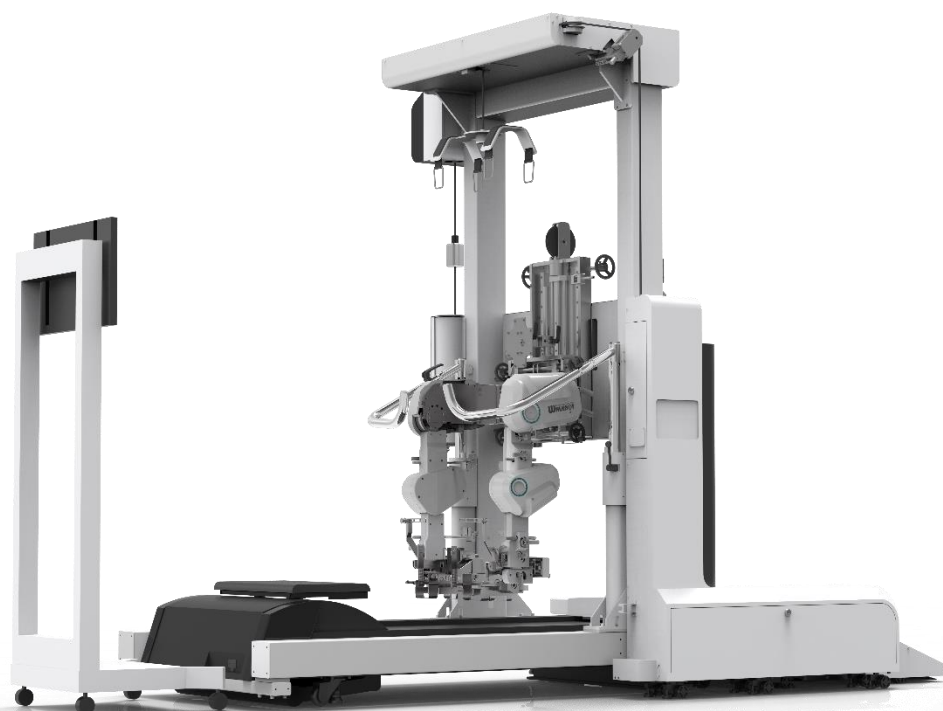


Применение роботизированной локомоторной системы «Walkbot» в восстановлении функции ходьбы у детей с детским церебральным параличом

**КАЗАНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ –
ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ НЕПРЕРЫВНОГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

Учебно-методическое пособие



Авторы:

Бодрова Р.А. – заведующий кафедрой реабилитологии и спортивной медицины КГМА – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ РФ, главный внештатный специалист по медицинской реабилитации Министерства здравоохранения Республики Татарстан, д.м.н., доцент.

Чернова Т.М. – главный врач ГАУЗ «Городская детская поликлиника №7» г. Казани.

Нефедьева Д.Л. – доцент кафедры реабилитологии и спортивной медицины КГМА – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ РФ, к.м.н., доцент.

Абдрахманова Л.И. – заведующая Центра восстановительного лечения детей-инвалидов ГАУЗ «ГДП №7» г. Казани.

Хадеева А.С. – врач по лечебной физкультуре Центра восстановительного лечения детей-инвалидов ГАУЗ «Детская городская поликлиника №7»

Рецензенты:

Хабиров Фарит Ахатович – заведующий кафедрой неврологии КГМА – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ РФ, д.м.н., профессор.

Саковец Татьяна Геннадьевна – доцент кафедры неврологии и реабилитации ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет Минздрава России», к.м.н.

Бодрова Р.А., Чернова Т.М., Нефедьева Д.Л., Абдрахманова Л.И., Хадеева А.С.

Применение роботизированной локомоторной системы «Walkbot» в восстановлении функции ходьбы у детей с детским церебральным параличом: учебно-методическое пособие / Бодрова Р.А., Чернова Т.М., Нефедьева Д.Л., Абдрахманова Л.И., Хадеева А.С.; КГМА– филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России. – Казань; 2024.- 27 с.

