

На правах рукописи

БОРОВИК

Маргарита Александровна

**ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ ПОДХОД В ФИЗИЧЕСКОЙ
РЕАБИЛИТАЦИИ ДЕТЕЙ С РЕМИТТИРУЮЩИМ РАССЕЯННЫМ
СКЛЕРОЗОМ**

3.1.33.— восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия, медико-социальная реабилитация

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени

кандидата медицинских наук

Москва - 2025

Работа выполнена на кафедре реабилитации, спортивной медицины и физической культуры Института профилактической медицины Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научный руководитель:

Доктор медицинских наук,
Профессор

Лайшева Ольга Арленовна

Официальные оппоненты:

Касаткин Дмитрий Сергеевич - доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры нервных болезней с медицинской генетикой и нейрохирургией, проректор по международной работе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ярославский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Быкова Ольга Владимировна - доктор медицинских наук, заведующий научно-исследовательским отделом научно-практического центра детской психоневрологии Департамента здравоохранения Москвы

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени акад. И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита состоится « ____ » _____ 2025 года в ____ часов на заседании Диссертационного совета 21.2.058.03 на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации по адресу: 117513, г. Москва, ул. Островитянова, дом1, стрб. дом 1.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет) по адресу: 117513, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр 6 и на сайте <http://rsmu.ru/>
Автореферат разослан « ____ » _____ 2025 г.

Учёный секретарь

диссертационного совета,
кандидат медицинских наук, доцент



Тохтиева Наталья Вячеславовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования.

Рассеянный склероз (РС) является одной из ведущих неврологических проблем, самым распространённым демиелинизирующим заболеванием центральной нервной системы (ЦНС). РС поражает в основном лиц молодого и трудоспособного возраста и имеет длительное прогрессирующее течение, является наиболее распространённой причиной нетравматической инвалидизации, а хронический характер течения данного заболевания приводит к снижению качества жизни.

По данным НИИ неврологии РАН в России зарегистрировано около 150 тыс. больных РС. На данный момент продолжается рост показателей распространённости и заболеваемости РС, что косвенно нам может сказать и о росте в детской популяции (Клинические рекомендации «Рассеянный склероз» (взрослые, дети)). В России в 2020г. было зарегистрированных 179 детей, имеющих статус инвалидов с РС по данным Минтруда Российской Федерации (РФ). Несмотря на тот факт, что у детей РС относится к группе орфанных заболеваний, в настоящее время в связи с высоким уровнем инвалидизации проблеме РС у детей уделяется особенное значение.

Педиатрический РС проявляется полиморфной клинической картиной, которая обуславливает индивидуальный подход к реабилитации (Крицкая Л.А. и соавт., 2021). За счёт большей пластичности мозга, активных процессов ремиелинизации, преобладания воспалительных процессов над дегенеративными в детском возрасте наблюдается менее агрессивное течение заболевания, неврологический дефицит менее грубый. 98% детей с РС имеют ремиттирующую форму РС (РРС) в отличие от взрослых, где этот показатель ниже, также переход во вторично-прогрессирующую форму происходит медленнее, но приходится на фертильный и трудоспособный возраст (Хайбуллина А.Р. и соавт., 2021).

Двигательные нарушения у пациентов с РС занимают ведущее клиническое значение, так как являются наиболее значимым фактором ограничения функции/ инвалидизации. С частотой 91,7% наблюдаются признаки поражения пирамидной системы, которые проявляются в виде появления патологических рефлексов, парезов разной степени. Уже при лёгкой степени тяжести, по расширенной шкале статуса инвалидности (Expanded Disability Status Scale, EDSS) до 3 баллов, в 30,5% развиваются двигательные нарушения (Дорохов А. Д. и соавт., 2019).

Сохранение качества жизни и отсрочка инвалидизации являются важной целью в лечении детей с РС. Однако расширение средств и методов реабилитации ограничено

повышенной утомляемостью пациентов. Таким образом увеличение толерантности к физической нагрузке становится равнозначной задачей, как и лечение неврологических дефицитов, ограничивающих двигательные функции (Szpala A. et al., 2022, Andreu-Caravaca L. et al. 2021, Zampolini M., 2020, Ellison P. M. et al., 2022

Степень разработанности темы диссертации

Проблема реабилитации у детей с РС малоизучена, особенно на ранней стадии заболевания при низкой степени инвалидизации. Так, в последних клинических рекомендациях при РС в педиатрии 2016 г в РФ прописывается работа на стабиллоплатформе при нарушении координации, а также работа со спастичностью и мелкой моторикой, если нарушения выявляются в этой области (Клинические рекомендации «Рассеянный склероз у детей». Утверждено союзом педиатров России. 2016). В клинических рекомендациях «Рассеянный склероз», утверждённых в 2022 году для детей и взрослых рекомендован широкий спектр средств и методов реабилитации. Однако, большинство из них ограничено возрастом с 18 лет и отсутствует предложение по использованию инструментального анализа походки (ИАП) как объективного метода исследования и оценки эффективности реабилитации нарушений походки (Клинические рекомендации «Рассеянный склероз» (взрослые, дети). Утверждены научно-практическим советом Минздрава РФ. 2022г.).

Несмотря на высокую актуальность реабилитации пациентов при РС, чётких алгоритмов и единых подходов в нашей стране не выработано. В связи с вышеперечисленным, разработка новых критериев/подходов в реабилитации детей с PPC приобретает актуальность и значимость.

Изучение двигательного статуса детей с PPC также имеет низкий уровень. Диагностическая стабилметрия нашла своё применение в оценке баланса у пациентов с РС, но нет систематизированных данных по опыту применения в педиатрии (Костенко В. и соавт., 2020). Диагностика походки активно изучается у пациентов с РС, помогая в выявлении функционального дефицита, но детям с PPC посвящено небольшое количество работ (Котов С. В., 2020.), кроме того, использование инерциальных сенсоров (ИС) мало применялось в изучении особенностей паттернов походки у детей с PPC. В оценке постурального контроля (ПК) хорошо зарекомендовал себя системный тест оценки баланса (Balance Evaluation Systems Test, BESTest) (Potter K. et al. 2018, Loyd B. J. et al. 2021), однако не было найдено работ по изучению особенностей ПК у детей с PPC с помощью этого теста.

Цель исследования

Целью данной научной работы стала разработка дифференцированного подхода к применению средств и методов физической реабилитации для улучшения функционального двигательного статуса у детей с РРС.

Задачи исследования

1. Изучить особенности двигательного статуса (стабильность, ПК и баланс), мобильность и толерантность к физической нагрузке) у детей с РРС.
2. Выявить маркёры двигательного статуса для оценки и постановки приоритетных целей в реабилитации у детей с РРС.
3. Разработать алгоритм выбора методик физической реабилитации и их продолжительность для персонификации реабилитационного процесса у детей с РРС.
4. Разработать дифференцированный подход для улучшения ПК детей с РРС на основе системного теста оценки баланса BESTest.
5. Оценить эффективность разработанного дифференцированного подхода.

Научная новизна исследования

Определены особенности походки у детей на ранней стадии с РРС на основе ИАП с ИС.

Определены особенности показателей стабилотрии для оценки функции баланса у детей с РРС.

Определены показатели тестирования ПК с помощью BESTest у детей с РРС.

На основании вышеперечисленных данных разработан алгоритм построения индивидуальной программы физической реабилитации у детей с РРС.

Доказана эффективность индивидуального подхода в применении средств и методов физической реабилитации у детей с РРС.

Теоретическая и практическая значимость исследования

Полученные результаты выполненного исследования демонстрируют эффективность разработанного лечебно-диагностического алгоритма при РРС у детей. Определены ключевые области нарушений (нарушения ПК, походки), позволившие составить комплексный подход с индивидуальным подбором задач и продолжительности занятий под контролем уровня толерантности к физической нагрузке.

