

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-1-60-71>

Виртуальная реальность (VR) в педиатрии: международный и российский опыт

Аналитический обзор

В.А. Шадеркина¹, А.В. Лелюк², Д.В. Алтунин³

¹ Урологический информационный портал Uroweb.ru; д. 11, ул. Золотая, Москва, 105094, Россия

² Санкт-Петербургский государственный университет; д. 2, Менделеевская линия, Санкт-Петербург, 199034, Россия

³ ООО «Группа компаний СМ-КЛИНИКА»; д. 33, к. 28, ул. Клары Цеткин, Москва, 125130, Россия

Контакт: Шадеркина Виктория Анатольевна, viktoriashade@uroweb.ru

Аннотация:

Введение. Виртуальная реальность (VR) представляет собой интерактивно-иммерсивную, созданную компьютером среду или опыт, которую можно рассматривать как результат эволюции существующих коммуникационных интерфейсов в сторону различных уровней погружения. За последние 15 лет идет активное внедрение технологий VR и AR в клиническую медицину. Дети являются наиболее активными пользователями современных гаджетов, Интернета, поэтому их комплаентность по отношению к новой технологии считается наиболее высокой.

Цель статьи. Продемонстрировать возможности технологий виртуальной реальности (VR) в педиатрической практике. Материалы и методы. Для обзора использованы зарубежные и отечественные публикации с 2016 по 2023 гг. Проведен анализ возможностей применения VR в педиатрии, выявлены ее положительные эффекты, а также нерешенные вопросы как со стороны пациентов, так и со стороны научно-клинического сообщества.

Результаты. Ниши педиатрии, которые в будущем будут заняты VR-интервенциями, находятся в областях реабилитации, абилитации, психиатрии, паллиативной медицины. Возможно применение VR-технологий с целью усиления обезболивания, снижения уровня тревожности, депрессии практически во всех субспециальностях педиатрии. Благодаря своей неинвазивности, возможности сочетания с фармакологическими методами обеспечивается высокая степень эмпатии и комплаентности со стороны педиатрических пациентов. Немаловажным представляется обеспечение эпидемиологической безопасности, что стало очень востребованным во время пандемии.

Выводы. Проведенные исследования и обзор научных публикаций демонстрирует высокий потенциал методов виртуальной реальности VR в педиатрии. Снижение инвестиций в наукоемкие сферы, в том числе применение технологий VR в медицине, могут ограничивать их внедрение в клиническую практику. Необходимо объединение научных профессиональных сообществ для проведения рандомизированных клинических исследований с последующей разработкой протоколов и клинических рекомендаций по VR в педиатрии.

Ключевые слова: виртуальная реальность; VR; дополненная реальность; AR; педиатрия; медицина.

Для цитирования: 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):60-71; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-1-60-71>

Virtual reality (VR) in pediatrics: international and russian experience

Analytical review

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-1-60-71>

V.A. Shaderkina¹, A.V. Lelyuk², D.V. Altunin³

¹ Urological information portal Uroweb.ru; 11, Zolotaya st., Moscow, 105094, Russia

² St. Petersburg State University; 2, Mendeleevskaya line, St. Petersburg, 199034, Russia

³ LLC «Group of companies SM-CLINIC»; 33, bld. 28, Clara Zetkin st., Moscow, 125130, Russia

Contact: Victoria A. Shaderkina, viktoriashade@uroweb.ru

Introduction. Virtual Reality (VR) is an interactive-immersive, computer-generated environment or experience that may be estimated as the evolution of existing communication interfaces towards different levels of immersion. Over the past 15 years, VR and AR technologies have been actively introduced into clinical medicine. Children are the most active users of modern gadgets and the Internet, so their compliance with new technology is considered the highest.

The purpose. To demonstrate the virtual reality (VR) technologies potential in pediatric practice.

Materials and methods. For the review, foreign and domestic publications from 2016 to 2023 were used. An analysis of the VR potential in pediatrics was carried out, its positive effects were identified, as well as unresolved issues both on the part of patients and the scientific and clinical community.

Results. The pediatrics niches that are likely to be occupied by VR in the future are in the field of rehabilitation, habilitation, psychiatry, and palliative medicine. It is possible to use VR technologies to enhance pain relief, reduce anxiety, depression in almost all subspecialties of pediatrics. Due to its non-invasiveness, the possibility of combining with pharmacological methods, a high degree of empathy and compliance on the part of pediatric patients is ensured. It is also important to ensure epidemiological safety, which has become very popular during a pandemic.

Conclusions. The conducted studies and review of scientific publications demonstrate the high potential of VR virtual reality methods in pediatrics. Decreased investment in knowledge-intensive areas, including the use of VR technologies in medicine, may limit their implementation in clinical practice. It is necessary to unite scientific professional communities to conduct randomized clinical trials with the subsequent development of protocols and clinical guidelines for VR in pediatrics.

Key words: virtual reality; VR, augmented reality; AR, pediatrics; medicine.

For citation: Shaderkina V.A., Lelyuk A.V., Altunin D.V. Virtual reality (VR) in pediatrics: international and russian experience. Russian Journal of Telemedicine and E-Health 2023;9(1)60-71; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-1-60-71>

■ ВВЕДЕНИЕ

Виртуальная реальность (VR) представляет собой интерактивно-иммерсивную, созданную компьютером среду или опыт. Это новая технология, которую можно рассматривать как результат эволюции существующих коммуникационных интерфейсов в сторону различных уровней погружения. Виртуальную реальность можно реализовать с помощью экранов персональных компьютеров, мобильных устройств в специализированных комнатах VR. Важным отличием VR от других медиа или коммуникационных систем является ощущение присутствия. Благодаря слиянию образовательных и развлекательных сред (например, геймификации, виртуальной реальности и образовательно-развлекательных программ), сочетанию иммерсивных технологий (например, дисплеев на голове [HMD]) с передовыми устройствами ввода (перчатками, трекерами и интерфейсов мозг-компьютер) и компьютерной графики, виртуальная реальность способна погружать пользователей в созданные компьютером среды, отражающие действия в реальном мире.

