



КИНЕМАТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПЛЕЧЕВОГО И ЛОКТЕВОГО СУСТАВОВ В НОРМЕ И ПРИ СИНДРОМЕ ГИПЕРМОБИЛЬНОСТИ СУСТАВОВ В ЦИКЛЕ ШАГА

© *О.И. Воронцова*¹, *Л.А. Удочкина*², *М.С. Баранец*¹, *М.В. Гречитаева*³, *Л.А. Гончарова*²

¹ Астраханский государственный университет, Астрахань;

² Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань;

³ Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород

Поступила: 29.10.2018

Одобрена: 23.01.2019

Принята: 05.03.2019

Обоснование. Имеются данные о нарушении или полном изменении цикла переноса рук при ходьбе при ряде патологических состояний.

Цель — оценка функционального состояния плечевого и локтевого суставов в норме и при синдроме гипермобильности суставов (СГМС) с использованием кинематического инструментального метода анализа походки человека.

Материал и методы. Объектом исследования были 27 девочек подросткового в возрасте 12–15 лет с СГМС и здоровые испытуемые. Биомеханические параметры регистрировали при помощи системы захвата и анализа движения Vicon (Оксфорд, Великобритания).

Результаты. Установлено снижение амплитуды движений конечности в плечевом суставе вокруг фронтальной, сагиттальной осей у пациентов с СГМС по сравнению с нормой. На протяжении всего цикла шага в норме плечо находится в состоянии внутренней ротации, тогда как в группе девочек с СГМС большую часть цикла переноса плечо находится в состоянии наружной ротации. В локтевом суставе в группе обследуемых с СГМС выявлено значимое увеличение угла сгибания предплечья в фазе переноса вперед $41,5 \pm 0,90^\circ$ и уменьшение значений этого угла в фазе переноса назад. В группе девушек с СГМС определено снижение мощности работы мышц, воздействующих на плечевой сустав.

Заключение. Общим признаком изменений объема движений звеньев верхней конечности в плечевом и локтевом суставах в группе обследуемых с СГМС было уменьшение амплитуды их сгибания и снижение мощности работы суставов. В группе подростков с СГМС в плечевом суставе наблюдалось значительное уменьшение углов внутренней ротации и приведения конечности.

Ключевые слова: цикл шага; система захвата и анализа движения; плечевой и локтевой суставы; синдром гипермобильности суставов.

KINEMATIC INSTRUMENTAL ANALYSIS OF THE SHOULDER AND ELBOW JOINT IN NORMAL CONDITIONS AND WITH HYPERMOBILITY OF THE JOINT IN THE GAIT CYCLE

© *O.I. Vorontcova*¹, *L.A. Udochkina*², *M.S. Baranets*¹, *M.V. Grechitaeva*³, *L.A. Goncharova*²

¹ Astrakhan State University, Astrakhan, Russia

² Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia

³ Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

For citation: *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2019;7(1):35-42

Received: 29.10.2018

Revised: 23.01.2019

Accepted: 05.03.2019

Background. There is evidence for violation or a complete change in the arm swing cycle during walking in a number of pathologic conditions.

Aim. We assess the functional state of the shoulder and elbow joints in normal conditions and with joint hypermobility syndrome (JHS) using the kinematic instrumental method of analyzing gait.

Material and methods. We studied 27 adolescent girls 12–15 years old with JHS and healthy subjects. A Vicon motion capture analysis system (Vicon, Oxford, Great Britain) was used to record biomechanical parameters.

Results. A decrease in limb movement amplitudes was noted in the shoulder joint around the frontal and sagittal axes in patients with JHS compared to the norm. During the arm swing cycle in the normal state, the shoulder is in a state of internal rotation, whereas in the girls with JHS, the shoulder is in a state of external rotation for most of the arm swing cycle. The elbow joint in the JHS subjects showed a significant increase in flexion angle of the forearm in the swing phase of $41.5^\circ \pm 0.90^\circ$ and a decrease in this angle in the stance phase. The JHS group also showed a decrease in power of the muscles acting on the shoulder joint.

