

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ОТРАБОТКИ АЛГОРИТМА ОКАЗАНИЯ ЭКСТРЕННОЙ И НЕОТЛОЖНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

Резник Е.В.^{1,2}, Краснопольский И.А.¹, Потемкина М.Н.¹,
Природова О.Ф.¹

1 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва

2 Государственное автономное учреждение здравоохранения Городская клиническая больница имени В. М. Буянова Департамента Здравоохранения Москвы, Москва

Для корреспонденции: Краснопольский Игорь Александрович, iaia2000@mail.ru

Аннотация

Виртуальная реальность, создаваемая с помощью компьютерных технологий (VR), стремительно внедряется в образовательный процесс по различным направлениям профессиональной деятельности. В случае медицинского образования приложению усилий в этой области особенно заметно. К настоящему моменту VR-продукты, максимально погружающие пользователя в виртуальную среду и позволяющие активно взаимодействовать с её составляющими, становятся всё более популярны даже на фоне псевдотрехмерных симуляторов. Виртуальная реальность позволяет развивать как умения, связанные с прецизионной работой, так и механические навыки. В числе таких навыков, совмещаемых с применением полученных знаний и умений, важное место занимает оказание экстренной помощи. В работе рассматриваются VR-тренажеры для отработки алгоритма оказания экстренной медицинской помощи, требующие максимального правдоподобия в реализации.

Ключевые слова: виртуальная реальность, медицинское образование, экстренная медицинская помощь, симулятор медицинской помощи, VR-тренажер

Технологии виртуальной реальности и их разновидности

На протяжении последних десятилетий вектор образования все больше смещается в сторону симуляционных методов обучения. Это относится ко всем уровням образования в различных общественных и профессиональных сферах. Самым интересным и одновременно самым противоречивым понятием здесь является «виртуальная реальность». Этот термин используется для широкого круга явлений, при этом терминологическая база до сих пор не устоялась, поэтому следует остановиться на ней подробнее.

С наступлением компьютерной эры под виртуальной реальностью стал пониматься спектр технологических возможностей создания имитированных миров, в которых человек (пользователь) может действовать сообразно структуре последних. На практике это вылилось в несколько групп решений, различающихся, с одной стороны, количеством визуальных измерений и задействованных сенсорных систем, а с другой – качеством имитации. Все эти решения активно используются в образовании, в том числе медицинском.

Во избежание путаницы необходимо вычленивать и отделять понятие «дополненной реальности». По сути, технология дополненной реальности не погружает пользователя в виртуальный мир, а лишь снабжает реальный мир элементами, этому миру чуждыми (описаниями отдельных объектов, подсказками способа действия и т. д.). Исторически более новая, в современном мире эта технология стала чрезвычайно доступной и распространенной, что расширяет круг ее применения [2].

Варианты собственно виртуальной реальности делятся на две большие группы: воспроизводимые на плоскости и воспроизводимые в формате 360°.

Если исключить плоские модели, которые вряд ли могут считаться виртуальной реальностью, наиболее простая и дешевая в разработке и применении технология – псевдотрехмерный мир, воспроизводимый на экране обычного монитора или с помощью проектора. В зависимости от компьютерной программы и целей обучения пользователь может применять как стандартные манипуляторы типа «мышь», так и джойстики, пульта, перчатки и др. С их помощью пользователь может перемещать объект, рассматривать его со всех сторон, приближать и удалять, вызывать некоторые реакции. Действия пользователя преобразуются в последствия, отображаемые на экране компьютера, пользователь может видеть их как со стороны, так и «от первого лица». Задействуются, как правило, только зрение и слух, однако сложные манипуляторы могут передавать имитацию тактильных ощущений. Здесь погружение пользователя в виртуальность ограничено в первую очередь возможностями передачи визуальной информации. Примером применения технологии в медицинском образовании¹ может служить серия интерактивных ситуационных задач для врачей первичного звена «Виртуальный пациент», размещенных на Портале непрерывного медицинского и фармацевтического образования Минздрава России (далее – Портал edu.rosminzdrav.ru) [3]. В мире разработано довольно много подобных решений, в том числе реализуемых на российском рынке; они имеют разную сложность, часто существуют в виде аппаратно-программных комплексов. Можно назвать такие продукты, как «Конструктор внутренних болезней «Боткин», симулятор «Клипирование аневризмы среднечерепной артерии»². Известны также симулятор УЗИ-исследований SonoSim³, симулятор для анестезиологов Anesthesia SimSTAT⁴ и т. п., а особенно часто технология применяется в продуктах для стоматологов [21]. При этом, к сожалению, практически отсутствуют опубликованные в научной периодике исследования эффективности таких продуктов.

