

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ В РЕАБИЛИТАЦИИ ДЕТЕЙ С НАРУШЕНИЕМ ФУНКЦИИ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

С.А. ВОЛОВЕЦ¹, Н.Г. БАДАЛОВ^{1,3}, И.В. БОРОДУЛИНА², М.Ю. ЯКОВЛЕВ⁴

¹ФГБУ «Научно-практический центр медико-социальной реабилитации им. Л.И. Швецовой», Москва, Россия

²ФГБОУ ДПО «Российская Медицинская Академия Непрерывного Последипломного Образования» Минздрава России, Москва, Россия

³ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М.Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет), Москва, Россия

⁴ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, Москва, Россия

Резюме

Введение: Рука имеет исключительное значение для жизнедеятельности человека как орган познавательно-практической деятельности. Мелкая моторика рук — это совокупность мелких высококоординированных, точных и согласованных движений разной степени. К нарушениям мелкой моторики приводят заболевания и травмы опорно-двигательного аппарата и нервной системы. Эффективные программы медицинской реабилитации кисти и пальцев включают в себя применение аппаратов с биологической обратной связью (БОС).

Цель: оценка эффективности аппаратно-программного комплекса с БОС в восстановлении нарушенной функции верхней конечности у детей.

Методы: в клиническое исследование включены 80 пациентов в возрасте от 4 до 18 лет с нарушением функции верхней конечности (гемипарез или тетрапарез) по MACS (The Manual Ability Classification System) не выше III уровня, которые были разделены методом простой рандомизации на основную группу (n=50), получавшую в течение 21 дня программу комплексной реабилитации (лечебную физкультуру, массаж паретичных мышц, механотерапию, гидрокинезиотерапию, методы аппаратной физиотерапии) с использованием аппаратно-программного комплекса и группу сравнения (n=30), в которой программа комплексной реабилитации не включала использование аппарата с БОС.

Результаты: проведенное проспективное открытое рандомизированное сравнительное исследование выявило, что результативность стандартной программы реабилитации в комплексе с тренировками на комплексе с БОС (основная группа) выше, чем при использовании только стандартной программы. После лечения у больных основной группы было отмечено заметное снижение степени спастичности мышц в пораженной конечности, укрепление мышечной силы, улучшение мелкой и крупной моторики рук, совершенствование мануальных навыков.

Заключение: использование аппаратно-программного комплекса с БОС у детей с нарушением функции верхних конечностей повышает эффективность программы реабилитации.

Ключевые слова: реабилитация, биологическая обратная связь, функция верхней конечности, мелкая моторика.

EFFICACY OF UPPER LIMB REHABILITATION WITH BIOFEEDBACK COMPLEX IN CHILDREN

S.A. VOLOVETS¹, N.G. BADALOV^{1,3}, I.V. BORODULINA², M.Yu. YAKOVLEV⁴

¹Scientific and Practical Center of Medical and Social Rehabilitation named after L. I. Shvetsova, Moscow, Russia

²Russian Medical Academy of Continuing Postgraduate Education of the Ministry of Health of Russian Federation, Moscow, Russia

³I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of Russian Federation (Sechenov University), Moscow, Russia

⁴National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology; of the Ministry of Health of Russian Federation, Moscow, Russia

Resume

Background: The hand is of exceptional importance for human life as an organ of cognitive and practical activity. Fine motor skills of the hands is a set of small highly coordinated, precise and coordinated movements of varying degrees. Disorders of fine motor skills are caused by diseases and injuries of the musculoskeletal system and nervous system. Effective programs of medical rehabilitation of the hand and fingers include the use of biofeedback devices (biofeedback).

Objective: to evaluate the effectiveness of the hardware and software complex with biofeedback in restoring the impaired function of the upper limb in children.

Methods: the clinical study included 80 patients aged 4 to 18 years with impaired upper limb function (hemiparesis or tetraparesis) according to MACS (The Manual Ability Classification System) no higher than level III, who were divided by simple randomization into a main group (n=50) who received a comprehensive rehabilitation program (physical therapy, paretic muscle massage, mechanotherapy, hydrokinesiotherapy, other physiotherapy methods) using the device and control group (n=30), in which the comprehensive rehabilitation program did not include the use of the device.

Results: a prospective open randomized comparative study revealed that the effectiveness of the standard rehabilitation program in combination with training at the biofeedback complex (main group) is higher than when using only the standard program. After treatment, patients of the main group showed a marked decrease in the degree of muscle spasticity in the affected limb, strengthening of muscle strength, improvement of fine and large motor skills of the hands, improvement of manual skills.

Conclusion: the use of the complex with biofeedback in children with impaired upper limb function increases the effectiveness of the rehabilitation program.

Keywords: rehabilitation, biofeedback, upper limb function, fine motor skills.

Введение

Рука имеет исключительное значение для жизнедеятельности человека как орган познавательно-практической деятельности [1]. Благодаря осязанию пальцами человек получает точное представление о предмете: форме, объеме, температуре [2,3]. Мелкая (тонкая) моторика рук — это совокупность мелких высококоординированных, точных и согласованных движений разной степени сложности кистями и пальцами рук, для тренировки которых необходимо взаимодействие нервной, мышечной и костной систем [2-4]. Моторика руки, и в частности кисти, характеризуется значительным разнообразием и задействует мышцы на протяжении всей кинематической цепи. Функция кисти и пальцев заключается в осуществлении различного вида захватов (основные из которых — крючковый, межпальцевой, плоскостной, щипковый, цилиндрический, шаровой) и

удержании предметов, а также обеспечивает поднятие, перенос, перемещение и манипулирование объектами [4-7].

