

А.Б. Баймаханова^{1*}, Л.Б. Рахимжанова¹, А.А. Белходжаев¹

¹ Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
*e-mail: aigul.b@internet.ru

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ БУДУЩИХ МЕДИКОВ КОМПЬЮТЕРНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ

Аннотация

Актуальность проблемы использования компьютерного моделирования в медицинском образовании обусловлена стремительными изменениями в современной медицине и требованиями к подготовке медицинских специалистов. Целью данного исследования является исследование эффективных методов внедрения компьютерного моделирования в образовательный процесс медицинских учебных заведений. Для достижения поставленной цели были использованы методы анализа, синтеза, обобщения и систематизации. Результаты исследования выявили ключевые этапы обучения компьютерному моделированию в медицинском образовании, охватывающие теоретические лекции, практические занятия, лабораторные работы, специализированные стажировки, проекты и исследования, а также междисциплинарное обучение. Теоретические лекции предоставляют фундаментальные знания о принципах компьютерного моделирования, включая анатомию, физиологию и математические принципы. Практические занятия и лабораторные работы позволяют студентам овладеть навыками работы с программными средствами и создания виртуальных моделей органов. Специализированные стажировки предоставляют возможность применения полученных навыков в реальных клинических условиях. Участие в проектах и исследованиях направлено на применение компьютерного моделирования в решении клинических задач, а междисциплинарное обучение формирует комплексное понимание методов в медицинской науке. Эти результаты подчеркивают необходимость системного и фундаментального подхода к обучению компьютерному моделированию в медицинском образовании. Интеграция обучения компьютерному моделированию в учебные программы медицинских учебных заведений требует системного подхода, включая как теоретические основы, так и практические занятия, а также стажировки в специализированных медицинских центрах. Практическое значение исследования заключается в обосновании эффективных методов обучения компьютерному моделированию в медицинском образовании, способствуя улучшению подготовки медицинского персонала через внедрение инновационных образовательных инструментов и акцент на практических навыках.

Ключевые слова: медицинское образование, виртуальная реальность, междисциплинарный подход, педагогические методы, компьютерное моделирование.

А.Б. Баймаханова¹, Л.Б. Рахимжанова¹, А.А. Белходжаев¹

¹әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

БОЛАШАҚ ДӘРІГЕРЛЕРДІ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУГЕ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІНІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Аңдатпа

Медициналық білім беруде компьютерлік модельдеуді қолдану проблемасының өзектілігі қазіргі заманғы медицинадағы жедел өзгерістерге және медициналық мамандарды даярлауға қойылатын талаптарға байланысты. Бұл зерттеудің мақсаты медициналық оқу орындарының білім беру процесіне компьютерлік модельдеуді енгізудің тиімді әдістерін зерттеу болып табылады. Мақсатқа жету үшін талдау, синтездеу, жалпылау және жүйелеу әдістері қолданылды. Зерттеу нәтижелері теориялық дәрістерді, практикалық сабақтарды, зертханалық жұмыстарды, мамандандырылған тағылымдамаларды, жобалар мен зерттеулерді және көп салалы оқытуды қамтитын медициналық білім берудегі компьютерлік модельдеуді оқытудың негізгі кезеңдерін анықтады. Теориялық дәрістер анатомия, физиология және математикалық принциптерді қоса алғанда, компьютерлік модельдеу принциптері туралы іргелі білім береді. Практикалық сабақтар мен зертханалық жұмыстар

студенттерге бағдарламалық құралдармен жұмыс істеу және органдардың виртуалды модельдерін жасау дағдыларын игеруге мүмкіндік береді. Мамандандырылған тағылымдамалар алған дағдыларды нақты клиникалық жағдайларда қолдануға мүмкіндік береді. Жобалар мен зерттеулерге қатысу клиникалық мәселелерді шешуде компьютерлік модельдеуді қолдануға бағытталған, ал көпсалалы оқыту медицина ғылымындағы әдістерді жан-жақты түсінуді қалыптастырады. Бұл нәтижелер медициналық білім беруде компьютерлік модельдеуді оқытудың жүйелі және іргелі тәсілінің қажеттілігін көрсетеді. Компьютерлік модельдеу бойынша оқытуды медициналық оқу орындарының оқу бағдарламаларына интеграциялау теориялық негіздерді де, практикалық сабақтарды да, мамандандырылған медициналық орталықтарда тағылымдамадан өтуді де қоса алғанда, жүйелі тәсілді қажет етеді. Зерттеудің практикалық маңыздылығы инновациялық білім беру құралдарын енгізу және практикалық дағдыларға баса назар аудару арқылы медициналық персоналды даярлауды жақсартуға ықпал ете отырып, медициналық білім беруде компьютерлік модельдеуді оқытудың тиімді әдістерін негіздеу болып табылады.

Түйін сөздер: медициналық білім, виртуалды шындық, пәнаралық тәсіл, педагогикалық әдістер, компьютерлік модельдеу.

A. Baimakhanova¹, L. Rakhimzhanova¹, A. Belkhodzhayev¹
¹al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

FEATURES OF THE METHODOLOGY FOR TRAINING FUTURE MEDICINES IN COMPUTER MODELING

Abstract

The relevance of the problem of using computer modelling in medical education is due to the rapid changes in modern medicine and the requirements for the training of medical specialists. The aim of this study is to investigate effective methods of introducing computer modelling in the educational process of medical schools. The methods of analysis, synthesis, generalisation and systematisation were used to achieve the goal. The results of the study revealed the key stages of computer simulation training in medical education, covering theoretical lectures, practical classes, laboratory work, specialised internships, projects and research, and multidisciplinary training. Theoretical lectures provide fundamental knowledge of computer modelling principles including anatomy, physiology and mathematical principles. Practical classes and laboratory work enable students to master the skills of working with software tools and creating virtual organ models. Specialised internships provide opportunities to apply the skills learnt in real clinical settings. Participation in projects and research focuses on the application of computational modelling to clinical problems, and multidisciplinary training develops a comprehensive understanding of methods in medical science. These results highlight the need for a systematic and fundamental approach to computer simulation training in medical education. The integration of computer simulation training into the curricula of medical schools requires a systematic approach, including both theoretical foundations and practical training, as well as internships in specialised medical centres. The practical significance of the study lies in the substantiation of effective methods of computer simulation training in medical education, contributing to the improvement of medical staff training through the introduction of innovative educational tools and emphasis on practical skills.

Keywords: medical education, virtual reality, interdisciplinary approach, pedagogical methods, computer modelling.

Основные положения

Главная идея исследования заключается в совершенствовании применения информационных технологий в учебном процессе будущих медиков, путем развития межпредметной связи информатики и анатомии, в частности изучение компьютерного моделирования мочеполовой системы анатомии человека и создания 3D модели для использования дополненной реальности.

В ходе исследования получены следующие результаты: теоретическое обоснование необходимости совершенствования методической системы с развитием межпредметной связи курсов Информатики и Анатомии при обучении компьютерному моделированию будущих медиков; разработана методика обучения элективному курсу «Компьютерное моделирование анатомии тела», определена цель, содержание, формы, методы и средства обучения.

Введение

В современном медицинском образовании и практике наблюдается стремительное внедрение современных технологий компьютерного моделирования, предоставляющих уникальные возможности для улучшения диагностики, лечения и обучения медицинских специалистов. Развитие вычислительных технологий, в том числе методов искусственного интеллекта и виртуальной реальности, привнесло новые подходы к созданию виртуальных моделей органов и систем, симуляции процессов заболеваний, а также персонализированному моделированию пациентов. Эти инновационные методы не только повышают точность диагностики и эффективность лечения, но также предоставляют уникальные возможности для обучения медицинского персонала. В свете данного контекста необходимо провести глубокое исследование в области обучения компьютерному моделированию в медицинском образовании, чтобы понять актуальные вызовы, достижения и потенциал данного подхода. Проблематика исследования заключается в необходимости разработки эффективных методов обучения, которые обеспечат устойчивое усвоение студентами теоретических аспектов, систематизацию практических навыков и глубокое понимание методов компьютерного моделирования в контексте медицинских приложений.

