

Изменение кинематических параметров походки у детей с ДЦП после многоуровневых вмешательств при исходных паттернах true equinus gait и jump gaitГ.М. Чибиров¹, Т.И. Долганова¹, Д.В. Долганов¹, S. Ducić², Д.А. Попков¹¹Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. акад. Г.А. Илизарова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган, Россия,²Children's University Hospital, Belgrade, Serbia**Changes in the kinematic parameters of gait in children with cerebral palsy after multilevel interventions with the initial patterns of true equinus gait and jump gait**G.M. Chibirov¹, T.I. Dolganova¹, D.V. Dolganov¹, S. Ducić², D.A. Popkov¹¹Russian Ilizarov Scientific Centre for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation,²Children's University Hospital, Belgrade, Serbia

Введение. ДЦП – самая частая причина двигательных нарушений, возникающая в раннем детстве и присутствующая на протяжении всей жизни. Частота встречаемости заболевания составляет 1/500 новорожденных, и в мире живет 17 млн. людей с церебральным параличом. По данным отечественных эпидемиологов, в России распространенность зарегистрированных случаев ДЦП составляет от 2,2 до 3,8 на 1000 родов, при этом на долю спастических форм ДЦП приходится не менее 80 % всех случаев данного заболевания. **Цель.** Анализ изменений кинематических параметров походки у детей с ДЦП после многоуровневых вмешательств при исходных паттернах true equinus gait и jump gait. **Материалы и методы.** В данное ретроспективное исследование были включены 64 ребенка (девочки – 26 человек, мальчики – 38) со спастической диплегией, имеющих диагноз ДЦП. Средний возраст составил $8,7 \pm 2,41$ года. Все пациенты соответствовали первому или второму уровню нарушений двигательных функций (GMFCS: I/II = 14/50). **Результаты.** У всех пациентов отмечено существенное улучшение кинематических параметров походки на протяжении всего периода наблюдения. Девиация от нормальных значений уменьшилась почти в 4 раза для всей группы пациентов. **Заключение.** Многоуровневые одномоментные ортопедические вмешательства улучшают кинематические и кинетические параметры походки всей биомеханической цепи нижних конечностей. Помимо локальных эффектов хирургических вмешательств (устранение ортопедических нарушений в виде контрактур и деформаций костей и суставов нижних конечностей) отмечаются отдаленные изменения в виде редукции энергоемких компенсаторных движений.

Ключевые слова: детский церебральный паралич, true equinus gait, jump gait, торсионные деформации, ортопедическое хирургическое лечение, анализ походки

Introduction Cerebral palsy is the most common cause of motor disorders that occurs in early childhood and is present throughout life. The incidence rate of the disease is 1/500 newborns. About 17 million people with cerebral palsy live in the world. According to domestic epidemiologists, the reported incidence of cerebral palsy in Russia is from 2.2 to 3.8 per 1,000 births. Spastic cerebral palsy types are 80% of all the cases. **Purpose** Analysis of changes in the kinematic parameters of gait after multilevel interventions in children with cerebral palsy with the initial true equinus gait and jump gait patterns. **Material and methods** This retrospective study included 64 children (26 girls, 38 boys) with cerebral palsy and spastic diplegia. The average age was 8.7 ± 2.41 years. All patients corresponded to levels I or II of impaired motor function (GMFCS: I/II = 14/50). **Results** All patients showed a significant improvement in the kinematic parameters of gait throughout the observation period. Deviation from the normal values decreased almost four times in the whole group of patients. **Conclusion** Multilevel single-event orthopedic interventions improve the kinematic and kinetic parameters of the gait of the entire biomechanical chain in the lower extremities. In addition to the local effects of surgical interventions (elimination of orthopedic disorders such as contractures and deformities of bones and joints of the lower extremities), there are long-term changes in the reduction of energy-consuming compensatory movements.

Keywords: cerebral palsy, true equinus gait, jump gait, torsion deformities, orthopedic surgical treatment, gait analysis

Встречаемость ДЦП составляет 2–5 случаев на 1000 родов [1–4]. По данным отечественных эпидемиологов, в России распространенность зарегистрированных случаев ДЦП составляет от 2,2 до 3,8, при этом на долю спастических форм ДЦП приходится не менее 80 % всех случаев данного заболевания [5–8].

Несмотря на то, что ДЦП является стабильной энцефалопатией, именно ортопедические осложнения являются основной причиной прогрессирующего ухудшения двигательной активности детей с ДЦП [9–11]. Для патогенеза заболевания характерно, что первоначально существующий спастический синдром постепенно ведет к развитию ретракции мышц и возникновению контрактур, требующих оперативного лечения. Современная концепция оперативного ортопедического лечения детей с ДЦП – это проведение многоуровневых хирургических вмешательств на всех компонентах биомеханической

цепи конечностей, что делает возможным для ребенка использование обеих конечностей одновременно при обучении правильной, близкой к правильной самостоятельной или со вспомогательными средствами ходьбе [12–17]. При этом применяемые методы оперативной коррекции должны предполагать раннюю нагрузку на оперированную конечность, раннюю пассивную и активную мобилизацию суставов оперированных конечностей [18]. Другим важным моментом при планировании оперативного лечения является анализ нарушений движений при ходьбе. На основе компьютерного анализа походки выделены основные патологические паттерны при спастической диплегии [19–23]. Loftørød B. et al. [24], Simon S.R. et al. [25] указывают на критичное значение анализа походки как для понимания патологии движений, так и для планирования объема оперативного вмешательства и контроля в отдаленном периоде [26].

Чибиров Г.М., Долганова Т.И., Долганов Д.В., Ducić S., Попков Д.А. Изменение кинематических параметров походки у детей с ДЦП после многоуровневых вмешательств при исходных паттернах true equinus gait и jump gait // Гений ортопедии. 2019. Т. 25, № 4. С. 501–509. DOI 10.18019/1028-4427-2019-25-4-501-509

При отсутствии возможностей компьютерного анализа кинематических, кинетических и динамических электронейромиографических данных рекомендуется использование наблюдательных шкал, основанных на изучении гониометрических данных видеозаписей движений в ортогональных плоскостях [27–29]. Novacheck T.F. et al. [28], Read H.S. et al. [30] показали, что Эдинбургская шкала (Edinburgh visual gait score) коррелирует с Gillette Gait Index и с Gillette Functional Assessment Questionnaire (FAQ), что позволяет его использовать в клинических целях при наличии опыта работы с лабораторией 3D-анализа походки.

В данном ретроспективном исследовании нами изучены результаты применения многоуровневых ортопедических хирургических вмешательств (Single-

Event Multilevel Orthopedic Surgery – SEMLS) у пациентов с паттернами походки true equinus gait, jump gait, asymmetric gait (комбинация двух первых), произведено сравнение показателей походки с использованием Эдинбургской шкалы в предоперационном периоде, через 1 год после операции и в отдаленном периоде. Данные типы патологической походки близки по параметрам, и результаты их хирургической коррекции рассматриваются вместе [31, 32]. Отметим также, что в рамках SEMLS изучение влияния отдельного элемента оперативного лечения на конечный результат невозможно, поэтому изучают эффект оперативной коррекции у групп пациентов с близкими по объему и анатомической локализации вмешательствами [33, 34].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данное ретроспективное исследование были включены 64 ребенка (девочки – 26 человек, мальчики – 38) со спастической диплегией, имеющих диагноз ДЦП. Средний возраст составил $8,7 \pm 2,41$ года. Все пациенты соответствовали первому или второму уровню нарушений двигательных функций (GMFCS: I/II = 14/50).

Исследование проведено в соответствии с этическими нормами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2013 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266. Пациенты, родители пациентов и/или их законные представители подписали информированное согласие на проведение хирургического вмешательства и публикацию полученных данных без идентификации личности.

Всем пациентам выполнялись многоуровневые одномоментные оперативные вмешательства, в среднем, одна операция включала $6,3 \pm 1,46$ хирургических элемента. Более детально элементы оперативных вмешательств представлены в таблице 1.

Кроме того, у части пациентов проводились коррекции торсионных деформаций бедренных костей в

период через 12–15 месяцев после первоначального вмешательства: 12 человек (24 бедра).

Анализ походки с использованием Эдинбургской шкалы выполняли до операции, через 1 год после вмешательства и в период 2–3 года после первоначальной операции.

Для определения функциональных возможностей самостоятельной ходьбы использовали опросник Gillette (FAQ) [35] в те же сроки.

