

МЕДИЦИНСКАЯ ИНФОРМАТИКА / MEDICAL INFORMATICS

ОБУЧАЮЩИЙ ПРОГРАММНЫЙ ПОШАГОВЫЙ СИМУЛЯЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС ПО НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫМ ТИПАМ ОПЕРАТИВНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ С ИНТЕГРИРОВАННЫМ МЕДИЦИНСКИМ КОНТЕНТОМ

Научная статья

Чаадаев В.К.^{1,*}, Журавлев Д.М.², Копылов Ф.Ю.³, Ардатов С.В.⁴, Чаадаев К.В.⁵

¹ ORCID : 0000-0001-7484-5848;

² ORCID : 0000-0001-5447-3119;

³ ORCID : 0000-0001-5124-6383;

⁴ ORCID : 0000-0002-2644-5353;

⁵ ORCID : 0000-0001-6144-907X;

^{1,2} Научно-исследовательский институт социальных систем при МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация

³ Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Москва, Российская Федерация

⁴ Самарский государственный медицинский университет, Самара, Российская Федерация

⁵ Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (vkchaadaev[at]niiss.ru)

Аннотация

В статье рассмотрены возможности полностью отечественного цифрового продукта, разработанного в рамках НИОКР «Проектирование и разработка обучающего программного обеспечения «База данных пошаговых симуляционных комплексов по наиболее распространенным типам оперативных вмешательств с интегрированным медицинским контентом», при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям. Обучающий программный комплекс представляет собой интерактивный самоучитель с элементами искусственного интеллекта, используя который обучающиеся могут комплексно усвоить ведение конкретного типа пациентов – от постановки диагноза до хирургического лечения, с учетом возможных наиболее распространенных ошибок и послеоперационного ведения больного. В случае успешной апробации в среде высшего и среднего образования описание характеристик цифрового продукта будет направлено в соответствующие ведомства с целью получения положительного заключения и рекомендаций к применению на территории Российской Федерации.

Ключевые слова: база данных, оперативные вмешательства, симуляционное обучение, трехмерное моделирование органов и тканей, телемедицинские технологии, цифровое здравоохранение.

EDUCATIONAL SOFTWARE STEP-BY-STEP SIMULATION COMPLEX ON THE MOST COMMON TYPES OF SURGICAL INTERVENTIONS WITH INTEGRATED MEDICAL CONTENT

Research article

Chaadaev V.K.^{1,*}, Zhuravlev D.M.², Kopylov F.Y.³, Ardatov S.V.⁴, Chaadaev K.V.⁵

¹ ORCID : 0000-0001-7484-5848;

² ORCID : 0000-0001-5447-3119;

³ ORCID : 0000-0001-5124-6383;

⁴ ORCID : 0000-0002-2644-5353;

⁵ ORCID : 0000-0001-6144-907X;

^{1,2} Social systems research institute at Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

³ Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

⁴ Samara State Medical University, Samara, Russian Federation

⁵ Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (vkchaadaev[at]niiss.ru)

Abstract

The article reviews the capabilities of a fully domestic digital product developed within the framework of research and development training software "Database of step-by-step simulation complexes on the most common types of surgical interventions with integrated medical content", with the financial support of the Innovation Promotion Foundation. The training software complex is an interactive self-tutor with elements of artificial intelligence, using which trainees can comprehensively learn the management of a particular type of patient - from diagnosis to surgical treatment, taking into account possible most common errors and postoperative management of the patient. In case of successful testing in higher and secondary education, the description of the digital product's characteristics will be sent to the relevant authorities in order to obtain a positive opinion and recommendations for use in the Russian Federation.

Keywords: database, surgical interventions, simulation training, three-dimensional modelling of organs and tissues, telemedicine technologies, digital healthcare.

Введение

На текущий момент в учебных медицинских учреждениях наблюдается острая нехватка биологического материала и анатомических препаратов, используемых в качестве иллюстративного и обучающего материала на курсах анатомии, топографической анатомии, оперативной хирургии и других естественно-научных дисциплин. В сложившейся ситуации проблема решается за счет использования интерактивных симуляционных средств обучения, рассматриваемых как разновидность современной технологии подготовки высококвалифицированных специалистов медицинской сферы [3], [12], [13], [14]. Интегрирование симуляционных технологий в образовательный процесс обеспечивает наличие необходимого набора клинических ситуаций, патологических процессов и возможных нештатных в любое удобное время и с возможностью повторения клинических задач неограниченное количество раз для отработки навыков и усвоения учебного материала. Обучение на основе моделирования позволяет развивать и совершенствовать практические навыки, формировать коммуникативные навыки, принципы и навыки командной работы. Ведущими направлениями цифровизации системы здравоохранения является внедрение технологий телемедицины и виртуальной реальности [2], [5], [15]. Наиболее перспективными являются технологии производства трехмерных анатомических моделей и пациент-специфических компьютерных тренажеров, совершенствование систем обратной тактильной связи и качества отображения виртуальных моделей [1], [4], [6].