Благодаря этим особенностям в последние 15 лет идет активное внедрение технологий VR и AR в клиническую медицину. Дети являются наиболее активными пользователями современных

гаджетов, Интернета, поэтому их комплаентность по отношению к новой технологии считается наиболее высокой.

Цель статьи – продемонстрировать возможности технологий виртуальной реальности (VR) в педиатрической практике.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

За последние десять лет научный интерес к теме использования VR в медицине демонстрирует неуклонный рост. В научной библиотеке медицинской и биомедицинской информации PubMed по ключевым словам «VR technology» прослеживается прогрессивная динамика: в 2017 году было 212 публикаций, в 2018 – 271, в 2019 – 413, в 2020 – 584, в 2021 – 763, в 2022– 870, за 5 месяцев 2023 года – уже 362. Увеличение количества публикаций, посвященных различным аспектам применения технологии виртуальной реальности в медицине, наблюдается в российских научных медицинских журналах. В настоящей статье акцент был сделан на применении технологий VR в различных областях медицинской помощи детям. В данной статье не упомянуты аспекты применения VR и AR с обучающей целью для медицинских работников, но будет обобщен опыт применения VR и AR в педиатрии. ►►

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

В настоящее время расширяется применение технологий виртуальной реальности (VR) по следующим направлениям:

- неврология и нейрокогнитивная оценка;
- психиатрия и психотерапия, в том числе профилактика и лечение расстройств пищевого поведения;
- управление болью;
- офтальмология;
- комбустиология;
- онкологическая и паллиативная помощь;
- травматология и ортопедия;
- диагностические процедуры;
- длительная госпитализация детей;
- обучение социальным навыкам;
- реабилитация.

Неврология

В 2019 году в Белоруссии совместными усилиями неврологов и представителей компании GKeyLab были проведены испытания виртуальной реальности у пациентов с ДЦП, направленные на увеличение объема движений конечностей. Имитация нормальных VR-движений неосознанно воспринималась пациентами как их собственные движения, что в действительности способствовало улучшению мышечной деятельности на 70%, ежедневной бытовой активности на 53%, что было в 2–3 раза выше, чем в контрольной группе [1].

Российские ученые сообщают о применении технологий виртуальной реальности (VR) в лечении детей с церебральным параличом (ДЦП). Авторы рассмотрели возможности VR в восстановлении двигательных, координаторных функций, а также коррекции других расстройств, сопутствующих двигательным нарушениям у пациентов с ДЦП. Также они отметили малый размер выборки и необходимость дальнейших исследований [2].

Психиатрия

GKeyLab предлагает использовать VR-технологии у психиатрических пациентов, в частности у больных шизофренией, что выражается в

виртуализации и создании аватаров их галлюцинаций. Этот метод был назван экспериментальной аватаротерапией, и он сейчас находится на исследовательском этапе [3].

Борьба с фобиями, страхами и повышенной тревожностью возможна с помощью виртуально-реальной экспозиционной терапии (VRET), которая является измененной формой поведенческой терапии.

VR также используется для лечения детей с расстройствами пищевого поведения. С помощью технологий VR врач может определить, какие именно стимулы, социальные ситуации и контексты являются трудными для управления в реальном мире и приводят к деструктивному пищевому поведению, повышенной тревожности или отрицательным эмоциональным переживаниям [4].

Обезболивание

Виртуальная реальность (VR) используется в качестве отвлекающего средства во время болезненных клинических процедур, связанных с использованием игл. Эти процедуры включают вакцинацию, забор крови или введение лекарств, что может вызвать у детей повышенный уровень боли и страха.

Разработчики систем EaseVRx от AppliedVR предлагают их использование в виде VR-курса у пациентов с *хроническими болями*, что происходит одновременно с применением дыхательных упражнений. Через 2 месяца от начала терапии пациенты заявили об уменьшении выраженности болей. Интенсивную боль разработчики считают возможным корректировать с помощью VRH (virtual reality hypnosis) – «виртуально-реального гипноза» [5].

Фантомные боли также могут быть снижены с помощью технологий дополненной реальности (AR) – считывание датчиками сокращений с культы ампутированной конечности позволяет имитировать движения, которые видит пациент на экране. Смещение внимания пациента с культы и болевого синдрома на виртуальную «нормальную» конечность способствует снижению болевого синдрома. Такая

методика применяется при производстве бионических протезов и реабилитационной методике, предложенной российской компанией «Моторика» [6].

В стоматологии VR-аналгезия достигается за счет демонстрации успокаивающего контента, а специальные датчики отслеживают жизненные показатели для контроля со стороны врача.

Группа ученых под руководством Amal Al-Khotani оценила эффективность просмотра записанных на видео мультфильмов с использованием очковой системы (i-theatre™) в качестве аудиовизуального (AV) метода отвлечения внимания на поведение и тревогу у детей, получающих стоматологическое реставрационное лечение. 56 детей были рандомизированы на 2 группы – контрольная группа без отвлечения (CTR-группа) и группа с отвлечением (AV-группа). Каждому пациенту было предусмотрено три визита к стоматологу. Тревожность и кооперативное поведение оценивали с помощью шкалы изображения лица (FIS) и модифицированной клинической шкалы оценки тревожности и кооперативного поведения Венхэма (MVARs). Также были измерены основные показатели жизнедеятельности, кровяное давление и пульс. В AV-группе показатели MVARs были значительно ниже, чем в группе CTR ($p = 0,029$), а в группе AV показатели значительно снизились во время лечения ($p = 0,04$). Далее частота пульса была достоверно увеличена в CTR-группе при инъекции под местной анестезией ($p = 0,02$), но не в AV-группе. Ученые отметили, что VR-терапия с показом детского контента существенно снижает тревожность и страх у детей во время стоматологических процедур [7].

