

Технология «Синтетический пациент» и разработка веб-приложения Surgical-Case-Simulator

А. А. Литвин, В. В. Берещенко, Ф. М. Головин, Н. А. Лёгенький

Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Проанализировать современное состояние и перспективы применения в медицинском образовании технологии «Синтетический пациент», разработать веб-приложение Surgical-Case-Simulator.

Материалы и методы. Проведен систематический поиск научных публикаций в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science за период 2010–2025 гг. по ключевым словам: «synthetic patients», «virtual patients», «medical education», «artificial intelligence», «communication skills training». Проанализированные 50 наиболее релевантных исследований явились основой для оригинальной разработки веб-приложения Surgical-Case-Simulator.

Результаты. Технология синтетических пациентов эволюционировала от простых игровых симуляций до сложных систем на основе генеративного искусственного интеллекта (ИИ). Современные платформы, использующие большие языковые модели, клонирование голоса и реалистичные аватары, позволяют создавать масштабируемые решения для учебного процесса. Исследования показывают, что применение виртуальных пациентов повышает уверенность обучающихся в дальнейшем общении с реальными пациентами и улучшает стандартизированную оценку коммуникативных навыков. Появление открытых разработок, таких как разработанный авторами Surgical-Case-Simulator, демонстрирует доступность и практическую реализуемость ИИ-симуляторов для широкого круга образовательных учреждений.

Заключение. Синтетические пациенты представляют перспективное направление в медицинском образовании. Оптимальным подходом является их интеграция в существующие программы в качестве дополнения к традиционным методам. Требуется дальнейшие исследования для оценки сравнительной эффективности и решения этических вопросов внедрения ИИ-технологий.

Ключевые слова: синтетические пациенты, виртуальные пациенты, медицинское образование, искусственный интеллект, коммуникативные навыки, симуляционное обучение, стандартизированные пациенты

Вклад авторов. Литвин А.А.: концепция и дизайн исследования; Литвин А.А., Берещенко В.В., Головин Ф.М., Лёгенький Н.А.: проведение исследования, подготовка и редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи; Литвин А.А.: разработка веб-приложения, проверка критически важного содержания, утверждение рукописи для публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Для цитирования: Литвин АА, Берещенко ВВ, Головин ФМ, Лёгенький НА. Технология «Синтетический пациент» и разработка веб-приложения Surgical-Case-Simulator. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(2):125–132. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-2-15>

Technology “Synthetic patient” and development of Surgical-Case-Simulator web application

Andrey A. Litvin, Valentin V. Bereshchenko, Fedor M. Golovin, Nikolai A. Leohenkii

Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To analyze the current state and prospects for the application of Synthetic Patient technology in medical education, and to develop the Surgical-Case-Simulator web application.

Materials and methods. A systematic search of research publications was conducted in PubMed, Scopus, and Web of Science databases for the period of 2010–2025 using keywords: synthetic patients, virtual patients, medical education, artificial intelligence, communication skills training. 50 most relevant studies analyzed formed the basis for the original development of the Surgical-Case-Simulator web application.

Results. Synthetic patient technology has evolved from simple game-based simulations to sophisticated systems based on generative artificial intelligence (AI). Modern platforms using large language models, voice cloning, and realistic avatars enable the creation of scalable solutions for the training process. Studies show that the use of virtual patients

increases learners' confidence in further communication with real patients, and improves standardized assessment of communication skills. The emergence of open-source developments such as Surgical-Case-Simulator demonstrates the accessibility and practical feasibility of AI simulators for a wide range of educational institutions.

Conclusion. Synthetic patients represent a promising direction in medical education. The optimal approach is their integration into existing programs as a complement to traditional methods. Further research is needed for evaluation of comparative efficacy, and solving ethical issues of implementing AI technologies.

Keywords: *synthetic patients, virtual patients, medical education, artificial intelligence, communication skills, simulation-based learning, standardized patients*

Author contributions. Litvin A.A.: concept and design of the manuscript; Litvin A.A., Bereshchenko V.V., Golovin F.M., Leohenkii N.A.: collection of material, review of publications on the topic of the article; Litvin A.A.: development of the web-application, verification of critical content, approval of the manuscript for publication.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

Funding. None.

For citation: Litvin AA, Bereshchenko VV, Golovin FM, Leohenkii NA. Technology "Synthetic patient" and development of Surgical-Case-Simulator web application. *Health and Ecology Issues*. 2026;23(2):125–132. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-2-15>

Введение

Медицинское образование сталкивается с двумя взаимосвязанными проблемами, которые особенно остро проявляются в неанглоязычных странах, включая Республику Беларусь. Первая проблема — обучение иностранных студентов на английском языке при отсутствии англоязычных пациентов в клинической базе. Вторая — дефицит острых хирургических случаев в плановом учебном процессе, не позволяющий студентам набрать достаточный клинический опыт в диагностике и ведении пациентов с неотложными состояниями.