Для статистической обработки данных использовали программу AtteStat 12.0.5. В описательной статистике применяли среднее значение показателя и его стандартное отклонение. Показатель ранговой корреляции Spearman использовали для установления связи между показателями Эдинбургской шкалы и FAQ. Для определения достоверности различий по показателям Эдинбургской шкалы у пациентов с наличием или без клинически значимых торсионных деформаций использовали критерий хи-квадрат. Определяли специфичность и чувствительность сочетания максимальных отклонений показателей “knee progression angle”–“trunk maximal lateral shift” как теста для выявления показаний к хирургической коррекции торсионных деформаций бедренной кости.

Таблица 1

Элементы первичных хирургических вмешательств

Элемент операции	Количество
Удлинение медиальной группы сгибателей коленного сустава	122
Удлинение аддукторов, m. gracilis	64
Апоневротомия икроножной мышцы, удлинение ахиллова сухожилия	115
Подтаранный артролиз	62
Укорачивание сухожилия m. tibialis post.	24
Деторсионная остеотомия бедренной кости	8
Деторсионная остеотомия костей голени	8
Всего	403

РЕЗУЛЬТАТЫ

В целом, для всей группы средние значения для каждого из исследуемых 17 показателей Эдинбургской шкалы представлены в таблице 2. Отмечено существенное улучшение кинематических параметров походки у детей на протяжении периода наблюдения. Девияция от нормальных значений уменьшилась почти в 4 раза для всей группы. Наиболее существенные улучшения отмечены в опорную фазу шага: первичный контакт, момент подъема пятки, максимальная тыльная флексия стопы, максимальное разгибание коленного сустава, максимальное

разгибание тазобедренного сустава, латеральный сдвиг туловища, ориентация стопы и коленного сустава относительно оси движения; в неопорную фазу шага: максимальная тыльная флексия стопы, пиковое сгибание коленного сустава, клиренс шага, пиковое сгибание тазобедренного сустава, позиция коленного сустава непосредственно перед контактом с опорной поверхностью.

При сопоставлении суммарных показателей Эдинбургской шкалы со значениями FAQ была обнаружена значимая отрицательная корреляция в период до лечения

и через 2–3 года после первичной операции (табл. 3). Изучение изменений параметров оценки у пациентов в период 1 год после операции выявило, что существенное значение имеет невыявленная и неустраненная на исходном этапе лечения торсионная деформация бедренных костей, что потребовало повторного вмешательства у 12 пациентов через 12–15 месяцев после первичной операции. Рисунок 1 и 2 представляют распределение случаев в зависимости от значений анализа походки и FAQ для периода 12 месяцев после первичной операции, наглядно иллюстрируя влияние неисправленных торсионных деформаций на результат лечения в среднесрочном периоде. Как было уже сказано выше, в период 12–15 месяцев после первичного вмешательства торсионные деформации были хирургически исправлены у 12 пациентов.

Раздельный анализ результатов лечения представлен в таблице 4. Мы полагаем, что потеря корреляции между изменениями двигательной активности и параметрами анализа походки в период 12 месяцев после операции обусловлена тем, что вместе анализировались как пациенты с выполненной коррекцией

торсионных деформаций, так и без таковой. К этому же заключению приводят значимые значения отрицательной корреляции в период 2–3 года после первичной операции, когда уже у всех пациентов были устранены торсионные деформации.

Таким образом, многоуровневые вмешательства обеспечивали существенное улучшение кинематических показателей анализа походки в отдаленном периоде как для пациентов с true equinus gait (рис. 3), так и для детей с jump gait (рис. 4).

При анализе результатов лечения пациентов, которым в программу лечения были включены и коррекции торсионных деформаций, было выявлено, что сочетание максимальных отклонений по параметрам “knee progression angle” et “trunk maximal lateral shift” Эдинбургской шкалы при исходном анализе походки коррелирует с клиническими значимыми торсионными деформациями, которые были исправлены в рамках первого вмешательства или через 1 год. Отметим высокие чувствительность и специфичность данного сочетания как диагностического теста (табл. 5).

Таблица 2

Средние значения показателей Эдинбургской шкалы для всей группы

Показатель	До лечения	Через 12 мес.	Через 2-3 года
Initial contact	2,0	0,83	0,75
Heel lift	1,93	0,7	0,5
Maximum ankle dorsiflexion	1,73	0,3	0,21
Hind-foot varus/valgus	1,2	0,1	0,13
Foot progression angle	1,43	0,77	0,54
Knee progression angle	1,2	0,7	0,46
Peak knee extension	1	0,13	0,13
Peak hip extension	0,8	0,13	0,13
Pelvic obliquity at Mid-Stance	0,93	0,63	0,5
Pelvic rotation at Mid-Stance	0,73	0,5	0,3
Trunk Peak Sagittal Position	1,07	0,6	0,58
Trunk maximum lateral shift	1,53	1,23	0,75
Clearance	0,9	0,27	0,13
Maximum ankle dorsiflexion	1,47	0,4	0,33
Peak knee flexion	1,1	0,37	0,125
Knee terminal swing position	1,46	0,1	0,04
Peak hip flexion	1,2	0,13	0,08
Суммарно	42,7	15,3	11,3

Таблица 3

Корреляции значений Эдинбургской шкалы и FAQ

Период	Эдинбургская шкала	FAQ	Spearman
До лечения	42,7	3,8	-0,825
Через 12 месяцев	15,3	6,3	-0,491
Через 2-3 года	11,3	7,7	-0,845

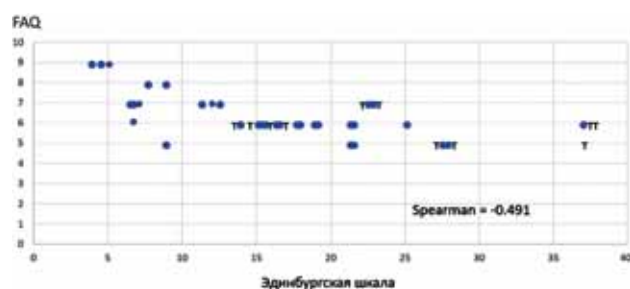


Рис. 1. Распределение всех случаев, включая неисправленные торсионные деформации, в зависимости от значений анализа походки и FAQ через 12 месяцев после первоначального вмешательства. Случаи с клинически значимыми торсионными деформациями представлены «Т»

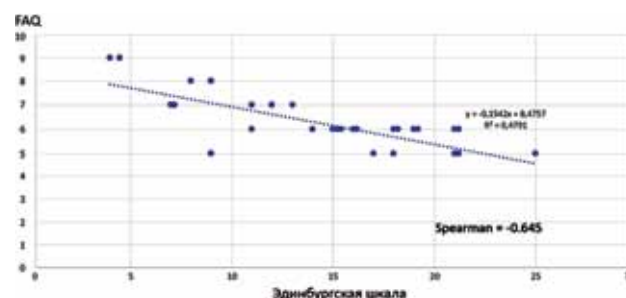


Рис. 2. Распределение случаев без торсионных деформаций в зависимости от значений анализа походки и FAQ через 12 месяцев после операции. Значения обратной корреляции становятся значимыми

Таблица 4

Корреляции для данных Эдинбургской шкалы и FAQ, представленные отдельно при наличии или без торсионных деформаций

	До лечения		Через 12 мес.		Через 2–3 года	
	без торсионных деформаций	торсионные деформации	без торсионных деформаций	торсионные деформации	без торсионных деформаций	торсионные деформации
Эдинбургская шкала	42,5	43,2	13,4	23,2	9,75	14,6
FAQ	3,7	4,1	6,5	6,0	7,9	7,2
Spearman	-0,836 (p = 0,9999)	-0,873 (p = 0,9995)	-0,645 (p = 0,9989)	-0,194 (p = 0,7043)	-0,842 (p = 0,999)	-0,776 (p = 0,9958)



Рис. 3. Изменение показателей походки у пациента с исходным паттерном true equinus gait

