

УДК 616.831-009.11-053.2- 036.82/.83:615.825:612.76

DOI 10.20538/1682-0363-2016-3-55-62

Для цитирования: Коршунов С.Д., Давлетьярова К.В., Капилевич Л.В. Биомеханические принципы физической реабилитации детей с детским церебральным параличом. *Бюллетень сибирской медицины*. 2016; 15(3): 55–62

## Биомеханические принципы физической реабилитации детей с детским церебральным параличом

Коршунов С.Д.<sup>1</sup>, Давлетьярова К.В.<sup>1</sup>, Капилевич Л.В.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Национальный исследовательский Томский политехнический университет (НИ ТПУ) г. Томск, Россия 634050, г. Томск, пр. Ленина 30*

<sup>2</sup> *Национальный исследовательский Томский государственный университет (НИ ТГУ), г. Томск, Россия 634050, г. Томск, пр. Ленина 36*

### РЕЗЮМЕ

**Цель** – определить основные биомеханические принципы физической реабилитации детей с детским церебральным параличом.

**Материал и методы.** Методами Motion Tracking и электромиографии исследовались биомеханические особенности ходьбы у детей с детским церебральным параличом.

**Результаты.** Показано, что основными отличиями динамического стереотипа ходьбы у больных детей являются задержка перемещения центра тяжести вперед и дезорганизация движений нижних конечностей (особенно колена) в вертикальной плоскости. Преобладающая сгибательно-приводящая позиция нижних конечностей на протяжении локомоторного цикла, связанная с ограничением движений в тазобедренном суставе, компенсируется увеличением раскачиваний туловища, ослаблением активности в фазе заднего толчка и ее резким усилением в четвертой фазе. Изменения структуры движения плечевого пояса и верхних конечностей можно рассматривать как компенсаторные. Характерно избыточное вовлечение в локомоцию икроножных мышц и прямых мышц спины, при этом центральные механизмы гиперсинхронизации активности двигательных единиц являются основным адаптационным механизмом в группе детей, способных к самостоятельным локомоциям.

**Выводы.** В систему двигательной реабилитации детей с детским церебральным параличом необходимо включать следующие элементы: упражнения на поддержание равновесия тела при выполнении движений руками; упражнения на координацию движений рук, в том числе моторики кисти; упражнения на увеличение подвижности в тазобедренных суставах и в пояснице; упражнения, направленные на тренировку икроножных мышц, передних мышц бедра и прямых мышц спины; массаж для снятия гипертонуса икроножных мышц.

**Ключевые слова:** двигательные расстройства, электромиография, ходьба, равновесие.

### Введение

Детский церебральный паралич (ДЦП) занимает в настоящее время одно из ведущих мест в структуре детской инвалидности. Социальная значимость и важность этой проблемы достаточно велика. ДЦП не только вызывает задержку или патологию умственного развития, речевую недостаточность, нарушение слуха и зрения, но

и ведет к двигательным нарушениям, так как является сложным заболеванием центральной нервной системы, что отрицательно сказывается на социальной адаптации больных ДЦП [1, 2].

Одно из основных проявлений ДЦП – нарушение локомоторной функции, так как в основе этого заболевания лежит органическое повреждение нервной системы плода. Нарушения локомоторной функции носят характер патологических стереотипов позы и ходьбы [3, 4, 5]. Они формируются на основе сохраняющих свою

✉ Давлетьярова Ксения Валентиновна, e-mail: ksenya-d82@yandex.ru

патологическую активность тонических рефлексов [1, 6, 7].

На сегодняшний день существует большое количество методик восстановительного лечения больных с ДЦП. Но их эффективность не достаточна, так как не дает ожидаемой положительной динамики [1]. Поэтому необходимость дальнейших разработок в этой области остается актуальной. В обширной литературе, посвященной ДЦП, работы по изучению структуры локомоции долгое время занимали весьма скромное место. В основном это были электромиографические исследования деятельности мышц при ходьбе до и после различных оперативных вмешательств [2]. Лишь в последние годы появился ряд исследований, но и они направлены в основном на биомеханическое обоснование хирургической коррекции позы и ходьбы больных ДЦП [8, 9, 10].

Цель исследования: определить основные биомеханические принципы физической реабилитации детей с детским церебральным параличом.

