УДК: 617.7:004.9
МРНТИ: 76.29.56
DOI: 10.24412/2790-1289-2025-2-154-168

ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКАЯ ПОМОЩЬ: «ПЕРСПЕКТИВЫ И БАРЬЕРЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ»

М. Ш. Тулекенов [1]*, Г. З. Танбаева [1], А. М. Төлегенова [2], А. Р. Медеулова [2]
[1] НАО «Казахский Национальный университет им. Аль-Фараби», Казахстан, Алматы
[2] НАО «Казахский национальный медицинский университет имени С. Д. Асфендиярова», Казахстан, Алматы
**Корреспондирующий автор*

Аннотация

На сегодняшний день цифровизация является одной из важных тенденций, которая затрагивает все аспекты современного здравоохранения, в том числе и офтальмологию. Быстрое развитие технологий создает новые возможности для повышения доступности и качества медицинской помощи.

Офтальмология сталкивается со многими глобальными проблемами, такими как рост числа пациентов с заболеваниями глаз, нехваткой врачей-специалистов и ростом нагрузки на систему здравоохранения. Данные проблемы также усугубляются старением населения и распространённостью большого количества хронических заболеваний. Например, сахарный диабет является одной из основных причин потери зрения. В этом контексте цифровизация может стать важным инструментом для преодоления существующих барьеров.

Цель исследования. Изучить текущее состояние цифровизации в офтальмологической помощи, выявить основные барьеры и перспективы.

Материалы и методы. В ходе исследования были проанализированы: научная литература, отчеты международных организаций и практические примеры внедрения цифровых технологий в офтальмологии. Использовались методы сравнительного анализа и систематизации данных, включая международный опыт и текущую ситуацию в нашей стране.

Результаты. Анализ показал, что цифровизация в офтальмологии предполагает использование таких технологий, как телемедицина, искусственный интеллект, электронные медицинские карты и мобильные приложения. Основными барьерами на пути цифровизации являются недостаточная инфраструктура, нехватка квалифицированного персонала, финансовые ограничения и проблемы кибербезопасности. Перспективы включают широкое использование телемедицинских технологий, автоматизацию диагностики и лечения с помощью искусственного интеллекта, что может значительно повысить доступность офтальмологической помощи в отдаленных районах.

Выводы. Цифровизация офтальмологической помощи позволит решить основные проблемы таких отраслей, как нехватка специалистов и высокие затраты на лечение. Для успешного внедрения необходимы инвестиции в инфраструктуру, обучение медицинского персонала и активная государственная поддержка.

Ключевые слова: *офтальмология, цифровизация, телемедицина, искусственный интеллект, электронные медицинские записи, цифровые технологии.*

Введение

За последние три десятилетия глобальные инициативы в области общественного здравоохранения добились значительного прогресса в области здоровья глаз, включая значительное сокращение случаев трахомы, дефицита витамина А и онхоцеркоза (речная слепота) [1]. Была снижена стандартизированная по возрасту распространенность слепоты, которую можно избежать, хотя предотвратимые умеренные и тя-

желые нарушения зрения не показали никаких изменений за тот же период [2]. Тем не менее, абсолютное число случаев увеличилось как для предотвратимой слепоты, так и предотвратимого умеренного и тяжелого нарушения зрения.

Офтальмология пользуется огромным количеством цифровых инноваций – от простых виртуальных клиник до сложного анализа изображений с помощью глубокого обучения [3]. В условиях старения населения планеты необходимость планирования здоровья глаз населения имеет первостепенное значение и должна быть признана одним из важнейших аспектов общего здоровья [4]. Однако высококачественные услуги по охране здоровья глаз зачастую предоставляются не везде. Это особенно характерно для стран с низким и средним уровнем дохода (далее – СНСД), население которых страдает от слепоты и нарушений зрения гораздо чаще, чем в более богатых странах [3]. Многочисленные социальные факторы, включая низкий уровень образования, бедность, физическое расстояние и социально-культурные условия, могут способствовать неравному доступу к услугам по охране зрения [5]. Новые способы оказания медицинской помощи, предлагаемые цифровыми инновациями, способны уменьшить неравенство.

Зрение играет важнейшую роль в каждом аспекте нашей жизни, позволяя нам воспринимать окружающий мир и взаимодействовать с ним. Несмотря на развитие здравоохранения в современном мире, множество людей, сообществ и групп населения по-прежнему не имеют достаточного доступа к адекватной и доступной офтальмологической помощи. Впоследствии это приводит к серьезным нарушениям зрения и слепоте, которые можно было бы предотвратить с помощью проактивной и своевременной диагностики и лечения. Недавно пандемия COVID-19 послужила катализатором быстрого внедрения цифровых технологий. Однако эта цифровая трансформация не должна привести к увеличению уже существующего разрыва в здравоохранении, который существует между странами и отдельными подгруппами населения. Особое внимание необходимо уделить социальным детерминантам, которые способствуют неравенству в здравоохранении, включая пол, место проживания, расовую и этническую принадлежность, а также социально-экономический статус. Новые цифровые решения должны создаваться с учетом принципов справедливости в здравоохранении. Однако после внедрения цифровые услуги по уходу за глазами способны расширить доступ к медицинской помощи и устранить барьеры, связанные со временем, расходами и расстоянием [6].

В 2019 году ВОЗ начала разработку основы для внедрения цифровых инноваций и технологий в здравоохранении. Рекомендации ВОЗ по цифровым мероприятиям в здравоохранении способствуют оценке на основе «преимуществ, вреда, приемлемости, осуществимости, использования ресурсов и соображений равенства» и все еще рассматривают эти инструменты как методы достижения всеобщего охвата услугами здравоохранения и устойчивости [7].

Цель исследования. Изучить текущее состояние цифровизации в офтальмологической помощи, выявить основные барьеры и перспективы.

Научная новизна исследования заключается в комплексном анализе состояния цифровизации офтальмологической помощи с учетом международного и национального опыта. Систематизированы ключевые цифровые технологии, применяемые в офтальмологии, включая телемедицину, искусственный интеллект (далее – ИИ) и электронные медицинские записи. Выявлены основные барьеры цифровизации, такие как недостаточная инфраструктура, нехватка специалистов и проблемы кибербезопасности. Обоснованы перспективы использования ИИ и телемедицины для повышения доступности офтальмологической помощи в отдалённых регионах.

Материалы и методы

Мы провели обзор научной литературы, используя различные базы данных. Настоящая работа носит обзорный характер и направлена на понимание того, как развивается цифровизация в сфере офтальмологической помощи. Для этого был проведён тщательный поиск научных публикаций, аналитических материалов и практических кейсов. Поиск вёлся с использованием ключевых слов: «цифровизация здравоохранения», «телемедицина в офтальмологии» и других терминов, связанных с цифровыми инструментами в офтальмологии.

Подбор материала основывался на их научной значимости, актуальности и доступ-

ности за последние 10 лет. Все собранные данные были проанализированы с помощью метода сравнения, систематизации и обобщения.

Результаты

В результате проведенного обзора было проанализировано 54 работы, которые были укрупнены в следующие 4 раздела.

Современное состояние цифровизации в офтальмологии

Многие области медицинского обслуживания оставались практически неизменными в течение полувека. Медицинская практика остается в значительной степени институциональной и ориентированной на врача [8].

В офтальмологии новые подходы, использующие инновационные цифровые решения, были разработаны, в частности, в Северной Европе, Великобритании и Австралии, частично в рамках национальных программ, при лечении пациентов с хроническими заболеваниями сетчатки, такими как диабетический макулярный отек (далее - ДМО) и возрастная макулярная дегенерация (далее – ВМД) [9-11].