В учебно-методическом пособии изложены характеристика и принцип работы роботизированной локомоторной системы для восстановления функции ходьбы «Walkbot», показания и противопоказания к применению, примеры методик использования. Учебно-методическое пособие предназначено для руководителей медицинских организаций и их структурных подразделений, врачей физической и реабилитационной медицины, врачей лечебной физкультуры, физических терапевтов.

Учебно-методическое пособие утверждено и рекомендовано к изданию Методическим советом КГМА – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России.

Содержание

1. Введение	4
2. Особенности роботизированной локомоторной системы.	5
3. Показания к использованию роботизированной локомоторной системы для восстановления функции ходьбы Walkbot	9
4. Противопоказания к использованию роботизированной локомоторной системы для восстановления функции ходьбы Walkbot.....	9
5. Характеристика и принцип работы роботизированной локомоторной системы для восстановления функции ходьбы Walkbot.....	12
6. Режим тренировки	15
7. Методика использования роботизированной локомоторной системы: .	155
Список литературы	25

1. Введение

Актуальность

Детский церебральный паралич (ДЦП) представляет собой хроническое инвалидизирующее заболевание нервной системы. Клиническая картина ДЦП складывается из двигательных, сенсорных, когнитивных и поведенческих нарушений, с преобладанием, в большей части случаев, моторных расстройств, связанных с развитием спастичности, мышечной слабости, нарушением баланса и постурального контроля, а также вторичных ортопедических осложнений, которые могут включать в себя мышечные контрактуры, вывихи и подвывихи суставов, изменения костей и связочного аппарата [1, 2, 3].

Нейрофизиологической основой двигательной реабилитации является нейропластичность, отражающая способность мозга к структурно-функциональной перестройке [4, 5]. Методы реабилитации, влияющие на пластичность, связаны, прежде всего с активностью ребенка, зависящей от решения когнитивно-опосредованных двигательных задач, структурирования окружающей среды, развития родительско-детского партнерства, а также от количества повторов одного и того же движения, что успешно реализуется при применении роботов [2, 6, 7]. Имеется также мнение, что различные виды роботизированной механотерапии с использованием локомоторных систем стимулируют генераторы локомоторной активности спинного мозга, которые обеспечивают координированную мышечную активность конечностей и активируют афферентацию по соматосенсорным путям за счет модулирования гравитационной нагрузки [8, 9]. Роботизированная локомоторная терапия ориентирована, в первую очередь, на формирование паттерна ходьбы [10]. Интерактивный компонент тренировок усиливает эффект взаимодействия ребенка с объектами среды, создает иллюзию погружения в среду и в какой-то

степени предоставляют возможность управлять реальностью и, соответственно, собственными движениями [11].

Первое исследование, посвящённое эффективности и безопасности использования экзоскелета Walkbot, было проведено Li Hua Jin и др. в 2020 году. После курса тренировок 20 детей с ДЦП (GMFCS II–IV, средний возраст 6,75 года) наибольший положительный эффект был обнаружен в отношении качества ходьбы и положения стоя (категория D и E GMFM), причём наибольший эффект был достигнут для пациентов GMFCS II–III. Помимо этого, у детей с ДЦП на фоне тренировок увеличилась мышечная масса, а затраты энергии на движение при этом упали, что подтвердило эффективность проводимых реабилитационных мероприятий с использованием корейского экзоскелета Walkbot [10].

Таким образом, одной из основных задач реабилитации детей с ДЦП является восстановление двигательных функций, которые в наибольшей степени определяют качество жизни пациента. Мобилизация пациентов с использованием роботизированной системы тренировки ходьбы эффективна для восстановления опорно-двигательного аппарата, с одновременным повышением психологической мотивации к участию в процессе реабилитации.

2. Особенности роботизированной локомоторной системы

Система Walkbot - это роботизированное устройство для тренировки опорно-двигательного аппарата, который моделирует и воспроизводит естественную человеческую походку и тем самым посылает сигналы в центральную нервную систему о правильной ходьбе. Уникальность Walkbot в его роботизированных ортезах, они одеваются непосредственно на нижние

конечности пациента, моделируют ходьбу с полным биомеханическим воспроизведением. В процессе участвуют роботизированные ортезы всех трех суставов (для тазобедренного, коленного и голеностопного сустава), что обеспечивает имитацию полноценной ходьбы.

