

Изменения походки у взрослых и подростков с ДЦП после многоуровневых вмешательств при исходном типе ходьбы, классифицируемом как stiff knee gait

О.И. Гатамов¹, Т.И. Долганова¹, Д.В. Долганов¹, Д.Ю. Борзунов^{2,3}, Г.М. Чибиров¹, Д.А. Попков¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган, Россия

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Екатеринбург, Россия

³Муниципальное автономное учреждение "Центральная городская клиническая больница № 23", г. Екатеринбург, Россия

Changes in gait patterns of adults and adolescents with cerebral palsy following single-event multilevel procedures in stiff knee gait at baseline

O.I. Gatamov¹, T.I. Dolganova¹, D.V. Dolganov¹, D.Yu. Borzunov^{2,3}, G.M. Chibirov¹, D.A. Popkov¹

¹Iizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

²Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation

³Central City Clinical Hospital, Ekaterinburg, Russian Federation

Целью данного исследования явилась оценка результатов многоуровневых вмешательств у подростков и взрослых, страдающих церебральным параличом, с типом походки stiff knee gait, где дистальный трансфер прямой мышцы бедра был одним из элементов операции. **Материалы и методы.** В исследование было включено 20 пациентов (средний возраст 17,1 ± 2,9 года) со stiff knee gait. В 16 случаях уровень нарушений двигательной активности был II, у остальных 4 пациентов соответствовал уровню III согласно GMFCS. Всем пациентам выполнялись многоуровневые одномоментные оперативные вмешательства, включавшие обязательно трансфер дистального сухожилия прямой мышцы бедра. Анализ походки с использованием Эдинбургской шкалы и 3D-анализа выполняли до операции, через 1–2 года после вмешательства. В данной статье проанализированы параметры: Gait Profile Score, угол пикового сгибания в коленном суставе в неопорную фазу, амплитуда движений в коленном суставе на протяжении всего цикла шага, момент наступления максимального сгибания в коленном суставе в % от цикла шага. **Результаты.** При сопоставлении пред- и послеоперационных показателей отмечалось улучшение пикового сгибания коленного сустава в неопорную фазу шага и связанного с этим улучшения показателя клиренса шага. Улучшение терминальной позиции в коленном суставе в неопорную фазу цикла шага сказывалось благоприятно и на первичном контакте стопы с опорной поверхностью. Послеоперационное статистически достоверное увеличение амплитуды движений в коленном суставе на протяжении цикла шага объясняется не только увеличением амплитуды сгибания в коленном суставе в неопорную фазу цикла шага, но также и уменьшением угла сгибания в опорную фазу вследствие устранения патологических значений тыльной флексии стопы в этот момент и, как следствие, устранения необходимости компенсаторной сгибательной установки в коленном суставе для сохранения вертикальной позиции. **Заключение.** Дистальный трансфер m. rectus femoris является эффективным способом коррекции нарушений кинематики коленного сустава у пациентов со stiff knee gait, позволяющим увеличить пиковое сгибание коленного сустава в неопорную фазу цикла шага и общую амплитуду движений коленного сустава. Данную методику рекомендуется выполнять одновременно с устранением других ортопедических нарушений в рамках многоуровневых вмешательств, что ведет к улучшению интегральных показателей, оценивающих походку. Одновременная коррекция исходной избыточной тыльной флексии стопы в опорную фазу шага вследствие ранних операций по удлинению трицепса является строго обязательной при пересадке дистального сухожилия прямой мышцы бедра, имеющей целью предотвратить еще большее увеличение тыльной флексии стопы и развитие ятрогенной crouch gait.

Ключевые слова: ДЦП, многоуровневые одномоментные хирургические вмешательства, ригидная походка

