

УДК 614.2:004.9
<https://doi.org/10.47619/2713-2617.zm.2025.v.6i3;134-143>

Использование цифровых технологий при оказании медицинской помощи в стационаре (обзор зарубежных публикаций)

А.А. Аллау

Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья им. Н.А. Семашко, 105064, Россия, Москва, ул. Воронцово Поле, д. 12, стр. 1

Автор, ответственный за переписку, email: Adel.allau@yandex.ru

Аннотация

Введение. Использование цифровых технологий становится неотъемлемой частью современного здравоохранения, в особенности в условиях стационарного лечения, позволяя повысить оперативность, точность и персонализацию медицинской помощи, что особенно важно при оказании экстренной помощи и управлении сложными клиническими случаями. Международный опыт демонстрирует значительное улучшение клинических исходов благодаря интеграции цифровых решений, включая искусственный интеллект, интернет вещей и телемедицину. **Цель работы** – проведение обзора для выявления передового международного опыта в сфере использования цифровых технологий при оказании медицинской помощи в стационаре. **Материалы и методы.** Данное исследование представляет собой литературный обзор 45 релевантных научных публикаций на английском языке, отобранных через Google Scholar за период с 2020 по май 2025 г., с акцентом на цифровые технологии в хирургических отделениях клинических стационаров. Приоритет отдавался источникам, входящим в Scopus, WoS и содержащим верифицируемые данные о практическом применении цифровых решений (видео-системы, операционные роботы, ИТ-платформы и др.) в оказании стационарной медицинской помощи. **Результаты.** Обзор литературы показал, что цифровые технологии радикально трансформируют стационарную медицинскую помощь, расширяя возможности диагностики, лечения и мониторинга пациентов. Международный опыт демонстрирует эффективность таких решений, как телемедицина, интернет вещей, робототехника и ИИ, включая их применение в хирургии и реабилитации. Внедрение этих технологий повышает качество медицинских услуг и снижает нагрузку на персонал, но сопряжено с вызовами, включая стандартизацию и кибербезопасность. Для успешной адаптации в российской практике необходим междисциплинарный подход и развитие собственных технологических компетенций. При этом важно опираться на международный опыт, усиливая взаимодействие с дружественными странами и формируя кадровый потенциал в цифровом здравоохранении.

Ключевые слова: здравоохранение 4.0; цифровизация медицины; оказание помощи в стационаре; цифровизация клинической практики; телемедицина; операционная робототехника; искусственный интеллект в хирургии

Для цитирования: Аллау А.А. Использование цифровых технологий при оказании медицинской помощи в стационаре (обзор зарубежных публикаций). *Здоровье мегаполиса*. 2025;6(3):134-143. <https://doi.org/10.47619/2713-2617.zm.2025.v.6i3;134-143>

УДК 614.2:004.9
<https://doi.org/10.47619/2713-2617.zm.2025.v.6i3;134-143>

Digital Technologies in Hospital Medical Care (Review of International Publications)

Adel A. Allau

N.A. Semashko National Research Institute of Public Health, 12, bldg. 1, Vorontsovo Pole ul., Moscow, 105064, Russian Federation

Corresponding author, email: Adel.allau@yandex.ru

Abstract

Introduction. Digital technologies are becoming an integral part of modern healthcare, especially in inpatient care. It improves efficiency, accuracy, and personalization of medical care, which is substantial in emergency care provision and complex clinical case management. International experience demonstrates significant improvement in clinical outcomes through the integration of digital solutions, including artificial intelligence, the Internet of Things, and telemedicine. **The purpose** of the work is to conduct a review to identify best international practices of digital technologies in hospital medical care. **Materials and methods.** This study is a literary review of 45 relevant scientific publications in English, selected by Google Scholar from 2020 to May 2025, focused on digital technologies in surgical departments of clinical hospitals. Priority was given to the sources containing verified data on digital technologies (video systems, robotic surgery systems, IT platforms, etc.) of inpatient medical care included in Scopus and Web of Science. **Results.** The literature review has shown that digital technologies are radically transforming inpatient medical care, expanding the scope of diagnostic, treatment, and monitoring frameworks. International experience demonstrates successful application of telemedicine technologies, the Internet of Things, robotic systems, and AI in healthcare, including surgery and rehabilitation. The technologies improve the quality of medical services and reduce staff workload; however, they bring challenges of unified standards and cybersecurity. In Russia their successful implementation requires an interdisciplinary approach and proper technological competencies. Furthermore, it is important to rely on international experience, increase collaboration with friendly countries, and plan workforce capacity in digital healthcare.