В последние десятилетия медицинские вузы многих стран активно привлекают иностранных студентов, для которых организуются англоязычные образовательные программы. Однако реальная клиническая практика в этих странах ведется на национальном языке, и пациенты, владеющие английским языком на достаточном для общения уровне, практически отсутствуют [1, 2]. Это создает ситуацию, когда студенты изучают медицину на английском языке, но не имеют возможности применить эти знания в реальном клиническом применении. Применение традиционных методов — работа через переводчика, использование начальных знаний русского языка или стандартизированные пациенты из числа носителей языка — либо снижает качество образовательного процесса, либо их использование требует значительных ресурсов [3, 4].

Параллельно существует проблема дефицита острых хирургических случаев в учебном процессе. Острые хирургические патологии — острый аппендицит, острая кишечная непроходимость, перитонит, ущемленная грыжа, острый панкреатит и др. — составляют значительную долю неотложной хирургической помощи, но их появление в клинике сложно предусмотреть

[5, 6]. Студент может пройти весь курс хирургии, не встретив ни одного случая, например, острого аппендицита. Более того, даже при наличии таких пациентов время для образовательного процесса ограничено необходимостью экстренного вмешательства [7, 8].

Традиционные подходы к решению этих проблем включают использование стандартизированных пациентов, манекенов и текстовых клинических задач. Стандартизированные пациенты — актеры, обученные имитировать симптомы заболеваний — широко применяются в медицинском образовании с 1960-х гг., главным образом на структурированном клиническом экзамене [9]. Однако их использование требует значительных затрат и не всегда позволяет обеспечить достаточное количество повторений [10, 11]. Манекены эффективны для отработки процедурных навыков, но ограничены в воспроизведении вербального взаимодействия [12, 13]. Текстовые клинические задачи развивают теоретические знания, но не формируют навыки реального общения с пациентом [14].

В последние годы стремительное развитие технологий ИИ открыло новые возможности для медицинского образования. Генеративные языковые модели способны вести естественный диалог, адаптироваться к контексту беседы и имитировать поведение пациента с высокой степенью реалистичности [15, 16]. Технологии синтеза и распознавания речи позволяют организовать голосовое взаимодействие, а визуальные аватары создают эффект присутствия реального собеседника [17, 18]. Эти технологии формируют основу для создания синтетических пациентов — виртуальных собеседников, способных имитировать клинические случаи в режиме реального времени.

Синтетические пациенты на базе ИИ потенциально решают обе описанные проблемы.

Во-первых, они могут вести диалог на английском языке, обеспечивая иностранным студентам возможность практиковать клинические разборы без языкового барьера в режиме 24/7 [19, 20]. Во-вторых, они позволяют многократно воспроизводить редкие острые хирургические случаи, давая каждому студенту возможность отработать диагностический алгоритм и тактику ведения пациента [21, 22]. Появление открытых разработок, таких как Surgical-Case-Simulator, демонстрирует практическую реализуемость и доступность ИИ-симуляторов для широкого круга образовательных учреждений [23].

Однако внедрение синтетических пациентов в образовательный процесс требует критического анализа их эффективности, ограничений и этических аспектов. Необходимо понять, в какой степени ИИ-симуляторы могут заменить или дополнить традиционные методы обучения, какие образовательные результаты они обеспечивают и какие риски несут для качества подготовки будущих врачей [24, 25].

Цель исследования

Проанализировать современное состояние и перспективы применения в медицинском образовании технологии «Синтетический пациент», разработать веб-приложение Surgical-Case-Simulator.

Материалы и методы

Проведен поиск научных публикаций в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science и РИНЦ за период с января 2010 по март 2026 г. Использовались следующие ключевые слова и их комбинации: «synthetic patients», «virtual patients», «medical education», «artificial intelligence», «generative AI», «large language models», «international students», «emergency surgery», «simulation-based learning», а также их аналоги на русском языке (РИНЦ).

После полнотекстового анализа в окончательный обзор включено 50 наиболее релевантных источников, включая классические работы по симуляционному обучению, современные исследования ИИ-технологий, публикации по обучению иностранных студентов и острым хирургическим патологиям, а также описания инновационных платформ.

Анализ литературы проводился с использованием тематического синтеза. Выделены следующие основные темы: эволюция симуляционного обучения в хирургии, проблема языкового барьера для иностранных студентов, дефицит острых хирургических случаев, технологии ИИ в симуляторах, доказательная база эффективности, ограничения и перспективы развития.