D. Li и соавторы [1] исследовали развитие технологий виртуальной реальности в медицинском образовании и лечении в Китае. Они создали интегрированные модели, включая строение желудка, патологии, фармакологические процессы и клинические сценарии. Исследование подчеркивает улучшение качества медицинского образования, обновление подходов и потенциал трехмерных моделей для будущей медицины.

T. Hewson с соавторами [2] провели симуляционное обучение для повышения уверенности и компетентности молодых врачей в психиатрии. Участники, выполняя сценарии, получили персонализированную обратную связь. После сессии уверенность в навыках значительно увеличилась. Участники выделили "интерактивность", актуальность и "реалистичность" сценариев как наиболее приятные аспекты обучения.

Исследование, проведенное М.И. Шведом и соавторами [3], оценивает эффективность методик обучения для формирования профессиональной компетентности будущих медиков в неотложной медицинской помощи. Результаты указывают на важность коммуникативной компетентности студентов-магистров, формирование которой достигается через взаимодействие с преподавателями и использование интерактивных методов обучения, таких как учебные дискуссии, игровые методы и групповые проекты.

D. Edwards и соавторы [4] в своей работе рассматривают технологию трехмерной печати (3D) для создания индивидуальных структур на основе цифровых моделей пациентов. Они подчеркивают ее широкое применение в инженерии, архитектуре и медицине, особенно в стоматологии и регенеративной медицине, где она используется для создания на заказ малых имплантатов и биопечати органов.

Исследование Vázquez-Serrano *et al.* [5] охватывает 231 статью о применении моделирования дискретно-событийных ситуаций (DES) в здравоохранении. Более 2/3 статей рассматривают модели, включающие DES в сочетании с другими методами. Применения DES в различных областях здравоохранения, преимущественно в отделениях неотложной помощи, составляют треть всех случаев. Основное направление — улучшение временных и эффективностных показателей. Однако менее 10% применений DES реализованы после моделирования, подчеркивая необходимость фокуса на внедрении и оценке воздействия моделей в будущих исследованиях.

Исследование L. Lyu *et al.* [6] анализирует развитие вычислительной медицины, выделяя ее в качестве области, использующей компьютерные модели для симуляции болезней и лечения. Авторы подчеркивают важность алгоритмов и графических процессоров, расширяющих применение вычислительных технологий в медицине, и обсуждают потенциал компьютерного видения в клинических исследованиях. Исследование включает анализ истории развития, представление глобального прогресса в вычислительной медицине, обсуждение клинических

применений, выявление проблем и ограничений, а также прогнозы, включая вычислительную китайскую медицину.

В вышеупомянутых исследованиях не были рассмотрены аспекты, связанные с интеграцией искусственного интеллекта в компьютерное моделирование в медицине, а также потенциал автоматизации процессов анализа медицинских данных с использованием современных технологий. Кроме того, остаются вопросы в области оценки воздействия моделей, разработки эффективных методов обучения для повышения компьютерной компетентности студентов и преподавателей в медицинском образовании, а также внедрения и оценки воздействия моделей в реальной клинической практике. Исходя из этого, целью исследования является выявление эффективных методов интеграции компьютерного моделирования в образовательный процесс медицинских учебных заведений с целью повышения качества подготовки будущих медицинских специалистов.

Методология исследования

Данное исследование было направлено на изучение эффективных методов внедрения компьютерного моделирования в медицинское образование, анализируя актуальные научные труды и выделяя принципы, способствующие успешному интегрированию этой технологии в образовательный процесс медицинских учебных заведений. Для достижения цели были использованы следующие методы: анализ, синтез, обобщение и систематизация.

Метод анализа был использован для критической оценки предшествующих научных трудов в области применения компьютерного моделирования в медицинском образовании. Путем систематического рассмотрения и анализа результатов предыдущих исследований выявлялись ключевые тенденции, преимущества и ограничения использования компьютерных технологий в обучении медицинских кадров. Этот метод позволил провести детальное изучение имеющейся литературы и выделить релевантные аспекты для формирования основы исследования. Аналитический подход позволил не только выделить основные тенденции, преимущества и ограничения в использовании компьютерных технологий в обучении, но и обосновать выбор направлений для последующего исследования. Таким образом, использование метода анализа обусловлено его эффективностью в проведении глубокого и системного анализа предшествующих исследований, что является ключевым компонентом формирования теоретической базы данного исследования.

Метод синтеза применялся для объединения разнообразных данных и концепций, выявленных в ходе анализа, с целью формирования обобщенного представления о современных тенденциях в области обучения медицинских работников с использованием компьютерного моделирования. Анализ предшествующих исследований, проведенных в данной области, стал основой для синтеза данных, позволяя выявить ключевые аспекты и создать комплексное представление о роли и актуальности компьютерного моделирования в медицинском образовании. Путем интеграции результатов предыдущих исследований создавались синтетические модели и концепции, отражающие сущность и актуальность компьютерного моделирования в современном медицинском образовании. Этот метод позволил выделить ключевые аспекты и создать целостное представление о состоянии данной области. Синтезирование данных позволило увидеть взаимосвязи и важные закономерности, создавая более глубокое понимание современного состояния обучения медицинских кадров с использованием компьютерного моделирования.

Метод обобщения применялся для выделения основных закономерностей, характеризующих эффективные подходы к внедрению компьютерного моделирования в образовательный процесс медицинских учебных заведений. Путем выявления общих черт и основных тенденций в использовании компьютерных технологий в медицинском образовании формировались обобщенные выводы. Структурирование разнообразной информации способствовало формированию обобщенных выводов о эффективных подходах к внедрению компьютерного моделирования в образовательный процесс медицинских учебных заведений.

Данный метод также обеспечил лучшее понимание ключевых аспектов, способствующих успешному внедрению современных технологий в медицинское образование. Кроме того, метод обобщения дал возможность выявить практические рекомендации для эффективного интегрирования компьютерного моделирования в медицинское образование.

Метод систематизации использовался для упорядочения и классификации различных подходов к внедрению компьютерного моделирования в медицинское образование. Проанализированные данные о различных методиках, используемых в учебных программах, были структурированы по критериям и категориям. Этот метод позволил выделить основные принципы и этапы внедрения компьютерного моделирования, предоставив систематический обзор существующих подходов и их применения в медицинском образовании.

Результаты исследования

Анализ текущих методов обучения компьютерному моделированию в медицинских университетах

На нынешние методы обучения компьютерному моделированию в медицинских университетах значительное влияние оказали достижения в области современных технологий компьютерного моделирования. Эти технологии привели к появлению различных инновационных методов обучения, направленных на продвижение медицинского образования в различных формах [7]. Технология медицинского моделирования становится все более сложной с точки зрения функциональности и моделирования, предлагая широкий спектр возможностей для улучшения опыта преподавания и обучения в медицинских университетах [8]. Пандемия COVID-19 еще больше подчеркнула необходимость адаптации медицинского образования к новым вызовам, что привело к быстрой оцифровке учебных предложений и внедрению подходов к виртуальному обучению [9]. Этот сдвиг побудил к исследованию виртуальной реальности (VR) и ее применению в медицинском образовании, особенно в таких областях, как клиническое преподавание офтальмологии, где VR продемонстрировала значительный потенциал для воздействия на медицинское образование и ускорения передачи медицинских знаний.

