

РАЗРАБОТКА МЕТОДА МОТИВАЦИИ ДЕТЕЙ ВО ВРЕМЯ ПРОХОЖДЕНИЯ УПРАЖНЕНИЙ ПО РЕАБИЛИТАЦИИ В ЭКСОСКЕЛЕТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Киселев А.Д.*, Силакова Л.В.

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», Санкт-Петербург

DOI: 10.25881/20728255_2022_17_4_2_86

Резюме. Существует проблема недостатка мотивации среди детей во время прохождения реабилитации с экзоскелетом. Это связано с тем, что процесс реабилитации рутинный и требует большого количества усилий от пациентов. Ежедневная работа с экзоскелетом требует эмоциональной и физической концентрации от пациента. Недостаток мотивации приводит к тому, что порядка 30% пациентов не завершают программу реабилитации.

Цель: разработка метода и определение технических особенностей инструмента повышения мотивации детей во время упражнений с экзоскелетом с применением виртуальной реальности.

Материалы и методы: Проведен анализ потенциальных решений, способных повысить мотивацию пациентов (поиск сильных и слабых сторон решений и анализ цен среди выявленных вариантов). Для проведения анализа проблемы и поиска решений использовались открытые информационные источники, проводились опросы и интервью среди терапевтов и пациентов. На основе проведенного анализа и опросов были определены основные технические требования к инструменту (продукту) и ключевые характеристики метода. Проведенное исследование дает возможность создать концепцию продукта, который может в себя включать разные сущности (внешний вид приложения, сценарии игр, схема работы психолога и пр.).

Результаты: Выявлено четыре возможных решения повышения мотивации пациентов: дополнительные занятия с психологом, мотивационные ролики для пациентов, приложения для отслеживания прогресса, игровые VR приложения. В ходе исследования было опрошено 15 пациентов и их родителей и выявлено, что VR приложения являются наиболее предпочтительным решением для них. Было разработано два игровых сценария, которые удовлетворяют требованиям во время занятий с экзоскелетом: пациент должен двигать руками, не опускать голову и во время занятия не должно быть мелькающих объектов перед пациентом. Были выявлены оптимальные для реабилитационных центров VR очки — Oculus Quest 2.

Заключение: Разработанный метод, включающий игровые сценарии и выявленные требования к продукту, способствуют дальнейшему развитию исследования, а именно: разработка прототипа продукта (MVP), апробация его на пациентах во время занятий с экзоскелетом и дальнейшая интеграция новых сценариев в процесс реабилитации. Таким образом, данное исследование является промежуточным в общем исследовании эффективности VR приложений в процессе реабилитации с экзоскелетом.

Ключевые слова: реабилитация, экзоскелет, VR технология, мотивация пациентов.

Введение

Реабилитация с экзоскелетом является эффективным способом восстановления опорно-двигательного аппарата. Однако в процессе эксплуатации экзоскелета возникают трудности, связанные с быстрой потерей мотивации пациентов. Особенно пациентам младшего возраста становится скучно выполнять рутинные занятия, несмотря на то, что они улучшают самочувствие

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR MOTIVATING CHILDREN DURING EXOSKELETON REHABILITATION EXERCISES USING VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY

Kiselev A.D.*, Silakova L.V.

National Research University ITMO, Saint Petersburg

Abstract. Rationale: There is a problem of lack of motivation among children during rehabilitation with an exoskeleton. This is due to the fact that the rehabilitation process is routine and requires a lot of effort from patients. Daily work with the exoskeleton requires emotional and physical concentration from the patient. Lack of motivation leads to the fact that about 30% of patients do not complete the rehabilitation program.

Objective: development of a method and determination of the technical features of a tool for increasing the motivation of children during exercises with an exoskeleton using virtual reality.

Methods: Conduct an analysis of potential solutions that can increase patient motivation (search for the strengths and weaknesses of solutions and price analysis among the identified options). The search for solutions will take place in open sources. Next, you need to conduct a survey among patients in order to determine the most preferred solution for them. After that, it is necessary to identify the main technical requirements for the product and the key characteristics of the solution. Based on the data obtained, it will be possible to create a product concept, which may include different entities (application appearance, game scenarios, psychologist workflow, etc.).