Более полное погружение возможно либо при воссоздании реальной ситуации вокруг монитора, проектора или нескольких подобных устройств (как в авиасимуляторах); либо при виртуализации за счёт трехмерного изображения, которая возможна только при условии использования головных дисплеев (head mounted displays, HMD), обеспечивающих стереоскопическое изображение и изолирующих зрительное восприятие от внешнего мира (еще их называют 3D-очками или шлемами виртуальной реальности). Сложность такого устройства может быть различной, обеспечивая разные уровни погружения в виртуальную среду.

1 Виртуальный пациент «Боткин». Программное обеспечение по внутренним болезням [Электронный ресурс] – URL: <https://somniumllp.com/virtualnyj-patsient-botkin/> (Дата обращения 16.07.2020).

2 Sike. Система для обучения [Электронный ресурс] – URL: <https://shop.sike.ru/shop/3d-simulyator-klipirovanie-anevrizmy-srednemozgovoy-arterii/> (Дата обращения 16.07.2020).

3 SonoSim. Система обучения [Электронный ресурс] – URL: www.sonosim.com (Дата обращения 16.07.2020).

4 ABA MOCA 2.0®. Система виртуального обучения [Электронный ресурс] – URL: <https://www.asahq.org/simulation> (Дата обращения 16.07.2020).

Эти технологии часто называют иммерсивными (т.е. погружающими). Основным потребителем такой продукции являются поклонники сложных компьютерных игр, и решения по использованию ее в других целях, как правило, представляют собой геймификацию сложившихся практик.

Кроме того, следует упомянуть технологии т.н. смешанной реальности (Mixed или Merged Reality, MR), накладывающие полноценную виртуальную реальность на физический мир. В области медицинского образования существуют, например, тренажеры оказания неотложной помощи, где обучающийся взаимодействует с манекеном, находясь при этом в виртуальной реальности, созданной при помощи головного дисплея (см., например, решение на основе продукта Basic Life Support компании DualGoodHealth⁵). Однако смешанная технология не является предметом рассмотрения настоящей статьи.

VR с применением головных дисплеев

Качество виртуального мира, его сходство с реальным миром определяется аппаратными и программными возможностями разработчиков. С 1990-х и практически до середины 2010-х из-за высокой стоимости и недостаточно качественного изображения эта технология была скорее экзотикой. Шлемы виртуальной реальности применялись как в развлекательных, так и в обучающих целях, однако виртуальный мир слабо походил на физический.

Наиболее простым решением стало применение в этих целях обычных смартфонов, которые фиксируются на голове (зачастую довольно примитивными средствами) или соединяются со специальными очками, обеспечивая при этом визуальную и звуковую виртуализацию, приемлемую для многих целей, в том числе образовательных. Однако в этом варианте, как правило, недостаточна или отсутствует интерактивность – влияние пользователя на происходящее в виртуальном мире весьма ограничено техническими возможностями как устройства, так и инструментов воздействия.

В 2014-2016 годах ландшафт рынка VR-устройств существенно изменился с выходом массовых моделей головных дисплеев Oculus, HTC Vive и им подобных, часто комплектуемых особыми контроллерами – устройствами управления с многопозиционными датчиками положения в пространстве. При этом базовая стоимость такого комплекта оказалась доступной широкому кругу пользователей и разработчиков, что вкупе с магазинами приложений вызвало резкий скачок количества и качества программ виртуальной реальности. Хорошей иллюстрацией бурного развития технологий в это время может служить график распределения патентных семейств в области «технологии виртуальной и дополненной реальности в медицине» по годам публикации [6, с.72]: рост с 2013 года (215 изобретений) через 2015 год (333 изобретения) по 2017 год (654 изобретения) трудно охарактеризовать иначе как взрывной и, очевидно, вклад шлемов и программ для них здесь весьма велик. Разные модели шлемов могут подключаться к персональным компьютерам, игровым консолям, а также работать автономно (в последнем случае качество виртуальной среды пока несколько ниже). Технология VR с использованием таких шлемов стала де-факто стандартом иммерсивной компьютерной виртуальной реальности.

