

VR-ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

А.Е. Демкина^{1,2,3}, А.Н. Коробейникова⁴

¹Инновационная академия профессионального развития «ДОКСТАРКЛАБ», ул. Одесская, д. 27 Б, офис 3, помещение XI-5, вн. тер. г. Ленинский муниципальный округ, г. Севастополь, Российская Федерация, 299011;

²ФГБУ «НМИЦ им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава РФ, ул. Чазова, 15а, Москва, Российская Федерация, 121552;

³Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы (ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЭМ»), ул. Петровка, 24 стр. 1, г. Москва, Российская Федерация, 127051;

⁴КОГКБУЗ «Центр кардиологии и неврологии», ул. И.Попова, 41, г. Киров, Кировская область, Российская Федерация, 610002.

Основные положения

Статья рассматривает технологические основы применения виртуальной реальности в медицинском образовании

Аннотация

Цифровизация медицинской отрасли предусматривает внедрение IT-технологий не только в систему здравоохранения, но и в программы подготовки медицинских кадров. Необходимость отработки навыков врача, с одной стороны, и деонтологические и этические аспекты обучения на реальных пациентах, с другой стороны, дали толчок к внедрению в медицинское образование VR-технологий (технологий виртуальной реальности). Неограниченные условия для сюжетного наполнения программ, возможность многократной отработки последовательности манипуляций, снижение нагрузки на преподавательский состав – все эти преимущества VR-технологий повышают удобство и доступность обучения медицинским специальностям. Однако необходимость дополнительного технического обеспечения, потребность в обучении преподавательского состава и недостаток качественного программного наполнения пока значимо сдерживают широкое использование подобных методик. Накопление соответствующего опыта, появление нового содержательного обучающего материала позволит более глубоко и разносторонне оценить вклад VR-технологий в медицинское образование.

Ключевые слова. Медицинское образование, виртуальная реальность, VR-технологии.

Автор, ответственный за переписку: Коробейникова А.Н., ул. И. Попова, 41, г. Киров, Кировская область, Российская Федерация, 610002, anna_best2004@mail.ru.

Для цитирования: Демкина А.Е., Коробейникова А.Н. VR-технологии в медицинском образовании // Инновационное развитие врача. 2023. № 2. С. 18-25. doi: 10.24412/ci-37091-2023-2-17-24

Поступила в редакцию: 15.08.2023;

поступила после доработки: 20.09.2023;

принята к печати: 05.10.2023

VR-TECHNOLOGIES IN MEDICAL EDUCATION

A. E. Demkina^{1,2,3}, A. N. Korobeynikova⁴

¹Innovative Academy of Professional Development "DOCSTARCLUB", Odesskaya str., 27 B, office 3, room XI-5299011, ext. ter.g. Leninsky Municipal District, Sevastopol, Russian Federation, 299011;

²National medical research center of cardiology named after academicians E.I. Chazov of the Ministry of Health of the Russian Federation, Ac. Chazov' str., 15a, Moscow, Russian Federation, 121500;

³Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Department of Healthcare of the City of Moscow, Petrovka str., 24 build. 1, Moscow, Russian Federation, 127051;

⁴Center of Cardiology and Neurology, I. Popova str., 41, Kirov, Kirov region, Russian Federation, 610002.

Highlights

The article examines the technological foundations of virtual reality usage in medical education.

Abstract

Digitalization of the medical industry provides for the introduction of IT-technologies not only in the healthcare system, but also in medical training programs. The need to practice the skills of a doctor, on the one hand, and the deontological and ethical aspects of training on real patients, on the other hand, gave impetus to the introduction of VR technologies (virtual reality technologies) in medical education. Unlimited conditions for the plot content of programs, the possibility of repeatedly working out the sequence of manipulations, reducing the load on the teaching staff – all these advantages of VR technologies increase the convenience and accessibility of training in medical specialties. However, the need for additional technical support, the need for teaching staff training and the lack of high-quality software content still significantly constrains the widespread use of such techniques. The accumulation of relevant experience, the emergence of new meaningful training material will allow a deeper and more versatile assessment of the contribution of VR technologies to medical education.