Conclusions. A common sign of changes in the range of motion of the links of the upper limb in the shoulder and elbow joints in subjects with JHS was decreased amplitude of their flexion and decreased power of the joints. In the adolescents with JHS in the shoulder joint, a significant decrease in the internal rotation angles and reduction of the limb was found.

Keywords: gait cycle; motion capture and analysis system; shoulder and elbow joints; hypermobility syndrome of joints.

Обоснование

Синдром гипермобильности суставов представляет собой основное клиническое проявление генетически детерминированной системной дисплазии соединительной ткани. Проблема диагностики наследственных нарушений строения соединительной ткани — одна из самых сложных в педиатрии и детской ортопедии вследствие разнообразия мутаций, клинического полиморфизма. В МКБ-10 включены только пять нозологических форм наследственных нарушений строения соединительной ткани, в том числе и синдром гипермобильности суставов (СГМС) (M35.7). Этот синдром характеризуется увеличением диапазона движений в суставах по сравнению со среднестатистической нормой, выявляется в подростковом возрасте с частотой от 6,7 до 39,6 % [1]. Кинематический инструментальный метод анализа походки позволяет оценить численные показатели функционального состояния суставов верхних и нижних конечностей при СГМС. Большинство исследований было посвящено изучению состояния опорной, рессорной и двигательной функций пассивной части опорно-двигательного аппарата и работе скелетных мышц в норме и при патологических состояниях нижних конечностей, таза и позвоночника. При этом перемещение верхних конечностей при ходьбе в цикле шага является малоизученной областью. С созданием оптико-электронных систем захвата движения исследователи смогли по-новому взглянуть на роль верхних конечностей в цикле шага. Ряд авторов доказали, что ограничение движений рук при ходьбе влияет на уменьшение стабильности походки в медиолатеральном, передне-заднем и вертикальном направлениях [2]. Движение рук при нарушенном равновесии играет существенную роль в восстановлении утраченного баланса тела [3]. Имеются сведения, что перемещение рук при ходьбе способствует уменьшению вертикальной составляющей

силы реакции опоры [4, 5]. Было показано, что в результате ограничения или полного отсутствия движений рук при ходьбе увеличивается амплитуда смещения центра масс по вертикали [6].

Анализ этих исследований позволил выдвинуть гипотезу о влиянии движений рук при ходьбе на снижение энергозатрат в результате минимизации нервно-мышечных усилий, направленных на стабилизацию равновесия тела [7, 8]. Отмечено нарушение или полное изменение цикла переноса рук при ходьбе при ряде патологических состояний. Были исследованы кинематические характеристики походки у пациентов с синдромом пателлофemorальной боли [9], с гипермобильной формой синдрома Элерса – Данлоса [10, 11]. Однако эти исследования проводили в рамках изучения кинематики нижних конечностей и таза при ходьбе. Не было обнаружено работ, посвященных анализу биомеханических параметров состояния суставов верхних конечностей при ходьбе у пациентов с СГМС.

Цель настоящего исследования заключалась в оценке функционального состояния плечевого и локтевого суставов в норме и при СГМС с использованием кинематического инструментального метода анализа походки человека. Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

- определить количественные показатели функционального состояния плечевого и локтевого суставов в норме;
- выявить кинематические особенности плечевого и локтевого суставов у девочек-подростков с СГМС.

Материал и методы

В работе использовали разработанный нами цикл переноса рук при ходьбе человека [12]. Объектом исследования стали 27 девочек под-

Таблица 1

Схема регистрации максимальных значений углов движения сегментов конечностей в цикле переноса рук

Сустав	Движение	Фаза переноса вперед		Фаза переноса назад	
		период падения	период подъема	период падения	период подъема
Плечевой	Сгибание		×		
	Разгибание	×			×
	Приведение		×		
	Отведение	×			×
	Внутренняя ротация		×	×	
	Внешняя ротация	×			×
Локтевой	Сгибание			×	
	Разгибание	×			×