В дополнение к виртуальной реальности, игровое радиологическое образование и командные соревнования в виртуальных мирах были признаны захватывающими и инновационными методами обучения с многочисленными преимуществами, включая вовлечение студентов, социальное взаимодействие и персонализированную среду обучения [10]. Кроме того, использование виртуального клинического моделирования было признано привлекательной стратегией обучения для развития дисциплинарных и гибких навыков у студентов-медиков посредством структурированной образовательной деятельности с оценкой и обратной связью [11].

Интеграция современных технологий, таких как большие данные, подходы «перевернутого класса» и преподавание с использованием моделирования сценариев, также изучалась для улучшения опыта преподавания и обучения в медицинских университетах. Исследования показали, что применение перевернутого класса с большими данными в сочетании со сценарным симуляционным обучением в медицинской клинической практике может существенно повлиять на эффективность медицинского образования [12].

Более того, использование виртуального моделирования, включая высокоточное моделирование реальных клинических сценариев на основе взрослых манекенов в виртуальной реальности, было оценено на предмет его эффективности при обучении клинической фармакологии студентам-медикам. Виртуальное моделирование определяется как интерактивное компьютерное моделирование реальных клинических сценариев медицинского обучения, преподавания или оценки, отвечающее различным требованиям обучения в медицинском образовании [13].

Существующие методы обучения компьютерному моделированию в казахстанских медицинских вузах имеют решающее значение для обеспечения получения студентами-

медиками высококачественного образования и подготовки. Обучение с помощью моделирования пропагандируется как способ предоставления медицинского образования, которое очень похоже на реальную клиническую среду, соответствует медицинской этике и использует моделируемые сценарии для тренировки и оценки различных навыков. В контексте медицинского образования было показано, что симуляционное обучение эффективно при обучении базовым навыкам по различным специальностям, включая отоларингологию [14]. Кроме того, было оценено использование учебных программ повышения квалификации, основанных на моделировании, для обучения врачей новым медицинским процедурам, что продемонстрировало их потенциальную эффективность в медицинском образовании [15].

Медицинское образование, основанное на симуляции, является широко признанным подходом, который может осуществляться как в форме обучения с низкой, так и с высокой точностью, с использованием манекенов и специальных технологий для обучения на месте. Было изучено использование высокоточных симуляторов для обучения принципам сердечно-сосудистой физиологии студентов-медиков, что продемонстрировало потенциал моделирования как эффективного инструмента обучения [16].

Была продемонстрирована эффективность учебных программ по процессуальным навыкам, основанных на симуляции, в снижении тревожности и повышении уверенности среди студентов-медиков, при этом подчеркивалось положительное влияние симуляционного обучения на психологическое благополучие студентов и развитие навыков [17]. Кроме того, оценка учебной программы, основанной на моделировании, для обучения врачей новым медицинским процедурам, подчеркивает потенциал обучения на основе моделирования в удовлетворении растущих потребностей медицинского образования.

Внедрение компьютерного моделирования в медицинском образовании сопряжено с различными проблемами и трудностями, которые необходимо решить. Быстрое развитие современных технологий компьютерного моделирования привело к увеличению передовых учебных практик, направленных на продвижение медицинского образования в различных формах. Однако интеграция виртуального моделирования в высшее медицинское образование может столкнуться с сопротивлением со стороны студентов и преподавателей из-за дискомфорта в формате виртуального обучения. Это подчеркивает необходимость поддержки преподавателей и возможностей непрерывного образования для повышения компьютерной компетентности.

В контексте обучения компьютерному моделированию оценка эффективности обучения студентов-медиков подчеркивает важность наличия хорошего преподавательского состава, интенсивного обучения, своевременной обратной связи, разработки учебных программ, интеграции реальных случаев и использования реалистичных компьютерных моделей.

Потребности будущих врачей в компетенциях, связанных с компьютерным моделированием, необходимы для подготовки студентов-медиков к удовлетворению требований развивающейся среды здравоохранения. Поскольку сфера медицины продолжает развиваться, интеграция информации и цифровых технологий, особенно в контексте компьютерного моделирования, имеет решающее значение для подготовки высококвалифицированных и конкурентоспособных врачей. Использование моделей глубокого обучения для автоматизированной оценки обучающихся во время высокоточного моделирования дает возможность повысить точность и эффективность оценки в медицинском образовании, особенно в контексте компьютерного моделирования и симуляции. Кроме того, данные о роли симуляции в медицинском образовании подчеркивают использование симуляционных технологий для расширения знаний учащихся, предоставления возможностей безопасной практики и формирования клинических навыков врачей.

Компьютерное моделирование в медицине

Современные технологии компьютерного моделирования в медицине произвели революцию в различных аспектах медицинской практики. Интеграция методов искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения в медицинскую визуализацию и диагностику показала многообещающую возможность повышения надежности и точности обнаружения очаговых поражений печени на изображениях компьютерной томографии [18].

Более того, использование искусственного интеллекта и машинного обучения распространилось на клинический анализ, где изучалось почечно-защитное действие GLP-1 на пациентов с диабетом на основе обнаружения границ, демонстрируя интеграцию искусственного интеллекта с медицинскими исследованиями и лечением [19]. Кроме того, разработка виртуальной интеллектуальной системы консультаций врачей на основе Unity3D демонстрирует непрерывную эволюцию компьютерных технологий в предоставлении практических и иммерсионных медицинских услуг, еще раз подчеркивая интеграцию передовых вычислительных технологий в оказание медицинских услуг. В современной медицине активно внедряются инновационные технологии компьютерного моделирования, предоставляющие уникальные возможности для улучшения диагностики, лечения и обучения медицинских специалистов. Эти методы выходят за рамки традиционных подходов, предоставляя врачам и исследователям инструменты для создания виртуальных моделей органов, проведения симуляций заболеваний и индивидуального моделирования пациентов. В таблице 1 представлен обзор ключевых методов компьютерного моделирования в медицине.

Таблица 1. Методы компьютерного моделирования

<i>Метод компьютерного моделирования</i>	<i>Описание</i>
<i>Моделирование органов и тканей</i>	<i>Создание высоко детализированных виртуальных моделей человеческих органов и тканей для исследования и тестирования новых методов диагностики и лечения.</i>
<i>Симуляция процессов заболеваний</i>	<i>Разработка динамических компьютерных моделей различных заболеваний, позволяющих исследовать характеристики болезней на молекулярном уровне и разрабатывать эффективные методы лечения.</i>
<i>Индивидуальное моделирование</i>	<i>Создание индивидуальных виртуальных моделей пациентов на основе их генетического кода, клинических данных и медицинских обследований для персонализированного подхода к диагностике и лечению.</i>
<i>Искусственный интеллект и машинное обучение</i>	<i>Интеграция методов искусственного интеллекта и машинного обучения для автоматизации анализа медицинских данных и улучшения точности прогнозирования.</i>
<i>Развитие виртуальной реальности</i>	<i>Применение виртуальной реальности для создания интерактивных тренировочных сред для медицинских специалистов и симуляции процедур и операций.</i>

Источник: составлено автором.

Применение технологий компьютерного моделирования в медицине предоставляет значительные преимущества. Во-первых, это способствует улучшению точности диагностики, обеспечивая более точные и быстрые методы выявления заболеваний. Во-вторых, позволяет оптимизировать стратегии лечения, предоставляя врачам инструменты для индивидуальной настройки подхода к каждому пациенту. В-третьих, использование компьютерного моделирования способствует более глубокому пониманию биологических процессов и молекулярных механизмов заболеваний. Среди вызовов, с которыми сталкивается

применение компьютерного моделирования в медицине, следует выделить сложность интеграции разнообразных данных для создания реалистичных виртуальных моделей.