Keywords: healthcare 4.0; digital transformation of medicine; providing care in hospitals; digital transformation of clinical practice; telemedicine; robotic surgery systems; artificial intelligence in surgery

For citation: Allau A.A. Digital technologies in hospital medical care (review of foreign publications). *City Healthcare*. 2025;6(3):134-143. <https://doi.org/10.47619/2713-2617.zm.2025.v.6i3;134-143>

Введение

Использование цифровых технологий становится неотъемлемой частью современного здравоохранения, в особенности в условиях стационарного лечения, позволяя повысить оперативность, точность и персонализацию медицинской помощи, что особенно важно при оказании экстренной помощи и управлении сложными клиническими случаями. Международный опыт демонстрирует значительное улучшение клинических исходов благодаря интеграции цифровых решений, включая искусственный интеллект, интернет вещей и телемедицину. Цифровизация становится ключевым инструментом для повышения эффективности работы стационаров и улучшения качества лечения в условиях растущей нагрузки на медицинский персонал и ограниченности ресурсов, однако активное внедрение передовых цифровых технологий должно учитывать как возможности, так и риски.

Важнейшим направлением активизации и повышения результативности использования цифровых технологий выступает проведение международного обмена передовым медицинским опытом. Необходимо и далее изучать, обобщать и принимать на вооружение лучшие практики, техники и технологии цифровизации медицины.

Целью настоящей публикации выступает проведение обзора для выявления передового международного опыта в сфере использования цифровых технологий при оказании медицинской помощи в стационаре.

Материалы и методы

Исследование представляет собой литературный обзор, проведенный на основании анализа материалов релевантных научных медицинских публикаций, размещенных или переведенных на английский язык и отражающих передовой международный опыт использования цифровых технологий при оказании медицинской помощи в стационаре. С учетом специальности автора приоритетное внимание уделяется публикациям, связанным с опытом цифровой фасилитации оказания медицинской помощи в хирургических отделениях клинических (научно-клинических) стационаров.

Отбор проведен среди публикаций, представленных на крупнейшем портале-агрегаторе международной академической литературы Google Scholar, опубликованных в периодических изданиях в период с 2020 по май 2025 г., что соответствует современному этапу полноценного перехода от теоретических разработок к практическому применению инструментов цифровизации в ме-

дицинской помощи, оказываемой в стационаре, а также к серийному выпуску отдельных видов соответствующего высокотехнологичного оборудования (видеоанализаторы, операционные роботы и др.) и цифрового программного обеспечения (платформы, распределенные реестры и др.).

При оценке релевантности научных публикаций приоритет отдавался статьям, входящим в глобальные авторитетные индексы цитирования Scopus, World of Science и/или имеющим сведения о научных (клинических) экспериментах и практическом опыте технологического сопровождения оказания медицинской помощи, верифицируемых в общепринятом порядке, в том числе подтверждаемых документами о внедрении.

Всего в аналитическую выборку вошло 45 научных публикаций в академической периодике, проверенных на релевантность.

Результаты и обсуждение

В обзорном исследовании коллектива авторов [1] рассматривается, какие конкретно цифровые технологии формируют перспективные направления развития медицины, в том числе в рамках оказания медицинской помощи в условиях стационара («Здравоохранение 4.0»). На основе обработки результатов экспертных интервью авторами выделены четыре цифровые технологии, которые оказывают сильное влияние на устойчивое развитие здравоохранения в условиях цифровизации: применение цифровых платформ для удаленных консультаций и разработка плана ухода за больным, в том числе в стационаре, в реальном времени; цифровая неинвазивная помощь; взаимосвязанная медицинская экстренная поддержка; цифровые платформы для совместного обмена данными и информацией о пациентах. Предполагается, что использование соответствующих технологий позволит снизить чрезмерную зависимость медицинских учреждений, в том числе стационаров, от адаптивных навыков медицинского персонала (в условиях сохраняющегося дефицита кадров) и в то же время предложить новые и расширенные возможности для устойчивой работы в здравоохранении.

Соответствующий передовой международный медицинский опыт в использовании цифровых технологий при оказании медицинской помощи в стационаре в настоящей публикации будет рассмотрен в разрезе классов (типов) новых (сквозных) технологий цифровой эпохи.

Управление информацией, в том числе персональными, медицинскими данными пациентов и внутренним информационным обменом персональными данными, в цифровую эпоху все чаще проводится с применением таких высоко современ-

менных инструментов, как облачные хранилища и технологии распределенного реестра, включая блокчейн [2], который результативно используется для активизации информационного обмена, в том числе с внешней средой (третьими лицами), позволяя сохранять медицинскую тайну, обеспечивать неприкосновенность и целостность персональных данных. С применением блокчейна обеспечивается, например, безопасность таких форм медицинских коммуникаций, как консилиумы онлайн, в том числе с представителями медицинских учреждений, находящимися за сотни и тысячи километров от данного стационара [3].