Для обеспечения наилучших условий для ходьбы перед помещением пациента в роботизированный комплекс в систему управления панели управления вводятся данные о параметрах тела пациента. В зависимости от состояния пациента регулируется длина ортезов робота, ширина шага (регулируется с интервалом в 10 мм) и скорость походки (регулируется с интервалом в 0,1 км/ч).

Сила воздействия веса пациента на землю при ходьбе может быть отрегулирована в режиме реального времени с помощью системы поддержки веса тела. Перед тренировкой по восстановлению навыков ходьбы на пациента надевается подвесной корсет, после чего он слегка поднимается подъемным устройством с применением противовеса и на него крепится робот.

Во время тренировки по восстановлению навыков ходьбы активируется привод голеностопного сустава, который включает в себя источник питания с приводом от двигателя.



Рис. 1. Применение системы Walkbot у детей

Весь процесс контролируется электронной системой посредством высокочувствительных датчиков, отвечающих за обратную связь, отслеживающих скорость и силу сгибания суставов. Датчики и сенсоры находятся не только в роботизированных ортезах, но и в стабильной платформе,

которая интегрирована в беговую дорожку. Система дает точную информацию о положении нижних конечностей пациента: обратная реакция, активность/пассивность и симметрия право и влево. Для обеспечения безопасности работа робот немедленно прекратится при обнаружении системой нестандартной ситуации, как, например, сокращение, конвульсии и чрезмерное сопротивление. Кроме того, пациент и (или) физиотерапевт могут прекратить тренировку нажатием кнопки аварийного выключения.

Основные качества системы:

1. Активная система виртуальной реальности с расширенной биологической обратной связью. Персонализированные тренировочные игры в 3-х мерной виртуальной реальности с различными типами активности.
2. Три синхронизированных роботизированных ортеза (тазобедренный, коленный, голеностопный сустав).
3. Автоматическая подстройка размера роботизированных ортезов под пациента.
4. Интерактивность.
5. Настраивается длина шага (минимальный интервал 1 см) и скорость беговой дорожки (минимальный интервал 0,1 км/ч).
6. Противовес робота, противовес пациента.
7. Расширенные инструменты обратной связи Walkbot, отображающие активность ходьбы в режиме реального времени, обеспечивают высокий уровень мотивации пациента.
8. Осуществляя ходьбу по беговой дорожке, пациент получает необходимую информацию от рецепторов нижних конечностей, что позволяет заново формировать навыки моторной активности.

3. Показания к использованию роботизированной локомоторной системы для восстановления функции ходьбы Walkbot

- Раннее восстановление двигательных нарушений после перенесенного инсульта;
- Параплегия и вялые параличи;
- Детский церебральный паралич;
- Последствия черепно-мозговых травм, травм спинного мозга;
- Рассеянный склероз;
- Заболевания опорно-двигательного аппарата (остеоартрит и артроз коленного, голеностопного суставов);
- Атрофия мускулатуры позвоночника;
- Мышечная слабость вследствие гиподинамии, длительной иммобилизации после травм и заболеваний;
- Анализ и коррекция ходьбы;
- Оценка эффективности восстановления пациентов с помощью измерения диапазона движений, ригидности сустава, мышечной силы.

4. Противопоказания к использованию роботизированной локомоторной системы для восстановления функции ходьбы Walkbot

- Стянутые контрактуры тяжелой степени;
- Нестабильность костей (неконсолидированные переломы, нестабильность позвонков, тяжелый остеопороз);
- Открытые поражения кожи в области нижних конечностей и туловища;
- Проблемы с кровообращением;
- Кардиологические противопоказания;

- Неконтактное или агрессивное (аутоагрессивное) поведение;
- Тяжелые нарушения познавательных способностей;
- Пациенты с (длительными) инфузиями;
- Механическая вентиляция;
- Пациенты с крайне непропорциональным ростом ног и (или) позвоночника (например, дисплазия костей или хрящей);
- Пациенты, которым было предписано оставаться в постели или ограничить движения из-за, например, остеомиелита.