К нарушениям мелкой (тонкой) моторики приводят заболевания и травмы опорно-двигательного аппарата и нервной системы. По данным статистических отчетов бюро медико-социальной экспертизы, в Российской Федерации (РФ) распространенность функциональных нарушений мелкой моторики руки вследствие травм костно-мышечной системы и заболеваний нервной системы не имеет тенденции к снижению [8, 9]. У детей нарушения тонких движений кисти может быть связано с нарушением развития, интеллектуальными расстройствами, заболеваниями опорно-двигательной и нервной систем [10-12]. Так, по данным эпидемиологических исследований заболеваемость инсультом в педиатрической практике составляет 0,79 на 100000 детей в год, при этом в 60-90% случаев развивается стойкий неврологический дефицит [13]. К стойкому нарушению функции верхних конечностей и снижению способности к мелкой моторике приводит и детский церебральный паралич (ДЦП) – мультифакторное заболевание, в развитии которого основную роль отводят нарушению или аномалии развития головного мозга плода или новорожденного. По данным литературы, ДЦП встречается с частотой 2–3,6 на 1000 живых новорожденных и является основной причиной детской инвалидности в мире [14].

Наиболее ярким проявлением нарушений двигательной активности является постинсультный парез руки. По данным литературы, более чем у 70% пациентов наблюдаются стойкие неврологические симптомы после перенесенного инсульта, при этом основными исходами являются двигательные (у 33–58% пациентов): чаще всего отмечается контралатеральный спастический гемипарез [15]. С учетом неравномерного восстановления движений и более медленного регресса нарушений мелкой моторики двигательный дефицит в руке может существенно снижать качество жизни пациентов.

Нарушения функций руки у детей являются наиболее тяжелыми из-за ее большого значения в реализации ежедневной жизненной активности и самообслуживания. Восстановление функции руки является сложной задачей для детской реабилитации, и реабилитационные программы, способствующие улучшению функциональных возможностей руки, представляются наиболее значимыми. При этом большинство имеющихся программ и учебных комплексов рассчитано на детей с задержкой моторного и психического развития, в то время как подходы к восстановлению функции при неврологических заболеваниях и патологии опорно-двигательной системы недостаточно освещены. Эффективные программы медицинской реабилитации кисти и пальцев должны быть направлены на восстановление точных и координированных движений и соблюдать следующие принципы: раннее начало, специализация и комплексность, продолжительность

и преемственность на всех этапах медицинской реабилитации основного заболевания или травмы. Одним из ключевых компонентов таких реабилитационных программ выступают тренировки, основанные на принципе биологической обратной связи (БОС), которая реализуется с помощью интенсивных, часто повторяющихся специфических для кисти конкретных двигательных заданий и обеспечивает моторное переобучение [16, 17].

Тем не менее, несмотря на очевидные преимущества и востребованность реабилитационных технологий с БОС, разработок и клинических рекомендаций по эффективному применению отечественных технологий с БОС в восстановлении моторной функции в педиатрической практике явно недостаточно, чем продиктована целесообразность данного клинического исследования.

Аппаратные комплексы, разработанные в форме перчатки – это система с БОС для восстановления функции верхней конечности, позволяющая активно вовлечь пациента в процесс реабилитации и значительно ускорить его [18]. Как правило, она состоит из двух основных компонентов: специальной перчатки с акселерометрическими датчиками положения и скорости, которые в точности регистрируют движения пальцев, и программного обеспечения. Перчатка отслеживает движения пальцев и запястья благодаря семи датчикам движения, расположенным на каждой дистальной фаланге пальцев, на тыльной стороне кисти, и на предплечье, а затем передает данные на компьютер, с установленной программой. Программа на основании полученных данных от перчатки анализирует возможности пациента, и позволяет выполнять упражнения для суставов рук различного уровня сложности с биологической (зрительной) обратной связью, то есть пациент в реальном времени может контролировать правильность их выполнения на экране компьютера. Реабилитационная перчатка позволяет проводить реабилитацию пациента в игровой форме, получая объективные данные о производимых пациентом действиях в реальном времени, и адаптировать программу реабилитации в соответствии с реальными возможностями конкретного пациента, подобрав комплекс интерактивных упражнений для восстановления мелкой моторики и координации движений. Форма тренировок с использованием видеоигр является одним из самых эффективных способов для мотивации многократного повторения движений для детей. Программа позволяет сохранять данные проведенного курса реабилитации каждого пациента для дальнейшего анализа, в конце занятия проводится оценка диапазона движений и сравнение с результатами предыдущих занятий.

Цель исследования – оценка эффективности аппаратно-программного комплекса с БОС в восстановлении нарушенной функции верхней конечности у детей.

Материалы и методы

Исследование проводилась в отделении амбулаторной медико-социальной реабилитации ГБУ НПЦ МСР имени Л.И. Швецовой ДТСЗ г.Москвы.

Дизайн исследования: проведено открытое проспективное сравнительное клиническое исследование.

В исследование были включены 80 пациентов в возрасте от 4 до 18 лет, которые были разделены при случайной выборке методом простой рандомизации на основную группу (n=50) и группу сравнения (n=30) (табл. 1).

Критерии включения в исследование: пациенты мужского и женского пола, страдающие ДЦП, с последствиями ОНМК и других органических поражений ЦНС, аномалиями развития верхней конечности, получающие курс комплексной реабилитации в ГБУ НПЦ МСР имени Л.И. Швецовой, имеющие в структуре неврологических нарушений гемипарез или тетрапарез, с нарушениями функции кисти по MACS (The Manual Ability Classification System) не выше III уровня.