Results: An analysis of potential solutions that could increase the motivation of patients was carried out (search for strengths and weaknesses of solutions and price analysis among the identified options). To analyze the problem and find solutions, open information sources were used, surveys and interviews were conducted among therapists and patients. Based on the analysis and interviews, the main technical requirements for the tool (product) and the key characteristics of the method were determined. The conducted research makes it possible to create a concept of a product, which may include different entities (the appearance of the application, game scenarios, the scheme of the work of a psychologist, etc.).

Conclusion: The developed method, which includes game scenarios and identified requirements for the product, contributes to the further development of the study, namely: the development of a product prototype (MVP), testing it on patients during exoskeleton training, and further integrating new scenarios into the rehabilitation process. Thus, this study is intermediate in the overall study of the effectiveness of VR applications in the process of rehabilitation with an exoskeleton.

Keywords: rehabilitation, exoskeleton, VR technology, patient motivation.

пациентов. Согласно проведенному авторами интервью с терапевтами, направляющими пациентов на курс реабилитации с экзоскелетом, 30% пациентов не завершают курс реабилитации до конца. Это связано с тем, что процесс реабилитации трудоемкий и требует большой мотивации от пациента и выполнения всех рекомендаций и указаний терапевтов. У пациентов, особенно младших возрастов, бывают трудности, так как им скучно и тяже-

* e-mail: arkadijk99@mail.ru

ло проходить курс реабилитации. На решение данной проблемы направлено настоящее исследование, целью которого является повышение эффективности программ реабилитации в экзоскелете за счет разработки метода мотивации пациентов к выполнению упражнений с использованием технологии виртуальной реальности (VR).

Существует ряд исследований, доказывающих, что технология VR положительно влияет на мотивацию пациентов во время прохождения курсов реабилитации. Например, исследование, посвященное сравнению эффективности VR технологии и традиционного лечения, показало более высокую эффективность VR среди аналогов [1]. В другой работе рассматриваются различные исследования, которые оценивали эффективность VR технологий в реабилитации после инсульта и делается вывод, что применение технологии VR улучшает двигательные функции пациента [2]. В рамках другого исследования были проанализированы статьи о влиянии VR на реабилитацию по критериям оценки двигательных нарушений и восстановления, реабилитационных процедур и эффективности, где авторы говорят о том, что технологию VR целесообразно применять в реабилитации [3]. Все это напрямую говорит о том, что VR технологии в реабилитации уже давно исследуются, однако не было найдено исследования, которое бы проводило сравнение игровых VR приложений с другими аналогичными решениями для повышения мотивации пациентов во время занятий с экзоскелетом.

VR технология используется в разных сегментах реабилитации: восстановление равновесия, локомоции, движения рук, бытовых навыков, оценка нарушения опорно-двигательного аппарата. В реабилитации технология VR применяется уже несколько десятилетий, при этом погружение в VR происходило не только с помощью VR очков, как это принято сейчас. Например, пациент стоит на подвижной опоре и наблюдает за движением лодки на экране проектора через стерео-очки. Благодаря этому создается эффект, что пациент стоит на лодке, а не в реабилитационном центре [4]. Однако данное решение имеет изъян, так как пациент может видеть периферическим зрением пространство, не связанное с экраном. Для решения такой проблемы в реабилитационном институте университета Иллинойс была создана среда, в которой можно воспроизводить сюжет на стены и пол комнаты, где один или несколько пациентов могут погружаться в другой мир через стерео-очки [5]. Однако такой метод является экспериментальным, требует значительного вложения средств и слабо погружает человека в виртуальный мир, так как пациент не может взаимодействовать с ним.

Помимо таких методов существуют системы погружения пациента в VR через регистрацию образа человека на видеокамеру и проецирование его изображения на экран. Основными продуктами такой системы были видеоигры и приставки разных крупных игровых компаний (Sony, Nintendo, Microsoft Xbox). Однако пациент вынужден постоянно быть перед камерой и не может

передвигаться по комнате во время упражнения с такими приставками, что делает невозможным использование этой технологии во время занятий с экзоскелетом [6].

Также VR интегрируется в тренажеры по реабилитации для того, чтобы повысить эффективность курса реабилитации для пациента, так как встраиваемое ПО будет учитывать особенности движений во время упражнения на тренажере и пациенту будет легче погрузиться в другую среду. Одним из первых таких решений является Armeo Spring [7].

