

ВИРТУАЛЬНЫЕ СИМУЛЯТОРЫ: ОБЗОР, УСТРОЙСТВО И КЛАССИФИКАЦИЯ

Горшков М.Д.

УВК «Ментор Медикус», Первый Московский ГМУ им. И.М. Сеченова, г. Москва

Эл.почта: gorshkov@rosomed.ru

Симуляторы виртуальной реальности (СВР) активно применяются в медицинском обучении. Рассмотрены типы элементов виртуальной среды: пассивные, активные, интерактивные и суперактивные, выполнен обзор применяемых технологий, компонентов иммерсии. Разработана и представлена классификация СВР, основанная на уровне взаимодействия обучаемого с виртуальной средой и степени вовлечения в нее: 0 уровень, Пассивный; 1. Активный; 2. Интерактивный; 3. Иммерсионный; 4. Глобальный. По мере усложнения задач медицинского обучения для их решения следует использовать более высокий уровень СВР.

Ключевые слова: Классификация симуляторов виртуальной реальности, иммерсия, элементы виртуальной реальности, медицинское симуляционное обучение

VIRTUAL REALITY SIMULATORS: REVIEW, CONSTRUCTION, CLASSIFICATION

Gorshkov MD

Simulation Center «Mentor Medicus», Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow

Virtual reality simulators (VRS) are widely used in medical training. The present article gives an overview of the types of VR elements: passive, active, interactive, and superactive; of the technologies, components of immersion. The classification of SVR based on the level of interaction of the trainee with the virtual environment and the degree of involvement has been developed and presented: level 0 Passive; 1. Active; 2. Interactive; 3. Immersive; 4. Global.

Keywords: classification of virtual reality simulators, immersion, virtual reality elements, medical simulation education

АКТУАЛЬНОСТЬ

Симуляторы виртуальной реальности (СВР) в настоящее время активно применяются в медицинском обучении. Они представлены в различных вариантах, существенно отличаются друг от друга по конструкции, функциональным возможностям, решаемым учебным задачам и стоимости приобретения и эксплуатации. В связи с этим разнообразием необходима разработка классификации СВР.

ВВЕДЕНИЕ

С приходом компьютеров в жизнь человека наряду с привычной окружающей средой появились виртуальные объекты, явления и целые миры. Определения, данные ниже, применимы, прежде всего, к сфере медицинского обучения.

Виртуальным называют субъект, объект или процесс, который физически не существует, а воспроизводится с помощью компьютера. *Виртуальной реальностью* называется компьютерная модель среды, в которой пользователь имеет возможность действовать и наблюдать за изменениями модели в результате взаимодействия с ней.

Компьютерная (экранная) симуляция – собирательный термин, обозначающий различные виды моделирования, использующие стандартный пользовательский интерфейс компьютера (клавиатура, мышь).

Симулятор виртуальной реальности (еще один распространенный вариант названия - *Виртуальный симулятор*) – обобщенное обозначение группы устройств компьютерного моделирования – от экранных симуляций типа Second Life до тренажеров отработки практических медицинских манипуляций и навыков в виртуальной реальности типа лапароскопического тренажера LapSim.

Виртуальный тренажер - аппаратно-программный комплекс, состоящий из программного обеспечения, компьютера и периферии (пользовательского интерфейса), имитирующей медицинские инструменты и пациента или его органы, предназначенный для отработки (тренинга) отдельной манипуляции, навыка, а также объективной оценки их уровня.

Виртуальный пациент – компьютерная модель субъекта и его патологического состояния, предназначена для обучения сбору анамнеза, коммуникации, диагностике, лечению и принятию иных клинических решений, а также их объективной оценки.

Виртуальная клиника - компьютерная модель лечебного учреждения или его подразделения, предназначенная для обучения принятию клинических, эпидемиологических, экономических, административных и иных управленческих решений, а также их объективной оценке.

Следует отметить, что учебники, атласы и иные печатные учебные пособия, оцифрованные и переведенные в электронный формат (E-book, Internet и т.п.), не следует относить к виртуальным симуляторам, так как, во-первых, они существуют не только в цифровом (виртуальном) виде, но и, например, в бумажном (реальном), а, во-вторых, они не являются симуляторами, поскольку не моделируют среду, а копируют ее.

Возможно, некоторые из используемых сегодня терминов вскоре потеряют свою актуальность либо приобретут иное смысловое наполнение. Так, термин «экранный симулятор» был весьма актуален в 2000-х годах, когда пользовательские программы работали на персональных компьютерах. В настоящее время эти программы выводятся на экранах мобильных устройств – планшетов, смартфонов – или работают с виртуальными очками. Экранные симуляторы приобрели множество дополнительных функциональных возможностей, о наличии которых пользователи ранее даже не подозревали.

