

ОБЪЕКТИВИЗАЦИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ У ДЕТЕЙ С ЦЕРЕБРАЛЬНЫМ ПАРАЛИЧОМ: СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

© *В.В. Борзиков, Н.Н. Рукина, А.Н. Кузнецов, А.Н. Белова*

ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, Нижний Новгород

Статья поступила в редакцию: 05.09.2017

Статья принята к печати: 15.02.2018

В статье представлен обзор современных литературных источников по методам оценки функционального состояния локомоторной системы детей с церебральным параличом. Приведены объективные методы количественной оценки двигательных нарушений при детском церебральном параличе (ДЦП), к которым относятся стабилметрия, биомеханические исследования ходьбы, видеоанализ движений. Описано влияние когнитивной нагрузки на способность к поддержанию вертикальной позы у детей с ДЦП, а также изменение устойчивости вертикальной позы с закрытыми глазами. Отмечено изменение параметров ходьбы с возрастанием ее скорости у детей с ДЦП.

К методам, оценивающим моторику кисти у детей с церебральным параличом, можно отнести тесты с перемещением предметов, тесты на скорость движений в суставах и видеоанализ движений.

Используемые методы и тесты должны иметь доказанную валидность и надежность, что позволит объективно оценивать степень выраженности двигательных нарушений при детском церебральном параличе.

Ключевые слова: детский церебральный паралич; биомеханика ходьбы; стабилметрия; оценка моторики верхних конечностей; видеоанализ движения.

OBJECTIFICATION OF MOTOR DISORDERS IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY: WHAT WE KNOW SO FAR

© *V.V. Borzikov, N.N. Rukina, A.N. Kuznetsov, A.N. Belova*

FSBEI HE PRMU MON Russia, Nizhny Novgorod, Russia

For citation: *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2018;6(1):67-77

Received: 05.09.2017

Accepted: 15.02.2018

This study provides an overview of the recent literature regarding the assessment methods of the functional state of the locomotor system in children with cerebral palsy. The objective methods of quantitative assessment of motor disorders in cerebral palsy are presented, including the measurement of stability, biomechanical assessment of walking, and video analysis of movements. The influence of the cognitive load on the ability to maintain the vertical posture in children with cerebral palsy as well as the changes in the stability of the vertical posture with closed eyes were observed. Changes in the walking parameters with an increase in the speed were also recorded in children with cerebral palsy. Methods that assess hand motion in children with cerebral palsy include tests involving the moving of objects, tests for speed assessment in joint movements, and video analysis of motions.

The methods and tests for such an evaluation require to be valid and reliable, allowing an objective assessment of the severity of motor disorders in cerebral palsy.

Keywords: infantile cerebral palsy; walking biomechanics; stabilometry; assessment of upper limb motor skills; video analysis of movement.

Детский церебральный паралич (ДЦП) — понятие, объединяющее множество видов двигательных нарушений. К основным клиническим проявлениям ДЦП относятся гиперкинезы, парезы мышц, нарушение координации. К двигательным расстройствам в большей части случаев при-

соединяются нарушения психики, речи, зрения, слуха и др. [1]. Нарушения двигательных функций частично поддаются функциональной коррективке с помощью физической реабилитации. Реабилитационные программы таких детей должны формироваться с учетом их реабилитационно-

го потенциала и адаптационно-компенсаторных резервов. Оценка двигательных нарушений при ДЦП часто проводится с помощью шкал [2–4]. Однако такая оценка весьма субъективна. Очень важна объективная оценка нарушений биомеханики движения у детей с ДЦП. Достоверность этих исследований должна обеспечиваться соблюдением стандартных требований к инструментам измерения и условиям их использования, основными из которых являются надежность и валидность теста или измерения [5].

К числу методов объективизации, позволяющих получить количественную оценку двигательных нарушений при ДЦП, относятся стабилметрия, биомеханические исследования ходьбы, видеоанализ движений и стандартизированные валидные тесты оценки моторики верхних конечностей.

Цель обзора — анализ работ, посвященных современным методам количественной оценки двигательных нарушений у детей с ДЦП.

1. Стабилометрическая оценка устойчивости вертикальной позы

Устойчивость вертикальной позы зависит от постурального контроля, то есть от способности управлять положением собственного тела в пространстве для достижения необходимой ориентации и стабильности [6]. Изучению устойчивости вертикальной позы детей, больных ДЦП, посвящено большое количество работ [7–13]. Для исследований постуральной устойчивости наиболее часто используют динамометрические платформы; их применяют для изучения моментов сил при ходьбе [14], амплитуды силы реакции опоры [8, 9] и оценки траектории перемещения центра давления (ЦД) за определенный отрезок времени [10–13]. Наиболее информативным методом изучения постурального контроля вертикальной позы считается исследование изменения положения общего центра масс (ОЦМ) при стоянии методом стабилметрии [6]. Для проведения стабилметрического исследования с американской установкой стоп обследуемого просят встать обеими ногами на стабилплатформу, поставить стопы параллельно, руки расположить свободно вдоль тела, голову держать прямо и смотреть прямо перед собой [15]. При помощи стабилметрического исследования регистрируют такие параметры, как длина статокинезиограммы (траектория движения центра давления во время проведения стабилметрического исследования), скорость перемещения центра давления, площадь статокинезиограммы, частоты колебаний во фронтальной и сагиттальной плоскостях и др. [16].

Устойчивость вертикальной позы в положении стоя, как правило, оценивается лишь у детей со слабой или средней выраженностью нарушений, поскольку дети должны быть способны выполнить необходимые задания без посторонней помощи. Выраженность нарушений удобно оценивать при помощи системы классификации больших моторных функций (Gross Motor Function Classification System, или GMFCS, англ.) [3]. Некоторые исследователи справедливо полагают, что при изучении постурального контроля стоит учитывать также состояние когнитивных функций ребенка, что может оказаться полезным для понимания влияния когнитивных нарушений на устойчивость вертикальной позы и повысить информативность исследования [6]. Кроме того, одним из важнейших факторов при постуральном контроле является наличие обратной зрительной или проприоцептивной связи.

В значительной части исследований, направленных на изучение постурального контроля, отмечается, что у детей с ДЦП, способных самостоятельно стоять и ходить, наблюдается ухудшение баланса при неподвижном стоянии по сравнению со здоровыми детьми [6]. Однако было установлено, что не у всех детей с ДЦП отмечаются подобные изменения. Так, в одном из исследований показано, что среди детей со спастической диплегией большинство продемонстрировали нормальные показатели баланса в положении стоя [17].