### Материалы и методы

Для решения поставленной цели было обследовано 40 детей (24 мальчика и 16 девочек) в возрасте 8–12 лет, страдающих ДЦП. В том числе 20 детей – способных ходить самостоятельно и 20 детей – способных ходить только с поддержкой (держась за поручни). Контрольную группу составили 20 детей (12 мальчиков и 8 девочек) того же возраста. Родители всех детей подписывали информированное согласие на участие в исследовании.

Все дети выполняли упражнение «Ходьба на тренажере – электрической беговой дорожке» в трех положениях: по горизонтальной поверхности и в наклоне (подъем, спуск 8 градусов). Для анализа ориентации звеньев тела, их местоположения в пространстве и отношения к опоре использовался метод отслеживания движения Motion Tracking. Пространственные перемещения звеньев тела регистрировались с помощью видеокамеры Vision Research Phantom Mire eX2. Съемка велась со скоростью 100 кадров в секунду. Полученные данные были обработаны и проанализированы в программе StarTrace Tracker 1.1 Video Motion®. Оценка биоэлектрической активности мышц (электромиограмма, ЭМГ) проводилась при помощи компьютерного электронейромиографа «Нейро-МВП-4». Электроды накладывались на следующие мышцы (справа и слева): икроножная мышца (медиальная головка); латеральная широкая мышца бедра; двуглавая мышца бедра; прямая мышца спины. Фактические данные представлены в виде  $M \pm m$ . Достоверность различий между группами оценивалась с использованием непараметрического критерия Манна – Уитни.

### Результаты

Полученные результаты позволяют выделить основные отличия в построении динамического стереотипа ходьбы у детей, больных ДЦП. Динамика углов в суставах нижних конечностей качественно не различалась (рис.). При этом угол сгибания в тазобедренном суставе у больных ДЦП

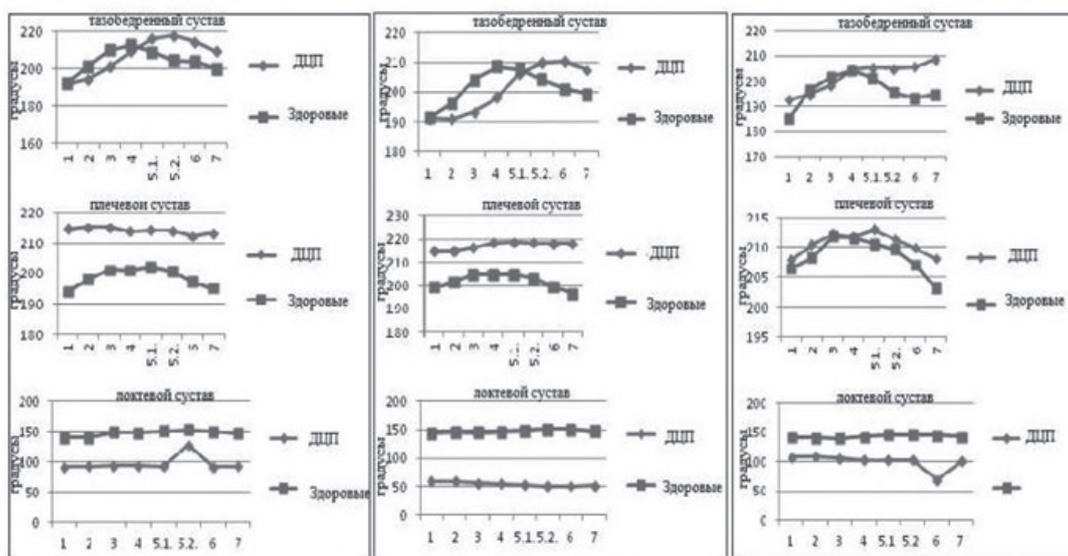


Рисунок. Параметры биоэлектрической активности скелетных мышц у детей с ДЦП и у контрольной группы при ходьбе. Значения углов в суставах нижних и верхних конечностей при ходьбе: а – в подъеме; б – по горизонтальной поверхности; в – на спуске  
По оси абсцисс – фазы шага

был несколько ниже в первой половине шага, но оказывался заметно выше во второй. Движение в тазобедренном суставе имеет поочередно уступающий и преодолевающий характер. У больных ДЦП наблюдается ослабление уступающей фазы и значительное усиление преодолевающей.