Об актуальности исследования говорит и то, что рынок медицинских изделий в России растет ежегодно на 4% и к 2025 г. достигнет 18 млрд. руб. [8]. Прогнозируется, что рынок VR/AR к 2025 г. увеличится в 5 раз до 7 млрд. руб. [9] Также было выявлено, что рынок VR в медицинских изделиях в мире растет, в среднем, на 49%, что намного быстрее чем темпы роста рынка медицинских изделий (5%) [10; 11]. Таким образом, ожидается, что доля VR технологии в медицинских изделиях (в том числе в реабилитационных) будет расти, что говорит о том, что проекты в этой сфере будут становиться всё более популярными.

Поэтому целью данной работы является выявление наиболее привлекательного решения для повышения мотивации детей во время упражнений с экзоскелетом и определение технических особенностей проекта. Задачами являлись: проведение критического анализа и поиска существующих решений в области повышения мотивации пациентов в рамках проведения занятий с экзоскелетом; проведение опроса среди детей/пациентов и их родителей с целью определения наиболее привлекательного решения из представленных; анализ процесса проведения упражнений с экзоскелетом; описание технических характеристик, концепта и требований к продукту.

Большое количество поликлиник, которые купили, как минимум 1 экзоскелет, используют его очень редко (1 раз в месяц и меньше). При этом в более узкоспециализированных центрах спрос на экзоскелеты есть и каждый день там могут заниматься 4–5 человек (например, Лаборатория нейрофизиологии и нейрореабилитационных технологий при ФГБУ «СПб НИИ фтизиопульмонологии» Минздрава России). Данные были получены из опроса реабилитационных центров в Санкт-Петербурге и Москве.

Анализ существующих решений в области повышения мотивации пациентов

В ходе исследования были проанализированы возможные пути решения проблемы мотивации пациентов во время прохождения курса реабилитации с экзоскелетом. Информация была получена из открытых источников. Возможными решениями могут быть: дополнительная работа с психологом во время прохождения курса реабилитации, создание мотивационных роликов для пациентов, приложение, отражающее прогресс пациента во время реабилитационного курса, игры в VR. Далее

было рассмотрено каждое решение и найдены преимущества и недостатки.

Психологическая помощь в системе реабилитации — непосредственная работа медицинского психолога с детьми и их родителями, направленная на восстановление психического здоровья детей, профилактику и преодоление отклонений в эмоционально-личностном развитии ребенка и социальной дезадаптации. Она проходит на разных этапах, как на этапе прохождения упражнений, так и после курса реабилитации (курс социально-психологической адаптации).

Психологическая реабилитация при травмах опорно-двигательного аппарата проводится в комплексе по нескольким направлениям:

- Терапия психосоматических оснований травматизации;
- Коррекция стрессового состояния человека, вызванного травмой, снятия психоэмоционального напряжения;
- Позитивный настрой на выздоровление;
- Формирование более здорового образа физического «Я»;
- Терапия, направленная на гармонизацию межличностных отношений;
- Повышение адаптационного потенциала, уровня осознанности и жизнестойкости пациента [12].

Преимуществами данного решения являются:

- Придание уверенности пациенту и контроль за его психологическим состоянием;
- Способствование к социальной адаптации пациента;
- Персональный подход (с каждым пациентом будет отдельный разговор).

Недостатками данного решения являются:

- Трудности в общении детей с психологами;
- Формат передачи информации — устный, что усложняет возможность общения с терапевтом;
- Проблема вовлеченности и мотивированности общаться со специалистом.

Стоимость такого решения для пациентов варьируется в зависимости от города и уровня специалиста. Например, в Москве стоимость одного сеанса с психологом для детей начинается от 2100 руб. (на примере нейроцентра медико-психологической коррекции и реабилитации) [13]. В Санкт-Петербурге стоимость сеанса у психолога начинается от 1750 руб. (Медицинский центр XXI век) [14]. В регионах сеанс психолога составляет около 1000 руб. [15].

Помимо затрат у пациентов решение требует дополнительных вложений со стороны реабилитационного центра (зарплата психолога, дополнительный кабинет для занятий).