Помимо безопасности информации и ее обмена, такие передовые инструменты цифровой эпохи, как цифровые платформы коммуникации, высокопродуктивные веб-конференции, используются в ряде зарубежных клиник для дистанционного общения между врачами, а также между врачами и пациентами [4]. Это способствует лучшей первичной диагностике, разрешению сложных медицинских ситуаций, а также внедрению отдельных практик телемедицины в повседневную деятельность стационаров. Международный опыт применения цифровых коммуникационных платформ для оказания взаимосвязанной экстренной медицинской поддержки включает, помимо прочего, использование специальной системы для координации действий между отделениями скорой помощи, стационарами и специализированными центрами [5], автоматизированные системы триажа на основе ИИ, такие как алгоритмы Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR), которые ускоряют принятие решений при экстренных состояниях [6].

Что касается телемедицины, то к ней, в особенности в развитых странах, сохраняется определенное настороженное отношение у научного и экспертного медицинского сообщества [7], хотя и признается потенциал в обеспечении доступности здравоохранения, в том числе для жителей удаленных территорий и беднейшего населения. Что касается актуальных трендов использования телемедицины в работе зарубежных стационаров, то среди них проведение удаленных собеседований не только с пациентами, но и с медиками в целях выявления наиболее подходящего стационара для распределения [8, 9]. Это позволяет избежать многочисленных ошибок при направлении пациента в стационар, чреватых не только административными издержками, но и зачастую приводящих к потере ценного времени для скорейшего оказания необходимой и качественной медицинской помощи. Инструменты телемедицины призваны также содействовать снижению нагрузки на медицинский персонал стационара при обеспечении качественной и результативной подготовки к лечению [10–12].

В условиях цифровизации активно совершенствуется робототехника, потенциал которой развивается в том числе на основе искусственного интеллекта, что обеспечивает автономность манипулятора, его независимость от человека. В то время как сложные хирургические операции с новейшей интеллектуальной робототехникой будут описаны далее, следует обратить внимание на другие сферы применения умных роботов вне производства хирургических вмешательств (а также диагностики). Могут быть выделены следующие направления цифровой неинвазивной помощи с применением умной робототехники, доказавшие свою перспективность в зарубежной практике: роботы-помощники для доставки лекарств, лабораторных образцов и оборудования внутри стационара [13]; умные устройства для физиологического мониторинга пациентов [14]; роботизированные системы дезинфекции помещений с использованием ультрафиолетового света [15]; роботы-компаньоны для психологической поддержки пациентов [16, 17].

Исключительный интерес при оказании медицинской помощи в стационаре представляет технология интернета вещей. Соответствующий опыт постепенно накапливается, в особенности в клиниках, использующих новейшее медицинское и немедицинское оборудование, а также модифицированное оборудование со встроенными датчиками и интеграцией в онлайн системы и сети. Принцип действия интернета вещей в рамках оказания клинической медицинской помощи включает сбор данных с подключенных устройств (мониторы жизненных показателей, инфузионные насосы) и их интеграцию в электронные медицинские карты; автоматическую рассылку уведомлений медицинскому персоналу и др. Результаты применения технологии интернета вещей при оказании медицинской помощи в стационаре, описанные в релевантной зарубежной литературе, включают прежде всего данные неблагоприятных событий за счет раннего выявления изменений состояния пациентов, а также способствуют ускорению принятия клинических решений через автоматизацию процессов мониторинга [18, 19].

Технологии интернета вещей, интегрированные с высокопроизводительными системами обработки данных и находящиеся под автоматизированным управлением цифровых интеллектуальных платформ, могут быть объединены в новейшую сквозную цифровую технологию, широко известную как технология промышленных двойников (дублеров), которая, несмотря на наименование, постепенно находит применение и за пределами промышленности. Несмотря на определенную сложность реализации технологии промышленных дублеров в управлении стационарами и оказании медицинской помощи, между тем описан определенный первоначальный опыт как в об-

служивании палат интенсивной терапии [20], так и в моделировании работы операционных блоков для оптимизации логистики и времени проведения операций, прогнозировании ресурсных потребностей стационара и направлений обучения персонала. Развитие применения технологии промышленных дублеров в медицине при оказании помощи в стационарах во многом зависит от накопления необходимых знаний и понимания необходимости осуществления соответствующих действий.