Результаты

Эволюция симуляционного обучения в хирургии

Симуляционное обучение в медицине имеет долгую историю, начиная с применения простых анатомических моделей и заканчивая современными высокотехнологичными системами. В хирургии симуляция традиционно фокусировалась на отработке процедурных навыков [26, 27]. Однако клиническое мышление, диагностика и принятие решений долгое время оставались за пределами симуляционных технологий. Концепция виртуальных пациентов была впервые предложена Н. S. Barrows в 1993 г. как метод обучения клиническому мышлению через интерактивные компьютерные симуляции [9]. Ранние виртуальные пациенты представляли собой текстовые программы с разветвленным сценарием [28].

В 2000-х гг. виртуальные пациенты получили широкое распространение. В систематическом обзоре D. A. Cook и соавт. (2010) проанализировали 75 исследований и показали, что виртуальные пациенты эффективны для обучения клиническому мышлению [29]. Мета-анализ S. B. Issenberg и соавт. (2005) подтвердил, что симуляционное обучение с обратной связью и повторением улучшает клинические навыки [30]. В 2003 г. A. Ziv и соавт. сформулировали основной этический принцип симуляционного обучения: «Ошибки неизбежны в процессе обучения, но они не должны происходить на реальных пациентах» [31]. Этот принцип особенно актуален для острых хирургических заболеваний органов брюшной полости.

Вместе с тем применение традиционных виртуальных пациентов имело существенные ограничения в виде больших затрат на разработку сценариев [32], кроме того, текст на экране монитора не позволял воспроизводить реальное общение с пациентом [33]. Эти ограничения препятствовали широкому внедрению виртуальных пациентов в образовательный процесс. Появление генеративного ИИ в 2020-х гг. радикально изменило ситуацию, так как большинство больших языковых моделей способны генерировать ответы без предварительного написания трудоемких сценариев [15, 16]. Внедрение технологий синтеза и распознавания речи позволило вести диалог с виртуальным пациентом в режиме реального времени [17]. Виртуальные аватары смогли создавать эффект присутствия собеседника [18].

Проблема языкового барьера в обучении иностранных студентов

Интернационализация медицинского образования стала глобальным трендом последних

десятилетий. Многие страны, включая Россию, Беларусь, Китай, страны Восточной Европы и Центральной Азии, активно привлекают иностранных студентов, организуя для них англоязычные образовательные программы [1, 2]. Однако реальная клиническая практика в этих странах ведется на национальном языке, и пациенты, владеющие английским языком на достаточном уровне, практически отсутствуют [3].

Исследование М. М. Бугубаева и соавт. (2022) в Ошском государственном университете (Кыргызстан) показало, что иностранные студенты испытывают значительные трудности при работе с пациентами из-за языкового барьера [1]. Авторы использовали мультидисциплинарную виртуальную клинику DIMEDUS для обучения студентов на английском языке.

Так, I. A. Awada и соавт. (2022) в Румынии создали веб-платформу виртуального пациента для оценки навыков консультирования и диагностики у студентов-медиков [2]. Платформа поддерживает английский язык и позволяет иностранным студентам практиковать клинические разборы без взаимодействия с реальными пациентами.

Традиционные подходы к решению проблемы языкового барьера включают работу через переводчика, стандартизированных пациентов из числа носителей английского языка, обучение студентов национальному языку и текстовые клинические задачи на английском языке [3, 4, 14, 34]. Все эти подходы имеют существенные ограничения и не обеспечивают полноценной англоязычной клинической практики для иностранных студентов.

Синтетические пациенты на базе ИИ потенциально решают эту проблему. Они могут вести диалог на английском языке, имитировать различные акценты и стили речи, адаптироваться к уровню студента и обеспечивать неограниченное количество повторений [19, 20]. Студент может практиковать сбор анамнеза, физикальное обследование (в виртуальной форме), постановку диагноза и выбор тактики ведения пациента на английском языке в режиме 24/7.

Исследование В. Sezer и соавт. (2023) в Турции показало, что виртуальный пациент эффективен для обучения коммуникативным навыкам и может быть адаптирован для различных языков [35]. А. Oliven и соавт. (2021) в Израиле провели долгосрочное исследование веб-платформы интерактивного виртуального пациента и показали высокую корреляцию с результатами устного экзамена [36]. R. Furlan и соавт. (2021) разработали виртуального пациента, способного вести диалог на нескольких языках [37].

Таким образом, синтетические пациенты могут представлять собой масштабируемое и эф-

фективное решение проблемы языкового барьера в обучении иностранных студентов.

Дефицит острых хирургических случаев и роль симуляции

Острые хирургические заболевания — острый аппендицит, острая кишечная непроходимость, перитонит, ущемленная грыжа, острый панкреатит и др. — составляют значительную долю неотложной хирургической помощи, но их появление в клинике плохо прогнозируемо [5, 6]. Даже при целенаправленной организации учебного процесса можно увидеть за время цикла не все нозологические формы острой хирургической патологии [7, 8].

