

Анализ причин патологических паттернов кинематического локомоторного профиля по данным компьютерного анализа походки у детей со спастическими формами ДЦП

Г.М. Чибиров, Т.И. Долганова, Д.В. Долганов, Д.А. Попков

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. акад. Г.А. Илизарова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган, Россия

Analysis of the causes of pathological patterns of the kinematic locomotor profile based on the findings of computer gait analysis in children with spastic CP types

G.M. Chibirov, T.I. Dolganova, D.V. Dolganov, D.A. Popkov

Russian Ilizarov Scientific Centre for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation

Для интерпретации клинического анализа походки (CGA) необходимо связать изменения в походке с клиническими нарушениями и дифференцировать первичные отклонения в стереотипе походки от компенсаторно-приспособительных изменений. **Цель.** Оценить соотношение выявленных патологических элементов локомоторного профиля по данным видеоанализа походки и клинического осмотра пациентов; сопоставить выявленные отклонения в кинематике походки с вероятными клиническими причинами, которые вызвали эти отклонения. **Материалы и методы.** Клинический осмотр и оценка локомоторного профиля методом видеоанализа походки (CGA) проведены у 46 детей (92 конечности) с двусторонними спастическими формами ДЦП (25 мальчиков и 21 девочка). Использовались 6 камер Oqus компании Qualisys и 1 динамометрическая платформа AMTI (Advanced Mechanical Technology Inc., Watertown, MA, USA) с технологией видеозахвата пассивных маркеров. При установке маркеров использовалась модель IOR. Анализировались паттерны локомоторного профиля, принятые Дельфийской конвенцией. Долевая оценка диагностических совпадений или расхождений оценивалась в процентах. **Результаты.** Долевое соотношение выявленных патологических элементов локомоторного профиля по данным видеоанализа походки и клинического осмотра пациентов представлено в таблицах. Положительное соотношение выявленных патологических элементов локомоторного профиля по данным видеоанализа походки и клинического осмотра пациентов составило, в среднем, 66,7 %. Наименьшая частота ошибок: при оценке ограничения амплитуды движения голеностопного сустава и тазобедренного сустава – 82,6 % и 81,8 % положительных результатов соответственно. **Дискуссия.** Клинический анализ походки (CGA) имеет решающее значение в спорных ситуациях относительно деторсионных остеотомий в многоуровневых операциях. **Выводы.** Ретракция мышц является основным (первичным) клиническим признаком, приводящим к позиционным кинематическим отклонениям в суставах и сегментах. Ограничение амплитуды движений в коленном и голеностопном суставах, как следствие ретракции мышц, формирует вторичные контрактуры этих суставов.

Ключевые слова: ДЦП, клинический анализ походки

To interpret the clinical gait analysis (CGA), it is necessary to associate changes in gait with clinical impairment and differentiate the primary deviations in the gait stereotype from compensatory adaptive changes. **Purpose** To assess the pathological elements of the locomotor profile according to video gait analysis and clinical examination of patients; to compare the abnormalities identified in gait kinematics with the probable clinical causes of these abnormalities. **Materials and methods** Clinical examination and assessment of the locomotor profile with video gait analysis (CGA) were performed in 46 children (92 limbs) with bilateral spastic types of cerebral palsy (25 boys, 21 girls). We used 6 Qualisys Oqus cameras and one AMTI dynamometric platform (Advanced Mechanical Technology Inc., Watertown, MA, USA) with passive marker video capture technology. The IOR model was used for installing markers. The patterns of the locomotor profile adopted by the Delphic Convention were analyzed. The assessment of diagnostic coincidences or discrepancies was evaluated as percentage rates. **Results** The portion of the pathological elements of the locomotor profile identified according to the video gait analysis and clinical examination of patients is presented in the tables. The positive ratio of the pathological elements of the locomotor profile identified according to the video gait analysis and clinical examination of patients averaged 66.7 %. The lowest error rate: when assessing the limitation of the range of motion of the ankle joint and hip joint there were 82.6% and 81.8% of positive results, respectively. **Discussion** Clinical gait analysis (CGA) is crucial in controversial situations regarding detorsion osteotomies in multilevel operations. **Conclusions** Muscle retraction is the main (primary) clinical sign leading to positional kinematic deviations in joints and segments. The limitation of the range of motion in the knee and ankle joints due to muscle retraction results in secondary contractures of these joints.

Keywords: cerebral palsy, clinical gait analysis

Видеоанализ движений и критерии Edinburgh Gait Assessment – методы исследований в диагностике нарушений походки [1], планировании оперативных ортопедических вмешательств и реабилитации больных детским церебральным параличом, позволяющие количественно детализировать выявляемый характер нарушений и контролировать эффективность восстановительного лечения [2–5]. Но объективным «золотым» стандартом в диагностике функциональных нарушений опорно-двигательного аппарата является ком-

пьютерное инструментальное исследование биомеханики функции ходьбы – клинический анализ походки (Clinical Gait Analysis – CGA), который позволяет количественно детализировать выявляемые нарушения [6], что необходимо при планировании многоуровневой хирургии у данной группы пациентов [7–9].

Изменения локомоторного профиля при ДЦП объединяют большое количество разнообразных отклонений, а не четко ограниченных форм. Чтобы интерпретировать CGA, необходимо связать изменения в

походке с клиническими нарушениями и дифференцировать первичные отклонения в стереотипе походки от компенсаторно-приспособительных изменений.

Цель исследования – оценить соотношение выявленных патологических элементов локомоторного

профиля по данным видеоанализа походки и клинического осмотра пациентов; сопоставить отклонения в кинематике походки, наблюдаемые в отдельном суставе/сегменте, с вероятными клиническими причинами, которые вызвали эти отклонения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Клинический осмотр и оценка локомоторного профиля методом видеоанализа походки проведены у 46 детей (92 конечности) с двусторонними спастическими формами ДЦП (25 мальчиков и 21 девочка). Средний возраст на момент анализа походки составлял 11,9 (5–18) года. Все пациенты ранее перенесли хирургические вмешательства. Уровень двигательных расстройств был определен в соответствии с классификацией глобальных моторных функций (GMFCS) [10]: у 5 детей был определен I уровень, у 31 – II уровень и у 10 – III функциональный уровень.

Анализ походки включал физическое обследование (мышечную силу и избирательный моторный контроль, спастичность, диапазон движений сустава и вращательное выравнивание нижних конечностей), видеозапись во фронтальной и сагиттальной плоскости, а также трехмерную кинематику. В нашем Центре в научной лаборатории Клиники нейроортопедии и системных заболеваний (Ilizarov Gait Analysis Laboratory) при исследовании кинематики и кинетики движений пациента использовались 6 камер Oqus компании Qualisys и 1 динамометрическая платформа AMTI (Advanced Mechanical Technology Inc., Watertown, MA, USA) с технологией видеозахвата пассивных маркеров. Дети ходили босиком, при необходимости, с поддержкой за руки, с привычной для них скоростью на 7-метровой дорожке. При установке маркеров использовалась модель IOR [11], которая оптимальна при

минимальной конфигурации системы, подходит для анализа ходьбы, при которой скорость пациента небольшая, что уменьшает артефакты движения кожи [12].