1. Описанные особенности двигательного статуса могут применяться для выявления нарушений функции ходьбы, баланса, в том числе и неопределяемых клинически, и

функциональных нарушений на ранних стадиях РРС у детей, а также на их основе формировать персонифицированную программу реабилитации.

2. Маркёры диагностики с помощью предложенных инструментальных методов оценки показали свою эффективность и объективность, а также необходимость их использования в оценке динамики функционального двигательного статуса у детей с РРС.

3. Разработанная методика коррекции нарушений у детей с РРС легко воспроизводима и применима на практике.

Методология и методы исследования

В работе использовались современные клинические, инструментальные и статистические методы исследования в соответствии с принципами доказательной медицины. Диагностические и реабилитационные методики носили неинвазивный характер.

Для решения поставленных задач было проведено комбинированное (проспективное и ретроспективное), сравнительное исследование по изучению особенностей двигательного статуса детей с РРС и результатов программ реабилитации. Практическая часть работы выполнена в Российской Детской Клинической Больницы (РДКБ) - филиале Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Российского национального исследовательского медицинского университета имени Н.И. Пирогова" (Пироговского университета) Министерства здравоохранения Российской Федерации. В программу реабилитации были внесены методики: кинезиотерапия по методу проприоцептивной нейромышечной фасилитации (ПНФ), лечебная гимнастика для улучшения ПК и баланса, функциональная тренировка на дорожке с биологически обратной связью (БОС), нейро-мышечная стимуляция. Собран анамнез и описаны биомеханический и клинический статус пациентов. Применены инструментальные методы оценки, функциональные тесты и опросники. Программы StatTech v. 4.6.3, STATISTICA 10 были использована в статистическом методе исследования для выполнения сравнительного анализа эффективности программ реабилитации: по разработанному алгоритму с индивидуализацией программы и по стандартной программе без персонификации.

Основные положения, выносимые на защиту

1. У детей с РРС основным фактором, ограничивающим применение стандартных комплексов реабилитации с учётом нарушений/ограничений, является снижение толерантности к физической нагрузке.

2. Для определения двигательного статуса у детей с РРС необходим комплексный подход с применением инструментальных методов оценки (стабилометрия, ИАП с ИС) и развёрнутого тестирования функции ПК (BESTest).

3. Разработанный алгоритм дифференцированного подхода к применению средств и методов физической реабилитации показал свою эффективность и приоритетность в улучшении нарушенных функций на фоне увеличения толерантности к физической нагрузке.

Внедрение результатов в практику

Разработанный дифференцированный подход к физической реабилитации детей с РРС внедрён в научную и учебную работу для обучения студентов и ординаторов кафедры реабилитации, спортивной медицины и физической культуры Института профилактической медицины им. З.П.Соловьева ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И.Пирогова (Пироговского университета) Минздрава России, в практическую деятельность отделения медицинской реабилитации для детей Российской Детской Клинической Больницы - филиала им. ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И.Пирогова (Пироговского университета) Минздрава России (г.Москва), а также в практическую деятельность Федерального детского реабилитационного центра «Кораблик» (ФДРЦ) — филиала Российской детской клинической больницы

Степень достоверности и апробация результатов

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научных исследований ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова (Пироговского университета) Минздрава России. Основные положения диссертации доложены и обсуждены на XVI Международном конгрессе «Нейрореабилитация-2024»; VII Российском конгрессе с международным участием «Физическая и реабилитационная медицина».

Апробация диссертации выполнена на заседании кафедры реабилитации, спортивной медицины и физической культуры ИПМ Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И.Пирогова (Пироговского университета) Министерства здравоохранения Российской Федерации (протокол № 10 от 10 февраля 2025г.). Степень достоверности и обоснованности научных результатов определяется достаточным количеством пациентов, адекватными методами диагностики и реабилитации пациентов, корректными методами статистической обработки. Обработка данных выполнена посредством пакета прикладных программ Microsoft Excel, StatTech v. 4.6.3, STATISTICA 10. Данные, представленные в таблицах, и рисунках, достоверны и обоснованы.

Личный вклад автора в проведенное исследование

Автор провела тщательный анализ отечественных и зарубежных источников литературы по актуальной теме современных методов диагностики и коррекции двигательных нарушений у пациентов с РРС. Автор диссертации полностью разработала и спланировала исследование по всем требуемым разделам. Самостоятельно выполнила обследование пациентов на современных диагностических аппаратных комплексах, провела клиническую оценку функционального состояния пациентов с РРС, разработала коррекционные методы воздействия и лично провела их. Автор провела статистический анализ полученных данных, интерпретировала и обобщила полученные результаты, сформулировала выводы и практические рекомендации.

Публикации

По теме диссертационной работы опубликовано 2 статьи в журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ для публикации научных результатов диссертаций.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

В работе описаны новые подходы к реабилитации детей с РРС, что соответствует пунктам № 1,2 паспорта научной специальности 3.1.33. Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия, медико-социальная реабилитация: 1. разработка теории и методологии восстановительной медицины, спортивной медицины и лечебной физкультуры, курортологии и физиотерапии как направления в медицине, ориентированного на создание системы применения преимущественно немедикаментозных технологий в целях сбережения здоровья человека, профилактики распространённых неинфекционных заболеваний, медицинской, в том числе психологической реабилитации пациентов после тяжёлых заболеваний, реабилитации и абилитации инвалидов; 2. изучение механизмов действия, предикторов и критериев эффективности и безопасности применения немедикаментозных лечебных факторов и медико-социальных технологий в целях персонализированного подхода при разработке технологий повышения функциональных и адаптивных резервов организма, профилактики заболеваний, медицинской реабилитации пациентов, индивидуальных программ реабилитации и абилитации инвалидов.

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 188 страницах машинописного текста, состоит из введения, литературного обзора, собственных исследований, заключения, выводов и практических

рекомендаций. Всего 4 главы, 30 таблиц, 31 рисунок. В списке литературы - 32 отечественных и 116 иностранных источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материал исследования. В исследование были включены дети, находившиеся на плановой госпитализации в Российской детской клинической больнице, г. Москва, в отделение психоневрологии и проходящих реабилитацию в отделение медицинской реабилитации для детей.

Данное исследование основано на изучение ретроспективных данных, относящихся к лечению 96 детей с диагнозом РРС. Среди общего числа пациентов – 81 пациент находился в стадии ремиссии и 15 пациентов в фазе обострения заболевания. Средний возраст составил 14 ± 2 лет. По половому признаку в процентном соотношении преобладали девочки над мальчиками (63,5% и 36,5% соответственно). По расширенной шкале инвалидизации EDSS был оценён неврологический дефицит, который составил не более 2,5 баллов, что соответствует пациентам, полностью способным к самообслуживанию. Пациенты не имели каких-либо сопутствующих диагнозов, которые могли повлиять на функцию равновесия, все пациенты могли простоять в вертикальной стойке 60 секунд при выполнении исследования.

Также была отобрана группа детей для проведения проспективного исследования в результате осмотра и сопоставления с критериями соответствия из 38 пациентов в возрасте от 12 до 17 лет с установленным диагнозом РС, ремиттирующий тип течения заболевания. Все пациенты имели низкий уровень инвалидизации (по шкале EDSS до 2,5 баллов). Средняя продолжительности заболевания пациентов составляла 2 года, IQR [1-4] года. В процентном соотношении девочки превалировали над мальчиками, 68,4% и 31,6% соответственно.

Критерии включения в исследование:

1. Пациенты с диагнозом РРС, подтверждённым по международным критериям Макдональда.
2. Возраст детей 12-17 лет
3. EDSS=1-2,5 баллов

Критерии не включения:

1. Ограничения функции, влияющие на функцию равновесия, походки и толерантности к физической нагрузке в связи с другими заболеваниями.
2. Травмы опорно-двигательного аппарата,
3. Общие и относительные противопоказания к занятиям лечебной физкультуры (ЛФК) (лихорадка, тромбоз, кровотечение, камни в желчных путях и мочевыводящей системе)

4. Инвалидность по другой патологии

Критерии исключения:

1. Отказ пациента или представителей от исследования
2. Присоединение сопутствующего заболевания в процессе исследования.