Однако со стороны угловых скоростей движений в суставах между группами наблюдались выраженные различия. Общий центр тяжести (ОЦТ) у здорового ребенка перемещался вперед и вверх преимущественно в первой половине шага. У больных детей движение начиналось с перемещения вниз, основное смещение вперед происходило во второй фазе шага и сопровождалось некоторым подъемом вверх. У детей, больных ДЦП, угловые скорости движения в коленном и голеностопном суставах имеют экстремумы в тех же фазах, но все экстремальные значения смещены в область положительных углов, что отражает преимущественно согнутую позицию ноги.

Снижение значения угловой скорости в коленном суставе у больных ДЦП связано со снижением способности центральной нервной системы координировать тонус мышц-антагонистов. Вращательные движения таза являются важной составной частью механизма перемещения всего тела с одной ноги на другую и механизма, обеспечивающего перенос нижней конечности при ходьбе.

У детей с ДЦП фазовая структура этого движения диаметрально изменяется. Можно предположить, что данные изменения носят компенсаторный характер, восполняя ограниченную подвижность в коленных суставах. Выраженные различия между здоровыми детьми и страдающими ДЦП обнаружены в работе верхних конечностей. Прежде всего для больных характерны большие величины углов в плечевом суставе и меньшие – в локтевом на всем протяжении шага (см. рис.). Движения локтя и запястья у здоровых детей совпадали по фазе как по горизонтали, так и по вертикали. Начало шага сопровождалось движением руки вперед и вверх, в третью – пятую фазы – назад и вниз, затем снова вверх. У детей, больных ДЦП, движения локтя и запястья по горизонтали осуществлялись в противофазе: шаг начинался с движения локтя назад, а запястья – вперед. В третьей – пятой фазах направления менялись: локоть двигался вперед, а запястье назад. У больных детей мы наблюдали медленные движения запястья вверх – вниз в вертикальной плоскости.

Таким образом, основными отличиями динамического стереотипа ходьбы у детей, больных ДЦП, являются задержка перемещения ОЦТ впе-

ред (оно происходит во вторую половину шага) и дезорганизация движений нижних конечностей (особенно колена) в вертикальной плоскости. Преобладающая сгибательно-приводящая позиция нижних конечностей на протяжении локомоторного цикла, связанная с ограничением движений в тазобедренном суставе, компенсируется увеличением раскачиваний туловища, ослаблением активности в фазе заднего толчка и ее резким усилением в четвертой фазе. Изменения структуры движения плечевого пояса и верхних конечностей можно рассматривать как компенсаторные: вертикальные перемещения плеча, которые подстраиваются под движения ОЦТ, оставаясь в противофазе к последним. Происходит рассогласование движений локтя и запястья, они также перемещаются в противофазе. Можно предполагать, что при ходьбе у больных ДЦП одновременная активность мышц-разгибателей и сгибателей выступает не как эпизодическое явление, а как основная особенность управления локомоцией, являясь одновременно проявлением патологических расстройств и компенсаторным механизмом.

В табл. приведены сравнительные показатели интерференционной ЭМГ тестируемых мышц больных с ДЦП, передвигающихся самостоятельно и с опорой. Показатели интерференционной ЭМГ тестируемых мышц у больных с ДЦП, передвигающихся самостоятельно и с опорой, существенно различаются. У детей, способных ходить без поддержки, со стороны икроножной мышцы наблюдается снижение максимальной амплитуды осцилляций и увеличение средней амплитуды осцилляций. Суммарная амплитуда также несколько возрастает, тогда как частота осцилляций заметно снижается. В результате отмечается существенный прирост амплитудно-частотного показателя. У детей, передвигающихся только с поддержкой, изменения биоэлектрической активности икроножной мышцы носили во многом противоположный характер: незначительные разнонаправленные изменения амплитуды в сочетании с существенным увеличением частоты осцилляций и значительное снижение амплитудно-частотного показателя в сравнении с контрольной группой. Со стороны латеральной широкой мышцы бедра (разгибатель коленного сустава) изменения во многом сходные, но менее выраженные: снижение частоты в сочетании с возрастанием амплитуды в группе детей, способных ходить самостоятельно, и разнонаправленные изменения амплитуды в сочетании с двукратным приростом частоты у детей, передвигающихся только с поддержкой.