Создание роликов для пациентов является одним из инструментов для повышения мотивации во время реабилитации. Они могут быть разных видов и играть разные роли. Существуют обучающие, развлекательные, мотивационные видеозаписи и т.д. Мотивационные видео

нужны для взрослых и детей, так как процесс реабилитации тяжелый не только физически, но и морально.

Преимуществами данного решения являются:

- Минимум усилий от специалистов (просто включить уже записанное видео);
- Требуется небольшого количества времени (5–15 мин.);
- Не требует дополнительных человеческих и технологических ресурсов [16].

Недостатками данного решения являются:

- Отсутствие персонального подхода (видео одинаковые для всех);
- Недостаток вовлечения (дети должны смотреть видео, но они никак не могут взаимодействовать с ним).

Затраты на мотивационные видео для реабилитационных центров могут варьироваться. Например, готовые решения можно найти в бесплатных видеохостингах (Youtube, Rutube и т.д.). Однако не было найдено сборников видео для пациентов во время занятий с экзоскелетом, поэтому существующие видео будут слабо подходить к нашей области. Создание профессионального видео самостоятельно стоит от 10 тыс. руб. за 1 минуту (На примере RapidWeb.me) [17]. Помимо обычных видео существует 360 градусов видео-контент, который позволит сильнее вовлечь пациента во время занятий пациента. Стоимость создания такого продукта начинается от 23 тыс. руб. (на примере Pitertsev studio) [18].

Помимо создания видео необходимо иметь оборудование для показа видео (монитор, телевизор). Таким образом, реабилитационный центр вынужден будет купить это оборудование.

Приложение, отображающее прогресс пациента во время реабилитационного курса. Приложение помогает пациентам во многих аспектах. Например, хранить календарь тренировок, напоминать какой инвентарь взять с собой, мотивировать пациента на новое занятие через показ успешных примеров пациентов и прочее.

Преимуществами данного решения являются:

- Взаимодействие с пациентом через приложение
- Удобство использования (повсеместно, недорого).

Недостатками данного решения являются:

- Возможные дополнительные затраты на смартфон;
- Разный уровень развития у детей, что не позволит использовать всеми пациентами одно и то же приложение;
- Нужно постоянно отслеживать приложение.

Стоимость приложений небольшая (Clock Yourself — 2 долл.). Однако реабилитационный центр должен будет приобрести планшет или смартфон, чтобы пациент мог пользоваться им.

В настоящее время VR рассматривается как перспективный метод для формирования новых двигательных стереотипов с интеграцией виртуальных конечностей в схему тела пациентов, а также когнитивной и мультисенсорной стимуляции психических процессов [19]. При этом в VR индустрии есть сегмент гейминга и видео. Гейминг можно разделить на две большие группы:

серьёзные и развлекательные игры. Отличие этих групп представлено в таблице 1 [20].

Таким образом, развлекательные игры менее строгие к реализму и общению внутри игр и направлены на получение приятных впечатлений.

Помимо классификации на серьёзные и развлекательные игры существует классификация программ по жанрам, визуализации, участникам и платформам [21]. Данные представлены в таблице 2.

Таким образом, игры могут отличаться по разным параметрам, поэтому важно определить наиболее подходящие характеристики.

Преимуществами данного решения являются:

- Возможность адаптировать сценарии под нужды конкретного пациента в соответствии с его ожиданиями и возможностями;
- Привлекательность для пациентов: пациенты, в особенности дети, рассматривают новые технологии как более эффективные, что повышает их приверженность терапии;
- Простота в повторении конкретных виртуальных сценариев необходимое количество раз с настраиваемыми стимулами.

Недостатками данного решения являются:

- Специалистам потребуются инструкции для безопасного использования VR в работе с пациентами с экзоскелетом;
- Высокая стоимость оборудования для VR, что ограничивает широкое применение;
- Потребность в образовательных программах или курсах для обучения использования VR [22].