Для оценки значимости дифференцированного подхода к физической реабилитации детей с РРС пациенты были случайным образом распределены на 2 группы по 19 человек. 1-я группа (основная) получала индивидуализированную программу реабилитации по разработанному алгоритму, 2-я группа (сравнения) получала стандартную для всех пациентов программу реабилитации (рисунок 1).

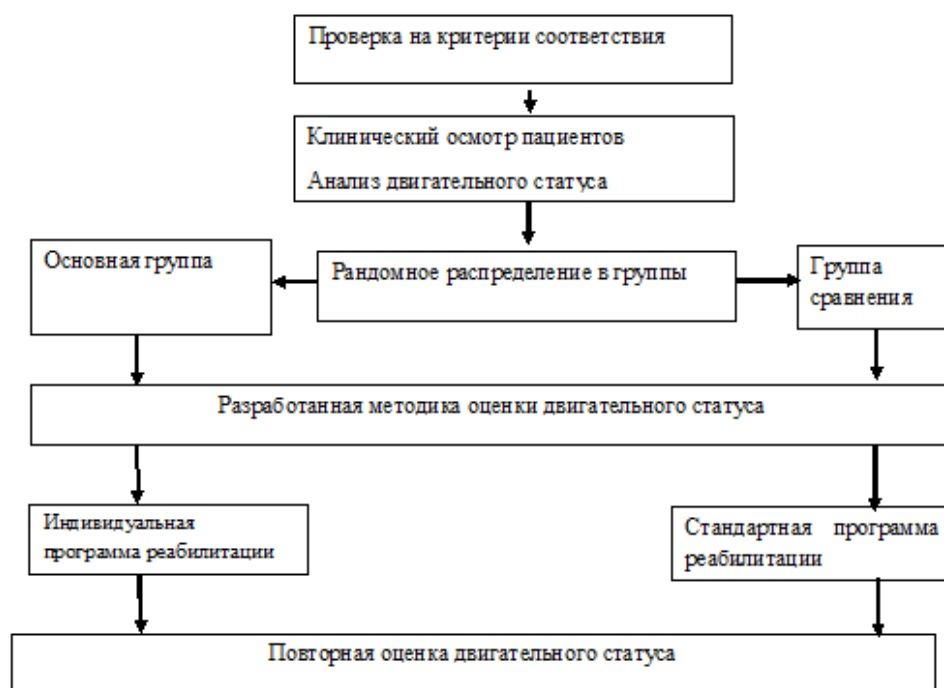


Рисунок 1 – Дизайн исследования

Группы были сопоставимы по возрасту, полу, уровню инвалидизации и продолжительности заболевания пациентов. Также были проанализированы жалобы пациентов в обеих группах, статистического различия между группами не наблюдалось.

Методы исследования. Пациенты были обследованы с применением клинических и инструментальных методов исследования. Результатом предварительного этапа стал выбор наиболее значимых методов диагностики двигательного статуса у детей с РРС: ИАП с ИС, диагностическая стабилметрия, оценка ПК с помощью BESTest, 6-минутный тест ходьбы

(6MTX). В дальнейшем эти методы использовались для повторной оценки двигательного статуса. Данные, полученные при ИАП с ИС и BESTest, также послужили маркерами составления индивидуальной программы реабилитации для основной группы исследования. Функция толерантности к физической нагрузке, которая оценивалась с помощью 6MTX, служила маркером эффективности проводимой программы реабилитации, демонстрируя сохранность или срыв компенсаторных механизмов.

Программа реабилитации. Курс реабилитации у пациентов обеих групп составлял 10 занятий, которые проводились ежедневно, исключая выходные дни.

Методиками физической реабилитации, используемыми в исследовании, стали:

1. Нейро-мышечная стимуляция методом вибрации всего тела (BBT) осуществлялась на платформе Galileo Med Basic (Германия). BBT применялось в обеих группах по одинаковой схеме - пациент занимал вертикальное положение, стопы выставлялись на ширине плеч, с лёгким сгибанием в тазобедренных и коленных суставах. Выполнялось 3 подхода по 3 минуты с перерывом между подходами в течение 3-х минут. Частота вибрации была в комфортном для пациента диапазоне от 12 до 16 Гц.

2. Методика составления индивидуальной лечебной гимнастики (ИЛГ) для улучшения функции ПК и баланса осуществлялась на основании концепции системного подхода к ПК, лежащего в основе тестирования BESTest. Упражнения разделены на 6 блоков в зависимости от системы, на коррекцию которой они были направлены. Продолжительность одного занятия – 30 минут. В группе сравнения пациентам был предложен стандартный комплекс физических упражнений на основании системного подхода, лежащего в основе тестирования BESTest. Упражнения каждого блока соответственно занимали 5 минут. В группе сравнения дифференцированный подход был исключён.

В основной группе для составления индивидуальной программы лечения и персонализации методики, пациентам подбирались упражнения из каждой категории на основании результатов прохождения BESTest. По каждой из 6 систем BESTest определялось количество «дефицита» в %, представляющее собой разницу между 100% в норме и количеством % данного пациента. Далее определялась сумма всех «дефицитов», которая в свою очередь принималась за 100% дефицита, после чего в процентном отношении определялся дефицит по каждой из систем BESTest. Далее в соответствии с процентным соотношением дефицитов распределялось время занятия и, соответственно, выбор упражнений. Аналогично группе сравнения, в основной группе, если пациент выполнял упражнение легко, то либо оно

усложнялось (варианты усложнения описаны в комплексе), либо исключалось из комплекса с заменой на следующее по списку упражнение. Таким образом, в основной группе дифференцированный подход был реализован.

3. Кинезиотерапия по методу ПНФ Продолжительность занятия в обеих группах составляла 20 минут. В группе сравнения не учитывались данные ИАП с ИС и всем пациентам выполнялись упражнения с использованием диагоналей всей нижней конечности, включая все суставы (тазобедренный, коленный, голеностопный, суставы пальцев ноги). Упражнения выполнялись поочередно правой и левой ногой, т.е. с каждой ногой продолжительность работы составляла 10 минут. В процессе занятия использовались все 4 диагонали нижней конечности. В основной группе при назначении упражнений учитывались результаты ИАП с ИС, а именно амплитуды движения в суставах во время ходьбы. При снижении амплитуды движения в тазобедренном суставе при ходьбе использовались диагонали таза. При снижении амплитуды движения в коленном суставе при ходьбе использовались короткие диагонали в положении сидя. В нашем исследовании амплитуда движения в голеностопном суставе исходно наоборот увеличивалась. В связи с этим, используя паттерны движения стопы, работали техникой стабилизирующих реверсов.

4. Функциональная тренировка на дорожке с БОС в обеих группах была одинаковой. Длительность процедуры составляла 20 мин.

Статистическая обработка полученных данных. Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 3.0.7 (разработчик - ООО "Статтех", Россия). Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро-Уилка (при числе исследуемых менее 50) или критерия Колмогорова-Смирнова (при числе исследуемых более 50). Количественные показатели, имеющие нормальное распределение, описывались с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD), границ 95% доверительного интервала (95% ДИ). В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывались с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1 – Q3). Категориальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. Сравнение трех и более групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью критерия Краскела-Уоллиса, апостериорные сравнения – с помощью критерия Данна с поправкой Холма.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Особенности функционального статуса детей с РРС были изучены на предварительном этапе исследования.