Применение VR в образовании

Естественнонаучные и технические дисциплины в постоянно усложняющемся мире давно нуждались в новом формате донесения знаний. Поэтому технологии виртуальной реальности оказались востребованы в образовании едва ли не с момента своего появления. Однако успех подобных продуктов в области образования вызывал не только энтузиазм, но и скепсис. Так в 1992 году был проведен эксперимент, в ходе которого применялись новаторские для тех лет головные дисплеи и манипулятор «перчатка». Исследователи показали, что результат, достигнутый в виртуальной реальности, не воспроизводится вне её [15]. Дальнейшая практика показала, что по мере развития технологии польза ее становится более очевидной, однако сомнения в эффективности и целесообразности использования VR в образовательных программах различных направлений и специальностей возникали и впоследствии. Можно предположить, что полезность применения виртуальной реальности в образовании зависит не столько от самого принципа, сколько от его реализации в виде конкретного аппаратно-программного комплекса (АПК) и релевантности АПК задачам обучения. Так, совсем недавно томские специалисты, будучи в целом настроены весьма позитивно по отношению к VR, установили низкую эффективность одной из платформ виртуального (плоскостного) обучения [1]. К сожалению, публикаций об эффективности таких АПК крайне мало, и независимых друг от друга исследований по какому-либо продукту в ходе подготовки статьи обнаружить не удалось. Во многом это связано с тем, что подобные публикации зачастую преследуют скорее коммерческие цели, нежели научные или методические.

Несмотря на ограничения, к настоящему времени понятия «виртуальная реальность» и «образование» сочетаются достаточно уверенно [14]. Основные сферы приложения для краткости описываются аббревиатурой STEM – Science, Technology, Engineering, Math (наука, технологии, инженерное дело, математика), иногда расширяемой до STEAM за счет Art – искусства [11]. Если говорить о применении новейших АПК на базе головных дисплеев, описаны обучающие продукты по таким направлениям, как архитектурное проектирование [8], промышленный дизайн [13], горное дело [7], химическая промышленность [5] и т.д. Положительный эффект VR отмечен даже в комплексном обучении иммигрантов английском языку [16].

Применение VR в медицинском образовании

В медицинской сфере технология виртуальной реальности сразу оказалась довольно востребованной, и уже в начале 2000-х список решений был достаточно велик [19], значительная часть осталась актуальной и спустя почти два десятилетия [22]. Многие VR-платформы, в том числе использующие головные дисплеи, сразу создавались с учетом возможного применения их в обучении медицинских специалистов [17]. Трехмерная визуализация сложнодостижимых объектов, явлений, процессов и соответствующих действий потребовалась, как и предсказывал в 1993 году Филип Баркер [9], в первую очередь хирургам различных профилей, так как позволила по-новому взглянуть на объект оперативного вмешательства и понять особенности взаимодействия с ним. Распространение получили VR-продукты, созданные для демонстрации мелких элементов организма человека, например пучков нервных волокон [10], и тренировки воздействия на них. Популярности технологии добавляет то, что современные методы хирургического лечения зачастую не предполагают прямого физического взаимодействия врача с пациентом, поэтому действия врача во время обучения посредством VR являются совершенно идентичными его действиям в реальности. Так что достоинства VR-симуляторов в обучении хирургов перевешивают недостатки, главным из которых является высокая стоимость [3]. В то же время подобных продуктов на основе головных дисплеев все еще немного. В качестве примера можно привести ирландский тренировочный продукт RCSI Virtual Reality Medical Training Simulator на Oculus, разработанный для хирургов⁶.