В ряде работ проводились исследования, посвященные изучению влияния визуальных [18, 19] и проприоцептивных манипуляций на устойчивость вертикальной позы [20]. Существует предположение, что лучшим предиктором улучшения моторной функции служит способность к поддержанию устойчивости вертикальной позы с закрытыми глазами, поскольку дети с ДЦП для компенсации скелетно-мышечной и нейромоторной дисфункции используют в основном визуальную информацию [21]. У детей с ДЦП наблюдалось большее смещение общего центра масс с закрытыми глазами по сравнению со здоровыми детьми [17]. Визуальная депривация также оказывала негативное влияние на способность к поддержанию баланса [22]. Таким образом, у большинства детей с ДЦП визуальная информация является важным фактором обеспечения постурального контроля.

M. Schmid et al. изучали влияние когнитивной нагрузки на постуральный контроль у детей [23]. Исследование проводилось у 50 детей девятилетнего возраста, которые были разделены на группы в зависимости от выраженности неврологической симптоматики [24]. Все дети выполняли по два теста продолжительностью 60 с каждый — с ког-

нитивной нагрузкой и без когнитивной нагрузки. Когнитивная нагрузка состояла в том, что детям необходимо было считать в обратном порядке с шагом в 2. При стабиллографическом обследовании пациентов регистрировалось двенадцать параметров. Было обнаружено, что при выполнении ребенком задания на обратный счет достоверно увеличивались скорость и путь перемещения общего центра масс, причем нарушения наблюдались и в сагиттальной и во фронтальной плоскостях. Эти данные подтверждали гипотезу о влиянии когнитивных процессов на способность к поддержанию вертикальной позы у детей с ДЦП [23].

D. Reilly et al. также оценивали влияние когнитивной нагрузки на способность к поддержанию вертикальной позы у детей с ДЦП при выполнении ими когнитивных заданий [25]. Сравнение проводилось с группой здоровых детей. После звукового сигнала ребенку, стоявшему на динамометрической платформе, показывали изображения разноцветных фигур (квадраты, сердечки или звезды) в течение 300 мс. Далее на экран выводили изображения полностью серого цвета на 5 с. После чего ребенку вновь показывали изображения фигур, однако их цвет мог не совпадать с цветом показанных ранее фигур (методика E. Vogel в модификации авторов статьи [26]). Далее цикл повторялся. Пациентам было необходимо отвечать «да» или «нет» в случае, если цвета демонстрируемых фигур совпадали либо не совпадали. Каждый тест длился 38 с. Оценивали число точных ответов. В ходе данной работы было показано, что у детей с ДЦП при выполнении задания наблюдалось достоверно выраженное ухудшение устойчивости вертикальной позы в сравнении со здоровыми детьми [25]. Так, у них отмечалась более высокая скорость перемещения ОЦМ в сагиттальной плоскости ($p = 0,001$). Наблюдался значительно больший путь перемещения ОЦМ во фронтальной плоскости ($p = 0,006$), а также увеличение скорости перемещения ОЦМ во фронтальной плоскости ($p = 0,022$) по сравнению со здоровыми детьми [7]. Данное исследование показало, что при ДЦП при выполнении заданий, требующих участия визуальной памяти и внимания, значительно ухудшается постуральный контроль. В целом, вероятно, поддержание вертикальной позы у детей с ДЦП менее автоматизированный процесс, чем у здоровых детей [27, 28].

2. Биомеханическая оценка ходьбы

Существует большое количество работ, посвященных изучению биомеханики ходьбы детей, больных ДЦП [29–33]. Наиболее распространен-

ными методами для оценки биомеханики ходьбы являются подографические исследования и исследования угловых характеристик при помощи метода видеоанализа движений. Показатели ходьбы в значительной степени зависят от возраста. В работе, выполненной Xin Wang et al., проводились оценка ходьбы 20 детей с ДЦП в возрасте от 3 до 6 лет и сравнение их показателей ходьбы с группой нормы, состоявшей из 200 здоровых детей [34]. Все дети были разделены на четыре возрастные группы (по 50 здоровых детей и по 5 детей с ДЦП в каждой возрастной группе). В ходе исследования было показано, что с увеличением возраста увеличивается и время одинарной опоры. Цикл одинарной опоры у детей в возрасте трех лет составлял 38 % от цикла шага. Данное соотношение стабилизировалось на значении 40 % у детей в возрасте старше трех лет, что близко к подобному показателю у взрослых, у которых этот параметр составляет от 35 до 40 %. Однако время переноса у детей с ДЦП было около 30 %, что значительно ниже, чем в норме. Фаза опоры у здоровых детей в возрасте 3 лет составляла примерно 63 %, что сопоставимо с подобными показателями у взрослых людей. Продолжительность фазы опоры у детей, больных ДЦП, была значительно выше, чем в норме, и составляла 70 % от цикла шага. Фаза двойной опоры уменьшалась с возрастом и достигала значений, сходных с таковыми у взрослых людей. Фаза опоры у трехлетних детей с ДЦП составляла 34 %, что близко к норме для детей в возрасте 1 года, у которых фаза двойной опоры была 28,47 %. Фаза двойной опоры у детей с ДЦП была выше на 13,5 % по сравнению со здоровыми детьми и на 10 % выше по сравнению со взрослыми. Также проводилась оценка длины, ширины и высоты шага. Установлено, что отношение между длиной и высотой шага может наиболее полно описать способность к ходьбе у детей с ДЦП. В ходе работы показано, что отношение между длиной и высотой шага у детей с ДЦП составило 0,16, что значительно меньше, чем у здоровых детей того же возраста (0,41–0,61). Ширина шага — расстояние между серединой свода обеих стоп во время ходьбы — является важным фактором при измерении поперечной стабильности. Нормальная ширина шага составляет от 5 до 8 см и уменьшается с увеличением возраста [35–39]. Средняя ширина шага у детей с ДЦП равнялась 11,69 см, что соответствует показателям годовалого здорового ребенка [34].

Кроме того, в ходе данного исследования установлено, что угол сгибания в тазобедренном суставе у детей с ДЦП значительно отличался от такового у здоровых детей во время касания стопы опор-

ной поверхности и до фазы ее нагружения. Угол сгибания в тазобедренном суставе был настолько велик, что не изменялся на протяжении всей фазы разгибания стопы. Также показано, что угол сгибания в тазобедренном суставе на пораженной стороне в период с начала фазы переноса до фазы разгибания стопы немного увеличивался. Показатель угла в тазобедренном суставе у детей с ДЦП был значительно ниже, чем самое минимальное значение у здоровых [34]. Авторами также было выявлено изменение угловых показателей в коленном и голеностопном суставах у детей с ДЦП, что объяснялось с позиции компенсации спастичности мышц. Так, угол в коленном суставе пораженной ноги не изменялся с начала фазы касания поверхности до завершения фазы ее нагружения. Угол сгибания в голеностопном суставе практически не изменялся в течение всего цикла ходьбы.

