

RU

Технологии виртуальной реальности в реабилитации детей и подростков с детским церебральным параличом

Русинова С. В., Санькова А. А., Торикина Е. Ф.

Аннотация. Целью настоящего исследования является теоретическое обоснование возможности и целесообразности применения технологий виртуальной реальности (VR) в реабилитации детей и подростков с детским церебральным параличом (ДЦП). Статья посвящена рассмотрению актуальной проблемы, затрагивающей современную дефектологию, специальную психологию, медицину и цифровые технологии, – поиску инновационных путей и средств реабилитации детей и подростков с ДЦП, в частности – посредством использования систем виртуальной реальности разного назначения. Авторы дают обзор программных сред и технологий на основе VR-технологии, используемых в работе с детьми с ДЦП, и предлагают систему их включения в практику реабилитации на основе характера и специфики двигательных нарушений. По мнению авторов статьи, ключевой компонент технологии виртуальной реальности – погружение индивида в виртуальную среду как средство включения его во взаимодействие с окружающим миром, активизация и оптимизация его двигательных навыков в ходе этого процесса – может быть максимально актуализирован. Научная новизна исследования определяется выявлением потенциала VR-технологий применительно к реабилитации детей и подростков с ДЦП, а результатом исследования выступает систематизированное описание реабилитационных возможностей программных средств VR-технологий в соответствии с нарушенными функциями у детей и подростков с ДЦП.

EN

Virtual reality technologies in the rehabilitation of children and adolescents with cerebral palsy

S. V. Rusinova, A. A. Sankova, E. F. Torikova

Abstract. The study aims to theoretically substantiate the possibility and expediency of using virtual reality (VR) technologies in the rehabilitation of children and adolescents with cerebral palsy. The article discusses a topical problem affecting modern defectology, special psychology, medicine, and digital technologies – the search for innovative ways and means of rehabilitating children and adolescents with cerebral palsy, in particular – through the use of VR systems of various purposes. The authors provide an overview of software environments and technologies based on VR technology used in working with children with cerebral palsy and propose a system for their inclusion in rehabilitation practice based on the nature and specifics of motor disorders. According to the authors, the key component of virtual reality technology – the immersion of the individual in a virtual environment as a means of including them in interaction with the surrounding world, activating and optimizing their motor skills in the course of this process – can be maximally actualized. The study is novel in that it identifies the potential of VR technologies in relation to the rehabilitation of children and adolescents with cerebral palsy. The study results in a systematized description of the rehabilitation capabilities of VR technology software tools in accordance with impaired functions in children and adolescents with cerebral palsy.

Введение

Тема реабилитации детей и подростков с детским церебральным параличом (ДЦП) – хронической дисфункцией двигательной активности и координации, которая может быть обусловлена многими факторами (внутриутробными инфекциями, гипоксией плода, родовыми травмами и другими многочисленными причинами, часто ведущими к поражению центральной нервной системы (ЦНС) ещё на стадии перинатального развития плода) и проявляется с момента рождения ребёнка, – является актуальной уже в силу большого

количества причин, приводящих к этим нарушениям и одновременно невозможности предотвращения данной проблемы или кардинального её решения.

Двигательные нарушения сопровождаются сопутствующими дефектами, которые часто возникают из-за исходных причин болезни: неврологические (в частности – эпилепсия), когнитивные, поведенческие, речевые, сенсорные и др. Так, типичные для ребёнка с ДЦП нарушения речи (а следовательно, коммуникации и социализации); зрительные и слуховые дисфункции, проявляющиеся в снижении зрения и/или слуха, косоглазии; интеллектуальные нарушения, как вызванные поражением ЦНС, так и имеющие вторичный характер (сниженная способность к адекватному ситуативно обусловленному поведению, которая порождает пассивность эмоциональных и поведенческих реакций ребёнка, его заторможенность и негативизм по отношению к окружающим, следствием чего является его социальная незрелость и несамостоятельность не только в период дошкольного и младшего школьного возраста, но и в последующие периоды); болевые синдромы и др. приводят к трудностям становления его личностной сферы и его адаптации в обществе, возникновению различного плана барьеров во взаимодействии с окружающими. То есть именно эта нозологическая группа детей ввиду широкой распространённости заболевания и сложности его протекания, многочисленных сопутствующих нарушений развития, в совокупности часто приводящих к инвалидности ребёнка, является одной из наиболее нуждающихся в психолого-педагогическом сопровождении и реабилитации.

Одним из современных направлений коррекционно-педагогической работы с ребёнком с ДЦП выступает использование новейших технологических достижений, в частности – технологий виртуальной реальности (virtual reality, VR), обладающих мощнейшим потенциалом как в коррекции двигательных функций его верхних и нижних конечностей, координированных движений тела посредством погружения в максимально сходную с окружающей его реальностью среду, так и в выработке его активной личностной позиции по отношению к внешнему миру.

Для достижения вышеуказанной цели поставлены и последовательно решены следующие задачи исследования:

- обосновать необходимость организации психолого-педагогического сопровождения, адаптации и реабилитации детей и подростков с ДЦП, в том числе посредством VR-технологий;
- определить потенциал использования VR-технологий в коррекционно-развивающем и образовательном процессе;
- проанализировать функциональные возможности программных средств и консолей, использующих VR-технологии, для реабилитации детей и подростков с различными формами ДЦП;
- систематизировать использующие VR-технологии программные средства и консоли в аспекте возможностей их применения в практике реабилитации детей и подростков с различными формами ДЦП.

Для решения задач применялись следующие методы исследования: анализ научной психолого-педагогической и медицинской литературы по теме исследования с целью выявления возможности и целесообразности применения технологий виртуальной реальности в реабилитации детей и подростков с ДЦП; метод систематизации для установления соответствия между программными средствами VR-технологий и их реабилитационными возможностями по отношению к нарушенным функциям у детей и подростков с ДЦП.