Критерии не включения в исследование: отказ от участия в исследовании родителей или законных представителей пациентов; уровень нарушения функции кисти по критериям MACS выше III уровня; афатические нарушения; медикаментозно некорректируемая эпилепсия; нарушения зрения, не позволяющие различать инструкцию на экране; умственная отсталость умеренной, тяжелой и глубокой степеней (F71–73 по МКБ-10).

Для оценки эффективности курса реабилитации и состояния моторной функции кисти были использованы следующие методики:

- 1) шкала функционирования верхних конечностей (The Manual Ability Classification System, MACS) для определения возможностей мануальных навыков в повседневной деятельности, позволяющая классифицировать манипуляторные возможности рук детей с ДЦП [19, 20];
- 2) шкала «Возможности кисти–дети» (ABILHANDKids) – тест оценки родителями двигательной функции верхней конечности ребенка в быту (3 степени возможности выполнения навыка: «невозможно», «трудно», «легко») [21, 22];
- 3) модифицированная шкала спастичности Эшворта (Modified Ashworth Scale, MAS) для оценки уровня спастичности при определении степени сопротивления пассивным движениям по 5-балльной шкале (от 0 до 4) [23, 24];
- 4) шкала оценки силы мышц Британского совета медицинских исследований (Medical Research Council Weakness Scale sums core, MRC-SS) для тестирования силы мышц-сгибателей и разгибателей кисти по 6-балльной шкале (от 0 до 5) [25];

5) динамометрия – измерение мышечной силы кисти у различных по возрасту и физическому состоянию детей с помощью механического динамометра ДК-50.

С целью оценки влияния курса тренировок на когнитивные способности пациентов применяли тест Бурдона, который представляет собой «корректирующую пробу». С помощью этой пробы выявляются несколько психологических свойств ребенка: гибкость, концентрация и устойчивость внимания, способность сосредоточиться на быстром решении одной задачи. Тест дает возможность определить степень переключаемости и объем внимания – способность запомнить и удержать в памяти несколько фигур и разных действий с ним, помогает понять готов ли ребенок к занятиям, требующим внимательности и сосредоточенности, выявить проблемы с психологическими свойствами и вовремя их устранить.

Статистический анализ динамики изучаемых показателей производился по критерию Вилкоксона, данные в таблицах представлены в виде квартилей и медианы. Рассмотрение взаимосвязи проводилось с применением корреляционного анализа, с расчетом коэффициента корреляции по Спирмену. Статистический анализ проводился с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel 2003 и STATISTICA 6.0 (Stat Soft Inc., США). При проверке статистических гипотез критический уровень значимости принимался равным 0,05.

Описание медицинского вмешательства

Все пациенты основной и контрольной групп в течение 21 дня получали программу комплексной реабилитации (лечебную физкультуру, массаж паретичных мышц, механотерапию, гидрокинезиотерапию, методы аппаратной физиотерапии).

Пациенты основной группы дополнительно проходили курс реабилитации с использованием аппаратно-программного комплекса с БОС. Применялось разработанное в РФ оборудование – реабилитационная перчатка «Аника».

Перед началом исследования все пациенты подверглись неврологическому осмотру с оценкой состояния по указанным шкалам. Динамика восстановления двигательных функций оценивалась по позитивной динамике баллов. Для шкал MAS и MRC-SS учитывались только показатели для мышц кисти (средние по сгибателям и разгибателям в лучезапястном суставе). Для шкалы ABILHAND-Kids кроме стандартных показателей выполнения действий (выполнить невозможно – X0, трудно – X1 и легко – X2) использовался суммарный показатель X, рассчитываемый по формуле $X = X1 + 2X2$, диапазон которого составляет от 0 до 42. Введение суммарного показателя позволяет использовать статистические критерии для сравнения возможностей выполнения

повседневных действий до и после реабилитационных мероприятий по шкале ABILHAND-Kids.

Кроме этого, перед началом и после завершения курса реабилитации на аппаратно-программном комплексе с БОС всем пациентам проводили диагностику функциональных возможностей. С помощью панели переключения режимов диагностики проводили пассивную и активную диагностику двигательной активности. После чего через панель «выбор зон диагностики» выбирали одну или несколько зон для диагностики: зону пальцы – сгибание и разгибание пальцев; запястье – сгибание разгибание запястья, и зону локоть – пронация и супинация в локтевом суставе. Затем, с помощью окна «Назначения» прописывали определенные реабилитационные комплексы, состоящие из упражнений (игр) и различных движений верхней конечности:

- упражнения на сжатие и разжатие пальцев;
- упражнения на сгибание и разгибание кисти;
- упражнения на супинацию и пронацию.

Для выбранного пациента настраивали зоны лечения и задавали уровень сложности упражнений. В последующем с помощью окна «Лечение» осуществляли назначенные реабилитационные упражнения.

Каждому пациенту назначали 10 тренировок, проводимых ежедневно, по 5 раз в неделю. Каждая тренировка состояла из 3-х или 4-х упражнений (игр) общей продолжительностью 15-20 минут, выбираемых индивидуально. После завершения курса тренировок проводили повторную диагностику.