По результатам тестирования функции рук с помощью сокращённой версии тестирования при РС- опросника «Функция руки при рассеянном склерозе» (Arm Function in Multiple Sclerosis Questionnaire, AMSQ) большинство пациентов показало 100% результаты, в связи с чем в последующем исследовании эти данные не учитывались и не играли роли в дифференцированном подходе к программе физической реабилитации детей с РС.

По данным гониометрии, проведённой на первом этапе исследования по ретроспективным данным, ограничения диапазона движений в суставах нижней конечности у детей с низкой инвалидизацией при РРС отсутствовали, в связи с чем в последующем исследовании эти данные также не учитывались и не играли роли в дифференцированном подходе к программе физической реабилитации детей с РС.

Функция стабильности была оценена с помощью диагностической стабилometрии и тестирования ПК с помощью BESTest. По данным стабилometрического диагностического исследования у детей с РРС отмечается более чем двухкратное повышение площади статокинезиограммы как в стойке с открытыми глазами (АВГО) ($269,6 \pm 45,3 \text{ мм}^2$ по сравнению с $114,6 \pm 17,7 \text{ мм}^2$ у здоровых детей), так и в стойке с закрытыми глазами (АВГЗ) ($281,7 \pm 47 \text{ мм}^2$ по сравнению с $142,7 \pm 42 \text{ мм}^2$ у здоровых детей). Кроме того, отмечаются статистически достоверные изменения в среднем положении в сагитальной плоскости в АВГО ($12 \pm 3,5 \text{ мм}$ у детей с РРС по сравнению с $-9,53 \pm 11,1 \text{ мм}$ у здоровых) и в скорости перемещения центра давления (ЦД) в обеих стойках ($10,1 \pm 0,7 \text{ мм/с}$ у детей с РРС по сравнению с $7,6 \pm 0,8 \text{ мм/с}$ у здоровых в АВГО и $13,5 \pm 1,3 \text{ мм/с}$ у детей с РРС по сравнению с $9,4 \pm 1,4 \text{ мм/с}$ у здоровых в АВГЗ).

Наиболее значимым параметром диагностического стабилometрического исследования в динамике физической реабилитации детей с РРС является площадь статокинезиограммы в АВГО.

По усреднённым показателям BESTest наибольший дефицит наблюдался в биомеханической системе (Раздел I) (выполнение заданий на 86,8%), пределах устойчивости (Раздел II) (соответственно 86,8%) и в сенсорной системе (Раздел V) (86,7%), менее значимые изменения наблюдались в нарушениях в автоматических постуральных реакциях (Раздел IV)

(88,1%); упреждающих корректировок позы (Раздел III), (88,9%) и стабильности походки (Раздел VI) (89,5%).

Результаты ИАП с ИС продемонстрировали, что у детей с РРС наблюдаются отклонения в показателях походки: снижение максимальных амплитуд в тазобедренном и коленном суставах во время ходьбы; удлинение цикла шага; удлинение длительности шага; относительное удлинение периодов первой и второй двойной опоры; уменьшение длины шага и скорости ходьбы. Эти отклонения связаны с нарушением селективного моторного контроля со стороны ЦНС, снижением мышечной силы, нарушением реактивного постурального контроля (коактивации системы агонист-антагонист).

Далее была произведена оценка данных поверхностной электромиографии (пЭМГ) икроножных мышц. У 17 наших пациентов (44,74%) наблюдались изменения формы графика пЭМГ-активности и было произведено разделение их на два варианта. В первом варианте мы наблюдали появление второго пика активности, смещённого в сторону конца Цикла Шага с предшествующим ему кратковременным неполным снижением активности. Величина амплитуды второго пика различалась у пациентов. Данный феномен наблюдался в 26,32% случаев от всех обследуемых пациентов (10 пациентов) (рисунок 2). Во втором варианте отмечалась преждевременная электромиографическая (ЭМГ) активностью (раннее включение ЭМГ-активности). Этот феномен наблюдался у 18,42% пациентов (7 пациентов) (рисунок 2).

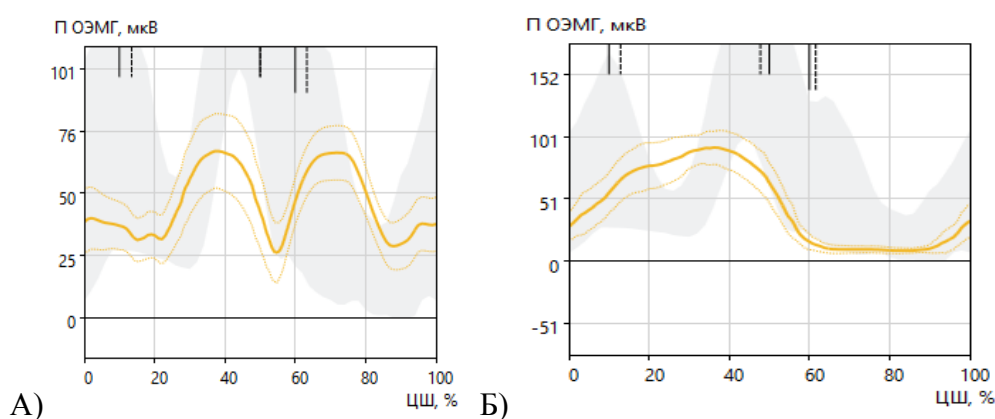


Рисунок 2 - Изменённый график амплитуды огибающей электромиографии икроножной мышцы в цикле шага А) с продолжающейся активацией и появлением второго пика Б) с преждевременной активацией

При оценке индекса коконтракции у пациентов с 1м вариантом патологического паттерна отмечалась чрезмерная работа мышц, приводящая к увеличению энергозатрат во время ходьбы, увеличению усталости и снижению толерантности к физической нагрузке. При

проведении сравнительного анализа мы выявили, что средний индекс совместного сокращения всего цикла шага у детей с РРС больше на 40%, чем у здоровых детей. В фазе опоры эти индексы различались на 31%, а в фазе переноса на 59%, что ещё раз показывает большее влияние данного патологического паттерна именно на фазу переноса (рисунок 3).

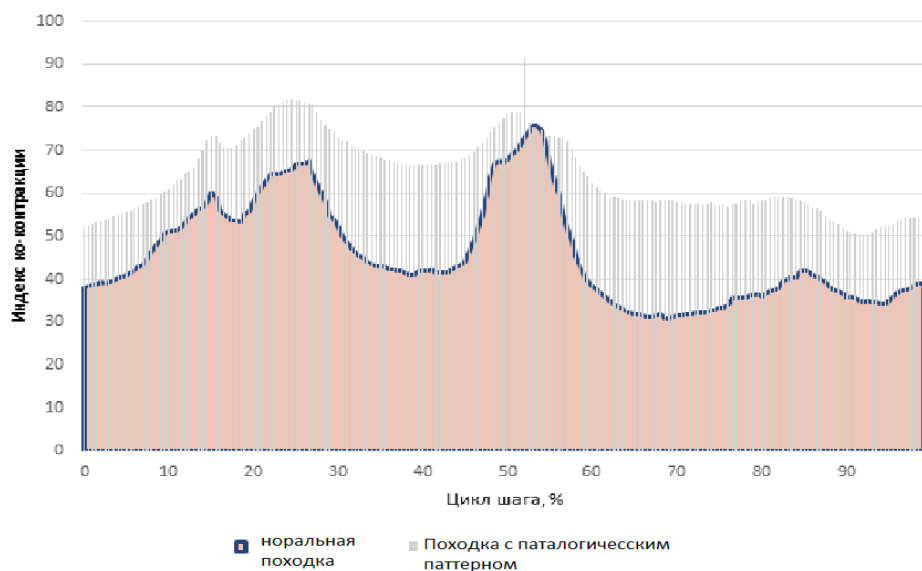


Рисунок 3- График сравнения индекса коконтракции в цикле шага в норме и у пациентов с нарушением активности при рассеянном склерозом.