росткового возраста 12–15 лет согласно принятой биологической схеме возрастной периодизации, предложенной Институтом физиологии детей и подростков в 1965 г. [13]. Эталонные исследования проведены на 22 здоровых испытуемых женского пола (рост — $1,64 \pm 0,26$ м, вес — $49,5 \pm 2,3$ кг, длина нижних конечностей — $0,80 \pm 0,02$ м). Критерии отбора кандидатов в эталонную группу включали отсутствие каких-либо сердечно-сосудистых, неврологических или мышечно-скелетных расстройств, видимых поструральных или моторных нарушений, сохраненный нормальный диапазон движений и уровень мышечной силы. Группа исследования состояла из пяти девочек с диагнозом СГМС (рост — $1,70 \pm 0,12$ м, вес — $47,5 \pm 3,4$ кг, длина нижних конечностей — $0,85 \pm 0,04$ м).

Исследования осуществляли в динамике. Испытуемым предлагали выполнить серию из семи проходов по динамометрической платформе с произвольной скоростью, которая в эталонной группе составила $1,2 \pm 0,1$ м/с, а в группе с СГМС — $0,92 \pm 0,1$ м/с.

Биомеханические параметры регистрировали при помощи системы захвата и анализа движения Vicon (Оксфорд, Великобритания), включающей десять инфракрасных камер Vicon N40, двухсекционную динамометрическую платформу AMTI (OR6-5-1000, Watertown MA, США) и программное обеспечение Vicon Nexus и Vicon Polygon (Великобритания). Предметом исследования были углы сгибания-разгибания, приведения-отведения и ротации конечностей в плечевых суставах и сгибания-разгибания предплечий в локтевых суставах, а также мощности работы плечевых и локтевых суставов. Мощность работы суставов в используемой скелетной модели определяли как скалярное произведение момента сил и угловой скорости движения в суставе и счи-

тали абсолютной величиной с единицей измерения Вт/кг.

В работе использовали модель Plug-in Gait full body с 39 маркерами, устанавливаемыми на испытуемого в соответствии с руководством [14]. По результатам анализа графических материалов, полученных при регистрации движений верхних конечностей при ходьбе в эталонной группе, были вычислены точки максимальных значений углов движения сегментов конечностей в цикле переноса рук (табл. 1).

Все полученные данные подвергали статистической обработке. Различия между группами считали значимыми при $p \leq 0,05$. В работе применяли универсальный математический пакет MathCad.

Результаты

Движения верхних конечностей при ходьбе носят циклический характер. Начало цикла приходится на достижение кистью крайнего заднего верхнего положения, середина цикла — на крайнее переднее верхнее положение кисти и окончание цикла — на ее возвращение в крайнее заднее верхнее положение. Цикл переноса верхней конечности по времени совпадает с шаговым циклом ипсилатеральной нижней конечности. Это позволяет интегрировать циклы перемещения нижних и верхних конечностей по временному параметру.

Цикл переноса рук включает две фазы: фазу переноса верхней конечности вперед и фазу переноса верхней конечности назад, каждая из которых занимает 50 % времени цикла. Каждая фаза состоит из одного периода подъема и одного периода падения руки (по 25 % времени цикла). Границами между фазами и периодами являются моменты занятия крайнего верхнего заднего и пе-

Таблица 2

Кинематические параметры плечевого и локтевого суставов в шаговом цикле у здоровых испытуемых и подростков с синдромом гипермобильности суставов

Сустав	Движение	Фаза переноса вперед		Фаза переноса назад	
		норма	СГМС	норма	СГМС
Плечевой	Сгибание	$-4,2 \pm 0,30$	$-5,7 \pm 0,50^*$	0	0
	Разгибание	$-23,9 \pm 1,10$	$-16,6 \pm 0,70^*$	$-26,6 \pm 0,90$	$-18,5 \pm 0,60^*$
	Приведение	$21,3 \pm 0,50$	$12,5 \pm 0,70^*$	0	0
	Отведение	$17,4 \pm 0,40$	$7,4 \pm 0,60^*$	$16,8 \pm 0,50$	$6,5 \pm 0,40^*$
	Внутренняя ротация	$22,9 \pm 0,80$	$3,9 \pm 0,50^*$	$23,5 \pm 0,60$	0*
	Внешняя ротация	$15,2 \pm 0,60$	$-4,9 \pm 0,40^*$	$14,2 \pm 0,60$	$-6,7 \pm 0,50^*$
Локтевой	Сгибание	0	$41,5 \pm 0,90^*$	$53,3 \pm 1,10$	0*
	Разгибание	$35,3 \pm 1,20$	$30,8 \pm 0,90^*$	$33,9 \pm 1,10$	$32,0 \pm 0,80$

Примечание. * значимые различия средних в группах при $p < 0,05$; СГМС — синдром гипермобильности суставов.