Венепункция и катетеризация

E. Chan et al. изучали влияние применения технологии VR на восприятие боли во время венепункции и установки внутривенного катетера в отделении неотложной помощи и в отделении патологии. В исследовании приняли участие 252 ребенка в возрасте от 4 до 11 лет, которые отмечали свои болевые ощущения по 10-балльной шкале Faces Pain. В ходе исследования не

были отмечены различия в восприятии боли при венепункции и установке катетера. Дети, получающие лечение в отделении неотложной помощи, отметили снижение восприятия боли на 1,78 балла, тогда как пациенты, находящиеся в отделении патологии, – на 1,39 балла [8].

Другие медицинские процедуры

Ученые из Нидерландов провели первый мета-анализ, в котором собрали данные об эффективности VR **для снижения боли и тревоги у педиатрических пациентов, проходящих медицинские процедуры**. Ученые провели поиск в EMBASE, MEDLINE, CENTRAL, PubMed, Web of Science и PsycINFO по ключевым словам «VR», «дети» и «подростки». Были включены исследования, которые применяли VR в соматической обстановке с участниками в возрасте младше 21 года. VR определялась как полностью иммерсивная трехмерная среда, отображаемая в объемном стереоскопическом видении на дисплее, установленном на голове (HMD). Были проанализированы боль и тревога во время медицинских процедур в условиях VR и стандартного лечения. Из 2889 ссылок только 17 соответствовали условиям включения. VR применялась как отвлекающий фактор ($n = 16$) во время венозного доступа, стоматологической, ожоговой или онкологической помощи или как воздействие ($n = 1$) перед плановой операцией под общей анестезией. Эффект VR в основном изучался у пациентов детского возраста, получающих помощь при ожогах ($n = 6$). Результаты показали, что VR является эффективным отвлекающим методом уменьшения боли и тревоги у педиатрических пациентов, проходящих широкий спектр медицинских процедур. Однако из-за недостатка исследований в этой области необходимы дальнейшие исследования эффекта воздействия VR как инструмента подготовки к медицинским вмешательствам [9].

Педиатры детской больницы Lucile Packard Children's Hospital Stanford внедрили инновационные технологии иммерсивной виртуальной реальности (VR) и дополненной реальности (AR) для улучшения **ухода за пациентами** и ►

повышения качества их обслуживания. Благодаря программе CHARLOT, детская больница Паккард является одной из единственных в мире больниц, где в каждом отделении есть VR, чтобы помочь вовлечь и отвлечь педиатрических пациентов, проходящих ряд больничных процедур. Для пациентов, желающих узнать больше о некоторых методах лечения, предлагаемых в рамках программы «Здоровье плода и беременных», организована VR-симуляция, которая помогает понять методы лечения на простом уровне [10].

Попытка собрать и проанализировать имеющиеся данные об эффективности VR как средства отвлечения детей от боли и страха во время процедур с использованием игл по сравнению со стандартными методами была проведена испанскими учеными. Они провели систематический обзор и метаанализ и проанализировали 665 уникальных результатов поиска, выбрали 21 исследование и включили в систематический обзор, однако исследователи отметили низкое методологическое качество большинства из них. Когорты выборки исследования варьировались от минимального количества 15 участников до максимального количества 220 участников. Десять исследований были включены в метаанализ. Глобальный эффект от использования VR в качестве отвлекающей меры заключался в значительном снижении боли (обратная дисперсия [IV] -2,37, 95% ДИ -3,20 до -1,54; $Z=5,58$; $P<0,001$) и страха (IV -1,26, 95% ДИ -1,89 до -0,63; $Z=3,92$; $P<0,001$) у детей в экспериментальных группах. Основными ограничениями были невозможность ослепления участников и медицинского персонала в отношении вмешательства VR. Тем не менее, использование VR в качестве отвлекающей меры было эффективным для уменьшения боли и страха у детей во время процедур с использованием игл [11].

Офтальмология

Офтальмология – одна из специальностей, в которой технологии VR и AR наиболее востребованы. Применяются тренировки при косоглазии, амблиопии у детей. В 2018 году компания Microsoft предоставила людям с нарушениями

зрения возможность ориентироваться в виртуальной реальности с помощью тактильной и слуховой симуляции трости – проект называется Canetroller и был разработан под руководством Майка Синклера [12].

Комбустиология

Наиболее сложной среди педиатрических urgentных специальностей является комбустиология – оказание медицинской помощи при ожогах и связанных с ними патологических состояний. Ожоговые больные часто испытывают сильную боль во время таких вмешательств, как смена повязок, даже при обезболивании. Виртуальная реальность (VR) может быть использована для отвлечения пациентов и уменьшения боли. Однако необходимо больше данных от пациентов и персонала, использующих эту технологию, о ее применении в клинической практике и влиянии различных стратегий VR.

