

На правах рукописи



Коршунов Сергей Дмитриевич

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДВИГАТЕЛЬНОЙ
АДАПТАЦИИ У ДЕТЕЙ С ОСОБЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ
ЗДОРОВЬЯ, СВЯЗАННЫМИ С ОГРАНИЧЕННОЙ ПОДВИЖНОСТЬЮ**

03.03.01 – Физиология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Томск – 2017

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» на кафедре спортивных дисциплин.

Научный руководитель: доктор медицинских наук, профессор
Капилевич Леонид Владимирович

Официальные оппоненты:

Васильев Владимир Николаевич, доктор биологических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра физической культуры и здоровья, заведующий кафедрой

Диамант Ирина Ивановна, доктор медицинских наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный педагогический университет», кафедра теории и методики обучения физической культуре и спорту, профессор

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт физиологии и фундаментальной медицины»

Защита состоится 26 апреля 2017 года в 12 час. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 212.267.10, созданного на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36 (корпус НИИ ББ, конференц-зал).

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке ТГУ и на официальном сайте федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» www.tsu.ru.

Материалы по защите диссертации размещены на официальном сайте ТГУ: <http://www.ams.tsu.ru/TSU/QualificationDep/co-searchers.nsf/newpublicationn/KorshunovSD26042017.html>

Автореферат разослан « ____ » марта 2017.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук



Носков Юрий Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования.

В современном обществе принципиально изменился взгляд на проблему людей с особыми потребностями. Люди с особыми потребностями, или с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) – именно такое определение зафиксировано в законодательных актах РФ – в данной парадигме рассматриваются как полноправные члены общества [Мартынова Е.А. 2015, Матасов Ю.Т., Богданова А.А. 2015].

В физиологическом аспекте такие люди по-прежнему чаще всего расцениваются как пациенты, нуждающиеся в особой медицинской помощи. Данное противоречие становится существенным барьером на пути полноценной интеграции людей с ОВЗ в общество, особенно в детском возрасте. Необходимо распространить интеграционный подход на физиологические аспекты, и перспективной основой для этого является теория функциональных систем.

Теория функциональных систем была разработана П. К. Анохиным в результате проводимых им исследований компенсаторных приспособлений нарушенных функций организма. Как показали эти исследования, всякая компенсация нарушенных функций может иметь место только при мобилизации значительного числа физиологических компонентов, зачастую расположенных в различных отделах центральной нервной системы и рабочей периферии, тем не менее, всегда функционально объединенных на основе получения конечного приспособительного эффекта. Такое функциональное объединение различно локализованных структур и процессов на основе получения конечного (приспособительного) эффекта и было названо «функциональной системой» (П. К. Анохин, 1968). Ядром функциональной системы является приспособительный эффект, определяющий состав, перестройку эфферентных возбуждений и неизбежное обратное афферентирование о результате промежуточного или конечного приспособительного эффекта [Илларионова А.В. Капилевич Л.В. 2014, Солодков А. С., Сологуб Е. Б. 2013].

Одна из основных физиологических составляющих нормального формирования и развития организма у детей – это движение. Благодаря ему развиваются все зоны коры больших полушарий мозга, координация межцентральных связей, коррекция и компенсация недостатков в физическом и психическом развитии, формируются двигательные взаимодействия анализаторных систем и познавательных процессов. Движение – это необходимое условие жизнеобеспечения организма, а также средство и метод поддержания его работоспособности. Соответственно, важное направление адаптации детей с ОВЗ – формирование у них двигательных навыков. При этом важно делать упор в первую очередь на мобилизацию собственных компенсаторных механизмов, которая может быть реализована на основе изучения физиологических особенностей двигательной адаптации у детей с ОВЗ [Баланев Д.Ю., Капилевич Л.В., 2015, Давлетьярова К.В., 2015].

Степень разработанности темы исследования.

Как уже упоминалось выше, интегративный подход в процессе социально-психологической адаптации детей с ОВЗ реализуется более успешно, чем в

физиологической. Ряд авторов видят решение данной проблемы в нейрофизиологическом аспекте, рассматривая двигательную активность как метод социализации и психофизиологической адаптации, в том числе к образовательной деятельности. При этом оценка эффективности такого подхода выполняется на основе теории функциональных систем - то есть критерием успешной адаптации служит не восстановление той или иной функции до уровня физиологической нормы, а успешность интеграции ребенка с ОВЗ в социум за счет рационального использования имеющихся у него навыков и мобилизации компенсаторных механизмов.

Цель: изучить физиологические особенности двигательной адаптации у детей с особыми возможностями здоровья, связанными с ограниченной подвижностью.

Задачи:

1. Изучить биомеханические характеристики локомоций у детей с особыми возможностями здоровья, связанными с ограниченной подвижностью.

2. Исследовать биоэлектрическую активность мышц нижних конечностей у детей с особыми возможностями здоровья, связанными с ограниченной подвижностью.

3. Изучить характер взаимодействия с опорой у детей с особыми возможностями здоровья, связанными с ограниченной подвижностью.

4. Оценить реакцию регионарной гемодинамики у детей с особыми возможностями здоровья, связанными с ограниченной подвижностью, на локомоторную нагрузку.

Научная новизна.

Впервые показано, что у детей с особыми возможностями здоровья, связанными с ограниченной подвижностью, формируется специфический локомоторный стереотип, характеризующийся следующими особенностями:

- задержка перемещения центра тяжести вперед (оно происходит во вторую половину шага) и дезорганизация движений нижних конечностей (особенно колена) в вертикальной плоскости – во второй половине шага совершается 2–3 колебательных движения колена вверх–вниз;

- усиление раскачиваний туловища, снижение подвижности в уступающей фазе и значительное усиление в преодолевающей фазе шага, компенсирующие преобладание сгибательно – приводящей позиции нижних конечностей на протяжении локомоторного цикла.

- преимущественное вовлечение в локомоции икроножных мышц и прямых мышц спины, при этом важным адаптационным механизмом являются центральные факторы гиперсинхронизации активности двигательных единиц.

Впервые показана важная роль адаптационного механизма, связанного с характером движений плечевого пояса и верхних конечностей при ходьбе у детей с особыми возможностями здоровья, связанными с ограниченной подвижностью – вертикальные перемещения плеча подстраиваются под движения общего центра тяжести, оставаясь в противофазе к последним. Происходит рассогласование движений локтя и запястья – они так же перемещаются в противофазе, шаг начинается с движения локтя назад, а запястья – вперед.

Впервые показано, что при ходьбе у детей с особыми возможностями здоровья, связанными с ограниченной подвижностью, происходит одновременное повышение активности мышц разгибателей и сгибателей. Данная особенность выступает не как эпизодическое явление, а как основная особенность управления локомоцией, являясь одновременно важным компенсаторным механизмом.

Впервые охарактеризованы компенсаторные механизмы, обеспечивающие сохранение равновесия при прыжках у детей с особыми возможностями здоровья, связанными с ограниченной подвижностью, реализуемые за счет усиления давления на опору в боковом направлении в фазу отталкивания и удлинения начальной фазы прыжка.

Впервые показано, что у детей с особыми возможностями здоровья, связанными с ограниченной подвижностью, сохранен функциональный резерв регионарного кровотока в проксимальных отделах нижних конечностей.