Оба заболевания являются хроническими и приводят к серьезным нарушениям зрения, если их не лечить. При обнаружении их можно контролировать, хотя и требует сложных, вариативных, частых и длительных режимов лечения – регулярного введения активного вещества непосредственно в глаз несколько раз в год. Соблюдение такого режима лечения в течение длительного периода времени является значительной нагрузкой для пациента и его опекунов [12].

Многие инициативы, включая телемедицинские услуги или программы домашнего мониторинга, направленные на внедрение цифровых инноваций в офтальмологическую помощь для борьбы с перебоями в лечении, все еще находятся в зачаточном состоянии, несмотря на их медицинскую и экономическую значимость. Препятствия на пути внедрения инноваций сложны и зависят от конкретной страны. В ходе опроса мировых экспертов по заболеваниям сетчатки об их взглядах на внедрение цифровых медицинских приложений многие из них высказались довольно скептически. Основной причиной отказа от телеофтальмологии было отсутствие возмещения расходов на подобные услуги, что было устранено во время пандемии SARS-CoV-2 [13].

Цифровое здоровье используется как термин для описания междисциплинарного, инновационного пространства, охватывающего медицину и технологии. ВОЗ рекомендует оценку цифровых инструментов здравоохранения на основе преимуществ, вреда, приемлемости, осуществимости, использования ресурсов и соображений справедливости [14]. Инновации в области цифрового здравоохранения включают в себя искусственный интеллект, телемедицину, виртуальную реальность и технологии беспроводной связи; все они потенциально интегрированы в клиническую диагностику, управление и прогноз.

Искусственный интеллект – четвертая промышленная революция в истории человечества [15]. Глубокое обучение – это класс современных методов машинного обучения, которые вызвали огромный глобальный интерес в последние несколько лет [16].

ИИ показал большой потенциал в автоматизации задач, требующих клинического опыта, особенно в офтальмологической диагностике. Глубокое обучение появилось с 2010-х годов как метод искусственного интеллекта, облегчающий анализ неструктурированных данных, таких как язык, изображения и видео [17]. В офтальмологии глубокое обучение чаще всего применяется для диагностической медицинской визуализации: в основном фотографии глазного дна и оптической когерентной томографии [18].

Алгоритмы, обученные с помощью глубокого обучения, показали экспертную или сверхэкспертную диагностическую точность диабетической ретинопатии, возрастной макулярной дегенерации, глаукомы, ретинопатии недоношенности, рефракционной ошибки, катаракты и заболеваний переднего сегмента; и многие из них были приняты регулирующими органами, такими как Управление по контролю за продуктами и лекарствами США (далее – FDA) и Положение Европейского Союза о медицинском оборудовании [19].

Телемедицина в офтальмологии описывает платформы и механизмы удаленного предоставления помощи пациентам [20]. Хотя уже предпринимались усилия по увеличению количества дистанционных консультаций в доле взаимодействия с пациентами, пандемия COVID-19 ускорила внедрение телефонной и видеосвязи [21].

В статье Yousef и др. партнерство между Онкологическим центром короля Хусейна и Детской исследовательской больницей Святого Иуды продемонстрировало преимущества международных коллегиальных отношений для электронного обмена и анализа информации в обмен на улучшение результатов лечения пациентов [22]. Это привело к успешному снижению уровня смертности и увеличению числа спасенных глаз среди пациентов с ретинобластомой в Иордании, стране с уровнем дохода выше среднего.

Возможности телемедицины еще больше расширяются благодаря инновационным средствам проведения диагностических тестов и предоставления лечения пациентам удаленно. Эти средства включают в себя домашние тесты, например, для остроты зрения или поля зрения [23], которые были успешно развернуты в рамках LMIC.

Многочисленные инновации создали благоприятную среду для процветания телемедицины в офтальмологии, а COVID-19 ускорил развитие и внедрение этих цифровых технологий. Развивающиеся технологии искусственного интеллекта и телекоммуникаций могут потенциально изменить оказание услуг в офтальмологии, богатой данными и зависящей от изображений, во всем мире.

Барьеры на пути цифровизации офтальмологической помощи

Барьеров, препятствующих доступу к безопасной, доступной и своевременной хирургической помощи для 5 миллиардов человек, множество; среди них нехватка рабочей силы, инфраструктуры и финансирования. Эти барьеры в основном влияют на системы здравоохранения в странах с низким и средним уровнем дохода [24].

Высокие первоначальные затраты на телеофтальмологию, такие как стоимость фундус-камер, а также наличие надежной ИТ-инфраструктуры и доступность компьютеров и смартфонов являются дополнительными проблемами, которые необходимо учитывать в контексте формирования цифрового разрыва в отдельных подгруппах населения [6].

Избыточную офтальмологическую заболеваемость в результате отсроченного лечения глаз во время пандемии еще предстоит оценить. Внедрение телемедицины и искусственного интеллекта представляет собой привлекательное решение для увеличения возможностей обслуживания в офтальмологии. Их внедрение в сложную систему такого масштаба и потенциальное влияние на все пути пациентов в будущем требует срочного и тщательного рассмотрения ряда факторов [25; 26].

Затраты на офтальмологическое оборудование для телемедицины и дополнительное обучение персонала, потенциальный барьер для внедрения новых технологий среди врачей и пациентов, а также неоднородность страхового полиса и медико-правовых правил являются ключевыми проблемами для клинической реализации телеофтальмологии [27].

Дополнительные расходы понесены на обучение персонала и технических специалистов для получения достаточно высококачественных изображений для клинического использования.

Во многих странах с высоким уровнем дохода искусственный интеллект рассматривается как перспективный инструмент для преобразования систем здравоохранения [28]. ИИ играет роль в оптимизации систем здравоохранения и поддержке клинического суждения, потому что его можно использовать для поиска моделей и понимания среди населения в тех сдучаях, когда познание человека ограничено. Страны с низким и средним уровнем дохода являются разнородной группой стран, когда речь идет о данных и технологическом опыте. Такие страны, как Бразилия, Китай, Индия, Турция и Южная Африка, имеют большие наборы данных на институциональном и национальном уровнях и имеют технологический потенциал для внедрения технологии.

Также следует отметить, низкий уровень цифровой грамотности среди работников медицинского персонала. Данный показатель был определен как один из важных препятствий на пути цифровизации в сфере здравоохранения даже в развитых странах.

Для решения данной проблемы в ряде стран, таких как США и Австралия, внедряется обучение цифровым навыкам [30; 31].

Еще одним барьером является ограниченные финансовые ресурсы и проблемы, которые связаны с доступностью IT-технологий [31].

У получателей медицинских услуг тоже возникают препятствия с использованием теле-

медицинских технологий. Чаще всего для того, чтобы получить доступ к телемедицинских услугам нужно использование стандартных девайсов, таких как смартфоны или компьютеры. Но, к сожалению, по статистике некоторые пациенты, чаше всего пожилые люди и люди с когнитивными нарушениями или с уровнем дохода ниже среднего, не владеют такими технологиями или испытывают трудности с их использованием [32].

Также риски и возможные негативные последствия цифровизации, особенно в контексте защиты данных, подробно рассмотрены как в зарубежной, так и в отечественной литературе. Например, авторы S. M. Ahmed, A. Rajput отмечают риски нарушения конфиденциальности данных и недостаточное понимание пациентами политики обработки личной информации [33].

Кроме того, авторы Степанова Н. А. и Мурсалиев Д. А. отметили, что использование данных технологий, несмотря на свои положительные стороны, при низком уровне практического мышления может привести к формированию «осведомленного потребителя», который верит в информационные системы без надлежащей проверки [34]. В своей работе автор Шарипова Г. выделяет такие риски, как возможность роста коррупции в процессе цифровизации [35].