The objective of this study was to evaluate outcomes of single-event multilevel orthopaedic procedures including distal rectus femoris transfer (DRFT) performed for adolescents and adults with cerebral palsy (CP) and stiff knee gait (SKG) pattern. **Material and methods** Twenty patients (mean age, 17.1 ± 2.9 years) with SKG were included in the study. Among them, 16 were classified as GMFCS level II and 4 as GMFCS level III. All patients underwent single-event multilevel orthopedic procedures including DRFT. Gait analysis was performed preoperatively and at a 1-to-2-year follow-up using Edinburgh Visual Gait Score and 3D analysis. The Gait Profile Score (GPS), peak knee flexion in swing phase, knee range of motion across the gait cycle and the maximum knee flexion angle recorded with the time of occurrence as a percentage of the gait cycle were measured in the patients. **Results** Comparison of pre- and postoperative measurements showed improvement in peak knee flexion in swing phase and the associated improvement in foot clearance. Improved knee terminal-swing position was found to improve initial foot contact with the supporting surface. Postoperative statistically significant increase in the knee range of motion across the gait cycle could be attributed to both increase in the knee flexion in swing phase and decrease in the knee flexion angle in stance due to correction of a pathological angle of dorsiflexion that necessitated correction of compensatory knee flexion to retain vertical position. **Conclusion** DRFT has been shown to be effective for correction of disturbed knee kinematics in patients with SKG pattern to allow increase in peak knee flexion in swing phase and overall knee range of motion across the gait cycle. The technique can be advocated as part of single-event multilevel orthopedic procedures to improve integral gait parameters. Excessive ankle dorsiflexion in stance phase resulting from previous triceps surae lengthening surgeries must be accurately addressed with DRFT procedure in order to prevent a greater increase in ankle dorsiflexion and iatrogenic crouch gait.

Keywords: cerebral palsy, single-event multilevel orthopedic surgery, stiff knee gait

ВВЕДЕНИЕ

Походка у пациентов со спастическими параличами, характеризуемая как stiff knee gait или «ригидная», является частым явлением при уровнях нарушения глобальных двигательных функций I и II [1]. Данный

тип походки обусловлен повышенной активностью m. rectus femoris в неопорную фазу цикла шага или постоянной активностью данной мышцы на протяжении всего цикла шага [2]. Это сочетается со сниженным и

Изменения походки у взрослых и подростков с ДЦП после многоуровневых вмешательств при исходном типе ходьбы, классифицируемом как stiff knee gait / О.И. Гатамов, Т.И. Долганова, Д.В. Долганов, Д.Ю. Борзунов, Г.М. Чибиров, Д.А. Попков // Гений ортопедии. 2020. Т. 26, № 2. С. 185–190. DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-2-185-190

Gatamov O.I., Dolganova T.I., Dolganov D.V., Borzunov D.Yu., Chibirov G.M., Popkov D.A. Changes in gait patterns of adults and adolescents with cerebral palsy following single-event multilevel procedures in stiff knee gait at baseline. *Genij Ortopedii*, 2020, vol. 26, no 2, pp. 185–190. DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-2-185-190

запоздалым по времени наступлением момента максимального сгибания коленного сустава в неопорную фазу, а также снижением амплитуды движений в коленном суставе на протяжении всего цикла шага [3, 4].

Разработанная благодаря внедрению компьютерного анализа походки хирургическая операция дистального трансфера *m. rectus femoris* на полусухожильную, тонкую мышцу или бицепс бедра позволила сохранить ее функцию в качестве сгибателя тазобедренного сустава в раннюю стадию неопорной фазы цикла шага и устранить негативную активность разгибателя коленного сустава в неопорную фазу цикла шага, увеличивая клиренс шага [4, 5].

Анализ результатов данной операции возможен только при оценке, как минимум, кинематических па-

раметров походки. Добавление кинематических и электромиографических параметров позволяет исследовать все аспекты изменений биомеханики ходьбы в до- и послеоперационном периоде [2, 6]. Но анализ результатов лечения очень часто в литературе ограничивается исследованием эффекта данной операции [7–10].

В то время как работ по анализу результатов многоуровневых вмешательств, где одним из элементов операции являлся бы дистальный трансфер прямой мышцы бедра, немного [11–13].

Целью данного исследования явилась оценка результатов многоуровневых вмешательств у подростков и взрослых, страдающих церебральным параличом, с типом походки *stiff knee gait*, где дистальный трансфер прямой мышцы бедра был одним из элементов операции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данное исследование было включено 20 пациентов (8 человек женского пола, 12 человек мужского пола), походка которых характеризовалась, среди прочего, клиническими признаками *stiff knee gait*: выраженное снижение клиренса шага, избыточное отведение переносимой конечности в неопорную фазу цикла шага, компенсаторное выпрямление опорной конечности и подъем на носок в опорную фазу, резко позитивный (++)/+++ тест Duncan-Ely (подъем таза над опорной поверхностью при сгибании в коленном суставе менее 90°).

Средний возраст пациентов составил $17,1 \pm 2,94$ года (от 12 до 22 лет). В 16 случаях уровень нарушений двигательной активности был II, у остальных 4 пациентов соответствовал уровню III согласно GMFCS.