В работе анализируются паттерны локомоторного профиля, принятые Дельфийской конвенцией [13, 14, 15]: кинематика голеностопного сустава в горизонтальной (рис. 1) и в сагиттальной плоскостях (рис. 2); кинематика коленного сустава в сагиттальной (рис. 3), во фронтальной (рис. 4) и в горизонтальной (рис. 5) плоскостях, кинематика тазобедренного сустава в сагиттальной, фронтальной и горизонтальной плоскостях (рис. 6), кинематика таза в сагиттальной (рис. 7), горизонтальной и фронтальной плоскостях (рис. 8).

Положительными результатами считались случаи, когда данные клинического диагноза совпадали с данными видеоанализа. Отрицательными – когда на видеоанализе выявлялись патологические элементы, не отмеченные клинически, и, наоборот, когда клиника не подтверждалась данными видеоанализа. Долевая оценка диагностических совпадений или расхождений оценивалась в процентах.

На проведение исследований получено разрешение комитета по этике при ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова». Все пациенты, участвующие в исследовании, подписали информированное согласие на проведение данного исследования и публикацию результатов исследований без идентификации личности.

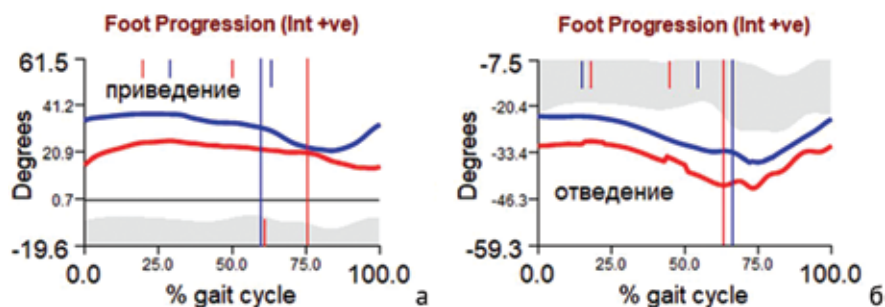


Рис. 1. Пример кинематики голеностопного сустава в горизонтальной плоскости: а – больного К., 11 лет, ДЦП, спастическая диплегия, GMFCS II – установка правой, левой стопы в положении приведения в опорный и неопорный цикл шага; б – больного П., 12 лет, ДЦП, спастическая диплегия, GMFCS II – установка правой, левой стопы в положении отведения в опорный и неопорный цикл шага

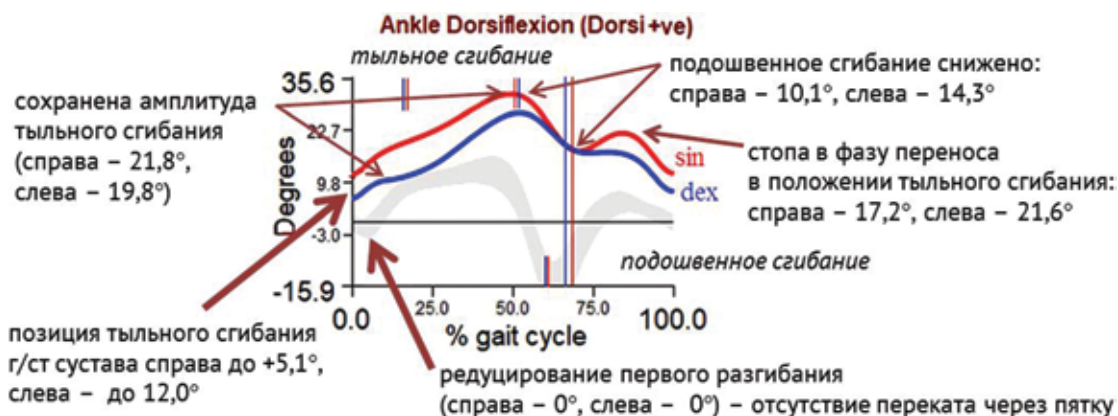


Рис. 2. Пример кинематики голеностопного сустава в сагиттальной плоскости больного Р., 11 лет, ДЦП, спастическая диплегия, GMFCS II – установка правой, левой стопы в положении тыльного сгибания в опорный и неопорный цикл шага

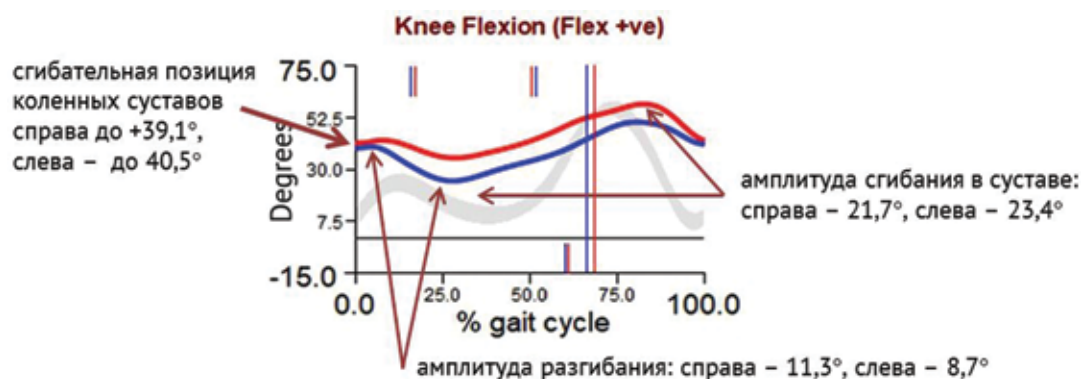


Рис. 3. Пример кинематики коленного сустава в сагиттальной плоскости больного Р., 11 лет, ДЦП, спастическая диплегия, GMFCS II – сгибательная позиция правого и левого коленных суставов в опорный и неопорный цикл шага