Исследование L. Beyer-Berjot и соавт. (2020) показало, что внедрение симуляционного подхода к обучению неотложной абдоминальной хирургии значительно улучшает результаты диагностики и лечения пациентов [5]. Авторы разработали Care Pathway Approach (CPA) — структурированный путь обучения для острого аппендицита. Т. Н. Shin и соавт. (2021) оценили эффективность виртуального курса общей хирургии на основе клинических случаев во время пандемии COVID-19 [38]. Проведенный авторами виртуальный курс показал сопоставимые результаты с традиционным очным обучением. Т. N. Chao и соавт. (2021) создали оригинальную интерактивную виртуальную хирургическую систему для обучения студентов-медиков [39].

В 2023 г. А. K. Law и соавт. провели рандомизированное контролируемое исследование виртуальных пациентов при обучении вопросам неотложной медицины [40]. Студенты, работавшие с виртуальными пациентами, демонстрировали значительно лучшие результаты оценки полученных знаний. М. T. Tran и соавт. (2024) сравнили результаты использования виртуальной реальности и симуляции на манекенах в ведении острых хирургических заболеваний [41]. Это пилотное исследование показало, что виртуальная реальность имеет определенные преимущества.

В 2024 г. Т. Birrenbach и соавт. провели рандомизированное контролируемое исследование эффективности использования виртуальной реальности для обучения различным вопросам хирургии повреждений [42]. Студенты, использовавшие VR-симуляцию, показали значительное улучшение базовых знаний. I. V. Bitska и соавт. (2024) описали успешный опыт симуляционного обучения с использованием аватаров для отработки диагностики острых хирургических заболеваний, включая острый аппендицит [43]. N. Bruce и соавт. (2023) описали успешное использование оригинальной программы обучения различным хирургическим навыкам [44].

Таким образом, симуляционное изучение острых хирургических заболеваний органов брюшной полости может в какой-то степени компенсировать дефицит реальных случаев и дать возможность студентам получить необходимый клинический опыт.

ИИ-технологии в современных симуляторах

Появление генеративного ИИ в 2020-х гг. открыло новые возможности для создания синтетических пациентов. Большие языковые модели способны генерировать ответы в соответствии с контекстом беседы [15, 16, 45, 46]. Так, L. Potter и C. Jefferies (2024) описали процесс создания виртуальных пациентов с использованием генеративного ИИ [47]. Эти авторы подчеркивают, что генеративный ИИ значительно упрощает разработку виртуальных пациентов.

В 2024 г. S. N. Chu и A. J. Goodell разработали концепцию синтетических пациентов с использованием мультимодального генеративного ИИ для обучения сложным разговорам [48]. N. Sardesai и соавт. (2024) использовали генеративный разговорный ИИ для создания симулированных встреч с пациентами в обучении анестезиологии [49].

В 2025 г. W. S. Comulada и соавт. провели пилотное тестирование ИИ-платформы с голосовым управлением для обучения студентов-медиков [50]. Платформа включает автоматическую обратную связь на основе анализа диалога.

Таким образом, ключевыми технологиями, используемыми в современных ИИ-симуляторах, являются следующие:

- большие языковые модели (GPT-4, Gemini и др.) для генерации естественных ответов [15, 16];
- технологии синтеза и распознавания речи для голосового взаимодействия [17];
- визуальные аватары для создания эффекта присутствия [18];
- системы автоматической оценки для анализа действий студента [46, 50].

Веб-приложение Surgical-Case-Simulator

Разработанное авторами веб-приложение Surgical-Case-Simulator представляет собой проект синтетического пациента на базе ИИ, специально созданный для обучения диагностике и ведению пациентов с острыми хирургическими заболеваниями на английском языке [23]. Платформа демонстрирует практическую реализуемость и доступность ИИ-симуляторов для широкого круга образовательных учреждений.

Данная платформа построена на React и TypeScript, использует Google Gemini API (мо-

дель Gemini Pro) для генерации ответов, Web Speech API — для голосового взаимодействия и развернута на Netlify (<https://surgical-sim-arjun-2026.netlify.app>) [23].