Достаточно сильному изменению подвергся и угол наклона туловища. Дети с ДЦП были не способны согнуть бедро, для компенсации чего им приходилось напрягать брюшные мышцы и наклонять туловище вперед. Таким образом, детям приходилось наклонять корпус вперед для компенсации снижения силы сгибателей бедра и нарушения отрыва конечности от пола. Обратное движение туловища приводило к дальнейшему сгибанию в тазобедренных суставах.

Кроме того, у детей с ДЦП наблюдалось изменение угла постановки стоп при ходьбе. Данный угол измеряется между стопой и центральной линией перемещения для каждой ноги и в норме составляет около 15° [35, 36]. Этот угол является следствием наружной ротации сустава нижней конечности, которая происходит вторично по отношению к сгибанию бедра и ротации костей голени. Если бедро и кости голени вращаются не нормально, угол постановки стопы также изменяется [14, 40, 41]. В ходе исследования продемонстрировано, что по данному параметру наблюдалась большая разница между здоровыми детьми и детьми с ДЦП, у которых этот угол составлял около 5° . Однако изменения, затронувшие точку равновесия, были не такими значительными. Смещение вертикального центра тяжести у детей с ДЦП составляло 0,15 м, тогда как у здоровых детей было около 0,13 м [34]. Особенности биомеханической структуры ходьбы детей с ДЦП также представлены изменением временной характеристики шага вследствие увеличения опорной фазы и сокращения длительности переносной фазы, сгибательной установки нижних конечностей на протяжении цикла шага, ограничением движений в основных суставах ног. Эти изменения структуры ходьбы являются следствием действия па-

тологических факторов, способствующих формированию неправильной позы тела больного, тогда как трансформация иннервационного стереотипа ходьбы имеет преимущественно приспособительный характер [29].

На биомеханические параметры походки у детей с ДЦП может оказывать существенное влияние скорость ходьбы. В работе К. Kane et al. проводились оценка и сравнение результатов временных тестов ходьбы 16 детей с ДЦП в возрасте от 7 до 9 лет в сравнении со здоровыми детьми [42]. Для данного исследования были выбраны следующие тесты: десятиметровый тест ходьбы, тест «Встань и иди», тест с препятствиями и тест с бордюрами [42, 43]. Критериями включения в данное исследование являлись: возраст от 2 до 13 лет; возможность пройти как минимум 14 метров без помощи; отсутствие дополнительных заболеваний, влияющих на баланс или способность к ходьбе. Все тесты выполнялись с двумя скоростями — с произвольной и быстрой. В ходе работы было установлено, что здоровые дети закончили все тесты со значительно большей скоростью, при этом наибольшая разница наблюдалась при выполнении теста с препятствиями и теста с бордюрами. Значительная разница между группами здоровых и больных была зарегистрирована при выполнении заданий с высокой скоростью.

Новые возможности изучения ходьбы у детей с ДЦП открывает метод видеоанализа движений. Так, в исследовании, опубликованном Т. Terjesen et al., изучалось изменение биомеханики ходьбы у детей с ДЦП после операции [44]. В качестве метода оценки результативности операции использовался 3D-видеоанализ ходьбы, который выполняли до операции, через год после операции и через 5 лет после операции. В качестве инструмента измерения применяли систему видеоанализа движений Vicon с шестью камерами и две динамометрические платформы. Дети выполняли как минимум три прохода босиком с произвольной скоростью по десятиметровой дорожке. Для анализа использовались средние значения, полученные в результате всех трех проходов. Кроме индивидуальных кинематических параметров, дополнительно оценивалась суммарная статистика ходьбы при помощи шкалы профиля ходьбы (Gait Profile Score, или GPS, англ.) [4], которая обеспечивает получение единого индекса общего качества ходьбы на основе девяти кинематических переменных (угловые показатели таза и тазобедренного сустава в трех плоскостях, угловые показатели коленного и голеностопного суставов в сагиттальной плоскости и перемещение стопы). Было установлено, что функция ходьбы улучши-

лась с предоперационного уровня уже на первом году после операции для 5- и 50-метровой дистанции, однако разница на дистанции 500 м была уже не такой значительной. Результат существенно улучшился для всех трех дистанций через пять лет после операции.

Метод видеоанализа движений использовали Н.Ю. Титаренко и др. для оценки эффективности реабилитации детей с ДЦП [45]. В исследовании принял участие 61 ребенок с ДЦП в форме спастической диплегии в возрасте от 8 до 12 лет. Дети были разделены на две группы для исследования эффективности двух различных режимов настройки прибора «Гравитон» в реабилитации (стандартная настройка и настройка с усугублением патологической позы). Для оценки биомеханики походки детям предлагалось двигаться босиком по дорожке, в это время осуществлялась 2D-видеосъемка в сагитальной плоскости [46]. Обнаружено, что у детей с ДЦП касание поверхности происходит передним отделом стопы, при этом отсутствует биомеханическая амортизация в коленном суставе, что свидетельствует о грубом нарушении буферных свойств опорной конечности и может быть одной из причин развития диспластических артрозов у больных ДЦП. Перед реабилитацией достоверных различий в биомеханических показателях ходьбы детей из обеих групп не наблюдалось. После курса реабилитации кинематограммы в обеих группах достоверно приближались к норме ($p < 0,001$). Однако во второй группе была зарегистрирована достоверно более выраженная нормализация траекторий угловых перемещений ($p < 0,05$).

Таким образом, оценка биомеханики ходьбы позволяет объективизировать степень и характер тяжести двигательных нарушений при ДЦП, а также помогает оценивать результаты реабилитационных вмешательств.

3. Оценка общей и мелкой моторики верхних конечностей у детей с детским церебральным параличом

В структуре двигательного дефекта у детей с церебральным параличом особое место занимают нарушения функции рук. Именно они в ряде случаев затрудняют бытовую, школьную и трудовую адаптацию, делают невозможным использование ряда ортопедических приспособлений, необходимых для развития ходьбы.

Степень тяжести поражения верхних конечностей варьирует при различных формах церебрального паралича. Наиболее сильно нарушается функция верхних конечностей при гиперкине-

тической и гемипаретической формах паралича. При последней, хотя и бывает поражена одна половина тела, степень нарушения функции верхних конечностей бывает нередко тяжелой, что затрудняет процесс формирования манипулятивной деятельности, навыков самообслуживания.