Еще один вариант применения VR в медицинском образовании – имитация мира психиатрического пациента. Будучи разработана для компенсации проблем больных, она используется и в обучающих целях: врач получает возможность, надев 3D-очки, буквально встать на место пациента [23].

Имитация реальности для отработки навыков экстренной и неотложной медицинской помощи

В медицинском образовании важную роль играет выбор средства обучения, максимально релевантного решаемым задачам. Навык и умение, в отличие от получения знания, тренируются в ситуации, близкой к реальной. В наиболее выпуклом виде эта потребность проявляется в отработке алгоритмов оказания экстренной и неотложной помощи, в том числе – проведении сердечно-легочной реанимации (СЛР).

Одним из известных продуктов подобного рода, разработанным в 2000 г., стал проект TOUCH (Telehealth Outreach for Unified Community Health), предназначенный для отработки соответствующих навыков у специалистов из отдаленных населенных пунктов. Идеология проекта лежала в русле проблемноориентированного образования, а технологическая часть была разработана для совместного обучения нескольких человек [12]. Обучающиеся сидели перед компьютерами в шлемах и с манипуляторами в руках, повторяя действия и выполняя команды преподавателя, при этом общаясь между собой – групповая работа способствовала лучшему усвоению учебного материала.

В настоящее время «чистые» VR-симуляторы оказания первой и экстренной медицинской помощи разработаны во многих странах и на разных платформах (см. обзор [18]). Используются и готовые решения, такие как Unity 3D, и разработка продукта с нуля. В числе популярных проектов можно назвать HumanSim, где есть сюжеты с оказанием помощи и проведением СЛР в стационаре и в полевых условиях⁷, а также несколько продуктов на платформе Steam.

6 RCSI VR Medical Training Sim. Система виртуального обучения [Электронный ресурс] – URL: <https://www.rcsi.com/dublin/news-and-events/news/news-article/2016/07/rcsi-develops-worlds-first-virtual-reality-medical-training-simulator> (Дата обращения 16.07.2020).

7 HumanSim. Система виртуального обучения [Электронный ресурс] – URL: <https://www.healthysimulation.com/4035/humansim-provides-advanced-virtual-healthcare-training/> (Дата обращения 16.07.2020).

Программное обеспечение VR Steam – одна из наиболее современных технологий симулирования реальности, широко применяемая в компьютерных играх в виртуальной реальности. Компоненты для работы в этой системе (компьютер и комплект для игр в виртуальной реальности) можно купить в неспециализированных магазинах электроники, они не занимают много места. Эта технология достаточно широко применяется в целях симулирования медицинских задач, в том числе для обучения. Она позволяет с хорошей достоверностью имитировать место работы медицинского работника, внешность и поведение пациента, показания приборов и пр. В отношении двух продуктов, предназначенных для обучения СЛР, есть данные об эффективности, поэтому имеет смысл остановиться на них подробнее.

VR-CPR IRC

VR-тренажер, созданный по заказу и под научным руководством Итальянского совета по реанимации, доступен для общего пользования через магазин приложений. Тренажер содержит 3 ситуации, в которых человеку требуется оказать экстренную помощь. Обучающийся может двигаться, в процессе сердечно-легочной реанимации можно использовать как закрытый массаж сердца, так и дефибриллятор. Создатели утверждают, что сценарий остановки сердечной деятельности и необходимые диагностические и лечебные действия специалиста воспроизводятся с высокой точностью, вплоть до вычисления прилагаемого давления рук обучающегося на «грудную клетку». На основании проведенного исследования на 43 обучающихся, сравнивая VR со стандартным тренировочным манекеном, авторы делают вывод, что различия невелики, и VR-симулятор можно использовать в обучении самых широких групп граждан, в том числе и профессионалов [20].