Keywords. Medical education, virtual reality, VR technologies

Corresponding author: Korobeynikova A.N., I. Popova str., 41, Kirov, Kirov region, Russia, 610002, anna_best2004@mail.ru

For citation: Demkina AE, Korobeynikova AN. VR-technologies in medical education. Innovative doctor's development. 2023; 2: 18-25. doi: 10.24412/ci-37091-2023-2-17-24

Received: 15.08.2023;

received in revised from: 20.09.2023;

accepted: 05.10.2023

Список сокращений

VR - virtual reality

По прогнозам, к 2030 году мировая экономика создаст 40 миллионов новых рабочих мест в сфере здравоохранения, и в то же время сохраняется нехватка 18 миллионов работников данной отрасли [1]. С развитием высоких технологий, появлением большого количества новых методик обследования и лечения, растет потребность в быстром и качественном обучении врачей. Однако процесс овладения практическими навыками имеет ряд этических и технических аспектов: обучение на реальных пациентах повышает риск перипроцедуральных осложнений и ошибок, а использование в таких целях животных до сих пор не нашло широкого применения в нашей стране [2].

Широкое применение цифровых технологий в образовании представляется эффективным способом решения проблемы практической подготовки врачебных кадров. Цифровое образование (электронное образование, e-learning) определяется как процесс преподавания и усвоения знаний с помощью цифровых технологий [3]. Это достаточно широкий термин, который включает большое количество методов: от ставшего обыденным использования электронных книг, составления электронных таблиц или опросов до применения технологий виртуальной реальности (VR), геймификации и цифровых тренажеров для отработки психоэмоциональных навыков [4].

Виртуальная реальность – это искусственная информационная среда, в которой привычное восприятие вещей заменяется данными, которые созд-

даются при помощи технических средств. Человек полностью погружается в симулированную среду при помощи дополнительных устройств (шлемов, очков, стереонаушников), а его действия считаются системами слежения и синхронизируются с изображением [5].

Помимо VR существуют еще 3 варианта технологий, способных расширить существующий реальный мир и быть полезными в образовательном процессе:

1. AR (augmented reality, дополненная реальность) – данный вид реальности может дополнять существующий мир другими элементами, которые сформированы техническими средствами. Причем эти элементы могут как существовать реально, так и не иметь аналогов в привычном мире.

2. AV (augmented virtuality, дополненная виртуальность) – это синтез виртуального мира и реальных объектов [6].

3. MR (mixed reality, смешанная реальность, гибридная реальность) – более глубокий уровень дополненной реальности, когда не происходит полной изоляции субъекта от реального мира.

Использование виртуальной реальности в медицинском образовании может применяться в двух основных направлениях. Первое относится к использованию VR-технологий для развития технических компетенций (хирургия, эндоскопия, сердечно-легочная реанимация) или при необходимости 3D-визуализации (изучение анатомии человека) [7, 8].

Для этих целей используется виртуальная реальность на основе экрана для хирургических процедур и 3D-визуализации [9], а также виртуальные миры для тренировки реагирования в стрессовых ситуациях, таких как сердечно-легочная реанимация или неотложные клинические состояния [8]. Вторая, менее изученная область, включает использование виртуальной реальности для обучения "мягким навыкам", таким как эмпатия и коммуникация с пациентами [10, 11]. В данной ситуации используются аватары (виртуальные пациенты), которые самостоятельно взаимодействуют с врачом в разных клинических ситуациях [12].

Учитывая большое разнообразие навыков, которые можно практиковать с помощью виртуальной реальности, в сочетании с широким охватом и удобством цифрового образования, данные технологии могут стать мощным образовательным инструментом для студентов-медиков.

Особенно активное внедрение VR-технологий в образование началось во время пандемии новой коронавирусной инфекции, когда максимально широко стало применяться дистанционное обучение, в том числе для будущих врачей. Однако специфика преподавания отдельных дисциплин не позволяет ограничиться только теоретической подготовкой: химические и физические опыты, эксперименты с лабораторными животными, хирургические операции. Использование искусственно воссозданного мира создает условия для расширения практических компетенций даже при удаленном обучении. Правильная методология в сочетании с качественным материалом позволит усилить навыки в максимально безопасной для пациента среде, где даже при наличии ошибок и неправильно выбранной тактике можно возвращаться к началу.

