \pm 5,2$	$9,14 \pm 1,90$	$3,73 \pm 0,23$

удлинения и у здоровых обследуемых (3).

У больных ахондроплазией избирательное нарушение роста и развития нижних конечностей отразилось и на показателях локомоторной двигательной активности (табл. 2).

Возникающий при ходьбе угол между осями бедер (оцениваемый при рассмотрении обследуемого в боковой проекции) не остается постоянным. С увеличением длины конечностей он уменьшается от 70° до 50°. Выявлена взаимосвязь между длиной конечностей и длительностью периода шага:

$$\varphi = L / (17 + 0,63 \cdot L).$$

При анализе длительности шага с позиций законов колебания математического маятника выявлено, что у здоровых обследуемых плечо этого условного маятника составляет 45-55% от длины конечности.

Исследовано влияние отставания продольных размеров конечностей у больных ахондроплазией на длину шага, частоту шага, скорость локомоции, суточную локомоторную двигательную активность и энергетическую стоимость локомоций. Фактически полученные данные сопоставлены с результатами математических расчетов, основанных на учете влияния на исследуемые показатели длины плеча условного маятника.

Исследование локомоторной двигательной активности у больных до лечения показало, что с увеличением возраста и длины конечностей число шагов, необходимых для прохождения контрольного участка пути, уменьшалось. Так, у детей 6-7 лет число шагов на контрольном участке составило 245±4 (n=7), у подростков 12-14 лет - 190±6 (n=9) (рис. 2).

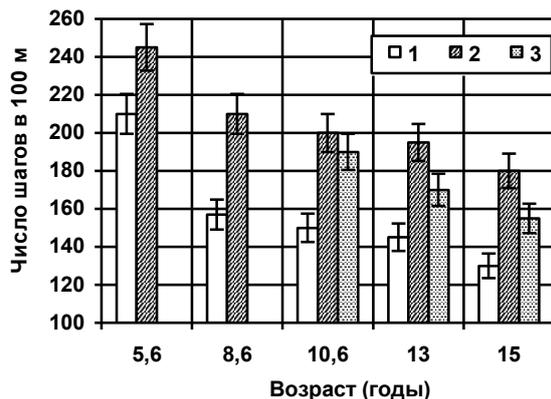


Рис. 2. Возрастная динамика числа шагов на контрольном участке пути у здоровых детей (1), у больных до лечения (2) и после лечения (3).

Дети проходили контрольный участок пути за 134 с, а подростки за 92 с (табл. 1). Средняя скорость локомоции с возрастом увеличивалась на 30% (рис.3). Показатель суточной локомоторной двигательной активности у больных

ахондроплазией (определен в условиях нахождения в стационаре) с возрастом увеличивался, составляя у детей 6-7 лет 1,81±0,39 км, у подростков - 6,10±0,68 км. Длина шага у больных до лечения в среднем равнялась 47,5 см.

Длина нижних конечностей у больных до лечения составляла в среднем 49 см, количество шагов на контрольном участке - 110. Длина плеча условного маятника оказалась намного больше возможной и совпала с длиной конечности. Учитывая массу тканей конечностей и их распределение, можно утверждать, что до лечения движение конечностей при ходьбе происходит не в соответствии с законами инерции. Так ходят здоровые дети первых 2-х лет жизни. Отсюда легко понять, почему у больных увеличена энергетическая стоимость локомоций и снижен их объем.

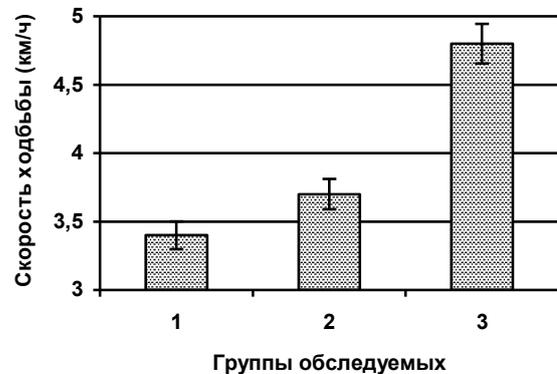


Рис. 3. Динамика скорости ходьбы у больных до лечения (1), после лечения (2) и у здоровых сверстников.