Обучение компьютерному моделированию медицинских работников

Преподавание компьютерного моделирования медицинским работникам может принести пользу благодаря инновационным образовательным инструментам, таким как дополненная реальность и 3D-печать, как показано в пилотном опыте AEducaAR [20].

В контексте современного медицинского образования обучение медицинского персонала в области компьютерного моделирования представляет собой значимую проблематику, требующую системного и фундаментального рассмотрения. Эффективный процесс обучения в данной области обеспечивает устойчивое усвоение теоретических аспектов, систематизацию практических навыков и глубокое понимание методов компьютерного моделирования в контексте медицинских приложений. Основные этапы обучения представлены в таблице 2.

Таблица 2. Этапы обучения компьютерному моделированию в медицине

Этапы	Описание
Теоретические лекции	Предоставление фундаментальных знаний о принципах компьютерного моделирования, включая базовые аспекты анатомии, физиологии и математических принципов, используемых в медицинском моделировании.
Практические занятия	Овладение студентами навыками работы с современными программными средствами, используемыми для создания виртуальных моделей. Формирование практических навыков, необходимых для успешного применения моделирования в медицинской практике.
Лабораторные работы	Работа студентов над реальными кейсами, создание виртуальных моделей органов и систем, анализ результатов и формулирование практических выводов. Формирование понимания процессов компьютерного моделирования.
Специализированные стажировки	Участие студентов в стажировках в специализированных медицинских центрах, где они могут применять свои навыки в реальных клинических условиях. Обучение под руководством опытных специалистов в области компьютерного моделирования.
Проекты и исследования	Активное участие студентов в проектах и исследованиях, направленных на применение компьютерного моделирования в медицине. Это включает создание виртуальных моделей для решения клинических задач и участие в научных публикациях.
Многодисциплинарное обучение	Обучение студентов в условиях многодисциплинарного взаимодействия с представителями других медицинских и инженерных дисциплин. Формирование комплексного понимания и современных методов в медицинской науке.

Источник: составлено автором

Интеграция обучения компьютерному моделированию в учебные программы медицинских учебных заведений требует системного подхода. Элективный курс должен включать в себя как теоретические основы, так и практические лабораторные занятия.

Содержание элективного курса.

ВВЕДЕНИЕ

I. ТЕОРИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

- 1.1. История моделирования как метода познания
- 1.2. Понятие моделирования
- 1.3. Виды моделирования
- 1.4. Классификация моделей

1.5. Этапы разработки компьютерной модели

II Компьютерное моделирование внутренних органов человека.

2.1. Постановка задачи

2.2. Построение информационной модели внутренних органов человека

2.2. Построение 3D моделей на 3D MAX или (Blender)

2.3. Проверка адекватности модели

III. СОЗДАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

3.1. QR-код

3.2. Создание QR-кода для каждого внутреннего органа человека

Компьютерное моделирование предоставляет возможность более точной визуализации анатомических структур. Виртуальные трехмерные модели позволяют медицинским профессионалам и студентам глубже изучать сложные детали анатомии, что способствует углубленному пониманию структур. Индивидуальное моделирование, основанное на данных конкретного пациента, становится возможным благодаря компьютерным технологиям. Это открывает двери для персонализированных подходов в диагностике и лечении, где врачи могут адаптировать свои стратегии, опираясь на уникальные особенности каждого пациента. Компьютерное моделирование также предоставляет возможность симуляции хирургических процедур в виртуальной среде. Это обучает медицинских специалистов до реальных операций, повышая уровень подготовки и снижая риск возможных осложнений.

Влияние компьютерного моделирования на понимание анатомии человеческого тела в контексте взаимосвязи информатики и медицинских наук проявляется в преобразовании методов обучения, более точной визуализации, персонализированных подходах, симуляции процедур, исследовании заболеваний и интеграции с инновационными технологиями, что содействует развитию современной медицинской науки и практики.

В элективном курсе рассматривается программа Unity для реализации дополненной реальности, которая позволяет улучшить освоение материала для обучения компьютерному моделированию студентов медиков. Для создания проекта открываем Unity Hub, далее выбираем образец проекта как показано на рисунке 1.

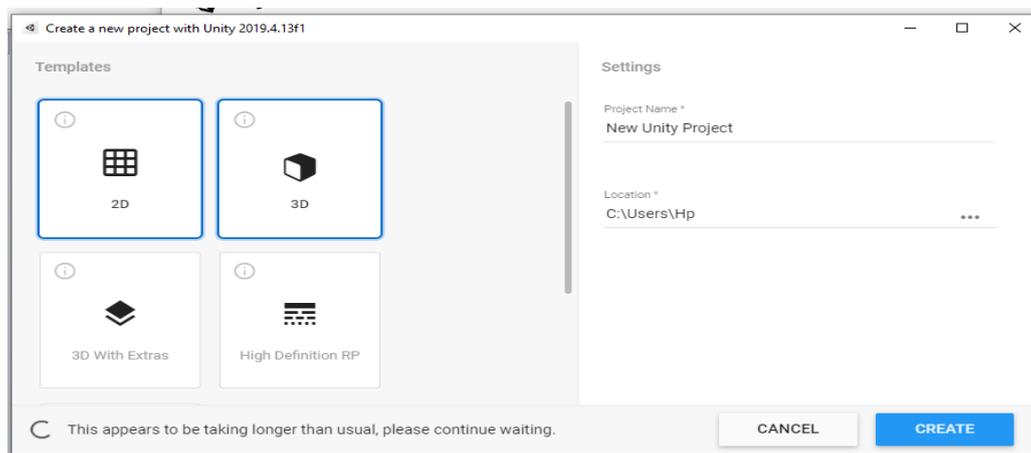


Рисунок 1. Окно проектов для выбора

Теперь создаём камеру дополненной реальности, во вкладке GameObject выбираем Vuforia Engine как на рисунке 2.

Далее создаём базу данных в Target Manager загружаем картинку, и экспортируем базы данных, качество картинки должно быть не менее 4 звезд, так как распознавание объекта происходит медленно, если качество не соответствует.

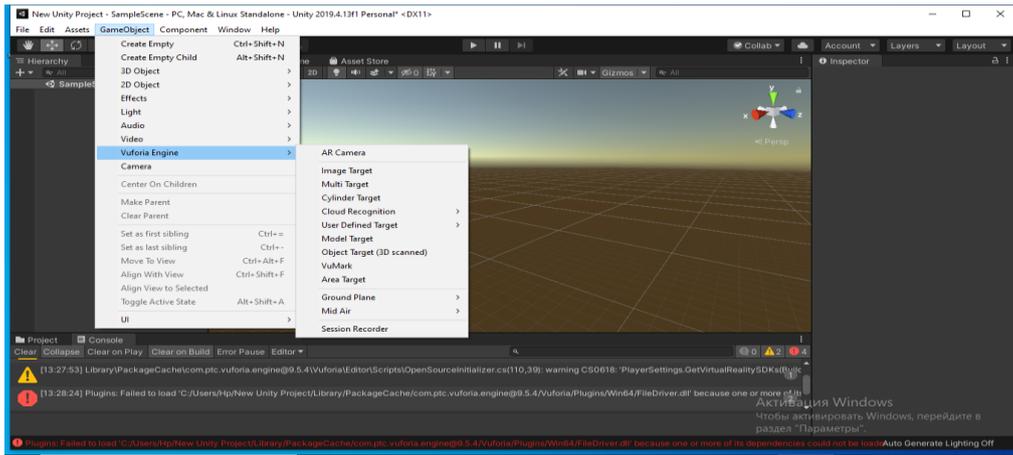


Рисунок 2. Окно проекта для создания дополненной реальности

Пример созданной базы данных отображено на рисунке 3.