Особенностью данной выборки было присутствие в анамнезе у всех пациентов ранее выполненных оперативных вмешательств на мягких тканях: фибромииотомии (одно- или двукратные) – 4 пациента, удлинение ахиллова сухожилия – 6 пациентов, в остальных случаях выполнялись те или иные классические варианты вмешательства на сухожильно-мышечном аппарате (апоневротомии по Strayer, удлинение медиальной группы сгибателей коленных суставов или бицепса бедра).

Всем пациентам выполнялись многоуровневые одномоментные оперативные вмешательства, включавшие трансфер дистального сухожилия прямой мышцы бедра. Всего было выполнено 22 операции (в двух случаях операции на конечностях выполнялись не одновременно, а последовательно), где произведено вмешательство на разгибательном аппарате 38 бедер. На 24 сегментах дистальное сухожилие *m. rectus femoris* пересаживалось на сухожилие полусухожильной мышцы, в 6 случаях – на *m. gracilis*, в остальных – на *m. biceps femoris*. При выполнении данного вида трансфера мы предпочитали использовать сухожилие *m. semitendinosus*, если оно было сохранено после ранее выполненных вмешательств.

В среднем, одна операция включала 5,5 хирургических элемента. Такая высокая концентрация элементов вмешательства была обусловлена часто применяемым двусторонним характером операции. Более детально элементы оперативных вмешательств представлены в таблице 1.

Анализ походки с использованием Эдинбургской шкалы выполняли до операции, через 1–2 года после вмешательства [14] у всех пациентов. Кроме того, че-

тырем пациентам производился компьютерный анализ параметров ходьбы в лаборатории анализа походки Центра Илизарова (Ilizarov Gait Analysis Laboratory).

Таблица 1
Элементы хирургических вмешательств

| Элемент операции | Количество |
|--|------------|
| Удлинение медиальной группы сгибателей коленного сустава, тенотомия <i>m. gracilis</i> | 12 |
| Удлинение аддукторов | 4 |
| Апоневротомия икроножной мышцы, удлинение ахиллова сухожилия | 10 |
| Укорачивание сухожилия <i>m. tibialis post.</i> | 6 |
| Дистальный трансфер <i>m. rectus femoris</i> | 38 |
| Низведение надколенника | 29 |
| Деторсионная остеотомия костей голени | 4 |
| Коррекция <i>hallux valgus</i> | 2 |
| Укорачивание ахиллова сухожилия | 2 |
| Таранно-ладьевидный артродез | 8 |
| Коррекция деформации стопы по Evans | 4 |
| Подтаранный артродез | 2 |
| Всего | 121 |

При исследовании кинематики и кинетики движений пациента использовались 6 камер Oqus компании Qualisys и 1 динамометрическая платформа AMTI (Advanced Mechanical Technology Inc., Watertown, MA) с технологией видеозахвата пассивных маркеров. Пациенты ходили босиком, при необходимости, с поддержкой за руки, с привычной для них скоростью на 7-метровой дорожке. При установке маркеров использовалась модель IOR [15], подходящая для анализа ходьбы, при которой скорость пациента небольшая, что уменьшает артефакты движения кожи. В данной статье проанализированы параметры: Gait Profile Score (GPS), угол пикового сгибания в коленном суставе в неопорную фазу (*peak knee flexion*, PKF), амплитуда движений в коленном суставе на протяжении всего цикла шага (*total knee range of motion*, KROM), момент наступления максимального сгибания в коленном суставе в % от цикла шага (*time to PKF*).

Для статистической обработки данных применяли программу AtteStat 12.0.5. В описательной статистике применяли среднее значение показателя и его стандартное отклонение. Для определения достоверности различий оценки походки по показателям Эдинбургской шкалы использовали парный критерий Вилкоксона.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Средние значения для каждого из исследуемых 17 показателей Эдинбургской шкалы представлены в таблице 2. В целом, отмечено улучшение кинематических параметров походки у пациентов после проведенных операций в течение всего периода наблюдения.

При сопоставлении пред- и послеоперационных показателей отметим явное улучшение пикового сгибания коленного сустава в неопорную фазу шага и связанного с этим улучшения показателя клиренса шага (рис. 1). Улучшение терминальной позиции в коленном суставе в неопорную фазу сказывалось благоприятно и на первичном контакте стопы с опорной поверхностью. Если до операции первичный контакт осуществлялся преимущественно всей стопой или передним отделом из-за выраженного сгибания в коленном суставе непосредственно перед опорной фазой, то после операции улучшение разги-

бания в коленном суставе приводило к возникновению первичного контакта или всей стопой или ее задним отделом. Коррекция торсионных деформаций голени ориентировала правильно стопу относительно вектора движения.