Цель настоящей статьи – анализ возможностей цифрового продукта, разработанного в рамках НИОКР «Проектирование и разработка обучающего программного обеспечения «База данных пошаговых симуляционных комплексов по наиболее распространенным типам оперативных вмешательств с интегрированным медицинским контентом» при финансовой поддержке ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (Фонд содействия инновациям).

Методы и принципы исследования

Обучающий программный комплекс представляет собой интерактивный самоучитель с элементами искусственного интеллекта, используя который обучающиеся могут комплексно усвоить ведение конкретного типа пациентов – от постановки диагноза до хирургического лечения, с учетом возможных наиболее распространенных ошибок и постоперационного ведения больного. Цифровой продукт обладает следующими инновационными потребительскими свойствами:

1. Пошаговая подача материала. В рамках созданной образовательной базы данных присутствует несколько учебных блоков: клинико-патологические особенности заболеваний; анатомический обзор области для проведения оперативного вмешательства; блок диагностической информации; пошаговая анимация проводимого хирургического вмешательства; запись реального хирургического вмешательства; проверочный блок. Предполагается, что обучающиеся в рамках изучения одного оперативного вмешательства должны проходить пошаговое знакомство с материалом, представленном в каждом из вышеперечисленных блоков. Таким образом, у них будет создаваться комплексная картина проявления (симптоматики) заболевания, его диагностирования и операционного лечения. Кроме того, обучающий материал будет подаваться порционно, постепенно переходя от легкого в понимании к более сложному. Так, студентам сначала предложат ознакомиться с нормальной анатомией области хирургического вмешательства, затем будет изложена патологическая анатомия конкретного заболевания и только затем пошаговое хирургическое лечение;

2. Междисциплинарный подход. К процессам разработки программного комплекса были привлечены эксперты и практикующие специалисты различных естественно-научных направлений – анатомия, топографическая анатомия, оперативная хирургия, функциональная диагностика и тому подобное. Таким образом, благодаря использованию различных типов данных, у обучающихся создается комплексное представление об оперативном вмешательстве. В реальности, чтобы получить такой объем междисциплинарных знаний, обучающимся пришлось бы прослушать курсы на разных медицинских кафедрах;

3. Наличие редких медицинских данных в виртуальном изображении. К таким типам данных относятся патологии в различных стадиях, в том числе встречающиеся только в экстренных и чрезвычайных ситуациях (ампутация плеча, предплечья, бедра, голени) и возможность отработки нештатных ситуаций в ходе оперативного вмешательства. Зачастую в процессе обучения оказывается невозможным обеспечить доступ студентов к полному набору патологических состояний в различных стадиях. В этом случае содержащиеся в цифровом продукте редкие медицинские данные будут иметь особую актуальность. Используя их, студенты гарантированно будут иметь возможность получить требуемый опыт работы с полным набором патологических состояний. Кроме того, в отличие от реальных клинических случаев, при использовании программного комплекса у обучающихся будет возможность поработать с конкретной патологией или нештатной ситуацией неограниченное количество раз, что гарантирует прочное усвоение учебного материала;

4. Комплексное использование современных информационных и графических технологий. В ходе формирования базы данных были использованы: трехмерные виртуальные анатомические модели области оперативного вмешательства, ролики с анимированным виртуальным моделями, видео материалы с записями реальных операций, данные диагностики, иллюстративные материалы в виде фото, рисунков, схем, диаграмм. В ходе работы была применена технология дополненной реальности, когда обработанная информация и объекты виртуального мира (трехмерные виртуальные анатомические модели) выводятся «поверх» реальных объектов, информационно «насыщая» их. Использование таких современных цифровых технологий относит данную разработку к области симуляционных, визуализационных и когнитивных технологий в медицине.

Состав модулей цифрового продукта приведен в табл. 1.