CPR+AED VR Simulation

Данный продукт принадлежит сингапурскому Institute of Technical Education, специализирующемуся на среднем образовании и его подтверждении. Здесь акцент сделан на использование дефибриллятора. В симуляторе есть демонстрационный, обучающий и контрольный режимы, доступна обратная связь после прохождения сценария. Это в целом более игровой и менее сложный продукт, чем VR-CPR от IRC. Так, обучающийся всё время находится на одном месте, практически сидя в кресле, спектр его действий и принимаемых решений невелик. Интерес представляет проведенное исследование, в котором об эффективности продуктов спрашивали инструкторов по оказанию первой помощи [24]. По мнению респондентов использование виртуальной реальности позволяет закрыть лакуны и недочёты более привычного процесса работы с манекеном.

VR-тренажер портала edu.rosminzdrav.ru

В 2019 году в целях обеспечения контентного наполнения Портала edu.rosminzdrav.ru по заказу ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России был разработан симулятор реальности, предназначенный для отработки алгоритмов оказания экстренной и неотложной медицинской помощи врачами различных специальностей. В этом VR-тренажере совмещаются решение ситуационных задач с виртуально созданной средой обучения для освоения практических навыков проведения лечебно-диагностических мероприятий при жизнеугрожающих состояниях.

В качестве обучающего материала были разработаны 6 интерактивных ситуационных задач по наиболее часто встречающимся экстренным и неотложным состояниям, приводящим, в том числе, к необходимости проведения реанимационных мероприятий:

1. острый коронарный синдром (отек легких),
2. острый коронарный синдром (кардиогенный шок),
3. анафилактический шок,
4. обморок,
5. остановка дыхания и кровообращения,
6. желудочно-кишечное кровотечение.

В отличие от большинства аналогов симулятор позволяет обучающемуся осуществлять диагностику и лечение в строгом соответствии с протоколами и клиническими рекомендациями. Виртуальные пациенты характеризуются внутренней динамикой состояния в режиме реального времени, активно реагируют на действия специалиста здравоохранения и полностью имитируют реальный ответ на любое воздействие. Специалист имеет возможность отслеживать состояние пациента. Основные клинические методы мониторинга, реализованные в симуляторе, включают наблюдение за цветом кожи, экскурсией грудной клетки, реакцией зрачков, аускультацию легких и сердца, термометрию. Также доступны такие инструментальные методы исследования как электрокардиография, неинвазивное измерение АД, пульсоксиметрия.

Анализируя состояние виртуального пациента, специалист должен самостоятельно выбрать и провести лечение (оксигенотерапию, пероральное и парентеральное введение лекарственных препаратов, дефибрилляцию и т.п.), в случае необходимости выполнить сердечно-легочную реанимацию. Кроме того, специалист может взаимодействовать с аватаром медицинской сестры, получая информацию о состоянии пациента и запрашивая выполнение отдельных действий.

Ситуационные задачи в формате симулятора реальности получали высокую оценку от профессионалов на всех этапах разработки и внедрения продукта. Так, на этапе проверки корректности отработки алгоритмов были опрошены 10 врачей амбулаторного звена и 10 анестезиологов-реаниматологов до и после работы с симулятором на предмет возможного потенциала продукта (структурированный опрос). Практически все из них отметили высокую востребованность отработки действий в предложенных клинических ситуациях для различных категорий специалистов. Мнения респондентов о процессе оказания медицинской помощи были учтены в сценариях. На этапе опытной эксплуатации уже почти готовый продукт испытывали 16 ординаторов второго года обучения различных специальностей. В ходе испытаний участники заполняли слабо формализованные опросные листы, позволяющие высказаться как об идеологии симулятора, так и о качестве его реализации. Единственным заметным отличием в механике VR-тренажера от работы с манекеном, по мнению участников, явилось отсутствие полноценной обратной связи от «грудной клетки» во время закрытого массажа сердца, так как стандартные манипуляторы не снабжены датчиками давления. Для оценки полезности применения VR-симулятора в обучении практикующих врачей необходимо проведение дальнейших исследований как в условиях учебной лаборатории, так и непосредственно в медицинских организациях.