Т а б л и ц а

Параметры биоэлектрической активности скелетных мышц у детей с АЦП и у контрольной группы при ходьбе, М ± m																
Параметр	Максимальная амплитуда, мкВ				Средняя амплитуда, мкВ				Суммарная амплитуда, мВ/с			Средняя частота, 1/с			Амплитуда/ частота, мкВЧс	
	Ходьба без опоры (АЦП)	Здоровые	Ходьба с опорой (АЦП)	Ходьба без опоры (АЦП)	Ходьба без опоры (АЦП)	Здоровые	Ходьба с опорой (АЦП)	Ходьба без опоры (АЦП)	Ходьба с опорой (АЦП)	Здоровые	Ходьба без опоры (АЦП)	Ходьба с опорой (АЦП)	Здоровые	Ходьба без опоры (АЦП)	Здоровые	Ходьба без опоры (АЦП)
Икроножная мышца (медиальная головка)	Левая нога	11803 ± 1005*	2825 ± 389*	10089 ± 977	184 ± 35*	844 ± 164*	405 ± 57	863 ± 156*	195 ± 30	268 ± 44*	4725 ± 630*	1275 ± 100	652 ± 98*	3,7 ± 0,9*	20 ± 3,5*	8,5 ± 1,8
	Правая нога	10300 ± 1115*	3636 ± 567*	7129 ± 913	447 ± 84*	869 ± 150*	238 ± 32	1001 ± 200*	131 ± 25	267 ± 51*	2165 ± 380*	1254 ± 97	285 ± 40*	1,9 ± 0,5*	77,3 ± 15*	10,7 ± 2,1
Латеральная широкая мышца бедра	Левая нога	2176 ± 402*	10610 ± 887*	5367 ± 612	173 ± 28	899 ± 145*	229 ± 28	372 ± 38	175 ± 41	520 ± 105*	4722 ± 720*	2664 ± 180	1025 ± 115*	23,5 ± 4,2*	18,9 ± 3,3*	54,9 ± 7,4
	Правая нога	4005 ± 565	11314 ± 1300*	3162 ± 420	481 ± 70	373 ± 65	341 ± 55	2584 ± 352*	75 ± 10	179 ± 25	4482 ± 490*	1167 ± 247	1412 ± 230	21,8 ± 3,2*	9,6 ± 1,1	6,8 ± 0,9
Двуглавая мышца бедра	Левая нога	1205 ± 120	2258 ± 370	2824 ± 355	348 ± 42	400 ± 77	403 ± 62	44 ± 8	86 ± 11,5	101 ± 15	308 ± 62	1112 ± 135	634 ± 79	4,9 ± 0,2	79,3 ± 7,1	210,9 ± 25,0
	Правая нога	1205 ± 190	2949 ± 370	1964 ± 220	348 ± 45	343 ± 40	336 ± 42	44 ± 7	11 ± 1,9	89 ± 8,5	308 ± 48	47 ± 4	248 ± 25	4,9 ± 0,75	42,8 ± 4,9	23,8 ± 2,9
Прямые мышцы спины	Слева	13002 ± 1420*	9180 ± 990*	5147 ± 778	341 ± 45	1347 ± 175*	162 ± 25	2767 ± 310*	230 ± 27	885 ± 95*	6524 ± 750*	4647 ± 620	1154 ± 142*	2,9 ± 0,35*	10,3 ± 1,5*	28,3 ± 3,1
	Справа	5521 ± 620	7362 ± 750*	4687 ± 510	175 ± 20	1486 ± 160*	227 ± 25	570 ± 69*	222 ± 30	1751 ± 190*	4011 ± 420*	3026 ± 340	2237 ± 255*	2,5 ± 0,3*	12,9 ± 1,3*	36,7 ± 4,1

\* – достоверность различий с контрольной группой (p < 0,05).

Биоэлектрическая активность двуглавой мышцы бедра (задняя группа мышц) практически не отличалась от контрольных значений. Характеристики биоэлектрической активности прямых мышц спины в значительной степени отличались от контрольной группы. В обеих группах детей, больных ДЦП, выявлено увеличение максимальной и суммарной амплитуды осцилляций, средняя амплитуда была выше контрольных значений только в группе детей, способных ходить самостоятельно. Средняя частота значительно снижалась в группе детей, способных к самостоятельным локомоциям и возрастала в группе детей, перемещающихся только с поддержкой. Амплитудно-частотный показатель снижался в обеих группах, но в группе детей, перемещающихся самостоятельно, значительно в меньшей степени.