Таблица 1 - Состав модулей обучающего программного комплекса по наиболее распространенным типам оперативных вмешательств с интегрированным медицинским контентом

Наименование модуля	Основное содержание
Клинико-патологические особенности заболеваний, при которых необходимо проведение конкретного оперативного вмешательства	Обзор заболеваний: определение, особенности течения патологического процесса, диагностика, обзор стадий, варианты лечения
Анатомический обзор области для проведения оперативного вмешательства	Статьи, аудио-лекция и иллюстративный материал (изображения, трехмерные визуализация, фотографии)
Блок диагностической информации	Результаты диагностических исследований (рентгеновские снимки, данные УЗИ, МРТ и т.п. в зависимости от типа заболевания и вида оперативного вмешательства)
Пошаговая анимация проводимого хирургического вмешательства	Видеозапись идеального процесса проведения оперативного вмешательства, трехмерная визуализация и/или цветовая подсветка анатомических структур, используемых инструментах, моделирование основных ошибок начинающих хирургов
Запись реального хирургического вмешательства	Полные видеозаписи реальных операций
Проверочный блок	Тестовые задания для проверки усвоения учебного материала по конкретному оперативному вмешательству

Примечание: составлено авторами

Основные результаты

В рамках опытно-тестовой эксплуатации программного продукта были отобраны оперативные вмешательства, имеющие наибольшую актуальность в хирургии:

- операции, применяемые при оказании реанимационных мероприятий (коникотомия, трахеотомия, трахеостомия);
- операции, которые проводятся как экстренно, так и в плановом режиме, но имеющие наибольшую распространённость (аппендэктомия, холецистэктомия, операция по поводу внематочной беременности);
- операции, проводимые при чрезвычайных ситуациях и техногенных катастрофах (ампутация плеча, ампутация предплечья, ампутация бедра, ампутация голени).

Для каждого из типов оперативных вмешательств был подобран набор исходных видеозаписей. Основным критерием формирования выборки была необходимость формирования не только классических представлений, но и развитие широты знаний студентов за счет дополнительного знакомства с современными методиками. Общий объем исходных видеозаписей составляет более 180 ГБ. Пример подборки исходных видеозаписей по внематочной беременности представлен на рис. 1.



Рисунок 1 - Подборка исходных видеозаписей по внематочной беременности

Далее для каждого типа вмешательства разрабатывался сценарий видеозаписи идеального течения операции, включавший посекундную раскадровку сборки видеофайла из исходных видеозаписей, а также мультимедиа объектов: фотографий, рисунков, 3D-объектов.

Подбор мультимедиа объектов осуществлялся по принципу их максимального соответствия программе 3-4 курса высшего медицинского образовательного учреждения [8], [11]. Основной набор рисунков соответствует типовым патологиям, при которых назначаются заявленные оперативные вмешательства. Редкие и частные случаи осознанно не включены в подборку, поскольку для целевого потребителя данного программного продукта они малопонятны и будут лишь создавать затруднения в освоении учебной программы студентами. Примеры изображений для одной из операций представлены на рис. 2 и рис. 3.