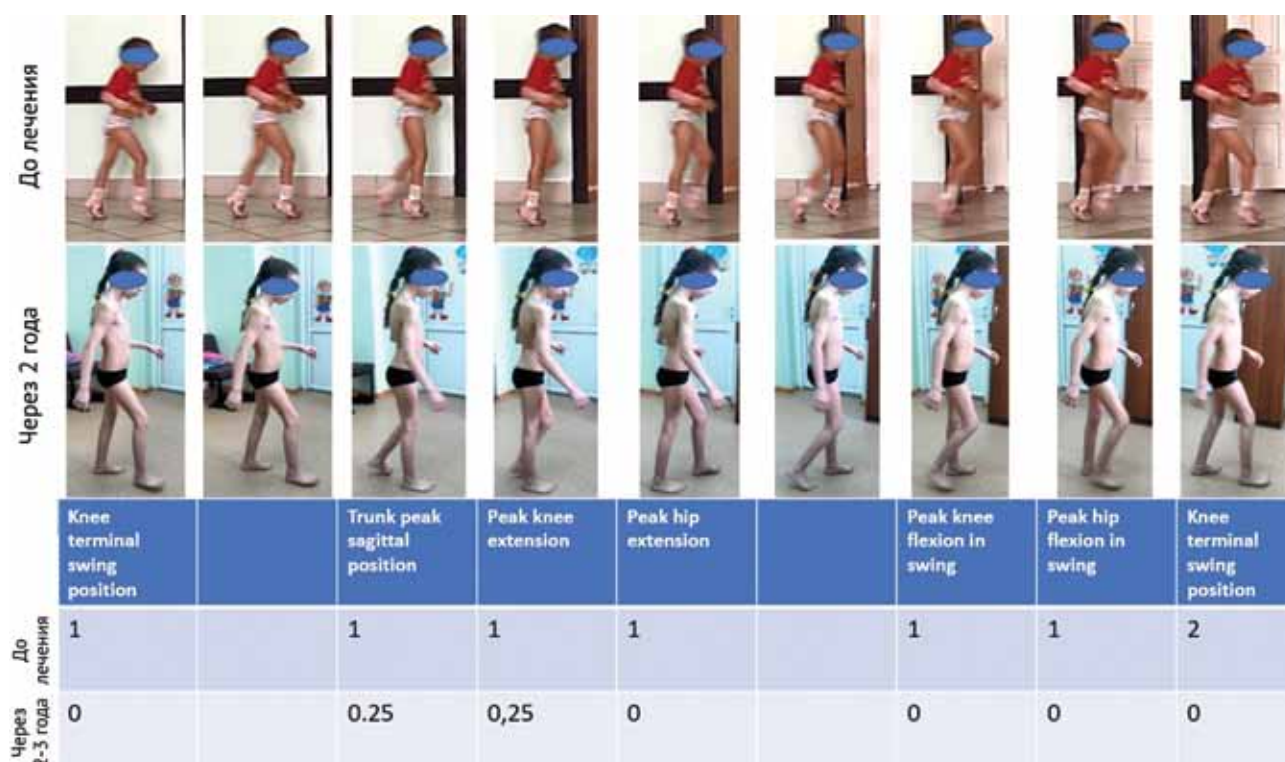


Рис. 4. Изменение показателей походки у пациента с исходным паттерном jump gait

Таблица 5

Корреляция максимальных отклонений по параметрам “knee progression angle” и “trunk maximal lateral shift” Эдинбургской шкалы при исходном анализе походки с клиническими значимыми торсионными деформациями, прогностическое значение

	Knee progression angle	Trunk maximum lateral shift	Встречаемость сочетаний максимального отклонения по данным параметрам; % случаев	Хи-квадрат	Чувствительность	Специфичность
Нет торсионных деформаций	0,9 ± 0,44	1,25 ± 0,43	7,3	p < 0,001	0,772	0,921
Коррекция торсионных деформаций выполнялась	1,8 ± 0,41	2,0 ± 0,0	84,7			

ДИСКУССИЯ

ДЦП – самая частая причина двигательных нарушений, возникающая в раннем детстве и присутствующая на протяжении всей жизни. Частота встречаемости заболевания составляет 1/500 новорожденных, и в мире живет 17 млн. людей с церебральным параличом [36, 37].

Нарушения походки, классифицируемые как true equinus gait и jump gait, характерны для детей со спастической диплегией, данные паттерны обусловлены спастичностью и/или ретракцией мышц подошвенных флексоров стоп и сгибателей коленного сустава [22]. При развитии ретракции мышц, сопровождающейся критическими ухудшениями гониометрических показателей, показания к оперативному ортопедическому лечению становятся обоснованными [38–40]. Однако помимо ретракции мышц объектом хирургического лечения в рамках многоуровневых вмешательств при данных типах походки становятся деформации стоп и торсионные деформации сегментов [41–51].

Основным объектом ортопедической операции при true equinus gait и jump gait является устранение контрактур коленных и голеностопных суставов обеих конечностей [29, 32, 52]. При этом крайне важно исключить необоснованные ранние оперативные вмешательства (удлинение мышц до наступления критических значений ретракции, удлинение ахиллова сухожилия при отсутствии ретракции камбаловидных мышц, операции до возраста 5–6 лет, когда еще, как правило, нет ретракции мышечного аппарата) [32, 53–56]. Ранние необоснованные вмешательства ведут к развитию функциональной недостаточности трицепсов голени, потере силы эксцентрического сокращения трицепса (особенно камбаловидной мышцы) в опорную фазу шага в момент абсорбции кинетической энергии, что сопровождается преждевременным сгибанием в коленном суставе и постепенным развитием несостоятельности разгибательного аппарата с прогрессированием паттерна походки в crouch gait [56–58].

Методом выбора удлинения трицепса при ДЦП является фасциотомия икроножных мышц, что, по данным компьютерного анализа походки, сопровождается улучшением кинематических параметров голеностопного сустава без развития crouch gait в отдаленном периоде [52, 57, 59, 60]. Именно такой эффект было отмечено в нашем исследовании, улучшение параметров походки, кинематики стопы отмечено у всех пациентов без развития патологических сгибательных установок в коленном суставе в отдаленном периоде. При этом крайне важно исключить гипер- или гипокоррекции контрактур коленных суставов [55].

По данным Gorton G.E. et al. [55], Terjesen T. et al. [60], улучшение/нормализация движений в голеностопном

суставе не сопровождалось компенсаторными изменениями кинематических параметров тазобедренных и коленных суставов. В нашем исследовании мы также отмечали улучшение параметров движений в тазобедренных и коленных суставах, расценивая эту ситуацию как дистанционный эффект улучшения кинематики голеностопных суставов, коррекции деформаций стопы.

В частности, отметим, что нормализация/улучшение разгибания в коленном суставе перед первичным контактом, улучшающим ориентацию стопы в начале опорной фазы, также было подчеркнуто в исследовании Adolfsen S. et al., 2007 [31].

Среди других положительных эффектов операции мы обнаружили уменьшение избыточного компенсаторного сгибания в коленном и тазобедренном суставах в неопорную фазу в сочетании с улучшением клиренса шага, что является следствием увеличения тыльной флексии стопы. Ранее данный результат ортопедического вмешательства отмечали другие исследователи [31, 55].

Исследования, основанные на изучении кинематических и кинетических параметров походки, показали, что увеличение/нормализация тыльной флексии стопы в опорную фазу сопровождается устранением патологических величин плеч рычагов в сагиттальной плоскости [30, 59] и сдвигом момента максимальной генерации энергии концентрического сокращения трицепса к концу опорной фазы [29, 51].

Оуприу S. et al. [21], 2002; Theologis T. et al. [61] указали на необходимость устранения торсионных деформаций конечностей, что нормализует величины плеч рычагов во фронтальной плоскости и делает ходьбу менее энергозатратной. Однако в отношении коррекции торсионных деформаций у детей существует достаточная неопределенность, связанная со слабой корреляцией между анатомическими значениями торсии и параметрами анализа походки [49]. У взрослых пациентов со спастическими параличами результаты коррекции, основанной на анатомических параметрах, гораздо более предсказуемы [62]. Именно поэтому устранение торсионных деформаций может быть отложено до момента завершения активного роста конечностей [47].

Однако клинически значимые торсионные деформации, обуславливающие функциональные затруднения при ежедневной обычной двигательной активности, требуют коррекции в детском возрасте. Вмешательства на мягких тканях не ведут к значимому устранению патологических ротационных установок бедра [63]. Наше исследование показало, что критерием к выставлению показаний к деторсионным остеотомиям в рамках многоуровневых вмешательств у детей с паттернами походки true equinus gait и jump gait является

сочетание крайних отклонений показателей Эдинбургской шкалы – knee progression angle с trunk maximum lateral shift – в опорную фазу. Данный тест (критерий) имеет высокую специфичность и чувствительность.

В целом, ортопедическая хирургия при ДЦП у детей направлена на коррекцию деформаций для улучшения биомеханики передвижений, устранение контрактур суставов для улучшения ежедневной двигательной активности и повышения функциональных возможностей, уменьшение энергетических трат, связанных с биомеханическими нарушениями, предотвращение и снижение болевого синдрома, обусловленного ранними артрозными явлениями, деформациями, уменьшение/устранение проблем использования обуви и ортезных изделий [47, 62, 64, 65, 66]. Анализ походки, ее кинематических, кинетических параметров заставляет

хирургов критически пересмотреть план лечения, включая или добавляя элементы вмешательства [24].