Теоретическая и практическая значимость.

Полученные результаты раскрывают целый ряд важных физиологических закономерностей, лежащих в основе адаптации детей с особыми возможностями здоровья, связанными с ограниченной подвижностью, к локомоторным нагрузкам. В то же время, они могут послужить основой для разработки новых, физиологически обоснованных методов двигательной адаптации таких детей, основанных на принципах увеличения времени удержания равновесия, длины шага и угла движения в голеностопных, коленных, тазобедренных суставах, что в значительной степени улучшает качество жизни этой категории лиц.

Результаты диссертации внедрены в учебный процесс на кафедре спортивных дисциплин Томского политехнического университета и в областном казенном государственном учреждении «Реабилитационного центра для детей и подростков с ограниченными возможностями» Закрытого административно-территориального образования города Северска.

Работа получила финансовую поддержку грантов ГРНФ (проект 5-16-70005 «Создание методов физической реабилитации детей с двигательными нарушениями на основе биомеханических закономерностей») и РНФ (проект 16-18-00016 «Двигательная, социальная, психологическая адаптация детей с ограниченными возможностями к обучению в системе профессионального образования»).

Методология и методы исследования.

Методология настоящего исследования основана на теории функциональных систем П.К. Анохина и на концепции взаимосвязи основных положений теории адаптации и методики формирования двигательных навыков. В работе использовался комплекс физиологических методов: компьютерная тензодинамография (оценка характера взаимодействия с опорой), электромиография, реовазографии, Motion Tracking (фотосъемка движения цифровой высокоскоростной камерой с кадровым компьютерным анализом изображений).

Положения, выносимые на защиту

1. У детей с особыми возможностями здоровья, связанными с ограниченной подвижностью, формируется специфический локомоторный стереотип, характеризующийся задержкой перемещения центра тяжести вперед и дезорганизация движений нижних конечностей; усилением раскачиваний

туловища, снижением подвижности в уступающей фазе и значительным усилением в преодолевающей фазе шага, подстройкой вертикальных перемещений плеча под движения общего центра тяжести.

2. Формирование локомоций у детей с особыми возможностями здоровья, связанными с ограниченной подвижностью, характеризуется преимущественным вовлечением икроножных мышц и прямых мышц спины, а также одновременным повышением активности мышц - разгибателей и сгибателей. При этом важными факторами адаптации являются центральные механизмы гиперсинхронизации активности двигательных единиц и функциональный резерв регионарного кровотока в проксимальных отделах нижних конечностей.

Апробация результатов исследования.

Основные результаты диссертации обсуждены на всероссийских и международных конференциях: межрегиональной научно-практической конференции «Физическая культура и спорт на современном этапе: проблемы, поиски решений» (Томск, 2014); II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием студентов и аспирантов (Томск, 2014); Всероссийской научно-практической конференции «Спортивная наука России: состояние и перспективы развития, посвященную 90-летию журнала «Теория и практика физической культуры» (Москва, 2016); VI Всероссийской научно-практической конференции памяти В.С. Пирусского «Физическая культура, здравоохранение и образование» (Томск, 2014, 2015); IV Международном научном конгрессе «Проблемы физкультурного образования: содержание, направленность, методика, организация» (Челябинск, 2016); 12-ом международном междисциплинарном конгрессе «Нейронаука для медицины и психологии» (Крым, Судак, 2016).

По материалам диссертации опубликовано 15 работ, в том числе 7 статей в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (в том числе 1 публикация в журнале, индексируемом Web of Science, и 4 публикации в журналах, индексируемых Scopus), 1 патент Российской Федерации, 7 публикаций в сборниках материалов международных, всероссийских и региональной учебно-методической и научно-практических конференций.

Степень достоверности.

Достоверность полученных результатов определяется высоким методическим уровнем исследования, использованием современных методов и сертифицированного оборудования, корректным формированием исследуемых групп и использованием методов статистического анализа.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации.

Автором самостоятельно разработано теоретическое обоснование физиологических подходов к оценке адаптации к локомоторным нагрузкам детей с особыми возможностями здоровья, связанными с ограниченной подвижностью, определены направления исследования, сформулированы цель и задачи, разработан дизайн исследования. Самостоятельно выполнены физиологические и биомеханические исследования, проведена статистическая обработка результатов,

их научный анализ и организовано их обсуждение, сформулированы выводы и положения, выносимые на защиту.

Структура и объем диссертации.

Диссертация изложена на 127 странице машинописного текста и состоит из введения, трех глав: «Обзор литературы», «Материалы и методы», «Результаты и их обсуждение», заключения, списка сокращений и списка литературы, включающего 132 наименования, в том числе 37 – на иностранном языке. Работа иллюстрирована 48 рисунками и 9 таблицами.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании принимали участие 90 детей в возрасте от 8 до 12 лет (средний возраст $10,37 \pm 1,74$ лет), в том числе 54 мальчика и 36 девочек.

Основную группу составили 60 детей (36 мальчиков и 24 девочки) с особыми возможностями здоровья (ОВЗ). Основная группа была разбита на две подгруппы - дети, способные к самостоятельным локомоциям (всего 30 детей, в том числе 19 мальчиков и 12 девочек), и дети, способные к локомоциям только с дополнительной поддержкой (всего 30 детей, в том числе 17 мальчиков и 12 девочек). Контрольную группу составили 30 детей (18 мальчиков и 12 девочек) без особых возможностей здоровья.

Исследование выполнялось на базе ОГКУ «Реабилитационный Центр для детей и подростков с ограниченными возможностями» (ЗАТО г. Северск).

Анализ данных проводился при помощи программы Statistica 6.0 for Windows фирмы Statsoft. Полученные данные были представлены в виде «среднее \pm ошибка среднего» ($X \pm m$). Для определения характера распределения полученных данных использовали критерий Колмогорова–Смирнова. Гипотезу о принадлежности сравниваемых независимых выборок к одной и той же генеральной совокупности или к совокупностям с одинаковыми параметрами проверяли с помощью рангового U-критерия Манна-Уитни.

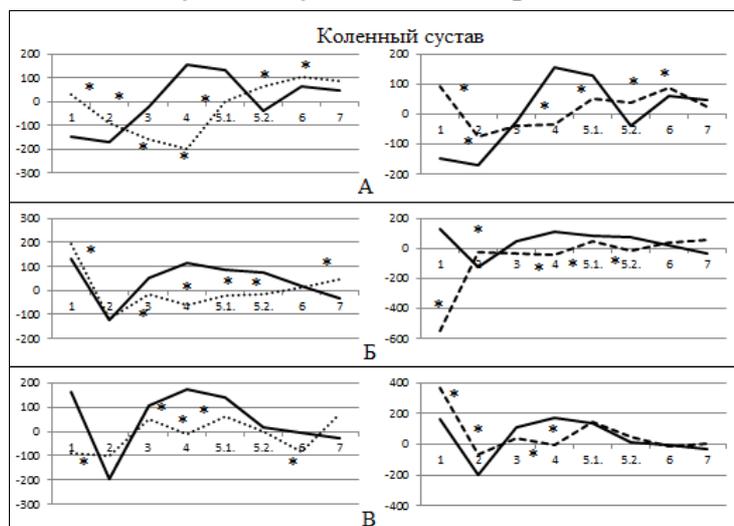
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ ориентации звеньев тела, их местоположения в пространстве и отношения к опоре

На Рисунке 1 представлены угловые скорости в коленном суставе. В основной группе (ходьба с поддержкой) происходит ослабление способности центральной нервной системы координировать движение мышц-антагонистов. Сгибательно-приводящая позиция нижних конечностей на протяжении локомоторного цикла прослеживается и в основной группе (ходьба самостоятельно), что отражается в преимущественно согнутой позиции ноги.