Результаты исследования

После завершения исследования был проведен многофакторный анализ результатов курса реабилитации. При рассмотрении полученных результатов было продемонстрировано, что курс тренировок на аппаратно-программном комплексе с БОС способствовал улучшению возможностей мануальных навыков по шкале MACS у пациентов основной группы ($p=0,025$). У больных группы сравнения уровень манипулятивных возможностей после курса реабилитации существенно не изменился. Подобная картина наблюдалась и при оценке силы мышц верхних конечностей по шкале MRC: в основной группе отмечалось достоверное возрастание мышечной силы у пациентов ($p=0,002$), в группе сравнения достоверной динамики не было (табл. 2). Оценка родителями двигательной функции верхней конечности ребенка в быту по шкале ABILHANDKids свидетельствовала о достоверном улучшении возможностей выполнения повседневных действий как в основной, так и контрольной группах. Оценка уровня спастичности в верхних конечностях при определении степени сопротивления пассивным движениям

выявила, что в основной группе позитивная динамика данного параметра была достоверной и имела определенную тенденцию к снижению ($p=0,083$). Измерение мышечной силы кисти при динамометрии показало существенное ее повышение как в основной группе, так и в группе сравнения (табл.2).

Анализ показателей когнитивных способностей по тесту Бурдона после курса реабилитации выявил достоверно положительную динамику изучаемых показателей у больных основной группы. В результате комплексной терапии, включающей тренировки на комплексе с БОС отмечалось повышение уровня концентрации, улучшение устойчивости внимания и коррекция степени переключаемости. В группе сравнения после курса реабилитации положительные результаты были достигнуты только в отношении степени устойчивости внимания (см. табл.3)

Динамика результатов клинических тестов подтверждалась данными диагностики функциональных возможностей пациентов, проводимых до и после курса реабилитации в активном и пассивном режимах с помощью диагностического модуля комплекса «Аника».

Также был проведен анализ эффективности лечения в сравниваемых группах по изучаемым показателям, результаты которого отражены в таблице 4.

Исходя из данных таблицы 4, мы просчитали среднее отклонение динамики изучаемых показателей по каждой подгруппе по формуле $n_x = (n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5) : 5$. Полученные результаты свидетельствуют, что в основной исследовательской группе конечная эффективность программы комплексной реабилитации с перчаткой с БОС с традиционным курсом восстановительного лечения превышала на 25,65% показатели, полученные в группе сравнения.

Рассмотрение результатов исследования на примере клинического случая

На примере диагностических тестов пациентки К. (возраст 8 лет; диагноз: ДЦП, правосторонний гемипарез; II уровень по MACS), которая была включена в основную группу и завершила полный курс лечения, рассмотрим возможности диагностического модуля комплекса с БОС.

При изучении полученных графиков динамики активного и пассивного движения пальцев правой руки в процессе реабилитации (рис. 1-5) было выявлено что наибольший прогресс в улучшении объема движений был достигнут в мизинце (активные движения (А) – 42°, пассивные (П) – 37°), большом (А – 35°, пассивные 30°) и безымянном пальцах (А – 30°, П – 30°). В тоже время прогресс дефицита активного движения был наиболее выражен в указательном пальце правой руки (рис.6). При изучении отчета по выполненным упражнениям (рис.7) было установлено, что наибольший прогресс был достигнут в упражнениях «волейбол» и «пузыри». Об этом свидетельствовал прогресс в выполнении

реабилитационных упражнений в процессе реабилитации (рис.8,9). Упражнения, выполняемые с помощью «виртуальной руки», которые более трудоемки и сложны в выполнении («собери предметы», «стакан») давались пациентке с большим трудом, что явилось причиной акцентирования на играх первой степени сложности.

Таким образом, полученные результаты демонстрируют, что диагностический модуль комплекса с БОС является объективным и удобным инструментом для оценки эффективности реабилитации.

Обсуждение

При моторных нарушениях моторики, независимо от их причины, следует проводить поэтапное восстановление движения с постановкой конкретной двигательной задачи при постоянном усложнении задания, и соответствовать функциональным возможностям пациента [3]. Современные подходы к восстановлению движений конечностей при поражениях центральной нервной системы заключаются не только в прямом воздействии на паретичные конечности, но также в активации структур головного мозга [26]. В настоящем исследовании в качестве подобного подхода использовалась методика БОС. Благодаря накопленным литературным данным БОС признана ключевым звеном в контроле за правильностью выполнения движения и в закреплении результатов моторного переобучения [27, 28]. Наличие модуля БОС в программе реабилитации детей с нарушением мелкой (тонкой) моторики верхней конечности обеспечивает максимальную активность и участие пациента в восстановлении утраченных функций. БОС актуальна как при формировании нового двигательного паттерна, так и для контроля за правильностью выполнения движения, то есть посредством БОС всегда одновременно передается информация о выполнении моторного задания и отражается текущее состояние сегмента тела в момент выполнения движения.

Полученные в настоящем исследовании результаты позволяют предположить, что результативность стандартной программы реабилитации в комплексе с тренировками на комплексе с БОС (основная группа) выше, чем при использовании только стандартной программы. Следует отметить, что группы характеризовались гетерогенностью по фоновой нозологии: были включены пациенты как с ДЦП, так и с последствиями ОНМК и других органических поражений ЦНС, а также с аномалиями развития верхней конечности. С одной стороны, возникает вопрос о различиях в нейропластических процессах и последующих реабилитационных исходах, однако ключевым признаком рандомизации в данном случае являлось нарушение функции верхней конечности, что позволило оценить эффективность использованного подхода именно для указанной категории пациентов независимо от генеза патологии.

Результаты настоящего исследования показали, что после лечения у больных основной группы было отмечено заметное снижение степени спастичности мышц в пораженной конечности, укрепление мышечной силы, улучшение мелкой и крупной моторики рук, совершенствование мануальных навыков, в то время как в группе сравнения аналогичные изменения были недостоверны. При этом как в основной, так и группе сравнения после курса реабилитации наблюдалось значительное возрастание двигательной активности верхней конечности у детей в быту (по оценке родителей) и повышение мышечной силы кисти (по динамометрии).