Наше исследование подтверждает, что многоуровневые вмешательства существенно улучшают большинство параметров походки, как непосредственно зависящих от ретракции и деформации в конкретной анатомической области, так и опосредованно обусловленных компенсаторной биомеханически невыгодной установкой и функцией удаленных сегментов. Отдельное внимание требует диагностика и количественная оценка торсионных деформаций сегментов, которая в детском возрасте основывается, в первую очередь, на оценке кинематических параметров походки. Коррекция торсионных деформаций должна проводиться одновременно с устранением контрактур суставов и деформаций стоп.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многоуровневые одномоментные ортопедические вмешательства улучшают кинематические параметры походки всей биомеханической цепи нижних конечностей. Помимо локальных эффектов хирургических вмешательств отмечаются отдаленные изменения в виде редукции энергоемких компенсаторных движений. При использовании Edinburgh visual gait score

сочетание максимальных отклонений knee progression angle с trunk maximum lateral shift в опорную фазу обосновывает показания к коррекции торсионных деформаций. Использование кинетических и кинематических показателей, их анализ на основе количественных данных является обязательными в ортопедической хирургии ДЦП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Alriksson-Schmidt A., Häggglund G. // *Acta Paediatr.* 2016. Vol. 105, No 6. P. 665-670. DOI: 10.1111/apa.13368.
2. Prevalence of cerebral palsy in north-east Italy from 1965 to 1989 / M. Bottos, T. Granato, G. Allibrio, C. Gioachin, M.L. Puato // *Dev. Med. Child. Neurol.* 1999. Vol. 41, No 1. P. 26-39.
3. Cans C. Comprendre la paralysie cérébrale: Qui sommes nous? Combien sommes-nous? In: *La recherche sur l'infirmité motrice cérébrale en Europe*. Paris: Fondation Motrice, 2006.
4. Cerebral Palsy – Trends in Epidemiology and Recent Development in Prenatal Mechanisms of Disease, Treatment, and Prevention / M. Stavsky, O. Mor, S.A. Mastrolia, S. Greenbaum, N.G. Than, O. Erez // *Front. Pediatr.* 2017. Vol. 5. P. 21. DOI: 10.3389/fped.2017.00021.
5. Детский церебральный паралич / В.И. Гузева, А.Л. Куренков, В.А. Змановская, Т.Т. Батышева, К.А. Семенова, В.А. Жеребцова, Л.Н. Владыкина, Д.А. Попков // *Федеральное руководство по детской неврологии* / под ред. проф. В.И. Гузевой. М., 2016. Гл. 14. С. 169-185.
6. Длительное применение препарата ботулинического токсина типа А: диспорт в комплексной реабилитации детей со спастическими формами церебрального паралича / В.А. Змановская, Е.В. Левитина, Д.А. Попков, М.Н. Буторина, О.Л. Павлова // *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2014. Т. 114, № 7. С. 33-36.
7. Первый Российский консенсус по применению многоуровневых инъекций Abobotulinumtoxin A при лечении спастических форм детского церебрального паралича / А.Л. Куренков, О.А. Ключкова, В.А. Змановская, И.В. Фальковский, В.М. Кенис, Л.Н. Владыкина, Д.А. Красавина, А.С. Носко, Л.В. Рычкова, Х.М. Каримова, Б.И. Бурсагова, Л.С. Намазова-Баранова, А.М. Мамедьяров, Л.М. Кузенкова, О.Г. Донцов, М.А. Рыженков, М.Н. Буторина, О.Л. Павлова, Н.Н. Харламова, Д.М. Данков, Е.В. Левитина, Д.А. Попков, С.О. Рябых, С.Н. Медведева, Е.Б. Губина, О.В. Агранович, Т.И. Киселева, О.Н. Васильева, В.П. Зыков, В.И. Михнович, Т.А. Белогорова // *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2016. Т. 116, № 11. С. 121-130.
8. Детский церебральный паралич: диагностика и коррекция когнитивных нарушений: учеб. - метод. пособие / ГБОУ ВПО "Рос. нац. исслед. мед. ун-т им. Н.И. Пирогова"; [сост.: С.А. Немкова, Л.С. Намазова-Баранова, О.И. Маслова, Н.Н. Заваденко, А.А. Холин, Г.А. Каркашадзе, А.М. Мамедьяров, Ю.Е. Нестеровский, С.В. Говорун]. М.: Союз педиатров России, 2012. 60 с.
9. Horstmann H.M., Bleck E.E. *Orthopaedic management in cerebral palsy*. 2nd Ed. London: Mac Keith Press, 2007. 412 p.
10. The cerebral palsy research registry: development and progress toward national collaboration in the United States / D.S. Hurley, T. Sukal-Moulton, M.E. Msall, D. Gaebler-Spira, K.J. Krosschell, J.P. Dewald // *J. Child. Neurol.* 2011. Vol. 26, No 12. P. 1534-1541. DOI: 10.1177/0883073811408903.
11. Development of the Gross Motor Function Classification System for cerebral palsy / P.L. Rosenbaum, R.J. Palisano, D.J. Bartlett, B.E. Galuppi, D.J. Russell // *Dev. Med. Child. Neurol.* 2008. Vol. 50, No 4. P. 249-253. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2008.02045.x.
12. Aiona M.D., Sussman M.D. Treatment of spastic diplegia in patients with cerebral palsy: Part II // *J. Pediatr. Orthop. B.* 2004. Vol. 13, No 3. P. S13-S38.
13. Damiano D.L., Alter K.E., Chambers H. New clinical and research trends in lower extremity management for ambulatory children with cerebral palsy // *Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am.* 2009. Vol. 20, No 3. P. 469-491. DOI: 10.1016/j.pmr.2009.04.005.
14. Lebarbier P., Penneçot G. L'infirmité motrice d'origine cérébrale (IMOC) // *Rev. Chir. Orthop. Traumatol.* 2006. Vol. 92, No 4. P. 393-395. DOI: RCO-06-2006-92-4-0035-8211-1040-101019-200518541.
15. Distal femoral extension osteotomy and patellar tendon advancement to treat persistent crouch gait in cerebral palsy. Surgical technique / T.F. Novacheck, J.L. Stout, J.R. Gage, M.H. Schwartz // *J. Bone Joint Surg. Am.* 2009. Vol. 91, No Suppl. 2. P. 271-286. DOI: 10.2106/JBJS.I.00316.
16. Measuring quality of life in cerebral palsy children / E. Viehweger, S. Robitail, M.A. Rohon, M. Jacquemier, J.L. Jouve, G. Bollini, M.C. Simeoni // *Ann. Readapt. Med. Phys.* 2008. Vol. 51, No 2. P. 119-137. DOI: 10.1016/j.annrmp.2007.12.002.
17. Результаты многоуровневых одномоментных ортопедических операций и ранней реабилитации в комплексе с ботулинотерапией у пациентов со спастическими формами церебрального паралича / Д.А. Попков, В.А. Змановская, Е.Б. Губина, С.С. Леончук, М.Н. Буторина, О.Л. Павлова // *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2015. Т. 115, № 4. С. 41-48.
18. Леончук С.С., Чибиров Г.М., Попков Д.А. Коррекция деформации стопы по методике Evans у ребенка с ДЦП в рамках одномоментного многоуровневого ортопедического вмешательства. Случай из практики // *Гений ортопедии*. 2016. No 3. С. 77-83.
19. Alterations in surgical decision making in patients with cerebral palsy based on three-dimensional gait analysis / P.A. DeLuca, R.B. Davis 3rd, S. Ounpuu, S. Rose, R. Sirkin // *J. Pediatr. Orthop.* 1997. Vol. 17, No 5. P. 608-614.
20. Gage J.R. The treatment of gait problems in cerebral palsy. Series: Clinics in developmental medicine. London: Mac Keith Press. 2004, no. 164-165.
21. Long-term effects of femoral derotation osteotomies: an evaluation using three-dimensional gait analysis / S. Ounpuu, P. DeLuca, R. Davis, M. Romness // *J. Pediatr. Orthop.* 2002. Vol. 22, No 2. P. 139-145.
22. Rodda J., Graham H.K. Classification of gait patterns in spastic hemiplegia and spastic diplegia: a basis for a management algorithm // *Eur. J. Neurol.* 2001. Vol. 8, No Suppl. 5. P. 98-108.
23. Sutherland D.H., Davids J.R. Common gait abnormalities of the knee in cerebral palsy. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1993. No 288. P. 139-147.
24. Preoperative gait analysis has a substantial effect on orthopedic decision making in children with cerebral palsy: comparison between clinical evaluation and gait analysis in 60 patients / B. Lofterød, T. Terjesen, I. Skaaret, A.B. Huse, R. Jahnsen // *Acta Orthop.* 2007. Vol. 78, No 1. P. 74-80.