Целью ученых из США стала оценка эффективности VR-игры на смартфоне в уменьшении боли во время перевязок среди педиатрических пациентов с ожогами. В данное рандомизированное клиническое исследование были включены дети в возрасте от 6 до 17 лет, наблюдавшиеся в амбулаторной клинике крупного педиатрического ожогового центра и детского травматологического центра I уровня Американской ожоговой ассоциации в период с 30 декабря 2016 года по 23 января 2019 года. Критерием включения было владение английским языком в качестве основного языка. Активные VR-участники играли в VR-игру; пассивные VR-участники были погружены в ту же VR-среду без взаимодействия. Обе группы сравнивались с группой стандартного лечения. Один исследователь применял VR и наблюдал за болью, в то время как другой исследователь проводил пост-испытательный опрос, который измерял воспринимаемую ребенком боль и опыт VR. Медсестер попросили сообщить о клинической пользе. Пациенты самостоятельно сообщали о боли с помощью визуальной аналоговой шкалы (VAS; диапазон, 0–100). Исследователь наблюдал за болью пациентов по шкале Face, Legs, Activity, Cry, and Consolability-Revised (FLACC-R). Медсестер попросили

сообщить о полезности VR (диапазон, 0–100; более высокие баллы указывают на большую полезность) и простоте использования (диапазон, 0–100; более высокие баллы указывают на простоту использования). В исследовании приняли участие 90 детей (45 [50%] девочек, средний возраст 11,3 года [95% ДИ, 10,6–12,0 лет]; 51 [57%] белый ребенок). У большинства детей были ожоги второй степени (81 [90%]). Участники группы активной VR имели значительно меньшую общую боль (оценка по шкале VAS, 24,9) по сравнению с участниками контрольной группы стандартного лечения (оценка по шкале VAS, 47,1; $P = 0,02$). В активной группе VR также наблюдалась более низкая оценка наихудшей боли (оценка VAS, 27,4) по сравнению с пассивной группой VR (оценка VAS, 47,9; $P = 0,04$) и группой стандартного ухода (оценка VAS, 48,8; $P = 0,03$). Показатели укачивания на симуляторе (диапазон, 0–60; более низкие показатели указывают на меньшее укачивание) были одинаковыми в группах активной VR (19,3) и пассивной VR (19,5). Медсестры также сообщили, что игры VR могут быть легко внедрены в клиниках (полезность, активная VR: 84,2; 95% ДИ, 74,5–93,8; пассивная VR: 76,9; 95% ДИ, 65,2–88,7; простота использования, активная VR: 94,8, 95% ДИ, 91,8–97,8; пассивная VR: 96,0, 95% ДИ, 92,9–99,1).

Исследование показало, что игра VR на смартфоне была эффективна в снижении боли, о которой пациент сам сообщал во время смены повязок при ожогах, что позволяет предположить, что VR может быть эффективным методом коррекции боли при ожогах у детей [13].

Еще один пример использования VR в комбустиологии был изучен в качественном исследовании по восприятию пациентами и персоналом воздействия и удобства использования активной и пассивной VR во время болезненной смены повязок. Пять пациентов приняли участие в трех наблюдаемых перевязках – одна с активным VR-сценарием, разработанным для исследования, одна с пассивным VR и одна без VR – после чего они были опрошены о своих впечатлениях. Три медсестры, выполнявшие перевязку, приняли участие в фокус-группе. Тематический анализ полученных данных позволил

выделить четыре темы: «Осторожность сменяется удовлетворением», «Отвлечение и последствия для боли и ухода за раной», «Беспокойство, контроль и удовольствие» и «Подготовка и проблемы коммуникации». Результаты показали, что активная VR, основанная на пользовательской информации, была приемлема для пациентов с ожогами, помогала справиться с ощущаемой болью, а также была удобна и желанна в клинической среде. В настоящее время требуется дальнейшее тестирование на более крупных выборках [14].

Онкологическая и паллиативная помощь

Установка венозного порта является болезненной и мучительной для пациентов детской гематологии и онкологии. Виртуальная реальность (VR) может быть использована во время процедур, связанных с иглой, у этих пациентов. Ученые из Турции изучили эффект отвлечения VR во время доступа к венозному порту с помощью иглы Губера для уменьшения боли, страха и беспокойства, связанных с иглой, у детей и подростков с онкологическими заболеваниями. В данном рандомизированном контролируемом исследовании использовались дети ($n = 42$), которые были распределены на группу VR ($n = 21$) и контрольную группу ($n = 21$). Боль, связанная с введением иглы в порт, оценивалась с помощью шкалы оценки боли Вонг-Бейкера (Wong-Baker Faces Pain Rating Scale) после процедуры. До и после процедуры введения иглы в порт оценивались тревожность и страх с помощью самоотчета детей и отчета родителей с использованием Детского измерителя тревожности и Шкалы детского страха. Самоотчетные оценки боли у пациентов в группе VR и контрольной группе составили $2,4 \pm 1,8$ и $5,3 \pm 1,8$ соответственно. В данном исследовании была обнаружена статистически значимая разница между группами в оценках боли ($p < 0,001$), а также статистически значимая разница между группами по показателям страха и тревоги после процедуры. Самооценка страха в группе VR и контрольной группе составила $0,8 \pm 0,9$, $2,0 \pm 1,0$, самооценка тревоги - $2,9 \pm 2,0$, $5,4 \pm 2,0$, соответственно ($p < 0,001$). Ученые сделали вывод о том, что виртуальная реальность является ►

эффективным методом отвлечения внимания для уменьшения боли, страха и тревоги, связанных установкой венозного доступа, у гематологических и онкологических пациентов детского возраста [15].

Систематическую оценку влияния виртуальной реальности (VR) на симптомы боли, тревоги и страха у педиатрических пациентов с раком провели ученые Китая. Они осуществили поиск в PubMed, Web of Science, Embase, Cochrane Library, Scopus, CINAHL и четырех китайских медицинских базах данных за период с 1 января 1975 года по 22 февраля 2022 года. Искали рандомизированные контролируемые исследования, посвященные влиянию VR-технологий на педиатрических онкологических пациентов. Два исследователя независимо друг от друга проверили литературу, извлекли данные и оценили качество литературы в соответствии с критериями включения и исключения, а метаанализ был проведен с помощью RevMan 5.3. В шесть рандомизированных контролируемых исследований было включено 379 детей с онкологическими заболеваниями. В целом, наблюдались значительные различия в пользу VR в отношении боли (MD = -4,82, 95% CI [-7,74, -1,89], $P < 0,01$; $I^2 = 95\%$, $P < 0,01$), тревоги (SMD = -1.47, 95% ДИ [-2.46, -0.48], $P < 0,01$; $I^2 = 92\%$, $P < 0,01$), и страха (MD = -1.25, 95% ДИ [-1.78, 0.72], $P < 0,01$; $I^2 = 0\%$, $P = 0.69$). Ученые сделали вывод о том, что VR полезна для улучшения настроения боли, тревоги и страха у педиатрических онкологических пациентов. Необходимы более крупные выборки и более тщательные исследования [16].