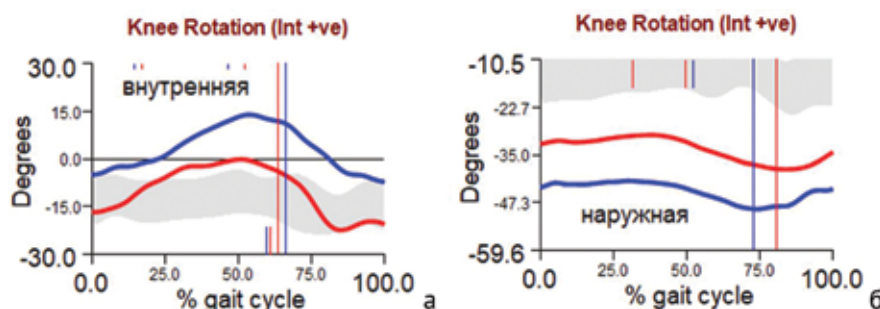


Рис. 4. Пример кинематики коленного сустава в горизонтальной плоскости: а – больного С., 11 лет, ДЦП, спастическая диплегия, GMFCS II – установка правого коленного сустава в положении внутренней торсии в опорный цикл шага; б – больного Т., 15 лет, ДЦП, спастическая диплегия, GMFCS III – установка правого, левого колена в положении наружной торсии в опорный и неопорный цикл шага

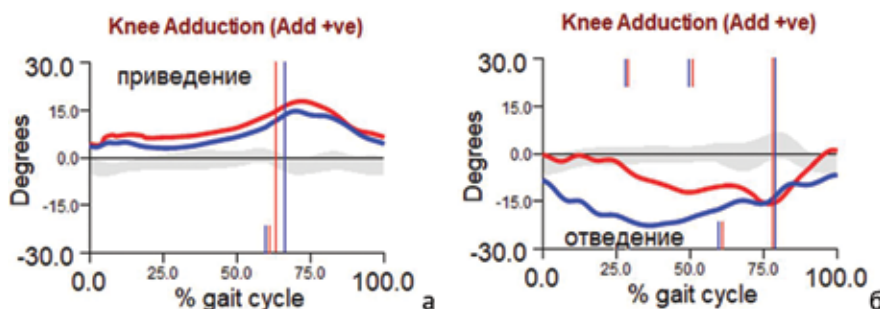


Рис. 5. Пример кинематики коленного сустава во фронтальной плоскости: а – больного Р., 10 лет, ДЦП, спастическая диплегия, GMFCS II – установка правой и левой голени в положении приведения в опорный и неопорный цикл шага; б – больного М., 15 лет, ДЦП, спастическая диплегия, GMFCS III – установка правой и левой голени в положении отведения в опорный и неопорный цикл шага

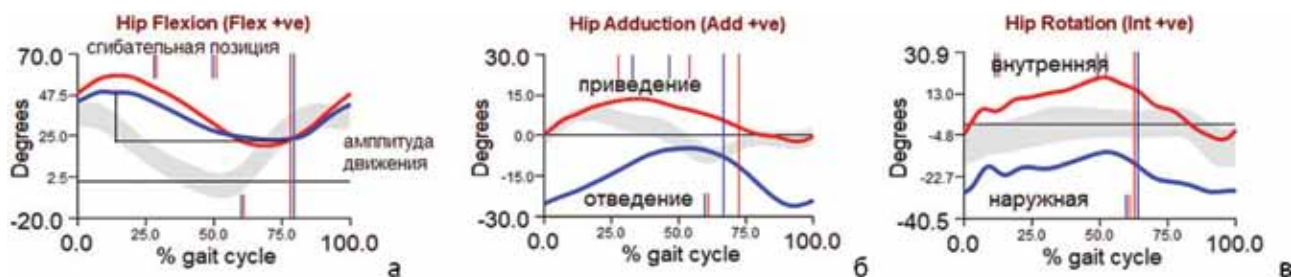


Рис. 6. Пример кинематики тазобедренного сустава: а – больного Б., 10 лет, ДЦП, спастическая диплегия, GMFCS II (в сагиттальной плоскости) – сгибательная позиция правого, левого бедра; б – больного Р., 11 лет, ДЦП, спастическая диплегия, GMFCS III (во фронтальной плоскости), слева – установка бедра в позицию приведения, отсутствует отведение бедра, справа – установка бедра в позицию отведения в опорную и неопорную фазу цикла шага; в – больного К., 12 лет, ДЦП, спастическая диплегия, GMFCS II (в горизонтальной плоскости), справа – наружная торсия бедра, слева – внутренняя торсия бедра

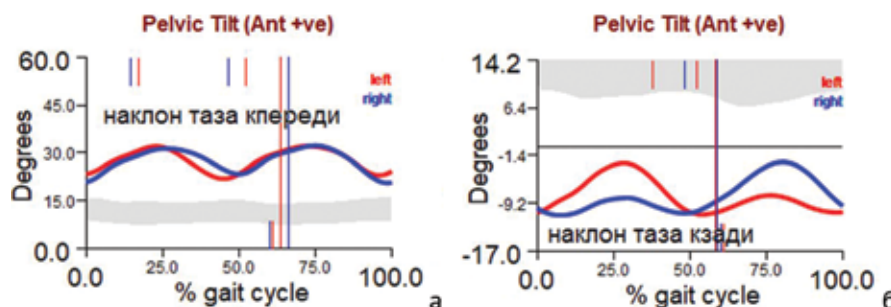


Рис. 7. Пример кинематики таза в сагиттальной плоскости: а – больного С., 15 лет, ДЦП, спастическая диплегия, GMFCS II – наклон таза кпереди; б – больного Х., 10 лет, ДЦП, спастическая диплегия, GMFCS III – наклон таза кзади

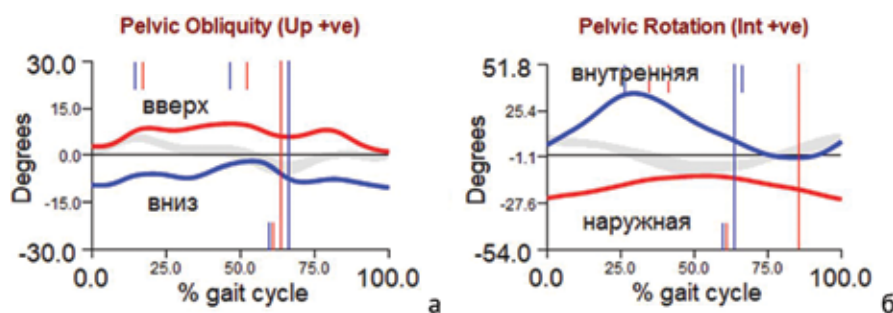


Рис. 8. Пример кинематики таза: а – больного Б., 15 лет, ДЦП, спастическая диплегия, GMFCS II (во фронтальной плоскости) – наклон таза справа вниз за счет укороченной правой нижней конечности; б – больного Ф., 11 лет, ДЦП, спастическая диплегия, GMFCS II (в горизонтальной плоскости) – ротация таза внутрь справа

РЕЗУЛЬТАТЫ

Долевое соотношение выявленных патологических элементов локомоторного профиля по данным видеоанализа походки и клинического осмотра пациентов представлены в таблице 1. Результаты сопостав-

ления отклонения в кинематике походки, наблюдаемые в отдельном суставе/сегменте, с клиническими причинами, которые их вызвали, представлены в таблицах 2, 3, 4, 5.