Перспектива цифровизации офтальмологической помощи

Офтальмология сталкивается со многими проблемами при оказании эффективной и значимой помощи все большему числу пациентов. Последние достижения в области диагностических инструментов и терапевтических технологий, таких как лазеры, улучшили результаты лечения пациентов, но связанные с этим расходы слишком дороги для пациентов и медицинских учреждений. Цифровизация может предложить эффективное ценностное предложение для пациентов, врачей и медицинских корпораций по всем вопросам [36].

Одним из перспективных направлений является использование электронных консультаций для связи экспертов по всему миру, например, с помощью платформы Cybersight (https://cybersight.org/consultation/), которая объединяет консультации с использованием искусственного интеллекта для онлайн-наставничества и обсуждения случаев. Ожидается, что включение машинного обучения в телемедицинские системы положительно скажется на рабочем процессе и потенциально улучшит прогноз.

Повышение общей эффективности обслуживания с использованием телеофтальмологии неизменно способствует экономии средств и повышению отдачи от инвестиций [37; 38].

Согласно опросу потребителей, проведенному компанией McKinsey, после пандемии COVID-19 использование телемедицины увеличилось с 11 % в 2019 году до 46 % в 2020 году [39]. При более широком внедрении телеофтальмологии в будущем и снижении стоимости телекоммуникаций и оборудования можно прогнозировать дальнейшее повышение эффективности затрат и экономию за счет масштаба [37].

Алгоритмы искусственного интеллекта продемонстрировали высокую точность определения диабетической ретинопатии, возрастной макулярной дегенерации и ретинопатии недоношенных по изображениям сетчатки [40]. Эти инструменты могут помочь обследовать большие группы населения, особенно в районах с недостаточным уровнем обслуживания, снижая нагрузку на специалистов и способствуя раннему вмешательству.

Были разработаны модели машинного обучения для прогнозирования риска прогрессирования глаукомы на основе анализа изображений головки зрительного нерва и данных о поле зрения [41]. Такая предиктивная аналитика может помочь в составлении планов лечения и стратегий мониторинга для отдельных пациентов.

ИИ был применен для улучшения расчетов мощности внутриглазной линзы, уменьшения ошибок рефракции после операции [42]. Анализируя биометрические данные, алгоритмы искусственного интеллекта могут обеспечить более точные измерения, улучшая хирургические результаты.

Мировой опыт цифровизации

Если пациенты сильно ограничены в передвижении, команда немедицинских специалистов может провести базовое офтальмологическое обследование с телемедицинской оценкой на месте в рамках домашнего ухода. Такая услуга доступна в Швейцарии уже около двух лет и компенсируется медицинскими страховыми компаниями [43]. Пациенты и врачи могут

извлечь много пользы из этой дополнительной услуги. Для пациентов заметно снижается барьер доступа к медицинской помощи, а лечащие врачи могут создать необходимые организационные предпосылки перед визитом к врачу, чтобы обеспечить эффективное обследование и лечение благодаря информации, полученной от службы направления.

Анализ изображений может также выполняться специально обученными немедицинскими специалистами при поддержке автоматизированного анализа изображений вне больницы в центре чтения. В настоящее время центры чтения и другие специалисты с помощью экспертов по сетчатке разрабатывают системы на основе ИИ, которые должны уметь определять активность заболевания и давать рекомендации по лечению, например, по интервалам между процедурами [44; 45]. В Великобритании национальная система, организованная таким образом для выявления диабетиков с заболеваниями сетчатки, требующими лечения, привела к заметному сокращению случаев слепоты и улучшению качества медицинской помощи без необходимости увеличения штата врачей [46]. Ключевым из этих подходов является гибридная модель, сочетающая передовые технологии визуализации с первоначальной автоматизированной оценкой, за которой при необходимости следует повторный виртуальный осмотр человеком.

Хотя в настоящее время существует мало примеров, телемедицина 5G уже внедрена. В Китае успешное использование телемедицинской сети 5G было отмечено в провинции Сычуань [47]. Недавно созданная система China Telecom 5G Dual Gigabit охватила все 208 больниц провинции, обозначенных как COVID-19-центры, при этом одна из больниц была определена в качестве центрального узла. Видео-телемедицинская служба в режиме реального времени позволила осуществлять многопрофильное ведение пациентов с COVID-19 с одновременным просмотром КТ-изображений экспертами в удаленном режиме. Сообщается, что качество передачи видеосигнала и доступность экспертов на основе 5G способствовали более низкому коэффициенту смертности в Сычуани по сравнению с Хубэем и среднемировыми показателями. Кроме того, авторы сообщают о дистанционном управлении оборудованием КТ экспертами центральной больницы, что позволило преодолеть нехватку квалифицированных техников и обеспечить качество изображений.

В Англии программа скрининга диабетических глаз (далее – DESP) Национальной службы здравоохранения представляет собой эффективную универсальную программу, которая достигает значительного уровня охвата. С момента ее создания в 2003 году и достижения охвата всего населения Англии к 2008 году, показатель участия в DESP составляет 82 % от 2 миллионов человек, имеющих право на участие в программе [48]. В более чем 60 центрах скрининга расширенные мидриатические фотографии сетчатки делаются обученными техниками, а оцениваются обученными оценщиками, которые могут быть неклиницистами, медсестрами или оптометристами, и контролируются консультантом-офтальмологом. Частично благодаря этой успешно реализованной программе ДР больше не является основной причиной подтвержденной слепоты среди трудоспособного населения Англии [49].

Обсуждение

В Республике Казахстан постепенно переходят на электронный формат ведения медицинской документации, это повышает доступность информации и эффективность работы медицинских организаций. Получатели медицинской помощи имеют возможность записаться на прием к врачу, получить результаты анализа на удаленной консультации. Данные введения являются важными для населения, которое живет в отдаленных районах.

20 лет назад, в 2004 году, в соответствии с проектом «Развитие телемедицины и мобильной медицины в сельском здравоохранении», началось активное внедрение телемедицины в Казахстане. Данное внедрение связано с большим расстоянием между населенными пунктами, низкой плотностью населения, нехваткой оборудования и высококвалифицированных специалистов [50].

В 11 регионах нашей страны были созданы консультационные центры телемедицины. Данный проект позволил проводить удаленные консультации для диагностики заболеваний, определения тактики лечения и объема необходимых медицинских услуг.

Эффективность телемедицины была подтверждена на примере диагностики и лечения пациентов с диабетической ретинопатией и глаукомой в отдаленных районах Кызылординской и Жамбылской областей. При проведении таких консультаций у пациентов, проживающих на расстоянии от 20 до 1000 км, в 18,4 % случаев был уточнен диагноз, назначено амбулаторное лечение, а в 39,5 % рекомендована госпитализация [51].

Такое внедрение телемедицины в Казахстане не только сделало высококвалифицированную офтальмологическую помощь доступной, но и способствует росту профессионального уровня медицинского персонала.

Было проведено исследование среди школьников города Алматы с целью разработки комплексной программы профилактики и лечения аномалий рефракции у детей школьного возраста. Данное обследование состояло из 3 этапов: на начальном этапе проводили профилактический осмотр, далее дистантный скрининг в интерактивном режиме преподавателями, а на завершающем этапе среди школьников, у которых было выявлено снижение остроты зрения, проводилось офтальмологическое обследование. В ходе обследования было установлено, что время, которое затрачивается на оценку результатов исследования зрительных функций у исследуемых при помощи метода дистантного скрининга, в 2 раза меньше, чем время на получение тех же результатов методом профосмотра [52].

Диагностика диабетической ретинопатии на данный момент активно внедряет методы машинного обучения и обработки изображений. Данный метод ведет к существенному повешению точности выявления заболевания на ранних стадиях. Один из примеров показан в работе авторов Мамырбаева О. и др. – информационная система, которая была основана на базе нейронных сетей. Для проверки эффективность данной модели были применены стандартные метрики (точность классификации, полнота и специфичность). Данные показатели свидетельствуют о высоком уровне диагностической точности [53].