Заключение

Внедрение VR-технологии в медицинское образование запустило долговременный тренд, определяющий целое направление в развитии процесса обучения. Проведенный обзор существующих продуктов виртуальной реальности позволяет предположить их эффективность как в развитии умений, связанных с прецизионной работой, так и в отработке алгоритмов действий в рамках мануальных навыков с применением имеющихся знаний и умений. Одними из наиболее часто отрабатываемых ситуаций для подобных тренажеров являются состояния, требующие оказания экстренной и неотложной помощи. Соответствующие сценарии легли в основу разработки симулятора виртуальной реальности ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России. Технология пригодна для большинства медицинских специальностей и может быть использована на разных этапах обучения. Ее слабым местом пока является отсутствие серьезной научной базы по эффективности применения, что вызвано постоянным качественным ростом технологии и изменением требований к аппаратному обеспечению.

Список литературы

1. Елесин С.С., Фещенко А.В. Виртуальная реальность в образовании: сомнения и надежды // Гуманитарная информатика. 2016. Вып. 10. С. 109–114.
2. Иванова А.В. Технологии виртуальной и дополненной реальности: возможности и препятствия применения // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2018. №3 (108). С.88-107.
3. Рапопорт Л.М., Безруков Е.А., Цариченко Д.Г., Мартиросян Г.А., Суханов Г.А., Крупинов Г.Е., Слусаренко Р.И., Морозов А.О., Авакян С.К., Саргсян Н.А. Методы обучения робот-ассистированной радикальной простатэктомии // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2019. №1. С.89-94.
4. Семенова Т.В., Природова О.Ф. Электронное обучение в непрерывном медицинском образовании: акцент на интерактивные образовательные модули // Вестник Росздравнадзора. 2020. №3. С.70-77.
5. Хасанова Г.Ф., Виртуальная реальность в инженерном образовании химического профиля // Казанский педагогический журнал. 2019. №1. С.43-49.
6. Черченко О.В., Технологии дополненной и виртуальной реальности в медицине: анализ конкурентного ландшафта // Экономика науки. 2018. Т.4: №1. С.69-80.
7. Abdelrazeq A., Daling L, Suppes R., Feldmann Y., Hees F. A (2019), 'Virtual Reality Educational Tool in the Context of Mining Engineering - The Virtual Reality Mine', Conference Paper. <https://www.researchgate.net/publication/332282684>
8. Angulo A. (2015), 'Rediscovering Virtual Reality in the Education of Architectural Design: The immersive simulation of spatial experiences', Ambiances [Online]. №1. <http://ambiances.revues.org/594>
9. Barker P. (1993), 'Virtual Reality: Theoretical Basis, Practical Applications', ALT-J Research in Learning Technology. №1. pp.15-25.
10. Bernardo A. (2017), 'Virtual Reality and Simulation in Neurosurgical Training ', World Neurosurgery. Vol.106. pp.1015-1029.
11. Birt J., Cowling M. (2017), 'Toward Future 'Mixed Reality' Learning Spaces for STEAM Education', International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education. Vol. 25(4). pp.1-16.
12. Caudell T., Summers K., Holten IV, J., Hakamata T., Mowafi M., Jacobs J., Lozanoff B., Lozanoff S., Wilks D., Keep M., Saiki S., Alverson D. (2003), 'Virtual Patient Simulator for Distributed Collaborative Medical Education', The Anatomical Record (Part B: New Anatomy). 270B. pp.23–29.
13. Häkkinen J., Colley A., Väyrynen J., Yliharju A.-J. (2018), 'Introducing Virtual Reality Technologies to Design Education', Seminar.net - International journal of media, technology and lifelong learning. Vol. 14 (1).
14. Jensen L., Konradsen F. (2018), 'A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training', Education and Information Technologies. Vol.23. pp.1515-1529
15. Kozak J., Hancock P., Arthur E., Chrysler S. (1993), 'Transfer of training from virtual reality', Ergonomics. Vol 36 (7). pp.777-784.
16. Lee M., Spryszynski A., Nersesian E. (2019), 'Personalizing VR Educational Tools for English Language Learners', Conference Paper. <https://www.researchgate.net/publication/334523924>
17. Lemheney A., Bond W., Padon J., LeClair M., Miller J., Susko M. (2016), 'Developing virtual reality simulations for office-based medical emergencies', Journal of Virtual Worlds Research. №9. pp.1–18.
18. McGrath J., Taekman J., Dev, P., Danforth D., Mohan D., Kman, N., Crichlow A., Bond W. (2018), 'Using Virtual Reality Simulation Environments to Assess Competence for Emergency Medicine Learners', Academic Emergency Medicine. Vol.25. №2. pp.186-195.
19. Reznick M., Harter P, Krummel T. (2002), 'Virtual Reality and Simulation: Training the Future Emergency Physician', Academic Emergency Medicine. №9, pp.78–87.
20. Semeraro F., Ristagno G., Giulini G., Gnudi T., Kayal J.S., Monesi A., Tucci R., Scapigliati A. (2019), 'Virtual reality cardiopulmonary resuscitation (CPR): Comparison with a standard CPR training mannequin', Resuscitatio. Vol. 135. pp.234-235.
21. Tavkar A., Pawar A. (2017), 'Simulation in Dentistry', EC Dental Science. 12.3. pp.115-121.
22. Trahan M., Smith, K.S., Talbot T. (2019), 'Past, Present, and Future: Editorial on Virtual Reality Applications to Human Services', Journal of Technology in Human Services. 37:1. pp.1-12.
23. Wan W.H., Lam Y. (2019), 'The Effectiveness of Virtual Reality-Based Simulation in Health Professions Education Relating to Mental Illness: A Literature Review', Health. Vol.11. pp.646-660.
24. Wong M. A., Chue S., Jong M., Benny H., Zary N. (2018), 'Clinical instructors' perceptions of virtual reality in health professionals' cardiopulmonary resuscitation education', SAGE Open Medicine. Vol. 6. pp.1–8.