Примечательным является влияние реабилитации с БОС на степень спастичности в руке. При проведении коррелятивного анализа по Спирмену было выявлено, что до начала курса реабилитации показатель шкалы классификации мануальных способностей (MACS) имел высокую прямую коррелятивную связь со степенью спастичности ($r = 0.713$; $p < 0.01$), обратную коррелятивную связь ($r = -0.547$; $p < 0.01$) с данными шкалы оценки силы мышц Британского совета медицинских исследований (MRC). Можно сделать вывод, что ухудшение мануальных способностей сопровождалось высокой спастичностью и снижением силы мышц сгибателей и разгибателей. В то же время уровень силы мышц-сгибателей и разгибателей кисти имел прямую высокую двустороннюю связь с наличием органического поражения в анамнезе ($r = 0.716$; $p < 0.01$), и обратную коррелятивную связь ($r = -0.643$; $p < 0.01$) с величиной шкалы Эшворта, то есть у пациентов, имеющих органическую патологию в анамнезе, выраженность мышечной недостаточности и степени спастичности была более существенной. Следует предположить, что влияние БОС на уменьшение спастичности в конечности связано с активацией центральных механизмов и путей «моторной адаптации» [29].

Курс комплексной реабилитации с применением тренировок на комплексе с БОС способствовал восстановлению когнитивных способностей. Отмечалось повышение уровня концентрации в среднем на 20%, улучшение устойчивости внимания на 17%, и коррекция степени переключаемости на 25% только в основной группе. Было установлено что динамика показателей когнитивных способностей имела коррелятивную зависимость с данными шкал, отражающих моторную функцию. Показатель степени переключаемости имел прямую высокую двустороннюю коррелятивную связь со шкалой классификации мануальных способностей ($r = 0.691$; $p < 0.01$). Величина показателя концентрации внимания имела прямую высокую двустороннюю связь с данными шкалы оценки силы мышц Британского совета медицинских исследований ($r = 0.706$; $p < 0.01$). Это позволяет предположить, что прогресс состояния манипулятивных функций, возрастание мышечной

силы способствуют улучшению когнитивных способностей. Данное предположение подтверждается имеющимися литературными данными [30].

Также было установлено, что эффективность курса реабилитации имеет прямую зависимость от продолжительности курса лечения. При рассмотрении результатов курса реабилитации в основной группе было выявлено, что у 12% пациентов, у которых продолжительность курса составил в среднем 5 [3,5; 5] тренировок, эффективность лечения была ниже, чем в группе сравнения. Таким образом, недостаточная эффективность программы реабилитации была связана с малым числом тренировок.

Заключение

Таким образом, анализ результатов проведенного исследования показал, что использование аппаратно-программного комплекса с БОС у детей с нарушением функции верхних конечностей повышает эффективность программы реабилитации. Проведенное проспективное открытое рандомизированное сравнительное исследование выявило, что эффективность стандартной программы реабилитации в комплексе с тренировками на комплексе с БОС (основная группа) выше, чем при использовании только стандартной программы.

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. В настоящем исследовании доказано, что эффективность реабилитации, включающей тренировки с использованием перчатки с БОС в комплексе с традиционной программой восстановительного лечения на 25,6% выше, чем применение только классического курса реабилитации у детей с нарушением функции верхней конечности.
2. Комплексная реабилитация способствовала улучшению когнитивных способностей детей. Отмечалось повышение уровня концентрации (на 20%), улучшение устойчивости внимания (17%) и степени переключаемости (25%) в основной группе. В группе сравнения наблюдалась лишь тенденция возрастания устойчивости внимания.
3. Установлена зависимость улучшения двигательных функции верхних конечностей и когнитивных способностей детей в основной группе: показатель степени переключаемости внимания имела прямую коррелятивную связь с величиной, отражающей манипулятивную функцию рук ($r=691$; $p<0,01$). Степень концентрации внимания коррелировала высокой двусторонней связью с ростом индекса мышечной силы верхних конечностей ($r=706$; $p<0,01$).

4. Диагностический модуль комплекса с БОС использованного оборудования является объективным инструментом для оценки эффективности реабилитации пациентов с моторной дисфункцией верхних конечностей.