Приведенный выше перечень не является исчерпывающим. Решение о том, подходит ли пациент для лечения, всегда находится в компетенции лечащего врача, который несет единоличную медицинскую ответственность за лечение. В частности, рамках этой ответственности необходимо оценить, в каждом конкретном случае, возможные риски и побочные эффекты лечения в сравнении с получаемой от него пользой. Кроме того, индивидуальные показатели пациента играют не менее важную роль, чем базовая оценка риска для конкретных групп пациентов.

В случае пациентов с хроническими болезнями и (или) пациентов, которые были неподвижны в течение длительного периода времени, рекомендуется начинать короткие тренировки, используя высокий уровень поддержки веса тела. При слишком длительных тренировках от этих пациентов можно ожидать чрезмерную реакцию. У пациентов с хроническими болезнями следует принимать во внимание риск повышенного образования остеопороза. С другой стороны, пациенты часто склонны находиться в определенной эйфории после первоначального лечения и хотят проводить более длительные и (или) более частые тренировки. У пациентов, описанных выше, это может привести к чрезмерному напряжению, оказываемому на

связки, сухожилия, суставы и кости, что, в свою очередь, может привести к гиперэкстензии, разрывам и даже патологическим переломам.

5. Характеристика и принцип работы роботизированной локомоторной системы для восстановления функции ходьбы Walkbot