После лечения больных длина плеча условного маятника составила 54% от длины конечности, что соответствует расчетной длине плеча в норме. После полного двухэтапного удлинения средняя длина нижних конечностей достигала 71,3 см. С учетом длины плеча "маятника" период колебания равен 1,25 сек., что соответствует 96 шагам в минуту при истинном значении - 97. Зависимость длины шага от длины нижних конечностей представлена на рис. 4.

После удлинения конечностей в среднем на 45% длина шага увеличилась на 24% и достигла 59 см. Характерное соотношение между длинами конечностей и шага сохраняется и после удлинения бёдер и контралатеральных голеней

Частота пульса после прохождения контрольного участка пути равнялась 98±2 уд. в мин. (прирост 17%). Следовательно, энергетическая (пульсовая) стоимость ходьбы после удлинений снижалась, что объясняется перестройкой двигательного стереотипа, недоставлением силы мышц. Основные показатели ЛДА через 1,5-2 года после полной коррек-

ции роста представлены на рис. 1, 2, 3. После прохождения контрольного участка пути прирост ЧСС составлял $10,8 \pm 0,7$ уд. в мин. (рис. 5).



Рис. 4. Зависимость длины шага от длины нижних конечностей у больных до и после лечения и у здоровых обследуемых (жирная линия).

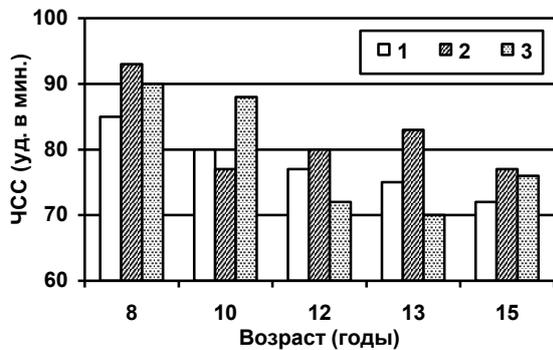


Рис. 5. Частота пульса у обследуемых контрольной группы (1) и у больных до лечения (2) и после лечения (3).

Количество шагов на контрольном участке пути равнялось 169 ± 5 , что на 16% меньше, чем до лечения (рис. 2). Скорость локомоции увеличилась на 15%, показатель среднесуточной локомоторной двигательной активности составил $7,10 \pm 0,89$, что на 51% больше, чем до лечения (рис. 6).

Таким образом, выраженное отставание от уровня здоровых сверстников в продольном размере нижних конечностей, нарушение пропорциональности частей тела оказывали существенное влияние на состояние локомоторной двигательной активности у больных ахондроплазией до лечения, у которых отмечались относительно короткий шаг, низкие показатели скорости ходьбы, локомоторной активности.

Полная 2-этапная коррекция роста позволяла пациентам после лечения улучшить основные показатели локомоторной двигательной активности. У больных увеличилась длина шага, длительность периода шага приблизилась к расчетным значениям, скорость ходьбы возросла на

15%, проходимый за сутки путь - на 51%, уменьшилось время прохождения контрольного участка пути.

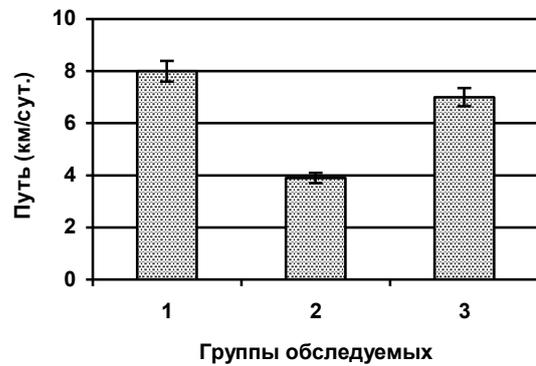


Рис. 6. Локомоторная двигательная активность у здоровых детей (1) и у больных до лечения (2) и после лечения (3).