References

1. Elesin S.S., Feshchenko A.V. (2016), 'Virtual reality in education: the doubts and hopes', *Humanitarian Informatics*. Issue 10. pp.109–114.
2. Ivanova A.V. (2018), 'VR & AR technologies: opportunities and application obstacles', *Strategic Decisions and Risk Management*. №3 (108). pp.88-107. (in Russ).
3. Rapoport L.M., Bezrukov E.A., Tsarichenko D.G., Martirosyan G.A., Sukhanov R.B., Krupinov G.E., Slusarenko R.I., Morozov A.O., Avakyan S.K., Sargsyan N.A. (2019), 'Methods for training of robot-assisted radical prostatectomy', *Surgery (Khirurgiia)*. №1. pp.89-94. (in Russ).
4. Semenova T.V., Prirodova O.F. (2020), 'E-learning in continuing medical education: emphasis on interactive educational modules', *Vestnik Roszdravnadzora*. Vol. 3. pp.70–77. (in Russ).
5. Khasanova G.F. (2019), 'Virtual reality in training engineers for chemical industries', *Kazan Pedagogical Journal*. №1. pp.43-49. (in Russ).
6. Cherchenko O.V. (2018), 'Augmented and virtual reality in medicine: the analysis of competitive landscape', *The Economics Of Science*. Vol.4(1). pp.69-80. (in Russ).
7. Abdelrazeq A., Daling L, Suppes R., Feldmann Y., Hees F. A (2019), 'Virtual Reality Educational Tool in the Context of Mining Engineering - The Virtual Reality Mine', *Conference Paper*. <https://www.researchgate.net/publication/332282684>
8. Angulo A. (2015), 'Rediscovering Virtual Reality in the Education of Architectural Design: The immersive simulation of spatial experiences', *Ambiances [Online]*. №1. <http://ambiances.revues.org/594>
9. Barker P. (1993), 'Virtual Reality: Theoretical Basis, Practical Applications', *ALT-J Research in Learning Technology*. №1. pp.15-25.
10. Bernardo A. (2017), 'Virtual Reality and Simulation in Neurosurgical Training', *World Neurosurgery*. Vol.106. pp.1015-1029.
11. Birt J., Cowling M. (2017), 'Toward Future 'Mixed Reality' Learning Spaces for STEAM Education', *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*. Vol. 25(4). pp.1-16.
12. Caudell T., Summers K., Holten IV, J., Hakamata T., Mowafi M., Jacobs J., Lozanoff B., Lozanoff S., Wilks D., Keep M., Saiki S., Alverson D. (2003), 'Virtual Patient Simulator for Distributed Collaborative Medical Education', *The Anatomical Record (Part B: New Anatomy)*. 270B. pp.23–29.
13. Häkkinen J., Colley A., Väyrynen J., Yliharju A.-J. (2018), 'Introducing Virtual Reality Technologies to Design Education', *Seminar.net - International journal of media, technology and lifelong learning*. Vol. 14 (1).
14. Jensen L., Konradsen F. (2018), 'A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training', *Education and Information Technologies*. Vol.23. pp.1515-1529
15. Kozak J., Hancock P., Arthur E., Chrysler S. (1993), 'Transfer of training from virtual reality', *Ergonomics*. Vol 36 (7). pp.777-784.
16. Lee M., Spryszynski A., Nersesian E. (2019), 'Personalizing VR Educational Tools for English Language Learners', *Conference Paper*. <https://www.researchgate.net/publication/334523924>