С другой стороны, отметим заметное запаздывание подъема пятки в опорную фазу, которое не изменилось после оперативного лечения. Это объясняется ослаблением трицепса голени вследствие ранее выполненных вмешательств, ведущих к потере силы мышцы в отдаленном периоде: фибромиотомии, удлинению ахиллова сухожилия.

Наконец, произведенное нами оперативное лечение не улучшило существенно параметров баланса туловища во фронтальной и сагиттальной плоскостях.

Компьютерный анализ походки выявил улучшение исследуемых показателей (табл. 3).

Таблица 2

Средние значения показателей Эдинбургской шкалы до операции и в период 1–2 года после вмешательства

| Показатель | До лечения | Через 1,5-2 года |
|--------------------------------|-------------|------------------|
| Initial contact | 1,0 ± 0,51 | 0,5 ± 0,51 |
| Heel lift | 0,94 ± 0,25 | 0,93 ± 0,26 |
| Maximum ankle dorsiflexion | 0,19 ± 0,39 | 0,09 ± 0,17 |
| Hind-foot varus/valgus | 0,38 ± 0,49 | 0,36 ± 0,49 |
| Foot progression angle | 0,75 ± 0,84 | 0,07 ± 0,26 |
| Knee progression angle | 0,13 ± 0,34 | 0,0 ± 0,0 |
| Peak knee extension | 0,06 ± 0,25 | 0,0 ± 0,0 |
| Peak hip extension | 0,13 ± 0,34 | 0,14 ± 0,36 |
| Pelvic obliquity at Mid-Stance | 0,75 ± 0,67 | 0,43 ± 0,50 |
| Pelvic rotation at Mid-Stance | 0,31 ± 0,59 | 0,21 ± 0,42 |
| Trunk Peak Sagittal Position | 0,63 ± 0,49 | 0,29 ± 0,46 |
| Trunk maximum lateral shift | 1,5 ± 0,72 | 1,43 ± 0,50 |
| Clearance | 1,2 ± 0,51 | 0,21 ± 0,42 |
| Maximum ankle dorsiflexion | 0,61 ± 0,59 | 0,13 ± 0,19 |
| Peak knee flexion | 1,4 ± 0,65 | 0,14 ± 0,35 |
| Knee terminal swing position | 1,19 ± 0,74 | 0,18 ± 0,39 |
| Peak hip flexion | 0,25 ± 0,44 | 0,0 ± 0,0 |
| Суммарно | 22,0 ± 5,48 | 9,79 ± 2,83* |

Примечание: * – достоверное различие с исходным суммарным показателем по парному критерию Вилкоксона (p < 0,05).



Рис. 1. Походка пациента К., 15 лет, GMFCS II, верхний ряд фотографий – до лечения, нижний ряд фотографий – через 1 год после операции: а – первичный контакт (до лечения – всей стопой, после – пяточным отделом); б – середина опорной фазы (увеличенная тыльная флексия стопы до лечения); в – запоздалый подъем пятки (во все периоды наблюдения); г – отрыв стопы (toe off), длина шага стала явно больше после операции; д – середина неопорной фазы, нормализация клиренса шага после операции; е – позиция коленного сустава перед контактом стопы с поверхностью, меньшее сгибание после операции; ж – первичный контакт (до лечения – всей стопой, после – пяточным отделом)

Изменение кинематических показателей, исследованных в лаборатории анализа походки

| | До операции | После операции |
|---------|-------------|----------------|
| GPS | 14,2 ± 2,8 | 12,3 ± 1,3 |
| PKF; ° | 44,2 ± 6,7 | 54,8 ± 5,7 |
| % PKF | 91,4 ± 4,5 | 81,6 ± 3,1 |
| KROM; ° | 21,3 ± 10,4 | 42,8 ± 7,2* |

Примечание: * – достоверное различие с исходным суммарным показателем по парному критерию Вилкоксона (p<0,05).

Статистически достоверное увеличение KROM в послеоперационном периоде объясняется не только увеличением амплитуды сгибания в коленном суставе (рис. 2) в неопорную фазу цикла шага, но также и уменьшением угла сгибания в опорную фазу вследствие уstra-

нения патологических значений тыльной флексии стопы в этот момент, и, как следствие, устранения необходимости компенсаторной сгибательной установки в коленном суставе для сохранения вертикальной позиции (рис. 3).