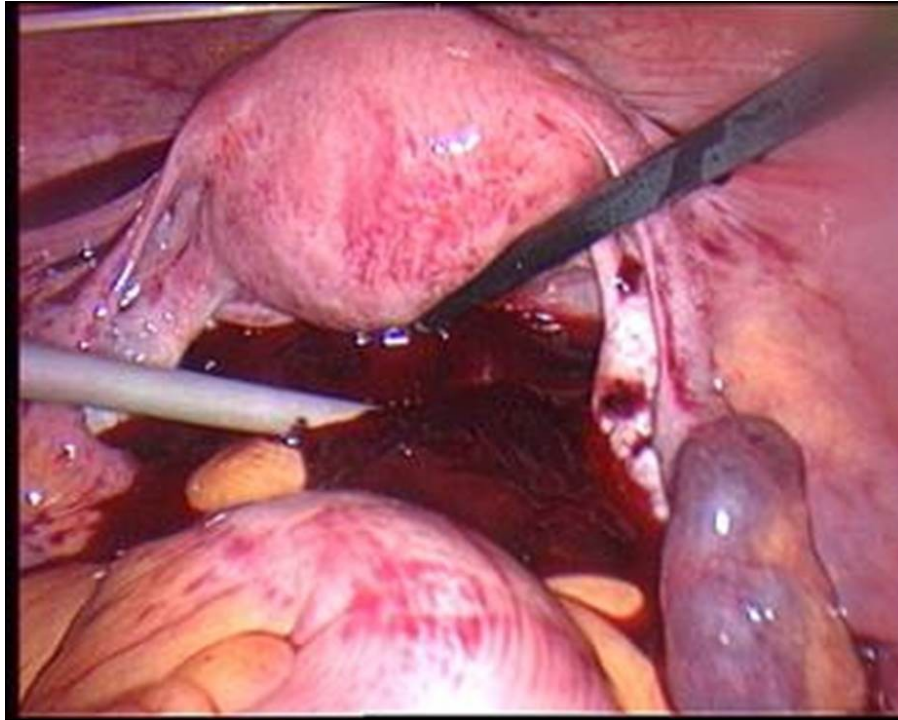


Рисунок 2 - Пример изображения для интеграции в видеозапись оперативного вмешательства «Внематочная беременность»

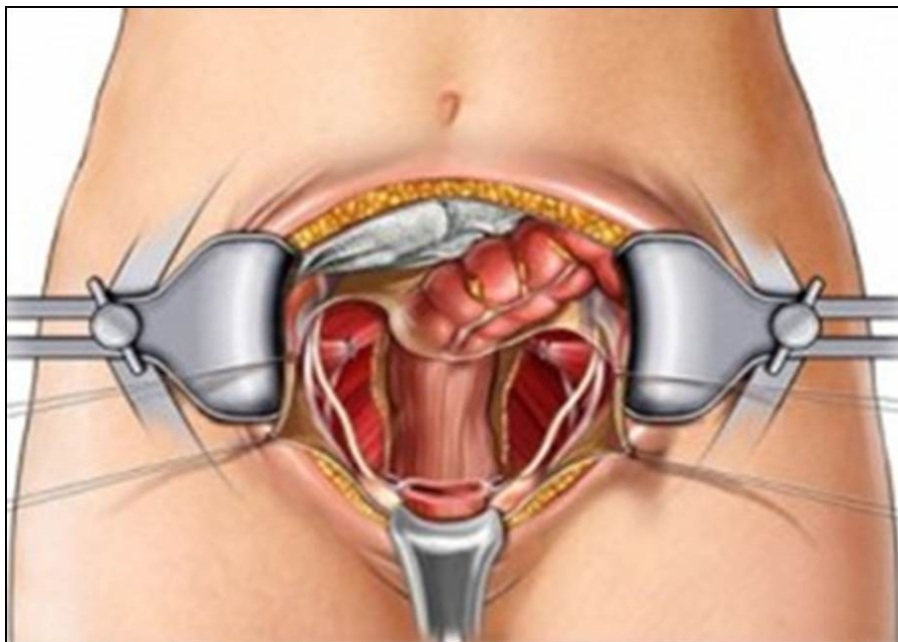


Рисунок 3 - Пример изображения для интеграции в видеозапись оперативного вмешательства «Внематочная беременность»

Разработка 3D моделей инструментов проводилась методом оцифровки с реальных объектов. Выполнялось фотографирование каждого инструмента с различных ракурсов, замерялись ключевые размеры. После в программе трехмерного моделирования объектов формировался макет с помощью ключевых, опорных точек. Для всех инструментов сохранена не только внутренняя геометрия, но и относительные размеры одних инструментов относительно других. Далее на модель была наложена текстура и заданы параметры освещения. Пример разработанных трехмерных моделей инструментов приведены на рис. 4.



Рисунок 4 - Пример трехмерных моделей инструментов

Разработка 3D моделей органов проводилась по методу построения геометрии, исходя из известных данных о внутренних органах человеческого тела, опубликованных в анатомических атласах. Текстуры для моделей рисовались на основе свободно распространяемых фотографий в сети Интернет. Примеры разработанных трехмерных моделей органов и тканей приведены на рис. 5 и рис. 6.



Рисунок 5 - Пример трехмерного изображения части репродуктивной системы женщины



Рисунок 6 - Пример трехмерного изображения участка трахеи

В среднем длительность видеозаписи идеального хода течения операции составляет 20-40 минут, в то время как само оперативное вмешательство может занимать от 30 минут до десяти и более часов. В связи с этим в информационной системе предусмотрен модуль, в котором собраны полные записи реального оперативного вмешательства. Размещенная в базе данных видеозапись снабжается небольшим предпросмотровым текстовым комментарием, в самой записи операции звук и видеоряд сохранены оригинальные.