Выводы

Офтальмологические службы во всем мире претерпели значительную цифровую трансформацию. Хотя прогресс в предоставлении офтальмологических услуг в цифровой форме представляется вероятным, в первую очередь это важно для создания новых цифровых систем, связанных с обеспечением равенства в области здравоохранения и предоставлением услуг маргинализированным сообществам. Однако, как только цифровые офтальмологические службы появятся, они могут принести огромную пользу пациентам, особенно при снижении социально-экономического статуса, расширяя доступ к медицинскому обслуживанию и устраняя временные, финансовые и дистанционные барьеры.

Офтальмология сталкивается со многими трудностями при оказании эффективной и значимой офтальмологической помощи постоянно растущей группе людей. Даже те системы здравоохранения, которые пока справляются с ситуацией, столкнутся с глобальным демографическим старением и потребностью в высококвалифицированных специалистах. Цифровая эпоха предлагает новые инновационные подходы к децентрализации, персонализации и демократизации офтальмологической помощи пациентам, позволяя медицинским работникам практиковать на самом высоком уровне, на котором они имеют лицензию.

Для офтальмологии цифровизация может открыть новые возможности для роста качества и доступности медицинской помощи. Данный анализ подчеркнул, что использование всех новейших технологий могут значительно улучшить диагностику, лечение и также проведение мониторинга заболеваний, связанных с глазами. Международные данные свидетельствуют об успешных примерах применения данных технологий, но внедрение и использование их в нашей стране требует усилий.

На сегодняшний день главными препятствиями являются отсутствие инфраструктуры и квалифицированных специалистов, огромные финансовые затраты на внедрение данных технологий. Так, в Казахстане обеспеченность медицинским персоналом колеблется от 24,5 до 75,9 на 100 тысяч жителей, что создает существенный дисбаланс в доступности офтальмологической помощи между районами. Низкий уровень цифровой грамотности населения, особенно в сельской местности, также ограничивает эффективность внедрения новых технологий.

Несмотря на данные барьеры, будущее цифровизации многообещающее. Внедрение медицинских консультаций может значительно сократить время ожидания приема врача, особенно в таких районах, где доступ затруднен. Использование искусственного интеллекта в диагностике таких заболеваний, как диабетическая ретинопатия, глаукома и возрастная макулярная дегенерация, позволит более точно и на более ранних стадиях выявлять заболевания. Использование смартфонов для мониторинга внутриглазного давления и проверки зрения могут повысить самостоятельность пациентов и снизить нагрузку на медицинский персонал.

Успешная цифровизация медицинской помощи в Казахстане может потребовать инвестиций в развитие цифровой инфраструктуры, разработки программ обучения медицинских персонала и увеличение государственной поддержки. Важным аспектом является создание безопасных и надежных систем хранения для передачи медицинских данных, которые обеспечат защиту конфиденциальной информации о пациентах.

Список источников

1. Tan T. F., et al. Artificial intelligence and digital health in global eye health: opportunities and challenges // The Lancet Global Health. – 2023. – Vol. 11(9). – P. 1432-1443. – DOI: 10.1016/S2214-109X(23)00323-6.
2. Steinmetz J. D. et al. Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years // The Lancet Global Health. – 2021. – Vol. 9(2). – P. 144-160. – DOI: 10.1016/S2214-109X(20)30489-7.
3. Nikolaidou A., Tsaousis K.T. Teleophthalmology and artificial intelligence as game changers in ophthalmic care after the COVID-19 pandemic // Cureus. – 2021. – Vol. 13. – DOI: 10.7759/cureus.16392.
4. Swenor B. K., Ehrlich J. R. Ageing and vision loss: looking to the future // The Lancet Global Health. – 2021. – Vol. 9. – P. 385-386. – DOI: 10.1016/S2214-109X(21)00031-0.
5. Trimmel J. Inequality and inequity in eye health // Community Eye Health Journal. – 2016. – Vol. 29. – P. 1-3. – URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4995830/pdf/jceh_29_93_001.pdf. (Accessed:09.01.2025)
6. Zheng S., Choo J., Chen J., Joshi S., Sun Z. The barriers to global eye care equity and the role of digital innovations // Advances in Ophthalmology Practice and Research. – 2021. – Vol. 1. – Article No. 100021. – DOI: 10.1016/j.aopr.2021.100021.
7. WHO. Recommendations on digital interventions for health system strengthening. – Geneva: World Health Organization, 2019. – URL: https://www.who.int/publications/i/item/9789241550505.
8. Wasan K. M., Berry L., Kalra J. Physician centric healthcare: is it time for a paradigm shift? // Journal of the Royal Society of Medicine. – 2017. – Vol. 110(7). – P. 295-296. – DOI: 10.1177/0141076817707337.
9. Abramoff M.D., Lavin P.T., Birch M., et al. Pivotal trial of an autonomous AI-based diagnostic system for detection of diabetic retinopathy in primary care offices // NPJ Digital Medicine. – 2018. – Vol. 1. – Article No. 39. – DOI: 10.1038/s41746-018-0040-6.
10. Chopra R., Wagner S. K., Keane P. A. Optical coherence tomography in the 2020s—outside the eye clinic // Eye. – 2021. – Vol. 35. – P. 236-243. – DOI: 10.1038/s41433-020-01263-6.
11. Faes L., Fu D. J., Huemer J. et al. A virtual-clinic pathway... // Eye. – 2021. – Vol. 35. – P. 2260-2269. – DOI: 10.1038/s41433-020-01240-z.
12 Vukicevic M., Heraghty J., Cummins R. et al. Caregiver perceptions... // Eye. – 2016. – Vol. 30. – P. 413-421. – DOI: 10.1038/eye.2015.235.
13. Bambara J., Owsley C., Wadley V. et al. Family caregiver social problem-solving abilities... // Investigative Ophthalmology & Visual Science. – 2009. – Vol. 50(4). – P. 1585-1592. – DOI: 10.1167/iovs.08-2744.
14. Recommendations on digital interventions for health system strengthening [Electronic source] // World Health Organization [website]. – Geneva: World Health Organization, 2019. – URL: https://apps.who.int/iris/handle/10665/311941 (Accessed: 09.01.2025).
15. Schwab K. The fourth industrial revolution. – New York: Crown Currency, 2017. – 192 p. – URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://law.unimelb.edu.au/__data/assets/pdf_file/0005/3385454/Schwab-The_Fourth_Industrial_Revolution_Klaus_S.pdf.
16. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning // Nature. – 2015. – Vol. 521. – P. 436-444. – DOI: 10.1038/nature14539.