Ограничение движений в тазобедренном суставе наряду с увеличением раскачиваний туловища, ослабление активности в фазе переноса ноги и ее резкое усиление в четвертой фазе являются основными отличительными особенностями динамического стереотипа локомоций в основной группе (ходьба самостоятельно). Основное смещение вперед происходило в четвертой фазе шага и сопровождалось некоторым подъемом вверх (Рисунок 2).

Локомоция верхних конечностей имеет однотипные сдвиги фазовых характеристик нормальной и патологической ходьбы детей с ОВЗ (ходьба с поддержкой): относительное уменьшение длительности опорного периода и соответствующее увеличение продолжительности переносного периода.



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

Рисунок 1 Значения угловых скоростей в коленном суставе при ходьбе:

.....Основная группа ходьба с поддержкой;

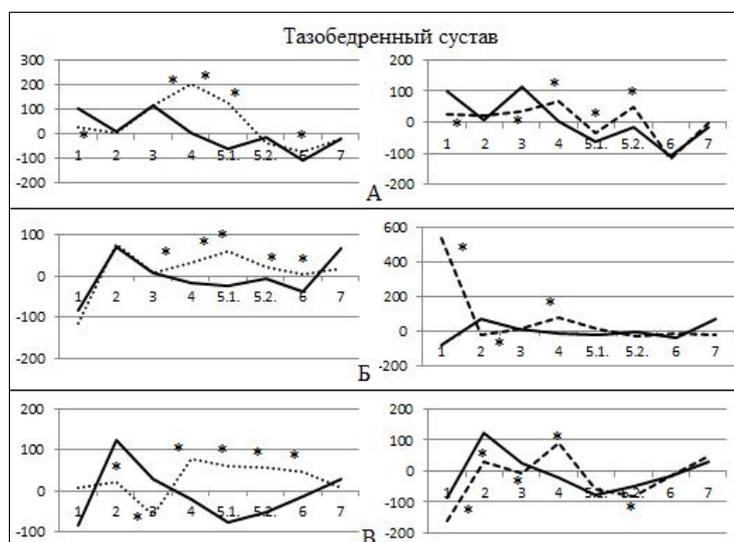
---Основная группа ходьба самостоятельно;

—Контрольная группа

А – в подъем, Б – горизонтальная поверхность, В – спуск



Редукция амплитуды угловых ускорений во всех суставах ноги, но особенно в коленном и тазобедренном суставах, в контрольной группе имеет четыре экстремума. Два соответствуют начальному ($3224,92 \text{ мм/с}^2$) и конечному опорному периоду ($3949,83 \text{ мм/с}^2$), а два - во время переката стопы ($3859,64 \text{ мм/с}^2$) и в первой половине переносного периода ($-10486,54 \text{ мм/с}^2$). При ходьбе основной группы (ходьба с поддержкой и ходьба самостоятельно) эти экстремумы сохраняются, однако все значения выше. Угловые ускорения в тазобедренном суставе в основной группе (ходьба с поддержкой и ходьба самостоятельно) во всех трех положениях сохраняют значения выше в сравнении с контрольной группой.



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

Рисунок 2 Значения угловых скоростей в тазобедренном суставе при ходьбе:

.....Основная группа ходьба с поддержкой;

---Основная группа ходьба самостоятельно

—Контрольная группа

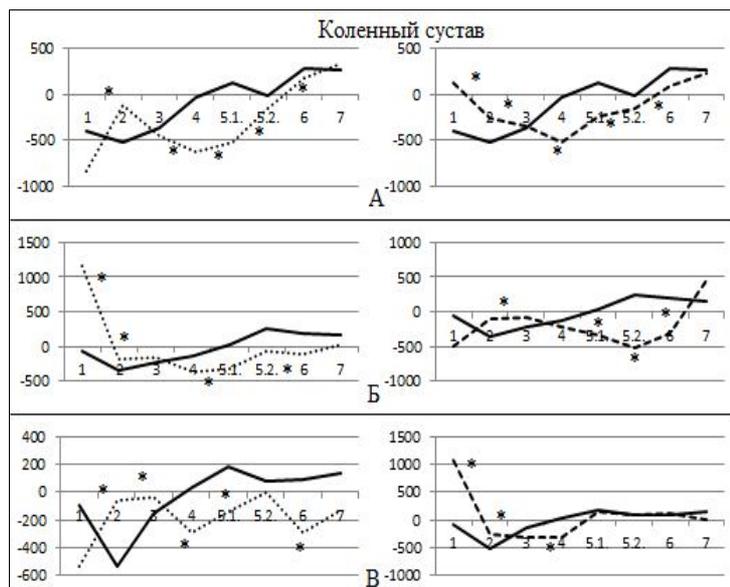
А – в подъем, Б – горизонтальная поверхность, В – спуск



Плечевой пояс движется в противофазе в обеих основных группах относительно контрольной группы. Вся кривая практически перемещена в область отрицательных значений, что означает закрепощенность верхнего плечевого пояса.

На Рисунке 3 представлена динамика скорости движения коленного сустава в горизонтальной плоскости при ходьбе. Скорость движения коленного сустава в горизонтальной плоскости у контрольной группы на всем протяжении

двигательного цикла монотонно возрастает. В основных группах со второй фазы она существенно снижается до фазы 3, а в фазы 4 – 5.1. – возрастает.



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

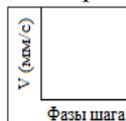
Рисунок 3 Значения скоростей движения коленного сустава в горизонтальной плоскости при ходьбе:

.....Основная группа ходьба с поддержкой;

---Основная группа ходьба самостоятельно

—Контрольная группа

А – в подъем, Б – горизонтальная поверхность, В – спуск



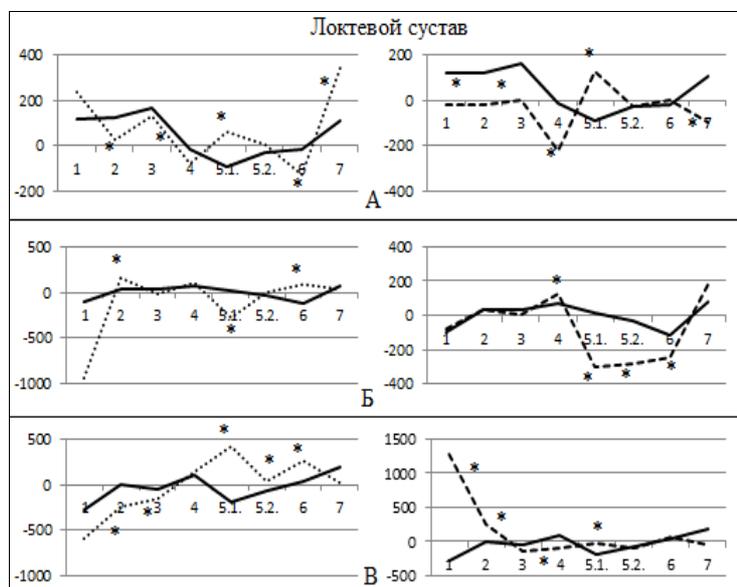
Скорость движения голеностопного сустава, в вертикальной плоскости начиная с первой фазы движения до последнего цикла локомоции постоянно понижалась. Однако в вертикальной плоскости движение коленного сустава в основной группе (ходьба с поддержкой) отличалось принципиально. У детей с ОВЗ движение колена вверх запаздывало, во второй половине шага совершалось 2–3 колебательных движения вверх–вниз.