Выявленная двухпиковая форма графика ЭМГ-активности икроножной мышцы у детей с РС не описывалась в ранее изученной литературе. Основное отличие двух паттернов заключается в том, что по данным этого исследования пик ЭМГ-активности представляет собой активацию мышцы до её нормального включения, мы же регистрировали продолжающуюся активацию в необходимой для биомеханически правильной ходьбы период отдыха икроножной мышцы в фазу переноса. Было сделано предположение, что причина 1го варианта изменения активности икроножной мышцы связана с демиелинизацией кортикоспинального тракта, отвечающего за её иннервацию. Этот факт подтверждает смещение частотного спектра при этом паттерне в сторону более низких частот (рисунок 4). Также, ещё одним важным составляющим патогенеза данного паттерна является изменение метаболизма мышцы при утомлении. В результате происходит нарушения чувствительности к кальцию и замедление релаксации. При втором варианте изменения графика активности икроножной мышцы не наблюдалось смещения частотного спектра, что говорит о другом механизме развития данного паттерна, связанного в большей степени с компенсаторными процессами изменённой биомеханики походки. Это происходит при нарушении стабильности, которая в свою очередь

связана с аксональными повреждениями кортикоспинального тракта.

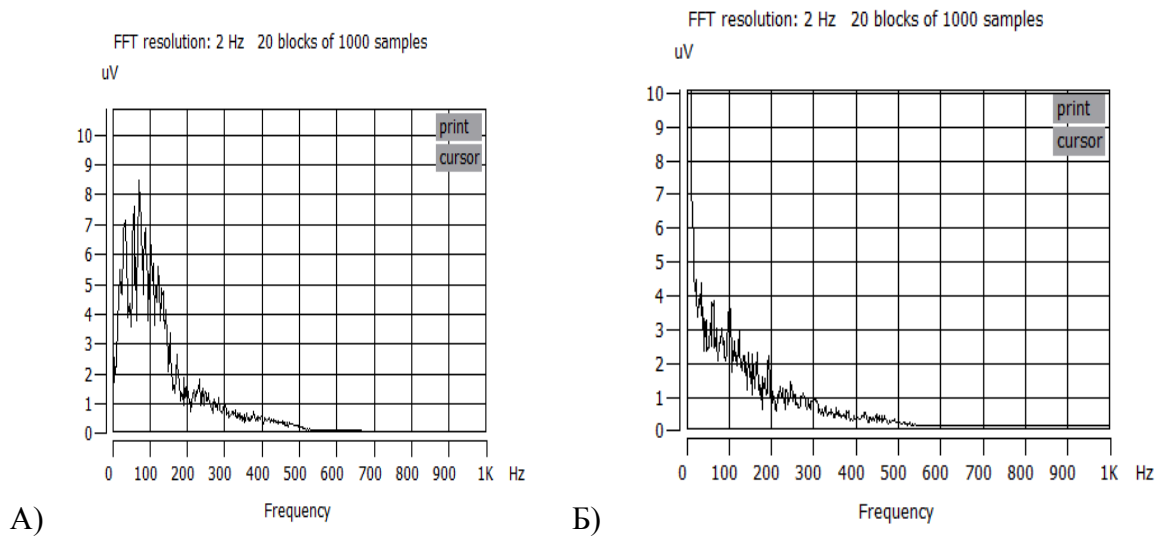


Рисунок 4 - График частотного спектра активности икроножной мышц в норме (а), при измененном паттерне ЭМГ-активности с продолжающейся активацией у детей с рассеянным склерозом (б).

При первичном обследовании подавляющее большинство детей с РРС продемонстрировали результаты 6МТХ, близкие к показателям здоровых детей. При статической обработке полученных данных мы выявили, что средняя величина пройденного расстояния у наблюдаемых нами пациентов с РРС составила 510,00 м. Также было проведено сравнение показателей 6МТХ с популяционным исследованием детей на территории Российской Федерации и выявлено, что у большинства детей с РРС значение теста соответствовало средним и выше показателям по возрастным группам (рисунок 5).

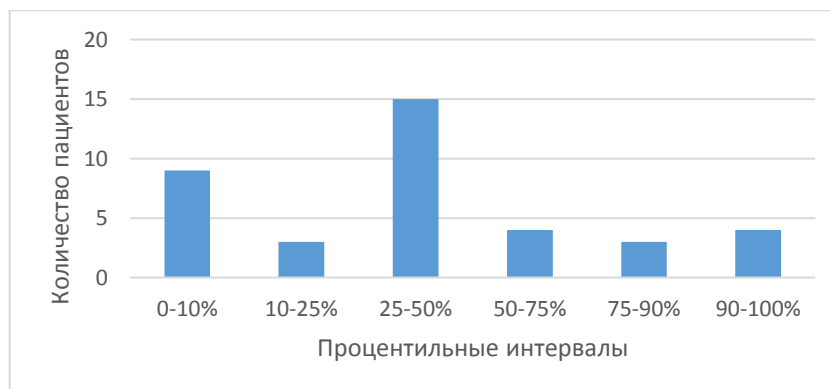


Рисунок 5- График распределения результатов теста 6-минутной ходьбы у детей с рассеянным склерозом по процентильным нормативным значениям.

Динамика функционального статуса детей с РРС в процессе физической реабилитации.

В связи с высокой утомляемостью у детей с РРС программа физической реабилитации была построена из 4-х занятий в день, разделённых по времени, перерыв составлял не менее 1-1,5 часов:

- Нейро-мышечная стимуляция (20 минут)
- Лечебная гимнастика для улучшения ПК и баланса (30 минут)
- ПНФ (20 минут)
- Функциональная тренировка на дорожке с БОС (20 минут)

Отличием в программах в основной группе и группе сравнения стал дифференцированный подход, реализованный в лечебной гимнастике для улучшения ПК и баланса и в ПНФ.

При анализе функции стабильности с помощью BESTest в основной группе участников (Группа I) и группе сравнения (Группа II) не были выявлены статистически значимые изменения до начала лечебной физкультуры (ЛФК) ($p = 0,214$) и выявлены статистические изменения при сравнении результатов после ЛФК ($p < 0,001$) (рисунок 6).

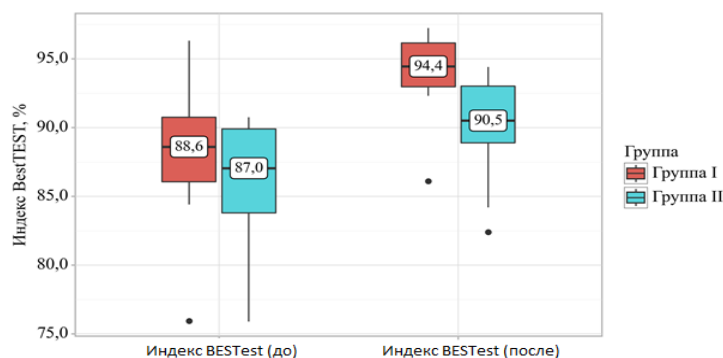


Рисунок 6- Анализ динамики Индекса BESTest в зависимости от группы

Степень нарушений ПК оценивалась по критериям набранного балла в результате тестирования BESTest:

- Нормальная функция ПК – 108 баллов
- Сниженная функция ПК – 86-108 баллов
- Выраженное снижение функции ПК – 65-86 баллов

При анализе распределения пациентов в зависимости от дефицита контроля произвольных двигательных функций и сравнения по группам до и после лечения отмечается уменьшение количества пациентов с выраженным снижением функции ПК (рисунок 7).