Достигнуть уровня показателей здоровых сверстников в ближайшие годы после лечения, тем не менее, оказалось невозможно, по-видимому, из-за системного характера поражения организма при ахондроплазии, аномалии анатомического строения тазового кольца (в частности укорочения шейки бедра). Последнее обстоятельство способствовало развитию у больных, стремящихся максимально увеличить длину шага "утиной походки", что препятствовало использованию при передвижении конечностей законов инерции.

После удлинения конечностей показатели локомоторной двигательной активности зависели от уровня функциональной реабилитации суставов и мышц (рис. 7).

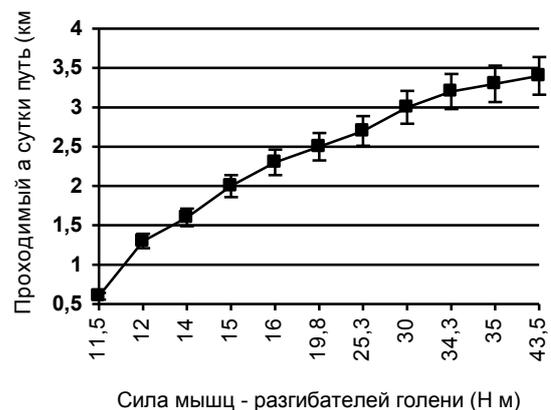


Рис. 7. Взаимозависимость проходимого за сутки пути от силы мышц бедра у больных после лечения.

Найденные эмпирически, на основании многолетнего клинического опыта, величины удлинения сегментов конечностей, по-видимому, близки к оптимальным, поскольку с их превы-

шением, особенно при удлинении бедра, замедляется темп восстановления сократительной способности мышц, лимитирующей повышение

уровня важнейших показателей локомоторной активности больных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние двигательного режима на систему регуляции и физическое развитие детей / Ж.Ж. Рапопорт, Е.П. Кириллова, Л.Н. Анциферова и др. //Сб. тр. Красноярск. мед. ин-та. - 1989. - № 1. - С.8.
2. Давыдкина Н.Ф., Матвеев А.А. Имитация ходьбы у ортопедо-травматологических больных // Материалы 1-го пленума ассоциации травматол. ортопед. РФ. - Самара, 1994. - С.145.
3. Зайцева В.В. Рациональные режимы оздоровительной ходьбы и бега у детей и взрослых // Возрастные особенности физиол. систем детей и подростков: Тез.докл. 4-й Всесоюз. конф. - М., 1990. - С. 106-107.
4. Клиническая биомеханика / Под ред. В.И. Филатова. - Л.: Медицина, 1980. - 200с.
5. Маляренко Т.И. К проблеме установления должных величин артериального давления в онтогенезе человека //Возрастные особенности физиологических систем детей и подростков: Тез. докл.2-й Всесоюз. конф.- М., 1981. - С.107-108.
6. Самигулин Г.Х. Физическое развитие и физическая работоспособность школьников мужского пола 7-17 лет // Пробл. физиологии двигательного аппарата. - Казань: изд-во Казан. гос. ун-та, 1992. - С.138-146.
7. Фомин Н.А. Физиология человека. - М.: Просвещение - Владос,1995. - С. 318-358.
8. Шишкина В.А., Осокина Т.И. Особенности двигательной активности детей 2-3 лет // Возрастные особенности физиологических систем детей и подростков: Тез.докл. 4-й Всесоюз. конф. - М., 1990. - С.319-319.
9. Уткин В.А., Аронова Т.В., Елинцева Е.В. Реализуемость "принципа минимума энерготрат" и "принципа максимума производительности" в двигательной деятельности детей, подростков и юношей // Возрастные особенности физиологических систем детей и подростков: Тез.докл. 4-й Всесоюз. конф. - М., 1990. - С. 289.
10. Шестаков В.А., Макаренко В.К. Изменение сердечного ритма у спортсменок в процессе экстренного восстановления работоспособности // Физиология человека. -1989. - Т.15, № 1. - С.59-59.

Рукопись поступила 06.05.97 г.