Методы оценки

Существует достаточно много шкал, оценивающих движения верхней конечности и кисти у детей с ДЦП в баллах: система классификации мануальных навыков (The Manual Ability Classification System — MACS, англ.), шкала оценки бимануальной мелкой моторики (Bimanual Fine Motor Function — BFMF, англ.), шкала оценки навыков верхних конечностей (Quality of Upper Extremity Skills Testy — QUEST, англ.). Недостатком шкал является субъективная оценка двигательных нарушений у пациентов с ДЦП, большая продолжительность исследования и готовность к участию в данном испытании со стороны пациента; кроме того, при использовании некоторых шкал требуется специальное оборудование либо компьютерные программы, навыки использования и лицензии. Поэтому очень важны методы, объективно оценивающие движения верхних конечностей у данной категории детей.

К методам объективизации, оценивающим моторику кисти у детей с церебральным параличом, можно отнести тесты с перемещением предметов, тесты на скорость движений в суставах, графические тесты и видеоанализ движений.

Тесты с предметами

Тест «Ящик и кубики» (Box and Block Test, или ВВТ, англ.). Тест ВВТ, разработанный более 30 лет назад, представляет собой быстрый ориентировочный способ оценки ловкости руки взрослых и детей при различных формах патологии [47]. Оборудование включает открытую коробку с перегородкой посередине, 150 деревянных кубиков и секундомер. Коробку устанавливают на обычном столе, обследуемый сидит на стуле обычной высоты перед столом. Подсчитывается число кубиков, которые обследуемый в течение 60 с способен захватить кистью одной руки, перенести через перегородку и положить в соседний отсек коробки. Сначала проводится исследование доминантной, затем — недоминантной руки. Для взрослых старше 20 лет и детей от 6 до 19 лет существуют нормативные данные [48]. Однако мы нашли лишь единичные работы по использованию ВВТ при ДЦП. Так, в работе С.Л. Ferre et al.

проводилась оценка эффективности интенсивной домашней бимануальной тренировки под наблюдением воспитателя у детей с односторонним спастическим ДЦП методом ВВТ [49]. Результаты исследования подтвердили достоверное улучшение времени выполнения теста у детей с ДЦП в сравнении с рандомизированной контрольной группой. Таким образом, вероятно, ВВТ возможно использовать для оценки эффективности реабилитационных вмешательств у детей с ДЦП.

Тест с кольшками и девятью отверстиями (Nine-hole Peg Test, или 9-NHT, англ.). Тест предполагает оценку ловкости пальцев кисти путем регистрации времени, которое обследуемый затрачивает на помещение кольшков в предназначенные для них отверстия [50]. Оборудование включает 9 деревянных кольшков (штифтов) длиной 32 мм и диаметром 9 мм; пластину с девятью отверстиями диаметром 10 мм и глубиной 15 мм, расположенными в три ряда по три отверстия в каждом на расстоянии 15 мм друг от друга.

Изначально тест применяли для диагностики функции кисти у пациентов с рассеянным склерозом. Позднее в работе J.L. Poole et al. были изложены результаты проведения теста у 406 здоровых детей в возрасте от 4 до 19 лет с оценкой точности и времени его исполнения [51]. В результате тестирования получены временные нормы исполнения теста в зависимости от возраста, пола и доминантности руки [51]. Полученные нормативные данные могут быть использованы для оценки моторной функции кисти у детей с различными диагнозами, в том числе и с ДЦП.

M. Valenza et al. исследовали моторные функции у детей, больных ДЦП, при помощи теста с девятью отверстиями [52]. Данная работа представляет собой проспективное исследование детей в возрасте от 6 до 10 лет, больных ДЦП, охватывающее промежуток с ноября 2013 по октябрь 2016 г. В исследование были включены дети обо-его пола в возрасте от 6 до 10 лет с ДЦП, способные посещать школу. Дети с серьезными когнитивными нарушениями в тестах не участвовали. Оценивались время и точность выполнения задания. Результаты пока не опубликованы.

Тест функции кисти Джебсен-Тейлор (Jebesen-Taylor Test of Hand Function, или JTHF, англ.) изначально был разработан для взрослых с различными формами патологии с целью оценки двигательных возможностей и ловкости кистей рук [53]. Включает 7 заданий, выполняемых одной рукой: написание по образцу предложения из 24 букв, переворачивание карточек размером 3 × 5 дюйма, собирание и перемещение в контейнер мелких предметов (монетки или крышечки от бутылок),

укладка шашек столбиком, имитация кормления с помощью чайной ложки и фасолин, перемещение крупного легкого (пустая консервная банка) и тяжелого (тяжелая банка) предметов. Для выполнения задания предоставляется стандартизированный набор предметов. С помощью секундомера регистрируется время выполнения теста. Оценка в баллах каждого из заданий равна времени его выполнения в секундах, а общий балл JTHF — сумме этих оценок (более низкие оценки соответствуют большей сохранности функции кисти; качество выполнения заданий не оценивается). В работе M.V. Brandão отмечено, что в результате интенсивного бимануального ежедневного тренинга в течение 5 месяцев произошло достоверное улучшение точности работы кистей рук как у группы детей с ДЦП, так и у контрольной группы [54].

Тест оценки помощи руки (Assisting Hand Assessment, или АНА, англ.) позволяет измерить и описать, как дети с церебральным параличом (в возрасте от 18 месяцев до 12 лет) с односторонним поражением верхней конечности используют пострадавшую и здоровую руки в бимануальной игре [55]. АНА оценивает способность обращения с предметами во время игры в естественных условиях. В тесте используются 22 предмета, которые ребенку необходимо брать, удерживать и класть. Проводят 15-минутную игровую сессию. Игрушки из тестового набора АНА интересны и провоцируют использование обеих рук во время игры. Качество выполнения теста оценивается по четырехбалльной шкале (1 — не способен выполнить, 4 — выполняет эффективно). Диапазон суммы баллов составляет 22–88 пунктов. Существует две версии теста: 1) Small Kids АНА предназначен для детей от 18 месяцев до 5 лет; 2) School Kids АНА рассчитан на детей 6–12 лет. Надежность и валидность тестов по отношению друг к другу представлена в работе L. Krumlinde-Sundholm [56].