Влияние психологического фактора VR на восприятие чувства боли обеспечивает обезболивающий эффект. Информационные стимулы – болевой стимул и информация от VR – поступают в головной мозг, где происходит их восприятие и выработка ответа. Но количество стимулов, анализируемых мозгом одновременно, ограничено. Когда пациент находится в виртуальной реальности, он не фокусирует свое внимание на чувстве боли, при этом субъективные болевые ощущения при проведении болезненных медицинских процедур снижа-

ются. В отличие от лекарственных обезболивающих препаратов, которые обладают выраженными неблагоприятными побочными эффектами, использование технологии VR практически не сопровождается нежелательными воздействиями [17].

Травматология и ортопедия

Еще пример применения виртуальной реальности (VR) в качестве отвлекающего средства в различных медицинских учреждениях для уменьшения боли и тревоги, связанных с процедурами, было изучено в детской ортопедической клинике с участием 210 пациентов. Пациенты были рандомизированы в группу VR и в контрольную группу (стандарт лечения). Амбулаторные процедуры включали снятие гипса и/или штифтов. Первичные показатели были собраны до и после процедуры с помощью валидированных опросников и включали: страх (Детская шкала страха), тревогу (Детский измеритель тревожности) и боль (Числовая шкала оценки). Пациенты и опекуны в группе VR заполнили опросник удовлетворенности в конце приема. Показатели страха, тревоги и боли между двумя группами анализировались с помощью многомерных линейных регрессионных моделей, а опрос об удовлетворенности анализировался с помощью описательной статистики. 129 пациентов были включены в окончательный анализ, из них 85 пациентов в группе VR и 44 пациента в контрольной группе. Во время процедуры пациенты в группе VR показали значительно более низкий средний балл страха ($P < 0,001$) и тревоги ($P = 0,003$) по сравнению с контрольной группой. Между группами не было различий в оценках страха и тревоги до и после процедуры, а также в оценках боли до, во время и после процедуры. В целом, пациенты и лица, осуществляющие уход, в группе VR отметили высокую степень удовлетворенности, при этом 97% пациентов и 95% лиц, осуществляющих уход, рекомендовали это вмешательство другим. Технология VR оказалась эффективным средством отвлечения внимания для снятия страха и тревоги во время процедуры снятия гипса. Полученные результаты основываются на совокупности доказательств,

которые поддерживают использование инструментов отвлечения в клиниках, в частности в детской ортопедии, для снятия страха и тревоги. Исследователи считают, что инструменты отвлечения внимания могут быть легко внедрены в текущую практику [18].

Диагностические процедуры

Учеными из Турции было проведено рандомизированное контролируемое исследование по изучению влияния методов виртуальной реальности (VR), внешнего холода и вибрации на показатели боли у детей в возрасте от 7 до 12 лет во время флеботомии. Дети ($n = 121$) были распределены на группы (1-я группа – ВР, 2-я группа – внешний холод и вибрация, 3-я группа – контроль) методом блочной рандомизации. Баллы боли оценивались после флеботомии с использованием самоотчета, отчетов родителей, отчета медсестры, предпринявшей попытку флеботомии, и отчета исследователей по шкале Wong-Baker FACES. Было установлено, что показатели боли были ниже в группах 1 и 2. Хотя между группами 1 и 2 не было различий, между группами 1 или 2 и группой 3 была обнаружена статистически значимая разница по всем показателям боли. Ученые сделали вывод о том, что ВР, внешний холод и вибрация эффективны для уменьшения боли во время флеботомии у детей в возрасте от 7 до 12 лет. Виртуальную реальность можно безопасно использовать для обезболивания детей, которые растут в эпоху технологий [19].

В России опыт применения VR в педиатрии на рутинной основе внедрен в многопрофильном медицинском холдинге «СМ-Клиника». Детям старше 5 лет и подросткам, испытывающим страх или тревогу при диагностических процедурах, предлагается использование очков виртуальной реальности HTC Vive Pro Eye [20].

Длительная госпитализация и общий комфорт в ЛПУ

Длительная госпитализация, особенно при минимальном межличностном взаимодействии,

связана с риском развития тревожности, депрессии и задержкой выздоровления. Виртуальная реальность (VR) получает все больше доказательств в качестве безопасного, эффективного и приемлемого вмешательства для снятия боли и дистресса в контексте дискомфортных медицинских процедур, а также для повышения вовлеченности в реабилитационную терапию и улучшения ее результатов. Пациенты педиатрического отделения интенсивной терапии (PICU) в возрасте 3–17 лет, поступившие в отделение интенсивной терапии, использовали гарнитуру VR для обеспечения 360-градусного погружения. В исследовании использовался смешанный метод, включая стандартизированное кодирование поведения, опросы участников и родителей, а также физиологические реакции участников. Исследователи фиксировали комментарии ребенка о VR, наблюдали за эмоциональными реакциями и фиксировали оценку вовлеченности. Для определения физиологической реакции на VR была собрана целочисленная вариабельность сердечного ритма (HRVi) за 30 минут до, во время и через 30 минут после VR. Всего 115 участников были зарегистрированы с июня 2018 по октябрь 2019 гг., они взаимодействовали с VR в течение 10 минут (интерквартильный размах 7–17). Большинству детей понравился опыт; 83% участников улыбались и 36% смеялись во время использования VR. 72% участников сделали положительные комментарии во время использования VR. Самой сильной возрастной закономерностью в отношении комментариев было то, что самые маленькие дети чаще делились впечатлениями с другими. 79% участников были очень увлечены VR. 92% родителей сообщили, что VR успокоил их ребенка, что подтвердили 78% самих участников. Минимальные показатели HRVi были значительно выше во время VR, чем до ($p < 0,001$) или после VR ($p < 0,001$). Значительной разницы между показателями до и после ВР не было ($p = 0,387$); следовательно, после VR дети вернулись к состоянию до вмешательства. Ученые отметили, что дети, поступившие в отделение интенсивной терапии, с большим интересом и постоянным удовольствием используют VR. Как участники, так и их родители считают, что VR успокаивает, что ►►