Первый прообраз VR-устройства появился в середине XX века [13]. Устройство Сенсорам (Sensorama), представленное Мортоном Хайлингом, позволяло задействовать все органы чувств и полностью погрузиться в виртуальный мир. Зритель видел изображение на экране, чувствовал запахи, слышал соответствующий звукоряд, ощущал вибрацию кресла. Изобретение было запатентовано в 1962 году, однако на тот момент не вызвало интереса у инвесторов. Сенсорам дала старт активному исследованию и развитию технологий виртуальной реальности.

Концепция виртуальной реальности включает себя последовательность нижеперечисленных этапов [15]:

1. Создание образа с помощью компьютерных технологий (звук, визуальный образ и т.д.).
2. Передача сгенерированного образа на органы чувств пользователя при помощи системы отображения.
3. Сбор информации о действиях пользователя (перемещение, движение руками) и передача данных обратно в компьютер.
4. Формирование изменений в виртуальной реальности на основании полученной информации и

передача их к пользователю.

Для применения VR-технологий на практике используются несколько видов устройств:

1. VR-гарнитуры (Oculus Rift, HTC Vive, PlayStation VR или Windows Mixed Reality Headset). Дают глубокое погружение в виртуальную реальность, задействуют большое количество органов чувств. Управление событиями производится с помощью джойстика или контроллеров.
2. Мобильные VR-гарнитуры (GoogleCardboard или SamsungGear VR). Они подключаются к мобильным устройствам и используют их экраны как дисплей.
3. Мобильные устройства (смартфоны, планшеты). Они применяются для просмотра VR-контента, взаимодействие осуществляется с помощью сенсорного экрана.

4. VR-проекторы. С их помощью изображение проецируется на поверхность, а взаимодействие осуществляется совместно с датчиками движения и гарнитурами [14].

Использование VR-технологий дает следующие преимущества при обучении:

1. Доступность образования благодаря широкому покрытию высокоскоростным интернетом.
2. Относительная экономическая выгода в сравнении с практической отработкой навыков в реальных условиях.
3. Широкие возможности контентного и сюжетного наполнения обучающих материалов.
4. Многократная отработка манипуляций, что позволяет доводить навыки до автоматизма и избегать ошибок и осложнений.
5. Создание условий для стандартизированного подхода при оценке обучающегося за счет обратной связи и использования IT-алгоритмов.
6. Уменьшение нагрузки на преподавателя путем передачи части их функционала виртуальному тренажеру.
7. Моделирование экстремальных и редких ситуаций, воссоздание которых в реальной жизни затруднительно.
8. Отработка навыков удаленных операций (в том числе в космосе с использованием роботов).
9. Возможность подбора индивидуального графика занятий.
10. Создание комфортной эмоциональной обстановки и снижение уровня стресса и тревоги у обучающегося [16, 17].

Однако имеющийся опыт использования VR-технологий в образовании позволяет выявить ряд их недостатков:

1. Технические ограничения. Дорогостоящее оборудование и недостаток программного обеспечения ведут к замедлению процессов внедрения VR-технологий в обучающий процесс.

2. Уровень подготовки педагогических кадров. Требуется дополнительное обучение педагогического состава для освоения ими методики работы с использованием VR-технологий.

3. Создание наполнения для обучающих курсов. Разработка качественного, детализированного и максимально реалистичного и интерактивного контента может занимать длительное время [18]. Например, платформа Unreal Engine 4 (Epic Games Inc., Cary, NC) позволяет преподавателям самостоятельно загружать свои собственные разработки в виртуальный мир и снизить потребность в использовании услуг разработчиков [19].

4. Ограниченность в применении. Если перечень манипуляций, которые могут быть освоены с помощью VR-технологий, достаточно широк, то овладение «мягкими» навыками медицинскими работниками может быть недостаточно эффективно.

5. Дискомфорт при использовании. Некоторые обучающиеся испытывают физическое неудобство при использовании VR-устройства: перенапряжение зрительного аппарата, мышц головы и шеи при использовании шлема или очков, вегетативные реакции.