25. Simon S.R. Quantification of human motion: gait analysis-benefits and limitations to its application to clinical problems / J. Biomech. 2004. Vol. 37, No 12. P. 1869-1880.
26. Аксенов А.Ю., Хит Г.Х., Клишкова Т.А., Долганова Т.И. Методология видеонализа в диагностике нарушений локомоторной функции у детей с церебральным параличом при использовании ограниченного числа светотражающих камер (обзор литературы) // Гений ортопедии. 2019. Т. 25, № 1. С. 102-110
27. Correlation of the Edinburgh Gait Score with the Gillette Gait Index, the Gillette Functional Assessment Questionnaire, and dimensionless speed / S.J. Hillman, M.E. Hazlewood, M.H. Schwartz, M.L. van der Linden, J.E. Robb // J. Pediatr. Orthop. 2007. Vol. 27, No 1. P. 7-11.
28. Novacheck T.F., Stout J.L., Tervo R. Reliability and validity of the Gillette Functional Assessment Questionnaire as an outcome measure in children with walking disabilities // J. Pediatr. Orthop. 2000. Vol. 20, No 1. P. 75-81.
29. Comprehensive treatment of ambulatory children with cerebral palsy: an outcome assessment / M.H. Schwartz, E. Viehweger, J. Stout, T.F. Novacheck, J.R. Gage // J. Pediatr. Orthop. 2004. Vol. 24, No 1. P. 45-53.
30. Edinburgh visual gait score for use in cerebral palsy / H.S. Read, M.E. Hazlewood, S.J. Hillman, R.J. Prescott, J.E. Robb // J. Pediatr. Orthop. 2003. Vol. 23, No 3. P. 296-301.
31. Kinematic and kinetic outcomes after identical multilevel soft tissue surgery in children with cerebral palsy / S.E. Adolfsen, S. Ounpuu, K.J. Bell, P.A. DeLuca // J. Pediatr. Orthop. 2007. Vol. 27, No 6. P. 658-667.
32. Lofterød B., Terjesen T. Local and distant effects of isolated calf muscle lengthening in children with cerebral palsy and equinus gait // J. Child. Orthop. 2008. Vol. 2, No 1. P. 55-61. DOI: 10.1007/s11832-007-0074-9.
33. Multilevel surgery in spastic diplegia: evaluation by physical examination and gait analysis in 25 children / V. Saraph, E.B. Zwick, G. Zwick, C. Steinwender, G. Steinwender, W. Linhart // J. Pediatr. Orthop. 2002. Vol. 22, No 2. P. 150-157.
34. Propulsive function during gait in diplegic children: evaluation after surgery for gait improvement / E.B. Zwick, V. Saraph, W.E. Linhart, G. Steinwender // J. Pediatr. Orthop. B. 2001. Vol. 10, No 3. P. 226-233.
35. Gillette Functional Assessment Questionnaire 22-item skill set: factor and Rasch analyses / G.E. Gorton 3rd, J.L. Stout, A.M. Bagley, K. Bevans, T.F. Novacheck, C.A. Tucker // Dev. Med. Child. Neurol. 2011. Vol. 53, No 3. P. 250-255. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2010.03832.x.
36. Prevalence of Cerebral Palsy among 8-Year-Old Children in 2010 and Preliminary Evidence of Trends in Its Relationship to Low Birthweight / M.S. Durkin, R.E. Benedict, D. Christensen, L.A. Dubois, R.T. Fitzgerald, R.S. Kirby, M.J. Maenner, K. van Naarden Braun, M.S. Wingate, M. Yeargin-Allsopp // Paediatr. Perinat. Epidemiol. 2016. Vol. 30, No 5. P. 496-510. DOI: 10.1111/ppe.12299.
37. Cerebral palsy / H.K. Graham, P. Rosenbaum, N. Paneth, B. Dan, J.P. Lin, D.L. Damiano, J.G. Becher, D. Gaebler-Spira, A. Colver, D.S. Reddihough, K.E. Crompton, R.L. Lieber // Nat. Rev. Dis. Primers. 2016. Vol. 2. P. 15082. DOI: 10.1038/nrdp.2015.82.
38. Craig J.J., van Vuren J. The importance of gastrocnemius recession in the correction of equinus deformity in cerebral palsy // J. Bone Joint Surg. Br. 1976. Vol. 58, No 1. P. 84-87.
39. Karamitopoulos M.S., Nirenstein L. Neuromuscular Foot: Spastic Cerebral Palsy // Foot Ankle Clin. 2015. Vol. 20, No 4. P. 657-668. DOI: 10.1016/j.fcl.2015.07.008.
40. Development of lower limb range of motion from early childhood to adolescence in cerebral palsy: a population-based study / E. Nordmark, G. Hägglund, H. Lauge-Pedersen, P. Wagner, L. Westbom // BMC Med. 2009. Vol. 7. P. 65. DOI: 10.1186/1741-7015-7-65.
41. Bennet G.C., Rang M., Jones D. Varus and valgus deformities of the foot in cerebral palsy // Dev. Med. Child. Neurol. 1982. Vol. 24, No 4. P. 499-503.
42. Talonavicular arthrodesis for the treatment of neurological flat foot deformity in pediatric patients: clinical and radiographic evaluation of 29 feet / G. de Coulon, K. Turcot, F. Canavese, R. Dayer, A. Kaelin, D. Ceroni // J. Pediatr. Orthop. 2011. Vol. 31, No 5. P. 557-563. DOI: 10.1097/BPO.0b013e31821fffa0.
43. Triple arthrodesis with lateral column lengthening for the treatment of planovalgus deformity / N.L. Frost, J.A. Grassbaugh, G. Baird, P. Caskey // J. Pediatr. Orthop. 2011. Vol. 31, No 7. P. 773-782. DOI: 10.1097/BPO.0b013e31822d3882.
44. Fulford G.E. Surgical management of ankle and foot deformities in cerebral palsy / Clin. Orthop. Relat. Res. 1990. No 253. P. 55-61.
45. Grice D.S. An extra-articular arthrodesis of the subastragalar joint for correction of paralytic flat feet in children // J. Bone Joint Surg. Am. 1952. Vol. 34 A, No 4. P. 927-940.
46. Kołodziej Ł., Dobiecki K., Sadlik B. Surgical treatment of advanced, stiff neurologic cavovarus foot in adults // Ortop. Traumatol. Rehabil. 2013. Vol. 15, No 4. P. 325-333. DOI: 10.5604/15093492.1073851.
47. Ławniczak D., Józwiak M., Manikowska F. Assessment of absolute knee joint linear and angular velocity in patients with spastic cerebral palsy after operative treatment of lever arm disfunction deformities – prospective study // Chir. Narządów Ruchu. Ortop. Pol. 2010. Vol. 75, No 2. P. 92-97.
48. Mosca V.S. Calcaneal lengthening for valgus deformity of the hind foot. Results in children who had severe, symptomatic flatfoot and skewfoot // J. Bone Joint Surg. Am. 1995. Vol. 77, No 4. P. 500-512.
49. Torsional profile versus gait analysis: consistency between the anatomic torsion and the resulting gait pattern in patients with rotational malalignment of the lower extremity / C. Radler, A. Kranzl, H.M. Manner, M. Höglinger, R. Ganger, F. Grill // Gait Posture. 2010. Vol. 32, No 3. P. 405-410. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2010.06.019.
50. Sees J.P., Miller F. Overview of foot deformity management in children with cerebral palsy // J. Child. Orthop. 2013. Vol. 7, No 5. P. 373-377. DOI: 10.1007/s11832-013-0509-4.
51. Calcaneal lengthening for the planovalgus foot deformity in children with cerebral palsy / W.J. Yoo, C.Y. Chung, I.H. Choi, T.J. Cho, D.H. Kim // J. Pediatr. Orthop. 2005. Vol. 25, No 6. P. 781-785.
52. Outcome of gastrocnemius recession and tendo-achilles lengthening in ambulatory children with cerebral palsy / R.M. Kay, S.A. Rethlefsen, J.A. Ryan, T.A. Wren // J. Pediatr. Orthop. B. 2004. Vol. 13, No 2. P. 92-98.
53. Ankle and knee coupling in patients with spastic diplegia: effects of gastrocnemius-soleus lengthening / A. Baddar, K. Granata, D.L. Damiano, D.V. Carmines, J.S. Blanco, M.F. Abel // J. Bone Joint Surg. Am. 2002. Vol. 84, No 5. P. 736-744.
54. Dietz F.R., Albright J.C., Dolan L. Medium-term follow-up of Achilles tendon lengthening in the treatment of ankle equinus in cerebral palsy // Iowa Orthop. J. 2006. Vol. 26. P. 27-32.
55. A prospective cohort study of the effects of lower extremity orthopaedic surgery on outcome measures in ambulatory children with cerebral palsy / G.E. Gorton 3rd, M.F. Abel, D.J. Oeffinger, A. Bagley, S.P. Rogers, D. Damiano, M. Romness, C. Tylkowski // J. Pediatr. Orthop. 2009. Vol. 29, No 8. P. 903-909. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181c11c0c.
56. Miller F. Cerebral Palsy. 1st Ed. New York: Springer-Verlag, 2005. DOI: 10.1007/b138647.
57. Isolated calf lengthening in cerebral palsy. Outcome analysis of risk factors / D.C. Borton, K. Walker, M. Pirpiris, G.R. Nattrass, H.K. Graham // J. Bone Joint Surg. Br. 2001. Vol. 83, No 3. P. 364-370.
58. Calcaneal gait in spastic diplegia after heel cord lengthening: a study with gait analysis / L.S. Segal, S.E. Thomas, J.M. Mazur, M. Mauterer // J. Pediatr. Orthop. 1989. Vol. 9, No 6. P. 697-701.
59. Kinematic and kinetic evaluation of the ankle after lengthening of the gastrocnemius fascia in children with cerebral palsy / S.A. Rose, P.A. DeLuca, R.B. Davis 3rd, S. Ounpuu, J.R. Gage // J. Pediatr. Orthop. 1993. Vol. 13, No 6. P. 727-732.
60. Terjesen T., Lofterød B., Skaaret I. Gait improvement surgery in ambulatory children with diplegic cerebral palsy // Acta Orthop. 2015. Vol. 86, No 4. P. 511-517. DOI: 10.3109/17453674.2015.1011927.
61. Theologis T. Lever arm dysfunction in cerebral palsy gait // J. Child. Orthop. 2013. Vol. 7, No 5. P. 379-382. DOI: 10.1007/s11832-013-0510-y.
62. Femoral derotation osteotomy in adults with cerebral palsy / C. Putz, S.I. Wolf, A. Geisbüsch, M. Niklasch, L. Döderlein, T. Dreher // Gait Posture. 2016. Vol. 49. P. 290-296. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2016.06.034.
63. Lofterød B., Terjesen T. Changes in lower limb rotation after soft tissue surgery in spastic diplegia // Acta Orthop. 2010. Vol. 81, No 2. P. 245-249. DOI: 10.3109/17453671003587135.
64. Walking abilities of young adults with cerebral palsy: changes after multilevel surgery and adolescence / M.E. Gannotti, G.E. Gorton 3rd, M.T. Nahorniak, P.D. Masso // Gait Posture. 2010. Vol. 32, No 1. P. 46-52. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2010.03.002.
65. Lehtonen K., Mäenpää H., Piirainen A. Does single-event multilevel surgery enhance physical functioning in the real-life environment in children and adolescents with cerebral palsy (CP)? – patient perceptions five years after surgery // Gait Posture. 2015. Vol. 41, No 2. P. 448-453. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2014.11.005.
66. Walking deterioration and gait analysis in adults with spastic bilateral cerebral palsy / A. Opheim, J.L. McGinley, E. Olsson, J.K. Stanghelle, R. Jahnsen // Gait Posture. 2013. Vol. 37, No 2. P. 165-171. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2012.06.032.