Список использованной литературы

1. Петрова С.С. Развитие тонкой моторики у детей старшего дошкольного возраста средствами изобразительной деятельности. *Проблемы современного педагогического образования*. 2018; 60-2:277-280. [Petrova S.S. Razvitie tonkoj motoriki u detej starshego doshkol'nogo vozrasta sredstvami izobrazitel'noj deyatel'nosti. Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya. 2018; 60-2:277-280. (In Russ.)]
2. Большакова С.Е. *Формирование мелкой моторики рук: Игры и упражнения*. - М: ТЦ Сфера, 2008. [Bol'shakova SE. Formirovanie melkoj motoriki ruk: Igry i uprazhneniya. - М: TC Sfera, 2008 (In Russ.)].
3. Макарова М.Р. Проблемы восстановления мелкой моторики у взрослых. *Нейрореабилитация*. 2013;10(88):43-47. [Makarova MR. Problemy vosstanovleniya melkoj motoriki u vzroslyh. Nejrореаbilitaciya. 2013;10(88):43-47. (In Russ.)]
4. Мельникова Н. С. Развитие мелкой моторики рук как средство развития речи у детей с речевыми нарушениями. *Актуальные исследования*. 2021;5(32):92-94. [Mel'nikova NS. Razvitie melkoj motoriki ruk kak sredstvo razvitiya rechi u detej s rechevymi narusheniyami. Aktual'nye issledovaniya. 2021;5(32):92-94. (In Russ.)]
5. Светлова И. *Развиваем мелкую моторику и координацию движений рук*. – М.: «Олма-Пресс», 2001. [Svetlova I. Razvivaem melkuyu motoriku i koordinaciyu dvizhenij ruk. – М.: «Olma-Press», 2001. (In Russ.)].
6. Хлызова И.В., Смирнова Л.М., Гаевская О.Э. Инструментальная оценка функции кистевого схвата. *Медико-социальная экспертиза и реабилитация*. 2013;1:38-43. [Hlyzova I.V., Smirnova L.M., Gaevskaya O.E. Instrumental'naya ocenka funkicii kistevogo skhvata. Mediko-social'naya ekspertiza i reabilitaciya. 2013;1:38-43. (In Russ.)].
7. Капанджи А. И. *Верхняя конечность. Физиология суставов*. М.: Эксмо, 2009. 368 с. [Kapandzhi A. I. Verhnyaya konechnost'. Fiziologiya sustavov. М.: Eksmo, 2009. 368 s. (In Russ.)].
8. Николаева Е. В. Некоторые вопросы медицинской экспертизы при травмах верхних конечностей. *Заместитель главного врача*. 2008;4: 3-8. [Nikolaeva EV. Nekotorye voprosy medicinskoj ekspertizy pri travmah verhnih konechnostej. Zamestitel' glavnogo vracha. 2008;4: 3-8. (In Russ.)].
9. Макарова М.Р. Проблемы восстановления мелкой моторики у взрослых. *Неврологический вестник*. 2014;46(1):89-96. [Makarova M.R. Problemy vosstanovleniya melkoj motoriki u vzroslyh. Nevrologicheskij vestnik. 2014;46(1):89-96. (In Russ.)].
10. Ермолаева И.А. Развитие мелкой моторики у детей с нарушением опорно-двигательного аппарата. *Актуальные проблемы коррекционной педагогики и специальной психологии. Материалы VIII всероссийской научно-практической конференции*. 2014: 120-123. [Ermolaeva I.A. Razvitie melkoj motoriki u detej s narusheniem oporno-dvigatel'nogo apparata. Aktual'nye problemy korrekcionnoj pedagogiki i special'noj psihologii. Materialy VIII vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2014: 120-123. (In Russ.)].
11. Хачатрян С.С. К проблеме развития мелкой моторики и осязания у детей с нарушением зрения. *Актуальные научные исследования в современном мире*.

- 2021;2-5(70):188-191. [Hachatryan S.S. K probleme razvitiya melkoj motoriki i osyazaniya u detej s narusheniem zreniya. Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire. 2021;2-5(70):188-191. (In Russ.)].
12. Серкульская Е.И., Мисникевич Е.В. Программа коррекции общей и мелкой моторики для детей 8-9 лет с нарушениями интеллекта. *Физкультура, спорт, здоровье: сборник статей Всероссийской с международным участием очно-заочной научно-практической конференции*. Воронеж: Издательско-полиграфический центр "Научная книга", 2016:508-512. [Serkul'skaya E.I., Misnikевич E.V. Programma korrekcii obshchej i melkoj motoriki dlya detej 8-9 let s narusheniyami intellekta. Fizkul'tura, sport, zdorov'e: sbornik statej Vserossijskoj s mezhdunarodnym uchastiem ochno-zaочноj nauchno-prakticheskoy konferencii. Voronezh: Izdatel'sko-poligraficheskij centr "Nauchnaya kniga", 2016:508-512. (In Russ.)].
13. Хачатуров Ю.А., Щедеркина И.О., Плавунов Н.Ф., Сидоров А.М., Петрайкина Е.Е., Витковская И.П., Кадышев В.А. Инсульт у детей и подростков: актуальные проблемы догоспитальной диагностики. *Архивъ внутренней медицины*. 2020;10(1):21-30. [Khachaturov Y.A., Shchederkina I.O., Plavunov N.F., Sidorov A.M., Petrayaykina E.E., Vytkovskaya I.P., Kadyshev V.A. Stroke in children and adolescents: topical problems of pre-hospital diagnostics. The Russian Archives of Internal Medicine. 2020;10(1):21-30. (In Russ.)].
14. Куренков А.Л., Батышева Т.Т., Виноградов А.В., Зюзьева Е.К. Спастичность при детском церебральном параличе: диагностика и стратегии лечения. *Журнал неврологии и психиатрии*. 2012;7 (2):24-28. [Kurenkov AL, Batysheva TT, Vinogradov AV, Zyuzuayeva EK. Spastichnost' pri detskom cerebral'nom paraliche: diagnostika i strategii lecheniya. Zhurnal nevrologii i psihiatrii. 2012;7 (2):24-28. (In Russ.)]
15. Немкова С.А., Заваденко Н.Н., Маслова О.И. и др. Современные принципы комплексной реабилитации детей с последствиями инсульта. *Педиатрическая фармакология*. 2015;12(1):59-66. [Nemkova S.A., Zavadenko N.N., Maslova O.I. i dr. Sovremennye principy kompleksnoj rehabilitacii detej s posledstviyami insul'ta. Pediatricheskaya farmakologiya. 2015;12(1):59-66. (In Russ.)]
16. Немкова С.А., Заваденко Н.Н., Щедеркина И.О. Современные методы в комплексной реабилитации детей с последствиями инсульта, детским церебральным параличом и черепно-мозговой травмой. *Фарматека*. 2015;11:37-44. [Nemkova SA, Zavadenko NN, Shchederkina IO. Sovremennnye metody v kompleksnoj rehabilitacii detej s posledstviyami insul'ta, detskim cerebral'nym paralichom i chereпно-mozgovoј travmoј. Farmateka. 2015;11:37-44. (In Russ.)]
17. Курдыбайло С. Ф., Герасимова Г.В, Павлова С.П. Использование метода биологической обратной связи в процессе реабилитации детей с дефектами верхних конечностей. *Адаптивная физическая культура*. 2006;3(27):32-36. [Kurdybajlo SF, Gerasimova GV, Pavlova SP. Ispol'zovanie metoda biologicheskoy obratnoj svyazi v processe rehabilitacii detej s defektami verhnih konechnostej. Adaptivnaya fizicheskaya kul'tura. 2006;3(27):32-36. (In Russ.)]
18. Чуян Е.Н., Бирюкова Е.А., Бабанов Н.Д. Двигательная реабилитация пациентов с нарушениями моторики верхних конечностей: анализ современного состояния исследований (обзор литературы). *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия*. 2019;5(71):163-178. [CHuyan E.N., Biryukova E.A., Babanov N.D. Dvigatel'naya rehabilitaciya pacientov s narusheniyami motoriki verhnih konechnostej: analiz sovremennogo sostoyaniya issledovaniy (obzor literatury). Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya. Himiya. 2019;5 (71):163-178. (In Russ.)]
19. Eliasson AC, Krumlinde-Sundholm L, Rösblad B, Beckung E, Arner M, Ohrvall AM, Rosenbaum P. The Manual Ability Classification System (MACS) for children with