В используемых ныне классификациях симуляционных технологий и устройств есть упоминания о СВР. Так, пионер методики симуляционного обучения профессор Дэвид Габа (David Gaba), руководитель симуляционного центра медицинской школы Стэнфордского университета, в 2004 предложил классификацию симуляционных технологий [1], в третью и четвертую группу которых вошли СВР.

Классификация симуляционных технологий, Дэвид Габа, 2004 г.

- Вербальные (ролевые игры).
- Стандартизированные пациенты (актеры).
- Тренажеры навыков (физические или виртуальные модели).
- Пациенты на экране (компьютерные технологии).
- Электронные пациенты (манекены в симулированной обстановке больницы).

В другой хорошо известной классификации [2], предложенной в 2007 году проф. Гильомом Алинье (Guillaume Alinier), сравниваются функции симуляторов и степень вовлеченности инструкторов в обучение, а также реалистичность опыта, который можно получить с их помощью. СВР упоминаются в этой классификации в группе №2 – «изделия с экраном».

Классификация медицинских обучающих симуляционных инструментов, Гильом Алинье, 2007 г.

0. Письменные симуляции.
1. Низкореалистичные манекены, фантомы, тренажеры навыков.
2. Изделия с «экраном».
3. Стандартизированные пациенты и ролевые игры.
4. Манекены среднего класса.
5. Роботы-симуляторы пациента.

Также и в классификации симуляционных устройств по семи уровням реалистичности (классификация РОСОМЕД) примеры СВР встречаются во всех семи уровнях [3].

Таким образом, в современных типологиях виртуальные симуляционные технологии упоминаются наряду с множеством других симуляционных устройств, не использующих виртуальную реальность.

В связи с этим требуется собственная классификация, распространяющаяся только на симуляционные устройства, создающие виртуальную реальность.

УСТРОЙСТВО И ХАРАКТЕРИСТИКИ СВР

Принципиально, любой виртуальный симулятор состоит из программы, моделирующей виртуальную реальность, компьютера и периферии, отвечающей за ввод команд и отображение виртуальной реальности. Рассмотрим подробнее основные типы интерфейсов, элементов виртуальной реальности и вариантов взаимодействия с ней.

Ввод команд для взаимодействия с виртуальным симулятором может осуществляться при помощи следующих вариантов устройств:

- Клавиатура.
- Мышь.
- Сенсорный экран.
- Микрофон (речевые команды).
- Оптические устройства, в том числе лазерные детекторы, видеокамеры моно- и стереоскопические, определяющие в видимом или инфракрасном диапазоне света положение в пространстве (координаты), жесты, движения рук, глазных яблок, инструментов, распознающие и анализирующие события (типа Leap, Kinect, WiiU, SimBall).
- Джойстики, датчики, перчатки, костюмы и иные сенсорные и тактильные устройства: ультразвуковые, микроволновые, томографические (электромагнитные) сенсоры для анализа пространственных координат, движения, давления, натяжения (Polhemus, Sensable, LapSim). Некоторые из них реалистично воспроизводят части тела человека, например, рука робота, в которую внутривенно вводится лекарство. Подобные интерфейсы могут быть интерактивными, работая не только на ввод команд, но и создавая встречное воздействие, физический ответ - обратную тактильную связь.
- Устройства распознавания мысленных команд, что технологически возможно уже сегодня, но пока реализовано лишь в медицинских аппаратах, например, бионических протезах.

В одной из первых классификаций виртуальной симуляции, предложенной в 1997 году Меллером [4], выделено три типа элементов виртуальной симуляции: пассивные, активные и интерактивные (passive, active, interactive). Однако современный уровень развития технологий позволяет ввести еще один тип элементов, которым мы дали название «суперактивные».



Бионический протез, движущийся «силой мысли», 2015 г.
Лаборатория прикладной физики Университета Джона Хопкинса



Виртуальный лапароскопический тренажер LapSim.
Институт хирургии им. А.В. Вишневского, Москва. 2005 г.

Исходя из этого, можно говорить о четырех типах элементов виртуальной среды:

1. *Неактивные* элементы, не взаимодействующие с обучаемым, которые он может их только видеть или слышать, например, изображение окружающей обстановки, инструментов и аппаратуры, медицинского персонала. Эти элементы представляют собой вспомогательные объекты и используются для «повышения реалистичности» симуляции.
2. *Активные* элементы, которые побуждают обучаемого к действиям. Данные элементы могут запрограммированно меняться в ходе симуляции согласно заданному сценарию, например, изображения внутренних органов, рентгенограммы, электрокардиограммы, физиологический статус пациента.
3. *Интерактивные* элементы, которые изменяются под воздействием активности обучаемого, в ответ на его действия (например, изменение физиологических параметров после введения лекарства, кровотечение из органа после его повреждения инструментом).

4. *Суперактивные* элементы – не только меняются в ответ на деятельность обучаемого, но и сами оказывают встречное воздействие на него или на реальную окружающую среду. Например, виртуальные ткани кишки отталкивают виртуальный тубус эндоскопа, когда тот упирается в ее стенку, и это сопротивление передается руке курсанта через реальную рукоятку аппарата.