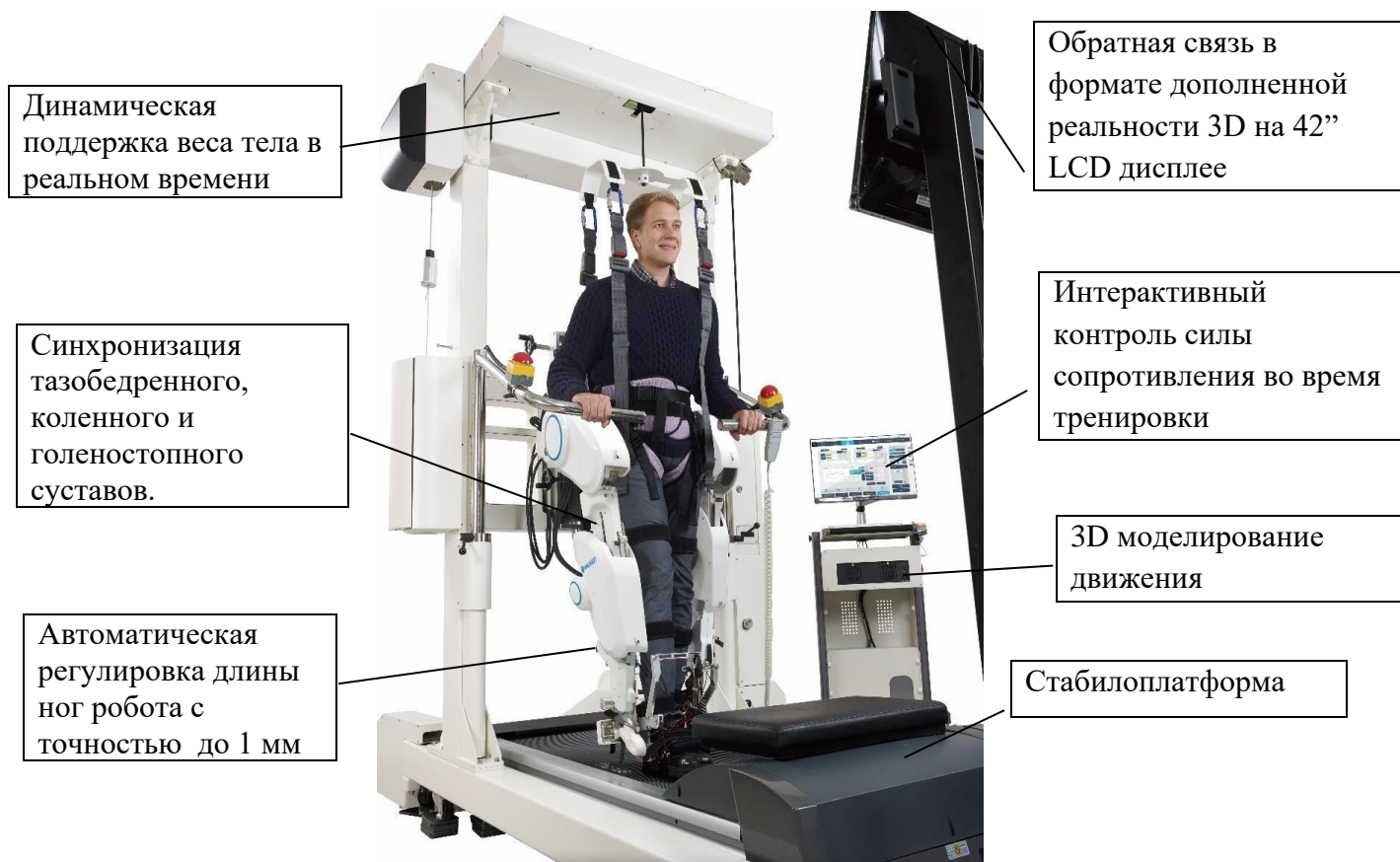


Рис. 2. Устройство роботизированной локомоторной системы Walkbot

5.1. Характеристики

Устройство состоит из:

- подвесного ремня для динамической поддержки веса тела;
- стабиллоплатформы с сенсорными датчиками интегрирована в беговую дорожку для сбора дополнительной информации и показателей терапии;
- роботизированных ортезов (для тазобедренных, коленных и голеностопный суставов), регулирующие автоматически на основе

антропометрии пациента;

- интерактивного контроля силы сопротивления во время тренировки с 3D моделированием движения;
- обратной связи в формате дополненной 3D реальности на LCD дисплее.

В программное обеспечение входят игровые тренажёры («вводный тренинг», «мишень», «стрельба по тарелочкам», «огни», «яблоко», «зайцы» и т.д.). При этом моделируются реальные условия удержания равновесия и движения человека с маневрированием по наклонной плоскости

Скорость и крутящий момент моторизованной беговой дорожки (помощь и сопротивление) можно регулировать, чтобы обеспечить пользователю безопасные и сложные режимы переобучения опорно-двигательного аппарата по ходу тренировки.



Рис.3. Роботизированные ортезы для ходьбы Walkbot

Робот для детей имеет ряд отличающихся от робота у взрослых характеристик:

- ✓ Диапазон регулировки длины: от бедра до колена 350~480 мм (регулировка с интервалом 1 мм), от колена до лодыжки 212~352 мм (регулировка с интервалом 1 мм);
- ✓ Диапазон суставов: сгибание бедра 34,5°, разгибание 25,5° (в соответствии с автоматической регулировкой шага/длины ноги);
- ✓ Сгибание колена 64°, разгибание 0° (в соответствии с автоматической регулировкой шага/длины ноги);
- ✓ Сгибание голеностопного сустава 15°, подошвенное сгибание 10° (в соответствии с автоматической регулировкой шага/длины ноги).

5.2. Стабилоплатформа

Стабилоплатформа обеспечивает регистрацию, обработку и анализ траектории перемещения центра давления человека на плоскость опоры, что позволяет использовать её для диагностики и оценки психофизиологического состояния.

При анализе показателей стабилметрического исследования после физической реабилитации пациента, можно увидеть положительную динамику баланса в вертикальной стойке и во время ходьбы.