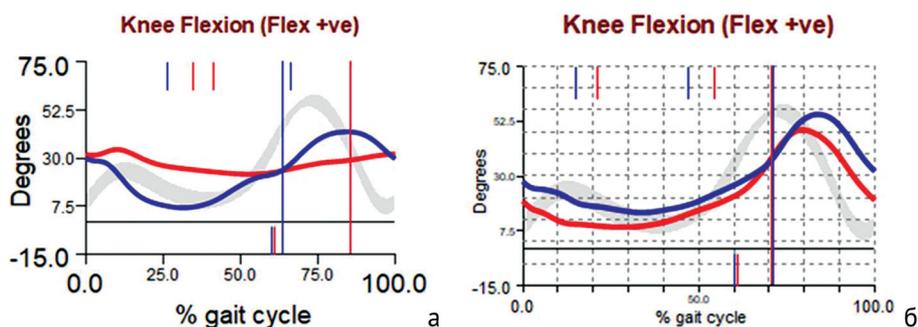


Рис. 2. Гониограммы коленного сустава пациента X., 17 лет, помимо трансфера m. rectus femoris производилась коррекция деформации стоп по Evans, укорачивание сухожилия задней большеберцовой мышцы: а – до лечения (сниженное по амплитуде и задержанное по времени пиковое сгибание коленного сустава в неопорную фазу шага, увеличенное компенсаторное сгибание левого коленного сустава в опорную фазу цикла шага при ятрогенном ослаблении трицепса голени); б – после операции (нормализация амплитуды движений в коленном суставе, но момент пикового сгибания в коленных суставах остается немного задержанным)

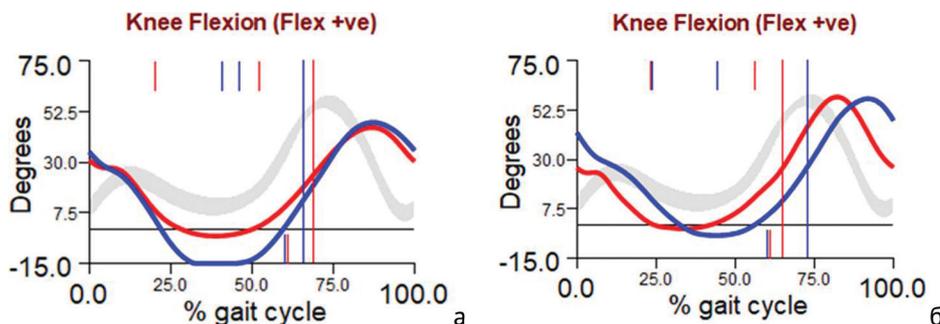


Рис. 3. Гониограммы коленного сустава пациентки III., 14 лет, помимо трансфера m. rectus femoris на левом бедре производилась апоневротомия икроножных мышц по Strayer: а – до лечения (сниженное по амплитуде и задержанное по времени пиковое сгибание коленных суставов в неопорную фазу шага, рекурвация коленных суставов в опорную фазу цикла шага); б – после операции (практически полная нормализация амплитуды движений в коленных суставах, но момент пикового сгибания в правом коленном суставе остается немного задержанным)

ДИСКУССИЯ

Современные способы оценки походки, учитывающие кинематические, кинетические и электромиографические данные с точки зрения мышечной активности, динамического изменения угловых параметров и усилий в суставах относительно фаз цикла шага, позволили определить патологические значения и паттерны походки у пациентов с ДЦП [1, 11, 16]. Именно эти технологии впервые выявили и количественно описали негативное определяющее влияние гиперактивности m. rectus femoris в неопорную фазу шага, ограничивающее пассивное сгибание в коленном суставе и редуцирующее клиренс шага [3–5].

Дистальный трансфер m. rectus femoris на сухожилия сгибателей коленного сустава, то есть, кзади от оси вращения коленного сустава, позволяет компенсиро-

вать недостаточное сгибание в коленном суставе в неопорную фазу шага, в то же время сохраняет функцию этой мышцы как сгибателя тазобедренного сустава, востребованную в первые 20 % неопорной фазы цикла шага [4, 17].

Данная хирургическая процедура позволяет улучшить следующие показатели: угол пикового сгибания в коленном суставе в неопорную фазу (PKF), амплитуду движений в коленном суставе на протяжении всего цикла шага (KROM), момент наступления максимального сгибания в коленном суставе (% PKF) [4, 9, 18]. Значение увеличения PKF варьирует от 1,2 до 17° [2, 4, 9, 12, 19]. В нашей серии увеличение PKF составило немного более 10°, что схоже с данными литературы. Отметим, что исследования динамики максимального

сгибания коленного сустава в неопорную фазу в отдаленном периоде противоречивы. Saw et al. [19] не находят изменения РКФ при средней длительности наблюдения 4,6 года. Saraph et al. [20] отмечают снижение на 5° в период более 3 лет. Thawrani et al. [2] указывают на снижение 6° через 10 лет по сравнению с первым послеоперационным годом. В нашей группе требуется наблюдение пациентов с точки зрения оценки результата в отдаленном периоде.