Существенные различия между группами были выявлены при исследовании скорости движения плечевого сустава в вертикальной плоскости при локомоции в подъем и по ровной поверхности. В основной группе (ходьба с поддержкой) при локомоции в подъем минимальное значение скорости достигалось в первой фазе (-800 мм/с) ($p < 0,05$), а максимальное – в фазе 6 (200 мм/с) ($p < 0,05$). Динамика скорости движения локтевого сустава при движении в основной группе детей (ходьба самостоятельно) имела синусоидальную форму при минимальных значениях в четвертой и 5.1. фазах, причем значения скорости в течение всего цикла ходьбы в контрольной группе были достоверней выше, чем у детей основной группы (ходьба самостоятельно) (Рисунок 4).

Динамики ускорения движения в голеностопном суставе в горизонтальной плоскости при ходьбе в основной группе (ходьба с поддержкой) по ровной поверхности имеет два экстремальных значения. Первое соответствуют сгибанию в суставе в начале шага ($30414,63$ мм/с²) ($p < 0,05$), а второе сгибанию во время переката стопы ($29294,44$ мм/с²) ($p < 0,05$).

Кривая динамики ускорения коленного сустава при ходьбе в контрольной группе состоит из двух волн с малой и большой амплитудой с экстремальными значениями ($-7,46$ мм/с²) и ($5237,94$ мм/с²). Вращательные движения таза являются важной составляющей частью механизма перемещения всего тела с одной ноги на другую и механизма, обеспечивающего перенос нижней конечности при ходьбе.

Значительные различия были выявлены при исследовании ускорения плечевого сустава в горизонтальной плоскости. Так, в основной группе детей (ходьба самостоятельно) при ходьбе во всех трех положениях минимальные значения ускорения регистрировались в четвертой фазе, максимальные – в 5.2. Таким образом, в основных группах в начальной фазе ходьбы ускорение уменьшается, а в заключительных фазах возрастает.



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

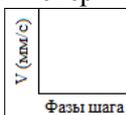
Рисунок 4 Значения скоростей движения суставов верхних конечностей в вертикальной плоскости при ходьбе:

.....Основная группа ходьба с поддержкой;

---Основная группа ходьба самостоятельно

—Контрольная группа

А – в подъем, Б – горизонтальная поверхность, В – спуск



Исследование ускорения движений суставов в вертикальной плоскости при ходьбе показало, что у детей с ОВЗ (ходьба самостоятельно) в голеностопном суставе ускорение на всем протяжении шага находятся в области положительных значений. Преобладают высокие значения в фазу отталкивания ($27442,43 \text{ мм/с}^2$) ($p < 0,05$) и фазу амортизации ($56412,51 \text{ мм/с}^2$) ($p < 0,05$) локомоторного цикла. В основной группе (ходьба с поддержкой) преобладают низкие величины ускорения в фазе переката стопы ($-50643,43 \text{ мм/с}^2$) ($p < 0,05$).

У детей с ОВЗ (ходьба самостоятельно) в тазобедренном суставе в фазе переноса ноги и переката ступни величины ускорений находятся в противофазе со значениями контрольной группы. Тем самым компенсируется увеличение раскачивания туловища.

Анализ биомеханики работы стопы при выполнении прыжков

В результате исследования были получены данные о биомеханических характеристиках выполнения прыжка с тензоплатформы и на тензоплатформу у детей с ОВЗ.

Особенностями фазы отталкивания у детей основной группы является наличие постоянного начального угла в суставах, следовательно, фаза активного отталкивания у них более интенсивная. В результате исследования были так же получены биомеханические показатели прыжка на тензоплатформу у детей с ОВЗ.

Минимальные значения вертикальной составляющей силы (F_z) в основной группе значительно ниже ($-178,6 \pm 3,64 \text{ Н}$) ($p < 0,05$), чем в контроле. Значения горизонтальной составляющей силы направленной по ходу сторону движения (F_x) было достоверно ниже ($118,95 \pm 1,52 \text{ Н}$) ($p < 0,05$), чем в контрольной группе ($89,82 \pm 1,17 \text{ Н}$). Составляющая силы, направленная в боковые стороны (F_y), была выше у детей основной группы ($-60,50 \pm 2,3 \text{ Н}$) ($p < 0,05$). Максимальное значение

вертикальной составляющей силы (F_z) в основной группе значительно выше ($768,90 \pm 3,99\text{Н}$) ($p < 0,05$), т.к. на фоне спастики, синкинезии дети используют больше энергии для отталкивания и обеспечения фазы полета. Максимальное значения горизонтальной составляющей силы, направленной в сторону движения (F_x), в основной группе было значительно меньше, т.к. у детей с ОВЗ ниже скорость сокращения икроножных мышц.

Время выполнения усилия по оси (F_z) в основной группе значительно выше ($1,66'' \pm 0,08$) ($p < 0,05$), чем в контрольной ($1,26'' \pm 0,1$). Время горизонтального усилия в сторону локомоции в основной группе так же значительно выше ($1,85'' \pm 0,07$) ($p < 0,05$), чем в контрольной группе ($1,34'' \pm 0,06$).

В результате исследования были получены данные о биомеханических показателях **прыжка с тензоплатформы** у детей с ОВЗ.

Минимальные значения силы по оси (F_x) в сторону движения в основной группе было значительно выше ($-19,23 \pm 1,23\text{Н}$) ($p < 0,05$), чем в контроле. Это можно связать с тем, что у детей с ОВЗ изменена поза стояния, что связано со смещением ОЦТ. По оси (F_y) достоверных различий между группами не было. Минимальное значение вертикальной силы F_z было достоверней ниже ($-169,71 \pm 3,17\text{Н}$) ($p < 0,05$) в основной группе, чем в контрольной ($-151,88 \pm 1,99\text{Н}$).

В механизме отталкивания большую роль играет реакция опоры, которая уравнивает действия внутренних сил (силы мышц). В основной группе реакция опоры имеет ряд особенностей, связанных с ограничением подвижности, в результате чего величина усилия, прилагаемого по оси движения (F_x) значительно больше, чем в контроле.

При исследовании минимальных усилий по осям (F_y) и (F_x) достоверных различий между группами выявлено не было. В вертикальном направлении минимальная величина силы при выполнении прыжка в основной группе была значительно выше, т.к. увеличена фаза опоры на носок.

Анализ биоэлектрической активности мышц спины и нижних конечностей

Характеристики интерференционной ЭМГ тестируемых мышц у детей с ОВЗ, передвигающихся самостоятельно и с поддержкой существенно различаются (Рисунки 5 – 6).