- cerebral palsy: scale development and evidence of validity and reliability. *Dev Med Child Neurol.* 2006;48(7):549-54.
20. Burgess A, Boyd R, Ziviani J, Chatfield MD, Ware RS, Sakzewski L. Stability of the Manual Ability Classification System in young children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2019 Jul;61(7):798-804.
21. de Jong LD, van Meeteren A, Emmelot CH, Land NE, Dijkstra PU. Reliability and sources of variation of the ABILHAND-Kids questionnaire in children with cerebral palsy. *Disabil Rehabil.* 2018;40(6):684-689.
22. Elvrum AK, Saether R, Riphagen II, Vik T. Outcome measures evaluating hand function in children with bilateral cerebral palsy: a systematic review. *Dev Med Child Neurol.* 2016;58(7):662-71.
23. Mutlu A, Livanelioglu A, Gunel MK. Reliability of Ashworth and Modified Ashworth scales in children with spastic cerebral palsy. *BMC Musculoskelet Disord.* 2008;10:9-44.
24. Супонева Н.А., Юсупова Д.Г., Ильина К.А., Мельченко Д.А. и др. Валидация Модифицированной шкалы Эшворта (Modified Ashworth Scale) в России. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии.* 2020;1:89-96. [Suponeva N.A., YUsupova D.G., Il'ina K.A., Mel'chenko D.A. i dr. Validaciya Modificirovannoj shkaly Eshvorta (Modified Ashworth Scale) v Rossii. *Annaly klinicheskoy i eksperimental'noj nevrologii.* 2020;1:89-96. (In Russ.)]
25. Paternostro-Sluga T, Grim-Stieger M, Posch M, Schuhfried O, Vacariu G, Mittermaier C, Bittner C, Fialka-Moser V. Reliability and validity of the Medical Research Council (MRC) scale and a modified scale for testing muscle strength in patients with radial palsy. *J Rehabil Med.* 2008 Aug;40(8):665-71.
26. Лечение и реабилитация детей со спастическими формами церебрального паралича/ Методические рекомендации. Москва. 2016 – 24с. [Lechenie i reabilitaciya detej so spasticheskimi formami cerebral'nogo paralicha/ Metodicheskie rekomendacii. Moskva. 2016 – 24s. (In Russ.)].
27. Девялтовская М.Г. Метод биологической обратной связи в лечении детского церебрального паралича. Материалы научно-практической конференции с международным участием. Санкт-Петербург: Наукоемкие технологии. 2019:76-80. [Devyaltovskaya M.G. Metod biologicheskoy obratnoj svyazi v lechenii detskogo cerebral'nogo paralicha. Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Sankt-Peterburg: Naukoemkie tekhnologii. 2019:76-80. (In Russ.)].
28. Хатькова С.Е., Николаев Е.А., Погорельцева О.А. и др. Важные аспекты двигательного восстановления пациента со спастическим парезом верхней конечности и проприоцептивными нарушениями после очагового поражения ЦНС (клиническое наблюдение). *Русский медицинский журнал. Медицинское обозрение.* 2021;5(10):674-682. [Hat'kova S.E., Nikolaev E.A., Pogorel'ceva O.A. i dr. Vazhnye aspekty dvigatel'nogo vosstanovleniya pacienta so spasticheskim parezom verhnjej konechnosti i proprioceptivnymi narusheniyami posle ochagovogo porazheniya CNS (klinicheskoe nablyudenie). *Russkij medicinskij zhurnal. Medicinskoe obozrenie.* 2021;5(10):674-682. (In Russ.)].
29. International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) (Electronic resource.) URL: <http://apps.who.int/classifications/icfbrowser> (access date: 08.17.2021).
30. Разумов А.Н., Мельникова Е.А. Индивидуальные подходы к контролю реабилитационных мероприятий и прогнозированию восстановления больных, перенесших инсульт. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.* 2014;91(6):4-8. [Razumov A.N.1, Melnikova E.A. Individual approaches to monitoring and predicting rehabilitation recovery of stroke patients. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy / Voprosy kurortologii, fizioterapii, i lechebnoi fizicheskoi kultury.* 2014;91(6):4-8. (In Russ.)].