В ряде стран (Китай, США, Канада, Япония и др.) начали серийно выпускаться медицинские приспособления на основе программного обеспечения с технологиями виртуальной реальности или дополненной реальности. Эти приспособления включают симуляторы для обучения хирургов проведению сложных операций, а также коммуникационное и мониторинговое оборудование [21].

Весьма перспективным направлением развития сферы «Здравоохранения 4.0» в предметной области настоящего исследования выступает использование искусственного интеллекта (ИИ), в том числе генеративного искусственного интеллекта (ген-ИИ), не только в диагностике болезней [22] и поиске лучших протоколов и средств консервативного лечения [23], но и при осуществлении хирургического вмешательства – последнее направление принято именовать на английском языке *Artificial Intelligence Surgery* (хирургия с применением ИИ).

Следует обратить внимание на использование ИИ в повышении точности предоперационной диагностики. ИИ-алгоритм, применяемый для диагностики рака груди, позволяет извлекать и обрабатывать неструктурированные результаты радиологической диагностики из медицинских карт, что существенно повышает качество проводимой диагностики и принимаемых решений. В частности, удалось повысить точность диагностики рака молочной железы, которая для случая применения соответствующих инструментов составляет $>0,9$ [24]. Другим показательным примером успешного использования ИИ-инструментария в предоперационной диагностике выступает применение такого типа ИИ, как трехмерные сверточные нейросети для обнаружения аденокарциномы протоков поджелудочной железы, на диагностической компьютерной томографии (AUROC 0,97), и визуально скрытой – на преддиагностической компьютерной томографии (AUROC 0,9) [25]. В недавнем обзоре [26] приведены доказательства (по материалам множества углубленных и предметно-ориентированных исследований эффективности) успешного применения ИИ в предоперационной диагностике – не только радиологической, но также эндоскопической, гистологической, геномной и др. Можно наблюдать значительное повышение прецизион-

ности предоперационной ИИ-диагностики на фоне роста предметного охвата по сферам применения в сравнении с показателями 2–3-летней давности [27], что наглядно иллюстрирует стремительное развитие ИИ-инструментов и практики их применения при оказании медицинской помощи в стационаре.

ИИ в хирургии в зарубежных странах активно применяется для выбора пациентов и оценки клинического риска. В частности, имеются примеры успешного применения ИИ в совместной системе («врачебный консилиум – искусственный интеллект»), используемой для информирования родственников и самих пациентов, с учетом пробела в медицинской компетентности, в целях содействия принятию обоснованного решения о предоставлении согласия на хирургическое вмешательство [28]. Использование ИИ, помимо прочего, позволяет модерировать угрозу предвзятости при оценке клинического риска врачами и даже при наличии определенных сомнений по поводу точности оценок, которые может давать сам ИИ-инструментарий; факт дополнительной модерации (фактического контроля) приводит к снижению риска предвзятости в клинических оценках [29]. Это очевидный успех «сотрудничества» ИИ и классической («аналоговой») медицины. Однако полностью полагаться на ИИ в предметной области не следует, важно уходить от ложных заблуждений по поводу дихотомии машинного обучения и статистики – само по себе применение инноваций с высокой технической сложностью анализа не должно заведомо предопределять клиническую полезность ИИ-оценок [26–30], искусственный интеллект в клиническом прогнозировании на сегодняшний день едва ли дает ощутимые преимущества в сравнении с классическими методами и инструментами, в клинической практике в зарубежных странах ИИ-прогнозирование используется крайне редко. Использование ИИ для оценки клинического риска представляется многообещающей сферой научных исследований и практической деятельности, однако для широкого применения на сегодняшний день не хватает рандомизированных исследований и внешней валидации [26].

В обзоре [31] представлен спектр применения ИИ-технологий в рамках оперативного вмешательства и послеоперационного сопровождения пациентов, включая как применяемые ныне технологии, так и допущенные к тестированию, в частности, в США. Интраоперативные ИИ-технологии включают симуляторы для обучения и тренировки врачей, оперативную робототехнику и внутриоперативное наведение. Так, в частности, описан опыт результативного применения оперативной робототехники при осуществлении хирургических вмешательств в урологии, кардиохирургии, нейрохирургии, абдоминальной