Для того чтобы сравнить решения, направленные для повышения мотивации пациентов во время прохождения курса реабилитации с экзоскелетов, был проведен опрос среди пациентов, родителей и врачей-специалистов в области реабилитации (всего 15 человек). Опрос проходил на базе лаборатории нейрофизиологии и нейрореабилитационных технологий при ФГБУ «СПб НИИ фтизиопульмонологии» Минздрава России. Среди пациентов были дети с травмами спинного мозга, ДЦП, врожденными заболеваниями опорно-двигательного аппарата (от 10 до 15 лет) и их родители. Опрос включал в себя вопрос: «Что бы вы хотели попробовать больше из представленных 4 решений (Доп. консультация с психологом, мотивационные ролики, приложения о прогрессе по реабилитации, игровые VR приложения)?». 9 из 15 человек заявили о том, что хотели бы попробовать VR приложения в качестве решения для мотивации пациентов. Остальные выбрали равномерно другие решения (по 2 человека на каждое решение). Помимо этого, пациентами было проведено сравнение технологий на основе качественной оценки каждого из решений, где пациенты выбирали из представленных критериев наиболее предпочтительное решение. Каждое из решений было представлено детям и их родителям, где они оценили их по трех-балльной шкале (табл. 3).

Табл. 1. Разница между серьёзными и развлекательными играми

Критерии сравнения	Серьёзные игры	Развлекательные игры
Задачи	Решение проблем	Получение приятных впечатлений
Цель	Усвоение навыков	Развлечения
Симуляция	Приближенная к жизни	Упрощенный процесс симуляции
Общение	Отражает естественное общение	Продвинутые средства общения (не только голос и текст)

Табл. 2. Классификация программ VR с точки зрения игрового компонента

Жанр	Визуализация	Участники	Платформа
• Экшен • Рольевые • Стратегии • Симуляция • Головоломки	• Графическое • Текстовая • Двухмерная • Трёхмерная • Звуковая	• Однопользовательские • Многопользовательские • Массовые онлайн	• Персональные компьютеры • Игровые консоли/приставки • Мобильные телефоны • Мультиплатформенные • Одноплатформенные

Табл. 3. Сравнение способов мотивации пациентов

Критерии сравнения / Способы мотивации пациентов	Дополнительные занятия с психологами	Мотивационные видео для пациентов	Приложения с прогрессом пациентов	Игровые VR приложения
Взаимодействие с пациентами	2	2	1	3
Интерес пациента к решению	1	2	3	3
Знание технологии	3	3	2	1
Желание продолжить занятия с решениями	2	2	2	2
Общие впечатления о решении	2	2	2	3
Total	10	11	10	12

Как видно из таблицы, VR приложения набрали наибольшее количество баллов по сравнению с другими решениями.

Определение технических особенностей выявленного решения

Таким образом, после выявления наиболее привлекательного решения, нужно определить особенности реализации решения. Для того чтобы реализовать проект игрового VR приложения для реабилитации с экзоскелетом, необходимо специализированное оборудование и само приложение. В ходе общения со специалистами в области реабилитации были определены ключевые требования по безопасности к оборудованию (VR очкам/шлему):

- Автономность очков. Возможность работы без стороннего оборудования (компьютер, смартфон, роутер). В свою очередь, это позволит:
- Упростить процесс включения и настройки VR оборудования и запуска игр;
- Сэкономить средства реабилитационному центру на покупку оборудования, так как, в случае покупки не-

Табл. 4. Сравнительный анализ моделей VR очков

Параметры сравнения / Модели VR очков	HTC Vive	Vive Pro 2	Oculus Quest 2	Oculus Rift DK2	Deepon E3	3Glasses D2	StarVR One	Lenovo Mirage Solo	PlayStation VR
Частота, Гц	90	90	72	60 – 75	70	60	90	75	90–120
Зона отслеживания, метров	5 на 5	5 на 5	Свободное перемещение	5 на 5	5 на 5	5 на 5	5 на 5	Свободное перемещение	5 на 5
Совместимые контроллеры	Собственные	Собственные	Др. в т.ч.	Др. в т.ч.	Др. в т.ч.	Др. в т.ч.	Др. в т.ч.	Др. в т.ч.	Др. в т.ч.
Обязательное оборудование	ПК или ноутбук	ПК или ноутбук	Автономно 3 часа	ПК или ноутбук	ПК или ноутбук	ПК или ноутбук	ПК или ноутбук	Автономно 2,5 ч.	Play Station 4
Возраст использования, лет			с 13						с 12
Цена, тыс. руб.	70	80	40	33,89.	45	30	100	39	30

автономных очков, для запуска VR игр потребуются мощные игровые компьютеры/смартфоны;