В качестве базового документального сопровождения видеоматериалов приводятся предметные обзорные детализирующие сведения: описание основных зон, отделов, органов и тканей, которые затрагиваются в процессе операции, результаты диагностических исследований, основные методы диагностики, методы лечения, а также особенности послеоперационного течения заболевания. Документы снабжены иллюстрациями и комментариями.

Модуль «проверочный блок» содержит тесты по рассматриваемым типам оперативных вмешательств, содержание проверочных материалов соответствует знаниям студента 3-4 курсов медицинских ВУЗов. Настройка вопросов, ответов, времени, отводимого на решение теста проводится в панели администратора, пример страницы с тестом по аппендэктомии приведен на рис. 7.

☰
БАЗОВЫЕ НАВЫКИ И ТЕСТИРОВАНИЕ

Аппендэктомия

ОСТАЛОСЬ ВРЕМЕНИ: 01:58:30

Врач-терапевт, проводя пальпацию брюшной стенки для оценки состояния тонкой кишки с учетом ее анатомической проекции, должен обследовать

- пупочную, надчревную и лобковую области
- пупочную, правые и левые паховые и боковые области
- пупочную, надчревную, правые и левые боковые области
- пупочную, лобковую, правые и левые паховые и боковые области
- пупочную и надчревную области

Мышцы переднебоковой стенки живота иннервируются

- боковыми и передними ветвями межреберных нервов от 4 до 10
- боковыми и передними ветвями межреберных нервов от 7 до 12
- ветвями поясничного сплетения
- ветвями крестцового сплетения
- всеми перечисленными нервами

При обследовании больного острым аппендицитом хирург для оценки состояния кишки и червеобразного отростка с учетом их анатомической проекции пальпирует

- правую боковую область живота
- левую боковую область живота
- правую паховую область
- левую паховую область
- лобковую область

Восходящая ободочная кишка проецируется

- в левой боковой области живота
- в правой боковой и правой подреберной областях
- в правой боковой и пупочной областях
- в правой боковой и надчревной областях
- в правой боковой области живота

Рисунок 7 - Страница модуля «Проверочный блок», пример прохождения теста по аппендэктомии

Обсуждение

Сопоставление основных технико-экономических параметров разработанного прототипа базы данных пошаговых симуляционных обучающих комплексов по наиболее распространенным типам оперативных вмешательств с имеющимися российскими и зарубежными аналогами приведено в табл. 2 [9], [10], [16], [17].

Таблица 2 - Сравнение разработанного прототипа информационной системы с ближайшими аналогами

Технико-экономические параметры продукта	База данных видеороликов РНЦХ	Хирургические симуляторы («Виртуальный хирург», «LapVR»)	Видеокурс по тотальной мезоректумэктомии	БД пошаговых симуляционных обучающих комплексов
<i>Страна производитель</i>	Россия	США, Нидерланды, Швеция, Россия	Совместно Турция и Великобритания	Россия
<i>Предназначено для обучения студентов, в том числе самостоятельного и дистанционного</i>	НЕТ, представляет собой просто записи реальных оперативных вмешательств, ориентироваться в которых может только опытный хирург	ЧАСТИЧНО, предназначен для студентов старших курсов хирургического профиля, интернов, молодых врачей и специалистов, проходящих переподготовку	НЕТ, предназначен для практикующих врачей с опытом работы	ДА, предназначен для студентов для формирования базовых, комплексных представлений об определенных оперативных вмешательствах. Может быть использован обучающимися самостоятельно, а также дистанционно
<i>Пошаговая подача материала</i>	НЕТ	ЧАСТИЧНО, присутствуют тренировочные упражнения для отработки практических навыков	ДА, патологические особенности, анатомия области, анимация, хирургические принципы	ДА, клинико-патологические особенности заболевания, диагностич. данные, анимация вмешательства, реальная хирургия, проверочный блок
<i>Комплексный междисциплинарный подход</i>	НЕТ, простая запись операционного процесса	НЕТ, только тренировка мануальных навыков	ДА	ДА, будут привлечены специалисты разных направлений – анатомы, хирурги, специалисты функциональной диагностики.
<i>Наличие большого набора наиболее распространенных оперативных вмешательств</i>	ДА, присутствуют записи даже редких, высокотехнологичных, узкопрофильных вмешательств	ЧАСТИЧНО, возможно расширение набора операций за дополнительную плату и не у всех производителей	НЕТ, обучающий курс посвящен только одному оперативному вмешательству	ДА, первоначальный набор будет содержать 11 оперативных вмешательств с возможностью постоянного расширения
<i>Использование современных</i>	НЕТ, иллюстрированы	ДА, операционное	ДА, для анатомической	ДА, трехмерное моделирование