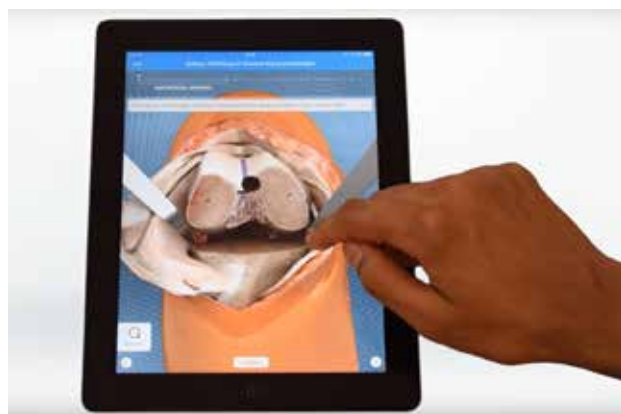
В симуляционных устройствах в первую очередь моделируются зрительные образы и звуки, однако могут вовлекаться и другие органы чувств. В списке ниже их комбинации приведены по частоте использования:

- Зрительные образы, воспроизводимые на экране компьютера или виртуальных очков.
- Помимо визуальных образов воспроизводятся акустические сигналы.
- Видео, аудио, гаптика (тактильная чувствительность, включая проприоцептивные ощущения – взаимного расположения отдельных частей тела, надлежащей моторики).

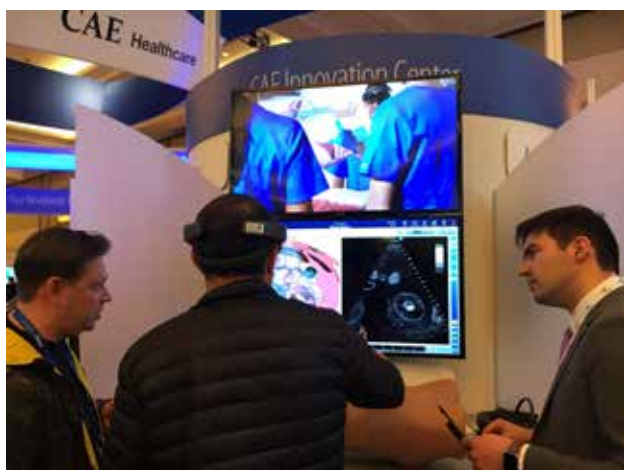
Наряду с перечисленными выше, в ближайшем буду-



Анализ движений с помощью устройства Kinect. 2010 г.



Пример виртуального симулятора на экране планшета. Обучающая программа за счет активных элементов повышает наглядность и эффективность процесса обучения. 2013 г.



Моделирование виртуально дополненной реальности - пользователь видит спроецированные на реальные объекты дополнительные, виртуальные образы. Компания CAE Healthcare демонстрирует систему обучения ультразвуковой диагностике, основанную на технологии виртуальной и виртуально дополненной реальностей (Vimedix + HoloLens). 2017 г.

щем следует ожидать появления систем, в которых будут задействованы и другие виды чувствительности:

- В дополнение к видео, аудио и тактильным сигналам появляются также эквиbrioцептивные (осознание положения тела) или термоцептивные ощущения (восприятие наощупь надлежущей температуры виртуальных объектов, например, органов человека).
- Четыре компонента, воспринимаемые органами чувств: изображение, звук, осязание, тактильность плюс обоняние либо вкусовые ощущения.
- Задействованы все органы чувств без исключения.

В исследованиях, посвященных виртуальной реальности, часто встречается термин «иммерсия» или «эффект погружения». Под этим термином подразумевается состояние индивидуума, прошедшего границу перехода сред, из реальной среды погрузившегося в виртуальный мир. И как в реальной жизни можно погрузить в воду лишь кончик пальца или руку, а



Виртуальный симулятор, с помощью которого Американское общество анестезиологов планирует проводить аккредитацию врачей: не столь важно достоверное воспроизведение внешнего вида пациентов, сколько точное моделирование его физиологии и отклика на вводимые лекарственные препараты. 2017 г.

можно нырнуть в нее с головой, так и применительно к виртуальной реальности выделяют различные виды иммерсии – когнитивную, эмоциональную, сенсомоторную, пространственную (cognitive, emotional, sensory-motoric, spatial immersion) [5, 6], отражающие степень глубины эффекта погружения, в связи с чем, на наш взгляд, имеет смысл говорить о составляющих, о компонентах иммерсии.

- *Когнитивный (или стратегический)* компонент иммерсии возникает при обдумывании стратегии действий, например, в ходе постановки диагноза и принятия клинических решений лечения виртуального пациента. Для создания подобной иммерсии необязательно использование сложных высокотехнологических интерфейсов – достаточно обычного экранного симулятора, так называемой «Стратегии». Классический пример когнитивной иммерсии - отстраненное, сосредоточенное состояние гроссмейстеров в ходе напряженной шахматной партии.