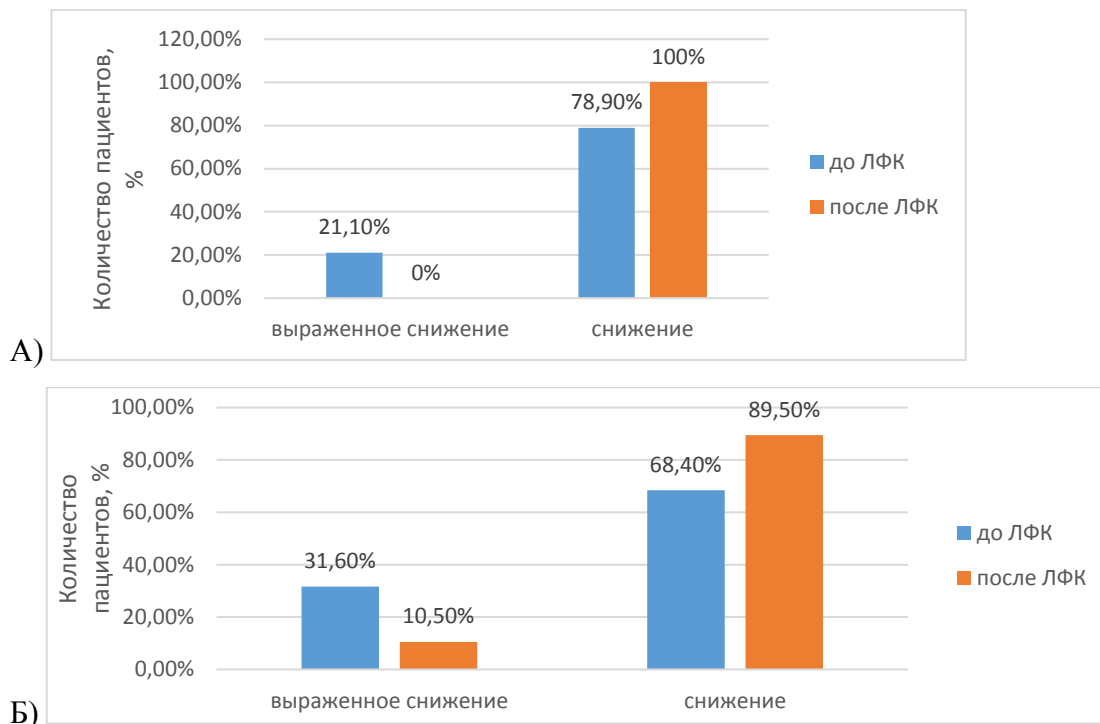


Рисунок 7 - Динамика функции пострурального контроля у пациентов до и после лечебной физкультуры. Основная группа А) и Группа сравнения Б)

Таким образом, полученные результаты по всем разделам BESTest свидетельствуют о положительной динамике по функции ПК в обеих группах, при этом в основной группе динамика показателей была статистически достоверно выше, чем в группе сравнения, что свидетельствует об эффективности предложенного дифференцированного подхода.

Также в динамике наблюдения было проведено диагностическое стабилметрическое исследование, являющееся объективным методом диагностики нарушений баланса. По выбранным параметрам, изменения которых наиболее рано фиксируются у пациентов с РС, был произведён сравнительный анализ в обеих группах. До курса ЛФК обе группы были сопоставимы по значениям параметров стабилметрии. По результатам физической реабилитации в обеих группах произошли значимые изменения в параметре средняя площадь статокинезиограммы в АВГО. В АВГЗ значимые изменения произошли только в основной группе лечения. В динамике средней скорости движения ЦД и Коэффициента Ромберга различий не наблюдалось.

Статистически значимые изменения до и после курса ЛФК в основной группе относительно группы сравнения свидетельствуют об эффективности предложенного дифференцированного подхода.

При анализе эффективности лечения на функцию мобильности с помощью ИАП с ИС статистически достоверно было выявлено улучшение амплитуды сгибания/разгибания во всех крупных суставах нижних конечностей в основной группе, что возможно повлияло и на улучшение показателей длины цикла шага и скорости. В группе сравнения не были отмечены статистически значимые изменения. В наблюдаемых группах было проанализировано абсолютное и относительное число пациентов по количеству суставов нижних конечностей, амплитуда которых в ходьбе отличалась от нормальных значений (рисунок 8).

Полученные данные свидетельствуют о статистически достоверном увеличении максимальных амплитуд движения во время ходьбы в тазобедренном и коленном суставе в основной группе по сравнению с не достигающим уровня достоверности увеличением в группе сравнения. При этом по результатам ИАП с ИС до курса эти показатели наиболее ярко отражали особенности детей с РРС и были значимо снижены. Анализ по количеству пациентов с функциональными ограничениями подтверждает эту динамику. То есть полученные данные лишний раз свидетельствуют о преимуществе дифференцированного подхода в формировании физической реабилитации детей с РРС.

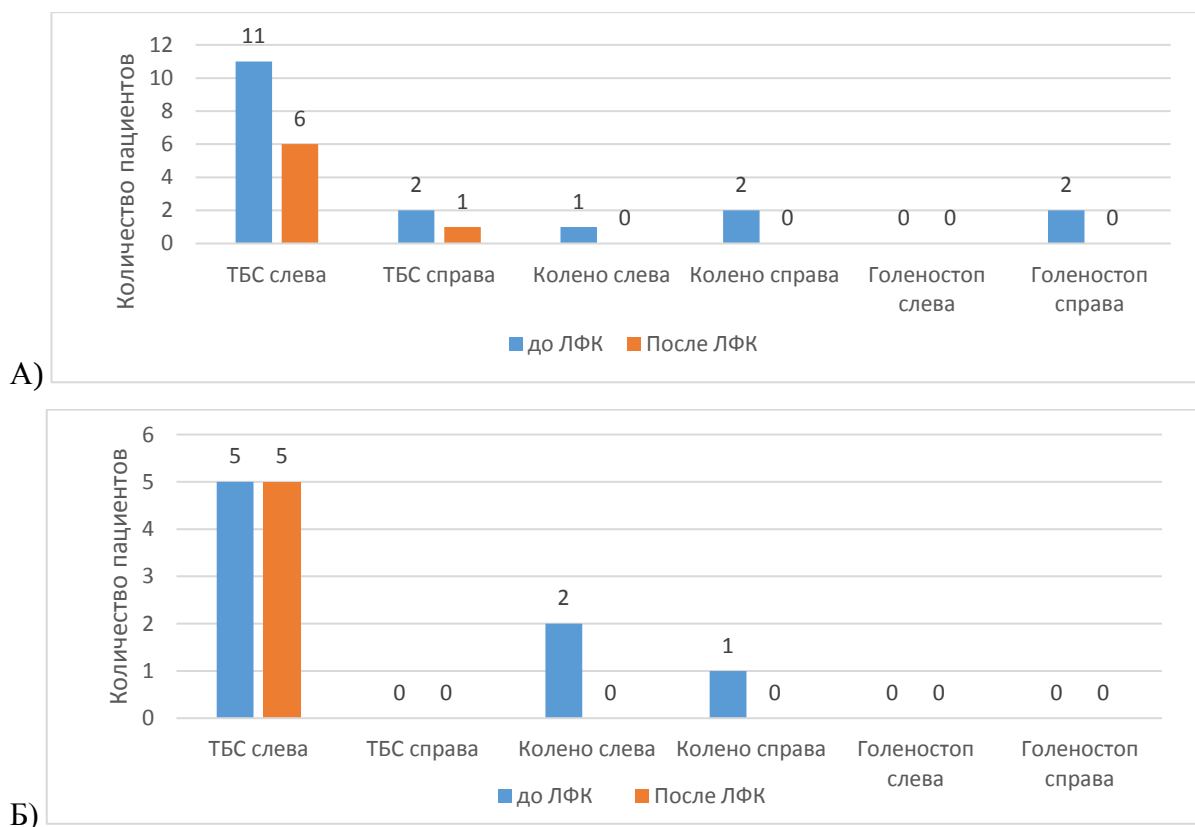


Рисунок 8 – Выявление пациентов со снижением амплитуды движения в суставах до и после лечения в а) основной группе, б) группе сравнения

В исследуемых группах при анализе пЭМГ были выявлены патологические паттерны в икроножных мышцах с продолжающейся активацией (1 тип) и преждевременной активацией (2й тип). При сравнении наличия паттерна 1го типа до и после терапии в группах лечения, нам не удалось установить статистически значимых различий ($p = 0,295$) (таблица 1). При анализе динамики в группах лечения изменения пЭМГ, характерные паттерну 2-го типа, произошли только в 1 случае из 4, наблюдаемых в основной группе.