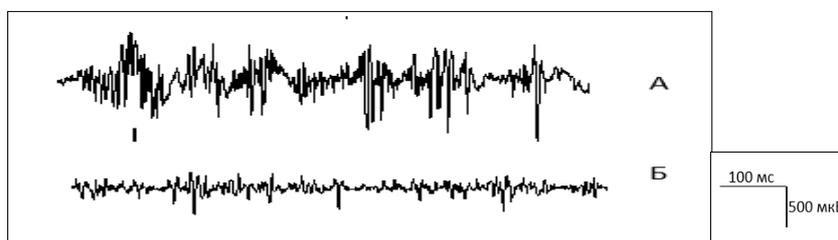


Рисунок 5 – Электрическая активность икроножной мышцы (справа) при ходьбе у ребенка основной (А) и контрольной (Б) группы.

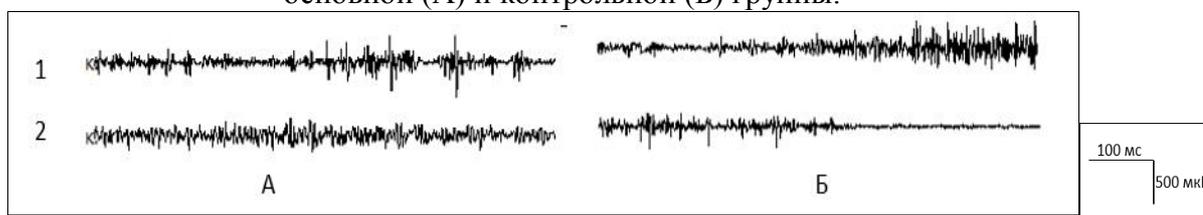


Рисунок 6 – Электрическая активность мышц передней (1) и задней (2) поверхности бедра справа при ходьбе у детей основной (А) и контрольной (Б) групп.

У детей, основной группы (ходьба самостоятельно), со стороны икроножной мышцы мы наблюдаем снижение максимальной амплитуды осцилляций (2825 ± 389 мкВ) ($p < 0,05$) слева и справа (3636 ± 567 мкВ) ($p < 0,05$) и увеличение средней амплитуды осцилляций (844 ± 164 мкВ) ($p < 0,05$) слева и справа (869 ± 150 мкВ) ($p < 0,05$).

Суммарная амплитуда так же несколько выше в основной группе (268 ± 44 мВ/с) ($p < 0,05$) слева и справа (267 ± 44 мВ/с) ($p < 0,05$), тогда как частота осцилляций заметно ниже (652 ± 98 Гц) ($p < 0,05$) с обеих сторон (285 ± 40 Гц) ($p < 0,05$). В итоге мы наблюдаем существенный прирост амплитудно-частотного показателя ($20 \pm 3,5$ мкВ \times с) ($p < 0,05$) слева и справа ($77,3 \pm 15$ мкВ \times с) ($p < 0,05$) у детей с ОВЗ. У детей, передвигающихся только с поддержкой, изменения биоэлектрической активности икроножной мышцы носит во многом противоположный характер: отмечается незначительные разнонаправленные изменения амплитуды в сочетании с существенным увеличением частоты осцилляций и существенное 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. В основной группе (ходьба самостоятельно) отмечено снижение частоты осцилляций ($18,9 \pm 3,3$ мкВ \times с – слева) ($p < 0,05$) относительно контрольной группы ($54, \pm 7,4$ мкВ \times с – слева) в сочетании с возрастанием амплитуды (10610 ± 887 мкВ – слева) ($p < 0,05$) в основной группе (ходьба самостоятельно) в сравнении с контролем (5367 ± 612 мкВ – слева). Со стороны двуглавой мышцы бедра (задняя группа мышц) частота ЭМГ несколько снижалась в основных группах ($4,9 \pm 0,2$ мкВЧс – ходьба с поддержкой) ($p < 0,05$), ($79,3 \pm 7,1$ мкВЧс – ходьба самостоятельно) ($p < 0,05$) относительно контрольной группы ($210,9 \pm 25$ мкВЧс).

Характеристики биоэлектрической активности прямых мышц спины у детей с ОВЗ в значительной степени отличались от контрольной группы. В обеих группах детей с ОВЗ, мы наблюдаем увеличение максимальной (13002 ± 1420 мкВ – ходьба с поддержкой ($p < 0,05$); 9180 ± 990 мкВ – ходьба самостоятельно ($p < 0,05$)) и суммарной (570 ± 69 мВ/с – ходьба с поддержкой ($p < 0,05$); 885 ± 95 мВ/с – ходьба самостоятельно ($p < 0,05$)) амплитуды осцилляций. Средняя амплитуда была выше контрольных значений (227 ± 25 мкВ) только в группе детей, способных ходить самостоятельно (1347 ± 175 мкВ) ($p < 0,05$). Средняя частота значительно снижалась в основной группе (ходьба самостоятельно) (1154 ± 142 Гц) ($p < 0,05$) и возрастала в основной группе детей (ходьба с поддержкой) (6524 ± 750 Гц) ($p < 0,05$). Амплитудно-частотный показатель снижался в обеих группах, но в группе перемещающихся самостоятельно – значительно в меньшей степени.

Особенно наглядными оказались результаты турно-амплитудного анализа (Рисунок 7). В контрольной группе точки турно-амплитудного анализа на всех группах мышц образуют «облако», занимающее положение центральнее и чуть ниже (визуально) относительно биссектрисы угла нулевой отметки.

У детей с ОВЗ распределение точек турно-амплитудного анализа икроножной мышцы значительно отличалось от контроля (Рисунок 7). У детей,

перемещающихся только с поддержкой «облако» смещалось горизонтально вправо, а у способных к самостоятельной ходьбе – вертикально вверх.

На латеральной широкой мышце бедра «облако» размазывалось вправо, образуя ряд отдельных точек, в обеих основных группах. ЭМГ прямых мышц спины характеризовалось значительным смещением «облака» горизонтально вправо в группе детей (ходьба с поддержкой). У детей, перемещающихся самостоятельно, формировалось два «облака» турнов, одно из которых смещалось вправо горизонтально, а второе – вправо и вверх.

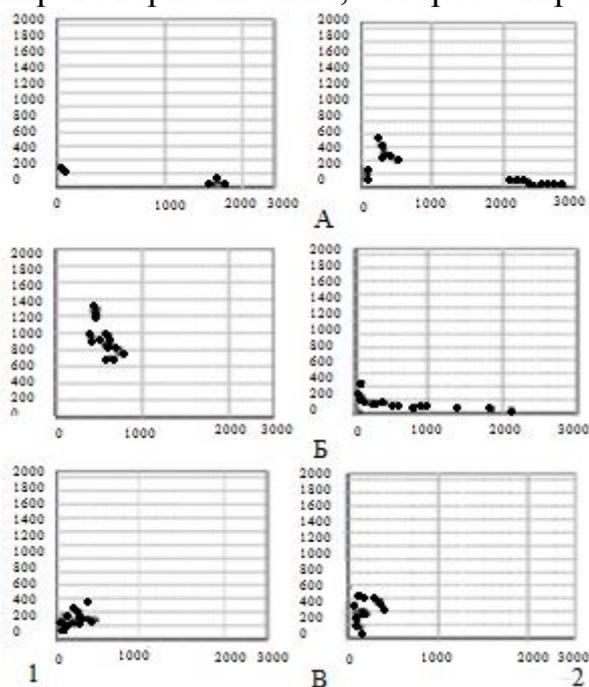


Рисунок 7. Диаграммы турно-амплитудного анализа электромиограмм: 1 - икроножной мышцы (медиальная головка), 2 - латеральной широкой мышцы бедра. А – основная группа, ходьба с поддержкой, Б – основная группа, ходьба самостоятельно, В – контрольная группа

Амплитуда турнов МкВ
Частота турнов 1\c

Показатели гемодинамики нижних конечностей при локомоторных нагрузках

На Рисунке 8 представлены результаты исследования показателей кровотока нижних конечностей у детей с ОВЗ и контрольной группы в покое и после физической нагрузки.