Веб-приложение имеет следующие функциональные возможности:

- 1) голосовое взаимодействие: студент может вести диалог с виртуальным пациентом голосом; система распознает речь студента, передает ее языковой модели и синтезирует голосовой ответ пациента;
- 2) визуальный аватар: статическое изображение пациента создает эффект присутствия собеседника;
- 3) острые хирургические сценарии: платформа включает случаи острого аппендицита, острой кишечной непроходимости, перитонита, ущемленной грыжи, острого панкреатита и др.;
- 4) адаптивный диалог: языковая модель Gemini генерирует ответы пациента в реальном времени, адаптируясь к вопросам студента;
- 5) автоматическая оценка: после завершения клинического разбора система анализирует действия студента и выставляет оценку по 10-балльной шкале на основе полноты сбора анамнеза, качества физического обследования, правильности постановки диагноза, обоснованности выбора тактики ведения пациента и коммуникативных навыков;
- 6) детальный отчет: система генерирует отчет о качестве клинического разбора, включающий сильные стороны, упущенные элементы, рекомендации по улучшению и сравнение с оптимальным алгоритмом.

Обсуждение

Эффективность использования симуляционных технологий в медицинском образовании подтверждена многочисленными исследованиями. S. B. Issenberg и соавт. (2005) проанализировали 109 исследований и выявили ключевые характеристики эффективно-го симуляционного обучения: обратная связь, повторение, интеграция в учебный план, диапазон сложности, множественные стратегии обучения, клиническая вариативность, контролируемая среда, индивидуализированное обучение, определенные результаты и валидность симулятора [30].

Систематический обзор D. A. Cook и соавт. (2010) показал, что виртуальные пациенты эффективны для обучения клиническому мышлению и принятию решений [29]. Важно отметить, что эффективность симуляционного обучения зависит от качества реализации. Простое предоставление доступа к симулятору без структурированной программы, обратной связи и интегра-

ции в учебный план не обеспечивает значимых образовательных результатов.

Несмотря на значительные преимущества, синтетические пациенты на базе ИИ имеют ряд ограничений, которые необходимо учитывать при внедрении в образовательный процесс. Технические ограничения:

1) языковые модели могут генерировать неточные, противоречивые или клинически неправильные ответы, особенно в сложных или редких клинических ситуациях; необходим контроль качества и валидация ответов медицинскими экспертами;

2) современные ИИ-симуляторы не воспроизводят тактильные ощущения при пальпации, перкуссии или аускультации; студент может только запросить результаты обследования, но не выполнить его самостоятельно, что ограничивает обучение процедурным навыкам;

3) статические аватары не воспроизводят мимику, жесты и другие невербальные сигналы, которые играют важную роль в клинической коммуникации.

Синтетические пациенты на базе ИИ имеют явные педагогические ограничения:

1) отсутствие эмоциональной глубины;

2) риск чрезмерной зависимости от технологий;

3) эффективное использование ИИ-симуляторов требует подготовки преподавателей, которые должны понимать возможности и ограничения технологии, уметь интегрировать ее в учебный процесс и предоставлять качественную обратную связь.

Также мы видим следующие этические ограничения технологии «Синтетический пациент»:

1) использование ИИ-симуляторов может включать сбор и обработку персональных данных студентов, что требует соблюдения норм конфиденциальности и защиты данных;

2) решения, принимаемые ИИ-системами, часто непрозрачны и трудно объяснимы, что затрудняет понимание студентами логики оценки их действий;

3) неясно, кто несет ответственность за ошибки ИИ-симулятора — разработчики, образовательное учреждение или преподаватели.

Нам представляются следующие перспективы развития технологии «Синтетический пациент»:

1) совершенствование мультимодальных моделей, которые поддерживают множественное взаимодействие (текст, голос, изображения, видео), позволит создавать более реалистичные симуляции;

2) сочетание ИИ-пациентов с виртуальной и дополненной реальностью позволит воспроизводить реальное физикальное обследование пациентов;

3) ИИ-системы могут адаптировать сложность случаев и обратную связь к уровню каждого студента, обеспечивая индивидуализированное обучение;

4) ИИ-пациенты могут использоваться для обучения междисциплинарному взаимодействию, имитируя сложные случаи, требующие участия специалистов разных профилей;

5) оптимальным подходом может быть интеграция синтетических пациентов в существующие программы обучения в качестве дополнения к традиционным методам.

Заключение

Современные ИИ-технологии позволяют создавать реалистичные симуляции различных клинических ситуаций, доступные в режиме 24/7 без необходимости привлечения реальных пациентов или актеров. Виртуальные пациенты могут повысить уверенность студентов в реальном общении с пациентами, улучшить их клиническое мышление.

Синтетические пациенты на базе ИИ могут явиться перспективным решением двух ключевых проблем медицинского образования: обучения иностранных студентов при отсутствии англоязычных пациентов и формирования клинического опыта в диагностике и ведении пациентов с острыми хирургическими заболеваниями при дефиците реальных случаев в учебном процессе. Разработанное веб-приложение Surgical-Case-Simulator продемонстрировало достаточно хорошие возможности обучения диагностике и лечению острых хирургических заболеваний органов брюшной полости, в том числе на английском языке.