REFERENCES

1. Alriksson-Schmidt A., Häggglund G. *Acta Paediatr.*, 2016, vol. 105, no. 6, pp. 665-670. DOI: 10.1111/apa.13368.
2. Bottos M., Granato T., Allibrio G., Gioachin C., Puato M.L. Prevalence of cerebral palsy in north-east Italy from 1965 to 1989. *Dev. Med. Child. Neurol.*, 1999, vol. 41, no. 1, pp. 26-39.
3. Cans C. *Comprendre la paralysie cérébrale: Qui sommes nous? Combien sommes-nous?* La recherche sur l'infirmité motrice cérébrale en Europe. Paris, Fondation Motrice, 2006.
4. Stavsky M., Mor O., Mastrolia S.A., Greenbaum S., Than N.G., Erez O. Cerebral Palsy – Trends in Epidemiology and Recent Development in Prenatal Mechanisms of Disease, Treatment, and Prevention. *Front. Pediatr.*, 2017, vol. 5, pp. 21. DOI: 10.3389/fped.2017.00021.
5. Guzeva V.I., Kurenkov A.L., Zmanovskaia V.A., Batysheva T.T., Semenova K.A., Zherebtsova V.A., Vladykina L.N., Popkov D.A. *Detskii Tserebralnyi Paralizh. Federalnoe Rukovodstvo po Detskoj Nevrologii* [Infantile Cerebral Palsy. Federal Guide to Pediatric Neurology]. Ed. by prof. Guzeva V.I. M., 2016, ch. 14, pp.169-185. (in Russian)
6. Zmanovskaia V.A., Levitina E.V., Popkov D.A., Butorina M.N., Pavlova O.L. Dlitelnoe primeneniye preparata botulinicheskogo toksina tipa A: disport v kompleksnoi Reabilitatsii detei so spasticheskimi formami tserebralnogo paralicha [Long use of Type A Botulinum Toxin: disport in complex rehabilitation of children with spastic forms of cerebral palsy]. *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii im. S.S. Korsakova*, 2014, vol. 114, no. 7, pp. 33-36. (in Russian)
7. Kurenkov A.L., Klochikova O.A., Zmanovskaia V.A., Falkovskii I.V., Kenis V.M., Vladykina L.N., Krasavina D.A., Nosko A.S., Rychkova L.V., Karimova Kh.M., Bursagova B.I., Namazova-Baranova L.S., Mamediarov A.M., Kuzenkova L.M., Dontsov O.G., Ryzhenkov M.A., Butorina M.N., Pavlova O.L., Kharlamova N.N., Dankov D.M., Levitina E.V., Popkov D.A., Riabykh S.O., Medvedeva S.N., Gubina E.B., Agranovich O.V., Kiseleva T.I., Vasileva O.N., Zykov V.P., Mikhnovich V.I., Belogorova T.A. Pervyi Rossiiskii Konsensus po primeneniiu mnogourovnevnykh inektsii Abobotulinumtoxin A pri lechenii spasticheskikh form detskogo tserebralnogo paralicha [The First Russian Consensus on using Abobotulinumtoxin A when treating spastic forms of cerebral palsy]. *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii im. S.S. Korsakova*, 2016, vol. 116, no. 11, pp. 121-130. (in Russian)
8. Nemkova S.A., Namazova-Baranova L.S., Maslova O.I., Zavadenko N.N., Kholin A.A., Karkashadze G.A., Mamediarov A.M., Nesterovskii Iu.E., Govorun S.V., comp. *Detskii tserebralnyi paralizh: diagnostika i korrektsiya kognitivnykh narushenii : ucheb.-metod.posobie* [Cerebral Palsy : Diagnosis and Correction of Cognitive Disorders : technique manual]. GBOU VPO Ros. Nats. Issled. Med. Un-t im. N.I. Pirogova. M., Soizuz Pediatrov Rossii, 2012, 60 p. (in Russian)
9. Horstmann H.M., Bleck E.E. *Orthopaedic management in cerebral palsy*. 2nd Ed. London, Mac Keith Press, 2007, 412 p.
10. Hurley D.S., Sukal-Moulton T., Msall M.E., Gaebler-Spira D., Krosschell K.J., Dewald J.P. The cerebral palsy research registry: development and progress toward national collaboration in the United States. *J. Child. Neurol.*, 2011, vol. 26, no. 12, pp. 1534-1541. DOI: 10.1177/0883073811408903.
11. Rosenbaum P.L., Palisano R.J., Bartlett D.J., Galuppi B.E., Russell D.J. Development of the Gross Motor Function Classification System for cerebral palsy. *Dev. Med. Child. Neurol.*, 2008, vol. 50, no. 4, pp. 249-253. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2008.02045.x.
12. Aiona M.D., Sussman M.D. Treatment of spastic diplegia in patients with cerebral palsy: Part II. *J. Pediatr. Orthop. B*, 2004, vol. 13, no. 3, pp. S13-S38.
13. Damiano D.L., Alter K.E., Chambers H. New clinical and research trends in lower extremity management for ambulatory children with cerebral palsy. *Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am.*, 2009, vol. 20, no. 3, pp. 469-491. DOI: 10.1016/j.pmr.2009.04.005.
14. Lebarbier P., Penneçot G. L'infirmité motrice d'origine cérébrale (IMOC). *Rev. Chir. Orthop. Traumatol.*, 2006, vol. 92, no. 4, pp. 393-395. DOI: RCO-06-2006-92-4-0035-8211-1040-101019-200518541.
15. Novacheck T.F., Stout J.L., Gage J.R., Schwartz M.H. Distal femoral extension osteotomy and patellar tendon advancement to treat persistent crouch gait in cerebral palsy. Surgical technique. *J. Bone Joint Surg. Am.*, 2009, vol. 91, no. Suppl. 2, pp. 271-286. DOI: 10.2106/JBJS.I.00316.
16. Viehweger E., Robitail S., Rohon M.A., Jacquemier M., Jouve J.L., Bollini G., Simeoni M.C. Measuring quality of life in cerebral palsy children. *Ann. Readapt. Med. Phys.*, 2008, vol. 51, no. 2, pp. 119-137. DOI: 10.1016/j.aanrmp.2007.12.002.
17. Popkov D.A., Zmanovskaia V.A., Gubina E.B., Leonchuk S.S., Butorina M.N., Pavlova O.L. Rezultaty mnogourovnevnykh odnomomentnykh ortopedicheskikh operatsii i rannei reabilitatsii v komplekse s botulinoterapiie u patsientov so spasticheskimi formami tserebralnogo paralicha [Results of multilevel orthopedic surgeries and early rehabilitation in combination with Botulinum therapy in patients with spastic cerebral palsy]. *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii im. S.S. Korsakova*, 2015, vol. 115, no. 4, pp. 41-48. (in Russian)