В качестве материала исследования выступают современные интерактивные программы, реализуемые на основе VR-технологий (игровые консоли и приставки, мультимодальные и иммерсивные программы, организуемые посредством мультимедийной среды спортивные игры и др.), как изначально не предназначенные для реабилитации детей с нарушениями в развитии, так и те, основное предназначение которых в этом и заключается.

Теоретическая база исследования определяется, с одной стороны, изучением различных аспектов сопровождения и реабилитации лиц с ДЦП, а с другой – обобщением научной информации в области используемых в педагогической и коррекционной работе с детьми VR-технологий.

Отечественные и зарубежные учёные обращались к проблеме детского церебрального паралича с разных позиций, среди которых: причины возникновения, медицинское сопровождение и профилактика, физическое развитие и коррекция, социализация и адаптация в обществе, организация психолого-педагогической поддержки и сопровождения, методические аспекты работы с детьми с ДЦП, включая сопутствующие нарушения и коррекционную работу по их преодолению (Вершинин, Лаврентьев, Бережной, 2004; Асмолов, Журавская, Махонин и др., 2017; Клиточенко, Тонконоженко, Малюжинская и др., 2018; Дунина, 2019; Марочкина, Орлова, 2019; Ковшова, Киреева, 2020; Хулелидзе, 2022; Газдиева, Милованова, Витковская и др., 2022). В свете нашего исследования отдельного внимания заслуживают работы, посвящённые классификации нарушений, вызванных детским церебральным параличом (Шошмин, Бесстрашнова, Кожушко, 2016; Асмолов, Журавская, Махонин и др., 2017; Шалькевич, 2021b; Насирова, Маджидова, 2024).

Также в нашей статье мы опирались на исследования, посвящённые осмыслению феномена виртуальной реальности, возможностям использования технологий виртуальной реальности в коррекционно-развивающей работе с лицами с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) (в частности – с детьми и подростками, страдающими детским церебральным параличом) (Горелик, Филиппова, Беляев и др., 2019; Шалькевич, 2020; 2021a; Шадеркина, Лелюк, Алтунин, 2023).

Практическая значимость исследования определяется систематизированным описанием реабилитационных возможностей программных средств VR-технологий в соответствии с нарушенными функциями у детей и подростков с ДЦП, что будет способствовать целесообразному применению VR-технологий для восстановления и психолого-педагогического сопровождения детей и подростков с ДЦП в реабилитационных центрах, санаториях, школах-интернатах.

Обсуждение и результаты

Детский церебральный паралич представляет собой актуальную проблему современной науки, включая не только медицину, но и дефектологию, психологию, педагогику, а также многие другие смежные области. При обращении к первопричинам возникновения нарушений в развитии ребёнка, обуславливающим наступление у него инвалидности или приобретение им статуса лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ), учёными делается вывод о том, что порядка 60% случаев вызваны болезнями нервной системы (Газдиева, Милованова, Витковская и др., 2022, с. 110). При этом наибольшую распространённость в последние годы среди нарушений этой этиологии получил именно детский церебральный паралич как основная нозологическая форма, приводящая к детской инвалидности: так, на 2023 год в нашей стране частотность ДЦП на 1 тыс. новорожденных составила 2,2-3,2 случая (Моисеева, Суслова, Заступова и др., 2024, с. 912).

При выработке медицинского определения детского церебрального паралича основным и определяющим его критерием выступает синдром двигательных расстройств, вызывающий стабильные нарушения движения и поддержания позы. В качестве исходных причин возникновения существенных двигательных дефектов при ДЦП учёные выделяют многофакторные явления, приводящие к непрогрессирующим повреждениям и/или аномалиям развивающегося головного мозга в плодный период, при родах или уже после появления ребёнка на свет (Кольцов, Джомардлы, 2021, с. 38).

В педагогической практике обращение к детям с ДЦП определяется их принадлежностью к нозологической группе детей с нарушениями опорно-двигательного аппарата (НОДА). Особенности реализации их обучения и развития, проведения с ними коррекционно-развивающей работы, позволяющие выработать у них адаптационные механизмы посредством реализации метапредметных задач обучения, представлены в Федеральной адаптированной образовательной программе дошкольного образования (ФАОП ДО для обучающихся с ОВЗ, 2022), в Федеральном государственном образовательном стандарте начального общего образования для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья (ФГОС НОО для обучающихся с ОВЗ, 2014) и Федеральной адаптированной образовательной программе начального общего образования (ФАОП НОО для обучающихся с ОВЗ, 2022), в Федеральной адаптированной образовательной программе основного общего образования (ФАОП ООО для обучающихся с ОВЗ, 2022). В этих документах подчёркивается, что многофакторность причин и особенности характера нарушений развития детей данной группы обуславливают то, что их показатели развития на разных этапах обучения могут не совпадать с возрастными нормативами, а для оценивания результатов их достижений и эффективности проводимой коррекционной работы значимыми признаются физическая и психологическая адаптация ребенка с нарушениями двигательной активности к образовательной среде и динамика его физического и личностного развития (в том числе на уровне эмоционального реагирования, интеллектуального роста, формирования когнитивных процессов и личностного становления).

Таким образом, к основным задачам реабилитации детей и подростков с ДЦП следует отнести сведение к минимуму последствий физических расстройств и вторичных нарушений в рамках их взаимодействия с материальным миром и преодоления ограничений окружающей среды и в плане создания условий для достижения ими потенциально возможной социальной независимости (на уровне физическом – это перемещение и организация взаимодействия с материальным миром; когнитивном – сформированность максимально возможного для ребёнка качества восприятия действительности, концентрации внимания, зрительно-моторной координации, абстрактного мышления и коммуникативно-речевой практики; психологическом – выработка адекватной самооценки и самостоятельности). Также следует работать над повышением качества жизни ребенка с ДЦП, его родителей и семьи в целом.