реднего положения кисти и двух моментов симметричного положения рук.

В табл. 2 представлены параметры кинематики плечевого и локтевого суставов в норме, полученные при исследовании условно здоровых девочек-подростков и подростков того же возраста с СГМС.

В группе испытуемых с СГМС, как и в контрольной группе, плечо при ходьбе находится в состоянии разгибания, амплитуда которого меняется в зависимости от фаз и периодов цикла переноса рук. Нами установлено снижение

амплитуды движений конечности в плечевых суставах вокруг фронтальной оси у пациентов с СГМС по сравнению с нормой. Так, в фазе переноса конечности вперед средние значения угла разгибания у здоровых испытуемых составили $-23,9 \pm 1,10^\circ$, тогда как у подростков с СГМС $-16,6 \pm 0,70^\circ$; в фазе переноса назад $-26,6 \pm 0,90^\circ$ и $-18,5 \pm 0,60^\circ$ соответственно. Разгибание в фазе переноса конечности назад носит неравномерный характер, плавное увеличение разгибания в периоде падения теряет динамику и замедляется.

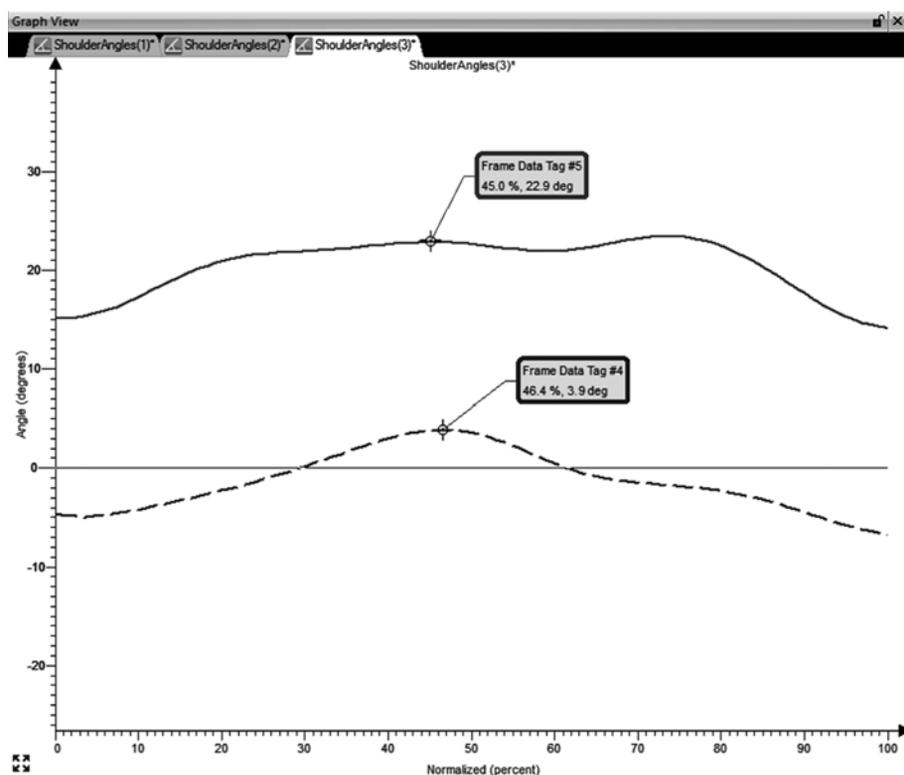


Рис. 1. График ротации плечевого сустава (скриншот программы Vicon Polygon). Пунктирная линия — группа девушек с синдромом гипермобильности суставов, сплошная — эталонная группа (норма)