Таблица 1 - Эффективность коррекции патологических паттернов

	Паттерн 1го типа	Паттерн 2го типа
Основная группа		
До лечения	5	4
После лечения	0	3
Эффективность	100%	25%
Группа сравнения		
До лечения	5	3
После лечения	0	3
Эффективность	100%	0%

В основной группе и группе сравнения был произведён расчёт индекса коконтракции у детей с патологическим паттерном 1-го типа до и после реабилитации, что отражено графически на рисунке 9.

В основной группе произошло уменьшение и приближение к норме среднего индекса коконтракции с 73,7 до 56,8, в фазу переноса - с 62,5 до 36,8, а в фазу опоры - с 81,3 до 70,6. В группе сравнения также произошла положительная динамика – средний индекс коконтракции уменьшился с 79,2 до 60,3, в фазу переноса – с 74,3 до 43,3, в фазу опоры – 82,5 до 71,8. Таким образом, аналогичный результат по пЭМГ, полученный в обеих группах исследования, позволяет предположить, что он стал результатом аналогичной методики физической реабилитации в обеих группах. И в том, и в другом случае применялась нейро-мышечная стимуляция – ВВТ.

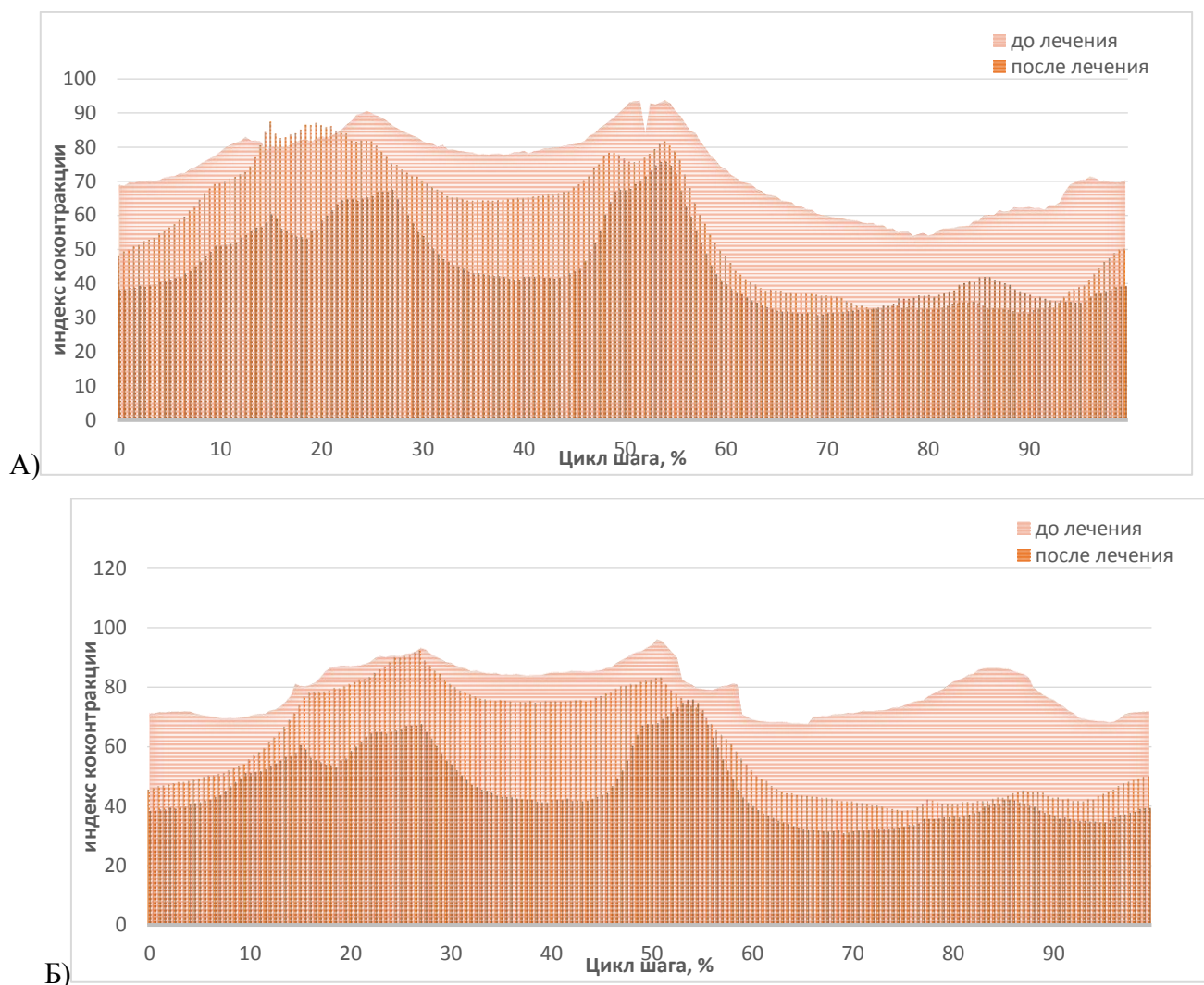


Рисунок 9 – Динамика индекса коконтракции до и после лечения в сравнении с нормой, А) - основная группа лечения, Б)- группа сравнения.

Для оценки толерантности к физической нагрузке был произведён анализ распределения пациентов по процентильным интервалам до лечения, который не показал статистически значимых различий между группами. При сравнении пройденного расстояния при выполнении 6МТХ до и после лечения по группам анализ показал, что в основной группе были выявлены статистически значимые изменения ($p < 0,001$), а в группе сравнения не удалось установить статистически значимых изменений ($p = 0,738$).

Если сравнить между собой распределение пациентов на процентильные группы (коридор 0-10 процентиля - выраженное снижение функции, 10-25 процентиля - снижение функции, 25-100 процентиля - среднее значение и выше (норма)), то можно отметить, что большинство исследуемых пациентов в основной группе и группе сравнения до проводимого лечения были в коридоре от 25 до 100 процентилей (63,2% и 73,6% соответственно). После

проведённой реабилитации по результатам 6МТХ в основной группе отмечается уменьшение пациентов с выраженным снижением функции толерантности к физической нагрузке с 26,3% до 10,5%, в то же время наблюдается увеличение пациентов в группе «снижение функции» и в группе «среднее значение и выше». В группе сравнения также произошло уменьшение количества пациентов в группе выраженного снижения функции толерантности к физической нагрузке с 21,1% до 15,8%, но в то же время произошло уменьшение количества пациентов в группе «среднее значение и выше» (нормальные показатели 6МТХ) с 73,6% до 47,4%.

Результаты 6МТХ по пройденному расстоянию в основной группе статистически выше, чем в группе сравнения при том, что уровень нагрузки в обеих методиках физической реабилитации был одинаковым. Кроме того, разнонаправленность данных процентильного анализа в группе сравнения свидетельствуют о перераспределении пациентов в сторону более значимого снижения толерантности к физической нагрузке. Эти факты говорят о том, что, с одной стороны, повышение уровня толерантности к физической нагрузке в основной группе произошло за счёт улучшения ПК и баланса, функциональных изменений походки, а также индекса коконтракции, свидетельствующего об энергозатратности во время ходьбы. С другой стороны, результаты, полученные в группе сравнения, говорят о том, что применённая доза физической нагрузки была на верхнем пределе переносимости для этих пациентов. Следовательно, дифференцированный подход к построению методики физической реабилитации необходим для детей с РРС.