Учитывая, как уже отмечалось выше, что при неуклонно растущем количестве детей с ДЦП медицинского решения данной проблемы – преодоления причин его возникновения и кардинального преломления ситуации по лечению детей с данным недугом – пока нет (хотя, несомненно, научной общественностью неустанно ведётся поиск новых подходов к её решению), то выработка максимально эффективных путей организации психолого-педагогического сопровождения, адаптации и реабилитации детей данной нозологии, одним из действенных направлений в системе организации которого может стать использование технологий виртуальной реальности, представляется как никогда своевременным и актуальным.

Виртуальная реальность (Virtual Reality, VR) – это сгенерированный посредством анимационных компьютерных программ и репрезентируемый посредством электронных средств воспроизведения фрагмент реальности (окружающего мира), максимально приближенный к действительности, соответствующей замыслу разработчика. Он позволяет создать эффект присутствия в этом динамичном и многообразном мире, ощущение реального присутствия и взаимодействия с его объектами и предметами, представленными в полноценном трёхмерном виде, что обеспечивается включением в восприятие различных органов чувств посредством различных технологических устройств (очки и шлемы виртуальной реальности, специальные тактильные перчатки, наколенники и т. д., использующие сенсоры, средства аудио- и видеопередачи и воспроизведения, проекторы и т. д.) (Волынов, Китов, Горячкин, 2020).

Следует различать технологии виртуальной реальности и дополненной реальности (Augmented Reality), последние из которых отличаются тем, что не происходит создание нового пространственного континуума, а реальный физический мир пользователя дополняется, обогащается, насыщается новыми реалиями с помощью различных гаджетов (смартфоны, планшеты, очки виртуальной реальности и т. д.) (Волынов, Китов, Горячкин, 2020). В нашем исследовании мы обращаемся именно к технологиям виртуальной реальности

(VR-технологиям), поскольку именно они способны детально и точно воссоздать те элементы среды, которые будут являться значимыми в целях коррекции и реабилитации ребёнка с ДЦП и смогут обеспечить полноценную обратную связь и отслеживание его результатов взаимодействия с ней.

Технологии виртуальной реальности позволяют воссоздать модели как реально существующих фрагментов действительности, так и вымышленных, погрузить ребёнка в знакомое или новое для него пространство, организовать взаимодействие с его компонентами, выстроенное по конкретным правилам и законам, поэтому сфера применения этих технологий обширна – обучающие проекты, виртуальные экскурсии, развлечения, отработка конкретных умений и навыков, их мониторинг и т. д. Данные технологии могут успешно применяться в практике работы с различными категориями детей с нарушениями в развитии. Так, использование VR-технологий показало положительные результаты в реабилитации лиц с посттравматическими стрессовыми расстройствами, с депрессией, с психическими и неврологическими заболеваниями. В ходе исследований был выявлен высокий потенциал VR в реабилитации детей с ДЦП, с расстройствами аутистического спектра (РАС) (Volovik, Borzikov, Kuznetsov et al., 2018).

Высокая эффективность технологий виртуальной реальности в реабилитации детей и подростков обусловлена игровым эффектом присутствия в новом занимательном пространстве, нестандартными формами взаимодействия с ним, возможностью примерить в нём на себя различные роли и выполнять непривычные функции, недостижимые в реальном мире, испытать непривычные ощущения, что позволяет перенести фокус внимания ребёнка с негативных моментов (болезненных проявлений) при движении, неумения осуществлять моторные действия, физического и психологического дискомфорта) на обозначенные выше позитивные. При этом законы существования этой новой реальности и правила функционирования в ней нового персонажа (аватара) налагают на него необходимость правильного выполнения определённых действий, обуславливают сосредоточенность и нацеленность на их выполнении благодаря заинтересованности в «игре», но при этом не приводят к реальным негативным последствиям, если что-то не получилось, что снижает уровень тревожности ребёнка при неудовлетворительном результате.

Ключевой компонент этой технологии, значимый при применении её в образовательных и коррекционно-развивающих целях при работе с ребёнком с ДЦП, – возможность взаимодействия ребенка с виртуальной средой, в которой он сможет участвовать в прописанных сценарием событиях и выполнять, совершенствовать те или иные движения (например, прыгать, приседать, преодолевать контурные «материальные» препятствия, манипулировать виртуальными предметами и т. д.), одновременно получая обратную связь об успешности выполнения тех или иных заданий и даже рекомендации по тому, как лучше организовать свою деятельность. Эта форма работы позволяет оптимизировать двигательные навыки в игровой и доступной, интересной детям и подросткам форме, что, несомненно, будет способствовать решению обозначенных выше задач их реабилитации.

В реабилитации детей с ДЦП используются разнообразные технологии виртуальной реальности: игровые приставки, мультимодальные интернет-программы, компьютерные программы и др., дополненные, как уже упоминалось нами раньше, специализированными техническими средствами воссоздания виртуального пространства (специализированные шлемы и очки виртуальной реальности, сенсорные перчатки и накладки и др.).

Принимая во внимание многообразие технологий, генерирующих возможность погружения ребёнка в виртуальную среду, выбранную и/или смоделированную с учётом его интересов, возрастных психолого-педагогических особенностей, характера и структуры нарушения, создаются условия для появления чувства его присутствия в ней посредством использования трёхмерного изображения и анимации и обеспечивается мотивация активной работы. Благодаря наличию программ разного назначения, позволяющих смоделировать разнообразные ситуации и, соответственно, обеспечить разные по включению в работу тех или иных частей тела, характеру деятельности, степени активности и т. д. движения, VR-технологии могут служить эффективным средством реабилитации детей и подростков с ДЦП.

Погружение ребенка с ДЦП в виртуальный мир, его участие в функционировании могут быть реализованы в нескольких вариантах:

- пассивном (организованное восприятие и обеспечение требуемой реакции на воздействие без самостоятельного управления на основе созданных в 3D-видеороликов);
- активном (самостоятельное управление виртуальным образом, функционирующим в виртуальном пространстве (аватаром), или конкретным объектом, осуществление действий, приводящих к «изменению» реальности).