Тест с пирамидой был разработан Е.С. Ники-тиной, заключается в захвате предметов и возможности их расположения в определенной последовательности [57]. Ребенку предлагается выстроить пирамиду из 5 колец, надеваемых на вертикальный стержень. Регистрируется время выполнения теста. Цель тестирования — оценка двигательных умений и навыков, точности захвата предмета и последовательности выполнения действий.

Тесты на скорость движений в суставах кисти

Для функциональной оценки возможностей верхних конечностей могут использоваться тесты на скорость движений в суставах.

Сгибание и разгибание в лучезапястном суставе оценивается следующим образом. Ребенок, сидя на кресле, свешивает кисти рук с подлокотников и производит попеременное разгибание правой и левой кисти. Всего выполняется 10 движений с произвольной скоростью. Для здорового ребенка норма составляет 12–15 с. Во время выполнения задания отмечается наличие компенсаторных движений, интенсивность гиперкинезов и т. п.

Супинацию-пронацию предплечий оценивают по способности выполнить 10 движений предплечьем с произвольной скоростью. Для здорового ребенка норма составляет 40–50 с. Пациент должен отметить степень утомляемости, помимо этого обращают внимание на скованность мышц плечевого пояса.

Для оценки манипулятивной функции кисти применяют тест «Колечко». Для этого необходимо поочередно противопоставлять первый палец всем остальным пальцам с произвольной скоростью. Время выполнения теста в норме составляет 6–7 с, причем противопоставление первого пальца второму и третьему осуществляется легче, чем четвертому и пятому.

У детей можно также использовать различные тестовые задания в виде шнурования, плетения «косички» из нитяной пряжи, застегивания-рассстегивания ряда пуговиц и т. д. Регистрируют время выполнения теста [58].

Графические тесты

Графические тесты применяют для диагностики уровня умственного развития детей и его нарушений. Однако при выполнении данных тестов очень важной является оценка сложно скоординированных движений кистей и пальцев рук ребенка. Оценка стиля рисования в соответствии с возрастом основана на использовании ранговых шкал. В качестве примера можно привести широко известный тест школьной зрелости Керна – Йирасака, предназначенный для детей 3–14 лет и состоящий из трех заданий. Первое — рисование мужской фигуры по памяти, второе — срисовывание букв, третье — срисовывание группы точек. Результат каждого задания оценивается по пятибалльной системе (1 — высший, 5 — низший балл), затем вычисляют суммарный итог. Развитие детей, получивших от 3 до 6 баллов, рассматривается как выше среднего, от 7 до 11 — как среднее, от 12 до 15 — ниже нормы [59].

Номинативные шкалы включают множество качественных признаков изображения, каждый из которых оценивается по шкале 0–1 балл, как, например, в тестах «Человек, срывающий яблоко

с дерева» или «Нарисуй человека» Гудинаф – Харриса [60].

Тесты опираются либо на знание возрастных стадий в развитии стилей рисования, либо на закономерности прогрессирования частных характеристик изображений, которые связаны с возрастным развитием отдельных когнитивных способностей [61], как, например, тест зрительного восприятия «Бендер-гештальт-тест» [62]. Испытуемому предлагается скопировать 9 оригинальных фигур Вертхеймера (гештальтов). Время выполнения задания не ограничено. Тест прост, легок в применении, имеет высокую надежность, характеризует невербальный интеллект и перцептивно-моторную координацию.

Графические тесты по причине их обманчивой диагностической простоты и большой привлекательности для детей широко применяются в практике отечественными психологами, но не являются валидизированными [61]. Выбор методического арсенала во многом зависит от «возможностей» обследуемого ребенка с ДЦП, от его способностей выполнять те или иные тестовые задания. Необходимо учитывать, что даже если состояние ребенка с ДЦП позволяет провести тестирование, как правило, необходима коррекция временных ограничений, предусмотренных методикой.

Видеоанализ движений

Наиболее точный метод исследования локомоций человека представляет собой биомеханический анализ видеоизображений движений. В последнее десятилетие появляется все большее количество работ, в которых используется 2D- и 3D-анализ оценки движений верхней конечности у детей с ДЦП.

F. Gaillard et al. изучали взаимосвязи между нарушениями кинематики пораженной верхней конечности и эффективностью ее движений при выполнении бимануальных заданий. Были обследованы 23 ребенка с ДЦП (средний возраст — $11,9 \pm 2,7$ года). Использовался стандартизированный протокол 3D-анализа для оценки движений верхней конечности, состоящий из нескольких задач на выполнение конкретных функционально значимых движений. Суммарные кинетические индексы рассчитывали в соответствии с методом Джаспера для оценки выраженности нарушений движений верхней конечности у детей с ДЦП. Полученные результаты сравнивали с данными группы нормы, состоявшей из 28 здоровых детей (средний возраст — $11,8 \pm 2,2$ года). Значительная корреляция была обнаружена при оценке углов сгибания запястья, локтя и пронации кисти ($r = -0,85$; $r = -0,61$; $r = -0,47$ соответственно) [63].

Работа М.С. Klotz et al. посвящена изучению девиаций движения верхней конечности у детей с унилатеральным ДЦП путем 3D-регистрации движений. В исследование вошли 16 детей со спастическим односторонним ДЦП, которых сравнивали с 17 здоровыми подростками. Проводили корреляцию и сравнение времени и биомеханического диапазона движений при выполнении шести повседневных задач одной или двумя руками. Ограничение диапазона движений было наиболее ярко выражено в предплечье. 3D-запись позволяла получить более детальную информацию об отклонениях от нормы параметров движения верхней конечности у детей с ДЦП в сравнении со здоровыми испытуемыми [64].

Y. Quijano-Gonzalez et al. применяли видеоанализ для объективизации движений верхней конечности у детей с ДЦП при сортировке предметов. Дети, разделенные на две группы (с ДЦП и здоровые), складывали геометрические предметы в сортировочные коробки и убрали их из коробок. При этом движения их запястья регистрировались при помощи системы видеоанализа. Оценивалось время выполнения задания. Предполагается, что плавность движений служит эффективным инструментом выделения больных и здоровых испытуемых, а различия в количественных показателях указывают на пораженную и непораженную конечности у детей с ДЦП [65].

Заключение

Таким образом, анализ литературных источников показывает, что в мировой практике широко используются различные методики оценки функционального состояния детей с ДЦП, которые позволяют количественно определить степень нарушения локомоторных функций. Оптимальными из них представляются стабилметрия, 2D- и 3D-видеоанализ движений ходьбы, а для оценки мелкой моторики кисти — тест с колышками и девятью отверстиями.