хирургии и др. [32, 33]. Приборы компьютерного видения, усовершенствованные с помощью нейросетевых технологий, применяются в анализе видеоматериалов с фиксацией хода оперативных вмешательств в интересах улучшения качества и выявления скрытых ошибок [34]. ИИ-инструменты активно изучаются в контексте их использования в процедурах хирургического вмешательства с высоким уровнем неопределенности и врачебного риска, как, в частности, в лапароскопической холецистэктомии с учетом исключительной сложности идентификации ключевых анатомических структур. В исследовании [35] показано, что модели нейросетевого глубокого обучения на основе семантической сегментации удалось научить высокорезультативно дифференцировать опасные и безопасные зоны при лапароскопической холецистэктомии. Аналогичные результаты получены в рамках применения нейросетевой поддержки с глубоким обучением в хирургии катаракты [36], эндоваскулярном восстановлении аневризмы [37] и по другим направлениям сложных хирургических вмешательств. Несмотря на накопление лишь первичного медицинского опыта, следует отметить высочайший потенциал интраоперационного руководства на основе ИИ в обеспечении исключительно точной поддержки хирургии при сложных операциях.

Что касается хирургической (операционной) робототехники, то, как уже отмечалось, управление на основе ИИ и нейросетевых технологий радикально меняет качество и результативность в сравнении с опытом предыдущих десятилетий, а также в определенных сферах позволяет обеспечить серийный выпуск и применение с претензией на массовый характер. Сказанное можно проиллюстрировать следующими данными медицинской статистики: с помощью такой распространенной системы, как da Vinci, по всему миру было выполнено по состоянию на 2023 г. более 12 млн малоинвазивных операций силами более 60 тыс. хирургов [31].

Технологические преимущества современной операционной, оборудованной ИИ-робототехникой, включают улучшенную эргономику, маневренность, а также получение реалистичного увеличенного трехмерного изображения [38]. Робототехника используется преимущественно для инструментального обеспечения малоинвазивных хирургических вмешательств.

В исследовании [39] и др. подробно описан опыт применения сверточных нейронных сетей для автоматизации объективной оценки навыков выполнения основных технических хирургических задач, таких как наложение швов и завязывание узлов, с использованием необработанной видеoinформации.

Практические приложения операционной робототехники, основанной на анализе движения,

включают распознавание жестов, отслеживание времени проведения конкретного действия, идентификацию инструментов и высокоточную периодизацию хирургических процедур с разделением на клинически значимые этапы [40].

В практической робототехнике при осуществлении хирургических вмешательств принято выделять шесть (от 0 до 5) уровней автоматизации [41]. На сегодняшний день в отдельных зарубежных клиниках, не только на Западе, но, в частности, в КНР, активно применяются достижения операционной робототехники высшего – пятого – уровня, при котором обеспечивается полная автономность – процедура полностью выполняется роботом без необходимости человеческого контроля [42].

Наконец, в послеоперационной хирургической практике ИИ применяется в управлении процедурами реабилитации, результативном планировании процедуры принятия решения о выписке из стационара, а также в прогнозировании послеоперационных осложнений [43–45].

Таким образом, спектр существующих и потенциальных решений по применению ИИ в современной хирургии, безусловно, широк, и по мере неуклонного развития ИИ-технологий расширяется и потенциал их практического применения.

Обсуждение

Цифровые технологии трансформируют подходы к оказанию медицинской помощи в стационаре, обеспечивая новые возможности для диагностики, лечения (консервативного и хирургического) и мониторинга пациентов. Исследование передового международного опыта подчеркивает значимость активного и безопасного внедрения в клиническую практику таких цифровых инструментов и решений, как интернет вещей, телемедицина, робототехника и искусственный интеллект. Применение соответствующих технологий призвано не только способствовать повышению качества оказания медицинской помощи в стационаре, но также неуклонно снижать нагрузку на медицинский персонал за счет автоматизации рутинных процессов и внедрения интеллектуальных систем поддержки принятия решений.

Тем не менее внедрение цифровых технологий сопряжено с рядом вызовов – от необходимости стандартизации данных до обеспечения кибербезопасности. Для успешной интеграции этих решений требуется междисциплинарный подход и международное сотрудничество.

Безусловно, перечень достижений цифровизации и перспективных направлений их применения при оказании медицинской помощи в стационаре намного шире представленного, соответствующий опыт и возможности применения в российской

практике требуют дальнейших углубленных исследований как в разрезе потенциала конкретных технологий, так и по отдельным видам и направлениям оказания медицинской помощи. Следует отметить, что определенные результативные наработки имеются и в российской практике, обзор которых не входил в предметную область настоящего исследования.

Рассматривая передовой международный опыт использования цифровых технологий при оказании медицинской помощи в стационаре, в том числе как дорожную карту для внедрения в российской медицине, следует учитывать определенные ограничения в технологиях, компетенциях, оборудовании. На сегодняшний день многие или все из перечисленных выше решений в области цифровизации медицинской помощи в стационаре опираются в той или иной мере на результаты международного сотрудничества.