Пульсовое кровенаполнение до нагрузки было повышено в левом бедре в основной группе (ходьба с поддержкой и ходьба самостоятельно) ($1,84 \pm 0,09$) ($p < 0,05$) и умеренно снижено в правом бедре ($0,4 \pm 0,06$) ($p < 0,05$). После локомоторной нагрузки пульсовое кровенаполнение в основной группе возрастало в правом ($1 \pm 0,02$) ($p < 0,05$) и левом бедре ($0,66 \pm 0,01$) ($p < 0,05$) сильнее, чем в контрольной группе – ($0,7 \pm 0,01$) и ($0,48 \pm 0,03$) соответственно. В контрольной группе после выполнения физической нагрузки заметно усилилось кровенаполнение в обеих голених слева ($0,7 \pm 0,02$) и справа ($1,09 \pm 0,05$), тогда как в основной группе данный показатель снижался слева ($0,48 \pm 0,02$) ($p < 0,05$) и справа ($0,62 \pm 0,14$) ($p < 0,05$). Полученные результаты свидетельствуют, что у детей основной группы физическая нагрузка вызывает усиление пульсового кровенаполнения преимущественно в области бедер, тогда как в контрольной группе – в области голени.

В состоянии покоя в основной группе величина АЧП слева ($1,99 \pm 0,1$) ($p < 0,05$) в 2 раза превышает контрольные показатели, тогда как справа ($0,5 \pm 0,02$) ($p < 0,05$) – меньше контроля в 1,5 раза. В голени по данному показателю различий между

группами выявлено не было. После локомоторной нагрузки в контрольной группе наблюдается снижение АЧП в бедрах, а голенях прирост, тогда как в основной группе величина АЧП в голенях слева ($0,73 \pm 0,04$) ($p < 0,05$) и справа ($0,94 \pm 0,07$) ($p < 0,05$) существенно снижалась в сравнении с контрольными показателями слева ($1,05 \pm 0,07$) и справа ($2,31 \pm 0,12$) соответственно.

Индексы быстрого (V_{\max}) кровенаполнения в покое в основной группе (ходьба с поддержкой и ходьба самостоятельно) в левом бедре были ($1,77 \pm 0,12$ Ом/с) ($p < 0,05$) выше в 2 раза, а справа, напротив, снижены ($0,51 \pm 0,02$ Ом/с) ($p < 0,05$) в 1,5 раза в сравнении с контрольной группой слева ($0,83 \pm 0,03$ Ом/с) и справа ($0,7 \pm 0,02$ Ом/с) соответственно. В голенях достоверных различий между группами выявлено не было. После нагрузки V_{\max} области бедер существенно возрастает в обеих группах (особенно справа), тогда как в голенях прирост регистрируется только в контрольной группе.

Индекс медленного ($V_{\text{ср}}$) кровенаполнения в покое в основной группе (ходьба с поддержкой и ходьба самостоятельно) в левом бедре ($1,27 \pm 0,11$ Ом/с) ($p < 0,05$) был повышен в 3 раза, а справа ($0,24 \pm 0,01$ Ом/с) ($p < 0,05$) - снижен в 1,5 раза в сравнении с контрольной группой (слева ($0,41 \pm 0,02$ Ом/с) и справа ($0,39 \pm 0,02$ Ом/с) соответственно). В голени достоверных различий выявлено не было. После физической нагрузки индекс медленного ($V_{\text{ср}}$) кровенаполнения в голени у детей основной группы (ходьба с поддержкой и ходьба самостоятельно) увеличивался незначительно, тогда, как в контрольной группе прирост был выраженным (особенно справа).

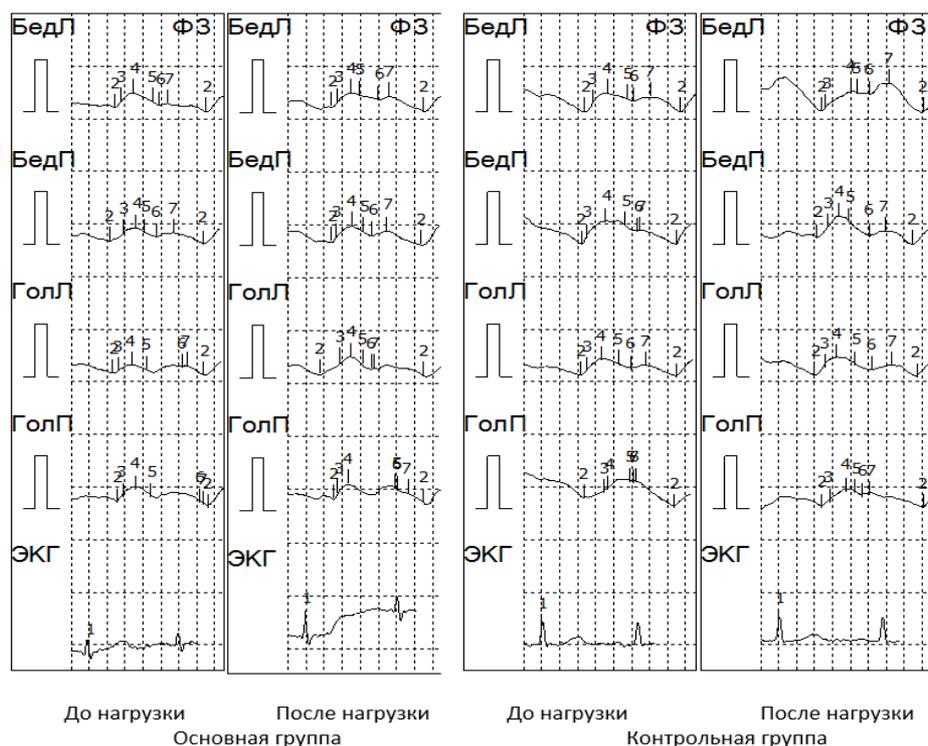


Рисунок 8 – Реовазограмма нижних конечностей у детей основной и контрольной групп до и после физической нагрузки.