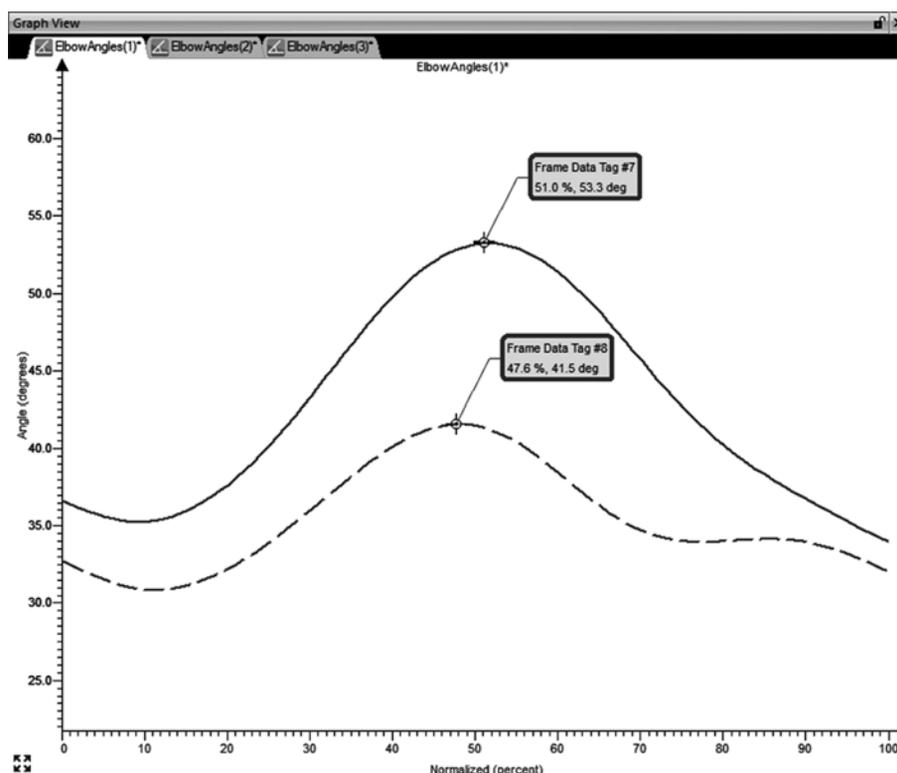


Рис. 2. График сгибания локтевого сустава (скриншот программы ViconPolygon). Пунктирная линия — группа девушек с синдромом гипермобильности суставов, сплошная — эталонная группа (норма)

При ходьбе плечо постоянно находится в состоянии приведения, минимумы которого совпадают с началом и концом цикла переноса, а максимум приходится на период подъема фазы переноса вперед [12]. Движения конечности в плечевом суставе вокруг сагиттальной оси в группе исследуемых с СГМС также отличались от показателей подростков из эталонной группы. Как видно из табл. 2, в фазе переноса вперед средние значения угла приведения у здоровых испытуемых составили $21,3 \pm 0,50^\circ$, тогда как у их сверстниц с СГМС — $12,5 \pm 0,70^\circ$.

На протяжении всего цикла шага в норме плечо находится в состоянии внутренней ротации, показатели которой изменяются, достигая максимума в периоде подъема фазы переноса вперед и периоде падения фазы переноса назад. Минимальные значения совпадают с моментами начала и конца цикла переноса [12]. В группе девушек с СГМС большую часть цикла переноса плечо находится в состоянии наружной ротации, максимумы которой совпадают с началом и концом цикла переноса. Максимальные значения внутренней ротации приходится на период подъема фазы переноса вперед и составляют $3,9 \pm 0,50^\circ$, в меньшей степени — на период падения фазы переноса назад (рис. 1).

При исследовании кинематического профиля локтевого сустава в группе обследуемых с СГМС выявлено значимое увеличение угла сгибания

предплечья в фазе переноса вперед ($41,5 \pm 0,90^\circ$) и уменьшение значений этого угла в фазе переноса назад (рис. 2).