Таблица 1

Процентное соотношение выявленных патологических элементов локомоторного профиля по данным видеоанализа походки и клинического осмотра пациентов

Элементы локомоторного профиля	Положительные результаты	Отрицательные результаты	
		видеоанализ, не выявленный клинически	клиника, не подтвержденная видеоанализом
Установка стопы в положении отведения/приведения в опорную фазу (n = 92)	67 (72,8 %)	23 (25,0 %)	2 (2,2 %)
Установка стопы в положение тыльного сгибания в опорную фазу (n = 57)	37 (64,9 %)	18 (33,5 %)	2 (1,6 %)
Установка стопы в положение подошвенного сгибания в опорную фазу (n = 35)	27 (77,1 %)	6 (17,1 %)	2 (5,7 %)
Изменения в амплитуде движения г/с сустава. Из них:			
редуцирование подошвенного сгибания (8–10 % цикла шага – ЦШ) (n = 92)	67 (72,8 %)	20 (21,7 %)	5 (5,5 %)
низкоамплитудное тыльное сгибание (10–55 % ЦШ) (n = 77)	39 (50,6 %)	8 (14,0 %)	30 (35,4 %)
ограничение амплитуды движения (55–70 % ЦШ) (n = 92)	76 (82,6 %)	16 (17,4 %)	
Установка стопы в неопорную фазу. Из них в позиции:			
тыльного сгибания (n = 67)	34 (50,7 %)	29 (43,3 %)	4 (6,0 %)
подошвенного сгибания (n = 16)	10 (62,5 %)	1 (6,2 %)	5 (31,3 %)
Сгибательная позиция коленного сустава (15–25 % ЦШ) (n = 83)	47 (55,5 %)	31 (38,8 %)	5 (5,7 %)
Ограничение разгибания колена (25–45 % ЦШ) (n = 75)	55 (73,3 %)	13 (17,3 %)	7 (9,4 %)
Ограничение сгибания в коленном суставе (45–70 % ЦШ) (n = 59)	39 (66,1 %)	16 (27,1 %)	4 (6,8 %)
Торсионная установка коленного сустава (наружная /внутренняя) в опорную фазу (n = 85)	49 (57,6 %)	17 (20,0 %)	19 (22,4 %)
Установка голени в позицию отведения/приведения (опорный период цикла шага) (n = 31)	20 (64,5 %)	11 (35,6 %)	
Сгибательная позиция бедра (8–10 % ЦШ) (n = 77)	43 (55,5 %)	25 (33,3 %)	9 (11,2 %)
Ограничение амплитуды движения в т/б суставе (55 % -95 % ЦШ) (n = 11)	9 (81,8 %)	2 (18,2 %)	
Установка бедра в позицию «отведение/приведение» относительно таза (в опорную фазу цикла шага) (n = 92)	67 (72,8 %)	25 (27,2 %)	
Торсия бедра наружная/внутренняя (n = 72)	44 (61,1 %)	21 (29,2 %)	7 (9,7 %)
Положение таза в сагиттальной плоскости вперед/назад (n = 46)	34 (73,9 %)	10 (21,7 %)	2 (4,4 %)
Перегиб таза во фронтальной плоскости (вверх/вниз) (n = 46)	36 (78,3 %)	10 (21,7 %)	
Положение таза в горизонтальной плоскости - внутренняя/наружная ротация (n = 46)	26 (56,5 %)	15 (32,6 %)	5 (10,9 %)

n – общее количество анализируемых суставов/сегментов.

Таблица 2

Клинические признаки при кинематических отклонениях в тазобедренном суставе (n – общее количество анализируемых суставов/сегментов; доля в выборке, %)

Вид движений сустава/сегмента	Сопутствующие клинические признаки	Кол-во случаев
Сгибательная позиция бедра (n = 77)	Ретракция подвздошно-поясничной мышцы (m. iliopsoas)	19 (24,7 %)
	Ретракция прямой мышцы бедра (m. rectus femoris)	54 (70,1 %)
	Подвывих бедра	4 (5,2 %)
Установка бедра в позицию приведения (n = 19)	Ретракция приводящих мышц бедра	19 (100 %)
Установка бедра в позицию отведения (n = 48)	Предположительно компенсаторная установка н/к	48 (100 %)
Наружно-ротационная установка бедра (n = 21)	Ретроверсия шейки бедра	4 (19 %)
	Ретракция наружных ротаторов	17 (81 %)
Внутри-ротационная установка бедра (n = 51)	Антеверсия шейки бедра	14 (27,5 %)
	Ретракция внутренних ротаторов	37 (72,5 %)

Таблица 3

Клинические признаки при кинематических отклонениях в коленном суставе
(n – общее количество анализируемых суставов/сегментов; доля в выборке, %)

Вид движений сустава/сегмента	Сопутствующие клинические признаки	Количество случаев
Сгибательная позиция коленного сустава (n = 47)	Ретракция сгибателей коленного сустава (включая высокую позицию надколенника)	40 (85,1 %)
	Сгибательная контрактура тазобедренного сустава	7 (14,9 %)
Ограничение амплитуды движений в коленном суставе (n = 59)	Контрактура коленного сустава	56 (94,9 %)
	Stiff knee gait	3 (5,1 %)
Наружная торсия коленного сустава (n = 45)	Контрактура т/б сустава	25 (55,5 %)
	Торсионная деформация бедра	20 (44,5 %)
Внутренняя торсия коленного сустава (n = 40)	Избыточная антеверсия шейки бедра	17 (42,5 %)
	Ретракция изящной мышцы (m. gracilis)	23 (57,5 %)
Установка голени в позицию отведения (n = 31)	Избыточная антеверсия шейки бедра	12 (38,7 %)
	Вальгусная деформация нижних конечностей	19 (61,3 %)
Установка голени в позицию приведения (n = 11)	Приводящая контрактура тазобедренных суставов	7 (63,6 %)
	Варусная деформация нижних конечностей	4 (36,4 %)

Таблица 4

Клинические признаки при кинематических отклонениях таза при ходьбе
(n – общее количество анализируемых суставов/сегментов; доля в выборке, %)

Вид движений сустава/сегмента	Сопутствующие клинические признаки	Количество случаев
Наклон таза вперед (n = 30)	Ретракция подвздошно-поясничной мышцы (m. iliopsoas)	23 (77,6 %)
	Ретракция прямой мышцы бедра (m. rectus femoris)	7 (22,4 %)
Увеличение амплитуды движений таза в сагиттальной плоскости (n = 24)	Контрактура т/б сустава	22 (91,6 %)
	Подвывих бедра	2 (8,4 %)
Перекося таза во фронтальной плоскости (n = 38)	Укорочение нижней конечности	25 (65,7 %)
	Стойкая приводящая контрактура т/б сустава с отсутствием сектора отведения	13 (34,3 %)
Ротация таза (n = 27)	При гемипарезе – следствие внутренней ротации контрпораженной конечности	27 (100 %)