17. Lemheney A., Bond W., Padon J., LeClair M., Miller J., Susko M. (2016), 'Developing virtual reality simulations for office-based medical emergencies', *Journal of Virtual Worlds Research*. №9. pp.1–18.
18. McGrath J., Taekman J., Dev, P., Danforth D., Mohan D., Kman, N., Crichlow A., Bond W. (2018), 'Using Virtual Reality Simulation Environments to Assess Competence for Emergency Medicine Learners', *Academic Emergency Medicine*. Vol.25. №2. pp.186-195.
19. Reznick M., Harter P, Krummel T. (2002), 'Virtual Reality and Simulation: Training the Future Emergency Physician', *Academic Emergency Medicine*. №9, pp.78–87.
20. Semeraro F., Ristagno G., Giulini G., Gnudi T., Kayal J.S., Monesi A., Tucci R., Scapigliati A. (2019), 'Virtual reality cardiopulmonary resuscitation (CPR): Comparison with a standard CPR training mannequin', *Resuscitatio*. Vol. 135. pp.234-235.
21. Tavkar A., Pawar A. (2017), 'Simulation in Dentistry', *EC Dental Science*. 12.3. pp.115-121.
22. Trahan M., Smith, K.S., Talbot T. (2019), 'Past, Present, and Future: Editorial on Virtual Reality Applications to Human Services', *Journal of Technology in Human Services*. 37:1. pp.1-12.
23. Wan W.H., Lam Y. (2019), 'The Effectiveness of Virtual Reality-Based Simulation in Health Professions Education Relating to Mental Illness: A Literature Review', *Health*. Vol.11. pp.646-660.
24. Wong M. A., Chue S., Jong M., Benny H., Zary N. (2018), 'Clinical instructors' perceptions of virtual reality in health professionals' cardiopulmonary resuscitation education', *SAGE Open Medicine*. Vol. 6. pp.1–8.

USING VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES TO PRACTICE THE ALGORITHM OF EMERGENCY MEDICAL CARE

Reznik E.V.^{1,2}, Krasnopol'skiy I.A.¹, Potemkina M.N.¹, Prirodova O.F.¹

1 Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov," Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow

2 GBUZ "City Clinical Hospital n.a. V.M. Buyanov" of Healthcare Department of Moscow

Correspondence should be addressed: Krasnopol'skiy Igor Aleksandrovich, iaia2000@mail.ru

Abstract

The use of computer-based virtual reality (VR) technologies in the educational process is continuously increasing for a variety of professional activities. Medical education is one of the examples, where such efforts are particularly visible. Today's VR products provide the maximum immersion into a virtual environment and active interaction with their components. These VR products are becoming increasingly more popular, even in comparison with pseudo-3D simulators. VR facilitates the development of the abilities for precision work as much as mechanical skills. In emergency medical care, it is particularly important to practice the skills requiring specialized knowledge and abilities. In this work, we discuss VR-simulators built to practice the algorithm of emergency medical assistance in a maximally realistic environment.

Keywords: virtual reality, medical education, emergency medical assistance, medical aid simulator, VR simulator