18. Leonchuk S.S., Chibirov G.M., Popkov D.A. Korrektsiya deformatsii stopy po metodike Evans u rebenka s DCP v ramkah odnomomentnogo mnogourovnevnogo ortopedicheskogo vmeshatel'stva. Sluchaj iz praktiki. *Genij ortopedii*. 2016. no. 3. pp. 77-83. (In Russian)
19. DeLuca P.A., Davis R.B. 3rd, Ounpuu S., Rose S., Sirkir N. Alterations in surgical decision making in patients with cerebral palsy based on three-dimensional gait analysis. *J. Pediatr. Orthop.*, 1997, vol. 17, no. 5, pp. 608-614.
20. Gage J.R. *The treatment of gait problems in cerebral palsy. Series: Clinics in developmental medicine*. London, Mac Keith Press, 2004, no. 164-165.
21. Ounpuu S., DeLuca P., Davis R., Romness M. Long-term effects of femoral derotation osteotomies: an evaluation using three-dimensional gait analysis. *J. Pediatr. Orthop.*, 2002, vol. 22, no. 2, pp. 139-145.
22. Rodda J., Graham H.K. Classification of gait patterns in spastic hemiplegia and spastic diplegia: a basis for a management algorithm. *Eur. J. Neurol.*, 2001, vol. 8, no. Suppl. 5, pp. 98-108.
23. Sutherland D.H., Davids J.R. Common gait abnormalities of the knee in cerebral palsy. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 1993, no. 288, pp. 139-147.
24. Lofterod B., Terjesen T., Skaaret I., Huse A.B., Jahnsen R. Preoperative gait analysis has a substantial effect on orthopedic decision making in children with cerebral palsy: comparison between clinical evaluation and gait analysis in 60 patients. *Acta Orthop.*, 2007, vol. 78, no. 1, pp. 74-80.
25. Simon S.R. Quantification of human motion: gait analysis-benefits and limitations to its application to clinical problems. *J. Biomech.*, 2004, vol. 37, no. 12, pp. 1869-1880.
26. Aksenov A.Yu., Heath G.H., Klishkovskaya T.A., Dolganova T.I. Optimising video-based data capture for pathological gait analysis in children with cerebral palsy using a limited number of retro-reflective cameras (literature review). *Genij Ortopedii*, 2019, T. 25, No 1, pp. 102-110. DOI 10.18019/1028-4427-2019-25-1-102-110. (In Russian)
27. Hillman S.J., Hazlewood M.E., Schwartz M.H., Van der Linden M.L., Robb J.E. Correlation of the Edinburgh Gait Score with the Gillette Gait Index, the Gillette Functional Assessment Questionnaire, and dimensionless speed. *J. Pediatr. Orthop.*, 2007, vol. 27, no. 1, pp. 7-11.
28. Novacheck T.F., Stout J.L., Tervo R. Reliability and validity of the Gillette Functional Assessment Questionnaire as an outcome measure in children with walking disabilities. *J. Pediatr. Orthop.*, 2000, vol. 20, no. 1, pp. 75-81.
29. Schwartz M.H., Viehweger E., Stout J., Novacheck T.F., Gage J.R. Comprehensive treatment of ambulatory children with cerebral palsy: an outcome assessment. *J. Pediatr. Orthop.*, 2004, vol. 24, no. 1, pp. 45-53.
30. Read H.S., Hazlewood M.E., Hillman S.J., Prescott R.J., Robb J.E. Edinburgh visual gait score for use in cerebral palsy. *J. Pediatr. Orthop.*, 2003, vol. 23, no. 3, pp. 296-301.
31. Adolfsen S.E., Ounpuu S., Bell K.J., DeLuca P.A. Kinematic and kinetic outcomes after identical multilevel soft tissue surgery in children with cerebral palsy. *J. Pediatr. Orthop.*, 2007, vol. 27, no. 6, pp. 658-667.
32. Lofterod B., Terjesen T. Local and distant effects of isolated calf muscle lengthening in children with cerebral palsy and equinus gait. *J. Child. Orthop.*, 2008, vol. 2, no 1, pp. 55-61. DOI: 10.1007/s11832-007-0074-9.
33. Saraph V., Zwick E.B., Zwick G., Steinwender C., Steinwender G., Linhart W. Multilevel surgery in spastic diplegia: evaluation by physical examination and gait analysis in 25 children. *J. Pediatr. Orthop.*, 2002, vol. 22, no. 2, pp. 150-157.
34. Zwick E.B., Saraph V., Linhart W.E., Steinwender G. Propulsive function during gait in diplegic children: evaluation after surgery for gait improvement. *J. Pediatr. Orthop. B*, 2001, vol. 10, no. 3, pp. 226-233.
35. Gorton G.E. 3rd, Stout J.L., Bagley A.M., Bevans K., Novacheck T.F., Tucker C.A. Gillette Functional Assessment Questionnaire 22-item skill set: factor and Rasch analyses. *Dev. Med. Child. Neurol.*, 2011, vol. 53, no. 3, pp. 250-255. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2010.03832.x.
36. Durkin M.S., Benedict R.E., Christensen D., Dubois L.A., Fitzgerald R.T., Kirby R.S., Maenner M.J., Van Naarden Braun K., Wingate M.S., Yeargin-Allsopp M. Prevalence of Cerebral Palsy among 8-Year-Old Children in 2010 and Preliminary Evidence of Trends in Its Relationship to Low Birthweight. *Paediatr. Perinat. Epidemiol.*, 2016, vol. 30, no. 5, pp. 496-510. DOI: 10.1111/ppe.12299.
37. Graham H.K., Rosenbaum P., Paneth N., Dan B., Lin J.P., Damiano D.L., Becher J.G., Gaebler-Spira D., Colver A., Reddihough D.S., Crompton K.E., Lieber R.L. Cerebral palsy. *Nat. Rev. Dis. Primers*, 2016, vol. 2, pp. 15082. DOI: 10.1038/nrdp.2015.82.