Таблица 5

Клинические признаки при кинематических отклонениях в голеностопном суставе и стопе
(n – общее количество анализируемых суставов/сегментов; доля в выборке, %)

Вид движений сустава/сегмента	Сопутствующие клинические признаки	Количество случаев
Варусная деформация стопы (n = 4)	Ретракция задней б/берцовой мышцы, передней б/берцовой мышцы	4 (100 %)
Вальгусная деформация стопы (n = 19)	Ранее проведенные операции	3 (15,7 %)
	Контрактуры суставов нижних конечностей	16 (84,3 %)
Установка стопы в положение отведения (n = 50)	Деформация стопы	50 (100 %)
	Контрактура коленного сустава	25 (50 %)
Установка стопы в положение приведения (n = 42)	Деформация стопы	37 (88,1 %)
	Внутриторсионная деформация бедра	5 (11,9 %)
Сгибательная установка стопы (n = 59)	Ретракция тыльных флексоров стопы	21 (35,5 %)
	Недостаточный тонус подошвенных флексоров стопы (после Ульзибат)	38 (64,5 %)
Разгибательная установка стопы (n = 6)	Ретракция подошвенных флексоров стопы	6 (100 %)
Редуцирование подошвенного сгибания (n = 86)	Выраженная сгибательная контрактура коленного сустава	72 (83,7 %)
	Деформация стопы в сочетании с ретракцией подошвенных флексоров стопы	86 (100 %)

Результаты процентного соотношения выявленных патологических элементов локомоторного профиля по данным видеоанализа походки и клинического осмотра пациентов были оценены как положительные, в среднем, в 66,5 % случаев. Отрицательные результаты, когда патологический элемент походки определялся методом CGA, но не был отмечен клинически, определялся, в среднем, в 25 % случаев; а клинический симптом, не подтвержденный компьютерным видеоанализом, – в 8,4 % случаев (табл. 1). Доля расхождений в оценке установки стопы (в положении

отведения/приведения, тыльного/подошвенного сгибания) по данным клинического осмотра и CGA составила, в среднем, составила 28,4 % наблюдений, из них 88 % – это случаи, не отмеченные при клиническом осмотре. Наибольшее число отрицательных результатов в оценке тыльного сгибания (18 из 20 случаев) было выявлено только количественно методом CGA (табл. 1). Варусная деформация стопы у всех пациентов была обусловлена ретракцией задней и передней большеберцовых мышц, а вальгусная деформация стопы преимущественно определялась при контракту-

ре суставов нижних конечностей (84,3 % наблюдений) (табл. 5). Деформация стопы в сочетании с ретракцией мышц клинически преобладает при всех нарушениях установки стопы и редуцировании подошвенного сгибания. В оценке амплитуды движения голеностопного сустава наибольшее число ошибок составляла гипердиагностика – в 35 % данные клиники не подтверждались количественной оценкой CGA. Контрактура коленного сустава являлась определяющим фактором в ограничении амплитуды его движений (94,9 % наблюдений), а клинически походка «замершего колена» (stiff knee gait) отмечалась в 5 % наблюдений (табл. 3). Сгибательная позиция в коленном и тазобедренном суставах в 39 и 33 % случаев, соответственно, была не отмечена клинически. В 85 % наблюдений сгибательная позиция коленного сустава в опорную фазу цикла шага была обусловлена ретракцией сгибателей с высокой позицией надколенника (табл. 3). В 23 % случаев не выявлено ограничения разгибания коленного сустава при первичном клиническом осмотре. Положительный результат оценки ориентации колена в горизонтальной плоскости составил чуть более половины

наблюдений – 57,6 %. В группе с отрицательным результатом соотношение данных CGA, не выявленных клинически либо не подтвержденных, было приблизительно одинаково: 9, 17 и 19 соответственно. Только методом CGA приводящая или отводящая установка бедра была отмечена в 27 %. Выявленная установка бедра в позицию отведения в 100 % наблюдений сопровождалась ретракцией приводящих мышц, а при установке бедра в позицию отведения в 100 % отмечалась компенсаторная установка нижней конечности (табл. 2). При оценке наклона таза вперед частота ошибок была наибольшая, положительный результат отмечен только в 24 % случаев, а в 66 % случаев изменение наклона таза не было отмечено клинически. Наклону таза вперед в 77,6 % случаев сопутствовала ретракция *m. iliopsoas* (табл. 4). При наклоне таза назад в 83 % отмечен положительный результат. Увеличение амплитуды движения таза в сагиттальной, фронтальной и в горизонтальной плоскости не отмечено клинически в 52, 70 и 57 % соответственно. Она определялась контрактурой тазобедренного сустава в 91,6 % случаев, укорочением нижней конечности – в 65,7 %.

ДИСКУССИЯ

По данным литературы, Clinical Gait Analysis (CGA) оказывает существенное влияние на принятие ортопедических решений [16, 17, 18] и может модифицировать хирургические планы в более чем половине случаев [19, 20, 21], выявляя клинически значимые различия в качестве пороговых значений [22]. При планировании операций с учетом данных CGA ранние рецидивы (до 21 месяца после операции) отмечались в 15 % наблюдений; у пациентов, которым проведено оперативное вмешательство без учета данных CGA – в 44 % наблюдений [23]. Полученные нами результаты согласовываются с данными литературы. Клинический анализ походки (CGA) имеет решающее значение в спорных ситуациях, например, относительно выполнения деторсионных остеотомий в многоуровневых операциях у детей младшего возраста [24]. Результатом таких вмешательств является не только достижение нормальных анатомических параметров, но и создание условий для проведения реабилитационных мероприятий, в особенности, постурального менеджмента, что крайне важно для нормального развития тазобедренных суставов и предотвращения рецидива подвывихов и вывихов бедер у детей [25]. По данным литературы, анализ частоты положительных и отрицательных результатов тестов сравнения данных клинической диагностики и видеоанализа характеризовались значительной вариабельностью: среднее значение совпадений по всем суставам на одного врача составляло 76 %, при этом у высококвалифицированных врачей процент совпадений варьировал от 73 до 90 %, а у начинающих – от 59 до 89 % [26]. По данным Rodda J.M. и Stott N.S. получены аналогичные значения (соответственно 66–100 % и 50–68 % совпадений с данными видеоанализа)

[27, 28]. Dobson F. с соавторами [29] сообщили, что у пациентов с ДЦП совпадение типа походки по данным клинического анализа и CGA было только в 22 % наблюдений (4 случая из 18), и при этом клинически оценивались только движения суставов в сагиттальной плоскости, без количественной оценки диапазона отклонений [30]. Gómez-Pérez C. с соавторами также отмечают, что наиболее чувствительные параметры походки относятся к временным рядам углов суставов в сагиттальной плоскости по сравнению с кинетическими и поверхностными параметрами электромиографии [31]. Предложен алгоритм для обследования пациентов со сложными нарушениями походки [32]. Этот алгоритм включает три этапа: идентификация отклонений в походке; сопоставление их с клиническими нарушениями и выбор оптимального варианта лечения. Клиническая идентификация отклонений в походке у больных с ДЦП представляет наибольшие сложности в этом алгоритме. Компьютерное инструментальное исследование функции ходьбы является оптимальным средством диагностики патологических паттернов походки. Дополнительно к клиническому осмотру выявляется от 10 до 40 % ранее нераспознанных случаев.