<i>иллюстративных материалов – виртуальных трехмерных моделей</i>	е происходит только на примере реальных анатомических материалов	поле формируется из реалистичных трехмерных виртуальных моделей	анимации применяются упрощенные трехмерные модели	будет применяться почти во всех блоках продукта – объяснении анатомии области, особенности патологического состояния, пошаговой иллюстрации операций
---	--	---	---	--

Заключение

Следующий шаг в развитии разработанной базы данных оперативных вмешательств – это её продвижение среди потенциальных потребителей. В настоящее время система проходит апробацию на практических занятиях в ПМГМУ им И.М. Сеченова, планируется тестовое использование в Самарском государственном медицинском университете. Кроме того, будет проведена адаптация контента под возраст 16+ с целью применения базы данных в качестве учебного пособия на уроках в школах для формирующихся в настоящее время в больших количествах классов медицинского профиля.

В случае успешной апробации в среде высшего и среднего образования описание характеристик цифрового продукта будут направлены в соответствующие ведомства с целью получения положительного заключения и рекомендаций к применению на территории Российской Федерации.

Финансирование

Авторы выражают благодарность ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (Фонд содействия инновациям) при финансовой поддержке которого была выполнена НИОКР «Проектирование и разработка обучающего программного обеспечения «База данных пошаговых симуляционных комплексов по наиболее распространенным типам оперативных вмешательств с интегрированным медицинским контентом».

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала

Funding

The authors express their gratitude to the FSBI "Fund for Promotion of Small Forms of Enterprises in the Scientific and Technical Sphere" (Fund for Promotion of Innovations), with the financial support of which the R&D "Design and development of training software" Database of step-by-step simulation complexes for the most common types of surgical interventions with integrated medical content".

Conflict of Interest

None declared.

Review

International Research Journal Reviewers Community

Список литературы / References

1. Бондаренко Е.В. Симуляционное обучение как ведущее направление развития медицины / Е.В. Бондаренко, Л.Я. Хоронько // Мир науки. Педагогика и психология. — 2022. — № 10(3). — URL: <https://mir-nauki.com/PDF/16PDMN322.pdf> (дата обращения: 03.02.23).
2. Бурлуцкая А.В. Современные аспекты симуляционных технологий в медицинском образовании / А.В. Бурлуцкая, В.Е. Триль // Инновации в образовании; — Краснодар: ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России, 2022. — С. 123-129.
3. Бывальцев В.А. Новые симуляционные технологии в нейрохирургии / В.А. Бывальцев, Е.Г. Белых, Н.А. Коновалов // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. — 2016. — № 80(2). — С. 102-107.
4. Валиуллина Е.В. Перспективы медицинского образования: иммерсивные методы обучения / Е.В. Валиуллина // Вестник общественных и гуманитарных наук. — 2021. — № 2(1). — С. 39-41.
5. Гаврилова Д.В. Симуляционные технологии в медицине и образовании / Д.В. Гаврилова, Ю.С. Сизов // Бюллетень медицинских интернет-конференций. — 2019. — № 9(10). — С. 427. — URL: <https://medconfer.com/files/archive/2019-10/2019-10-81-T-18881.pdf> (дата обращения: 10.03.23).
6. Евдокимов Е.А. Оптимизация образования в области неотложной медицины: роль симуляционных технологий / Е.А. Евдокимов, И.Н. Пасечник // Медицинский алфавит. — 2013. — № 3(17). — С. 8-13.
7. Иващенко А.В. Сценарное представление операции в хирургическом тренажере / А.В. Иващенко, Н.А. Горбаченко, А.В. Колсанов // Системы управления и информационные технологии. — 2016. — № 2(64). — С. 91-97.
8. Киясов А.П. Технологии приобретения компетенций при подготовке врача (опыт Казанского федерального университета) / А.П. Киясов, А.А. Гумерова, Л.Ф. Рашитов и др. // Медицинское образование и профессиональное развитие. — 2017. — № 4(30). — С. 57-67.