Периферическое сосудистое сопротивление (оцениваемое по ДИК) в покое в основной группе (ходьба с поддержкой и ходьба самостоятельно) в области левого ($60,08 \pm 3,4$) ($p < 0,05$) и правого ($66,8 \pm 5,1$) ($p < 0,05$) бедер было умеренно снижено относительно контрольной группы (слева ($64,5 \pm 2,5$) и справа ($110,9 \pm 9,2$) соответственно). В области левой ($80,6 \pm 7,5$) ($p < 0,05$) и правой ($52,7 \pm 3,1$) ($p < 0,05$)

голении было умеренно выше контроля слева ($31,4 \pm 3,7$) и справа ($34,3 \pm 2,8$) соответственно. После нагрузки в основной группе (ходьба с поддержкой и ходьба самостоятельно) величина ДИК снижалась в области левого ($38,6 \pm 2,7$) ($p < 0,05$) и правого бедер ($62,5 \pm 6,3$) ($p < 0,05$). После нагрузки в контрольной группе величина ДИК снижалась в области правой голени ($20,9 \pm 2,2$), тогда как в основной группе отмечалось значительное возрастание данного показателя ($81,8 \pm 6,5$) ($p < 0,05$).

Диастолический индекс и показатель венозного оттока характеризуют состояние венозного отдела. В покое ДИА и ПВО значительно снижены в основной группе (ходьба с поддержкой и ходьба самостоятельно) в левой ($64,9 \pm 5,3$) ($p < 0,05$) и правой ($64,9 \pm 2,1$) ($p < 0,05$) конечностях в сравнении с контрольной группой (слева ($72,4 \pm 7,2$) и справа ($72,6 \pm 6,8$) соответственно). После пробы с локомоторной нагрузкой показатели ДИА в обеих группах увеличиваются в области бедер, при этом в основной группе (ходьба с поддержкой и ходьба самостоятельно) величина венозного оттока остается достоверно выше. В области голени затруднение венозного оттока регистрируется после нагрузки как в контрольной группе слева ($31,8 \pm 3,1$) и справа ($15,6 \pm 1,8$), так и в основной группе слева ($7 \pm 1,2$) ($p < 0,05$) и справа ($11,2 \pm 1,5$) ($p < 0,05$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На Рисунке 9 представлена схема, отражающая структуру процесса двигательной адаптации детей с ОВЗ, составленную на основе теории функциональных систем. Исходным звеном обстановочной афферентации, обуславливающим потребность в адаптации, является ограничение подвижности, а основным фактором мотивации, конечной целью процесса адаптации – максимальное восстановление подвижности.

Мы выделили пять факторов ограничения подвижности у детей с ОВЗ, каждый из которых запускает один или несколько компенсаторных механизмов, на основе которых формируется новый двигательный стереотип. Одновременно запускается комплекс механизмов функциональной адаптации, которые обеспечивают возможность реализации упомянутых компенсаторных механизмов. Они связаны как с вегетативным, так и с регуляторным обеспечением новых двигательных программ.

В итоге взаимодействия трех названных групп факторов – ограничивающих, компенсаторных и функциональной адаптации – достигается полезный результат – частичная или полная двигательная адаптация.

Все изложенное позволяет утверждать, что именно в рамках теории функциональных систем и на основе адаптационного подхода имеется реальная возможность обеспечения полноценной адаптации детей с ОВЗ, включения их во все сферы общественной жизни с преодолением как социальных, так и физических барьеров.

ВЫВОДЫ

1. Основными особенностями динамического стереотипа ходьбы у детей основной группы являются задержка перемещения центра тяжести вперед (оно происходит во второй половину шага) и дезорганизация движений нижних конечностей (особенно колена) в вертикальной плоскости - во второй

половине шага совершается 2–3 колебательных движения колена вверх-вниз. Преобладающая сгибательно - приводящая позиция нижних конечностей на протяжении локомоторного цикла, связанная с ограничением движений в тазобедренном суставе, компенсируется увеличением раскачиваний туловища, ослаблением подвижности в уступающей фазе и значительным усилением в преодолевающей.

2. Движения плечевого пояса и верхних конечностей при ходьбе у детей особыми возможностями здоровья, связанными с ограниченной подвижностью, являются важным адаптационным механизмом – вертикальные перемещения плеча подстраиваются под движения общего центра тяжести, оставаясь в противофазе к последним. Происходит рассогласование движений локтя и запястья – они так же перемещаются в противофазе, шаг начинается с движения локтя назад, а запястья – вперед.

3. Динамический стереотип ходьбы у детей основной группы характеризуется преимущественным вовлечением в локомоции икроножных мышц и прямых мышц спины, при этом важным адаптационным механизмом являются центральные факторы гиперсинхронизации активности двигательных единиц. Одновременная активность мышц-разгибателей и сгибателей выступает не как эпизодическое явление, а как основная особенность управления локомоцией.

4. При выполнении прыжков у детей основной группы происходит увеличение давления на опору в боковом направлении в фазу отталкивания, им требуется больше времени для выполнения начальной фазы прыжка, что связано с вовлечением дополнительных компенсаторных механизмов, обеспечивающих устойчивость при приземлении.

5. У детей основной группы сохранен функциональный резерв регионарного кровотока в проксимальных отделах нижних конечностей. На фоне локомоторных нагрузок наблюдается усиление пульсового кровенаполнения и увеличение скорости кровотока преимущественно в области бедер, тогда как вегетативное обеспечение дистальных отделов конечностей снижается, что сопровождается затруднением венозного оттока.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в журналах, включённых в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, и в журналах, индексируемых Web of Science и Scopus:

1. Рогов А. В. Непосредственные и отдаленные результаты комплексной реабилитации больных детским церебральным параличом в виде спастической диплегии / А. В. Рогов, Е. Ф. Левицкий, В. К. Пашков, Е. И. Нечаева, Р. З. Барабаш, **С. Д. Коршунов** // Вестник Ивановской медицинской академии. – 2014. – Т. 19, № 2. – С. 19–23. – 0,31 / 0,21 п.л.

2. **Коршунов С. Д.** Биомеханические характеристики ходьбы у детей с врожденными расстройствами локомоций / С. Д. Коршунов, К. В. Давлетьярова, Л. В. Капилевич // Вестник Томского государственного университета. – 2014. – № 387. – С. 203–207. – 0,31 / 0,19 п.л.

3. Давлетьярова К. В. Биомеханические характеристики ходьбы у больных с детским

церебральным параличом / К. В. Давлетьярова, **С. Д. Коршунов**, Л. В. Капилевич, А. В. Рогов // Теория и практика физической культуры. – 2015. – № 7. – С. 26–28. – 0,38 / 0,19 п.л.

Scopus:

Davlet'yarova K. V. Biomechanical characteristics of walking of patients with cerebral palsy / K. V. Davlet'yarova, **S. D. Korshunov**, L. V. Kapilevich, A. V. Rogov // Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kultury. – 2015. – Is. 7. – P. 26–28.

4. **Коршунов С. Д.** Особенности биоэлектрической активности мышц при ходьбе у больных с детским церебральным параличом / **С. Д. Коршунов**, К. В. Давлетьярова, Л. В. Капилевич // Теория и практика физической культуры. – 2015. – № 11. – С. 30–32. – 0,38 / 0,12 п.л.

Scopus:

Korshunov S. D. Features of muscles bioelectrical activity when walking in patients with cerebral palsy / **S. D. Korshunov**, K. V. Davlet'yarova, L. V. Kapilevich, // Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kultury. – 2015. – Vol. 11. – P. 30–32.