Остается открытым критерий отбора пациентов для данного вида вмешательства. С точки зрения уровня нарушения глобальных двигательных функций результаты вмешательств у пациентов с доказанной патологической активностью m. rectus femoris в неопорную фазу шага, относящихся к GMFCS I и II, гораздо выше, чем у пациентов с GMFCS III [6, 12]. Однако и в этой группе наилучшие результаты в ближайшем и отдаленном периоде отмечены у пациентов при исходных РКФ менее 64° и % РКФ более 80 % [2].

Еще одним важным аспектом является выполнение дистального трансфера прямой мышцы бедра в рамках многоуровневых вмешательств. Несмотря на то, что первые работы стремились анализировать эффект изолированной пересадки сухожилия данной мышцы, авторы публикаций признавали, что сочетание данной операции с удлинением медиальных сгибателей коленного сустава является более целесообразным, так как позволяет снизить развитие как stiff knee gait, так и улучшить разгибание коленного сустава в опорную фазу, предотвращая развитие crouch gait [4, 5]. В нашей серии пациентов были случаи, когда эти две технологии сочетались, что позволило уменьшить негативный эффект патологической активности m. rectus femoris и увеличить значение показателя максимального разгибания колена в опорную фазу.

Ве Morais et al. [6] поднимают проблему возможного ослабления четырехглавой мышцы после трансфера прямой мышцы бедра и связанного с этим увеличения сгибания в опорную фазу шага. В данном

исследовании отмечается, что после многоуровневых вмешательств некоторое увеличение сгибания в опорную фазу было одинаковым у пациентов, и которым осуществляли трансфер m. rectus femoris, и которым не выполняли данного элемента вмешательства. Причем больший риск увеличения угла сгибания в опорную фазу имеют пациенты с GMFCS III. В 2006 году Carney et al. [21] наблюдали увеличение сгибания коленного сустава в опорную фазу именно у пациентов, которым требуются для самостоятельного передвижения дополнительные средства опоры (GMFCS III). Gage et al. [5] связывали торсионные деформации и связанные с ними дисфункции рычагов с неудовлетворительными исходами дистального трансфера m. rectus femoris.

Именно поэтому мы разделяем мнение коллег, которые выполняют пересадки дистального сухожилия прямой мышцы бедра при stiff knee gait в рамках многоуровневых вмешательств [12, 13].

Наше исследование показало, что коррекция ортопедических нарушений, связанных с ослаблением силы трицепса голени вследствие негативного эффекта от выполнения ранних вмешательств на данном сегменте (фибромиотомии по «методу» Ульзибата [22], открытое удлинение ахиллова сухожилия у детей со спастической диплегией), должна быть проведена обязательно при пересадке сухожилия прямой мышцы бедра, именно с целью сохранения поддержания кинематики коленного сустава в опорную фазу. Из технологий, примененных у наших пациентов, отметим укорачивание ахиллова сухожилия, таранно-ладьевидный артродез или операцию по Evans, укорачивание сухожилия задней большеберцовой мышцы [23, 24]. Коррекция торсионных деформаций также должна составлять часть многокомпонентного оперативного вмешательства у пациентов со stiff knee gait. В результате такой тактики в группе пациентов, включенных в данное исследование, ни в одном случае после трансфера m. rectus femoris не отмечено развитие увеличенного сгибания в коленном суставе в опорную фазу цикла шага.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дистальный трансфер m. rectus femoris является эффективным способом коррекция нарушений кинематики коленного сустава у пациентов со stiff knee gait, позволяющим увеличить пиковое сгибание коленного сустава в неопорную фазу цикла шага и общую амплитуду движений коленного сустава. Данную методику рекомендуется выполнять одновременно с устранением других ортопедических нарушений в рамках многоуровневых вмеша-

тельств, что ведет к улучшению интегральных показателей, оценивающих походку. Одновременная коррекция исходной избыточной тыльной флексии стопы в опорную фазу шага вследствие ранних операций по удлинению трицепса является строго обязательной при пересадке дистального сухожилия прямой мышцы бедра, имеющей целью предотвратить еще большее увеличение тыльной флексии стопы и развитие ятрогенной crouch gait.

Этика публикации: пациенты дали добровольное информированное согласие на публикацию клинического наблюдения.

Конфликт интересов: не заявлено.