При пассивном погружении в искусственно созданную виртуальную среду благодаря «эффекту присутствия» дети с ДЦП могут получить опыт ощущения и/или взаимодействия, стать участниками событий, аналогичных тем, которые происходят в реальной жизни, но остаются недоступными им полностью или частично.

Активное вовлечение ребенка в процесс тренировки в виртуальной среде, в ходе которой можно осознавать и исправлять свои ошибки при выполнении движений, позволяет достичь высоких результатов в обучении двигательным навыкам. Именно поэтому в реабилитации детей с ДЦП наибольшая эффективность применения виртуальной реальности выявлена при работе над развитием и восстановлением у них функций, связанных с ходьбой и передвижением в пространстве, двигательных и манипулятивных навыков верхних конечностей (Карякин, Шейко, Воловик и др., 2020, с. 148–149).

Восстановление двигательного дефицита при использовании технологии VR в нейрореабилитации связано с активизацией механизмов пластичности мозга, в том числе с изменениями в первичной сенсомоторной коре и дополнительной двигательной области, что также должно учитываться при обращении к данным средствам реабилитации: погружаясь в сценарий виртуальной реальности, ребенок с ДЦП начинает совершать действия бессознательно и автоматически, раскрывая потенциал своего тела.

Таким образом, для достижения реальных и стойких результатов в этом направлении разрабатываемые целенаправленно для детей с ДЦП программы, тренажёры, виртуальные среды, платформы и т. д. на основе VR-технологий должны обеспечивать соблюдение нескольких ключевых принципов:

- обеспечение повторения на основе стимуляции и созданного образа конкретных движений верхних или нижних конечностей в определённой последовательности либо выстроенная с учётом дисфункции ребёнка возможность и необходимость многократного манипулирования объектами виртуальной реальности, приводящая к отработке и закреплению правильного варианта движений на основе слаженной совместной работы зрительного и моторного анализаторов (визомоторики);
- наличие сенсорной обратной связи для обеспечения понимания правильности выполнения движения, алгоритма осуществления движений и манипуляций, приводящего к достижению результата благодаря работе двигательного (кинестетического) анализатора, создающего и моделирующего образ движения и обеспечивающего необходимую коррекцию его выполнения;
- соотносимый с возрастными и полоролевыми особенностями ребёнка, его уровнем психологической зрелости, сферой интересов и т. д. мотивационный компонент, обеспечивающий вовлечение, активное участие и заинтересованность ребёнка в правильном выполнении требуемых движений и манипуляций через придание им понятного ребёнку смысла и приводящий к значимым лично для него результатам.

Выбор конкретных программ, тренажёров, созданных на основе технологий виртуальной реальности, для использования их в реабилитационном процессе детей и подростков с ДЦП должен осуществляться с учётом не только общей нозологии, но и конкретной формы ДЦП, обуславливающей характер и степень нарушения различных функций.

В отечественной и зарубежной научной литературе приводится более двух десятков классификаций форм ДЦП с учётом различных оснований – этиологии, клинических проявлений, патогенеза, возраста и др. – на базе приобретающего всё большую популярность функционального подхода (основание – функциональные возможности ребёнка с нарушением в развитии): от традиционного для отечественной практики выделения пяти основных форм ДЦП, предложенных ещё в 70-е гг. прошлого столетия доктором медицинских наук К. А. Семёновой (двойная гемиплегия, гиперкинетическая, атонически-астатическая, гемиплегическая и спастическая формы), до современной международной классификации согласно МКБ-10 (спастический ДЦП, спастическая диплегия, детская гемиплегия, дискинетический, атаксический, другой вид ДЦП (смешанные синдромы) и неуточнённый ДЦП) (Детский церебральный паралич..., 2012).

Принимая во внимание цели и задач нашего исследования, при выборе средств реабилитации на основе VR-технологий мы предлагаем опираться на максимально упрощённую классификацию, совмещающую топографический принцип и учёт характера двигательных и сопутствующих нарушений (для коррекции тех или иных нарушений при разработке программы реабилитации одного и того же ребёнка могут использоваться разные группы средств):

- нарушение функции верхних конечностей, функциональных возможностей кисти и пальцев;
- нарушение функции нижних конечностей;
- нарушение функции постурального контроля и поддержания равновесия (баланс, координация).

Представим обзор использующих VR-технологии программных средств и консолей в аспекте возможностей их применения в практике реабилитации детей и подростков с ДЦП.

Использование VR-технологии в восстановлении функций верхних конечностей у детей и подростков с детским церебральным параличом

Моторные навыки верхних конечностей – способность координировать их движения по отдельности или вместе, захватывать рукой объект и перемещать его заданным образом, манипулировать им при выполнении рутинных действий – это залог возможности самообслуживания, удовлетворения базовых потребностей, бытовой и социальной независимости и активности. Соответственно, их развитие и совершенствование у детей и подростков с ДЦП – одна из важнейших задач их реабилитации.

Разработанная для пользования широкой аудиторией детей и взрослых (изначально – игры) компактная и многофункциональная консоль Nintendo Wii со множеством мобильных аксессуаров имеет удобный для пользователя интерфейс, интуитивно понятна и легка в управлении для ребёнка с двигательными нарушениями. Использование различных контроллеров и дополнительных приспособлений предоставляет ребёнку возможность «поиграть» в спортивные игры, в которых ведущими являются движения рук, ног и их скоординированные движения. Так, для развития верхних конечностей детям предоставляется возможность помахать мечом джедая из «Звёздных Войн», натянуть лук и попасть стрелой в цель и т. д.

Эффективность применения игровой приставки Nintendo Wii для улучшения функции верхней конечности у детей с гемипаретической формой ДЦП изучил коллектив авторов из Стамбула под руководством Г. Акар. В рамках комплексной реабилитации детям предоставлялось традиционное неврологическое лечение и использовались VR-технологии (теннис, бокс, бейсбол – по 5 мин каждая). Результаты исследования продемонстрировали выраженное улучшение функции верхней конечности у пациентов с гемиплегической формой ДЦП (Карякин, Шейко, Воловик и др., 2020, с. 145).