6. Привыкание. Виртуальная реальность может потенциально вызывать эффекты, сходные с привыканием, поэтому некоторым учащимся следует избегать платформ такого типа [13, 20].

Во всем мире стремительно растет частота внедрения виртуальной реальности в различные отрасли повседневной и профессиональной деятельности, включая здравоохранение, о чем свидетельствует возрастающее количество публикаций по данной теме. Будущее виртуальной реальности заключается в ее постоянной интеграции в учебные программы, а также во внедрении в программы непрерывного медицинского образования с возможностью обмена симулированным клиническим опытом, что будет способствовать качественному профессиональному обучению [21, 22].

По данным Alloato D., von Mühlhelen A. студенты запоминают больше информации и могут лучше применять то, что они узнали после участия в упражнениях виртуальной реальности. Так, исследование с участием 99 учащихся, показало, что восприятие информации и уровень запоминания в традиционных условиях (учебник) и при использовании VR-технологий было выше, чем при просмотре видеороликов. Кроме того, использование виртуальной реальности снизило уровень негативных эмоций у студентов [23]. Мета-анализ 4 исследований показал, что виртуальная реальность улучшает когнитивные навыки медицинских работников по сравнению с традиционным обучением (SMD = 1,12; 95% ДИ 0,81-1,43) [24].

Однако есть данные, которые не подтверждают эффективности VR технологий в обучении. В рандомизированном сравнительном исследовании студенты, изучавшие нейроранатомию с помощью Oculus Rift VR System, не показали значимой разницы в

результатах перед учащимися, использовавшими онлайн-учебники. Однако группа виртуальной реальности сочла процесс обучения значительно более увлекательным, приятным и полезным ($p < 0,01$) и получила значительно более высокие баллы по оценке мотивации ($p < 0,01$).

VR-технологии широко применяются в различных отраслях медицины, рассмотрим некоторые из них.

Эндоскопия

Самыми известными VR-тренажерами в эндоскопии являются GI bronch mentor (Sim-bionix, Кливленд, США) и CAE ascutouch (CAE Healthcare, Монреаль, Канада). Оба тренажера состоят из пластикового манекена на тележке и имеют рот и задний проход, что позволяет выполнять процедуры на верхних и нижних отделах желудочно-кишечного тракта. Используемые инструменты представляют собой стандартные эндоскопы и операционный модуль, которые крепятся к тренажеру с другой стороны. Датчики в манекене обеспечивают тактильную обратную связь с пользователем, а также направляют симуляцию. Тактильная обратная связь воздействует на эндоскопическое устройство, которое напоминает то, которое испытывается при реальной эндоскопии, тем самым позволяя обучающемуся получать как чувствительную, так и визуальную обратную связь. Оба тренажера имеют дополнительные модули, которые позволяют моделировать более сложные процедуры. GI bronch mentor может имитировать гемостаз, гибкую ректороманоскопию, эндоскопическую ретроградную холангиопанкреатографию, CAE ascutouch имеет дополнительные модули, которые позволяют выполнять полипектомию, биопсию и гемостазирование [25].

Сердечно-легочная реанимация

Среди известных тренажеров для проведения сердечно-легочной реанимации можно назвать HumanSim, Unity 3D, VR-CPR IRC [26]. Последний продукт был создан в Италии при поддержке национального Совета по реанимации и доступен для общего пользования. В тренажер встроено 3 клинические ситуации по оказанию экстренной помощи. Разработанная технология позволяет осуществлять большой объем манипуляций, применять как дефибриллятор, так и непрямой массаж сердца, передвигаться по площадке и т.д. [27].

Продукт CPR+AED VR Simulation от сингапурского разработчика предназначен для специалистов со средним образованием. В нем есть несколько режимов: демонстрация, обучение и контроль, возможно получение обратной связи после прохождения этапов. В сравнение с предыдущим тренажером, в данной разработке ограниченное количество вариантов действий, обучающийся практически не перемещается, а акцент сделан на использование дефибриллятора [8].