17. Esteva A., Robicquet A., Ramsundar B. et al. A guide to deep learning in healthcare // Nature Medicine. – 2019. – Vol. 25. – P. 24-29. – DOI: 10.1038/s41591-018-0316-z.
18. Ting D. S. W., Pasquale L. R., Peng L. et al. Artificial intelligence and deep learning in ophthalmology // British Journal of Ophthalmology. – 2019. – Vol. 103. – P. 167-175. – DOI: 10.1136/bjophthalmol-2018-313173.
19. Foo L. L., Ang M., Wong C. W., et al. Is artificial intelligence a solution to the myopia pandemic? // British Journal of Ophthalmology. – 2021. – Vol. 105. – P. 741-744. – DOI: 10.1136/bjophthalmol-2021-319129.
20. Al-Khaled T., Cole E. D., Chan R. V. P. Telemedicine, telementoring, and technology... // Ophthalmology. – 2021. – Vol. 128. – P. 138-139. – DOI: 10.1016/j.ophtha.2020.10.014.
21. Green M. A., McKee M., Katikireddi S. V. Remote general practitioner consultations during COVID-19 // The Lancet Digital Health. – 2022. – Vol. 4. – P. 7. – DOI: 10.1016/S2589-7500(21)00220-9.
22. Yousef Y. A., Al-Nawaiseh I., Mehyar M. How telemedicine and centralized care changed the natural history of retinoblastoma in a developing country: analysis of 478 patients // Ophthalmology. – 2021. – Vol. 128. – P. 130-137. – DOI: 10.1016/j.ophtha.2020.07.026.
23. Thirunavukarasu A. J., Mullinger D., Rufus-Toye R. M. et al. Clinical validation of a novel web-application for remote assessment of distance visual acuity // Eye (Lond). – 2022. – Vol. 36. – P. 2057-2061. – DOI: 10.1038/s41433-021-01760-2.
24. Meara J. G., Leather A. J. M., Hagander L. et al. Global Surgery 2030: Evidence and solutions for achieving health, welfare, and economic development // Int J Obstet Anesth. – 2015. – Vol. 25. – P. 75-78. – DOI: 10.1016/j.ijoa.2015.09.006.
25. Greenhalgh T., Wherton J., Shaw S., Morrison C. Video consultations for covid-19 // BMJ. – 2020. – Vol. 368. – Article No. 998. – DOI: 10.1136/bmj.m998.
26. Keesara S., Jonas A., Schulman K. Covid-19 and health care's digital revolution // New England Journal of Medicine. – 2020. – Vol. 382(23). – P. 82. – DOI: 10.1056/NEJMp2005835.
27. Rathi S., Tsui E., Mehta N. et al. The current state of teleophthalmology in the United States // Ophthalmology. – 2017. – Vol. 124. – P. 1729-1734. – DOI: 10.1016/j.ophtha.2017.05.026.
28. Panch T., Szolovits P., Atun R. Artificial intelligence: opportunities and risks for public health // The Lancet Digital Health. – 2019. – Vol. 1(1). – P. 13-14. – DOI: 10.1016/S2589-7500(19)30036-0.
29. Adler-Milstein J., Kvedar J., Bates D. W. Telehealth among US hospitals: several factors, including state reimbursement and licensure policies, influence adoption // Health Affairs. – 2014. – Vol. 33(2). – P. 207-215. – DOI: 10.1377/hlthaff.2013.1054.
30. Schreiweis B., Pobiruchin M., Strotbaum V. et al. Barriers and facilitators to the implementation of eHealth services: Systematic literature analysis // Journal of Medical Internet Research. – 2019. – Vol. 21(11). – Article No. 14197. – DOI: 10.2196/14197.
31. Brown J., Pope N., Bosco A. M. et al. Issues affecting nurses' capability to use digital technology at work: An integrative review // Journal of Clinical Nursing. – 2020. – Vol. 29(15)–16. – P. 2801-2819. – DOI: 10.1111/jocn.15321.
32. Шадеркин И. А. Барьеры телемедицины и пути их преодоления // Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения. – 2022. – Т. 8. – №2. – С. 59-76. – DOI: 10.29188/2712-9217-2022-8-2-59-76.
33. Ahmed S. M., Rajput A. Threats to patients' privacy in smart healthcare environment // Innovation in Health Informatics. – 2020. – P. 375-393. – DOI: 10.1016/B978-0-12-819043-2.00016-2.
34. Стефанова Н. А., Мурсалимов Д. А. Цифровая экономика и ее роль в управлении современными социально-экономическими отношениями // Актуальные вопросы современной экономики. – 2018. – № 3. – С. 44-47. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=35233024. (дата обращения:09.01.2025).
35. Шарипова Г.Р. Цифровая экономика и ее роль в управлении современными социально-экономическими отношениями // Актуальные вопросы современной экономики. – 2018. – № 8. – С. 181-186. – URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://xn--80aimpg.xn--80ae9b7b.xn--p1ai/Files/ArticleFiles/%D0%A8%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D0%B0.pdf. (дата обращения:10.01.2025).
36. Digitalization in Ophthalmology – Towards Patient Monitoring & Smart Surgery [Electronic source] // FutureBridge [Website]. – URL: https://www.futurebridge.com/webinar/digitalization-in-

ophthalmology-towards-patient-monitoring-smart-surgery/ (Accessed: 10.01.2025).
37. Kilduff C. L. S. et al. Creating the Moorfields' virtual eye casualty: video consultations to provide emergency teleophthalmology care during and beyond the COVID-19 pandemic // BMJ Health & Care Informatics. – 2020. – Vol. 27(3). – Article No. 100179. – DOI: 10.1136/bmjhci-2020-100179.
38. Razavi H., Copeland S. P., Turner A. W. Increasing the impact of teleophthalmology in Australia: Analysis of structural and economic drivers in a state service // Australian Journal of Rural Health. – 2017. – Vol. 25(1). – P. 45-52. – DOI: 10.1111/ajr.12277.
39. Bestsennyy O. et al. Telehealth: a quarter-trillion-dollar post-COVID-19 reality // McKinsey & Company. – 2021. – Vol. 9. – 15 p. – URL: https://www.mckinsey.com/industries/healthcare/our-insights/telehealth-a-quarter-trillion-dollar-post-covid-19-reality#/. (Accessed: 12.02.2025).
40. Grzybowski A., Singhanetr P., Nanegrungsunk O., Ruamviboonsuk P. Artificial Intelligence for Diabetic Retinopathy Screening Using Color Retinal Photographs: From Development to Deployment // Ophthalmology and Therapy. – 2023. – Vol. 12(3). – P. 1419-1437. – DOI: 10.1007/s40123-023-00691-3.
41. Xu Z., Xu J., Shi C. et al. Artificial Intelligence for Anterior Segment Diseases: A Review of Potential Developments and Clinical Applications // Ophthalmology and Therapy. – 2023. – Vol. 12, №3. – P. 1439-1455. – DOI: 10.1007/s40123-023-00690-4.
42. Stopyra W., Voytsekhivskyy O., Grzybowski A. Accuracy of 20 Intraocular Lens Power Calculation Formulas in Medium-Long Eyes // Ophthalmology and Therapy. – 2024. – Vol. 13(7). – P. 1893-1907. – DOI: 10.1007/s40123-024-00954-7.
43. Geschwindner H. Augenmobil bringt die Augenheilkunde ins Pflegezentrum [Electronic source] – 2021. – URL: https://www.gerontologie-blog.ch/augenmobil-bringt-die-augenheilkunde-ins-pflegezentrum/ (Accessed: 15.02.2025).
44. Faes L., Fu D. J., Huemer J. et al. A virtual-clinic pathway for patients referred from a national diabetes eye screening programme reduces service demands whilst maintaining quality of care // Eye. – 2021. – Vol. 35. – P. 2260-2269. – DOI: 10.1038/s41433-020-01240-z.
45. Gupta A., Cavallerano J., Sun J. K., Silva P. S. Evidence for Telemedicine for Diabetic Retinal Disease // Seminars in Ophthalmology. – 2017. – Vol. 32. – P. 22-28. – DOI: 10.1080/08820538.2016.1228403.
46. Scanlon P. H. The English National Screening Programme for diabetic retinopathy 2003–2016 // Acta Diabetologica. – 2017. – Vol. 54. – P. 515-525. – DOI: 10.1007/s00592-017-1000-y.
47. Hong Z., Li N., Li D. et al. Telemedicine during the COVID-19 pandemic: experiences from western China // Journal of Medical Internet Research. – 2020. – Vol. 22. – DOI: 10.2196/19577.
48. NHS Diabetic Eye Screening Programme. Summary Statistics: England [Electronic source] // Public Health England. – 2016. – URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/605040/Diabetic_eye_screening_summary_infographic_2015_to_2016.pdf (Accessed: 17.02.2025).
49. Scanlon P. H. The English national screening programme for diabetic retinopathy 2003–2016 // Acta Diabetologica. – 2017. – Vol. 54. – P. 515-525. – DOI: 10.1007/s00592-017-0974-1.
50. Шарман А., Балгимбеков Ш. А., Казыбаев Н. К., Исаева С. С. Первый опыт организации районного телемедицинского центра в Казахстане // Центрально-Азиатский научно-практический журнал по общественному здравоохранению. – 2005. – №1. – С. 38-40.
51. Ботабекова Т. К., Краморенко Ю. С., Степанова И. С., Исламова С. Е., Шильманов С. О. Опыт применения телемедицины в диагностике офтальмопатологии в Казахстане // Офтальмологический журнал Казахстана. – 2008. – №4. – С. 3-6.
52. Ботабекова Т.К., Алдашева Н.А., Абдуллина В.Р., Степанова И.С., Исергепова Б.И., Искакбаева Ж.С. Разработка комплексной программы профилактики и лечения аномалий рефракции у детей школьного возраста // Клиническая офтальмология. – 2021. – №21(3), – С. 135-142. – DOI: 10.32364/2311-7729-2021-21-3-135-142.
53. Мамырбаев О., Павлов С., Момынжанова К. Методы распознавания изображений для раннего выявления диабетической ретинопатии. Вестник Алматинского университета энергетики и связи. – 2023. №4. – С. 77-86. – DOI:10.51775/2790-0886_2023_63_4_77.