На конференции IMSH-2017 посетительница полностью погружена в виртуальный мир. Орландо, 2017 г.



Студенты Первого МГМУ им. И.М. Сеченова знакомятся с виртуальным пациентом BodyInteract. 2016 г.



На смену деловым играм и бизнес-кейсам приходят виртуальные стратегии. «Симулятор поликлиники» - пример многопользовательского игрового ролевого симулятора управления ресурсами городской поликлиники, предназначенного для обучения организаторов здравоохранения навыкам управления ресурсами медицинского учреждения. Разработан кафедрой общественного здоровья и здравоохранения МГМСУ им.А.И.Евдокимова. 2016 г.



Королевский колледж хирургов в Ирландии (RCSI) разработал первую в мире виртуальную программу подготовки медперсонала хирургического приемного покоя ER VR (Emergency Room VR), где в виртуальной среде происходит отработка диагностики и принятия клинических решений при травмах и иных жизнеугрожающих состояниях. 2015 г.

- **Эмоциональный (или описательный)** компонент обеспечивается захватывающим сюжетом, сценарием и введением в виртуальную симуляцию релевантных элементов окружающей среды, за счет чего обучаемый вовлекается в некий сюжет, ощущает свою причастность к происходящему, вживается в роль.
- **Сенсомоторный (или тактический)** компонент иммерсии проявляется при отработке практических навыков, когда от обучаемого требуется быстрое и умелое взаимодействие с виртуальной средой. В ряде ситуаций, когда учебной задачей является тренинг сложного навыка, например, отработка эндохирургического шва, всё внимание обучаемого поглощено физическим взаимодействием с виртуальным объектом. Данный вид погружения предъявляет весьма высокие требования к технологическому уровню конструкции симулятора. Эффект погружения немедленно пропадает, если «картинка тормозит» или нереалистично воспроизводятся ткани на ощупь.
- **Пространственный** компонент иммерсии проявляется ощущением полного, глобального слияния с симулированным миром, собственного физического перехода из реальности в виртуальность, подобно Алисе, провалившейся в Страну Чудес. Как и для сенсомоторной, достижение пространственной иммерсии обеспечивается не столько контентом, сколько качеством его моделирования, а это напрямую зависит от уровня используемых технологических решений: виртуальные шлемы, гаптические устройства, интерактивные перчатки и целые костюмы. Реализовав сенсомоторный и пространственный компоненты иммерсии разработчик получает безграничные возможности в реализации учебных программ любого уровня, вплоть до масштабных тренингов с отработкой командного взаимодействия по сценариям типа «Скорая помощь», «Экстренная трепанация черепа» или «Аортокоронарное шунтирование».



Реальный робот-симулятор пациента имеет физиологию, существующую только в виртуальном мире. ЦГМА УДП РФ. 2011 г.



Больничный магнат (Hospital Tycoon, 2007 г.) - это симуляционная видео-игра, ставшая прототипом для ряда серьезных проектов, в том числе и Российских, посвященных стратегиям управления больницы и деятельности врачей частной практики.

КЛАССИФИКАЦИЯ СИМУЛЯТОРОВ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

С учетом роста реалистичности симуляции, решаемых учебных задач и сложности используемых технологических решений, а, главное, степени вовлеченности обучаемого в смоделированную виртуальную среду и уровня взаимодействия с ее элементами, виртуальные симуляторы можно разделить на следующие пять уровней:

0 уровень. Пассивный виртуальный симулятор

В устройстве этого уровня воспроизводятся изображения и могут генерироваться звуки. Моделированная среда никак не взаимодействует с пользователем. Содержащиеся в ней элементы пассивны, а взаимодействие обучаемого с виртуальной средой нулевое, обучаемый может лишь пассивно рассматривать на экране виртуальные объекты, образы и явления и/или прослушивать звуки. Действия обучаемого не определяются, поэтому система оценки отсутствует. В медицинском обучении на данном уровне представлены виртуальные курсы по усвоению теоретического материала, в ходе которых от обучаемых не требуется взаимодействия с симулятором. Пример: виртуальный информационный ролик, демонстрирующий пациенту ход предстоящего оперативного вмешательства.

1 уровень. Активный

Виртуальные симуляторы данной группы содержат как пассивные, так и активные элементы, за счет которых виртуальная среда побуждает обучаемого к действию, однако сама при этом остается неизменной. Имитируются зрительные образы и акустические сигналы. Наличие системы оценки действий обучаемого возможно, но необязательно. На этом уровне представлены симуляторы, посвященные доклиническим и клиническим дисциплинам, побуждающие обучаемого к элементарным действиям, которые можно оценить. Пример: устройства для изучения анатомии в виртуальной реальности.