соответствует физиологическим улучшениям в HRVi во время вмешательства [21].

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Технологии виртуальной реальности (VR) позволяют создавать контролируемые симуляции эмоционально увлекательных фоновых повествований, которые могут улучшить эмоциональный опыт и социальные взаимодействия ребенка, находящегося в лечебном учреждении. Виртуальная реальность может позволить врачам, инструкторам, психологам предлагать безопасные, воспроизводимые и диверсифицируемые вмешательства, которые могут помочь в лечении как типично развивающихся детей, так и детей с ограниченными возможностями. Исследования также указывают на способность виртуальной реальности снижать у детей авersive стимулы и снижать уровень тревожности.

Лечение боли и тревоги у детей, проходящих медицинские процедуры, до сих пор остается неоптимальным. Неустраненный процедурный дистресс не только причиняет чрезмерные и ненужные страдания ребенку, но и может иметь долгосрочные негативные последствия для его здоровья и развития, а также негативно влиять на результаты лечения. Современные руководства по передовой практике приветствуют регулярное включение в планы лечения нефармакологические вмешательства. Двумя распространенными нефармакологическими подходами являются отвлечение внимания и подготовка к процедуре.

Отвлечение включает использование отвлекающих факторов, таких как музыка и телевизор, чтобы отвлечь внимание от неприятных стимулов, в то время как методы подготовки обычно включают в себя информацию о процедуре или знакомство с процедурной обстановкой (например, экскурсия по клинике, знакомство с врачом и т.д.). За последние несколько десятилетий исследователи изучали возможность использования виртуальной реальности (VR) для проведения и возможного усиления отвлекающих и подготовительных мероприятий в педиатрии.

Проведенные исследования и обзор научных публикаций демонстрируют высокий потенциал методов виртуальной реальности VR в педиатрии. Считается, что иммерсивная, интерактивная природа этого метода обеспечивает особенно увлекательное отвлечение внимания, а также является экономически эффективной и увлекательной средой для подготовки к процедурам.

Ниши педиатрии, которые в будущем будут заняты VR-интервенциями, находятся в области реабилитации, абилитации, психиатрии, паллиативной медицины [22–24].

Все большее число исследований демонстрирует эффективность VR в лечении боли и тревоги, вызванных медицинскими процедурами, в педиатрической когорте пациентов [9, 25].

Технологии виртуальной реальности только начинают свой путь интеграции в комплекс реабилитационных мероприятий у пациентов с ДЦП. Технологии VR создают трехмерную виртуальную среду и способны обеспечить визуальную, аудио- и тактильную обратную связь для полного погружения пациента. Таким образом, они открывают новые возможности в медицинской реабилитации пациентов с ДЦП, так как виртуальная среда предоставляет оптимальные условия для улучшения двигательных функций, постурального контроля, равновесия, общей двигательной активности и сопутствующих синдромов, а интерактивные игры повышают мотивацию к терапии.

Потенциальная роль виртуальной моторной реабилитации многообещающая, но ранние свидетельства недостаточны. На данный момент имеются противоречивые данные касательно применения VR-технологий в реабилитации пациентов с ДЦП, что, вероятно, связано с размером изучаемой выборки, сроками наблюдения, а также оцениваемыми показателями исхода. Необходима дальнейшая разработка подходов VR, подробное исследование эффективности и безопасности данного метода реабилитации, в особенности влияния на повседневную функциональную активность пациентов с ДЦП [26, 27].

Проанализировав области применения VR-технологий в педиатрической практике, мы составили их положительные эффекты, а также объединили некоторые нерешенные вопросы и трудности как со стороны пациентов (табл. 1), так и со стороны научно-клинического сообщества (табл. 2).

Положительные эффекты в клинической медицине

- Обеспечение взаимодействия, адаптации, реабилитации и обучения педиатрических пациентов. ►►

Таблица 1. Нерешенные вопросы и трудности со стороны пациентов
Table 1. Unresolved issues and difficulties on the part of patients

Нерешенные вопросы	Пути преодоления
Неправильность выполнения упражнений во время реабилитации	Необходимо тщательное обучение медицинского персонала и родственников
Высокая стоимость устройств	Постепенное удешевление по мере роста запросов со стороны потребителей
Ограниченное и недостаточное количество оборудования для реабилитации	Приобретение в личное пользование или обеспечение реабилитационных центров
Депрессивные состояния, страхи, переживания и эмоциональные всплески на фоне лечения	Сопровождение медицинским работником, родителями
Другие психоэмоциональные состояния, которые могут быть преодолены с помощью визуальных образов	Сопровождение медицинским работником, родителями
Проблемы со стороны зрения	Тщательный подбор пациентов Возможность технического обеспечения просмотра
Укачивание, головокружение	Решения на этапе разработки приложений для предотвращения укачивания
Малоподвижный образ жизни, киберзависимость, насилие, социальная изоляция, десенсбилизация и безопасность	Необходимы дополнительные исследования