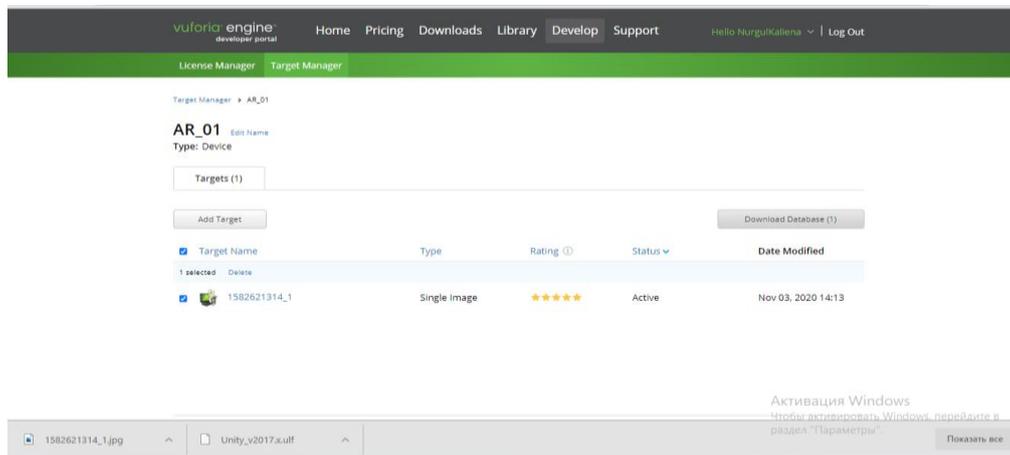


Рисунок 3. Новая база данных

Когда мы открываем созданный студентом медиком рисунок, который мы выбрали автоматически, он загружается в наш проект, после этого добавляем Image Target как показано на рисунке 4.

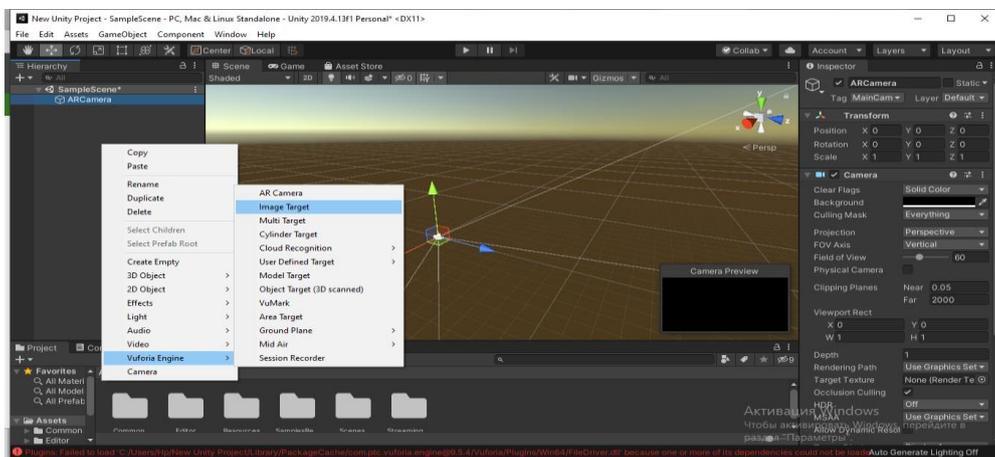


Рисунок 4. Image Target

Далее, добавляем и настраиваем 3D объект в верхней части картинке, нажимаем кнопку play. После этого включается веб камера компьютера, к которому мы должны показать картинку, которую загружали в базу данных, тогда 3D объект будет выглядеть как на рисунке 5.

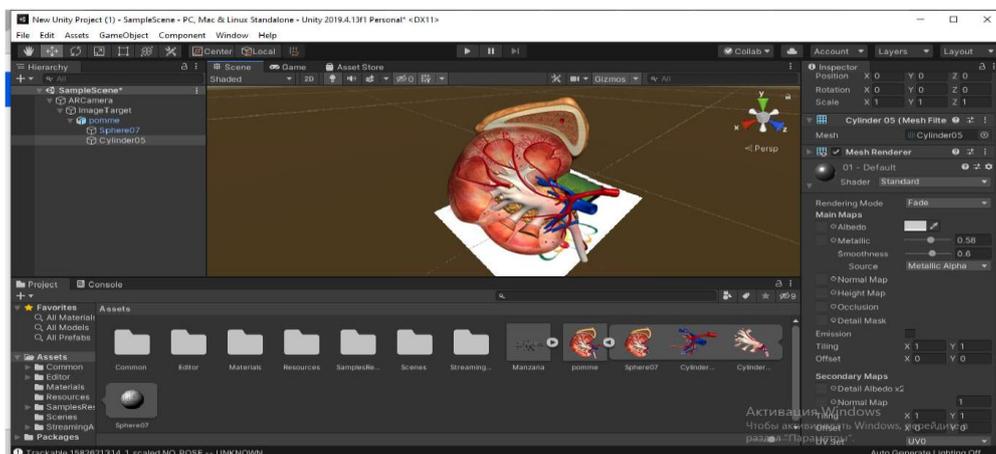


Рисунок 5. Готовый 3D объект

Дискуссия

Результаты исследования свидетельствуют о существенном воздействии современных технологий компьютерного моделирования на сферу медицинского образования. В результате анализа результатов было выделено несколько ключевых тенденций и аспектов, привносимых этими инновациями. Во-первых, новаторские методы обучения, такие как виртуальная реальность, игровые радиологические образовательные программы и симуляционное обучение, предоставляют разнообразные подходы для улучшения образовательного процесса в медицинских университетах. Эти методы обучения не только активно вовлекают студентов, но и создают более реалистичные сценарии для обучения. Второе важное направление – адаптация медицинского образования к вызовам, таким как пандемия COVID-19. Быстрое внедрение виртуальных методов обучения и оцифровка учебных программ становятся неотъемлемой частью обеспечения непрерывности образовательного процесса в условиях перемен. Третий аспект подчеркивает роль виртуальной реальности, особенно в клиническом преподавании офтальмологии. Виртуальная реальность демонстрирует значительный потенциал для создания интерактивных и реалистичных сценариев обучения, обогащая опыт студентов. Дополнительно, игровые методы обучения и соревнования в виртуальных мирах признаются за захватывающий характер и способность вовлекать студентов. Социальное взаимодействие и персонализированная среда обучения содействуют более эффективному обучению. Симуляционное обучение, включая высокоточное моделирование, широко применяется для обучения различным медицинским навыкам и принципам. Эти методы обучения положительно влияют на развитие дисциплинарных и гибких навыков у студентов-медиков.

Исследования в области интеграции больших данных, подходов "перевернутого класса" и сценарного симуляционного обучения подчеркивают потенциальное улучшение эффективности медицинского образования. Тем не менее, стоит отметить, что интеграция виртуального моделирования может сталкиваться с сопротивлением со стороны студентов и преподавателей, что подчеркивает необходимость поддержки, а также обучения для улучшения компьютерной компетентности.

Современные технологии компьютерного моделирования оказывают значительное воздействие на различные сферы медицинской практики. Эти технологии также находят применение в клиническом анализе. Это свидетельствует о том, как искусственный интеллект

интегрируется в медицинские исследования и лечение. Также стоит отметить разработку виртуальной интеллектуальной системы консультаций врачей на основе Unity3D, что подчеркивает непрерывное развитие компьютерных технологий в предоставлении медицинских услуг. В современной медицине активно внедряются инновационные методы компьютерного моделирования, предоставляя новые возможности для диагностики, лечения и обучения медицинских специалистов. Эти методы выходят за рамки традиционных подходов, предоставляя врачам инструменты для создания виртуальных моделей органов, симуляции заболеваний и индивидуального моделирования пациентов. Помимо этого, интеграция искусственного интеллекта и машинного обучения в анализ медицинских данных предоставляет возможность для автоматизации процессов и улучшения точности прогнозирования. Тем не менее, несмотря на перспективы, внедрение технологий компьютерного моделирования в медицину сопряжено с вызовами, включая сложность интеграции разнообразных данных для создания реалистичных виртуальных моделей. Эти вызовы требуют дополнительных усилий в разработке эффективных методов обработки и анализа данных в медицинских исследованиях и практике.