2 уровень. Интерактивный

Как и в предыдущей группе интерактивные виртуальные симуляторы могут воспроизводить изображения и звуки, однако к пассивным и активным элементам присоединяются интерактивные. Это помимо реакции виртуальной среды обеспечивает ее изменение под воздействием активности обучаемого. Такая трансформация виртуальных объектов и других элементов смоделированной реальности вследствие действий обучаемого наблюдается как на данном, так и на двух последующих уровнях. Также, начиная с этого уровня, обязательно наличие системы оценки действий обучаемого. Здесь можно наблюдать начальные формы иммерсии – когнитивную и эмоциональную, однако это не является всесторонним, полным эффектом погружения в общепринятом значении, это скорее некий «эффект присутствия», сопричастности. На этом уровне представлены, Примеры: Виртуальный пациент - постановка диагноза, принятие клинических решений, динамика состояния в ходе лечения; Виртуальная клиника – принятие управленческих решений, стратегия администрирования ЛПУ.

3 уровень. Иммерсионный

В этой группе СВР помимо изображения и звука задействованы тактильные и проприоцептивные ощущения обучаемого. Это, а также использование объемного изображения повышает степень вовлечения обучаемого в виртуальный мир до такой степени, что возникает «эффект погружения», иммерсии. Этот эффект становится возможен за счет использования более сложного пользовательского интерфейса ввода данных (с помощью жестов, речи, датчиков движения, давления, растяжения) и имитации виртуальной среды (3D-экраны, очки виртуальной и виртуально дополненной реальности, виртуальные шлемы, гаптические эффекторы). Помимо пассивных, активных и интерактивных здесь могут использоваться и суперактивные элементы. Примером иммерсионного уровня могут служить виртуальные тренажеры практических навыков, например, лапароскопические виртуальные симуляторы с обратной тактильной связью, реалистично воспроизводящие ход эндохирургических вмешательств.

4 высший уровень. Глобальный

За счет задействования всех без исключения органов чувств эффект погружения достигается практически на 100%. В ходе симуляционного занятия обучаемый полностью отключается от окружающего мира, который подменяется реальностью виртуальной. Ни один из его органов чувств, ни одна рецепторная система, включая терморецептивную и эквиорицептивную, не получают сигналов от реального мира. Всё происходящее вокруг – визуальный ряд, звуки, шумы, вкус, цвет, запах, касание и движение – все окружающие сигналы моделируются компьютерной программой. Реальность вокруг перестает существовать, а вместо «эффекта погружения» можно говорить об эффекте «глобального растворения», когда человек ощущает свое присутствие в виртуальном мире. При должной реалистичности проработки дидактического контента и его виртуального воплощения практический опыт и эмоциональные переживания, полученные в глобальной виртуальной среде, должны максимально соответствовать реальному практическому опыту. Взаимодействие с виртуальной реальностью осуществляется с помощью тех же интерфейсов, что и в реальной среде, например, с виртуальным пациентом ведется беседа (голосовые команды), управление виртуальной медицинской аппаратурой осуществляется кнопками или с сенсорного экрана, а ткани ушиваются с помощью виртуальной иглы и иглодержателя (воспроизводится с помощью гаптических устройств с обратной связью). Такие системы уже применяются в авиации, военном и космическом деле, но в медицинском обучении существуют пока лишь на стадии экспериментальных разработок. Наиболее востребованным глобальный уровень окажется при реализации комплексных учебных программ, когда обучающий сможет одновременно отрабатывать различные аспекты профессиональной деятельности – принятие клинических решений, выполнение манипуляций, управление ресурсами в кризисе, командное взаимодействие.

Основные признаки и характеристики уровней СВР приведены в таблице ниже.