Таблица 2. Нерешенные научно-клинические и технические вопросы
Table 2. Unresolved scientific, clinical and technical issues

Нерешенные вопросы	Пути преодоления
Снижение инвестиций в наукоемкие сферы, включая применение технологий VR в медицине	Решение на уровне государственной власти
Ограниченное и недостаточное количество оборудования для реабилитации	Приобретение в личное пользование или обеспечение реабилитационных центров
Отсутствие разработанных этических принципов применения VR	Разработка и внесение их в клинические рекомендации
Отсутствие систематизации опыта применения технологий VR в медицине	Решение на уровне научных профессиональных сообществ
Отсутствие крупномасштабных рандомизированных контролируемых клинических исследований (РККИ) с достаточным дизайном	Разработка и проведение РККИ научным сообществом
Отсутствие клинических рекомендаций (КР) и протоколов по применению VR	Разработка КР научным сообществом
Сложность объединения междисциплинарных исследовательских групп	Объединение на уровне научных профессиональных сообществ
Возможность использования только готовых презентаций	Разработка «гибких» презентаций, которые можно изменять для персонифицированного применения – возможность настраивания графиков, образов самим врачом
Отсутствие возможности регулировать силу зрительных стимулов для предотвращения негативных побочных явлений	Решения на этапе разработки приложений

- Обеспечение анальгезирующего эффекта.
- Высокая степень эмпатии и комплаентности со стороны педиатрических пациентов.
- Обеспечивают эпидемиологическую безопасность, что стало очень востребованным во время пандемии.
- Неинвазивность технологий обеспечивает более высокую комплаентность по внедрению технологий со стороны врачебного сообщества.
- Возможность сочетания нефармакологических (VR) и фармакологических методов.

■ ВЫВОДЫ

1. Проведенные исследования и обзор научных публикаций демонстрируют высокий потенциал методов виртуальной реальности VR в педиатрии.
2. Снижение инвестиций в наукоемкие сферы, в том числе применение технологий VR в медицине, могут ограничивать их внедрение в клиническую практику.
3. Необходимо объединение научных профессиональных сообществ для проведения рандомизированных клинических исследований с последующей разработкой протоколов и клинических рекомендаций по VR в педиатрии. /

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://devby.io/news/gkeylab-VR?ysclid=lianl75inx537061672>
2. 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;19(2):142–152. [Karyakin N.N., Sheiko G.E., Volovik M.G., Belova A.N. Virtual reality technologies in complex medical rehabilitation of patients with cerebral palsy. *Byulleten' sibirskoj mediciny' = Bulletin of Siberian Medicine* 2020;19(2):142–152. (In Russian)].
3. <https://news.myseldon.com/ru/news/index/214230835>
4. Кузьмина А.С. Виртуальная реальность как средство безопасного контакта с травмирующей реальностью в психотерапии. *Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности* 2014;3:77–82. [Kuzmina A.S. Virtual reality as a means of safe contact with traumatic reality in psychotherapy. *Vestnik RUDN. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel' nosti = Bulletin of the RUDN. Series: Ecology and Life Safety* 2014;3:77-82. (In Russian)].
5. Халявин А.А. Технологии, стирающие границы между нашей и виртуальной реальностями. *Актуальные исследования*, 2022, 16(95):26-29
6. <https://skolkovo-resident.ru/motorika-skolkovo/?ysclid=libbl82gxl783189901>
7. Al-Khotani A, Bello LA, Christidis N. Effects of audiovisual distraction on children's behaviour during dental treatment: a randomized controlled clinical trial. *Acta Odontol Scand* 2016;74(6):494–501. <https://doi.org/10.1080/00016357.2016.1206211>.
8. Chan E, Hovenden M, Ramage E, Ling N, Pham JH, Rahim A, Lam C, Liu L, Foster S, Sambell R, Jeyachanthiran K, Crock C, Stock A, Hopper SM, Cohen S, Davidson A, Plummer K, Mills E, Craig SS, Deng G, Leong P. Virtual Reality for Pediatric Needle Procedural Pain: Two Randomized Clinical Trials. *J Pediatr* 2019;209:160–167.e4. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2019.02.034>.
9. Eijlers R, Utens EMWJ, Staals LM, de Nijs PFA, Berghmans JM, Wijnen RMH, Hillegers MHJ, Dierckx B, Legerstee JS. Systematic review and meta-analysis of Virtual Reality in pediatrics: Effects on pain and anxiety. *Anesthesia & Analgesia* 2019;129(5):1344–1353. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000004165>.
10. Virtual reality and immersive technologies at Stanford children's health. [Electronic resource]. URL: <https://www.stanfordchildrens.org/en/innovation/virtual-reality>.
11. Lluésma-Vidal M, González RC, Garc'a-Garc'as L, Sánchez-López MI, Peyro L, Ruiz-Zaldibar C. Effect of Virtual Reality on pediatric pain and fear during procedures involving needles: systematic review and meta-analysis. *JMIR Serious Games* 2022;10(3):e35008. <https://doi.org/10.2196/35008>.
12. Zhao Y, Bennett C, Benko H, Cutrell E, Holz C, Ringel Moris M, Sinclair M. Enabling people with visual impairments to navigate Virtual Reality with a haptic and auditory cane simulation. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI) 2018. [Electronic resource]. URL: <https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/enabling-people-visual-impairments-navigate-virtual-reality-haptic-auditory-cane-simulation-2/>.
13. Xiang H, Shen J, Wheeler KK, Patterson J, Lever K, Armstrong M, et al. Efficacy of smartphone active and passive Virtual Reality distraction vs standard care on burn pain among pediatric patients: a randomized clinical trial. *JAMA Netw Open* 2021;4(6):e2112082. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.12082>.
14. Furness PJ, Phelan I, Babiker NT, Fehily O, Lindley SA, Thompson AR. Reducing pain during wound dressings in burn care using Virtual Reality: a study of perceived impact and usability with patients and nurses. *J Burn Care Res* 2019;40(6):878–885. <https://doi.org/10.1093/jbcr/irz106>.
15. Gerceker GO, Bektaş M, Aydnok Y, Oren H, Ellidokuz H, Olgun N. The effect of virtual reality on pain, fear, and anxiety during access of a port with huber needle in pediatric hematology-oncology patients: randomized controlled trial. *Eur J Oncol Nurs* 2021;50:101886. <https://doi.org/10.1016/j.ejon.2020.101886>.
16. Cheng Z, Yu S, Zhang W, Liu X, Shen Y, Weng H. Virtual reality for pain and anxiety of pediatric oncology patients: a systematic review and meta-analysis. *Asia Pac J Oncol Nurs* 2022;9(12):100152.