Приложение

Таблица 1. Характеристика пациентов основной и сравнительной группы

Параметр	Основная группа	Группа сравнения
Число пациентов	50	30
Гемипаретическая форма ДЦП	16	11
Спастическая диплегия	13	8
Атаксическая форма ДЦП	4	5
Гемипарез вследствие ОНМК	9	3
Другие органические поражения ЦНС)	7	3
Аномалии развития (врожденный синостоз)	1	
Медиана возраста	6[5;8]*	6[4,5;8]*
Пол		
мужчины	24	15
женщины	26	15

*В скобках указан интерквартильный интервал.

Таблица 2. Динамика изучаемых показателей после курса реабилитации

Параметры	Основная группа	Группа сравнения
Шкала MACS, баллы	2[2;3] 2[1,5;2]*	2[2;2,25] 2[1,75;2,25]
Шкала MRC-SS, баллы	3[3;4] 4[3;4]*	3 [3;3,25] 3,5 [3;4]
Шкала AbilhandKids, баллы	25[21;26] 26[25;29]*	24[20;25] 25[24;28]*
ш. Эшворта, баллы	2[1;3] 2[1;2]*	2[2;3] 2[1,5;2] (p=0,083)
Динамометрия, даН (деканьютон)	5[2,25;8,5] 6[3,25;10]*	7[5,5;13,5] 7[6,5;13,5]*

Здесь и далее:

- *асимптотическая значимость достоверности различий
- в числителе показатели до лечения, в знаменателе – после
- в скобках указан интерквартильный интервал

Таблица 3. Динамика показателей когнитивных способностей под влиянием курса реабилитации по тесту Бурдона (результаты представлены в баллах)

Группы наблюдения	Концентрация	Устойчивость	Переключаемость
Основная группа	8[3;10] 10[5,5;12]*	6[3,25;10] 5[2,25;8,5]*	65[60;84,5] 51[49;73,5]*
Группа сравнения	8[5;10] 8[5,5;10]	7[6,5;13,5] 7[5,5;13,5]*	60[51,5;71,5] 60[50,5;69,5]

Таблица 4. Анализ динамики клинических показателей в группах сравнения (в %)

Улучшение					
	ш. MACS	ш. MRC	ш. Abilhand	ш. Эшворта	Динамометрия
Основная группа	100%	75%	100%	85%	100%
Группа сравнения	70%	45%	80%	57%	80%
Гемипарез	100%	83%	100%	85%	100%
Спастическая диплегия	63%	56%	83%	34%	75%
Органическое поражение	68%	56%	74%	60%	64%
НМК	80%	83%	100%	60%	100%

Источник финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Вклад авторов:

Концепция и дизайн – Воловец С.А., Бадалов Н.Г.

Сбор и обработка материала – Бадалов Н.Г., Бородулина И.В.

Статистическая обработка данных – Яковлев М.Ю.

Написание текста – Бадалов Н.Г., Бородулина И.В.

Редактирование – Воловец С.А.

Source of funding. The study was conducted without sponsorship.

Conflict of interest. The authors of the article confirmed the absence of a conflict of interest, which must be reported.

Contribution of the authors:

Concept and design - Volovets S.A., Badalov N.G.

Collection and processing of material - Badalov N.G., Borodulina I.V.

Statistical data processing - Yakovlev M.Yu

Text writing text - Borodulina I.V., Badalov N.G.

Editing – Volovets S.A.

Сведения об авторах

Воловец Светлана Альбертовна д.м.н., профессор, директор ГБУ города Москвы Научно-практический центр медико-социальной реабилитации инвалидов им. Л.И. Швецовой, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5560-6235>; eLibrary SPIN: 2698-1409
Бадалов Назим Гаджиевич, д.м.н., профессор [Nazim G. Badalov, MD, PhD, Professor]; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1407-3038>; eLibrary SPIN: 2264-4351; e-mail: prof.badalov@gmail.com

***Бородулина Ирина Владимировна**, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры физической терапии, спортивной медицины и медицинской реабилитации ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России [Irina V. Borodulina, PhD]; адрес: Россия, 125993, г. Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7526-1553>; eLibrary SPIN: 2152-5737; e-mail: irina.borodulina@gmail.com

Яковлев Максим Юрьевич, к.м.н., научный сотрудник [Maxim Yu. Yakovlev, PhD]; e-mail: masdat@mail.ru.

Рис.1. Отчет по диагностике, пациентка К, правая рука, мизинец: динамика объема движений

Рис. 2. Отчет по диагностике, пациент К, правая рука, большой палец: динамика объема движений

Рис. 3. Отчет по диагностике, пациент К, правая рука, средний палец: динамика объема движений

Рис. 4. Отчет по диагностике, пациент К, правая рука, безымянный палец: динамика объема движений

Рис. 5. Отчет по диагностике, пациент К, правая рука, указательный палец: динамика объема движений

Рис. 6. Отчет по диагностике, пациент К: график динамики активного и пассивного движения правой руки и прогресса в процессе реабилитации

Рис. 7. Отчет по диагностике, пациент К: прогресс дефицита активного движения правой руки в процессе реабилитации

Рис. 8. Отчет по играм, пациент К: динамика выполнения реабилитационных упражнений (игр) в процессе реабилитации

Рис. 9. Отчет по играм, пациент К: прогресс в выполнении реабилитационных упражнений (игр) в процессе реабилитации