Изменение кинематических параметров движений сегментов верхней конечности в плечевом и локтевом суставах сопровождается выраженными изменениями их кинетических параметров. Наиболее ярко это прослеживается в динамике мощности работы мышц, воздействующих на плечевой сустав. Так, достижение верхней конечностью крайнего заднего положения сопровождается снижением мощности плечевого сустава до 0,0075 Вт, а достижение крайнего переднего положения — снижением мощности до 0,01 Вт (рис. 3).

Обсуждение

Движение верхних конечностей при ходьбе человека является малоизученной областью. Отчасти это объясняется укоренившимся мнением о незначительном вкладе движений рук в паттерн походки человека. Другая причина заключается в неэффективности попыток анализа движений рук путем использования цикла шага или воссоздания циклических действий рук [15]. Для исследования локомоции рук при ходьбе мы разработали и впервые применили циклы перемещения рук при ходьбе, синхронизированной по времени с шаговым циклом, с использованием

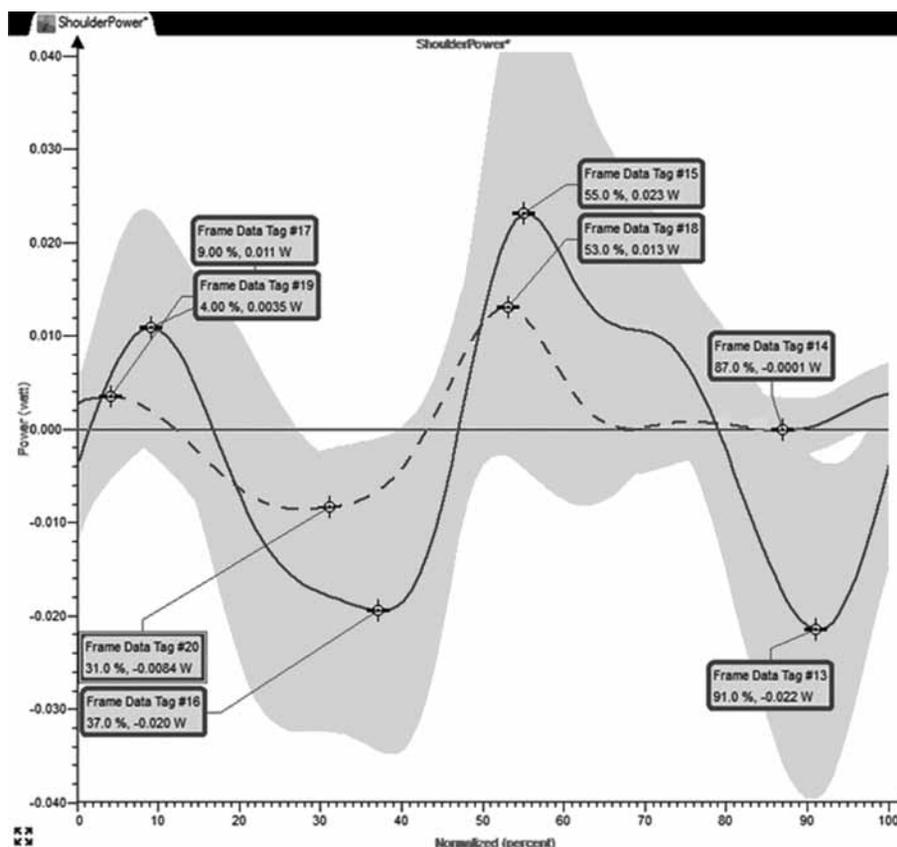


Рис. 3. График мощностей работы плечевых суставов при синдроме гипермобильности суставов (прерывистая) и в случае нормы (сплошная)

оптико-электронной системы захвата движения Vicon. Это позволило получить подробные параметры кинематики и кинетики работы плечевых и локтевых суставов и осуществить трехмерное моделирование их движений.

Подобных клинических исследований в доступной нам литературе обнаружено не было.

Выявленное в ходе исследования снижение амплитуды движения сегментов верхней конечности в плечевом и локтевом суставах у обследованных с СГМС, возможно, служит компенсаторной реакцией в ответ на гипермобильность суставов с целью обеспечения оптимального режима их работы.