- Повысить безопасность пациента во время занятий с экзоскелетом. У неавтономных устройств очки часто должны соединяться с компьютером/смартфоном через провод, что может затруднить пациенту возможность беспрепятственно передвигаться по залу с экзоскелетом;
- Стоимость оборудования. Цена VR очков варьируется от 500 руб. до 300 тыс. руб. Бюджеты реабилитационных центров ограничены и не каждый центр может себе позволить дорогостоящие очки, поэтому нужно рассматривать модель с бюджетом до 50 тыс. руб.;
- Вес и удобство VR очков. Для того чтобы создать положительный опыт взаимодействия детей с VR очками, необходимо, чтобы они удобно располагались на голове, дети могли бы их держать до 50 минут на голове;
- Легкая настройка VR очков. Специалисты центра реабилитации зачастую не обладают компетенциями в области VR, но при этом они должны уметь их быстро настроить для пациентов. Это возможно благодаря удобному интерфейсу VR оборудования. В таблице 4 представлен сравнительный анализ моделей VR очков по нескольким техническим критериям [24].

Таким образом, наиболее подходящими под эти характеристики очками являются Oculus Quest 2, в которых есть уже библиотека готовых игр и можно загружать свои. Эти очки автономны и их можно использовать в таком режиме до 2,5 часов, что хватит на несколько занятий подряд. Их приблизительная стоимость — 40 тыс. руб., при этом не потребуются дополнительные вложения. На рис. 1 отражен внешний вид очков Oculus Quest 2.

В открытом доступе существует множество обучающих видео на русском языке по настройке этой модели VR очков, что облегчает их эксплуатацию.

Условия реабилитации и определение особенностей разрабатываемого игрового VR приложения

Занятия с экзоскелетом в рамках программ реабилитации обычно проводятся в реабилитационных центрах.



Рис. 1. Внешний вид VR очков Oculus Quest 2.

Обычно это спортивный зал, размером от 5×5 м. Процесс реабилитации с экзоскелетом заключается в упражнениях длительностью 50 минут — час, где пациенты, надев механизированное устройство, передвигаются по помещению. Если пациент только начал проходить реабилитационный курс, то ему будет трудно передвигаться в экзоскелете, поэтому одному пациенту необходимо, как минимум, два сопровождающих специалиста. Один из них помогает управлять экзоскелетом сзади, а второй создает опору для рук пациента спереди и/или играет с ним. Это могут быть как броски мяча руками, так и игра с клюшкой и прочее. Впоследствии, с улучшением состояния пациента, количество сопровождающих специалистов может быть уменьшено до одного (сопровождающий, который идет сзади пациента).

Пациенты, которые приходят на курс реабилитации, имеют проблемы с опорно-двигательным аппаратом. Это влияет на то, как должен держать голову пациент, как ходить во время упражнения и что делать дополнительно во время занятий. Данные о ключевых особенностях были получены во время опроса специалистов по реабилитации. К особенностям передвижения пациентов, которые необходимо учитывать при работе с VR приложением относятся:

- Пациент должен не опускать голову и постоянно её поднимать. Так как пациент в шлеме погружен в игру и не замечает куда он смотрит (вверх/вниз), то игра должна мотивировать пациента поднимать голову;
- Движение руками. Для того чтобы разрабатывать и усиливать мышцы рук, пациенты должны двигать руками, кистями, пальцами. Поэтому пациенты во

время упражнений кидают мяч, тянутся к предметам и прочее. Поэтому VR приложение должно учитывать эту особенность и давать пациентам возможность управлять контроллерами внутри приложения;

- Отсутствие мелькания объектов и резкого приближения предметов. Это связано с риском эпилепсии и неготовностью детей к объектам, которые летят в их сторону.

Концепция игрового приложения для детей во время упражнений с экзоскелетом

Так как игровое VR приложение будет создано, в первую очередь, для детей, то оно должно включать в себя образовательные и игровые элементы. Это позволит ребенку развиваться интеллектуально, при этом развивая мышцы ног, таза и спины. Игровое приложение должно также учитывать особенности ходьбы пациентов с экзоскелетом для более реалистичного погружения пациента в виртуальный мир.

На основе выявленных ограничений и требований к пациентам и продукту по реабилитации были разработаны два сценария возможного игрового приложения. Это могут быть как два самостоятельных приложения, так и два уровня в одном приложении.