## Обсуждение

Изложенные выше результаты позволяют сформулировать ряд биомеханических принципов для построения методики физической реабилитации детей с детским церебральным параличом.

I. Биомеханика построения шага. Выделены основные отличия в построении динамического стереотипа ходьбы у детей, больных ДЦП.

1. Угол сгибания в тазобедренном суставе у больных ДЦП был несколько ниже в первой половине шага, но оказывался заметно выше во второй.

2. Движение в тазобедренном суставе имело поочередно уступающий и преодолевающий характер. У больных ДЦП наблюдалось ослабление уступающей фазы и значительное усиление преодолевающей.

3. Движение начиналось с перемещения вниз, основное смещение вперед происходило во второй фазе шага и сопровождалось некоторым подъемом вверх.

4. Угловые скорости движения в коленном и голеностопном суставах имели экстремумы в тех же фазах, но все экстремальные значения смещались в область положительных углов, что отражало преимущественно согнутую позицию ноги.

5. Для больных характерны большие величины углов в плечевом суставе и меньшие в локтевом на всем протяжении шага.

6. Движения локтя и запястья по горизонтали осуществлялись в противофазе – шаг начинался с движения локтя назад, а запястья – вперед.

7. У больных детей мы наблюдали медленные движения запястья вверх – вниз в вертикальной плоскости.

Таким образом, основными отличиями динамического стереотипа ходьбы у детей, больных ДЦП, являются задержка перемещения ОЦТ вперед (оно происходит во второй половине шага) и дезорганизация движений нижних конечностей (особенно колена) в вертикальной плоскости. Преобладающая сгибательно-приводящая позиция нижних конечностей на протяжении локомоторного цикла, связанная с ограничением движений в тазобедренном суставе, компенсируется увеличением раскачиваний туловища, ослаблением активности в фазе заднего толчка и ее резким усилением в четвертой фазе. Изменения структуры движения плечевого пояса и верхних конечностей можно рассматривать как компенсаторные: вертикальные перемещения плеча подстраиваются под движения ОЦТ, оставаясь в противофазе к последним. Происходит рассогласование движений локтя и запястья, они также перемещаются в противофазе. При ходьбе у больных ДЦП одновременная активность мышц-разгибателей и сгибателей выступает не как эпизодическое явление, а как основная особенность управления локомоцией, являясь одновременно проявлением патологических расстройств и компенсаторным механизмом.

II. Биомеханика работы стопы. Дети, имеющие заболевание ДЦП, прикладывают большее усилие при выполнении отталкивания от опоры. Однако максимальное значение силы у здоровых детей достоверно выше, причем у детей с ДЦП наблюдается увеличение давления на опору в боковом направлении. Таким образом, детям с детским церебральным параличом в форме спастической диплегии в процессе реабилитации нужно уделять больше внимания на развитие координационных способностей, снятию гипертонуса мышц. При применении физических упражнений делать акцент на растяжку, повышать силовые качества нижних конечностей.

III. Работа мышц спины и нижних конечностей. Основными отличиями динамического стереотипа ходьбы у детей, больных ДЦП, по данным электромиографического анализа, являются:

1. Значительные изменения в биоэлектрической активности икроножных мышц. При этом у детей, способных к самостоятельным локомоциям, мы наблюдаем явление гиперсинхронизации – значительное возрастание амплитуды осцилляций в сочетании со снижением частоты. У детей, передвигающихся только с опорой, синхронизация отсутствует; напротив, амплитуда осцилляций снижается, а частота значительно возрастает.

2. В обеих группах больных ДЦП наблюдается избыточная активность прямых мышц спины в сравнении с контрольной группой. При этом у детей, способных ходить самостоятельно, мы наблюдаем явление синхронизации. В группе детей, перемещающихся только с поддержкой, избыточная активность данной группы мышц не сопровождалась синхронизацией.

3. Активность задней группы мышц бедра несколько снижалась в обеих группах детей, больных ДЦП. Активность передней группы мышц бедра возрастала в обеих группах, при этом у детей, способных к самостоятельным перемещениям, – в большей степени.