5. Davlet'yarova K. V. Biomechanical Bases of Rehabilitation of Children with Cerebral Palsy / K. V. Davlet'yarova, **S. D. Korshunov**, L. V. Kapilevich // AIP Conference Proceedings. – 2015. – Vol. 1688. – Article number 030015. – 5 p. – DOI: 10.1063/1.4936010. – 0,31 / 0,24 п.л.

6. **Коршунов С. Д.** Биомеханические принципы физической реабилитации детей с детским церебральным параличом / С. Д. Коршунов, К. В. Давлетьярова, Л. В. Капилевич // Бюллетень сибирской медицины. – 2016. – Т. 15, № 3. – С. 55–62. – DOI: 10.20538/1682-0363-2016-3-55-62. – 0,5 / 0,18 п.л.

Web of Science:

Korshunov S. D. Biomechanical principles physical rehabilitation of children with cerebral palsy / S. D. Korshunov, K. V. Davlet'yarova, L. V. Kapilevich // Byulleten Sibirskoy Meditsiny. – 2016. – Vol. 15, is. 3. – P. 55–62.

7. Kapilevich L. V. Lower limb haemodynamics variations with physical workloads in children with mobility limitations / L. V. Kapilevich, K. V. Davlet'yarova, **S. D. Korshunov**, N. A. Ovchinnikova // Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kultury. – 2016. – Is. 6. – P. 86–88. – 0,25 / 0,13 п.л.

Патент:

8. Патент 2571528, Российская Федерация, МПК А61Н 1/00 (2006.01), А61Н 7/00 (2006.01). Способ реабилитации больных детским церебральным параличом в виде спастической диплегии / Рогов А. В. (RU), Левицкий Е. Ф. (RU), Барабаш Р. З. (RU), **Коршунов С. Д.** (RU), Пашков В. К. (RU), Нечаева Е. И. (RU), Дорошева Т. Г. (RU), Власов А. Ю. (RU); Патентообладатели Рогов А. В. (RU), Левицкий Е. Ф. (RU), Барабаш Р. З. (RU), Коршунов С. Д. (RU), Пашков В. К. (RU), Нечаева Е. И. (RU), Дорошева Т. Г. (RU), Власов А. Ю. (RU). – № 2014103580/14; заявл. 31.01.2014; опубл. 20.12.2015, бюл. № 35. – 21 с.

Публикации в других научных изданиях:

9. Рогов А. В. Влияние комплексной реабилитации на качество жизни больных детским церебральным параличом со спастической диплегией / А. В. Рогов, **С. Д. Коршунов**, Е. И. Нечаева, Т. Г. Дорошева, О. Н. Ковкова // Развитие российского здравоохранения на современном этапе : сборник научных трудов Второй всероссийской медицинской научно-практической конференции. Мурманск, 10–11 апреля 2014 г. – Мурманск, 2014. – С. 124–129. – 0,25 / 0,16 п.л.

10. Ляшко С. В. Формирование целостной картины природы у детей с ограниченными возможностями / С. В. Ляшко, Е. А. Туманова, **С. Д. Коршунов**, Е. В. Пашкова, А. В. Рогов // Современные подходы к социализации детей с ограниченными возможностями здоровья : сборник материалов международной научно-практической конференции. Курган, 28 марта 2014 г. – Курган, 2014. – С. 110–113. – 0,32 / 0,18 п.л.

11. **Коршунов С. Д.** Определение оптимальной нагрузки на занятиях лечебной физкультуры у детей с ограниченными возможностями / С. Д. Коршунов // Актуальные

вопросы профилактики заболеваний и формирования здорового образа жизни среди населения западной Сибири: материалы III межрегиональной научно-практической конференции. Новокузнецк, 23–24 апреля 2014 г. – Новокузнецк, 2014. – С. 29–30. – 0,18 п.л.

12. **Коршунов С. Д.** Оценка воздействия комплекса лечебной физкультуры на морфофункциональное состояние сердечно-сосудистой системы у детей с ограниченными возможностями / С. Д. Коршунов, А. В. Рогов, В. К. Пашков // Современные тенденции науки, практики и образования в педиатрии: материалы региональной учебно-методической и научной конференции, посвященные 25-летию педиатрического факультета ТГМА и 75-летию профессора А. Ф. Виноградова. Тверь, 31 октября 2014 г. – Тверь, 2014. – С. 158–162. – 0,31 / 0,11 п.л.

13. **Коршунов С. Д.** Оценка влияния физкультурно-речевых занятий с использованием подвижных игр и игровых упражнений / С. Д. Коршунов, Л. Г. Соседова, А. В. Рогов // Актуальные проблемы физической культуры, спорта, туризма и рекреации: материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием студентов и аспирантов. Томск, 24–25 апреля 2014 г. – Томск, 2014. – С. 210–212. – 0,18 / 0,12 п.л.

14. **Коршунов С. Д.** Физиологическое обоснование использования разминки в лечебной гимнастике для больных ДЦП / С. Д. Коршунов, В. К. Пашков, А. В. Рогов, Р. З. Барабаш // Физическая культура, здравоохранение и образование: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти В. С. Пирусского. Томск, 13–14 ноября 2014 г. – Томск, 2014. – С. 160–163. – 0,31 / 0,11 п.л.

15. **Коршунов С. Д.** Биомеханические характеристики прыжка у детей с врожденными расстройствами локомоций / С. Д. Коршунов, Л. В. Капилевич, К. В. Давлетьярова // Физическая культура, здравоохранение и образование: материалы IX Международной научно-практической конференции, посвященной памяти В. С. Пирусского. Томск, 19–20 ноября 2015 г. – Томск, 2015. – С. 171–173. – 0,18 / 0,03 п.л.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АЧП – амплитудно-частотный показатель;

ВОД – вегетативное обеспечение деятельности;

ВОЗ – всемирная организация здравоохранения

ДИА – диастолический индекс;

ДИК – дикротический индекс;

ДЦП – детский церебральный паралич

ОВЗ – ограниченные возможности здоровья

ОЦМ – общий центр масс

ОЦТ – общий центр тяжести

ПВО – показатель венозного оттока;

РВГ – реовазография;

РИ – реографический индекс;

ЧСС – частота сердечных сокращений;

ЭКГ – электрокардиограмма;

ЭМГ – электромиография;

V_{макс} – максимальная скорость быстрого наполнения;

V_{ср} – средняя скорость медленного наполнения.

Работа получила финансовую поддержку грантов ГРНФ (проект 5-16-70005 «Создание методов физической реабилитации детей с двигательными нарушениями на основе биомеханических закономерностей») и РНФ (проект 16-18-00016 «Двигательная, социальная, психологическая адаптация детей с ограниченными возможностями к обучению в системе профессионального образования»).



Рисунок 9. Факторы двигательной адаптации детей с ОВЗ, связанными с ограничениями подвижности

Подписано в печать 20.02.2017.

Формат 60x84/16.

Бумага «Svetocopy», «ColorCopy». Печать XEROX.

Усл.печ.л. 1,39. Уч. –изд.л. 0,93.

Заказ 2/22.02.17 – 54. Тираж 110 экз.

ООО «СКАН», Студенческий центр, 634050, Томская область г. Томск, Ул.

Советская,80, тел.: (3822) 56-17-26, e-mail: ntb@scan.tom.ru,

сайт: scan.tom.ru.