9. Кобякова О.С. Проблемы развития телемедицинских технологий в России сквозь призму зарубежного опыта / О.С. Кобякова, Ф.Н. Кадыров // Национальное здравоохранение. — 2021. — № 2(2). — С. 13-20. — DOI: 10.47093/2713-069X.2021.2.2.13-20.
10. Куракова Н.Г. Цифровые двойники в хирургии: достижения и ограничения / Н.Г. Куракова, Л.А. Цветкова, Ю.В. Полякова // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. — 2022. — № 5. — С. 97-110. — DOI: 10.17116/hirurgia202205197.
11. Лукоянычев Е.Е. Комплекс педагогических инструментов для обеспечения виртуального симуляционного обучения видеолaparоскопической хирургии / Е.Е. Лукоянычев, А.И. Ротков, А.А. Бодрови др. // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. — 2018. — № 1(65). — С. 132-135. — DOI: 10.19163/1994-9480-2018-1(65)-132-135.
12. Морозов А.М. Использование современных методов обучения в медицинском университете / А.М. Морозов, Н.А. Сергеев, Г.А. Дубатов и др. // Успехи гуманитарных наук. — 2019. — № 6. — С. 70-75.
13. Пивень Д.В. Перспективы и возможные варианты развития непрерывного медицинского образования в России / Д.В. Пивень, И.С. Кицул // Менеджер здравоохранения. — 2022. — № 7. — С. 4-9. — DOI: 10.21045/1811-0185-2022-7-4-9.
14. Сурмач Е.М. Симуляционные технологии в медицинском образовании – за и против / Е.М. Сурмач, М.Г. Малкин // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. — 2019. — № 17(6). — С. 713-719. — DOI: 10.25298/2221-8785-2019-17-6-713-719.
15. Moran J. Current technology in advancing medical education: perspectives for learning and providing care / J. Moran, G. Briscoe, S. Briscoe // Psychiatry. — 2018. — № 42(6). — P. 796-799.
16. Sarbaz M. Use of Social Networks for Learning Purposes Among Medical and Paramedical Sciences Students / M. Sarbaz, Y.A. Banaye, K. Kimiafa // Mashhad, Iran. Stud. Health Technol. Infor. — 2019. — № 258. — P. 105-109.
17. Stiegler M.R. Decision-making and safety in anesthesiology / M.R. Stiegler, K.J. Ruskin // Curr. Opin. Anaesthesiol. — 2012. — № 25(6). — P. 724-729.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bondarenko E.V. Simuljatsionnoe obuchenie kak vedushee napravlenie razvitija meditsiny [Simulation training as a leading direction in the development of medicine] / E.V. Bondarenko, L.Ja. Horon'ko // Mir nauki. Pedagogika i psihologija [World of Science. Pedagogy and psychology]. — 2022. — № 10(3). — URL: <https://mir-nauki.com/PDF/16PDMN322.pdf> (accessed: 03.02.23). [in Russian]
2. Burlutskaja A.V. Sovremennye aspekty simuljatsionnyh tehnologij v meditsinskom obrazovanii / A.V. Burlutskaja, V.E. Tril' // Innovacii v obrazovanii [Innovations in education]; — Krasnodar: Kuban State Medical University, 2022. — P. 123-129. [in Russian]
3. Byval'tsev V.A. Novye simuljatsionnye tehnologii v neirohirurgii [New simulation technologies in neurosurgery] / V.A. Byval'tsev, E.G. Belyh, N.A. Konovalov // Voprosy neirohirurgii im. N.N. Burdenko [Burdenko's journal of neurosurgery]. — 2016. — № 80(2). — P. 102-107. [in Russian]
4. Valiullina E.V. Perspektivy meditsinskogo obrazovanija: immersivnye metody obuchenija [Prospects for medical education: immersive learning methods] / E.V. Valiullina // Vestnik obshhestvennyh i gumanitarnyh nauk [Humanities and social sciences bulletin]. — 2021. — № 2(1). — P. 39-41. [in Russian]
5. Gavrilova D.V. Simuljatsionnye tehnologii v meditsine i obrazovanii [Simulation technologies in medicine and education] / D.V. Gavrilova, Ju.S. Sizov // B'ulleten' medicinskih internet-konferencij [Bulletin of Medical Internet Conferences]. — 2019. — № 9(10). — P. 427. — URL: <https://medconfer.com/files/archive/2019-10/2019-10-81-T-18881.pdf> (accessed: 10.03.23). [in Russian]
6. Evdokimov E.A. Optimizatsija obrazovanija v oblasti neotlozhnoj meditsiny: rol' simuljatsionnyh tehnologij [Optimizing Emergency Medicine Education: The Role of Simulation Technologies] / E.A. Evdokimov, I.N. Pasechnik // Medicinskij alfavit [Medical alphabet]. — 2013. — № 3(17). — P. 8-13. [in Russian]
7. Ivaschenko A.V. Stsenarnoe predstavlenie operatsii v hirurgicheskom trenazhere [Scene based model for surgery interention simulation] / A.V. Ivaschenko, N.A. Gorbachenko, A.V. Kolsanov // Sistemy upravlenija i informacionnye tehnologii [Control systems and information technologies]. — 2016. — № 2(64). — P. 91-97. [in Russian]
8. Kijasov A.P. Tehnologii priobretenija kompetensij pri podgotovke vracha (opyt Kazanskogo federal'nogo universiteta) [Technologies for acquiring competencies in the preparation of a doctor (experience of the Kazan Federal University)] / A.P. Kijasov, A.A. Gumerova, L.F. Rashitov et al. // Medicinskoe obrazovanie i professional'noe razvitie [Medical education and professional development]. — 2017. — № 4(30). — P. 57-67. [in Russian]
9. Kobjakova O.S. Problemy razvitija telemeditsinskih tehnologij v Rossii skvoz' prizmu zarubezhnogo opyta [Problems of development of telemedicine technologies in Russia through the prism of foreign experience] / O.S. Kobjakova, F.N. Kadyrov // Nacional'noe zdravooohranenie [National Health Care (Russia)]. — 2021. — № 2(2). — P. 13-20. — DOI: 10.47093/2713-069X.2021.2.2.13-20. [in Russian]
10. Kurakova N.G. Tsifrovye dvojniki v hirurgii: dostizhenija i ogranichenija [Digital twins in surgery: achievements and limitations] / N.G. Kurakova, L.A. Tsvetkova, Ju.V. Poljakova // Hirurgija. Zhurnal im. N.I. Pirogova [Pirogov Russian journal of surgery]. — 2022. — № 5. — P. 97-110. — DOI: 10.17116/hirurgia202205197. [in Russian]
11. Lukojanychev E.E. Kompleks pedagogicheskikh instrumentov dlja obespechenija virtual'nogo simuljatsionnogo obuchenija videolaparoskopicheskoj hirurgii [The complex of pedagogical tools to enable virtual simulation training of videolaparoscopic surgery] / E.E. Lukojanychev, A.I. Rotkov, A.A. Bodrov et al. // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta [Journal of Volgograd State Medical University]. — 2018. — № 1(65). — P. 132-135. — DOI: 10.19163/1994-9480-2018-1(65)-132-135. [in Russian]