Стоматология

Для отработки навыков стоматологических манипуляций широко используются VR-тренажеры, которые помогают совершенствовать технику и эргономику работы [26]. В 2017 г. японская компания Morita представила свой VR-тренажер, состоящий из очков для обучающегося; стереокамеры, которая транслирует изображение из ротовой полости, и ножной педали. Преимуществом данного типа тренажеров является широкий выбор вариантов клинических случаев, в том числе с рентгеновскими снимками, и манипуляций, которые могут применяться в той или иной ситуации [29]. Simodont dental trainer (компания MOOG) — это система, состоящая из 3D-очков, двух манипуляторов (для зеркала и наконечника), джойстика (для управления передвижением в пространстве) и ножной педали. Данный VR-тренажер дает возможность выбора внешности пациентов, клинической ситуации, инструментов; он может быть использован для проведения экзамена, так как в программу легко можно встраивать дополнительные элементы, имеются тесты и задачи. В программу включены кейсы только по терапии и ортопедии [30].

На хирургической стоматологии специализируется симулятор Cobra, разработанный в Швеции фирмой Forslund Systems. Его комплектация включает VR-очки, монитор, тактильное устройство (имитация наконечника) и ножную педаль. Устройство позволяет

воспроизводить некоторые манипуляции: удаление зубов с сепарацией корня, остеотомию и т.д., недоступными являются удаление кист, наложение швов, установка имплантов [31].

Заключение

Цифровизация образовательного процесса уже сейчас затрагивает сферы оценки и контроля результатов обучения, организацию работы обучающихся и педагогов, во многом определяет содержание рабочих программ.

Внедрение VR-технологии в медицинское образование запустило долговременный тренд, определяющий целое направление в развитии процесса обучения. Накопление большого объема информации, появление новых симуляционных моделей и обучающих программ позволит выработать методологию внедрения VR-технологий в учебный процесс и разносторонне оценивать результаты их применения в образовании медицинских работников.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки

Информация об авторах

Демкина Александра Евгеньевна, кандидат медицинских наук, МРА, руководитель комитета цифровых инноваций Национальной ассоциации управленцев сферы здравоохранения, помощник генерального директора по цифровизации ФГБУ «НМИЦ им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России, Москва, Российская Федерация; ведущий научный сотрудник отдела медицинских исследований Научно-практического клинического центра диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы; ректор Инновационной академии профессионального развития «Докстарклуб».

ORCID: 0000-0001-8004-9725

Alexandra E. Demkina, Candidate of Medical Science, MPA, Head of the Digital Innovation Committee of the National Association of Healthcare Managers, Assistant to the Managing Director for Digitalization of the National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russian Federation; Senior Researcher of the Medical Research Department of the Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Department of Health; rector of the Innovative Academy of Professional Development "Docstarclub".

ORCID: 0000-0001-8004-9725

Anna N. Korobeynikova, Candidate of Medical Science, MD, Center of Cardiology and Neurology, Kirov, Russian Federation.

ORCID: 0000-0002-4357-1757

Коробейникова Анна Николаевна, к.м.н., врач-кардиолог, КОГБУЗ "Центр кардиологии и неврологии", Киров, Российская Федерация.

ORCID: 0000-0002-4357-1757

Вклад авторов в статью

А.Е. Демкина – концепция исследования, корректировка текста.

А.Н. Коробейникова – сбор и обработка материала.

A.E. Demkina - concept of research, text correction.

A.N. Korobeynikova - collection and processing of materials.