Наши исследования также показывают, что основная ценность и функция компьютерного анализа походки заключаются в выявлении и количественном измерении стойких нарушений кинематики походки, складывающихся в патологические паттерны. После выявления данных нарушений повторное ортопедическое исследование позволяет достаточно точно определить причины таких нарушений (ретракция мышц, подвывихи в суставах, костные деформации) и определить хирургические методы их коррекции.

ВЫВОДЫ

Положительное соотношение выявленных патологических элементов локомоторного профиля по данным видеоанализа походки и клинического осмотра пациентов составило, в среднем, 66,7 %. Наименьшая

частота ошибок выявлена при оценке ограничения амплитуды движения голеностопного и тазобедренного сустава – 82,6 и 81,8 % положительных результатов соответственно.

Ретракция мышц является основным (первичным) клиническим признаком, приводящим к позиционным кинематическим отклонениям в суставах и сегментах.

Ограничение амплитуды движений в коленном и голеностопном суставах, как следствие ретракции мышц, формирует вторичные контрактуры этих суставов.

Статья выполнена в рамках темы «Разработка модели персонализированного реабилитационного комплекса ранней функциональной реабилитации пациентов с ДЦП» государственного задания на осуществление научных исследований и разработок ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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. № 3. С. 77-83. DOI: 10.18019/1028-4427-2016-3-77-83.
2. Sarathy K., Doshi C., Aroojis A. Clinical Examination of Children with Cerebral Palsy // Indian J. Orthop. 2019. Vol. 53, No 1. P. 35-44. DOI: 10.4103/ortho.IJOrtho_409_17.
3. Tugui R.D., Antonescu D. Cerebral palsy gait, clinical importance // Maedica (Buchar). 2013. Vol. 8, No 4. P. 388-393.
4. Armand S., Decoulon G., Bonnefoy-Mazure A. Gait analysis in children with cerebral palsy // EFORT Open Rev. 2016. Vol. 1, No 12. P. 448-460. DOI: 10.1302/2058-5241.1.000052.
5. Видеоанализ движений человека в клинической практике (обзор) / В.В. Борзиков, Н.Н. Рукина, О.В. Воробьева, А.Н. Кузнецов, А.Н. Белова // Современные технологии в медицине. 2015. Т. 7, № 4. С. 201-210. DOI: http://doi.org/10.17691/stm2015.7.4.26.
6. Gage J.R. Gait analysis. An essential tool in the treatment of cerebral palsy // Clin. Orthop. Relat. Res. 1993. No 288. P. 126-134.
7. Long-term outcomes over 10 years after femoral derotation osteotomy in ambulatory children with cerebral palsy / K.H. Sung, S.S. Kwon, C.Y. Chung, K.M. Lee, G.H. Cho, M.S. Park // Gait Posture. 2018. Vol. 64. P. 119-125. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2018.06.003.
8. DeLuca P.A. Gait analysis in the treatment of the ambulatory child with cerebral palsy // Clin. Orthop. Relat. Res. 1991. No 264. P. 65-75.
9. Gage J. R. The role of gait analysis in the treatment of cerebral palsy // J. Pediatr. Orthop. 1994. Vol. 14, No 6. P. 701-702.
10. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy / R. Palisano, P. Rosenbaum, S. Walter, D. Russell, E. Wood, B. Galuppi // Dev. Med. Child. Neurol. 1997. Vol. 39, No 4. P. 214-223.
11. 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.
12. Методология видеонализа в диагностике нарушений локомоторной функции у детей с церебральным параличом при использовании ограниченного числа светотражающих камер (обзор литературы) / А.Ю. Аксенов, Г. Хит, Т.А. Клишкова, Т.И. Долганова // Гений ортопедии. 2019. Т. 25, № 1. С. 102-110. DOI 10.18019/1028-4427-2019-25-1-102-110.
13. Winters T.F., Gage J.R., Hicks R. Gait patterns in spastic hemiplegia in children and young adults // J. Bone Joint Surg. Am. 1987. Vol. 69, No 3. P. 437-441.
14. Identification of joint patterns during gait in children with cerebral palsy: a Delphi consensus study / A. Nieuwenhuys, S. Öunpuu, A. van Campenhout, T. Theologis, J. de Cat, J. Stout, G. Molenaers, T. de Laet, K. Desloovere // Dev. Med. Child. Neurol. 2016. Vol. 58, No 3. P. 306-313. DOI: 10.1111/dmcn.12892.
15. Chambers H. The Delphi consensus technique: oracle of gait analysis // Dev. Med. Child. Neurol. 2016. Vol. 58, No 3. P. 228. DOI: 10.1111/dmcn.12954.
16. A Systematic Review of the Effects of Single-Event Multilevel Surgery on Gait Parameters in Children with Spastic Cerebral Palsy / R.P. Lamberts, M. Burger, J. du Toit, N.G. Langerak // PLoS One. 2016. Vol. 11, No 10. P. e0164686. DOI: 10.1371/journal.pone.0164686.
17. Prevalence of specific gait abnormalities in children with cerebral palsy revisited: influence of age, prior surgery, and Gross Motor Function Classification System level // S.A. Rethlefsen, G. Blumstein, R.M. Kay, F. Dorey, T.A. Wren // Dev. Med. Child. Neurol. 2017. Vol. 59, No 1. P. 79-88. DOI: 10.1111/dmcn.13205.
18. Outcomes of Orthopaedic Surgery With and Without an External Femoral Derotational Osteotomy in Children With Cerebral Palsy / M.L. McMulkin, A.B. Gordon, P.M. Caskey, B.J. Tompkins, G.O. Baird // J. Pediatr. Orthop. 2016. Vol. 36, No 4. P. 382-386. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000465.
19. Loftred B., Terjesen T. Results of treatment when orthopaedic surgeons follow gait-analysis recommendations in children with CP // Dev. Med. Child. Neurol. 2008. Vol. 50, No 7. P. 503-509. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2008.03018.x.
20. The effect of preoperative gait analysis on orthopaedic decision making / R.M. Kay, S. Dennis, S. Rethlefsen, R.A. Reynolds, D.L. Skaggs, V.T. Tolo // Clin. Orthop. Relat. Res. 2000. No 372. P. 217-222.
21. Gait analysis alters decision-making in cerebral palsy / R.E. Cook, I. Schneider, M.E. Hazlewood, S.J. Hillman, J.E. Robb // J. Pediatr. Orthop. 2003. Vol. 23, No 3. P. 292-295.
22. Impact of ankle-foot orthoses on gait 1 year after lower limb surgery in children with bilateral cerebral palsy / I. Skaaret, H. Steen, T. Terjesen, I. Holm // Prosthet. Orthot. Int. 2019. Vol. 43, No 1. P. 12-20. DOI: 10.1177/0309364618791615.
23. Orthopaedic Surgery in Dystonic Cerebral Palsy / F.C. Blumetti, J.C.N. Wu, F. Barzi, M.W. Axt, M.C. Waugh, P. Selber // J. Pediatr. Orthop. 2019. Vol. 39, No 4. P. 209-216. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000919.
24. Loftred 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.
25. Томов А.Д., Дьячков К.А., Попков Д.А. Клинико-рентгенологические результаты многоуровневых оперативных вмешательств при подвывихе и вывихе бедра у детей с ДЦП // Гений ортопедии. 2018. Т. 24, № 1. С. 24-32. DOI 10.18019/1028-4427-2018-24-1-24-32.
26. Inter- and intrarater clinician agreement on joint motion patterns during gait in children with cerebral palsy / A. Nieuwenhuys, E. Papageorgiou, G. Molenaers, D. Monari, T. de Laet, K. Desloovere // Dev. Med. Child. Neurol. 2017. Vol. 59, No 7. P. 750-755. DOI: 10.1111/dmcn.13404.
27. Sagittal gait patterns in spastic diplegia / J.M. Rodda, H.K. Graham, L. Carson, M.P. Galea, R. Wolfe // J. Bone Joint Surg. Br. 2004. Vol. 86, No 2. P. 251-258.
28. The reliability and validity of assessment of sagittal plane deviations in children who have spastic diplegia / N.S. Stott, W.G. Atherton, A.H. Mackey, I.J. Galley, R.O. Nicol, S.J. Walsh // Arch. Phys. Med. Rehabil. 2005. Vol. 86, No 12. P. 2337-2341.
29. Clinician agreement on gait pattern ratings in children with spastic hemiplegia / F. Dobson, M.E. Morris, R. Baker, R. Wolfe, H. Graham // Dev. Med. Child. Neurol. 2006. Vol. 48, No 6. P. 429-435.
30. Gait classification in children with cerebral palsy: a systematic review / F. Dobson, M.E. Morris, R. Baker, H.K. Graham // Gait Posture. 2007. Vol. 25, No 1. P. 140-152.
31. Gait parameters in children with bilateral spastic cerebral palsy: a systematic review of randomized controlled trials / C. Gómez-Pérez, J.M. Font-Llagunes, J.C. Martori, Samsó J. Vidal // Dev. Med. Child. Neurol. 2019. Vol. 61, No 7. P. 770-782. DOI: 10.1111/dmcn.14108.
32. Moissenet M., Armand S. Qualitative and quantitative methods of assessing gait disorders. In: Canavese F., Deslandes J., eds. Orthopedic management of children with cerebral palsy: A comprehensive approach. New York: Nova Science, 2015. P. 215-239.