Данные методики хорошо воспроизводимы, должны выполняться строго по протоколу и на сертифицированном оборудовании, что влияет на точность получаемых данных. Их целесообразно применять как в исследовательской работе, так и в клинической практике.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Финансовый интерес авторов отсутствует. У авторов нет конфликта интересов.

Список литературы

1. Аксенова Л.И., Архипов Б.А., Белякова Л.И., и др. Специальная педагогика: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. Н.М. Назаровой. – М., 2005. [Aksenova LI, Arkhipov BA, Belyakova LI. Ed by N.M. Nazarova. Special pedagogy: Textbook for students of higher educational institutions. Moscow; 2005. (In Russ.)]
2. DeMatteo C, Law M, Russell D, et al. The Reliability and Validity of the Quality of Upper Extremity Skills Test. *Phys Occup Ther Pediatr.* 2009;13(2):1-18. doi: 10.1080/J006v13n02_01.
3. Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, et al. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 1997;39(4):214-223. doi 10.1111/j.1469-8749.1997.tb07414.x.
4. Baker R, McGinley JL, Schwartz MH, et al. The gait profile score and movement analysis profile. *Gait Posture.* 2009;30(3):265-269. doi: 10.1016/j.gaitpost.2009.05.020.
5. Анастаси А. Психологическое тестирование. – М.: Педагогика, 1982. [Anastasi A. *Psychological testing.* Moscow: Pedagogika; 1982. (In Russ.)]
6. Pavao SL, dos Santos AN, Woollacott MH, Rocha NA. Assessment of postural control in children with cerebral palsy: a review. *Res Dev Disabil.* 2013;34(5):1367-1375. doi: 10.1016/j.ridd.2013.01.034.
7. Chen J, Woollacott MH. Lower extremity kinetics for balance control in children with cerebral palsy. *J Mot Behav.* 2007;39(4):306-316. doi: 10.3200/JMBR.39.4.306-316.
8. Cherg RJ, Lin HC, Ju YH, Ho CS. Effect of seat surface inclination on postural stability and forward reaching efficiency in children with spastic cerebral palsy. *Res Dev Disabil.* 2009;30(6):1420-1427. doi: 10.1016/j.ridd.2009.07.002.
9. Naslund A, Sundelin G, Hirschfeld H. Reach performance and postural adjustments during standing in children with severe spastic diplegia using dynamic ankle-foot orthoses. *J Rehabil Med.* 2007;39(9):715-723. doi: 10.2340/16501977-0121.
10. Girolami GL, Shiratori T, Aruin AS. Anticipatory postural adjustments in children with hemiplegia and diplegia. *J Electromyogr Kinesiol.* 2011;21(6):988-997. doi: 10.1016/j.jelekin.2011.08.013.
11. Ju YH, Hwang IS, Cherg RJ. Postural adjustment of children with spastic diplegic cerebral palsy during seated hand reaching in different directions. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012;93(3):471-479. doi: 10.1016/j.apmr.2011.10.004.
12. Rha DW, Kim DJ, Park ES. Effect of hinged ankle-foot orthoses on standing balance control in children with bilateral spastic cerebral palsy. *Yonsei Med J.* 2010;51(5):746-752. doi: 10.3349/ymj.2010.51.5.746.
13. Hsue BJ, Miller F, Su FC. The dynamic balance of the children with cerebral palsy and typical developing during gait. Part I: Spatial relationship between COM