Список литературы

- World Health Organisation. High-Level Commission on health employment and economic growth, 2016 [дата обращения 09.07.2023 года]. Доступно по <https://www.who.int/hrh/com-heeg/en/>
- Van Way C.W. 3rd. Thoughts on Medical Education // *Mo Med*. 2017. Vol. 114, №6. P. 417-418.
- Tudor Car L., Soong A., Kyaw B.M., et al. Health professions digital education on clinical practice guidelines: a systematic review by digital health education collaboration // *BMC Med*. 2019. №17. P. 139. doi:10.1186/s12916-019-1370-1
- Car J., Carlstedt-Duke J., Tudor Car L., et al. Digital education in health professions: the need for Overarching evidence synthesis // *J Med Internet Res*. 2019. No 21. P. e12913. doi:10.2196/12913
- Кубанов А.А., Махакова Ю.Б., Астахова И.В. Виртуальная реальность как способ модернизации российского медицинского образования // *Национальное здравоохранение*. 2021. Т. 2, №3. С. 47-54. doi: 10.47093/2713-069X.2021.2.3.47-54
- Азевич А. И. Дополненная реальность и дополненная виртуальность как виды иммерсивных технологий // *Continium. Математика. Информатика. Образование*. 2020. Т. 2, №18. С. 79-84. doi: 10.24888/2500-1957-2020-18-2-79-84
- Khan R., Plahouras J., Johnston B.C., et al. Virtual reality simulation training for health professions trainees in gastrointestinal endoscopy // *Cochrane Database Syst Rev*. 2018. No 8. P. Cd008237. doi:10.1002/14651858
- Wong M.A.M.E., Chue S., Jong M., et al. Clinical instructors' perceptions of virtual reality in health professionals' cardiopulmonary resuscitation education // *SAGE Open Med*. 2018. No 6. P. 205031211879960. doi:10.1177/2050312118799602
- Moro C., Štromberga Z., Raikos A., et al. The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy // *Anat Sci Educ*. 2017. No 10. P. 549-59. doi:10.1002/ase.1696
- Quail N.P.A., Boyle J.G. Virtual patients in health professions education // *Adv Exp Med Biol*. 2019. No 1171. P. 25-35. doi:10.1007/978-3-030-24281-7_3
- Bracc M.-S., Michinov E., Jannin P. Virtual reality simulation in nontechnical skills training for healthcare professionals: a systematic review // *Simul Healthc*. 2019. No 14. P. 188-94. doi:10.1097/SIH.0000000000000347
- Dyer E., Swartzlander B.J., Gugliucci M.R. Using virtual reality in medical education to teach empathy // *J Med Libr Assoc*. 2018. No 106. P. 498-500. doi:10.5195/JMLA.2018.518
- Кузнецова Е.А., Видяйкина П.М., Таурова Д.А. Применение технологий виртуальной и дополненной реальности в обучении студентов экономических специальностей // *Проблемы современного педагогического образования*. 2022. №75-4. С. 155-157.
- Уваров А.Ю. Технологии виртуальной реальности в образовании // *Наука и школа*. 2018. № 4. С. 108-117.
- Половинко Е.В., Ботвинева Н.Ю., Чебоксаров А.Б. Использование виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальностей в современном школьном образовании // *Проблемы современного педагогического образования*. 2023. Т. 79, №2. С. 324-327.
- Аркиулов А.Ш., Инакова Б.Б., Ганиева М.Ш., и др. Перспективы симуляционного обучения в свете подготовки практикующего врача // *Молодой ученый*. 2019. Т. 46, №284. С. 241-244.
- Потапов М.П. Роль симуляционных образовательных технологий в обучении врачей // *Высшее образование в России*. 2019. Т. 28, №8-9. С. 138-148. doi: 10.31992/0869-3617-2019-28-8-9-138-148
- Henrich J. High fidelity // *Science*. 2017. No. 356. P. 810.
- Unreal Engine VR Mode: Unreal Engine [дата обращения 09.07.2023]. Доступно по <https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Editor/VR/>
- Coyne L., Merritt T.A., Parmentier B.L., et al. The past, present, and future of virtual reality in pharmacy education // *Am J Pharm Educ*. 2019. Vol. 83, №3. P. 7456. doi: 10.5688/ajpe7456
- Bracc M.S., Michinov E., Jannin P. Virtual reality simulation in nontechnical skills training for healthcare professionals: a systematic review // *Simul Healthc*. 2019. Vol. 14, №3. P. 188-194. doi: 10.1097/SIH.0000000000000347
- Pottle J. Virtual reality and the transformation of medical education // *Future Healthc J*. 2019. Vol. 6, №3. P. 181-185. doi: 10.7861/fhj.2019-0036
- Alcoat D., von Mühlenen A. Learning in virtual reality: Effects on performance, emotion and engagement // *Research in learning technologies*. 2018. No 26. P. 1-13. doi: 10.25304/rlt.v26.2140
- Kyaw B.M., Saxena N., Posadzki P., et al. Virtual reality for health professions education: systematic review and meta-analysis by the digital health education collaboration // *J Med Internet Res*. 2019. Vol. 21, №1. P. e12959. doi: 10.2196/12959
- Blackburn S.C., Griffin S.J. Role of simulation in training the next generation of endoscopists // *World J Gastrointest Endosc*. 2014. No 6. P. 234-9. doi:10.4253/wjge.v6i6.234
- Резник Е.В., Краснопольский И.А., Потемкина М.Н., и др. Использование технологий виртуальной реальности для отработки алгоритма оказания экстренной и неотложной медицинской помощи // *Методология и технология непрерывного профессионального образования*. 2020. Т. 2, №2. С. 6-14. doi: 10.24075/MTCP.E.2020.007
- Semeraro F., Ristagno G., Giulini G., et al. Virtual reality cardiopulmonary resuscitation (CPR): Comparison with a standard CPR training mannequin // *Resuscitatio*. 2015. No 135. P. 234-235.