Содержащая комплекс упражнений для верхних конечностей мультимодальная веб-программа MiTi (аббревиатура от «Move It To Improve It» / «Двигайся, чтобы стать лучше») – это интерактивная компьютерная игра, которая не только направлена на восстановление функционала, но и параллельно включает те формы работы, с помощью которых совершенствуются навыки двигательного планирования. Управление в игре осуществляется

с помощью тела: датчики на теле ребёнка отслеживают его движения, а полученные данные передаются на веб-камеру. Благодаря сочетанию физической активности и возможности восприятия и переработки ребёнком информации о ней развиваются не только функции верхних конечностей, но и навыки планирования движений, когнитивные процессы. Важным является возможность индивидуализации игровых настроек в серии игр.

Испытания программы MiTi для реабилитации детей и подростков с односторонним ДЦП, в ходе которых оценивались моторные и технологические навыки, двигательные возможности рук, показали, что с помощью данной программы можно обеспечивать высокоэффективную индивидуальную реабилитацию детей с ДЦП. Подчёркивалось, что MiTi обеспечивает индивидуальную веб-терапию с возможностью использования в том числе и в домашних условиях, а также способствует развитию зрительно-пространственного восприятия ребёнка и благодаря этому координации его движений (James, Ziviani, Ware et al., 2015).

В 2007 году компания Tyromotion (Австрия) на основе технологий виртуальной реальности разработала *новый современный аппарат* для тренировки кисти и пальцев. *Pablo System предназначен для коррекции нарушений крупной и мелкой моторики мышц верхней конечности*. В программе заложены терапевтические модули «Воздушный шар», «Курица и червяк», «Стрельба по банкам», «Охотник за яблоками», «Пожарная команда», обеспечивающие разный характер двигательной активности. В результате комплексной реабилитационной терапии с использованием данной технологии у детей улучшились двигательные функции кистей и пальцев рук, сформировались различные виды захвата (щипковый, плоскостной, цилиндрический, межпальцевый). Существенно повысились показатели силы, объёма и амплитуды двигательного акта (Филичева, Туманова, Гарева, 2015, с. 967).

В 2019 году в Белоруссии компанией GKeyLab был реализован VR-проект, нацеленный на выявление эффективности реабилитации двигательного дефицита детей с детским церебральным параличом и увеличение объёма движений их конечностей (отработка вращательных движений кисти) с помощью заданий, осуществляемых в симулированной с помощью шлема виртуальной реальности и датчиков движения игре, в ходе которой необходимо было достать шарики из огненной корзины и «остудить» их уже в ледяной. В ходе эксперимента было выявлено улучшение мышечной деятельности детей (на 70%) и их бытовой активности (на 53%) (Шадеркина, Лелюк, Алтунин, 2023, с. 62).

Использование VR-технологии в восстановлении функций нижних конечностей у детей и подростков с детским церебральным параличом

Восстановление функции нижних конечностей у детей с ДЦП, улучшение их навыков ходьбы и обеспечение свободы перемещения в пространстве – одна из важнейших и при этом сложнейших задач реабилитации.

Эффективность применения с этой целью многофункциональной консоли Nintendo Wii при использовании соответствующих аксессуаров и приложений уже обосновывалась нами выше.

Значительный интерес представляет проведённое зарубежными учёными в 2018 г. пилотное исследование уникального комплекса GRAIL – иммерсивной виртуальной реальности (от англ. immersive – создающий эффект присутствия, погружения), предназначенной для функционального и клинического видеонализа движений в системе 3D-отображения и реабилитации ходьбы. Эффективность применения данной технологии представлена в работе К. Гальярди и других учёных, пришедших к выводу об улучшении характера моторных функций нижних конечностей, выносливости и навыка ходьбы у детей с ДЦП уже при 4-недельном её использовании (Gagliardi, Turconi, Biffi et al., 2018).

Сотрудники реабилитационного центра «Вместе с мамой» в 2019 году также разработали иммерсивную VR-технологии – программу «Визомоторика тела в VR», принципиальная новизна которой основывается на использовании потенциала мозга к восстановлению и реструктуризации – его нейропластичности. Данная технология представляет собой «гимнастику» для мозга и тела одновременно, которая с помощью включения ребёнка в сценарий игры, требующей выполнения определённых упражнений, создаёт возможность восстановления функционала поврежденной зоны головного мозга. Передача информации в цепочке «сознание – зрение – движение» через отработку движений при реалистичном погружении ребёнка в виртуальную среду, где он ощущает «самостоятельно» осуществляемые движения (ходьбу, бег, прыжки), создаёт или закрепляет в его мозгу утраченные или повреждённые нейронные связи.

Использование VR-технологии в восстановлении функций постурального контроля и поддержания равновесия (баланс, координация) у детей и подростков с детским церебральным параличом

Постуральный контроль, координация движений и равновесие являются ключевыми факторами, обеспечивающими большинство функциональных навыков, в особенности навыков поддержания положения тела и его перемещения в пространстве. Основной причиной нарушения постурального контроля является усиление коактивации мышц агонистов и антагонистов, а также снижение регуляции постурального сокращения мышц к специфике ситуации (Карякин, Шейко, Воловик и др., 2020, с. 146-147).

Широкий потенциал уже описанной нами выше игровой консоли Nintendo Wii, который может быть эффективно использован в системе всех выделенных двигательных функций (и верхних, и нижних конечностей, и их координации), благодаря контроллеру Wii Remote помогает детям с ДЦП учиться управлять движениями. Wii Sports и Wii Fit Plus – это две программы, способствующие физическим упражнениям.