Первый сценарий называется «Лужайка». Суть приложения заключается в том, что при взаимодействии с объектом сцены пользователю-наблюдателю предоставляется расширенная обучающая информация об этом объекте. В общем виде информация предоставляется в виде набора текстовых, звуковых и графических данных. Планируется, что в будущем приложение позволит детям самим создавать пищевые цепочки. Далее представлен внешний вид сценария и объектов внутри игры.

Таким образом, игрок сможет взять один из объектов на лужайке и получить информацию о нем.

Игра направлена на развитие умственных способностей, так как дети в процессе будут узнавать новую информацию об окружающем мире и в последствии будут строить пищевые цепочки из этих объектов (следующий этап уровня).

Второй сценарий называется «Сбор урожая». Игрок выбирает корзину для сбора урожая. Затем в середине экрана появляется число. Пользователю необходимо собирать яблоки, на которых написаны числа так, чтобы в сумме они составляли заданное число. После игрока переносят на следующий уровень, где он за определенное время собирает яблоки. На рисунках 4 и 5 представлен внешний вид сценария и объектов внутри игры.

Второй сценарий больше направлен на развитие мышц пациента, а не на образовательный процесс. Однако приложение комбинирует в себе элементы умственный и мышечной деятельности, что подходит для детей.

Таким образом, предложенные сценарии и выявленные особенности занятий по реабилитации с экзоскелетом помогут для дальнейшего исследования проблемы мотивации пациентов. В рамках исследования игровое приложение продолжает тестироваться среди пациентов.



Рис. 2. Внешний вид сценария «Лужайка».



Рис. 3. Внешний вид объектов в сценарии «Лужайка».



Рис. 4. Внешний вид сценария «Сбор урожая».



Рис. 5. Внешний вид объектов в сценарии «Сбор урожая».

Уже создана игра «Сбор урожая», однако планируется доработка продукта, так как в настоящий момент тестируется механика игры и нет уровня, где можно пройти игру за определенное количество времени. В настоящий момент, продукт протестирован на небольшом количестве пациентов, однако в будущем планируется увеличение количества испытуемых. Поэтому на данном этапе преждевременно делать вывод об эффективности решения. Полноценные результаты апробации будут представлены в дальнейшем исследовании.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).**ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES**