Важно формировать и развивать собственные компетенции, в том числе не полагаясь на внешнюю поддержку, опираясь на колоссальный интеллектуальный потенциал российской медицины и технических наук, значительные ресурсные возможности. Получение развернутого понимания не только перспективных направлений, но и доказавших эффективность в зарубежных условиях цифровых решений станет основой для внутренних разработок, а также определит направления формирования и развития цифровой компетентности работников стационаров в Российской Федерации, в том числе по направлениям самообучения, формирования программ

дополнительного обучения и повышения квалификации.

Заключение

Таким образом, цифровизация медицины представляет собой не только технологический прогресс, но и стратегическую задачу по созданию более эффективной и устойчивой системы здравоохранения. Цифровые технологии меняют подходы к медицинской помощи в стационаре, открывая новые возможности для диагностики, лечения и мониторинга пациентов. Результаты анализа передового международного опыта подчеркивают важность внедрения таких решений, как интернет вещей, телемедицина, робототехника и искусственный интеллект, которые повышают качество лечения в стационаре и снижают нагрузку на персонал, одновременно ограничивая многочисленные риски аналоговых подходов к оказанию медицинской помощи. Однако успешная интеграция цифровых технологий и инструментов в клиническую практику требует преодоления вызовов, включая стандартизацию данных и обеспечение кибербезопасности, а также активного международного сотрудничества. Для Российской Федерации важно развивать собственные компетенции и использовать передовой опыт как ориентир для адаптации технологий в отечественной практике, что призвано сформировать эффективные цифровые решения и повысить квалификацию медицинских работников.

Список литературы / References

1. Tortorella G.L., Saurin T.A., Fogliatto F.S. et al. Impacts of Healthcare 4.0 digital technologies on the resilience of hospitals. *Technological Forecasting and Social Change*. 2021;166:120666. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120666>
2. Masood I., Daud A., Wang Y. et al. A blockchain-based system for patient data privacy and security. *Multimedia Tools and Applications*. 2024;83:60443-60467. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-17941-y>
3. Singh S., Pankaj B., Nagarajan K. et al. Blockchain with cloud for handling healthcare data: A privacy-friendly platform. *Materials Today: Proceedings*. 2022;62(7):5021-5026. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.910>
4. Franzoi M.A., Ferreira A.R., Lemaire A. et al. Implementation of a remote symptom monitoring pathway in oncology care: analysis of real-world experience across 33 cancer centres in France and Belgium. *The Lancet Regional Health–Europe*. 2024;44:101005 <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2024.101005>
5. Quinn C. *New Medical Technology In Patient Care: A Physician's Guide*. World Scientific. 2025.
6. Tabari P., Costagliola G., De Rosa M., Boeker M. State-of-the-Art Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR)–Based Data Model and Structure Implementations: Systematic Scoping Review. *JMIR Medical Informatics*. 2024;12:e58445. <https://doi.org/10.2196/58445>
7. Uko U.E., Wang Y. (2025). Telemedicine in Healthcare Management; A Decision-Tree Model. In: Wang Y., Yu T., Wang K. (eds) *Advanced Manufacturing and Automation XIV*. IWAMA 2024. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 1364. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-96-2625-0_49
8. Lai Y., Ho Q., Wang Y. et al. Challenges and strategies of developing internet hospital: Combining qual-