References

1. Tan, T. F., et al. (2023). Artificial intelligence and digital health in global eye health: Opportunities and challenges. The Lancet Global Health, 11(9), 1432-

1443. DOI: 10.1016/S2214-109X(23)00323-6.
2. Steinmetz, J. D., et al. (2021). Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years. The Lancet Global Health, 9(2), 144-160. DOI: 10.1016/S2214-109X(20)30489-7.
3. Nikolaidou, A., & Tsaousis, K. T. (2021). Teleophthalmology and artificial intelligence as game changers in ophthalmic care after the COVID-19 pandemic. Cureus, 13. DOI: https://doi.org/10.7759/cureus.16392.
4. Swenor, B. K., & Ehrlich, J. R. (2021). Ageing and vision loss: Looking to the future. The Lancet Global Health, 9, 385-386. DOI: https://doi.org/10.1016/S2214-109X(21)00031-0.
5. Trimmel, J. (2016). Inequality and inequity in eye health. Community Eye Health Journal, 29, 1-3. Retrieved January 9, 2025, from chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4995830/pdf/jceh_29_93_001.pdf.
6. Zheng, S., Choo, J., Chen, J., Joshi, S., & Sun, Z. (2021). The barriers to global eye care equity and the role of digital innovations. Advances in Ophthalmology Practice and Research, 1, 100021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aopr.2021.100021.
7. World Health Organization. (2019). Recommendations on digital interventions for health system strengthening. Geneva: WHO.
8. Wasan, K. M., Berry, L., & Kalra, J. (2017). Physician centric healthcare: Is it time for a paradigm shift? Journal of the Royal Society of Medicine, 110(7), 295-296. DOI: https://doi.org/10.1177/0141076817707337
9. Abramoff, M. D., Lavin, P. T., Birch, M., et al. (2018). Pivotal trial of an autonomous AI-based diagnostic system for detection of diabetic retinopathy in primary care offices. NPJ Digital Medicine, 1, 39. DOI: https://doi.org/10.1038/s41746-018-0040-6.
10. Chopra, R., Wagner, S. K., & Keane, P. A. (2021). Optical coherence tomography in the 2020s–outside the eye clinic. Eye, 35, 236-243. DOI: https://doi.org/10.1038/s41433-020-01263-6.
11. Faes, L., Fu, D. J., Huemer, J., et al. (2021). A virtual-clinic pathway... Eye, 35, 2260-2269. DOI: https://doi.org/10.1038/s41433-020-01240-z.
12. Vukicevic, M., Heraghty, J., Cummins, R., et al. (2016). Caregiver perceptions... Eye, 30, 413-421. DOI: https://doi.org/10.1038/eye.2015.235.
13. Bambara, J., Owsley, C., Wadley, V., et al. (2009). Family caregiver social problem-solving abilities... Investigative Ophthalmology & Visual Science, 50(4), 1585-1592. DOI: 10.1167/iovs.08-2744.
14. Recommendations on digital interventions for health system strengthening. (2019). World Health Organization. Retrieved January 9, 2025, from https://apps.who.int/iris/handle/10665/311941.
15. Schwab, K. (2017). The fourth industrial revolution. New York, NY: Crown Currency.
16. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. Nature, 521, 436-444. DOI: https://doi.org/10.1038/nature14539.
17. Esteva, A., Robicquet, A., Ramsundar, B., et al. (2019). A guide to deep learning in healthcare. Nature Medicine, 25, 24-29. DOI: https://doi.org/10.1038/s41591-018-0316-z.
18. Ting, D. S. W., Pasquale, L. R., Peng, L., et al. (2019). Artificial intelligence and deep learning in ophthalmology. British Journal of Ophthalmology, 103, 167-175. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2018-313173.
19. Foo, L. L., Ang, M., Wong, C. W., et al. (2021). Is artificial intelligence a solution to the myopia pandemic? British Journal of Ophthalmology, 105, 741-744. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2021-319129.
20. Al-Khaled, T., Cole, E. D., & Chan, R. V. P. (2021). Telemedicine, telementoring, and technology... Ophthalmology, 128, 138-139. DOI: 10.1016/j.ophtha.2020.10.014.
21. Green, M. A., McKee, M., & Katikireddi, S. V. (2022). Remote general practitioner consultations during COVID-19. The Lancet Digital Health, 4, 7. DOI: 10.1016/S2589-7500(21)00220-9.
22. Yousef, Y. A., Al-Nawaiseh, I., & Mehyar, M. (2021). How telemedicine and centralized care changed the natural history of retinoblastoma in a developing country: Analysis of 478 patients. Ophthalmology, 128, 130-137. DOI: 10.1016/j.ophtha.2020.07.026.
23. Thirunavukarasu, A. J., Mullinger, D., Rufus-Toye, R. M., et al. (2022). Clinical validation of a novel web-application for remote assessment of distance visual acuity. Eye (London), 36, 2057-2061. DOI: 10.1038/s41433-021-01760-2.
24. Meara, J. G., Leather, A. J. M., Hagander, L., et al. (2015). Global Surgery 2030: Evidence and solutions for achieving health, welfare, and economic development. International Journal of Obstetric Anesthesia, 25, 75-78. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijoa.2015.09.006