Заключение

Исследование кинематики суставов верхних конечностей при анализе походки человека с использованием методики захвата движения дает количественную оценку состояния объема их движений в трехмерном пространстве и может применяться в качестве диагностической процедуры при выявлении СГМС и других патологических состояний опорно-двигательного аппарата.

Таким образом, получены количественные данные, характеризующие кинематику и кинетику плечевых и локтевых суставов при ходьбе здоро-

вых людей и пациентов с СГМС. Общим признаком изменений объема движений звеньев верхней конечности в плечевом и локтевом суставах в группе обследуемых с СГМС было уменьшение амплитуды их сгибания и снижение мощности работы суставов.

В группе подростков с СГМС в плечевом суставе зарегистрировано значительное уменьшение углов внутренней ротации и приведения конечности.

Дополнительная информация

Источник финансирования. Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства образования и науки № 12.9588.2017/7.8.

Конфликт интересов. Конфликт интересов у авторов отсутствует.

Этическая экспертиза. Все субъекты были добровольцами, и их родители дали письменное согласие на участие в этом исследовании. Исследование было одобрено этическим комитетом ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава России, протокол № 12 от 17.09.2018.

Вклад авторов

О.И. Воронцова, Л.А. Удочкина — концепция и дизайн исследования.

М.С. Баранец — сбор и обработка материала.
М.С. Баранец, М.В. Гречитаева — статистическая обработка данных.

О.И. Воронцова, Л.А. Удочкина, Л.А. Гончарова, М.В. Гречитаева — анализ и интерпретация данных.

О.И. Воронцова, Л.А. Удочкина — написание и редактирование текста.

Литература

1. Острополец С.С. К проблеме недифференцированной дисплазии соединительной ткани у детей // Педиатрические аспекты дисплазии соединительной ткани. Достижения и перспективы. – М.; Тверь; СПб.: ООО РГ «ПРЕ100», 2010. – С. 62–65. [Ostropolez SS. K probleme nedifferentsirovannoy displazii soedinitel'noy tkani u detey. In: *Pediatricheskie aspekty displazii soedinitel'noy tkani. Dostizheniya i perspektivy*. Moscow; Tver'; Saint Petersburg: PRE100; 2010. P. 62-65. (In Russ.)]
2. Nakakubo S, Doi T, Sawa R, et al. Does arm swing emphasized deliberately increase the trunk stability during walking in the elderly adults? *Gait Posture*. 2014;40(4):516-520. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.06.005>.
3. Pijnappels M, Kingma I, Wezenberg D, et al. Armed against falls: the contribution of arm movements to balance recovery after tripping. *Exp Brain Res*. 2010;201(4):689-699. <https://doi.org/10.1007/s00221-009-2088-7>.
4. Ortega JD, Fehlman LA, Farley CT. Effects of aging and arm swing on the metabolic cost of stability in human walking. *J Biomech*. 2008;41(16):3303-3308. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.06.039>.
5. Umberger BR. Effects of suppressing arm swing on kinematics, kinetics, and energetics of human walking. *J Biomech*. 2008;41(11):2575-2580. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.05.024>.
6. Collins SH, Adamczyk PG, Kuo AD. Dynamic arm swinging in human walking. *Proc Biol Sci*. 2009;276(1673):3679-3688. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.0664>.
7. Massaad F, Lejeune TM, Detrembleur C. Reducing the energy cost of hemiparetic gait using center of mass feedback: a pilot study. *Neurorehabil Neural Repair*. 2010;24(4):338-347. <https://doi.org/10.1177/1545968309349927>.
8. Yizhar Z, Boulos S, Inbar O, Carmeli E. The effect of restricted arm swing on energy expenditure in healthy men. *Int J Rehabil Res*. 2009;32(2):115-123. <https://doi.org/10.1097/MRR.0b013e32830d3675>.
9. Barton CJ, Levinger P, Menz HB, Webster KE. Kinematic gait characteristics associated with patellofemoral pain syndrome: a systematic review. *Gait Posture*. 2009;30(4):405-416. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.07.109>.
10. Celletti C, Galli M, Cimolin V, et al. Use of the gait profile score for the evaluation of patients with joint hypermobility syndrome/Ehlers-Danlos syndrome hypermobility type. *Res Dev Disabil*. 2013;34(11):4280-4285. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.09.019>.
11. Galli M, Cimolin V, Rigoldi C, et al. Gait strategy in patients with Ehlers-Danlos syndrome hypermobility type: a kinematic and kinetic evaluation using 3D gait analysis. *Res Dev Disabil*. 2011;32(5):1663-1668. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2011.02.018>.
12. Воронцова О.И., Удочкина Л.А., Мазин И.Г., Гончарова Л.А. Цикл движения верхних конечностей при нормальной ходьбе человека // Медицинский вестник Башкортостана. – 2016. – Т. 11. – № 6. – С. 53–58. [Vorontsova OI, Udochkina LA, Mazin IG, Goncharova LA. The cycle of upper extremities motion in normal walking of a man. *Bashkortostan medical journal*. 2016;11(6):53-58. (In Russ.)]
13. Безруких М.М., Сонькин В.Д., Фарбер Д.А. Возрастная физиология (физиология развития ребенка). – М.: Академия, 2009. [Bezrukih MM, Sonkin VD, Farber DA. *Vozrastnaya fiziologiya (fiziologiya razvitiya rebenka)*. Moscow: Akademia; 2009. (In Russ.)]
14. wweb.uta.edu [Internet]. Plug-In-Gait [cited 2018 Feb 17]. Available from: <http://wweb.uta.edu/faculty/ricard/Classes/KINE-5350/PIGManualver1.pdf>.
15. Baker R. Measuring walking: A handbook of clinical analysis. London: Mac Keith Press; 2013.