Так, программа Wii Sports содержит набор видеоигр (бег, велопрогулки, гольф, сноубординг и катание на лыжах), создающих условия для виртуального спорта и отработки движений разного уровня сложности, требующих большей или меньшей степени активности и предполагающих возможность предварительного тестирования будущего игрока для определения приемлемого для него уровня сложности. Программа Wii Fit Plus содержит 63 вида занятий, сгруппированных в йогу, силовые упражнения, упражнения на равновесие и аэробные упражнения, а для её использования нужны всего лишь программное обеспечение и балансировочная доска (дополнительно к основной консоли).

Эффективность применения приведённых нами программ для консоли Nintendo Wii отмечена в работах многих зарубежных учёных, которые показали, что их использование оказывает положительное влияние на функцию поддержания равновесия, постурального контроля и двигательных функций у детей с ДЦП (Карякин, Шейко, Воловик и др., 2020, с. 147).

В Таблице 1 обобщённо представлено использование программных и технологических средств на основе VR-технологий в соотнесении с характером нарушенных функций у детей и подростков с ДЦП.

Таблица 1. Реабилитационные возможности программных средств VR-технологий в соответствии с нарушенными функциями у детей и подростков с ДЦП

Нарушенные функции	Приоритетные задачи реабилитации	Программные и технологические средства	Реабилитационный потенциал
нарушение функции верхних конечностей	– восстановление бытовой и социальной активности; – улучшение базовых моторных навыков верхних конечностей (координированные движения одной и/или двух рук); – манипулирование верхними конечностями при выполнении конкретных заданных движений	игровая консоль “Nintendo Wii”	обеспечение активного скоординированного движения верхних и нижних конечностей в спортивных и ролевых играх
		программа “Mitii” (“Move it to Improve it”)	тренировка верхних конечностей, кистей и тела, улучшение когнитивных функций, возможности индивидуализации реабилитации и использование её в домашних условиях
		аппарат “Pablo System”	коррекция нарушений крупной и мелкой моторики мышц верхних конечностей, формирование различных видов захвата объекта
		VR-проект компании GKeyLab	увеличение объёма движений кистей рук и мышечной деятельности, совершенствование навыка вращательных движений кисти руки
нарушение функции нижних конечностей	– повышение мотивации к двигательной активности и перемещению в пространстве; – улучшение двигательных функций нижних конечностей; – улучшение характера ходьбы (длина шага слева и справа, скорость ходьбы и выносливость, скоординированность движений)	игровая консоль “Nintendo Wii”	обеспечение активного скоординированного движения верхних и нижних конечностей в спортивных и ролевых играх
		иммерсивный VR-комплекс “GRAIL”	функциональный и клинический видеоанализ движений посредством построения трёхмерной модели, улучшение характера моторных функций нижних конечностей, выносливости и навыка ходьбы
		иммерсивная технология – программа «Визомоторика тела в VR»	отработка движений при реалистичном погружении в виртуальную среду (эффект самостоятельности различных форм движения – бега, прыжков, ходьбы), возможность восстановления функционала поврежденной зоны головного мозга за счёт его нейропластичности
нарушение функции постурального контроля и поддержания равновесия (баланс, координация)	– преодоление психологического и эмоционального дискомфорта при физическом взаимодействии с окружающей средой; – формирование постурального контроля за телом (контроль позы); – развитие координации движений различных частей тела; – развитие чувства равновесия	программа “Nintendo Wii” (игровая консоль “Nintendo Wii”)	серия спортивных игр (гольф, боулинг, теннис, бейсбол и бокс) с возможностью предварительной диагностики уровня сложности и разной степенью активности и вариативности обеспечения скоординированной работы разных частей тела
		программа “Wii Fit Plus” (игровая консоль “Nintendo Wii”)	63 вида занятий, сгруппированных в комплекс, включающий в себя элементы йоги, силовые упражнения, упражнения на равновесие и аэробные упражнения, обеспечивающие плавность и осознанность движений, разный уровень сложности и разные направления проработки двигательных функций

Таким образом, включение VR-технологий в реабилитационные мероприятия с целью улучшения функции верхних и нижних конечностей, моторики, постурального контроля и равновесия у детей с ДЦП оправдано и уже сейчас представляется весьма перспективным направлением работы.

Следует, однако, учесть ряд особенностей технологий виртуальной реальности при включении их в систему реабилитации детей и подростков с ДЦП, поскольку они могут снизить эффективность их использования и в некоторых случаях сделать их применение нецелесообразным и даже опасным для ребёнка.

Во-первых, это обеспечение техники безопасности (для детей с ДЦП ввиду сложности осуществления ими контроля за собственным телом необходимо использовать травмобезопасные VR-шлемы, очки и другие аксессуары, не требующие проводного подключения к компьютеру (шлемы HTC Focus, HTC Vive Focus Plus, Varwin education)).

Также следует учитывать возрастные особенности восприятия: дошкольники и младшие школьники ввиду специфики сферы воображения, недостаточности и эклектичности сформированности представлений об окружающем мире могут недифференцированно воспринимать созданное посредством технологий виртуальной реальности пространство, что может оказывать влияние на их взгляды и поведенческие установки.

Ещё один важный фактор – влияние VR-технологий на зрение и концентрацию внимания ребёнка. Длительность виртуального погружения должна быть регламентирована и не превышать времени стандартного занятия: 25-35 минут для дошкольников, 40-45 минут для младших школьников и подростков. Более длительное «присутствие» в трёхмерном пространстве может привести к неравномерному напряжению глазных мышц и изменению их формы, то есть к близорукости, а при неправильном использовании очков – к риску развития миопии. Помимо этого, у детей возможны проявления эмоциональной нестабильности ввиду насыщенности виртуального пространства, а также появление психологической зависимости от игровой реальности.

Есть и полные противопоказания использования VR-технологий в практике реабилитации детей с ДЦП. Это астигматизм, при котором очки и шлемы виртуальной реальности могут принести больше вреда, чем пользы. Пациенты с другими видами зрительных проблем (близорукостью и дальнозоркостью), могут использовать данные девайсы, соблюдая рекомендации лечащего офтальмолога.