Таким образом, динамический стереотип ходьбы у детей с ДЦП отличается избыточным вовлечением в локомоции икроножных мышц и прямых мышц спины. При этом центральные механизмы гиперсинхронизации активности двигательных единиц являются основным адаптационным механизмом в группе детей, способных к самостоятельным локомоциям.

## Заключение

Полученные нами результаты позволяют утверждать, что в систему двигательной реабилитации детей с ДЦП необходимо включать следующие элементы:

- упражнения на поддержание равновесия тела при выполнении движений руками;
- упражнения на координацию движений рук, в том числе моторики кисти;
- упражнения на увеличение подвижности в тазобедренных суставах и в пояснице;
- упражнения, направленные на тренировку икроножных мышц, передних мышц бедра и прямых мышц спины;
- массаж для снятия гипертонуса икроножных мышц.

## Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

## Источник финансирования

Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ №15-16-70005 «Создание методов физической реабилитации детей с двигательными нарушениями на основе биомеханических закономерностей».

## Литература

1. Осокин В.В. Эволюция представлений о детском церебральном параличе // *Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения*. 2014. № 9. С. 42–46.
2. Imms C. Children with cerebral palsy participate: a review of the literature // *Disabil. Rehabil.* 2008. V. 11/30. P. 1867–1884.
3. Давлетьярова К.В., Капилевич Л.В., Коршунов С.Д. Особенности биоэлектрической активности мышц при ходьбе у больных с детским церебральным параличом // *Теория и практика физической культуры*. 2015. № 11. С. 30–32.
4. Давлетьярова К.В., Капилевич Л.В., Коршунов С.Д., Рогов А.В. Биомеханические характеристики ходьбы у больных с детским церебральным параличом // *Теория и практика физической культуры*. 2015. № 7. С. 26–28.
5. Davletyarova K.V., Korshunov S.D., Kapilevich L.V. Biomechanical Bases of Rehabilitation of Children with Cerebral Palsy // *AIP Scitation*. 2015. № 1688.
6. Давлетьярова К.В., Капилевич Л.В. Физиологические основы развития координации и равновесия у студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата // *Теория и практика физической культуры*. 2012. № 8. С. 23–26.
7. Дубровский В.И., Федорова В.Н. *Патологическая биомеханика*. М.: Изд-во ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003. С. 591–628.
8. Lusardi M.M., Nielsen C.C. *Orthotics and Prosthetics in Rehabilitation*. Elsevier Corp, 2007. 904 p.
9. Sharma R. An Objective Approach for Assessment of Balance Disorders and Role of Visual Biofeedback Training in the Treatment of Balance Disorders // *Indian J. of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2001. V. 12. P. 25–30.
10. Marret S., Vanhulle C., Laquerriere A. Pathophysiology of cerebral palsy // *Handb Clin Neurol*. 2013. V. 111. P. 169–176.

Поступила в редакцию 29.02.2016 г.

Утверждена к печати 15.05.2016 г.

Коршунов Сергей Дмитриевич (✉) – аспирант кафедры спортивных дисциплин НИ ТПУ (г. Томск).

Давлетьярова Ксения Валентиновна – канд. мед. наук, доцент кафедры спортивных дисциплин НИ ТПУ (г. Томск).

Капилевич Леонид Владимирович – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой спортивно-оздоровительного туризма, спортивной физиологии и медицины НИ ТГУ, профессор кафедры спортивных дисциплин НИ ТПУ (г. Томск).

✉ Давлетьярова Ксения Валентиновна, e-mail: ksenya-d82@yandex.ru

УДК 616.831-009.11-053.2- 036.82/.83:615.825:612.76

DOI 10.20538/1682-0363-2016-3-55-62

For citation: Korshunov S.D., Davletyarova K.V., Kapilevich L.V. Biomechanical principles physical rehabilitation of children with cerebral palsy. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2016; 15(3): 55-62

## Biomechanical principles physical rehabilitation of children with cerebral palsy

Korshunov S.D.<sup>1</sup>, Davletyarova K.V.<sup>1</sup>, Kapilevich L.V.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation  
30 Lenina Av., Tomsk, 634050

<sup>2</sup> National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation  
36 Lenina Av., Tomsk, 634050