- and COP trajectories. *Gait Posture*. 2009;29(3):465-470. doi: 10.1016/j.gaitpost.2008.11.007.
14. Chen LW, Wang J, Wang ZM, et al. Biomechanical analysis of gait in children with spastic cerebral palsy. *Zhongguo Yundong Yixue Zazhi*. 2009;(6):644-646.
 15. Dumont AJ, Araujo MC, Lazzari RD, et al. Effects of a single session of transcranial direct current stimulation on static balance in a patient with hemiparesis: a case study. *J Phys Ther Sci*. 2015;27(3):955-958. doi: 10.1589/jpts.27.955.
 16. Барбаева С.Н., Кулишова Т.В. Эффективность коррекции нарушений позы у больных детским церебральным параличом // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2016. – Т. 93. – № 2. – С. 17–19. [Barbaeva SN, Kulishova TV. The effectiveness of correction of the postural problems in the patients presenting with juvenile cerebral palsy. *Problems of balneology, physiotherapy, and exercise therapy*. 2016;93(2):17-19. (In Russ.)]. doi: 10.17116/kurort2016217-19.
 17. Rose J, Wolff DR, Jones VK, et al. Postural balance in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2002;44(1):58-63. doi: 10.1017/S0012162201001669.
 18. Barela JA, Focks GM, Hilgeholt T, et al. Perception-action and adaptation in postural control of children and adolescents with cerebral palsy. *Res Dev Disabil*. 2011;32(6):2075-2083. doi: 10.1016/j.ridd.2011.08.018.
 19. Saavedra S, Woollacott M, van Donkelaar P. Head stability during quiet sitting in children with cerebral palsy: effect of vision and trunk support. *Exp Brain Res*. 2010;201(1):13-23. doi: 10.1007/s00221-009-2001-4.
 20. Correa JC, Correa FI, Franco RC, Bigongiari A. Corporal oscillation during static biped posture in children with cerebral palsy. *Electromyogr Clin Neurophysiol*. 2007;47(3):131-136.
 21. Liao HF, Hwang AW. Relations of balance function and gross motor ability for children with cerebral palsy. *Percept Mot Skills*. 2003;96(3 Pt 2):1173-1184. doi: 10.2466/pms.2003.96.3c.1173.
 22. Ferdjallah M, Harris GF, Smith P, Wertsch JJ. Analysis of postural control synergies during quiet standing in healthy children and children with cerebral palsy. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2002;17(3):203-210. doi: 10.1016/s0268-0033(01)00121-8.
 23. Schmid M, Conforto S, Lopez L, D'Alessio T. Cognitive load affects postural control in children. *Exp Brain Res*. 2007;179(3):375-385. doi: 10.1007/s00221-006-0795-x.
 24. Denckla MB. Revised Neurological Examination for Subtle Signs (1985). *Psychopharmacol Bull*. 1985;21(4):773-800.
 25. Reilly DS, Woollacott MH, van Donkelaar P, Saavedra S. The interaction between executive attention and postural control in dual-task conditions: children with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008;89(5):834-842. doi: 10.1016/j.apmr.2007.10.023.
 26. Vogel EK, Woodman GF, Luck SJ. Storage of features, conjunctions and objects in visual working memory. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*. 2001;27(1):92-114. doi: 10.1037/0096-1523.27.1.92.
 27. Donker SF, Ledebt A, Roerdink M, et al. Children with cerebral palsy exhibit greater and more regular postural sway than typically developing children. *Exp Brain Res*. 2008;184(3):363-370. doi: 10.1007/s00221-007-1105-y.
 28. Roerdink M, De Haart M, Daffertshofer A, et al. Dynamical structure of center-of-pressure trajectories in patients recovering from stroke. *Exp Brain Res*. 2006;174(2):256-269. doi: 10.1007/s00221-006-0441-7.
 29. Петрушанская К.А., Витензон А.С. Исследование структуры ходьбы больных детским церебральным параличом // Российский журнал биомеханики. – 2005. – Т. 9. – № 3. – С. 59–69. [Petrushanskaya KA, Vitenzon AS. Study of patients with cerebral palsy walking structure. *Rossiyskiy zhurnal biomekhaniki*. 2005;9(3):59-69. (In Russ.)]
 30. Tretiakov M, Do KP, Aiona M. The Influence of the Unaffected Hip on Gait Kinematics in Patients with Hemiplegic Cerebral Palsy. *J Pediatr Orthop*. 2017;37(3):217-221. doi: 10.1097/BPO.0000000000000620.
 31. Mansouri M, Birgani PM, Kharazi MR, et al. Estimation of gait parameter using sonoelastography in children with cerebral palsy. In: Proceedings of the 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society; 18 Oct 2016; Orlando. doi: 10.1109/EMBC.2016.7591050.
 32. Ammann-Reiffer C, Bastiaenen CH, Meyer-Heim AD, van Hedel HJ. Effectiveness of robot-assisted gait training in children with cerebral palsy: a bicenter, pragmatic, randomized, cross-over trial (PeLoGAIT). *BMC Pediatr*. 2017;17(1):64. doi: 10.1186/s12887-017-0815-y.
 33. Bulea TC, Stanley CJ, Damiano DL. Part 2: Adaptation of Gait Kinematics in Unilateral Cerebral Palsy Demonstrates Preserved Independent Neural Control of Each Limb. *Front Hum Neurosci*. 2017;11:50. doi: 10.3389/fnhum.2017.00050.
 34. Wang X, Wang Y. Gait analysis of children with spastic hemiplegic cerebral palsy. *Neural Regen Res*. 2012;7(20):1578-1584. doi: 10.3969/j.issn.1673-5374.2012.20.008.
 35. Benedetti MG, D'Apote G, Faccioli S, et al. Equinus foot classification in cerebral palsy: an agreement study between clinical and gait analysis assessment. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2011;47(2):213-221.
 36. Russell S, Bennett B, Sheth P, Abel M. The gait of children with and without cerebral palsy: work, energy, and angular momentum. *J Appl Biomech*. 2011;27(2):99-107. doi: 10.1123/jab.27.2.99.
 37. Kwon JY, Chang HJ, Lee JY, et al. Effects of hip-therapy on gait parameters in children with bilateral spastic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil*. 2011;92(5):774-779. doi: 10.1016/j.apmr.2010.11.031.
 38. Salazar-Torres JJ, McDowell BC, Kerr C, Cosgrove AP. Pelvic kinematics and their relationship to gait type in hemiplegic cerebral palsy. *Gait Posture*. 2011;33(4):620-624. doi: 10.1016/j.gaitpost.2011.02.004.
 39. Kim WH, Park EY. Causal relation between spasticity, strength, gross motor function, and functional outcome in children with cerebral palsy: a path analysis. *Dev Med Child Neurol*. 2011;53(1):68-73. doi: 10.1111/j.1469-8749.2010.03777.x.