REFERENCES

1. Leonchuk S.S., Chibirov G.M., Popkov D.A. Korrektsiia deformatsii stopy po metodike Evans u rebenka s DTsP v ramkakh odnomomentnogo mnogourovnevnogo ortopedicheskogo vmeshatelstva. Sluchai iz praktiki [Foot deformity correction according to Evans technique in a child with cerebral palsy within performing the acute multilevel orthopedic intervention. A case report]. *Genij Ortopedii*, 2016, no. 3, pp. 77-83. (in Russian) DOI: 10.18019/1028-4427-2016-3-77-83.
2. Sarathy K., Doshi C., Aroojis A. Clinical Examination of Children with Cerebral Palsy. *Indian J. Orthop.*, 2019, vol. 53, no. 1, pp. 35-44. DOI: 10.4103/ortho.IJOrtho_409_17.

3. Tugui R.D., Antonescu D. Cerebral palsy gait, clinical importance. *Maedica* (Buchar), 2013, vol. 8, no. 4, pp. 388-393.
4. Armand S., Decoulon G., Bonnefoy-Mazure A. Gait analysis in children with cerebral palsy. *EFORT Open Rev.*, 2016, vol. 1, no. 12, pp. 448-460. DOI: 10.1302/2058-5241.1.000052.
5. Borzikov V.V., Rukina N.N., Vorobeva O.V., Kuznetsov A.N., Belova A.N. Videoanaliz dvizhenii cheloveka v klinicheskoi praktike(obzor) [Video analysis of human movements in clinical practice (review)]. *Sovremennye Tekhnologii v Meditsine*, 2015, vol. 7, no. 4, pp. 201-210. (in Russian) DOI: <http://doi.org/10.17691/stm2015.7.4.26>.
6. Gage J.R. Gait analysis. An essential tool in the treatment of cerebral palsy. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 1993, no. 288, pp. 126-134.
7. Sung K.H., Kwon S.S., Chung C.Y., Lee K.M., Cho G.H., Park M.S. Long-term outcomes over 10 years after femoral derotation osteotomy in ambulatory children with cerebral palsy. *Gait Posture*, 2018, vol. 64, pp. 119-125. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2018.06.003.
8. DeLuca P.A. Gait analysis in the treatment of the ambulatory child with cerebral palsy. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 1991, no. 264, pp. 65-75.
9. Gage J. R. The role of gait analysis in the treatment of cerebral palsy. *J. Pediatr. Orthop.*, 1994, vol. 14, no. 6, pp. 701-702.
10. Palisano R., Rosenbaum P., Walter S., Russell D., Wood E., Galuppi B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev. Med. Child. Neurol.*, 1997, vol. 39, no. 4, pp. 214-223.
11. Leardini A., Sawacha Z., Paolini G., Ingrosso S., Nativio R., Benedetti M.G. A new anatomically based protocol for gait analysis in children. *Gait Posture*, 2007, vol. 26, no. 4, pp. 560-571. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2006.12.018.
12. Aksenov A.Yu., Heath G.H., Klishkovskaya T.A., Dolganova T.I. Metodologiya videoanaliza v diagnostike narushenii lokomotornoj funktsii u detei s tserebralnym paralichom pri ispolzovanii ogranichenogo chisla svetootrazhaiushchikh kamer (obzor literatury) [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, vol. 25, no. 1, pp. 102-110. (in Russian) DOI 10.18019/1028-4427-2019-25-1-102-110.
13. Winters T.F., Gage J.R., Hicks R. Gait patterns in spastic hemiplegia in children and young adults. *J. Bone Joint Surg. Am.*, 1987, vol. 69, no. 3, pp. 437-441.
14. Nieuwenhuys A., Öunpuu S., Van Campenhout A., Theologis T., De Cat J., Stout J., Molenaers G., De Laet T., Desloovere K. Identification of joint patterns during gait in children with cerebral palsy: a Delphi consensus study. *Dev. Med. Child. Neurol.*, 2016, vol. 58, no. 3, pp. 306-313. DOI: 10.1111/dmcn.12892.
15. Chambers H. The Delphi consensus technique: oracle of gait analysis. *Dev. Med. Child. Neurol.*, 2016, vol. 58, no. 3, pp. 228. DOI: 10.1111/dmcn.12954.
16. Lamberts R.P., Burger M., Du Toit J., Langerak N.G. A Systematic Review of the Effects of Single-Event Multilevel Surgery on Gait Parameters in Children with Spastic Cerebral Palsy. *PLoS One*, 2016, vol. 11, no. 10, pp. e0164686. DOI: 10.1371/journal.pone.0164686.
17. Rethlefsen S.A., Blumstein G., Kay R.M., Dorey F., Wren T.A. Prevalence of specific gait abnormalities in children with cerebral palsy revisited: influence of age, prior surgery, and Gross Motor Function Classification System level. *Dev. Med. Child. Neurol.*, 2017, vol. 59, no. 1, pp. 79-88. DOI: 10.1111/dmcn.13205.
18. McMulkin M.L., Gordon A.B., Caskey P.M., Tompkins B.J., Baird G.O. Outcomes of Orthopaedic Surgery With and Without an External Femoral Derotational Osteotomy in Children With Cerebral Palsy. *J. Pediatr. Orthop.*, 2016, vol. 36, no. 4, pp. 382-386. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000465.