Обучение компьютерному моделированию в медицине представляет собой комплексный процесс, ориентированный на формирование у студентов не только теоретических знаний, но и практических навыков, необходимых для успешного применения компьютерных методов в медицинской практике. В рамках этого обучения выделяются несколько этапов. На первом этапе проводятся теоретические лекции, направленные на обеспечение студентов фундаментальными знаниями о принципах компьютерного моделирования, включая базовые аспекты анатомии, физиологии и математических принципов, используемых в медицинском моделировании. Они представляют собой важный шаг в формировании основных концепций и понимания структурного подхода к медицинским проблемам. Следующий этап включает практические занятия, нацеленные на развитие у студентов навыков работы с современными программными средствами, используемыми для создания виртуальных моделей. Это позволяет им применять полученные теоретические знания на практике и освоить необходимые инструменты для решения задач в области компьютерного моделирования. Лабораторные работы представляют собой третий этап, на котором студенты решают реальные кейсы, создают виртуальные модели органов и систем, анализируют результаты и формулируют практические выводы. Этот этап направлен на закрепление полученных навыков и формирование понимания процессов компьютерного моделирования. Следующий важный шаг – специализированные стажировки в медицинских центрах. Участие студентов в стажировках под руководством опытных специалистов позволяет им применять свои знания в реальных клинических условиях и расширять свой опыт в области компьютерного моделирования. Проекты и исследования являются активным этапом обучения, где студенты применяют свои компетенции в создании виртуальных моделей для решения конкретных клинических задач и участвуют в научных публикациях. Наконец, обучение организуется в условиях междисциплинарного взаимодействия с представителями других медицинских и инженерных дисциплин. Этот этап направлен на формирование комплексного понимания и современных методов в медицинской науке. Обучение направлено на развитие компетенций, необходимых для успешного применения компьютерного моделирования в медицинской практике. Важно обеспечить системность подхода, включая как теоретические основы, так и практические занятия, а также стажировки в специализированных медицинских центрах. Процесс оценки эффективности включает разнообразные методы, такие как тестирование по теме, анализ выполненных проектов и оценка умения студентов применять полученные знания на практике. Долгосрочная оценка включает в себя отслеживание успехов выпускников в применении компьютерного моделирования в своей медицинской практике.

Исследование L. Luu *et al.* [6] посвящено инновационному подходу к медицинскому образованию в Китае с использованием технологии виртуальной реальности (VR) в сочетании с сенсорными технологиями, технологиями больших данных и облачными вычислениями.

Автор создал онлайн-платформу для хранения и анализа данных, а также автономные VR-очки для физических операций. Исследование включает модели морфологического строения и физиологических процессов человеческого желудка, патологического строения тканей и патофизиологических процессов, а также фармакологических процессов в фундаментальной медицине. Он предоставил модели для студентов-медиков университета, а также модели для предоперационных обсуждений, общения врача и пациента и интегрированного клинического предоперационного обсуждения и лечения. Исследование L. Lyu *et al.* [6] сосредоточено на разработке конкретных моделей, охватывающих медицинское образование и лечение, включая студентов-медиков и профессионалов в области здравоохранения. В работе использовались технологии виртуальной реальности, сенсорные технологии, большие данные и облачные вычисления. В то время как, в данном исследовании фокус на методах обучения компьютерному моделированию в медицине. Были раскрыты вопросы развития навыков работы с программными средствами и применения компьютерного моделирования в медицинской практике.

Исследование M. Peng *et al.* [8] фокусируется на оценке эффективности комплексного симуляционного обучения (SBE) по оказанию первой помощи студентам-медикам. Студенты различных курсов проходили соответствующие модули обучения, включая учебные программы по сердечно-легочной реанимации, эндотрахеальной интубации и другим навыкам. Результаты исследования показали значительное повышение навыков после обучения во всех модулях, а комплексное обучение демонстрировало наибольший прирост баллов. В сравнении с данным исследованием, где акцент делается на методах обучения компьютерному моделированию в медицине, оба исследования различаются по предметной области: M. Peng *et al.* [8] сфокусировано на первой помощи, тогда как это исследование затрагивает более обширный спектр компьютерного моделирования. Однако оба исследования выделяют важность систематизации, повторяющейся практики и оценки результатов для эффективного обучения медицинских студентов.

Исследование M. Sun *et al.* [21] рассматривает применение метавселенной в сфере здравоохранения, с акцентом на управлении хроническими заболеваниями. Проблемы, такие как неравномерное распределение медицинских ресурсов и трудности в последующем наблюдении за пациентами, рассматриваются в контексте вызовов существующей системы здравоохранения. Авторы считают, что метавселенные медицинские платформы с использованием передовых технологий искусственного интеллекта, таких как цифровые двойники на промышленном уровне, могут решить эти проблемы. В сравнении с результатами данного исследования, которое фокусируется на методах обучения компьютерному моделированию в медицине, исследование M. Sun *et al.* [21] более направлено на рассмотрение технологических решений для управления хроническими заболеваниями через метавселенные платформы. Оба исследования подчеркивают роль передовых технологий, но в разных сферах.

Исследование Q. Wu *et al.* [7] рассматривает текущие тенденции в использовании виртуального моделирования (VS) в медицинском образовании. Они выделяют рост интереса к VS в различных областях, таких как обучение хирургическим навыкам, экстренная и педиатрическая медицинская подготовка, обучение основам медицинских наук и другие. Результаты подтверждают эффективность VS с точки зрения обучения студентов-медиков. В то время как данное исследование сосредотачивается на методах обучения, работа Q. Wu *et al.* [7] обзорно рассматривает разнообразные применения виртуального моделирования в медицинском образовании, подчеркивая его эффективность и распространение в различных областях обучения.

Работа E. Herrera-Aliaga & L. D. Estrada [22] подчеркивает важность клинической симуляции в обучении медицинских профессионалов, особенно в условиях ограниченного доступа к клиническим практикам. Она выделяет психомоторное развитие и укрепление исполнительных функций как важные аспекты этой методологии. В то время подход к текущему исследованию сфокусирован на разработке эффективных методов обучения

компьютерному моделированию в медицине, что дополняет, но отличается от акцентов E. Herrera-Aliaga & L. D. Estrada [22] на клинической симуляции.

Результаты исследования подчеркивают значительное воздействие современных технологий компьютерного моделирования на медицинское образование, представляя разнообразные подходы, такие как виртуальная реальность, симуляционное обучение и игровые методы. Исследование выделяет влияние компьютерного моделирования на медицинскую практику, включая диагностику, лечение и анализ медицинских данных. Однако отмечается, что интеграция этих технологий может сталкиваться с сопротивлением, подчеркивая необходимость обучения и поддержки для повышения компьютерной компетентности. Обучение компьютерному моделированию в медицине представляет собой многокомпонентный процесс, включая теоретические лекции, практические занятия, лабораторные работы, стажировки, проекты и междисциплинарное взаимодействие, направленный на формирование теоретических знаний и практических навыков студентов для успешного применения компьютерных методов в медицинской практике.