Заключение

Таким образом, можно уверенно констатировать, что современные технологии, в основе которых лежат достижения в области информационно-коммуникационного взаимодействия, к которым относятся и VR-технологии, изначально обслуживавшие в большей степени индустрию организации досуга, а сейчас активно внедряемые и находящие своё применение в различных областях знаний (медицине, педагогике, психологии, дефектологии, на стыке многих научных дисциплин), могут и должны быть использованы в практике психолого-педагогического сопровождения, адаптации и реабилитации детей и подростков с ДЦП. Технологии виртуальной реальности обладают большим коррекционно-развивающим потенциалом, поскольку обеспечивают высокую мотивацию для включения детей в активную деятельность, стимулируют психические процессы, способствуют проявлению самостоятельности, эффективно влияют на моторику и двигательный самоконтроль.

Корректное и целесообразное применение программных средств и консолей, использующих VR-технологии, способствует восстановлению функций верхних, нижних конечностей, а также постурального контроля и поддержания равновесия в реабилитационном процессе детей и подростков с различными формами ДЦП.

Анализ информации о функциональных возможностях программных средств и консолей, использующих VR-технологии, позволил осуществить их систематизацию на основе учета нарушенных функций у детей и подростков с ДЦП:

- нарушение функций верхних конечностей (рекомендуемые программные и технологические средства: игровая консоль “Nintendo Wii”, программа “Mitii”, аппарат “Pablo System”, VR-проект компании GKeyLab);
- нарушение функций нижних конечностей (рекомендуемые программные и технологические средства: игровая консоль “Nintendo Wii”, иммерсивный VR-комплекс “GRAIL”, иммерсивная технология – программа «Визомоторика тела в VR»);
- нарушение функции постурального контроля и поддержания равновесия (рекомендуемые программные и технологические средства: программа “Nintendo Wii” (игровая консоль “Nintendo Wii”), программа “Wii Fit Plus” (игровая консоль “Nintendo Wii”)).

При этом данное исследование, ориентированное в первую очередь на информирование специалистов, работающих с детьми и подростками с ДЦП, не претендует на исчерпывающее решение поднятой проблемы. Перспективами исследования могут выступить разработка, апробация и выявление эффективности алгоритмов использования VR-технологий с учётом не только специфики, но и уровня нарушения двигательных функций. Также важным аспектом использования технологий виртуальной реальности в практике реабилитации детей с ДЦП является анализ возможности их применения в домашних условиях.

Материалы исследования | Research materials

1. Асмолов И. Ю., Журавская Н. В., Махонин Е. В., Сиротинина Р. Л. Понятие о детском церебральном параличе (ДЦП): эпидемиология, классификации, этиология // Теоретико-прикладные аспекты инклюзивной физической культуры в гуманитарных вузах: учебно-методическое пособие. Орел: Орловский государственный институт культуры, 2017.
2. Детский церебральный паралич: диагностика и коррекция когнитивных нарушений: учебно-методическое пособие / сост.: С. А. Немкова и др. М.: Союз педиатров России, 2012.

3. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта начального общего образования обучающихся с ограниченными возможностями здоровья: Приказ Министерства образования и науки РФ от 19.12.2014 № 1598 (ред. Приказа Минпросвещения РФ от 08.11.2022 № 955. Зарегистрировано в Минюсте России 6 февраля 2023 г. № 72264). <https://docs.edu.gov.ru/document/e2bb03c57325d29c7fef3910a36d9a30/> (ФГОС НОО для обучающихся с ОВЗ, 2014).
4. Об утверждении федеральной адаптированной образовательной программы дошкольного образования для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья: Приказ Минпросвещения России от 24.11.2022 № 1022 (Зарегистрировано в Минюсте России 27.01.2023 № 72149). <https://sudact.ru/law/prikaz-minprosveshcheniia-rossii-ot-24112022-n-1022/federalnaia-adaptirovannaia-obrazovatelnaia-programma-doshkolnogo/> (ФАОП ДО для обучающихся с ОВЗ, 2023).
5. Об утверждении федеральной адаптированной образовательной программы начального общего образования для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья: Приказ Минпросвещения России от 24.11.2022 № 1023 (ред. от 17.07.2024) (Зарегистрировано в Минюсте России 21.03.2023 № 72654). <https://sudact.ru/law/prikaz-minprosveshcheniia-rossii-ot-24112022-n-1023/> (ФАОП НОО для обучающихся с ОВЗ, 2022).
6. Об утверждении федеральной адаптированной образовательной программы основного общего образования для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья: Приказ Минпросвещения России от 24.11.2022 № 1025 (ред. от 17.07.2024) (Зарегистрировано в Минюсте России 21.03.2023 № 72653). <https://sudact.ru/law/prikaz-minprosveshcheniia-rossii-ot-24112022-n-1025/> (ФАОП ООО для обучающихся с ОВЗ, 2022).