1. Laver K, George S, Thomas S, Deutsch JE, Crotty M. Cochrane review: virtual reality for stroke rehabilitation. PubMed. 2015. doi: 10.1002/14651858.CD008349.pub2.
2. Rahman S, Rahman A, Shaheen AA. Virtual Reality Use in Motor Rehabilitation of Neurological Disorders: A Systematic Review. Middle-East Journal of Scientific Research. 2011; 7(1): 63–70.
3. Quan-cheng Peng, Ling Yin and Yi Cao. Effectiveness of Virtual Reality in the Rehabilitation of Motor Function of Patients With Subacute Stroke: A Meta-Analysis. Front. Neurol. 05 May 2021. doi: 10.3389/fneur.2021.639535.
4. Hausbeck CJ, Strong MJ, Tamkei LS, et al. The effect of additional hand contact on postural stability perturbed by a moving environment. Gait & Posture. 2009; 29: 509–513. doi: 10.1016/j.gaitpost.2008.11.014.
5. Cruz-Neira C, Sandin D, DeFanti T, Kenyon R, Hart J. The CAVE: audio visual experience automatic virtual environment. Communications of the ACM. 1992; 35(6): 64–72. doi: 10.1145/129888.129892.
6. Устинова К.И., Клочков А.С., Черникова Л.А. Виртуальная реальность в нейрореабилитации // Инновационные технологии в нейрореабилитации, 2016. [Ustinova KI, Klochkov AS, Chernikov LA. Virtual reality in neurorehabilitation. Innovative technologies in neurorehabilitation, 2016. (In Russ).]
7. Описание оборудования Armeo spring. Магазин Бека Рус. [Description of Armeo spring equipment. Shop Beka Rus. (In Russ).]
8. Российский рынок медицинских изделий. Итоги 2020 года // Исследование Meditex. [Russian market of medical products. Results of 2020. Meditex study. (In Russ).]
9. Российский рынок дополненной и виртуальной реальности (AR/VR) // Исследование TMT-Консалтинг. [The Russian market of augmented and virtual reality (AR / VR). Research TMT-Consulting. (In Russ).]
10. Virtual Reality (VR) in Healthcare Market Size 2. Virtual Reality in Healthcare Market Size, Share Growth [2029]. Fortunebusinessinsights.com. <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/virtual-reality-vr-in-healthcare-market-101679>. Published 2022. Accessed July 1, 2022.
11. LTD T. Global Medical Device Market 2020 Size To Increase Due To Rising Infectious And Chronic Disease Cases As Per The Business Research Company's Medical Devices Global Market Opportunities And Strategies – Global Forecast To 2030. GlobeNewswire News Room.
12. Лесите Э.Ю., Стародубец О.Д. Значение психологического сопровождения процесса реабилитации при травмах опорно-двигательного аппарата // Вестник Амурского государственного университета. — 2022. — №96. — С.99–102. [Lesite EYu, Starodubets OD. Significance of psychological support of the rehabilitation process in injuries of the musculoskeletal system. Bulletin of the Amur State University. 2022; 96: 99–102. (In Russ).]
13. Прейскурант услуг психолога для детей. Сайт Нейроцентра медико-психологической коррекции и реабилитации в Москве [Price list of psychologist services for children. Website of the Neurocenter for Medical and Psychological Correction and Rehabilitation in Moscow. (In Russ).]
14. Прейскурант услуг психолога для детей. Сайт Медицинского центра XXI век в Санкт-Петербурге [Price list of psychologist services for children. Website of the XXI century Medical Center in St. Petersburg. (In Russ).]
15. Психологи в Челябинске. Средняя стоимость сеанса. Биржа вакансий Profi.ru. [Psychologists in Chelyabinsk. Average cost per session. Profi.ru job exchange. (In Russ).]
16. Клинические рекомендации по нейрохирургическому лечению детского церебрального паралича // Ассоциация нейрохирургов России [Clinical guidelines for the neurosurgical treatment of cerebral palsy. Association of Neurosurgeons of Russia. (In Russ).]
17. Стоимость создания видеоконтента поминутно. Сайт RapidWeb.Ме. [The cost of creating video content per minute. Site RapidWeb.Me. (In Russ).]
18. Стоимость создания видеоконтента 360 градусов поминутно. Сайт с описанием компании Pitertsev studio. [The cost of creating 360-degree video content per minute. Website with a description of the company Pitertsev studio. (In Russ).]
19. Карпов О.Э., Даминов В.Д., Новак Э.В., Мухаметова Д.А., Слепнева Н.И. Технологии виртуальной реальности в медицинской реабилитации, как пример современной информатизации здравоохранения // Вестник НМХЦ им. Н.И. Пирогова. — 2020. — Т.15. — №1. — С.89-98. [Karpov OE, Daminov VD, Novak EV, Muhametova DA, Slepneva NI. Tekhnologii virtual'noj real'nosti v medicinskoj reabilitacii, kak primer sovremennoj informatizacii zdravooxraneniya. Vestnik NMHC im. N.I. Pirogova. 2020; 15(1): 89-98. (In Russ).]
20. Сравнение VR очков: какую гарнитуру выбрать. Сайт VR студии [Comparison of VR glasses: which headset to choose. VR studio website. (In Russ).]
21. Шушарина Е.В. Формирование социально-бытовых навыков у детей с ограниченными возможностями здоровья // Сборник материалов интернет-конференции. — Ставрополь: Бюро новостей, 2018. — 180 с. [Shusharina EV. Formation of social and everyday skills in children with disabilities. Collection of materials of the Internet conference. Stavropol: Bureau of News, 2018. 180 p. (In Russ).]
22. Ferreira Dos Santos L, Christ O, Mate K, Schmidt H, Krüger J, Dohle C. Movement visualisation in virtual reality rehabilitation of the lower limb: a systematic review. Biomed Eng Online. 2016; 15(3): 144. doi:10.1186/s12938-016-0289-4.
23. Собко Я. Технический обзор 9 популярных шлемов виртуальной реальности, 2018 // Блог Собко. [Sobko Ya. Technical review of 9 popular virtual reality helmets // Sobko's blog, 2018. (In Russ).]