19. Loftred B., Terjesen T. Results of treatment when orthopaedic surgeons follow gait-analysis recommendations in children with CP. *Dev. Med. Child. Neurol.*, 2008, vol. 50, no. 7, pp. 503-509. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2008.03018.x.
20. Kay R.M., Dennis S., Rethlefsen S., Reynolds R.A., Skaggs D.L., Tolo V.T. The effect of preoperative gait analysis on orthopaedic decision making. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 2000, no. 372, pp. 217-222.
21. Cook R.E., Schneider I., Hazlewood M.E., Hillman S.J., Robb J.E. Gait analysis alters decision-making in cerebral palsy. *J. Pediatr. Orthop.*, 2003, vol. 23, no. 3, pp. 292-295.
22. Skaaret I., Steen H., Terjesen T., Holm I. Impact of ankle-foot orthoses on gait 1 year after lower limb surgery in children with bilateral cerebral palsy. *Prosthet. Orthot. Int.*, 2019, vol. 43, no. 1, pp. 12-20. DOI: 10.1177/0309364618791615.
23. Blumetti F.C., Wu J.C.N., Barzi F., Axt M.W., Waugh M.C., Selber P. Orthopaedic Surgery in Dystonic Cerebral Palsy. *J. Pediatr. Orthop.*, 2019, vol. 39, no. 4, pp. 209-216. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000919.
24. Loftred 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.
25. Tomov A.D., Diachkov K.A., Popkov D.A. Kliniko-rentgenologicheskie rezultaty mnogourovnevnykh operativnykh vmeshatelstv pri podvvyikhe I vyvikhe bedra u detei s DTsP [Clinical and radiographic results of multilevel surgical interventions for hip subluxation and dislocation in children with cerebral palsy]. *Genij Ortopedii*, 2018, vol. 24, no. 1, pp. 24-32. (in Russian) DOI 10.18019/1028-4427-2018-24-1-24-32.
26. Nieuwenhuys A., Papageorgiou E., Molenaers G., Monari D., De Laet T., Desloovere K. Inter- and intrarater clinician agreement on joint motion patterns during gait in children with cerebral palsy. *Dev. Med. Child. Neurol.*, 2017, vol. 59, no. 7, pp. 750-755. DOI: 10.1111/dmcn.13404.
27. Rodda J.M., Graham H.K., Carson L., Galea M.P., Wolfe R. Sagittal gait patterns in spastic diplegia. *J. Bone Joint Surg. Br.*, 2004, vol. 86, no. 2, pp. 251-258.
28. Stott N.S., Atherton W.G., Mackey A.H., Galley I.J., Nicol R.O., Walsh S.J. The reliability and validity of assessment of sagittal plane deviations in children who have spastic diplegia. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 2005, vol. 86, no. 12, pp. 2337-2341.
29. Dobson F., Morris M.E., Baker R., Wolfe R., Graham H. Clinician agreement on gait pattern ratings in children with spastic hemiplegia. *Dev. Med. Child. Neurol.*, 2006, vol. 48, no. 6, pp. 429-435.
30. Dobson F., Morris M.E., Baker R., Graham H.K. Gait classification in children with cerebral palsy: a systematic review. *Gait Posture*, 2007, vol. 25, no. 1, pp. 140-152.
31. Gómez-Pérez C., Font-Llagunes J.M., Martori J.C., Vidal Samsó J. Gait parameters in children with bilateral spastic cerebral palsy: a systematic review of randomized controlled trials. *Dev. Med. Child. Neurol.*, 2019, vol. 61, no. 7, pp. 770-782. DOI: 10.1111/dmcn.14108.
32. Moissenet M., Armand S. Qualitative and quantitative methods of assessing gait disorders. In: Canavese F., Deslandes J., eds. *Orthopedic management of children with cerebral palsy: A comprehensive approach*. New York, Nova Science, 2015, pp. 215-239.

Рукопись поступила 03.07.2019

Сведения об авторах:

1. Чибиров Георгий Миравович, к. м. н.,
ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава
России, г. Курган, Россия,
Email: georgii_chibirov@mail.ru
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,
Email: Paradigma-DV@rambler.ru
4. Попков Дмитрий Арнольдович, д. м. н., профессор РАН,
член-корр. Французской Академии медицинских наук,
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., Ph.D.,
Russian Ilizarov Scientific Centre for Restorative Traumatology and
Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation,
Email: georgii_chibirov@mail.ru
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,
Email: Paradigma-DV@rambler.ru
4. Dmitry A. Popkov, M.D., Ph.D., Professor of RAS, correspondent
member French Academy of Medical Sciences,
Russian Ilizarov Scientific Centre for Restorative Traumatology and
Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation,
Email: dpopkov@mail.ru