Источники | References

1. Вершинин Е. Г., Лаврентьев О. Э., Бережной Р. Н. Пути оптимизации реабилитационного процесса у детей с детским церебральным параличом // Актуальные проблемы экспериментальной и клинической медицины: Материалы 62-й итоговой научной конференции студентов и молодых ученых ВолГМУ, Волгоград, 19-23 апреля 2004 года / под общ. ред. В. И. Петрова. Волгоград: Волгоградский государственный медицинский университет, 2004.
2. Воинов М. М., Китов А. А., Горячкин Б. С. Виртуальная реальность: виды, структура, особенности, перспективы развития // E-Scio. 2020. № 5 (44).
3. Гаджиева Б. М., Милованова О. А., Витковская С. В., Пузин С. С., Арапханова Х. А. Детский церебральный паралич – актуальная проблема современного общества (обзор литературы) // Вестник Всероссийского общества специалистов по медико-социальной экспертизе, реабилитации и реабилитационной индустрии. 2022. № 3.
4. Горелик В. В., Филиппова С. Н., Беляев В. С., Карлова Е. В. Эффективность тренажерной технологии визуализации образов в игровой деятельности для двигательной реабилитации детей с детским церебральным параличом // Вестник Российского государственного медицинского университета. 2019. № 4. <https://doi.org/10.24075/vrgmu.2019.051>
5. Дунина С. С. Особенности профилактики агрессии у подростков с детским церебральным параличом // Герценовские чтения: психологические исследования в образовании. 2019. № 2. <https://doi.org/10.33910/herzenpsyconf-2019-2-23>
6. Карякин Н. Н., Шейко Г. Е., Воловик М. Г., Белова А. Н. Технологии виртуальной реальности в комплексной медицинской реабилитации пациентов с детским церебральным параличом // Бюллетень сибирской медицины. 2020. Т. 19. № 2. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2020-2-142-152>
7. Ковшова О. С., Киреева Т. И. Клинико-психологическое сопровождение детей дошкольного возраста с детским церебральным параличом // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. 2020. № 4. <https://doi.org/10.11621/vsp.2020.04.10>
8. Кольцов А. А., Джомардлы Э. И. Общие вопросы детского церебрального паралича (научный обзор): в 2 ч. // Физическая и реабилитационная медицина. 2021. № 3 (1). Ч. 1. Этиология, патогенез и клинические особенности спастических форм.
9. Клиточенко Г. В., Тонконоженко Н. Л., Малюжинская Н. В., Кривоножкина П. С. Методы реабилитации при детском церебральном параличе. Волгоград: Волгоградский государственный медицинский университет, 2018.
10. Марочкина Н. В., Орлова И. А. Адаптивная физическая культура в реабилитации детей с диагнозом детский церебральный паралич // The Unity of Science. 2019. № 1.
11. Моисеева К. Е., Суслова Г. А., Заступова А. А., Глушенко В. А., Болотских В. М., Колотова А. С., Микиртичан Г. Л., Заславский Д. В. Медико-социальные проблемы распространенности детского церебрального паралича (обзор литературы) // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2024. № 5. <https://doi.org/10.24412/2312-2935-2024-5-907-924>
12. Насирова И. Р., Маджидова Я. Н. Оценка расстройств функциональных возможностей с помощью классификации GMFCS у больных с ДЦП // Научные исследования 2024: сборник статей X Международной научно-практической конференции, Пенза, 23 февраля 2024 года. Пенза: Наука и Просвещение, 2024.
13. Филичева Т. Б., Туманова Т. В., Гарева Т. А. Применение Pablo System в системе коррекции двигательной сферы у детей с минимальными дизартрическими расстройствами // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1.

14. Хулелидзе Т. В. Социальная адаптация детей с ДЦП посредством участия в творческой деятельности: проблемы, методы и средства // Мир без границ: материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Ставрополь, 09 декабря 2022 года. Ставрополь: СГПИ, 2022.
15. Шадеркина В. А., Лелюк А. В., Алтунин Д. В. Виртуальная реальность (VR) в педиатрии: международный и российский опыт // Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения. 2023. № 9 (1). <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-1-60-71>
16. Шалькевич Л. В. Влияние реабилитационных технологий с использованием виртуальной реальности на качество жизни детей с детским церебральным параличом // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2021а. Т. 19. № 1.
17. Шалькевич Л. В. Детский церебральный паралич: использование современных классификационных систем // Медицинские новости. 2021б. № 1 (316).
18. Шалькевич Л. В. Эффективность использования технологий виртуальной реальности в комплексной реабилитации мануальной активности у детей с детским церебральным параличом // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2020. Т. 18. № 6.
19. Шошмин А. В., Бесстрашнова Я. К., Кожушко Л. А. Применение Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья для организации медицинской и социальной помощи детям с последствиями ДЦП // VI Балтийский конгресс по детской неврологии: сборник тезисов конгресса, Санкт-Петербург, 09-11 июня 2016 года. СПб.: Санкт-Петербургская общественная организация «Человек и его здоровье», 2016.
20. Gagliardi C., Turconi A. C., Biffi E., Maghini C., Marelli A., Cesareo A., Diella E., Panzeri D. Immersive Virtual Reality to Improve Walking Abilities in Cerebral Palsy: A Pilot Study // Annals of biomedical engineering. 2018. № 46 (9).
21. James S., Ziviani J., Ware R. S., Boyd R. N. Randomized controlled trial of web-based multimodal therapy for unilateral cerebral palsy to improve occupational performance [with consumer summary] // Developmental Medicine and Child Neurology. 2015. № 57 (6).
22. Volovik M. G., Borzikov V. V., Kuznetsov A. N., Bazarov D. I., Polyakova A. G. Virtual Reality Technology in Complex Medical Rehabilitation of Patients with Disabilities (Review) // Modern Technologies in Medicine. 2018. Vol. 10. № 4. <https://doi.org/10.17691/stm2018.10.4.21>

Информация об авторах | Author information

RU Русинова Стелла Владимировна¹, к. пед. н.
Санькова Алена Александровна², к. филол. н.
Торикова Елена Федоровна³, к. психол. н., доц.
^{1, 2, 3} Ставропольский государственный педагогический институт

EN Stella Vladimirovna Rusinova¹, PhD
Alena Aleksandrovna Sankova², PhD
Elena Fedorovna Torikova³, PhD
^{1, 2, 3} Stavropol State Pedagogical Institute

¹ stellarusinova@mail.ru, ² snarks@yandex.ru, ³ basko77@mail.ru

Информация о статье | About this article

Дата поступления рукописи (received): 17.06.2025; опубликовано online (published online): 20.10.2025.

Ключевые слова (keywords): технологии виртуальной реальности; детский церебральный паралич; реабилитация детей с детским церебральным параличом; технологии реабилитации подростков с ДЦП; реабилитационный потенциал технологий виртуальной реальности; virtual reality technologies; cerebral palsy; rehabilitation of children with cerebral palsy; rehabilitation technologies for adolescents with cerebral palsy; rehabilitation potential of virtual reality technologies.