Таким образом, в представленном научном исследовании обоснован дифференцированный подход к применению средств и методов физической реабилитации для улучшения функционального двигательного статуса у детей с РРС.

ВЫВОДЫ

1. Двигательный статус детей с РРС отличается рядом особенностей:

1) Особенности функции ПК и баланса являются по данным стабилومتрии: увеличение площади статокинезиограммы (в пробе с открытыми глазами $269,6 \pm 45,3 \text{ мм}^2$ по сравнению с $114,6 \pm 17,7 \text{ мм}^2$ в норме; в пробе с закрытыми глазами $281,7 \pm 47,0 \text{ мм}^2$ и $142,7 \pm 42,0 \text{ мм}^2$ соответственно), в отдельных случаях более стабильная стойка с закрытыми глазами, нормальный коэффициент Ромберга в отличие от взрослых и увеличение скорости смещения ЦД (в пробе с открытыми глазами $10,1 \pm 0,7 \text{ мм/с}$ по сравнению с $7,6 \pm 0,8 \text{ мм/с}$ в норме; в пробе с закрытыми глазами $13,5 \pm 1,3 \text{ мм/с}$ и $9,4 \pm 1,4 \text{ мм/с}$ соответственно).

2) Особенности функции мобильности являются параметры ИАП с ИС, а именно:

➤ амплитуда движений в тазобедренном суставе слева ($37,34 \pm 4,57$) и справа ($38,05 \pm 3,74$) ниже, чем у здоровых детей ($44,98 \pm 8,03$ и $43,46 \pm 11,12$ соответственно).

➤ амплитуда движений в коленном суставе слева у детей с РРС ($61,13 \pm 6,55$) ниже, чем у здоровых ($64,89 \pm 13,59$).

➤ у детей с РРС цикл шага (1,2 с) длиннее, чем у здоровых ($1,07 \pm 0,18$ с)

➤ длительность шага (0,58 с слева и 0,59 с справа) больше, чем у здоровых детей ($0,53 \pm 0,09$ с).

➤ относительные показатели времени первой двойной опоры ($12,8\%$ слева и $12,71 \pm 1,26\%$ справа) и второй двойной опоры ($12,64 \pm 1,27\%$ слева и $12,6\%$ справа) выше, чем в норме ($12,32 \pm 3,44\%$)

➤ длина шага ($115,89 \pm 13,04$ см) меньше, чем в норме ($131,05 \pm 29,91$ см), снижение скорости походки ($3,64 \pm 0,54$ км/час у детей с РРС по сравнению с $3,94 \pm 1,13$ км/час у детей в норме).

➤ у 44,74% детей при анализе пЭМГ выявлены нарушения работы икроножной мышцы, проявляющиеся в 2 вариантах: 1й вариант - продолжающаяся активация мышцы в фазы отдыха в течение цикла шага, 2й вариант -ранняя активация мышц

3) У детей с РРС с низким уровнем инвалидизации толерантность к физической нагрузке по результатам 6МТХ не отличается от здоровых детей данного возраста и пола.

2. Маркерами двигательного статуса для установки приоритетных целей физической реабилитации у детей с РРС являются: результаты BESTest для определения физических упражнений в комплексе лечебной гимнастики для улучшения ПК и баланса; максимальные амплитуды движения в коленном и тазобедренном суставах в ходьбе для определения приёмов ПНФ.

3. Маркерами оценки эффективности физической реабилитации у детей с РРС являются: площадь статокинезиограммы по результатам стабилотрии; BESTest; показатели ИАП, а также 6-ти минутный тест ходьбы для контроля лимита физической нагрузки.

4. Разработан и обоснован алгоритм выбора методик физической реабилитации и их продолжительности: нейро-мышечная стимуляция (20 минут); лечебная гимнастика для улучшения ПК и баланса с персонифицированным выбором физических упражнений (30 минут); кинезотерапия по методу ПНФ с персонифицированным выбором приёмов воздействия (20 минут) и тренировка ходьбы на дорожке с БОС в качестве функциональной реабилитации (20 минут).

5. Разработан и обоснован на основании системного подхода к функции ПК и баланса по BESTest комплекс лечебной гимнастики с дифференцированным подходом в выборе физических упражнений.

6. Разработанный дифференцированный подход к физической реабилитации детей с РРС является высоко эффективным, что подтверждает уменьшение площади статокинезиограммы (в пробе с открытыми глазами в основной группе на 24%, в группе сравнения - на 21,3%); улучшение выполнения BESTest (на 6,6% по сравнению с 4%); увеличение максимальной амплитуды в тазобедренном суставе во время ходьбы (на 5,9% по сравнению с 3%); в коленном суставе (на 5,7% по сравнению с 5%); уменьшение длительности шага (на 5% по сравнению с 1,7%); увеличение скорости ходьбы (на 19,7% по сравнению с 4,2%); увеличение пройденного расстояния по 6MTX (на 5,5% по сравнению с 0,2%).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. У детей с РРС программа физической реабилитации состоит из 4-х занятий в день, разделённых по времени с перерывом не менее 1-1,5 часов:

- Нейро-мышечная стимуляция (20 минут)
- Лечебная гимнастика для улучшения ПК и баланса (30 минут)
- ПНФ (20 минут)
- Функциональная тренировка на дорожке с БОС (20 минут)

2. Нейро-мышечную стимуляцию с применением ВВТ следует проводить на платформе «Галилео». в вертикальном положении, стопы выставлены на ширине плеч, с лёгким сгибанием в тазобедренных и коленных суставах. Выполняется 3 подхода по 3 минуты с перерывом между подходами в течение 3-х минут. Частота вибрации в комфортном для пациента диапазоне от 12 до 16 Гц.

3. Лечебная гимнастика для улучшения ПК и баланса состоит из физических упражнений с персонализированным выбором на основе результатов BESTest.

4. Выбор приёмов кинезотерапии ПНФ проводится на анализе максимальных амплитуд движений в суставах нижних конечностей на основе результатов ИАП с ИС.

5. В качестве функциональной тренировки рекомендуется ходьба на дорожке с БОС.

6. Контроль уровня физической нагрузки проводится по 6MTX – следует избегать снижения пройденного расстояния и увеличения времени восстановления после нагрузки.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Боровик М. А. Коррекция постуральных нарушений у детей с ремиттирующим рассеянным склерозом / М.А.Боровик, О.А.Лайшева [и др.] //Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2024. – Т. 23. №. 4. – С. 226-236.

2. Боровик М. А. Особенности функционального статуса опорно-двигательного аппарата у детей с рассеянным склерозом / М. А. Боровик, О. А. Лайшева, Э. Ю Волкова [и др.] - Текст : электронный //Физическая и реабилитационная медицина. – 2024. – Т. 6. №. 1. – С. 59-66.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

6МТХ - 6-минутный тест ходьбы

АВГЗ - американская стойка с закрытыми глазами

АВГО - американская стойка с открытыми глазами

БОС - биологически обратная связь

ВВТ - вибрация всего тела

ИАП - инструментальный анализ походки

ИЛГ - индивидуальная лечебная гимнастика

ИС- инерциальные сенсоры

ЛФК - лечебная физкультура

ПК – постуральный контроль

ПНФ - проприоцептивная нейромышечная фасилитация

пЭМГ - поверхностная электромиография

РДКБ - Российская детская клиническая больница

РРС – ремиттирующий рассеянный склероз

РС – рассеянный склероз

РФ – Российская Федерация

ЦД - центр давления

ЦНС –центральная нервная система

ЭМГ - электромиографии

AMSQ – опросник «Функция руки при рассеянном склерозе» (Arm Function in Multiple Sclerosis Questionnaire)

BESTest – системный тест оценки баланса (Balance Evaluation Systems Test)

EDSS – расширенная шкала статуса инвалидности (Expanded Disability Status Scale)