12. Morozov A.M. Ispol'zovanie sovremennyh metodov obucheniya v meditsinskom universitete [Use of modern education methods at medical university] / A.M. Morozov, N.A. Sergeev, G.A. Dubatolov et al. // *Uspehi gumanitarnykh nauk* [Modern humanities success]. — 2019. — № 6. — P. 70-75. [in Russian]
13. Piven' D.V. Perspektivy i vozmozhnye varianty razvitiya nepreryvnogo meditsinskogo obrazovanija v Rossii [Prospects and possible options for the development of continuing medical education in Russia] / D.V. Piven', I.S. Kitsul // *Menedzher zdravoohraneniya* [Health Manager]. — 2022. — № 7. — P. 4-9. — DOI: 10.21045/1811-0185-2022-7-4-9. [in Russian]
14. Surmach E.M. Simuljatsionnye tehnologii v meditsinskom obrazovanii – za i protiv [Simulation-based medical education – pro and contra] / E.M. Surmach, M.G. Malkin // *Zhurnal Grodnenskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta* [Journal of the Grodno State Medical University]. — 2019. — № 17(6). — P. 713-719. — DOI: 10.25298/2221-8785-2019-17-6-713-719. [in Russian]
15. Moran J. Current technology in advancing medical education: perspectives for learning and providing care / J. Moran, G. Briscoe, S. Briscoe // *Psychiatry*. — 2018. — № 42(6). — P. 796-799.
16. Sarbaz M. Use of Social Networks for Learning Purposes Among Medical and Paramedical Sciences Students / M. Sarbaz, Y.A. Banaye, K. Kimiafa // *Mashhad, Iran. Stud. Health Technol. Infor.* — 2019. — № 258. — P. 105-109.
17. Stiegler M.R. Decision-making and safety in anesthesiology / M.R. Stiegler, K.J. Ruskin // *Curr. Opin. Anaesthesiol.* — 2012. — № 25(6). — P. 724-729.