25. Greenhalgh, T., Wherton, J., Shaw, S., & Morrison, C. (2020). Video consultations for COVID-19. BMJ, 368, Article m998. DOI: https://doi.org/10.1136/bmj.m998.
26. Keesara, S., Jonas, A., & Schulman, K. (2020). COVID-19 and health care's digital revolution. New England Journal of Medicine, 382(23), 82. DOI: https://doi.org/10.1056/NEJMp2005835.
27. Rathi, S., Tsui, E., Mehta, N., et al. (2017). The current state of teleophthalmology in the United States. Ophthalmology, 124, 1729-1734. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2017.05.026.
28. Panch, T., Szolovits, P., & Atun, R. (2019). Artificial intelligence: Opportunities and risks for public health. The Lancet Digital Health, 1(1), 13-14. DOI: 10.1016/S2589-7500(19)30036-0.
29. Adler-Milstein, J., Kvedar, J., & Bates, D. W. (2014). Telehealth among US hospitals: Several factors, including state reimbursement and licensure policies, influence adoption. Health Affairs, 33(2), 207-215. DOI: https://doi.org/10.1377/hlthaff.2013.1054.
30. Schreiweis, B., Pobiruchin, M., Strotbaum, V., et al. (2019). Barriers and facilitators to the implementation of eHealth services: Systematic literature analysis. Journal of Medical Internet Research, 21(11), e14197. DOI: https://doi.org/10.2196/14197.
31. Brown, J., Pope, N., Bosco, A. M., et al. (2020). Issues affecting nurses' capability to use digital technology at work: An integrative review. Journal of Clinical Nursing, 29(15-16), 2801-2819. DOI: https://doi.org/10.1111/jocn.15321.
32. Shaderkin, I. A. (2022). Bariery telemeditsiny i puti ikh preodoleniya. Russian Journal of Telemedicine and e-Health, 8(2), 59-76. DOI: https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-59-76. (In Russian).
33. Ahmed, S. M., & Rajput, A. (2020). Threats to patients' privacy in smart healthcare environment. In Innovation in Health Informatics (pp. 375-393). DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819043-2.00016-2.
34. Stefanova, N. A., & Mursalimov, D. A. (2018). Tsifrovaya ekonomika i yeye rol' v upravlenii sovremennymi sotsial'no-ekonomicheskimi otnosheniyami. Actual Problems of Modern Economy, (3), 44-47. Retrieved January 9, 2025, from https://elibrary.ru/item.asp?id=35233024 (In Russian).
35. Sharipova, G. R. (2018). Tsifrovaya ekonomika i yeye rol' v upravlenii sovremennymi sotsial'no-ekonomicheskimi otnosheniyami. Actual Problems of Modern Economy, (8), 181-186. Retrieved January 10, 2025, from chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://xn-80aimpg.xn--80ae9b7b.xn--p1ai/Files/ArticleFiles/%D0%A8%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D0%B0.pdf. (In Russian).
36. Digitalization in ophthalmology – Towards patient monitoring & smart surgery [Webinar]. (n.d.). FutureBridge. Retrieved January 10, 2025, from https://www.futurebridge.com/webinar/digitalization-in-ophthalmology-towards-patient-monitoring-smart-surgery/.
37. Kilduff, C. L. S., et al. (2020). Creating the Moorfields' virtual eye casualty: Video consultations to provide emergency teleophthalmology care during and beyond the COVID-19 pandemic. BMJ Health & Care Informatics, 27(3), Article 100179. DOI: https://doi.org/10.1136/bmjhci-2020-100179.
38. Razavi, H., Copeland, S. P., & Turner, A. W. (2017). Increasing the impact of teleophthalmology in Australia: Analysis of structural and economic drivers in a state service. Australian Journal of Rural Health, 25(1), 45-52. DOI: 10.1111/ajr.12277.
39. Bestsennyy, O., et al. (2021). Telehealth: A quarter-trillion-dollar post-COVID-19 reality. McKinsey & Company, 9, 15 p. Retrieved February 12, 2025, from https://www.mckinsey.com/industries/healthcare/our-insights/telehealth-a-quarter-trillion-dollar-post-covid-19-reality#/.
40. Grzybowski, A., Singhanetr, P., Nanegrungsunk, O., & Ruamviboonsuk, P. (2023). Artificial intelligence for diabetic retinopathy screening using color retinal photographs: From development to deployment. Ophthalmology and Therapy, 12(3), 1419-1437. https://doi.org/10.1007/s40123-023-00691-3.
41. Xu, Z., Xu, J., Shi, C., et al. (2023). Artificial intelligence for anterior segment diseases: A review of potential developments and clinical applications. Ophthalmology and Therapy, 12(3), 1439-1455. DOI: https://doi.org/10.1007/s40123-023-00690-4.
42. Stopyra, W., Voytsekhivskyy, O., & Grzybowski, A. (2024). Accuracy of 20 intraocular lens power calculation formulas in medium-long eyes. Ophthalmology and Therapy, 13(7), 1893-1907. DOI: https://doi.org/10.1007/s40123-024-00954-7.
43. Geschwindner, H. (2021). Augenmobil bringt die Augenheilkunde ins Pflegezentrum [Ophthal-

mology mobile brings eye care to nursing home] [Blog post]. Retrieved February 15, 2025, from https://www.gerontologieblog.ch/augenmobil-bringt-die-augenheilkunde-ins-pflegezentrum/.
44. Faes, L., Fu, D. J., Huemer, J., et al. (2021). A virtual-clinic pathway for patients referred from a national diabetes eye screening programme reduces service demands whilst maintaining quality of care. Eye, 35, 2260-2269. DOI: 10.1038/s41433-020-01240-z.
45. Gupta, A., Cavallerano, J., Sun, J. K., & Silva, P. S. (2017). Evidence for telemedicine for diabetic retinal disease. Seminars in Ophthalmology, 32, 22-28. DOI: 10.1080/08820538.2016.1228403.
46. Scanlon, P. H. (2017). The English National Screening Programme for diabetic retinopathy 2003-2016. Acta Diabetologica, 54, 515-525. DOI: 10.1007/s00592-017-1000-y.
47. Hong, Z., Li, N., Li, D., et al. (2020). Telemedicine during the COVID-19 pandemic: Experiences from western China. Journal of Medical Internet Research, 22. DOI: https://doi.org/10.2196/19577.
48. NHS Diabetic Eye Screening Programme. (2016). Summary statistics: England [Infographic]. Public Health England. Retrieved February 17, 2025, from https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/605040/Diabetic_eye_screening_summary_infographic_2015_to_2016.pdf.
49. Scanlon, P. H. (2017). The English national screening programme for diabetic retinopathy 2003-2016. Acta Diabetologica, 54, 515-525. DOI: https://doi.org/10.1007/s00592-017-0974-1.
50. Sharman, A., Balgimbekov, Sh. A., Kazybaev, N. K., & Isaeva, S. S. (2005). Pervyy opyt organizatsii rayonogo telemeditsinskogo tsentra v Kazakhstane. Central Asian Scientific-Practical Journal of Public Health, (1), 38-40. (In Russian).
51. Botabekova, T. K., Kramorenko, Yu. S., Stepanova, I. S., Islamova, S. E., & Shilmanov, S. O. (2008). Opyt primeneniya telemeditsiny v diagnostike oftalmopatologii v Kazakhstane. Ophthalmological Journal of Kazakhstan, (4), 3-6. (In Russian).
52. Botabekova, T. K., Aldasheva, N. A., Abdulina, V. R., Stepanova, I. S., Isergepova, B. I., Iskakbaeva, Zh. S. (2021). Razrabotka kompleksnoj programmy profilaktiki i lecheniya anomalij refrakcii u detej shkol'nogo vozrasta. Clinical oftalmology, 21(3), 135-142. DOI: 10.32364/2311-7729-2021-21-3-135-142. (In Russian).
53. Mamyrbaev O., Pavlov S., Momynzhanova K. (2023). Metody raspoznavaniya izobrazhenij dlya rannego vyyavleniya diabeticheskoj retinopatii. Almaty University of energy and communications, 4, 77-86. DOI:10.51775/2790-0886_2023_63_4_77. (In Russian).

ОФТАЛЬМОЛОГИЯЛЫҚ КӨМЕК: «ЦИФРЛАНДЫРУДЫҢ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ МЕН КЕДЕРГІЛЕРІ»

М. Ш. Тулекенов [1], Г. З. Танбаева [1], А. М. Төлегенова [2]*, А. Р. Медеулова [2]
[1] Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы
[2] КеАҚ «С. Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті», Қазақстан, Алматы
**Корреспондент автор*

Аңдатпа

Бүгінгі таңда цифрландыру қазіргі заманғы денсаулық сақтаудың барлық аспектілерін, соның ішінде офтальмологияны қозғайтын маңызды үрдістердің бірі болып табылады. Технологияның қарқынды дамуы медициналық көмектің қолжетімділігі мен сапасын арттыру үшін жаңа мүмкіндіктер жасайды.