Список литературы / References

1. Бугубаева М.М., Калматов Р.К., Аббас С.А., Турсунова В., Муратова Н. Многопрофильная университетская виртуальная клиника – DIMEDUS в обучении студентов международного медицинского факультета ОшГУ. *Виртуальные технологии в медицине*. 2022;(3):1483. DOI: https://doi.org/10.46594/2687-0037_2022_3_1483

Bugubaeva M, Kalmatov RK, Abbas SA, Tursunova V, Muratova N. Multidisciplinary University Virtual Clinic - DIMEDUS

in Teaching Students of the International Medical Faculty of Osh State University. *Virtual Technologies in Medicine*. 2022;(3):1483. (In Russ.).

DOI: https://doi.org/10.46594/2687-0037_2022_3_1483

2. Awada IA, Sorici A, Dragoi M, Florea AM, Scafa-Udriste A. Virtual patient: architecture of an educational web platform for the assessment of consultation and diagnosing skills of medical students. In: ICERI2022 Proceedings. Seville, Spain: IATED;

2022:4880-4889.

DOI: <https://doi.org/10.21125/iceri.2022.2074>

3. Deardorff DK, Arasaratnam-Smith LA. Intercultural competence in higher education: International approaches, assessment and application. London: Routledge; 2017. 312 p.

4. Wallace P. Following the threads of an innovation: the history of standardized patients in medical education. *Caduceus*. 1997;13(2):5-28.

5. Beyer-Berjot L, Patel V, Sirimanna P, Hashimoto DA. Implementation of a Surgical Simulation Care Pathway Approach to Training in Emergency Abdominal Surgery. *World J Surg*. 2020;44(3):704-712.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00268-019-05242-1>

6. Søreide K, Thorsen K, Søreide JA. Strategies to improve the outcome of emergency surgery for perforated peptic ulcer. *Br J Surg*. 2014;101(1):e51-e64.

DOI: <https://doi.org/10.1002/bjs.9368>

7. Lau WY, Fan ST, Chu KW, Yip W, Yuen WK, Wong KK. Influence of surgeons' experience on postoperative sepsis. *Am J Surg*. 1988;155(2):322-326.

DOI: [https://doi.org/10.1016/S0002-9610\(88\)80724-4](https://doi.org/10.1016/S0002-9610(88)80724-4)

8. Reznick RK, MacRae H. Teaching surgical skills—changes in the wind. *N Engl J Med*. 2006;355(25):2664-2669.

DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMr054785>

9. Barrows HS. An overview of the uses of standardized patients for teaching and evaluating clinical skills. *Acad Med*. 1993;68(6):443-451.

DOI: <https://doi.org/10.1097/00001888-199306000-00002>

10. Cleland JA, Abe K, Rethans JJ. The use of simulated patients in medical education: AMEE Guide No 42. *Med Teach*. 2009;31(6):477-486.

DOI: <https://doi.org/10.1080/01421590903002821>

11. Lewis KL, Bohnert CA, Gammon WL, Hölzer H, Lyman L, Smith C, et al. The Association of Standardized Patient Educators (ASPE) Standards of Best Practice (SOBP). *Adv Simul (Lond)*. 2017;2:10.

DOI: <https://doi.org/10.1186/s41077-017-0043-4>

12. Gaba DM. The future vision of simulation in health care. *Qual Saf Health Care*. 2004;13 Suppl 1:i2-i10.

DOI: <https://doi.org/10.1136/qshc.2004.009878>

13. McGaghie WC, Issenberg SB, Petrusa ER, Scalese RJ. A critical review of simulation-based medical education research: 2003–2009. *Med Educ*. 2010;44(1):50-63.

DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2009.03547.x>

14. Huwendiek S, De Leng BA, Zary N, Fischer MR, Ruiz JG, Ellaway R. Towards a typology of virtual patients. *Med Teach*. 2009;31(8):743-748.

DOI: <https://doi.org/10.1080/01421590903124708>

15. Open AI. GPT-4 Technical Report. *arXiv*. 2023;2303.08774.

DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.08774>

16. Google DeepMind. Gemini: A Family of Highly Capable Multimodal Models. *arXiv*. 2023;2312.11805.

DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.11805>

17. van den Oord A, Dieleman S, Zen H, Vinyals O, Graves A, Kalchbrenner N, et al. WaveNet: A Generative Model for Raw Audio. *arXiv*. 2016:1609.03499.

DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1609.03499>

18. Thies J, Zollhöfer M, Stamminger M, Theobalt C, Nießner M. Face2Face: Real-time Face Capture and Reenactment of RGB Videos. *Proc IEEE Conf Comput Vis Pattern Recognit*. 2016;2387-2395.