Источник финансирования: не заявлено.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wren T.A., Rethlefsen S., Kay R.M. Prevalence of specific gait abnormalities in children with cerebral palsy: influence of cerebral palsy subtype, age, and previous surgery // J. Pediatr. Orthop. 2005. Vol. 25, No 1. P. 79-83. DOI: 10.1097/00004694-200501000-00018.
2. Rectus femoris transfer improves stiff knee gait in children with spastic cerebral palsy / D. Thawrani, T. Haumont, C. Church, L. Holmes Jr., K.W. Dabney, F. Miller // Clin. Orthop. Relat. Res. 2012. Vol. 470, No 5. P. 1303-1311. doi: 10.1007/s11999-011-2215-1.
3. The effect of rectus EMG patterns on the outcome of rectus femoris transfers / F. Miller, D.R. Cardoso, G.E. Lipton, J.P. Albarracin, K.W. Dabney, P. Castagno // J. Pediatr. Orthop. 1997. Vol. 17, No 5. P. 603-607. DOI: 10.1097/00004694-199709000-00006.
4. Sutherland D.H., M. Santi, M.F. Abel / Treatment of stiff-knee gait in cerebral palsy: a comparison by gait analysis of distal rectus femoris transfer versus proximal rectus release // J. Pediatr. Orthop. 1990. Vol. 10, No 4. P. 433-441.
5. Rectus femoris transfer to improve knee function of children with cerebral palsy / J.R. Gage, J. Perry, R.R. Hicks, S. Koop, J.R. Werntz // Dev. Med.

- Child. Neurol. 1987. Vol. 29, No 2. P. 159-166. DOI: 10.1111/j.1469-8749.1987.tb02131.x.
6. Does rectus femoris transfer increase knee flexion during stance phase in cerebral palsy? / M.C. de Morais, F.C. Blumetti, C.M. Kawamura, J.A. Lopes, D.L. Neves, Mde O. Cardoso // Acta Ortop. Bras. 2016. Vol. 24, No 1. P. 27-31. DOI: 10.1590/1413-785220162401145765.
 7. In vivo motion of the rectus femoris muscle after tendon transfer surgery // D.S. Asakawa, S.S. Blemker, G.E. Gold, S.L. Delp // J. Biomech. 2002. Vol. 35, No 8. P. 1029-1037. DOI: 10.1016/s0021-9290(02)00048-9.
 8. Kinematic and kinetic factors that correlate with improved knee flexion following treatment for stiff-knee gait / S.R. Goldberg, S. Ounpuu, A.S. Arnold, J.R. Gage, S.L. Delp // J. Biomech. 2006. Vol. 39, No 4. P. 689-698. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2005.01.015.
 9. Rectus femoris surgery in children with cerebral palsy. Part I: The effect of rectus femoris transfer location on knee motion / S. Ounpuu, E. Muik, R.B. Davis III, J.R. Gage, P.A. DeLuca // J. Pediatr. Orthop. 1993. Vol. 13, No 3. P. 325-330. DOI: 10.1097/01241398-199305000-00010.
 10. Rectus femoris surgery in children with cerebral palsy. Part II: A comparison between the effect of transfer and release of the distal rectus femoris on knee motion / S. Ounpuu, E. Muik, R.B. Davis III, J.R. Gage, P.A. DeLuca // J. Pediatr. Orthop. 1993. Vol. 13, No 3. P. 331-335. DOI: 10.1097/01241398-199305000-00011.
 11. Nene A.V., Evans G.A., Patrick J.H. Simultaneous multiple operations for spastic diplegia. Outcome and functional assessment of walking in 18 patients // J. Bone Joint Surg. Br. 1993. Vol. 75, No 3. P. 488-494.
 12. Rectus femoris transfer in cerebral palsy patients with stiff knee gait / S.Y. Lee, S.-S. Kwon, C.Y. Chung, K.M. Lee, Y. Choi, T.G. Kim, W.C. Shin, I.H. Choi, T.-J. Cho, W.J. Yoo, M.S. Park // Gait Posture. 2014. Vol. 40, No 1. P. 76-81. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2014.02.013.
 13. Ławniczak D., Józwiak M., Manikowska F. Ocena całkowitej predkości liniowej i katowej stawu kolanowego u chorych z postacią spastyczną mózgowego porażenia po operacyjnym leczeniu tzw. "deformacji dźwigniowo zależnych" kończyn dolnych--badanie prospektywne [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. (in Polish).
 14. Edinburgh visual gait score for use in cerebral palsy / H.S. Read, M. Hazlewood, S.J. Hillman, R.J. Prescott, J.E. Robb // J. Pediatr. Orthop. 2003. Vol. 23, No 3. P. 296-301.
 15. A new anatomically based protocol for gait analysis in children / A. Leardini, Z. Sawacha, G. Paolini, S. Ingrassio, R. Nativio, M.G. Benedetti // Gait Posture. 2007. Vol. 26, No 4. P. 560-571. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2006.12.018.
 16. Natural progression of gait in children with cerebral palsy // K.J. Bell, S. Ounpuu, P.A. DeLuca, M.J. Romness // J. Pediatr. Orthop. 2002. Vol. 22, No 5. P. 677-682.
 17. Perry J. Distal rectus femoris transfer // Dev. Med. Child. Neurol. 1987. Vol. 29, No 2. P. 153-158. DOI: 10.1111/j.1469-8749.1987.tb02130.x.
 18. Moreau N., Tinsley S., Li L. Progression of knee joint kinematics in children with cerebral palsy with and without rectus femoris transfers: a long-term follow up // Gait Posture. 2005. Vol. 22, No 2. P. 132-137. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2004.08.003.
 19. Rectus femoris transfer for children with cerebral palsy: long-term outcome / A. Saw, P.A. Smith, Y. Sirirungruangsarn, S. Chen, S. Hassani, G. Harris, K.N. Kuo // J. Pediatr. Orthop. 2003. Vol. 23, No 5. P. 672-678. DOI: 10.1097/00004694-200309000-00020.
 20. Gait improvement surgery in diplegic children: how long do the improvements last? / V. Saraph, E.B. Zwick, C. Auner, F. Schneider, G. Steinwender, W. Linhart // J. Pediatr. Orthop. 2005. Vol. 25, No 3. P. 263-267. DOI: 10.1097/01.bpo.0000151053.16615.86.
 21. Carney B.T., Oeffinger D., Gove N.K. Sagittal knee kinematics after rectus femoris transfer without hamstring lengthening // J. Pediatr. Orthop. 2006. Vol. 26, No 2. P. 265-267. DOI: 10.1097/01.bpo.0000218535.89727.47.
 22. Шишов С.В., Ившин В.Г. Минимально инвазивные операции на мышцах у детей с ДЦП. Опыт пятилетнего применения // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2016. № 2. С. 137-141. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_26423859_32119271.pdf (дата обращения: 23.03.2018).
 23. 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. Том 115, № 4. С. 41-48. DOI: 10.17116/jnevro20151154141-48.
 24. Леончук С.С., Чибиров Г.М., Попков Д.А. Коррекция деформации стопы по методике Evans у ребенка с ДЦП в рамках одномоментного многоуровневого вмешательства. Случай из практики // Гений ортопедии. 2016. № 3. С. 77-83. DOI: 10.18019/1028-4427-2016-3-77-83.