- itative interview and documentary research. *Digital Health*. 2024;10:20552076241310075. <https://doi.org/10.1177/20552076241310075>
9. Zhong Y., Hahne J., Wang X. et al. Telehealth care through internet hospitals in China: qualitative interview study of physicians' views on access, expectations, and communication. *Journal of Medical Internet Research*. 2024;26:e47523. <https://doi.org/10.2196/47523>
 10. Ärlebrant L., Dubois H., Creutzfeldt J., Edin-Liljegren A. Emergency care via video consultation: interviews on patient experiences from rural community hospitals in northern Sweden. *International Journal of Emergency Medicine*. 2024;17(1):109. <https://doi.org/10.1186/s12245-024-00703-4>
 11. Desai M.P., Ross J. B., Blitzer S. et al. Hospital-Level Care at Home for Acutely Ill Adults in Rural Settings: Proof of Concept. *Home Healthcare Now*. 2024;42(1):21-30. <https://doi.org/10.1097/NHH.0000000000001227>
 12. Eisenmann M., Spreckelsen C., Rauschenberger V. et al. A qualitative, multi-centre approach to the current state of digitalisation and automation of surveillance in infection prevention and control in German hospitals. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*. 2024;13(1):78. <https://doi.org/10.1186/s13756-024-01436-y>
 13. Urkude S.V., Sahoo D. (2025). Adoption of Robotics Technology in Health Care: An Empirical Study in Emerging Economy. In: Bhateja V., Dey M., Senkerik R. (eds) *Innovations in Information and Decision Sciences. FICTA 2024*. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 422. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-96-0147-9_24
 14. Di Nuovo A. Pilot Study for a Robot-Assisted Timed Up and Go Assessment. 2024.
 15. Manas N., Pawan S.S.S., Mallina M., Reddy D.A. Robotics in Medical and Health Care: A Critical Review. *Advances in Computational Intelligence and Its Applications*. 2024. ISBN 9781003488682. <https://doi.org/10.1201/9781003488682-8>
 16. Chen T., Guan J. The Mental Companion Mode of Nursing Robots—A Study on Affective Computing-Based Companionship Strategies for Alzheimer's Disease Patients. *Innovative Applications of AI*. 2025;2(1):28-34. <https://doi.org/10.70695/IAAI202501A2>
 17. Han I.H., Kim D.H., Nam K.H. et al. Human-Robot Interaction and Social Robot: The Emerging Field of Healthcare Robotics and Current and Future Perspectives for Spinal Care. *Neurospine*. 2024;21(3):868-877. <https://doi.org/10.14245/ns.2448432.216>
 18. Al Khatib I., Shamayleh A., Ndiaye M. Healthcare and the internet of medical things: applications, trends, key challenges, and proposed resolutions. *In Informatics. MDPI*. 2024;11(3):47. <https://doi.org/10.3390/informatics11030047>
 19. Bai Y., Gu B., Tang C. Enhancing Real-Time Patient Monitoring in Intensive Care Units with Deep Learning and the Internet of Things. *Big Data*. 2025. <https://doi.org/10.1089/big.2024.0113>
 20. Manchadi O., Ben-bouazza F.E., Dehbi Z.E.O. et al. An Internet of Things-based Predictive Maintenance Architecture for Intensive Care Unit Ventilators. *International Journal of Advanced Computer Science & Applications*. 2024;15(2):932-943.
 21. Oun A., Hagerdorn N., Scheideger C., Cheng X. Mobile devices or head-mounted displays: a comparative review and analysis of augmented reality in healthcare. *IEEE Access*. 2024;12:21825-21839. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3361833>
 22. Aamir A., Iqbal A., Jawed F. et al. Exploring the current and prospective role of artificial intelligence in disease diagnosis. *Annals of Medicine and Surgery*. 2024;86(2):943-949. <https://doi.org/10.1097/MS9.0000000000001700>
 23. Bilgin G.B., Bilgin C., Burkett B.J. et al. Theranostics and artificial intelligence: new frontiers in personalized medicine. *Theranostics*. 2024;14(6):2367-2378. <https://doi.org/10.7150/thno.94788>
 24. Zhang T., Tan T., Wang X. et al. RadioLOGIC, a healthcare model for processing electronic health records and decision-making in breast disease. *Cell Reports Medicine*. 2023;4(8):101131. <https://doi.org/10.1016/j.xcrm.2023.101131>
 25. Loftus T.J., Tighe P.J., Filiberto A.C. et al. Artificial intelligence and surgical decision-making. *JAMA surgery*. 2020;155(2):148-158. <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2019.4917>
 26. Varghese C., Harrison E.M., O'Grady G., Topol E.J. Artificial intelligence in surgery. *Nature medicine*. 2024;30(5):1257-1268. <https://doi.org/10.1038/s41591-024-02970-3>
 27. Rajpurkar P., Chen E., Banerjee O., Topol E.J. AI in health and medicine. *Nature medicine*. 2022;28(1):31-38. <https://doi.org/10.1038/s41591-021-01614-0>