DOI: <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.262>

19. Bickmore TW, Pfeifer LM, Byron D, Forsythe S, Henault LE, Jack BW, et al. Usability of conversational agents by patients with inadequate health literacy: evidence from two clinical trials. *J Health Commun*. 2010;15 Suppl 2:197-210.

DOI: <https://doi.org/10.1080/10810730.2010.499991>

20. Laranjo L, Dunn AG, Tong HL, Kocaballi AB, Chen J, Bashir R, et al. Conversational agents in healthcare: a systematic review. *J Am Med Inform Assoc*. 2018;25(9):1248-1258.

DOI: <https://doi.org/10.1093/jamia/ocy072>

21. Kononowicz AA, Woodham LA, Edelbring S, Stathakarou N, Davies D, Saxena N, et al. Virtual patient simulations in health professions education: systematic review and meta-analysis by the digital health education collaboration. *J Med Internet Res*. 2019;21(7):e14676.

DOI: <https://doi.org/10.2196/14676>

22. Consorti F, Mancuso R, Nocioni M, Piccolo A. Efficacy of virtual patients in medical education: A meta-analysis of randomized studies. *Comput Educ*. 2012;59(3):1001-1008.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.04.017>

23. Surgical-Case-Simulator-2. GitHub repository; 2026. [date of access 2026 April 04]. Available from: <https://surgical-sim-arjun-2026.netlify.app>

24. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med*. 2019;25(1):44-56.

DOI: <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7>

25. Rajkomar A, Dean J, Kohane I. Machine learning in medicine. *N Engl J Med*. 2019;380(14):1347-1358.

DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMr1814259>

26. Satava RM. Virtual reality surgical simulator. *Surg Endosc*. 1993;7(3):203-205.

DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00594110>

27. Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, O'Brien MK, Bansal VK, Andersen DK, et al. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. *Ann Surg*. 2002;236(4):458-464.

DOI: <https://doi.org/10.1097/00000658-200210000-00008>

28. Ellaway R, Candler C, Greene P, Smothers V. An architectural model for MedBiquitous virtual patients. *Med Teach*. 2006;28(8):691-694.

29. Cook DA, Erwin PJ, Triola MM. Computerized virtual patients in health professions education: a systematic review and meta-analysis. *Acad Med*. 2010;85(10):1589-1602.

DOI: <https://doi.org/10.1097/ACM.0b013e3181edfe13>

30. Issenberg SB, McGaghie WC, Petrusa ER, Lee Gordon D, Scalese RJ. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Med Teach*. 2005;27(1):10-28.

DOI: <https://doi.org/10.1080/01421590500046924>

31. Ziv A, Wolpe PR, Small SD, Glick S. Simulation-based medical education: an ethical imperative. *Acad Med*. 2003;78(8):783-788.

DOI: <https://doi.org/10.1097/00001888-200308000-00006>

32. Poulton T, Conradi E, Kavia S, Round J, Hilton S. The replacement of 'paper' cases by interactive online virtual patients in problem-based learning. *Med Teach*. 2009;31(8):752-758.

DOI: <https://doi.org/10.1080/01421590903141082>

33. Kenny P, Parsons TD, Gratch J, Leuski A, Rizzo AA. Virtual patients for clinical therapist skills training. *Intelligent Virtual Agents*. 2007;4722:197-210.

DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-74997-4_19

34. Woolf K, Potts HW, McManus IC. Ethnicity and academic performance in UK trained doctors and medical students: systematic review and meta-analysis. *BMJ*. 2011;342:d901.

DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.d901>

35. Sezer B, Sezer TA, Tasdelen Teker G, Elcin M. Developing a virtual patient: design, usability, and learning effect in communication skills training. *BMC Med Educ*. 2023;23(1):860.

DOI: <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04860-7>

36. Oliven A, Nave R, Baruch A. Long experience with a web-based, interactive, conversational virtual patient case simulation for medical students' evaluation: comparison with oral examination. *Med Educ Online*. 2021;26(1):1946896.

DOI: <https://doi.org/10.1080/10872981.2021.1946896>

37. Furlan R, Gatti M, Menè R, Shiffer D. A Natural Language Processing-Based Virtual Patient Simulator and Intelligent Tutoring System for the Clinical Diagnostic Process: Simulator Development and Case Study. *JMIR Med Inform*. 2021;9(9):e24073.