### ABSTRACT

**Aim.** We studied the basic biomechanical principles of physical rehabilitation of children with cerebral palsy.

**Materials and methods.** Methods of Motion Tracking and electromyography investigated the biomechanical characteristics of gait in children with cerebral palsy. It is shown that the main differences between dynamic stereotype walk pediatric patients is to delay moving forward center of gravity and the disorganization of the lower limb movements (especially knee) in the vertical plane. Prevailing flexion - leading position of the lower extremities during locomotion cycle associated with limitation of motion in the hip joint, offset by an increase swinging body, weakening activity in the rear shock phase and its sharp increase in the fourth phase. Changes in the structure of the movement of the shoulder girdle and upper extremities can be considered as compensatory. Characteristically excessive involvement in the locomotion of the calf muscles and the rectus muscles of the back, with the central mechanisms gipersinhronizatsii activity of motor units are the primary mechanism for adaptation in a group of children that are capable of self-locomotion.

**Results.** As a result of the research it shows that in motor rehabilitation of children with cerebral palsy should include the following elements: exercise to maintain the body balance when performing arm movements, exercises for coordination of hand movements, including motor brushes, exercises to increase mobility in the hip joints and in the back, exercises designed to exercise the calf muscles, the front thigh muscles and the rectus muscles of the back, massage to relieve hyper calf muscles.

**Keywords:** movement disorders, electromyography, walking and balance.

### References

- Osokin V.V. *Jevoljucija predstavlenij o detskom cerebral'nom paraliche* [The evolution of ideas about cerebral palsy]. *Sovremennaja nauka: aktual'nye problemy i puti ih reshenija*, 2014, no. 9, pp. 42-46 (in Russian).
- Imms C. Children with cerebral palsy participate: a review of the literature // *Disabil. Rehabil.* 2008. V. 11/30. P. 1867-1884.
- Davlet'jarova K.V., Kapilevich L.V., Korshunov S.D. *Oso-bennosti bioelektricheskoy aktivnosti mysbc pri hod'be u bol'nyh s detskim cerebral'nym paralichom* [Features of bioelectrical activity of muscles during walking in patients with cerebral palsy]. *Teorija i praktika fizicheskoy kul'tury*, 2015, № 11, pp. 30-32 (in Russian).
- Davlet'jarova K.V., Kapilevich L.V., Korshunov S.D., Rogov A.V. *Biomehanicheskie harakteristiki hod'by u bol'nyh s detskim cerebral'nym paralichom* [Biomechanical characteristics of gait in patients with cerebral palsy]. *Teorija i praktika fizicheskoy kul'tury*, 2015, № 7, pp. 26-28 (in Russian).
- Davlet'jarova K.V., Korshunov S.D., Kapilevich L.V. *Biomechanical Bases of Rehabilitation of Children with Cerebral Palsy // AIP Scitation*. 2015. № 1688.
- Davlet'jarova K.V., Kapilevich L.V. *Fiziologicheskie osnovy razvitija koordinacii i ravnovesija u studentov s narushenijami oporno-dvigatel'nogo apparata* [Physiological basis of coordination and balance in students with disorders of the musculoskeletal system]. *Teorija i praktika fizicheskoy kul'tury*, 2012, no. 8, pp. 23-26 (in Russian).
- Dubrovskij V.I., Fedorova V.N. *Patologicheskaja biomehanika* [Abnormal biomechanics]. M., Izd-vo VLA-DOS-PRESS Publ., 2003, pp. 591-628 (in Russian).

8. Lusardi M.M., Nielsen C.C. *Ortbotics and Prosthetics in Rehabilitation*. Elsevier Corp., 2007. 904 p.
9. Sharma R. An Objective Approach for Assesment of Balance Disorders and Role of Visual Biofeedback Training in the Treatment of Balance Disorders // *Indian J. of Physical Medicina and Rehabilitation*. 2001. V. 12. P. 25–30.
10. Marret S., Vanhulle C., Laquerriere A. Pathophysiology of cerebral palsy // *Handb Clin Neurol*. 2013. V. 111. P. 169–176.

**Korshunov Sergey D.** (✉), National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation.

**Davlet'jarova Kseniy V.**, PhD, National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation.

**Kapilevich Leonid V.**, MD, Professor, National Research Tomsk Polytechnic University, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation.

✉ **Davlet'jarova Kseniy V.**, e-mail: ksenya-d82@yandex.ru