Рукопись поступила 04.02.2020

Сведения об авторах:

1. Гатамов Орхан Ильхам оглы, ФГБУ «НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия
2. Долганова Тамара Игоревна, д. м. н., ФГБУ «НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, Email: rjik532007@rambler.ru
3. Долганов Дмитрий Владимирович, к. б. н., ФГБУ «НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, Email: Paradigma-DV@rambler.ru
4. Борзунов Дмитрий Юрьевич, д. м. н., ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Екатеринбург, Россия, МАУ "ЦГКБ № 23", г. Екатеринбург, Россия, Email: borzunov@bk.ru
5. Чибиров Георгий Миравович, к. м. н., ФГБУ «НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, Email: georgii_chibirov@mail.ru
6. Попков Дмитрий Арнольдович, д. м. н., профессор РАН, член-корр. Французской Академии медицинских наук, ФГБУ «НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, Email: dpopkov@mail.ru

Information about the authors:

1. Orhan I. Gatamov, M.D., Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation
2. Tamara I. Dolganova, M.D., Ph.D., Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation, Email: rjik532007@rambler.ru
3. Dmitrii V. Dolganov, Ph.D. of Biological Sciences, Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation, Email: Paradigma-DV@rambler.ru
4. Dmitry Yu. Borzunov, M.D., Ph.D., Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation, Central City Clinical Hospital, Ekaterinburg, Russian Federation, Email: borzunov@bk.ru
5. Georgy M. Chibirov, M.D., Ph.D., Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation, Email: georgii_chibirov@mail.ru
6. Dmitry A. Popkov, M.D., Ph.D., Professor of RAS, correspondent member French Academy of Medical Sciences, Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation, Email: dpopkov@mail.ru