Классификация симуляторов виртуальной реальности

Уровень	Интерфейс	Элементы	Иммерсия	Моделирование	Взаимодействие
0. Пассивный	Ввод: клавиатура, мышь, сенсорный экран Вывод: экран	Пассивные	Нет	Изображение, звук	Взаимодействия нет
Уровень	Интерфейс	Элементы	Иммерсия	Моделирование	Взаимодействие
1. Активный	Ввод: клавиатура, мышь, сенсорный экран Вывод: экран	Пассивные, активные	Нет	Изображение, звук	Виртуальная среда реагирует на действия обучаемого, но остается неизменной. Возможно наличие системы оценки.
Уровень	Интерфейс	Элементы	Иммерсия	Моделирование	Взаимодействие
2. Интерактивный	Ввод: клавиатура, мышь, сенсорный экран, речь, жесты Вывод: 2D- и 3D-экран, виртуальные очки	Пассивные, активные, интерактивные	Когнитивная, эмоциональная	Изображение, звук	Виртуальная среда динамична и интерактивна - не только реагирует на действия обучаемого, но и трансформируется вследствие его действий (2, 3, 4). Здесь и далее обязательна система оценки
Уровень	Интерфейс	Элементы	Иммерсия	Моделирование	Взаимодействие
3. Иммерсионный	Ввод: клавиатура, мышь, сенсорный экран, речь, жесты, датчики движения, давления Вывод: 2D- и 3D-экран, виртуальные очки, гаптические устройства	Пассивные, активные, интерактивные и суперактивные	Когнитивная, эмоциональная, сенсорная	Изображение, звук, тактильные и проприоцептивные сигналы	Изменение виртуальных объектов вследствие действий обучаемого и обратное воздействие виртуальной среды на реальную. Наблюдается эффект погружения в виртуальную среду («иммерсия»).
Уровень	Интерфейс	Элементы	Иммерсия	Моделирование	Взаимодействие
4. Глобальный	Ввод: устройства распознавания речевых и двигательных команд, выполняемых манипуляций Вывод: виртуальный шлем, комплексные гаптические устройства, имитаторы изменения тела в пространстве, генераторы запахов	Все четыре типа элементов обеспечивают 100% подмену окружающей среды виртуальной	Когнитивная, эмоциональная, сенсорная, пространственная	Моделируемые сигналы воспринимаются всеми органами чувств	В ощущениях обучаемого реальная среда перестает существовать, а погружение в виртуальную среду сменяется растворением, глобальным слиянием с ней.

ОБСУЖДЕНИЕ

Подробно рассмотрев выше устройство, технологии, типы и классификацию симуляторов виртуальной реальности можно сформулировать ряд преимуществ виртуального симуляционного обучения перед традиционными формами освоения теоретических знаний и приобретения практического мастерства. Некоторые из них сходны с таковыми, перечисленными ранее для симуляционного обучения в целом [8, 9], другие же являются уникальными и присущи только обучению в виртуальной среде.

Преимущества обучения с помощью симуляторов виртуальной реальности:

Знания и практический опыт приобретаются в *безопасной* для обучаемого и пациента среде. Пациент не страдает от неумелых действий обучаемого, а студент, в свою очередь, защищен от возможных внешних угроз – инфекций, повреждений, агрессивного поведения пациентов и их родственников.

Несмотря на отсутствие риска и ассоциированного с ним стресса, виртуальное обучение является высоко *эмоциональным* и *эмпатичным*, что глубоко отпечатывается в памяти приобретенные навыки и опыт.

Учебная среда *стандартизированная* и *воспроизводимая*, что чрезвычайно важно для организации учебного процесса в масштабах всей страны.

Учебная среда полностью *контролируемая* преподавателем и/или обучаемым.

Выбор клинических ситуаций лимитирован лишь волей преподавателя – с помощью ВР без ограничений могут воспроизводиться любые *варианты* анатомии, редко встречающиеся патологии, жизнеугрожающие состояния.

Эксплуатационные расходы близки к нулю. Однажды созданный виртуальный клинический сценарий может бесконечно много раз воспроизводиться и повторяться, за редким исключением не требуя замены расходных материалов, заправки картриджей, зарядки батарей, смены бумаги, пополнения лекарств.

В центре внимания учебного процесса с помощью СВР является *обучаемый* (learner-centered education). Сдвиг центра внимания с преподавателя на обучаемого положительно мотивирует последнего и, в свою очередь, побуждает его к активному участию в учебном процессе – в такой модели обучения невозможно пассивно отсиживать часы на лекциях, переходя с курса на курс.

Управление, контроль над учебным процессом могут быть частично или полностью делегированы обучаемому: темп, интенсивность, объем, глубина, направление, самооценка. Время, а иногда и место тренинга обучаемый может выбрать для себя сам, независимо от часов работы клиники, кафедры или преподавателя.

Число повторов манипуляции или подходов к решению клинических задач *неограниченно*. Таким образом, студент многократно отрабатывает сложную манипуляцию в ВР в соответствии с принципом «Осознанной практики» (Deliberate Practice), подобно тому, как музыкант играет гаммы, совершенствуя свою технику.

Обучение с помощью СВР ведется согласно *Модели экспериментального обучения* Д. Кольба - Experimental Learning Model, David Kolb, 1984 [7], что более эффективно для усвоения учебного материала, нежели чтение учебников или прослушивание лекций.

Использование СВР позволяет создавать *проблемно-ориентированный* учебный процесс, где в качестве учебной задачи формулируется разрешение определенной ситуации – постановка диагноза, реанимация пострадавшего, удаление опухоли, повышение эффективности использования коечного фонда.