28. Кошелев К.А., Едигарян Д.А. Перспективы развития технологий виртуальной реальности в стоматологическом образовании (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. 2022. Т. 79, №2. С. 27-31. doi:10.24412/1609-2163-2022-2-27-31

29. Официальный сайт компании «Morita» [дата обращения 09.07.2023]. Доступно по ссылке: <https://www.morita.com/group/en/products/diagnostic-and-imagingequipment-overview>

30. Официальный сайт компании «Moog» [дата обращения 09.07.2023]. Доступно по ссылке: <https://www.moog.com/markets/medical-dental-simulation/haptictchnology-in-the-moog-simodont-dental-trainer.html>

31. Официальный сайт «Kobra simulator» [дата обращения 09.07.2023]. Доступно по ссылке: <http://www.kobrasimulator.com/>

References

- World Health Organisation. High-Level Commission on health employment and economic growth, 2016 [cited 2023 July 9]. Available from: <https://www.who.int/hrh/com-heeg/en/>
- Van Way CW 3rd. Thoughts on Medical Education. *Mo Med.* 2017;114(6):417-418
- Tudor Car L, Soong A, Kyaw BM, et al. Health professions digital education on clinical practice guidelines: a systematic review by digital health education collaboration. *BMC Med.* 2019; 17: 139. doi:10.1186/s12916-019-1370-1
- Car J, Carlistedt-Duke J, Tudor Car L, et al. Digital education in health professions: the need for Overarching evidence synthesis. *J Med Internet Res.* 2019; 21: e12913. doi:10.2196/12913
- Kubanov AA, Mahakova YB, Astahova IV. Virtual reality as a way to modernize Russian medical education. *National Health Care.* 2021; 2 (3): 47-54 (in Russ.). doi:10.47093/2713-069X.2021.2.3.47-54
- Azevich AI. Augmented reality and augmented virtuality as types of Immersive technologies. *Continuum. Mathematics. Computer science. Education.* 2020; 2 (18): 79-84 (In Russ.).
- Khan R, Plahouras J, Johnston BC, et al. Virtual reality simulation training for health professions trainees in gastrointestinal endoscopy. *Cochrane Database Syst Rev.* 2018; 8: Cd008237. doi:10.1002/14651858.CD008237.pub3
- Wong MAME, Chue S, Jong M, et al. Clinical instructors' perceptions of virtual reality in health professionals' cardiopulmonary resuscitation education. *SAGE Open Med.* 2018; 6: 205031211879960. doi:10.1177/2050312118799602
- Moro C, Štromberga Z, Raikos A, et al. The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy. *Anat Sci Educ.* 2017; 10: 549-559. doi:10.1002/ase.1696
- Quail NPA, Boyle JG. Virtual patients in health professions education. *Adv Exp Med Biol.* 2019; 1171: 25-35. doi:10.1007/978-3-030-24281-7_3
- Bracq M-S, Michinov E, Jannin P. Virtual reality simulation in Nontechnical skills training for healthcare professionals: a systematic review. *Simul Healthc.* 2019; 14: 188-194. doi:10.1097/SIH.0000000000000347
- Dyer E, Swartzlander BJ, Gugliucci MR. Using virtual reality in medical education to teach empathy. *J Med Libr Assoc.* 2018; 106: 498-500. doi:10.5195/JMLA.2018.518
- Kuznetsova EA, Vidyajkina PM, Turova DA. Primenenie tekhnologii virtual'noj i dopolnennoj real'nosti v obuchenii studentov ekonomicheskikh special'nostej. *Problemy sovremennoho pedagogicheskogo obrazovaniya.* 2022; 75-4: 155-157 (In Russ.).