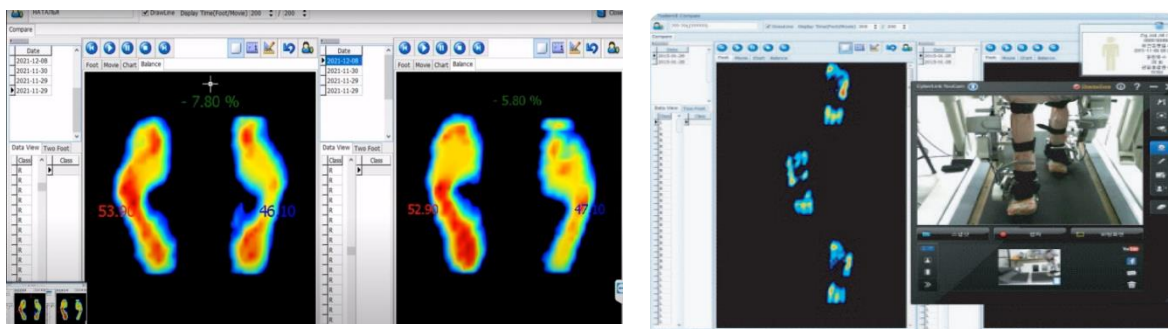


Рис.4. Стабилограмма

6. Режим тренировки

а) базовый (пассивный) - следует заранее определенным показателям шага и скорости. Цель режима базовой тренировки состоит в том, чтобы научиться правильной походке как можно точнее с помощью идеальной синхронизации трех приводимых в действие суставов (тазобедренный сустав, коленный сустав, голеностопный сустав), которая разработана на основе реального алгоритма походки при изучении биомеханики.

б) интерактивный - подход «сотрудничества с пациентом», возможность определять добровольные усилия пациента. Скорость тренировки ходьбы можно автоматически регулировать в зависимости от прилагаемой силы пациента. Контроль силы сопротивления: обеспечивает плавное движение в соответствии с силой контакта между пациентом и роботом. Компенсация силы тяжести, трения и инерции. Цель режима интерактивного обучения состоит в том, чтобы повысить эффективность реабилитации, помогая пациентам более активно участвовать в тренировках благодаря взаимодействию между пациентом и роботом в режиме реального времени.

7. Методика использования роботизированной локомоторной системы:

7.1. В режиме игры

1. Go World - свободный режим / мисси

В Go World есть режим «целеориентированной тренировки», в котором система мотивирует пациента достигать определенные цели (выполнять миссии) на карте. Или можно выбрать свободный режим прогулки по карте.

2. Planet Runner (сайд-скроллинговая игра)

В программе Planet Runner пациент погружается в игру.

Перед началом игры пациент выбирает карту, этап и персонажа. Произвольные усилия пациента отражаются в движениях персонажа в игре - например, в высоте прыжка.

В ходе игры пациент получает очки, прыгая и собирая золотые монетки. Также присутствуют другие игровые элементы, такие как продление времени и магниты, чтобы пациент мог отрабатывать навыки с помощью WALKBOT в игровой форме. После завершения игры WALKBOT выдает не только информацию о тренировке, но и рейтинг игрока, что дает дополнительную мотивацию.

3. Go Palace (Дворец Кёнбоккун)

Программа позволяет совершить прогулку по дворцу, символизирующему Корею. В процессе игры пациент не наталкивается на здание, так как прохождение дворца запрограммировано заранее. Пациент проходит игру, совершая движения вправо/влево по своему выбору.

4. Go undersea (океанариум)

Игра с одним маршрутом на фоне красивого сказочного морского мира. Цель режима океанариума — побудить пациента, имеющего хороший уровень активной тренировки, пройти маршрут, контролируя при этом направление движения (направление влево или вправо можно выбрать, задействовав больше сил в ногах).

Продолжительность тренировок - 30 минут, исключая время настройки. Проводят 2 раза в день. Всего 15-20 тренировок.

7.2. Методика применения роботизированной локомоторной системы у ребенка с ДЦП

Продолжительность тренировок – 30 минут, исключая время настройки. Проводят 6 дней в неделю, в течении 2-х недель. Используется в основном интерактивный режим тренировки.

Данная методика эффективна в отношении навыков ходьбы, сердечно-легочной активности, повышения эмоционального фона, улучшения функциональной способности к передвижению, для увеличения скорости ходьбы и выносливости (без влияния на симметрию и риск падений), для улучшения функции равновесия и ходьбы, контролируя положение тренируемых суставов посредством зрительной и/или слуховой БОС.

По данным систематического обзора эффективности реабилитационных методов по данным научных публикаций I. Novak (2020), роботизированная локомоторная механотерапия вошла в группу методов, которые потенциально эффективны для профилактики контрактур и увеличения объема пассивных движений в голеностопном суставе и не рекомендованы к применению для решения иных реабилитационных задач [2]. Таким образом, последнее десятилетие локомотороботы начинают занимать определенное место в комплексной реабилитации детей с тяжелыми двигательными нарушениями различной этиологии, прежде всего, при ДЦП. Данный метод, в то же время, не заменяет традиционную кинезотерапию и должен применяться в комплексе с другими методами реабилитации.