28. Ali R., Connolly I.D., Tang O.Y. et al. Bridging the literacy gap for surgical consents: an AI-human expert collaborative approach. *NPJ Digital Medicine*. 2024;7(1):63. <https://doi.org/10.1038/s41746-024-01039-2>
29. Vernooij J.E.M., Koning N.J., Geurts J.W. et al. Performance and usability of preoperative prediction models for 30 day perioperative mortality risk: a systematic review. *Anaesthesia*. 2023;78(5):607-619. <https://doi.org/10.1111/anae.15988>
30. Finlayson S.G., Beam A.L., van Smeden M. Machine learning and statistics in clinical research articles—moving past the false dichotomy. *JAMA pediatrics*. 2023;177(5):448-450. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2023.0034>
31. Bellos T., Manolitsis I., Katsimperis S. et al. Artificial intelligence in urologic robotic oncologic surgery: a narrative review. *Cancers*. 2024;16(9):1775. <https://doi.org/10.3390/cancers16091775>
32. Gunı A., Varma P., Zhang J., Fehervari M., Ashrafian H. Artificial intelligence in surgery: the future is now. *European Surgical Research*. 2024. <https://doi.org/10.1159/000536393>
33. Fairag M., Almahdi R.H., Siddiqi A.A. et al. Robotic revolution in surgery: diverse applications across specialties and future prospects review article. *Cureus*. 2024;16(1):e52148. <https://doi.org/10.7759/cureus.52148>
34. Hashimoto D.A., Ward T.M., Meireles O.R. The role of artificial intelligence in surgery. *Advances in Surgery*. 2020;54:89-101. <https://doi.org/10.1016/j.jyasu.2020.05.010>
35. Madani A., Namazi B., Altieri M.S. et al. Artificial intelligence for intraoperative guidance: using semantic segmentation to identify surgical anatomy during laparoscopic cholecystectomy. *Annals of surgery*. 2022;276(2):363-369. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000004594>
36. Nespolo R.G., Yi D., Cole E. et al. Evaluation of artificial intelligence-based intraoperative guidance tools for phacoemulsification cataract surgery. *JAMA ophthalmology*. 2022;140(2):170-177. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2021.5742>
37. Li A., Javidan A.P., Namazi B. et al. Development of an artificial intelligence tool for intraoperative guidance during endovascular aneurysm repair. *Journal of Vascular Surgery*. 2022;76(4):e114-e115. <https://doi.org/10.1016/j.javsg.2023.08.027>
38. Ciuti G., Webster R.J., Kwok K.W., Menciası A. Robotic surgery. *Nature Reviews Bioengineering*. 2025;3(7):565-578. <https://doi.org/10.1038/s44222-025-00294-6>
39. Liu Y., Wu X., Sang Y. et al. Evolution of surgical robot systems enhanced by artificial intelligence: A review. *Advanced Intelligent Systems*. 2024;6(5):2300268. <https://doi.org/10.1002/aisy.202300268>
40. Takeuchi M., Kawakubo H., Saito K. et al. Automated surgical-phase recognition for robot-assisted minimally invasive esophagectomy using artificial intelligence. *Annals of Surgical Oncology*. 2022;29(11):6847-6855. <https://doi.org/10.1245/s10434-022-11996-1>
41. Wang J., Zhang L., Huang Y., Zhao J. Safety of autonomous vehicles. *Journal of advanced transportation*. 2020;1-13. <https://doi.org/doi:10.1155/2020/8867757>
42. Zhang L., Qi X., Peng Y. et al. Review on Development Status, Challenges and Development Trends of Surgical Robots. In 2024 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA). 2024:709-714. <https://doi.org/10.1109/ICMA49215.2020.9233776>
43. Han H., Li R., Fu D. et al. Revolutionizing spinal interventions: a systematic review of artificial intelligence technology applications in contemporary surgery. *BMC surgery*. 2024;24(1):345. <https://doi.org/10.1186/s12893-024-02646-2>
44. Wang R., Situ X., Sun X. et al. Assessing AI in Various Elements of Enhanced Recovery After Surgery (ERAS)-Guided Ankle Fracture Treatment: A Comparative Analysis with Expert Agreement. *Journal of Multidisciplinary Healthcare*. 2025;18:1629-1638. <https://doi.org/10.2147/JMDH.S508511>
45. Zain Z., Almadhoun M.K.I.K., Alsadoun L. et al. Leveraging artificial intelligence and machine learning to optimize enhanced recovery after surgery (ERAS) protocols. *Cureus*. 2024;16(3):e56668. <https://doi.org/10.7759/cureus.56668>

Информация о статье

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование проводилось без спонсорской поддержки.

Сведения об авторе

Аллау Адель Али – аспирант ФГБНУ «Национальный НИИ общественного здоровья им. Н.А. Семашко», <https://orcid.org/0009-0008-8092-9202>

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Для корреспонденции

Аллау Адель Али
Adel.allau@yandex.ru

Статья поступила 02.07.2025
Принята к печати 04.09.2025
Опубликована 18.09.2025

Article info

Conflict of interest: the authors declare that there is no conflict of interest.

Funding: the authors received no financial support for the research.

About the author

Adel A. Allau – Graduate Student of N.A. Semashko National Research Institute of Public Health, <https://orcid.org/0009-0008-8092-9202>

The author read and approved the final version of the manuscript.

Corresponding author

Adel A. Allau
Adel.allau@yandex.ru

Received 02.07.2025
Accepted for publication 04.09.2025
Published 18.09.2025