Офтальмология көптеген жаһандық проблемаларға тап болады, мысалы, көз аурулары бар науқастардың көбеюі, маман дәрігерлердің жетіспеушілігі және денсаулық сақтау жүйесіне жүктеменің артуы. Бұл проблемалар халықтың қартаюымен және көптеген созылмалы аурулардың таралуымен де нашарлайды. Мысалы, қант диабеті көру қабілетінің жоғалуының негізгі себептерінің бірі болып табылады. Бұл тұрғыда цифрландыру бар кедергілерді жеңудің маңызды құралы бола алады.

Зерттеудің мақсаты. Офтальмологиялық көмектегі цифрландырудың қазіргі жағдайын зерттеу, негізгі кедергілер мен перспективаларды анықтау.

Материалдар мен әдістер. Зерттеу барысында: ғылыми әдебиеттер, халықаралық ұйымдардың есептері және офтальмологияға цифрлық технологияларды енгізудің практикалық мысалдары талданды. Біздің еліміздегі халықаралық тәжірибе мен ағымдағы жағдайды қоса алғанда, деректерді салыстырмалы талдау және жүйелеу әдістері қолданылды.

Нәтижелер. Талдау көрсеткендей, офтальмологиядағы цифрландыру телемедицина, жасанды интеллект, электронды денсаулық жазбалары және мобильді қосымшалар сияқты технологияларды қолдануды қамтиды. Цифрландыру жолындағы негізгі кедергілер инфрақұрылымның жеткіліксіздігі, білікті кадрлардың жетіспеушілігі, қаржылық шектеулер және киберқауіпсіздік мәселелері болып табылады. Перспективаларға телемедициналық технологияларды кеңінен қолдану, жасанды интеллект арқылы диагностика мен емдеуді автоматтандыру кіреді, бұл шалғай аудандарда офтальмологиялық көмектің қолжетімділігін айтарлықтай арттыруы мүмкін.

Қорытындылар. Офтальмологиялық көмекті цифрландыру мамандардың жетіспеушілігі және емделуге жоғары шығындар сияқты салалардың негізгі проблемаларын шешуге мүмкіндік береді. Табысты енгізу үшін инфрақұрылымға инвестициялар, медициналық персоналды оқыту және белсенді мемлекеттік қолдау қажет.

Түйін сөздер: *офтальмология, цифрландыру, телемедицина, жасанды интеллект, электрондық медициналық жазбалар, цифрлық технологиялар.*

OPHTHALMIC CARE: «PROSPECTS AND BARRIERS OF DIGITALIZATION»

M. Sh. Tulekenov [1], G. Z. Tanbayeva [1], A. M. Tolegenova [2]*, A. R. Medeulova[2]

[1] Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

[2] Kazakh National Medical University named after S. D. Asfendiyarov, Kazakhstan, Almaty

**Corresponding author*

Аннотация

Today, digitalization is one of the important trends that affects all aspects of modern healthcare, including ophthalmology. The rapid development of technologies creates new opportunities to improve the accessibility and quality of medical care.

Ophthalmology faces numerous global challenges, including an increasing number of patients with eye diseases, a shortage of specialized physicians, and a growing burden on the healthcare system. An aging population and the prevalence of a large number of chronic diseases also exacerbate these challenges. For example, diabetes mellitus is a leading cause of vision loss. In this context, digitalization can be an important tool to overcome existing barriers.

The purpose of this study. To investigate the current state of digitalization in ophthalmic care, to identify the main barriers and prospects.

Materials and methods. The study analyzed scientific literature, reports from international organizations, and practical examples of digitalization in ophthalmology. Methods of comparative analysis and data systematization, including international experience and the current situation in our country, were employed.

Results. The analysis revealed that digitalization in ophthalmology encompasses the utilization of technologies such as telemedicine, artificial intelligence, electronic medical records, and mobile applications. The primary barriers to digitalization include inadequate infrastructure, a lack of qualified personnel, financial constraints, and cybersecurity concerns. Prospects include the widespread use of telemedicine technologies and the automation of diagnosis and treatment with artificial intelligence, which can significantly improve the accessibility of ophthalmic care in remote areas.

Conclusions. The digitalization of ophthalmic care will address the primary challenges of these sectors, including a shortage of specialists and high treatment costs. Successful implementation requires investment in infrastructure, training of medical staff, and active government support.

Keywords: *ophthalmology, digitalization, telemedicine, artificial intelligence, electronic medical records, digital technologies.*

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ

Тулекенов Манас Шаяхметович – докторант, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті; e-mail: manastulekenov@yandex.kz; ORCID: https://orcid.org/0009-0001-9595-7707.
Танбаева Гульнур Зейнеловна – м.ғ.д., Денсаулық сақтау саясаты және ұйымдастыру кафедрасының профессорі, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті; e-mail: gulnurtanbayeva@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6611-6020.
Төлегенова Айдана Мирамбекқызы – MSc, «Менеджмент және денсаулық сақтау саясаты» кафедрасының лекторы, «С. Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті» КеАҚ; e-mail: tolegenova.aidana@kazmnu.kz; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0523-2671.
Медеулова Айгуль Рахмановна – PhD, оториноларингология кафедрасының меңгерушісі, С. Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті» КеАҚ; e-mail: medeulova.a@kaznmu.kz; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6941-4525.

ОБ АВТОРАХ

Тулекенов Манас Шаяхметович – докторант, Казахский Национальный университет им. Аль-Фараби; e-mail: manastulekenov@yandex.kz; ORCID: https://orcid.org/0009-0001-9595-7707.
Танбаева Гульнур Зейнеловна – д.м.н., профессор кафедры политики и организации здравоохранения, Казахский Национальный университет им. Аль-Фараби; e-mail: gulnurtanbayeva@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6611-6020.
Төлегенова Айдана Мирамбекқызы – MSc, лектор кафедры политики и менеджмента здравоохранения НАО «Казахский национальный медицинский университет имени С. Д. Асфендиярова»; e-mail: tolegenova.aidana@kazmnu.kz; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0523-2671.
Медеулова Айгуль Рахмановна – PhD, зав. кафедрой оториноларингологии, НАО «Казахский национальный медицинский университет имени С. Д. Асфендиярова»; e-mail: medeulova.a@kaznmu.kz; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6941-4525.

ABOUT AUTHORS

Tulekenov Manas Shayahmetovich – doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University; e-mail: manastulekenov@yandex.kz; ORCID: https://orcid.org/0009-0001-9595-7707.
Tanbayeva Gulnur Zeinelovna – MD, Professor of the Department of Health Policy and Organization, Al-Farabi Kazakh National University; e-mail: gulnurtanbayeva@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6611-6020.
Tolegenova Aidana Mirambekkyzy – MSc, lector of the Department Health Policy and Management, Asfendiyarov Kazakh National Medical University; e-mail: tolegenova.aidana@kazmnu.kz; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0523-2671.
Medeulova Aigul Rakhmanovna – PhD, Head of the Department of otorhinolaryngology, NAO «Kazakh National Medical University named after S. D. Asfendiyarov»; e-mail: medeulova.a@kaznmu.kz; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6941-4525.

Вклад авторов. *Все авторы принимали равносильное участие при написании данной статьи.*
Конфликт интересов *– не заявлен.*
Данный материал не был заявлен ранее, для публикации в других изданиях и не находится на рассмотрении другими издательствами. При проведении данной работы не было финансирования сторонними организациями и медицинскими представительствами.
Финансирование *– не проводилось.*

Статья поступила:26.02.2025г.
Принята к публикации:14.03.2025г.