Клинический пример

Пациент А., 13 лет.

Диагноз по МКБ-Х: G80.1 Детский церебральный паралич. Спастическая диплегия.

Жалобы при поступлении: на ограничение двигательной активности: ходит, используя ручные приспособления или требуется физическая помощь другого человека.

Анамнез заболевания: ребенок от I беременности, протекавшей на фоне угрозы прерывания, роды естественные, на сроке 33-34 недели, оценка по Апгар 3-4 балла, находился на ИВЛ 5 дней. Госпитализирован в ОПН с диагнозом: ВУИ. Церебральная ишемия II – III степени с исходом в ПВЛ. После выписки наблюдался у невролога по месту жительства. Проводилось обследование, лечение в ДГБ№8. В 1 год выставлен диагноз ДЦП. Регулярно (3-4 раза в год) получает курсы нейрореабилитации. Поступил для проведения этапной медицинской реабилитации в ГДП №7 (III этап).

В реабилитационном статусе при поступлении: Сходящееся косоглазие, OD>OS. Мышечный тонус повышен по пирамидному типу. Проприорефлексы высокие, равные. Патологические рефлексы Бабинского, Россолимо. Динамические контрактуры локтевых, коленных, голеностопных суставов. Походка спастикопаретическая.

Данные клинического обследования при поступлении:

Шкала коммуникативных функций Communication Function Classification System(CFCS) – I;

Шкала оценки речевых нарушений 17 баллов – дизартрия легкой степени;

Шкала оценки глотания (EDACS) – I;

Шкала больших моторных функций Gross Motor Function Classification System(GMFSC) – III;

Система классификации мануальных способностей Manual Ability Classification System (MACS) – II;

Шкала Комитета медицинских исследований (Medical Research Council Scale);

Сила по мышечным группам в верхних конечностях 4 балла и нижних конечностях 3 балла;

Шкала спастичности Ashworth в руках - 2 балла, в ногах 3-4 балла;

Шкала баланса Берга (the Berg Balance Scale) 39 баллов - средний риск падения;

Шкала клинического наблюдения ходьбы (Observational Gait Scale) 12 баллов;

Индекс ходьбы Хаузера 5 баллов - пациент может пройти 8 метров быстрее чем за 25 сек с двусторонней поддержкой;

Индекс мобильности Ривермид 7 баллов – может пройти 10 метров по комнате с помощью вспомогательных средств, но без помощи постороннего лица;

Тест функциональной независимости (FIM): 95 баллов-минимальная зависимость.

Реабилитационный потенциал: средний.

Реабилитационный прогноз: относительно благоприятный.

Краткосрочная цель реабилитации: пациент сможет пройти с односторонней поддержкой 8 метров быстрее чем за 25 секунд.

Долгосрочные цели реабилитации:

- выработать оптимальный двигательный паттерн;
- достичь максимальной независимости при передвижении и при самообслуживании;
- сохранить возможность занятий адаптивными видами спорта.

Индивидуальный план медицинской реабилитации:

- Медикаментозное лечение: Диспорт 600 ЕД в сгибатели голени и стоп;
- Роботизированная механотерапия Walkbot №15;
- Массаж избирательный нижних конечностей и пояснично-крестцовой области №10;
- Физиотерапия: СМТ передней группы мышц голени № 10;
- Эрготерапия;
- Консультация ортопеда: динамические тьютора на нижние конечности;
- Логопедическая и психологическая коррекция.



Рис. 5. Пациент до начала курса реабилитации

Проведенный курс локомоторной терапии обеспечил:

1. Полноценный перенос веса на опорную поверхность;
2. Более естественный паттерн ходьбы, поддерживая движения всех суставов, задействованных при ходьбе;
3. Естественную поддержку тыльного и подошвенного сгибания;
4. Предотвратил волочение и свисание стопы.

Эффективность курса реабилитации оценивалась с помощью шкал (рис 6, 7, 8) и с помощью МКФ (табл. 1).