Заключение

Исследование выявило, что современные технологии компьютерного моделирования значительно влияют на медицинское образование. Виртуальная реальность, симуляционное обучение и игровые методы обогащают образовательный процесс, создавая реалистичные сценарии и обеспечивая активное вовлечение студентов. Влияние компьютерного моделирования распространяется на медицинскую практику, включая диагностику, лечение, анализ медицинских данных и развитие искусственного интеллекта. Однако интеграция этих технологий может сталкиваться с сопротивлением, что подчеркивает важность обучения и поддержки для улучшения компьютерной компетентности. Обучение компьютерному моделированию в медицине включает теоретические лекции, практические занятия, лабораторные работы, стажировки и проекты, формируя у студентов теоретические знания и практические навыки для успешного применения компьютерных методов в медицинской практике. Исследование подчеркивает, что современные технологии компьютерного моделирования играют ключевую роль в трансформации медицинского образования и практики. Адаптация медицинского образования к современным вызовам демонстрирует гибкость и неотъемлемую роль виртуальных технологий. Однако принятие этих инноваций сталкивается с вызовами, в частности, сопротивлением со стороны студентов и преподавателей, что подчеркивает необходимость дополнительной поддержки и обучения для повышения компьютерной компетентности. В целом, обучение компьютерному моделированию в медицине, включая разнообразные этапы от теоретических лекций до практических проектов, способствует формированию у студентов комплексных знаний и навыков, необходимых для успешного применения современных компьютерных методов в медицинской сфере.

На основе проведенного исследования предлагаются следующие рекомендации. Первоочередно, предлагается активно интегрировать современные технологии, такие как виртуальная реальность и симуляционное обучение, в медицинское образование, с учетом их положительного влияния на обучающий процесс и создание реалистичных образовательных сценариев. Важно также продолжать адаптировать учебные программы к вызовам, с углубленным внедрением виртуальных методов обучения для обеспечения непрерывности образовательного процесса. При этом следует предоставлять систематическую поддержку и обучение студентам и преподавателям для преодоления возможного сопротивления и повышения компьютерной компетентности. Развитие индивидуальных моделей обучения, учитывающих потребности различных групп студентов, также является важным аспектом, способствующим эффективности образовательного процесса.

Данное исследование создает основу для эффективного внедрения современных технологий в Казахстанско-Российском медицинском университете, улучшая качество

обучения и готовность будущих медицинских специалистов к реальным клиническим сценариям. Для дальнейших исследований рекомендуется глубже изучить воздействие современных технологий компьютерного моделирования на междисциплинарные аспекты медицинского образования, а также разработать более детальные стратегии внедрения и оценки эффективности этих инноваций.

Список использованных источников

- [1] Li, D., Hu, W., Zhou, X., Li, L., Wang, J., Zou, M., ... & Zhou, D. (2023). *Design and implementation of a 3d digestive teaching system based on virtual reality technology in modern medical education*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2604430/v1>
- [2] Hewson, T., Foster, H., & Sanderson, R. (2022). *Using socially distanced and online simulation training to improve the confidence of junior doctors in psychiatry*. *BJPsych Bulletin*, 47(4), 235-241. <https://doi.org/10.1192/bjb.2022.18>
- [3] Швед, М. И., Геряк, С. М., Мартынюк, Л. П., Сула, О. Б., Мартынюк, Л. П., & Ястремская, И. А. (2023). *Эффективность компетентно-ориентированного метода обучения на клинических кафедрах Тернопольского национального медицинского университета имени и. Я. Горбачевского. Достижения клинической и экспериментальной медицины*, (1), 27–31. <https://doi.org/10.11603/1811-2471.2023.v.i1.13716>
- [4] Edwards, D., Bianchi, S., Casas-Cordero, J. P., Cornejo, F., & Zelaya, G. (2023). *Three-dimensional (3d) printing technology in traumatology: is it the present or the future?* *Acta Scientific Orthopaedics*, 113-114. <https://doi.org/10.31080/asor.2022.06.0662>
- [5] Vázquez-Serrano, J. I., Peimbert-García, R. E., & Cárdenas-Barrón, L. E. (2021). *Discrete-event simulation modeling in healthcare: a comprehensive review*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(22), 12262. <https://doi.org/10.3390/ijerph182212262>
- [6] Lyu, L., Cui, H., Shao, M., Fu, Y., Zhao, R., & Chen, Q. (2021). *Computational medicine: past, present and future*. *Chinese Journal of Integrative Medicine*, 28(5), 453-462. <https://doi.org/10.1007/s11655-021-3453-z>
- [7] Wu, Q., Wang, Y., Lu, L., Chen, Y., Long, H., & Wang, J. (2022). *Virtual simulation in undergraduate medical education: a scoping review of recent practice*. *Frontiers in Medicine*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.855403>
- [8] Peng, M., Su, N., Hou, R., Geng, H., Cai, F., Zhong, W., ... & Cao, W. (2022). *Evaluation of teaching effect of first-aid comprehensive simulation-based education in clinical medical students*. *Frontiers in Public Health*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.909889>
- [9] Hertling, S., Back, D., Kaiser, M., Loos, F., Schleußner, E., & Graul, I. (2023). *Students' and lecturers' perspectives on the implementation of online learning in medical education due to covid-19 in germany: a cross-sectional pilot study*. *Frontiers in Medicine*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1145651>
- [10] Rudolphi-Solero, T., Jimenez-Zayas, A., Lorenzo-Alvarez, R., Domínguez-Pinos, D., Ruiz-Gómez, M., & Portero, F. (2021). *A team-based competition for undergraduate medical students to learn radiology within the virtual world second life*. *Insights Into Imaging*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s13244-021-01032-3>
- [11] Segura-Azuara, N. and Lopez, M. (2021). *Redesigning medical students' training through virtual clinical simulation*. *Proceedings of the 7th International Conference on Education*, 7(1), 286-294. <https://doi.org/10.17501/24246700.2021.7128>
- [12] Liu, S., Li, Y., Wang, X., Zhang, X., & Wang, R. (2021). *Research on the effect of big data flipped classroom combined with scenario simulation teaching: based on clinical practice of medical students*. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2021, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2021/7107447>
- [13] Gudadappanavar, A., Hombal, P., Benni, J., Patel, S., & Tubaki, B. (2023). *Evaluation of virtual reality high-fidelity adult mannequin-based simulation of real-life clinical scenarios in teaching clinical pharmacology to medical students*. *Journal of Pharmacology and Pharmacotherapeutics*, 14(1), 25-34. <https://doi.org/10.1177/0976500x231159456>
- [14] Keilin, C. A., Farlow, J. L., Malloy, K. M., & Bohm, L. A. (2021). *Otolaryngology curriculum during residency preparation course improves preparedness for internship*. *The Laryngoscope*, 131(7). <https://doi.org/10.1002/lary.29443>
- [15] Issa, N., Liddy, W., Samant, S., Conley, D. B., Kern, R. C., Hungness, E. S., ... & Cohen, E. (2021). *Effectiveness of a simulation-based mastery learning to train clinicians on a novel cricothyrotomy procedure*

at an academic medical centre during a pandemic: a quasi-experimental cohort study. *BMJ Open*, 11(11), e054746. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-054746>

[16] Suvarna, P. and Basti, A. R. S. (2022). Use of high-fidelity simulator for teaching cardiovascular physiology principles to the 1st year undergraduate medical students. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 66, 293-298. https://doi.org/10.25259/ijpp_98_2022

[17] Battaglia, F., Ivankovic, V., Merlano, M., Patel, V., Sayed, C., Wang, H., ... & Rastogi, N. (2021). A pre-clerkship simulation-based procedural skills curriculum: decreasing anxiety and improving confidence of procedural skill performance. *Canadian Medical Education Journal*. <https://doi.org/10.36834/cmej.71483>

[18] Lee, S., Kim, E., Bae, J. S., & Yoon, S. (2023). Robust end-to-end focal liver lesion detection using unregistered multiphase computed tomography images. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence*, 7(2), 319-329. <https://doi.org/10.1109/tetci.2021.3132382>