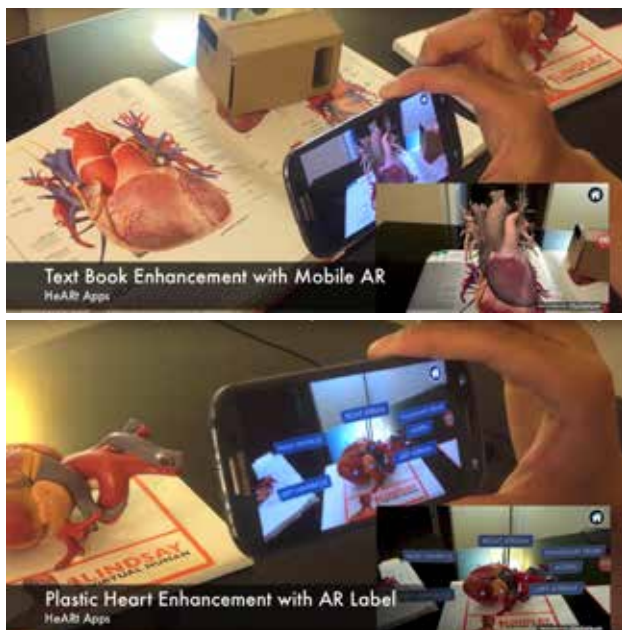
Оценка уровня практического мастерства или приобретенных знаний ведется на основе сочетания множества *объективных* параметров. Такая оценка является не только объективной, но и валидной и надежной.

Обучение на виртуальном симуляторе дает возможность *рефлексии* учебного процесса, осмысления полученного в виртуальной реальности практического опыта – вспомнить, выявить и проанализировать свои действия, оценить продемонстрированные результаты и скорректировать дальнейший учебный процесс.

Постоянная *обратная связь* с оценкой уровня знаний и умений позволяет строить прогрессию учебного процесса индивидуально, по достижении установленного уровня - Proficiency-Based-Progression. На учебу отводится ровно столько времени, сколько необходимо данному студенту, без оглядки на других обучаемых и «выделенные учебные часы».

В свою очередь, привязка учебной траектории к результатам конкретного индивидуума и введение минимального порогового значения («проходного балла») позволяет по завершении учебной программы в виртуальной реальности *гарантировать* надлежащий уровень компетенции.

Обучение в виртуальной среде является *преподаватель-замещающей* технологией. Сегодня мы воспринимаем как должное, что при чтении учебника или просмотре учебного фильма не требуется присутствие преподавателя и студент приходит на семинар уже самостоятельно усвоив определенный материал по теме предстоящего занятия. А завтра нас не будет удивлять, что в клинику приходит студент, уже освоивший базовые навыки эндохирургии, аускультативные признаки патологии легких или азы сонографии пороков сердца с помощью виртуального тьютора. Преподаватель будет играть роль наставника, советника, эксперта.



Обучение в виртуальной среде возможно группами, причем количество участников и их географическая отдаленность не имеют значения. В этом случае возникают целые социальные сети, объединенные единой целью или решением единой учебной задачи (MUVE, Multi User Virtual Environment - Online Chat). Возникающий *социальный* компонент, социальные взаимоотношения помогают сообща находить ответы на сложные вопросы, участники могут делиться опытом, давать советы, рекомендации, оставлять отзывы, совместно участвовать в виртуальном командном

Преимущества обучения в виртуальной реальности

- Обучение в безопасной для обучаемого и пациента среде.
- Высокая эмоциональность обучения.
- Контролируемая, стандартизированная, воспроизводимая учебная среда.
- Возможность воспроизведения редких вариантов анатомии, патологий, жизнеугрожающих состояний.
- Эксплуатационные расходы близки к нулю.
- Обучаемый – в центре учебного процесса.
- Обучаемый управляет учебным процессом.
- Отработка манипуляций ведется по принципам осознанной практики.
- Используется модель экспериментального обучения.
- Учебный процесс проблемно ориентирован.
- Оценка теоретического и практического уровня объективная, валидная, надежная.
- Обеспечивается рефлексия учебного процесса.
- Продвижение по курсу ведется на основе компетенции.
- Гарантия достижения установленного уровня знаний и мастерства.
- Преподаватель-замещающая технология.
- Возможно групповое, социальное обучение.
- Быстрая смена ролей.
- Применение в практике, экспертизе, медицинских исследованиях и практике.



С помощью мобильных приложений можно изучать анатомию, виртуально дополняя иллюстрации анатомического атласа или обычной пластмассовой анатомической модели. А используя простейшие виртуальные очки студент попадает в полость объемной модели сердца, буквально проплывая мимо структур предсердия и желудочка. Калгари, Канада. 2015 г.

тренинге. Возможно внедрение соревновательной составляющей.

В виртуальном тренинге обучаемый может играть роль, которую в жизни ему играть не пока не дадут – студент может оценить себя в роли главного врача, хирурга, эндоскописта и т.п. Этими ролями легко меняться, что позволяет прочувствовать себя на месте других членов медицинского коллектива.

Виртуальная реальность дает дополнительные возможности не только в обучении, но и в медицинской науке и практике – можно воспроизвести критическую ситуацию для ее анализа и выявления ошибок, тестировать новые клинические методики в безопасной симуляционной среде (оборудование, методики, протоколы, препараты), предварительно провести оперативное вмешательство на виртуальной модели анатомии реального пациента.