40. Bland DC, Prosser LA, Bellini LA, et al. Tibialis anterior architecture, strength, and gait in individuals with cerebral palsy. *Muscle Nerve*. 2011;44(4):509-517. doi: 10.1002/mus.22098.
41. Kwak EE. Effect of rhythmic auditory stimulation on gait performance in children with spastic cerebral palsy. *J Music Ther*. 2007;44(3):198-216. doi: 10.1093/jmt/44.3.198.
42. Kane KJ, Lanovaz J, Bisaro D, et al. Preliminary study of novel, timed walking tests for children with *spina bifida* or cerebral palsy. *SAGE Open Med*. 2016;4:2050312116658908. doi: 10.1177/2050312116658908.
43. Musselman K, Brunton K, Lam T, Yang J. Spinal cord injury functional ambulation profile: a new measure of walking ability. *Neurorehabil Neural Repair*. 2011;25(3):285-293. doi: 10.1177/1545968310381250.
44. Terjesen T, Lofterod B, Skaaret I. Gait improvement surgery in ambulatory children with diplegic cerebral palsy. *Acta Orthop*. 2015;86(4):511-517. doi: 10.3109/17453674.2015.1011927.
45. Титаренко Н.Ю., Титаренко К.Е., Левченкова В.Д., и др. Количественная оценка нарушений двигательных функций у больных детским церебральным параличом методом видеоанализа движений с использованием двухмерной биомеханической модели // Российский педиатрический журнал. – 2014. – Т. 17. – № 5. – С. 20–26. [Titarenko NY, Titarenko KE, Levchenkova VD, et al. Quantitative evaluation of motor functions disorders in cerebral palsy patients by means of videoanalysis of movements with the use a two-dimensional biomechanical model. *Russian journal of pediatrics*. 2014;17(5):20-26. (In Russ.)]
46. videomotion.ru [интернет]. Титаренко Н.Ю. Видеоанализ движений в оценке терапии детей с резидуальным неврологическим дефицитом [доступ от 14.11.2017]. Доступ по ссылке <http://www.videomotion.ru/engine.php?content = art03>. [Videomotion.ru [Internet]. Titarenko NY. Video analysis of movements in evaluating the therapy of children with residual neurologic deficit. [cited 2017 Nov 14]. Available from: <http://www.videomotion.ru/engine.php?content = art03> (In Russ.)].
47. Platz T, Pinkowski C, van Wijck F, et al. Reliability and validity of arm function assessment with standardized guidelines for the Fugl-Meyer Test, Action Research Arm Test and Box and Block Test: a multicentre study. *Clin Rehabil*. 2005;19(4):404-411. doi: 10.1191/0269215505cr8320a.
48. Mathiowetz V, Volland G, Kashman N, Weber K. Adult norms for the Box and Block Test of manual dexterity. *Am J Occup Ther*. 1985;39(6):386-391. doi: 10.5014/ajot.39.6.386.
49. Ferre CL, Brandao M, Surana B, et al. Caregiver-directed home-based intensive bimanual training in young children with unilateral spastic cerebral palsy: a randomized trial. *Dev Med Child Neurol*. 2017;59(5):497-504. doi: 10.1111/dmcn.13330.
50. Smith YA, Hong E, Presson C. Normative and validation studies of the Nine-hole Peg Test with children. *Percept Mot Skills*. 2000;90(3 Pt 1):823-843. doi: 10.2466/pms.2000.90.3.823.
51. Poole JL, Burtner PA, Torres TA, et al. Measuring dexterity in children using the Nine-hole Peg Test. *J Hand Ther*. 2005;18(3):348-351. doi: 10.1197/j.jht.2005.04.003.
52. Clinicaltrials.gov [Internet]. Valenza MC. Upper Limbs Assessment in Children with Cerebral Palsy. [cited 2017 Nov 14]. Available from: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/study/NCT01988844>.
53. Jebsen RH, Taylor N, Trieschmann RB, et al. An objective and standardized test of hand function. *Arch Phys Med Rehabil*. 1969;50(6):311-319.
54. Brandao MB, Ferre C, Kuo HC, et al. Comparison of Structured Skill and Unstructured Practice During Intensive Bimanual Training in Children with Unilateral Spastic Cerebral Palsy. *Neurorehabil Neural Repair*. 2014;28(5):452-461. doi: 10.1177/1545968313516871.
55. Krumlinde-Sundholm L, Lindkvist B, Plantin J, Hoare B. Development of the assisting hand assessment for adults following stroke: a Rasch-built bimanual performance measure. *Disabil Rehabil*. 2017;1-9. doi: 10.1080/09638288.2017.1396365.
56. Krumlinde-Sundholm L, Holmefur M, Kottorp A, Eliasson AC. The Assisting Hand Assessment: current evidence of validity, reliability, and responsiveness to change. *Dev Med Child Neurol*. 2007;49(4):259-264. doi: 10.1111/j.1469-8749.2007.00259.x.
57. medznate.ru [интернет]. Никитина Е.С. Методика адаптивной физической культуры при ДЦП [доступ от 14.11.2017]. Доступ по ссылке <http://medznate.ru/docs/index-78022.html>. [Medznate.ru [Internet]. Nikitina ES. Technique of adaptive physical culture with cerebral palsy. [cited 2017 Nov 14]. Available from: <http://medznate.ru/docs/index-78022.html>. (In Russ.)]
58. bmsi.ru [интернет]. Тренажерные системы в адаптивной физической культуре [доступ от 14.11.2017]. Доступ по ссылке: <http://bmsi.ru/doc/939df9d0-675f-4262-89d8-abec91090808>. [Bmsi.ru [Internet]. Exercise systems in adaptive physical culture [cited 2017 Nov 14]. Available from: <http://bmsi.ru/doc/939df9d0-675f-4262-89d8-abec91090808>. (In Russ.)]
59. psy-files.ru [интернет]. Тест Керна – Иерасека [доступ от 14.11.2017]. Доступ по ссылке: http://www.psy-files.ru /2007/02/09/diagnostika_gotovnosti_rebenka_k_shkole_test_kerna_ieraseka.html. [Psy-files [Internet]. Kern-Jirasek test [cited 2017 Nov 14]. Available from: http://www.psy-files.ru /2007/02/09/diagnostika_gotovnosti_rebenka_k_shkole_test_kerna_ieraseka.html. (In Russ.)]
60. Bernstein JH, Waber DP. *Developmental scoring system for the Rey-Osterrieth Complex Figure: Professional manual*. Lutz, Florida: Psychological Assessment Resources; 1996.
61. Санкт-Петербургский научно-исследовательский психоневрологический институт им. В.М. Бехтерева. Применение графических методов в психодиагностике нарушений умственного развития и нейрокогнитивного дефицита у детей: пособие для врачей и медицинских психологов. – СПб.: СПб НИПНИ им. В.М. Бехтерева, 2011. [The St. Petersburg Bekhterev Psychoneurological Research Institute. Application of graphic methods in the psychodiagnosis

- of mental development disorders and neurocognitive deficits in children: a tutorial for doctors and medical psychologists. Saint Petersburg: SPb NIPNI im. V.M. Behtereva; 2011. (In Russ.)]
62. Oster GD, Crone PG. *Using drawings in assessment and therapy: A guide for mental health professionals*. New York: Brunner-Routledge; 2004.
 63. Gaillard F, Rauscent H, Crétual A, et al. Relationship between hand function assessment and upper limb kinematic analysis in children with hemiplegic cerebral palsy. *Ann Phys Rehabil Med*. 2016;59:e6-e7. doi: 10.1016/j.rehab.2016.07.017.
 64. Klotz MC, van Drongelen S, Rettig O, et al. Motion analysis of the upper extremity in children with unilateral cerebral palsy — an assessment of six daily tasks. *Res Dev Disabil*. 2014;35(11):2950-2957. doi: 10.1016/j.ridd.2014.07.021.
 65. Quijano-Gonzalez Y, Melendez-Calderon A, Burdet E, et al. Upper limb functional assessment of children with cerebral palsy using a sorting box. In: Proceedings of the 36th. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society; 26-30 Aug 2014; Chicago. doi: 10.1109/EMBC.2014.6944087.

Сведения об авторах

Владимир Владимирович Борзиков — младший научный сотрудник отделения функциональной диагностики. ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, Нижний Новгород.

Наталья Николаевна Рукина — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения функциональной диагностики. ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, Нижний Новгород. E-mail: ruginann@mail.ru.

Алексей Николаевич Кузнецов — младший научный сотрудник отделения функциональной диагностики. ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, Нижний Новгород.

Анна Наумовна Белова — д-р мед. наук, профессор, руководитель отделения функциональной диагностики. ФГБУ «Приволжский федеральный медицинский исследовательский центр» Минздрава России, Нижний Новгород.

Vladimir V. Borzikov — MD, Junior Research Worker, Department of Functional Diagnostics. FSBEI HE PRMU MON Russia, Nizhny Novgorod, Russia.

Natalia N. Rukina — MD, PhD, Senior Research Worker, Department of Functional Diagnostics. FSBEI HE PRMU MON Russia, Nizhny Novgorod, Russia. E-mail: ruginann@mail.ru.

Alexei N. Kuznetsov — MD, Junior Research Worker, Department of Functional Diagnostics. FSBEI HE PRMU MON Russia, Nizhny Novgorod, Russia.

Anna N. Belova — MD, PhD, Professor, Head of Department of Functional Diagnostics. FSBEI HE PRMU MON Russia, Nizhny Novgorod, Russia.