38. Craig J.J., van Vuren J. The importance of gastrocnemius recession in the correction of equinus deformity in cerebral palsy. *J. Bone Joint Surg. Br.*, 1976, vol. 58, no. 1, pp. 84-87.
39. Karamitopoulos M.S., Nirenstein L. Neuromuscular Foot: Spastic Cerebral Palsy. *Foot Ankle Clin.*, 2015, vol. 20, no. 4, pp. 657-668. DOI: 10.1016/j.fcl.2015.07.008.
40. Nordmark E., Hägglund G., Lauge-Pedersen H., Wagner P., Westbom L. Development of lower limb range of motion from early childhood to adolescence in cerebral palsy: a population-based study. *BMC Med.*, 2009, vol. 7, pp. 65. DOI: 10.1186/1741-7015-7-65.
41. Bennet G.C., Rang M., Jones D. Varus and valgus deformities of the foot in cerebral palsy. *Dev. Med. Child. Neurol.*, 1982, vol. 24, no. 4, pp. 499-503.
42. De Coulon G., Turcot K., Canavese F., Dayer R., Kaelin A., Ceroni D. Talonavicular arthrodesis for the treatment of neurological flat foot deformity in pediatric patients: clinical and radiographic evaluation of 29 feet. *J. Pediatr. Orthop.*, 2011, vol. 31, no. 5, pp. 557-563. DOI: 10.1097/BPO.0b013e31821fffa0.
43. Frost N.L., Grassbaugh J.A., Baird G., Caskey P. Triple arthrodesis with lateral column lengthening for the treatment of planovalgus deformity. *J. Pediatr. Orthop.*, 2011, vol. 31, no. 7, pp. 773-782. DOI: 10.1097/BPO.0b013e31822d3882.
44. Fulford G.E. Surgical management of ankle and foot deformities in cerebral palsy. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 1990, no. 253, pp. 55-61.
45. Grice D.S. An extra-articular arthrodesis of the subastragalar joint for correction of paralytic flat feet in children. *J. Bone Joint Surg. Am.*, 1952, vol. 34 A, no. 4, pp. 927-940.
46. Kołodziej Ł., Dobiecki K., Sadlik B. Surgical treatment of advanced, stiff neurologic cavovarus foot in adults. *Ortop. Traumatol. Rehabil.*, 2013, vol. 15, no. 4, pp. 325-333. DOI: 10.5604/15093492.1073831.
47. Ławniczak D., Józwiak M., Manikowska F. Assessment of absolute knee joint linear and angular velocity in patients with spastic cerebral palsy after operative treatment of lever arm dysfunction deformities – prospective study. *Chir. Narządów Ruchu. Ortop. Pol.*, 2010, vol. 75, no. 2, pp. 92-97.
48. Mosca V.S. Calcaneal lengthening for valgus deformity of the hind foot. Results in children who had severe, symptomatic flatfoot and skewfoot. *J. Bone Joint Surg. Am.*, 1995, vol. 77, no. 4, pp. 500-512.
49. Radler C., Kranz A., Manner H.M., Höglinger M., Ganger R., Grill F. Torsional profile versus gait analysis: consistency between the anatomic torsion and the resulting gait pattern in patients with rotational malalignment of the lower extremity. *Gait Posture*, 2010, vol. 32, no. 3, pp. 405-410. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2010.06.019.
50. Sees J.P., Miller F. Overview of foot deformity management in children with cerebral palsy. *J. Child. Orthop.*, 2013, vol. 7, no. 5, pp. 373-377. DOI: 10.1007/s11832-013-0509-4.
51. Yoo W.J., Chung C.Y., Choi I.H., Cho T.J., Kim D.H. Calcaneal lengthening for the planovalgus foot deformity in children with cerebral palsy. *J. Pediatr. Orthop.*, 2005, vol. 25, no. 6, pp. 781-785.
52. Kay R.M., Rethlefsen S.A., Ryan J.A., Wren T.A. Outcome of gastrocnemius recession and tendo-achilles lengthening in ambulatory children with cerebral palsy. *J. Pediatr. Orthop. B*, 2004, vol. 13, no. 2, pp. 92-98.
53. Baddar A., Granata K., Damiano D.L., Carmines D.V., Blanco J.S., Abel M.F. Ankle and knee coupling in patients with spastic diplegia: effects of gastrocnemius-soleus lengthening. *J. Bone Joint Surg. Am.*, 2002, vol. 84, no. 5, pp. 736-744.
54. Dietz F.R., Albright J.C., Dolan L. Medium-term follow-up of Achilles tendon lengthening in the treatment of ankle equinus in cerebral palsy. *Iowa Orthop. J.*, 2006, vol. 26, pp. 27-32.
55. Gorton G.E. 3rd, Abel M.F., Oeffinger D.J., Bagley A., Rogers S.P., Damiano D., Romness M., Tylkowski C. A prospective cohort study of the effects of lower extremity orthopaedic surgery on outcome measures in ambulatory children with cerebral palsy. *J. Pediatr. Orthop.*, 2009, vol. 29, no. 8, pp. 903-909. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181c11c0c.
56. Miller F. *Cerebral Palsy*. 1st Ed. New York, Springer-Verlag, 2005. DOI: 10.1007/b138647.
57. Borton D.C., Walker K., Pirpiris M., Nattrass G.R., Graham H.K. Isolated calf lengthening in cerebral palsy. Outcome analysis of risk factors. *J. Bone Joint Surg. Br.*, 2001, vol. 83, no. 3, pp. 364-370.
58. Segal L.S., Thomas S.E., Mazur J.M., Mauterer M. Calcaneal gait in spastic diplegia after heel cord lengthening: a study with gait analysis. *J. Pediatr. Orthop.*, 1989, vol. 9, no. 6, pp. 697-701.
59. Rose S.A., DeLuca P.A., Davis R.B. 3rd, Ounpuu S., Gage J.R. Kinematic and kinetic evaluation of the ankle after lengthening of the gastrocnemius fascia in children with cerebral palsy. *J. Pediatr. Orthop.*, 1993, vol. 13, no. 6, pp. 727-732.
60. Terjesen T., Lofterød B., Skaaret I. Gait improvement surgery in ambulatory children with diplegic cerebral palsy. *Acta Orthop.*, 2015, vol. 86, no. 4, pp. 511-517. DOI: 10.3109/17453674.2015.1011927.
61. Theologis T. Lever arm dysfunction in cerebral palsy gait. *J. Child. Orthop.*, 2013, vol. 7, no. 5, pp. 379-382. DOI: 10.1007/s11832-013-0510-y.
62. Putz C., Wolf S.I., Geisbüsch A., Niklasch M., Döderlein L., Dreher T. Femoral derotation osteotomy in adults with cerebral palsy. *Gait Posture*, 2016, vol. 49, pp. 290-296. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2016.06.034.
63. Lofterød B., Terjesen T. Changes in lower limb rotation after soft tissue surgery in spastic diplegia. *Acta Orthop.*, 2010, vol. 81, no. 2, pp. 245-249. DOI: 10.3109/17453671003587135.
64. Gannotti M.E., Gorton G.E. 3rd, Nahorniak M.T., Masso P.D. Walking abilities of young adults with cerebral palsy: changes after multilevel surgery and adolescence. *Gait Posture*, 2010, vol. 32, no. 1, pp. 46-52. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2010.03.002.
65. Lehtonen K., Mäenpää H., Piirainen A. Does single-event multilevel surgery enhance physical functioning in the real-life environment in children and adolescents with cerebral palsy (CP)? patient perceptions five years after surgery. *Gait Posture*, 2015, vol. 41, no. 2, pp. 448-453. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2014.11.005.
66. Opheim A., McGinley J.L., Olsson E., Stanghelle J.K., Jahnsen R. Walking deterioration and gait analysis in adults with spastic bilateral cerebral palsy. *Gait Posture*, 2013, vol. 37, no. 2, pp. 165-171. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2012.06.032.

Рукопись поступила 05.04.2019

Сведения об авторах:

1. Чибиров Георгий Миравович, ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия
2. Долганова Тамара Игоревна, д. м. н., ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, Email: rjik532007@rambler.ru
3. Долганов Дмитрий Владимирович, к. б. н., ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия
4. Ducić Siniša, M.D., Ph.D., Children's University Hospital, Belgrade, Serbia
5. Попков Дмитрий Арнольдович, д. м. н., профессор РАН, ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, Email: dpopkov@mail.ru

Information about the authors:

1. Georgy M. Chibirov, M.D., Russian Ilizarov Scientific Centre for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation
2. Tamara I. Dolganova, M.D., Ph.D., Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation, Email: rjik532007@rambler.ru
3. Dmitrii V. Dolganov, Ph.D. of Biological Sciences, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation
4. Siniša Ducić, M.D., Ph.D., Children's University Hospital, Belgrade, Serbia
5. Dmitry A. Popkov, M.D., Ph.D., Professor of RAS, Russian Ilizarov Scientific Centre for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation, Email: dpopkov@mail.ru