- Uvarov A.Yu. Tekhnologii virtual'noj real'nosti v obrazovanii. *Nauka i shkola.* 2018; 4: 108-117 (In Russ.).
- Polovinko EV, Botvineva NYu, Cheboksarov AB. The use of virtual (VR) and augmented (AR) realities in modern school education. *Problemy sovremennoho pedagogicheskogo obrazovaniya.* 2023; 79 (2): 324-327 (In Russ.).
- Arzikulov ASH, Inakova BB, Ganieva MSh., et al. Perspektivy simuljacionnogo obuchenija v svete podgotovki praktikuyushchego vracha. *Molodoy uchenyj.* 2019; 46 (284): 241-244 (In Russ.).
- Potapov MP. The role of simulation educational technologies in teaching doctors. *Higher Education in Russia.* 2019; 28 (8-9): 138-148. (In Russ.) doi:10.31992/0869-3617-2019-28-8-9-138-148
- Henrich J. High fidelity. *Science.* 2017; 356: 810.
- Unreal Engine VR Mode: Unreal Engine. [cited 2023 July 9]. Available from: <https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Editor/VR/>
- Coyne L, Merritt TA, Parmentier BL, et al. The past, present, and future of virtual reality in pharmacy education. *Am J Pharm Educ.* 2019;83(3):7456. doi:10.5688/ajpe7456
- Bracq MS, Michinov E, Jannin P. Virtual reality simulation in nontechnical skills training for healthcare professionals: a systematic review. *Simul Healthc.* 2019; 14(3): 188-194. doi:10.1097/SIH.000000000000034
- Pottle J. Virtual reality and the transformation of medical education. *Future Healthc J.* 2019; 6(3): 181-185. doi:10.7861/fhj.2019-0036
- Alcoat D, von Mühlhen A. Learning in virtual reality: Effects on performance, emotion and engagement. *Research in learning technologies.* 2018; 26: 1-13. doi:10.25304/rlt.v26.2140
- Kyaw BM, Saxena N, Posadzki P, et al. Virtual reality for health professions education: systematic review and meta-analysis by the digital health education collabora-

- tion. *J Med Internet Res.* 2019; 21(1): e12959. doi: 10.2196/12959
25. Blackburn SC, Griffin SJ. Role of simulation in training the next generation of endoscopists. *World J Gastrointest Endosc.* 2014; 6: 234-239. doi:10.4253/wjge.v6.i6.234
26. Reznik EV, Krasnopol'skij IA, Potemkina MN, et al. Using virtual reality technologies to practices the algorithm of emergency medical care. *Metodologiya i tekhnologiya nepreryvnogo professional'nogo obrazovaniya.* 2020; 2 (2): 6-14 (in Russ.).
27. Semeraro F, Ristagno G, Giulini G, et al. Virtual reality cardiopulmonary resuscitation (CPR): comparison with a standard CPR training mannequin. *Resuscitatio.* 2015; 135: 234-235.
28. Koshelev KA, Edigaryan DA. Prospects to develop the virtual reality technologies in dental education (literature review). *Vestnik novyh medicinskih tekhnologiy.* 2022;79 (2): 27-31 (in Russ.). doi: 10.24412/1609-2163-2022-2-27-31
29. Official cite of Morita company. [cited 2023 July 9]. Available from: <https://www.morita.com/group/en/products/diagnostic-and-imagingequipment-overview>
30. Official cite of Moog company. [cited 2023 July 9]. Available from: <https://www.moog.com/markets/medical-dentalsimulation/haptic-technology-in-the-moog-simodont-dentaltrainer.html>
31. Official cite of Kobra simulator. [cited 2023 July 9]. Available from: <http://www.kobrasimulator.com/#references>
-