DOI: <https://doi.org/10.2196/24073>

38. Shin TH, Klingler M, Han AY. Efficacy of Virtual Case-Based General Surgery Clerkship Curriculum During COVID-19 Distancing. *Med Sci Educ*. 2021;31(1):303-310. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40670-020-01126-5>
39. Chao TN, Frost AS, Brody RM, Byrnes YM, Cannady SB. Creation of an interactive virtual surgical rotation for undergraduate medical education during the COVID-19 pandemic. *J Surg Educ*. 2021;78(2):346-350. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2020.06.039>
40. Law AK, Hung KK, James KS, Kelly AM, Graham CA. Virtual patient simulation in undergraduate emergency medicine education during COVID-19: Randomized controlled trial. *Hong Kong J Emerg Med*. 2023;30(4):235-243. DOI: <https://doi.org/10.1177/10249079231189376>
41. Tran MT, Ahmad M, Patel K, Argyriou O, Davies AH. Comparing virtual reality and simulation to teach the assessment and management of acute surgical scenarios: A pilot study. *Health Sci Rep*. 2024;7(8):e2245. DOI: <https://doi.org/10.1002/hsr2.2245>
42. Birrenbach T, Stuber R, Müller C, Sutter PM, Hautz WE. Virtual reality simulation to enhance advanced trauma life support trainings – a randomized controlled trial. *BMC Med Educ*. 2024;24(1):645. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05645-2>
43. Bitska IV, Hvozdetzka HS, Bulbuk O, Glovyak VG. Experience of simulation training using avatars. *Art of Medicine*. 2024;29(1):188-192. DOI: <https://doi.org/10.21802/artm.2024.1.29.188>
44. Bruce N, Smith C, Irvine LG. FTP4.2 Keeping it Simple: An Ongoing Near-Peer Teaching Programme Success for Surgical Skills and Simulation. *Br J Surg*. 2023;110 Suppl 7:znad241.366. DOI: <https://doi.org/10.1093/bjs/znad241.366>
45. Gutiérrez Maquilón R, Uhl JC, Schrom-Feiertag H, Tscheligi M. Integrating GPT-Based AI into Virtual Patients to Facilitate Communication Training Among Medical First Responders: Usability Study of Mixed Reality Simulation. *JMIR Form Res*. 2024;8:e58623. DOI: <https://doi.org/10.2196/58623>
46. Weisman D, Sugarman A, Huang Y, Gelberg L, Ganz PA. Development of a GPT-4-Powered Virtual Simulated Patient and Communication Training Platform for Medical Students to Practice Discussing Abnormal Mammogram Results With Patients: Multiphase Study. *JMIR Form Res*. 2025;9:e65670. DOI: <https://doi.org/10.2196/65670>
47. Potter L, Jefferies C. Enhancing communication and clinical reasoning in medical education: Building virtual patients with generative AI. *Future Healthc J*. 2024;11(3):100043. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fhj.2024.100043>
48. Chu SN, Goodell AJ. Synthetic Patients: Simulating Difficult Conversations with Multimodal Generative AI for Medical Education. *arXiv*. 2024:2405.19941. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.19941>
49. Sardesai N, Russo P, Martin J, Sardesai A. Utilizing generative conversational artificial intelligence to create simulated patient encounters: a pilot study for anaesthesia training. *Postgrad Med J*. 2024;100(1188):761-765. DOI: <https://doi.org/10.1093/postmj/ggad137>
50. Comulada WS, Ganz PA, Huang Y, Weisman D, Sugarman A. A Pilot Test of an AI Voice-Driven Simulation With Feedback for Medical Students to Practice Discussing Diagnostic Mammogram Results With Patients. *Cureus*. 2025;17(1):e95606. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.95606>

Информация об авторах / Information about the authors

Литвин Андрей Антонович, д.м.н., доцент, профессор кафедры хирургических болезней № 3, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9330-6513>

e-mail: aalitin@gmail.com

Берещенко Валентин Владимирович, к.м.н., доцент, заведующий кафедрой хирургических болезней № 3, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8269-8075>

e-mail: val_71@inbox.ru

Головин Федор Михайлович, старший преподаватель симуляционно-аттестационного центра, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4584-5539>

e-mail: himic99@mail.ru

Лёгенький Николай Андреевич, студент 4-го курса лечебного факультета, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3806-3676>

e-mail: leg.nikolay720@mail.ru

Andrey A. Litvin, Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Professor at the Department of Surgical Diseases No. 3, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9330-6513>

e-mail: aalitin@gmail.com

Valentin V. Bereshchenko, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Surgical Diseases No. 3, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8269-8075>

e-mail: val_71@inbox.ru

Fedor M. Golovin, Senior Lecturer at the Simulation and Certification Center, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4584-5539>

e-mail: himic99@mail.ru

Nikolai A. Leohenkii, 4th year student at the Faculty of General Medicine, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3806-3676>

e-mail: leg.nikolay720@mail.ru

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Литвин Андрей Антонович

e-mail: aalitin@gmail.com

Andrey A. Litvin

e-mail: aalitin@gmail.com

Поступила в редакцию / Received 07.04.2026

Поступила после рецензирования / Accepted 10.04.2026

Принята к публикации / Revised 09.06.2026