Рис. 6. Динамика двигательных функций до и после курса реабилитации



Рис. 7. Динамика изменений баланса по шкале Берга до и после курса реабилитации



Рис. 8. Динамика функциональной независимости до и после курса реабилитации

Соответственно, как видно из рис. 6, 7, 7 наблюдалось улучшение походки, баланса, улучшился мышечный тонус и возрос уровень независимости пациента в повседневной жизни.

Таблица 1

Эффективность реабилитации по данным МКФ

Kol	МКФ категория	До реабилитации				После реабилитации			
		1	2	3	4	1	2	3	4
s110	Структуры головного мозга								
b320	Функция артикуляции								
b7101	Подвижность нескольких суставов								
b73543	Тонус мышц нижней половины тела								
b7303	Мышечная сила нижней половины тела								
b750	Моторно-рефлекторные функции								
b770	Функция стереотипа походки								

b755	Функции произвольных двигательных реакций																			
d445	Использование кисти и руки																			
d4500	Ходьба на короткие расстояния																			
d310	Семья																			

Как следует из таблицы 1, у пациента наблюдалось существенное улучшение: уменьшился тонус, изменился стереотип походки, улучшилась ходьба на короткие расстояния.



Рис. 6. Пациент после курса реабилитации

Список литературы

1. Физическая и реабилитационная медицина при детском параличе у детей. Национальное руководство. Часть 1. / под ред. Т.Т. Батышевой. – Москва, 2021. – 260 с.
2. Ключкова О.А., Куренков А.Л. Ботулинотерапия при детском церебральном параличе. – М.: МЕДпресс-информ, 2020. – 248 с.
3. Реабилитация детей с ДЦП: обзор современных подходов в помощь реабилитационным центрам / Е. В. Семёнова, Е. В. Ключкова, А. Е. Коршикова-Морозова, А. В. Трухачёва, Е. Ю. Заблоцкис. – М.: Лепта Книга, 2018. – 584 с.
4. Carlson HL, Craig BT, Hilderley AJ, Hodge J, Rajashekar D, Mouches P, Forkert ND, Kirton A. Structural and functional connectivity of motor circuits after perinatal stroke: A machine learning study. *Neuroimage Clin.* 2020;28:102508
5. Johnston M.V. Plasticity in the developing brain: Implications for rehabilitation. *Developmental Disabilities Research Reviews.* 2009;15(2):94–101. DOI:10.1002/ddrr.64
6. Физическая и реабилитационная медицина при детском параличе у детей. Национальное руководство. Часть 2. / под ред. Т.Т. Батышевой. – Москва, 2021. – 308 с.
7. Novak I., Morgan K. High-risk follow-up: Early intervention and rehabilitation. *Handbook of Clinical Neurology, Vol. 162 (3rd series) Neonatal Neurology* L.S. de Vries and H.C. Glass, Editors 2019. – P. 484-510. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64029-1.00023-0>
8. Роботизированная механотерапия у детей с двигательными нарушениями различного генеза / В.Б. Войтенков, Н.В. Скрипченко, М.В. Иванова, Н.Ф. Пульман, А.В. Минькин, А.В. Войтенкова, И.В. Шведовченко // Гений

- ортопедии. – 2014. - №2. – С. 95-99.
9. Даминов В.Д. Роботизированная механотерапия в нейрореабилитации / В.Д. Даминов // Вестник АГИУВ, спецвыпуск. – 2013. – С. 83-88.
- 10.М.О. Мосина, С.В. Тихонов, Е.А. Селиванова, Т.Т. Батышева Экзоскелеты в реабилитации детей с нарушениями функции ходьбы Детская и подростковая реабилитация. – 2022. - №1 (46). – С. 27-38.
- 11.Sveistrup, H. (2004). Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 1(1), 10. doi:10.1186/1743-0003-1-10

Список сокращений

ВУИ – внутриутробная инфекция

БОС – биологическая обратная связь

ДЦП – детский церебральный паралич

МКФ – Международная классификация функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья

СМТ – синусоидальные модулированные токи

CFCS – Шкала коммуникативных функций

GMFSC – Шкала больших моторных функций

EDACS – шкала оценки глотания

FIM – Тест функциональной независимости

MACS – Система классификации мануальных способностей