[19] Wang, J., Wang, Y., Pang, P., Jia, X., Xu, Y., & Lv, Z. (2022). Clinical analysis of the renal protective effect of glp-1 on diabetic patients based on edge detection. *Journal of Healthcare Engineering*, 2022, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2022/6504006>

[20] Cercenelli, L., Stefano, A. D., Billi, A. M., Ruggeri, A., Marcelli, E., Marchetti, C., ... & Badiali, G. (2022). Aeducaar, anatomical education in augmented reality: a pilot experience of an innovative educational tool combining ar technology and 3d printing. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1024. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031024>

[21] Sun, M., Xie, L., Liu, Y., Li, K., Jiang, B., Lu, Y., ... & Yang, D. (2022). The metaverse in current digital medicine. *Clinical eHealth*. <https://doi.org/10.1016/j.ceh.2022.07.002>

[22] Herrera-Aliaga, E., & Estrada, L. D. (2022). Trends and innovations of simulation for twenty first century medical education. *Frontiers in public health*, 10, 619769. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.619769>

References

[1] Li, D., Hu, W., Zhou, X., Li, L., Wang, J., Zou, M., ... & Zhou, D. (2023). Design and implementation of a 3d digestive teaching system based on virtual reality technology in modern medical education. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2604430/v1>

[2] Hewson, T., Foster, H., & Sanderson, R. (2022). Using socially distanced and online simulation training to improve the confidence of junior doctors in psychiatry. *BJPsych Bulletin*, 47(4), 235-241. <https://doi.org/10.1192/bjb.2022.18>

[3] Shved, M. I., Gerjak, S. M., Martynjuk, L. P., Susla, O. B., Martynjuk, L. P., & Jastremskaja, I. A. (2023). *Jefferktivnost' kompetentnosno-orientirovannogo metoda obuchenija na klinicheskikh kafedrah Ternopol'skogo nacional'nogo medicinskogo universiteta imeni i. Ja. Gorbachevskogo*. [The effectiveness of a competently oriented teaching method at the clinical departments of the Ternopil National Medical University named after and. Y. Gorbachevsky]. *Dostizhenija klinicheskoi i jeksperimental'noj mediciny*, (1), 27–31. <https://doi.org/10.11603/1811-2471.2023.v.i1.13716> (In Russian)

[4] Edwards, D., Bianchi, S., Casas-Cordero, J. P., Cornejo, F., & Zelaya, G. (2023). Three-dimensional (3d) printing technology in traumatology: is it the present or the future? *Acta Scientific Orthopaedics*, 113-114. <https://doi.org/10.31080/asor.2022.06.0662>

[5] Vázquez-Serrano, J. I., Peimbert-García, R. E., & Cárdenas-Barrón, L. E. (2021). Discrete-event simulation modeling in healthcare: a comprehensive review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(22), 12262. <https://doi.org/10.3390/ijerph182212262>

[6] Lyu, L., Cui, H., Shao, M., Fu, Y., Zhao, R., & Chen, Q. (2021). Computational medicine: past, present and future. *Chinese Journal of Integrative Medicine*, 28(5), 453-462. <https://doi.org/10.1007/s11655-021-3453-z>

[7] Wu, Q., Wang, Y., Lu, L., Chen, Y., Long, H., & Wang, J. (2022). Virtual simulation in undergraduate medical education: a scoping review of recent practice. *Frontiers in Medicine*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.855403>

[8] Peng, M., Su, N., Hou, R., Geng, H., Cai, F., Zhong, W., ... & Cao, W. (2022). Evaluation of teaching effect of first-aid comprehensive simulation-based education in clinical medical students. *Frontiers in Public Health*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.909889>

[9] Hertling, S., Back, D., Kaiser, M., Loos, F., Schleißner, E., & Graul, I. (2023). Students' and lecturers' perspectives on the implementation of online learning in medical education due to covid-19 in germany: a cross-sectional pilot study. *Frontiers in Medicine*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1145651>

[10] Rudolphi-Solero, T., Jimenez-Zayas, A., Lorenzo-Alvarez, R., Domínguez-Pinos, D., Ruiz-Gómez, M., & Portero, F. (2021). A team-based competition for undergraduate medical students to learn radiology within the virtual world second life. *Insights Into Imaging*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s13244-021-01032-3>

[11] Segura-Azuara, N. and Lopez, M. (2021). Redesigning medical students' training through virtual clinical simulation. *Proceedings of the 7th International Conference on Education*, 7(1), 286-294. <https://doi.org/10.17501/24246700.2021.7128>

[12] Liu, S., Li, Y., Wang, X., Zhang, X., & Wang, R. (2021). Research on the effect of big data flipped classroom combined with scenario simulation teaching: based on clinical practice of medical students. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2021, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2021/7107447>

[13] Gudadappanavar, A., Hombal, P., Benni, J., Patel, S., & Tubaki, B. (2023). Evaluation of virtual reality high-fidelity adult mannequin-based simulation of real-life clinical scenarios in teaching clinical pharmacology to medical students. *Journal of Pharmacology and Pharmacotherapeutics*, 14(1), 25-34. <https://doi.org/10.1177/0976500x231159456>

[14] Keilin, C. A., Farlow, J. L., Malloy, K. M., & Bohm, L. A. (2021). Otolaryngology curriculum during residency preparation course improves preparedness for internship. *The Laryngoscope*, 131(7). <https://doi.org/10.1002/lary.29443>

[15] Issa, N., Liddy, W., Samant, S., Conley, D. B., Kern, R. C., Hungness, E. S., ... & Cohen, E. (2021). Effectiveness of a simulation-based mastery learning to train clinicians on a novel cricothyrotomy procedure at an academic medical centre during a pandemic: a quasi-experimental cohort study. *BMJ Open*, 11(11), e054746. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-054746>

[16] Suvarna, P. and Basti, A. R. S. (2022). Use of high-fidelity simulator for teaching cardiovascular physiology principles to the 1st year undergraduate medical students. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 66, 293-298. https://doi.org/10.25259/ijpp_98_2022

[17] Battaglia, F., Ivankovic, V., Merlano, M., Patel, V., Sayed, C., Wang, H., ... & Rastogi, N. (2021). A pre-clerkship simulation-based procedural skills curriculum: decreasing anxiety and improving confidence of procedural skill performance. *Canadian Medical Education Journal*. <https://doi.org/10.36834/cmej.71483>

[18] Lee, S., Kim, E., Bae, J. S., & Yoon, S. (2023). Robust end-to-end focal liver lesion detection using unregistered multiphase computed tomography images. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence*, 7(2), 319-329. <https://doi.org/10.1109/tetci.2021.3132382>

[19] Wang, J., Wang, Y., Pang, P., Jia, X., Xu, Y., & Lv, Z. (2022). Clinical analysis of the renal protective effect of glp-1 on diabetic patients based on edge detection. *Journal of Healthcare Engineering*, 2022, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2022/6504006>

[20] Cercenelli, L., Stefano, A. D., Billi, A. M., Ruggeri, A., Marcelli, E., Marchetti, C., ... & Badiali, G. (2022). Aeducaar, anatomical education in augmented reality: a pilot experience of an innovative educational tool combining ar technology and 3d printing. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1024. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031024>

[21] Sun, M., Xie, L., Liu, Y., Li, K., Jiang, B., Lu, Y., ... & Yang, D. (2022). The metaverse in current digital medicine. *Clinical eHealth*. <https://doi.org/10.1016/j.ceh.2022.07.002>

[22] Herrera-Aliaga, E., & Estrada, L. D. (2022). Trends and innovations of simulation for twenty first century medical education. *Frontiers in public health*, 10, 619769. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.619769>