Недостатки обучения в виртуальной реальности.

Помимо очевидных существенных плюсов, перечисленных выше, обучение с применением симуляторов виртуальной среды также имеет и определенные недостатки.



Виртуальный тренажер по оперативной травматологии VirtuOrth. ВМА им. С.М. Кирова. 2015 г.

Одним из главных из них на сегодняшний момент является недостаточная реалистичность СВР. Обычно отсутствие детального «жизненного» сходства не препятствует решению основной задачи – достижению учебных целей, однако оно мешает эмоциональному восприятию, степени доверия преподавателя и студента к данной технологии. Им приходится себя переубеждать, заставить «поверить» в достоверность тренинга и эффективность методики.

Высокая стоимость разработки программного продукта. Иногда проще и дешевле слепить модель из пластилина или склеить из папье-маше, особенно если не предполагается многократного ее использования. Высокая стоимость начальных инвестиций. Во многих виртуальных симуляторах используются высокотехнологичные компоненты интерфейса, зачастую изготовленные в штучных количествах, да и программы распространяются в мире сотнями копий, а не сотнями миллионов, подобно обычным мобильным приложениям. Все это ведет к росту стоимости данного вида учебных пособий.

Работа на СВР требует определенной подготовки – необходимо пройти инструктаж, научиться работать на них, включать, выключать, редактировать сценарии, экспортировать результаты тестирования и т. д. Подобная активность далека от привычных профессиональных действий и для некоторых преподавателей работа в виртуальном мире оказывается слишком сложной, несовместимой с их реальным миром. Некоторые из высоко реалистичных СВР представляют собой сложное программно-аппаратное устройство, требующее технической поддержки и системного администрирования, что влечет за собой определенные административные и ресурсные издержки.

Большинство СВР – инновационные изделия, появившиеся в медицинском обучении совсем недавно. Для многих из них невелика доказательная база, их валидность недостаточно исследована.

Таким образом, подготовка медицинских кадров с помощью виртуальных методик имеет как положительные, так и отрицательные стороны, однако в целом, является весьма перспективным, многообещающим направлением. Все больше практических навыков выполнения медицинских манипуляций и усвоение теоретической базы доклинических и клинических дисциплин осуществляется с помощью виртуальных симуляционных технологий. Чем сложнее поставленная учебная задача, тем выше должен быть уровень СВР в устройстве, используемом для ее эффективного решения. Примеры такого обучения становятся с каждым годом все более многочисленными, получая свое практическое воплощение в постоянно растущем числе учебных программ и курсов, реализуемых на виртуальных симуляционных устройствах.

ВЫВОДЫ

Симуляторы виртуальной реальности имеют обширные многообещающие перспективы внедрения в медицинское обучение.

Рассмотрены типы элементов виртуальных симуляторов: пассивные, активные, интерактивные и суперактивные.

Разработана классификация симуляторов виртуальной реальности, основанная на уровне взаимодействия обучаемого с виртуальной средой и степени вовлечения в нее: 0 уровень, Пассивный; 1. Активный; 2. Интерактивный; 3. Иммерсионный; 4. Глобальный.

По мере усложнения учебных задач для их решения следует использовать более высокий уровень СВР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gaba DM. The future vision of simulation in health care // Quality and Safety in Health Care 2004; 13 (Suppl 1): i2–i10. doi: 10.1136/qshc.2004.009878
2. Alinier G. A typology of educationally focused medical simulation tools // Medical Teacher. 2007 Oct;29(8):e243-50. doi: 10.1080/01421590701551185.
3. Горшков М.Д., Федоров А.В. Классификация симуляционного оборудования // Виртуальные технологии в медицине. 2012. N2(8). С.23—35
4. Meller G. A typology of simulators for medical education // Journal of Digital Imaging. 1997 Aug;10 (3 Suppl 1): 194-6.
5. Adams EW. Postmodernism and the Three Types of Immersion. 2004. 9 июня. URL: http://designersnotebook.com/Columns/063_Postmodernism/063_postmodernism.htm (дата обращения: 22.02.2017)
6. Bjork S, Holopainen J. Patterns in Game Design. Charles River Media, 2005. P.423
7. Kolb, D. Experiential Learning: experience as the source of learning and development. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 1984. p. 217.
8. Горшков М.Д., Никитенко А.И. Применения виртуальных симуляторов в обучении эндохирургов – обзор российского и мирового опыта // Виртуальные технологии в медицине. – 2009. – №1 (1). – С. 15-18
9. Симуляционное обучение в медицине. Под редакцией Свистунова А.А. Составитель Горшков М.Д. – Москва: Издательство Первого МГМУ им. И.М. Сеченова, 2013



Виртуальный тренажер микрохирургии глаза EYESI. МСЦ Боткинской больницы. 2016 г.