Сведения об авторах

Ольга Ивановна Воронцова — канд. полит. наук, доцент, руководитель Центра коллективного пользования «Трёхмерное исследование биомеханики движений человека». Астраханский государственный университет, Астрахань. <https://orcid.org/0000-0002-4037-3990>. eLibrary SPIN 6255-7878. E-mail: aspuvorontsova@gmail.com.

Лариса Альбертовна Удочкина — д-р мед. наук, доцент, заведующая кафедрой анатомии. Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань. E-mail: udochkin-lk@mail.ru.

Olga I. Vorontsova — PhD, Associate Professor, the Head of Center of Collective Facilities “Three-dimensional study of the biomechanics of human movements”. Astrakhan State University, Astrakhan, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-4037-3990>. eLibrary SPIN 6255-7878. E-mail: aspuvorontsova@gmail.com.

Larisa A. Udochkina — MD, PhD, Associate Professor, the Head of Department of Anatomy. Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-5016-0633>. eLibrary SPIN 9142-4447. E-mail: udochkin-lk@mail.ru.

Марина Сергеевна Баранец — специалист 2-й категории, Центр коллективного пользования «Трёхмерное исследование биомеханики движений человека». Астраханский государственный университет, Астрахань. <https://orcid.org/0000-0003-4496-7021>. eLibrary SPIN 6158-5630. E-mail: marinka_bants@mail.ru.

Марина Вячеславовна Гречитаева — д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры биологии, директор Музея природы. Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород. <https://orcid.org/0000-0002-3712-1557>. eLibrary SPIN 8576-6490. E-mail: loza65@mail.ru.

Людмила Анатольевна Гончарова — д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры детской хирургии. Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань. <https://orcid.org/0000-0002-1450-7158>. eLibrary SPIN 8233-1743. E-mail: sanomed@rambler.ru.

Marina S. Baranec — Specialist of Center of Collective Facilities “Three-dimensional study of the biomechanics of human movements”. Astrakhan State University, Astrakhan, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-4496-7021>. eLibrary SPIN 6158-5630. E-mail: marinka_bants@mail.ru.

Marina V. Grechitaeva — BD, PhD, Professor, Professor Department of Biology, Director of the Museum of Nature. Belgorod National Research University, Belgorod, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-3712-1557>. eLibrary SPIN 8576-6490. E-mail: loza65@mail.ru.

Ludmila A. Goncharova — MD, PhD, Professor, Professor Department of Pediatric Surgery. Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-1450-7158>. eLibrary SPIN 8233-1743. E-mail: sanomed@rambler.ru.