ЛИТЕРАТУРА

<https://doi.org/10.1016/j.apjon.2022.100152>.

17. Oing T, Prescott J. Implementations of virtual reality for anxiety-related disorders: systematic review. *MIR Serious Games* 2018;6(4):e10965. <https://doi.org/10.2196/10965>.

18. Richey AE, Hastings KG, Karius A, Segovia NA, Caruso TJ, Frick S, Rodriguez S. Virtual reality reduces fear and anxiety during pediatric orthopaedic cast room procedures: a randomized controlled trial. *J Pediatr Orthop* 2022;42(10):600–607. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000002250>.

19. Gerceker GO, Binay S, Bilsin E, Kahraman A, Yxlmaz HB. Effects of virtual reality and external cold and vibration on pain in 7- to 12-year-old children during phlebotomy: a randomized controlled trial. *J Perianesth Nurs* 2018;33(6):981–989. <https://doi.org/10.1016/j.jopan.2017.12.010>.

20. https://vk.com/wall-64709548_6022?ysclid=libbbl4qnx658636608

21. Badke CM, Krogh-Jespersen S, Flynn RM, Shukla A, Essner BS, Malakooti MR. Virtual reality in the pediatric intensive care unit: patient emotional and physiologic responses. *Front Digit Health* 2022;4:867961. <https://doi.org/10.3389/fdgh.2022.867961>.

22. Laver KE, Lange B, George S, Deutsch JE, Saposnik G, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev* 2017;11(11):CD008349. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008349>.

pub4.

23. Snider L, Majnemer A, Darsaklis V. Virtual reality as a therapeutic modality for children with cerebral palsy. *Dev Neurorehabil* 2010;13(2):120–8. <https://doi.org/10.3109/17518420903357753>.

24. Freeman D, Reeve S, Robinson A, Ehlers A, Clark D, Spanlang B, Slater M. Virtual reality in the assessment, understanding, and treatment of mental health disorders. *Psychol Med* 2017;47(14):2393–2400. <https://doi.org/10.1017/S003329171700040X>.

25. Eijlers R, Dierckx B, Staals LM, Berghmans JM, van der Schroeff MP, Strabbing EM, Wijnen RMH, Hillegers MHJ, Legerstee JS, Utens EMWJ. Virtual reality exposure before elective day care surgery to reduce anxiety and pain in children: a randomised controlled trial. *Eur J Anaesthesiol* 2019;36(10):728–737. <https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000001059>.

26. Fandim JV, Saragiotto BT, Porf'rio GJM, Santana RF. Effectiveness of virtual reality in children and young adults with cerebral palsy: a systematic review of randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther* 2021;25(4):369–386. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2020.11.003>.

27. Ren K, Gong XM, Zhang R, Chen XH. Effects of virtual reality training on limb movement in children with spastic diplegia cerebral palsy. *Zhongguo Dang Dai Er Ke Za Zhi* 2016;18(10):975–979. <https://doi.org/10.7499/j.issn.1008-8830.2016.10.011>.

Сведения об авторах:

Шадеркина В.А. – научный редактор урологического информационного портала UroWeb.ru; Москва, Россия; viktoriashade@uroweb.ru; РИНЦ Author ID 880571

Лелюк А.В. – студентка 2-го курса, медицинский факультет, специальность «Лечебное дело», Санкт-Петербургский государственный университет; Санкт-Петербург, Россия

Алтунин Д.В. – уролог, директор медицинского департамента ООО «Группа компаний СМ-КЛИНИКА»; Москва, Россия; РИНЦ AuthorID 667163

Вклад авторов:

Шадеркина В.А. – дизайн обзора, определение научной новизны, литературный обзор, написание текста, 50%
Лелюк А.В. – литературный обзор, написание текста, 25%
Алтунин Д.В. – дизайн обзора, определение научной новизны, 25%

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Публикация обзора без спонсорской поддержки.

Статья поступила: 28.01.23

Рецензирование: 01.03.23

Правки приняты: 03.03.23

Принята к публикации: 07.03.23

Information about authors:

Shaderkina V.A. – scientific editor of the urological information portal UroWeb.ru; Moscow, Russia; viktoriashade@uroweb.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8940-4129>

Lelyuk A.V. – 2-year student, Faculty of Medicine, specialty «Medicine», St. Petersburg State University; Saint-Petersburg, Russia

Altunin D.V. – urologist, Head of the Medical Department of LLC «Group of companies SM-CLINIC»; Moscow, Russia

Authors Contribution:

Shaderkina V.A. – review design, scientific novelty determination, literature review, writing of the text, 50%
Lelyuk A.V. – literature review, writing of the text, 25%
Altunin D.V. – review design, scientific novelty determination, 25%

Conflict of interest. The author declare no conflict of interest.

Financing. Review is published without sponsorship.

Received: 28.01.23

Reviewing: 01.03.23

Peer review results: 03.03.23

Accepted for publication: 07.03.23