

АННОТАЦИЯ

**диссертационной работы Емешева Ерлана Амирбековича на тему:
«Клиническое применение телерадиологии при заболеваниях костно-суставной системы»,
представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной
программе 8D10141 «Медицина»**

Актуальность темы.

Заболевания опорно-двигательного аппарата и костно-мышечной системы (особенно ревматоидный артрит и спондилоартрит) относятся к числу наиболее распространенных хронических патологий, приводящих к инвалидности во всем мире [Smolen et al., 2016; GBD 2021 Collaborators, 2023]. Хотя для предотвращения необратимых повреждений суставов при этих заболеваниях крайне важна ранняя диагностика, задержка в постановке диагноза в клинической практике (например, в среднем 7-8 лет при спондилоартрите) остается острой проблемой системы здравоохранения [Garrido-Cumbrera et al., 2022]. Основной причиной этого является дефицит квалифицированных специалистов-радиологов, способных читать радиологические изображения. В связи с этим телерадиология является эффективным и инновационным решением, устраняющим географические ограничения, позволяющим проводить дистанционный анализ изображений и получать экстренные консультации профильных специалистов [Hanna et al., 2020].

В современную цифровую эпоху телерадиология — это не только инструмент обмена изображениями, она также требует экосистемы непрерывного образования. Качество и надежность видеоконтента на таких платформах, как YouTube, который стал одним из основных источников медицинской информации для врачей и пациентов, сильно варьируются [Mueoung et al., 2024; Zengin & Onder, 2021]. Поскольку некачественная информация может привести к диагностическим ошибкам, проведение независимого аудита этих учебных материалов с использованием международных валидированных шкал (GQS, DISCERN, PEMAT) считается безотлагательной задачей [Kocyigit & Akaltun, 2019].

Еще одним крайне важным аспектом темы является стремительное внедрение в медицину искусственного интеллекта (ИИ) и мультимодальных больших языковых моделей (LLM) [Guermazi et al., 2024]. Передовые платформы, такие как GPT-5 Thinking, Gemini и DeepSeek, предоставляют огромные возможности для оптимизации телерадиологического рабочего процесса, проведения триажа и устранения дефицита кадров [Katzman et al., 2023]. Тем не менее, системных исследований того, насколько точно эти модели могут распознавать специфические радиологические признаки ревматоидного артрита в реальных клинических ситуациях, все еще недостаточно [Stoel, 2020].

Кроме того, для безопасного и эффективного внедрения телерадиологии и алгоритмов ИИ в клиническую практику возникает необходимость разработки научно обоснованных практических рекомендаций, учитывающих инфраструктурные, этические (безопасность данных) и правовые барьеры [Aldhafeeri, 2025]. Таким образом, комплексное исследование инфраструктуры телерадиологии, качества цифрового контента и эффективности платформ ИИ является крайне актуальным направлением для сокращения диагностической задержки и современной практики здравоохранения.

Гипотеза исследования.

Клиническое применение телерадиологии в диагностике патологий костно-мышечной системы является главным стратегическим механизмом сокращения диагностической задержки. При этом эффективность телерадиологии повышается за счет двух усиливающих компонентов: платформы искусственного интеллекта (ИИ) обеспечивают проведение диагностического триажа и формирование «второго мнения», а аудит цифрового медицинского контента (YouTube) укрепляет информационную надежность и качество образования в экосистеме телерадиологии.

Научная система исследовательской работы.

Диссертационная работа представляет собой комплексную научную систему, состоящую из трех тесно взаимосвязанных стратегических блоков:

- Концептуально-клинический блок: обосновывает инфраструктуру телерадиологии как основное системное ядро, повышающее доступность диагностики в условиях дефицита специалистов.

- Информационно-аналитический блок: обеспечивает информационную безопасность и образовательный уровень системы путем оценки качества цифрового контента на основе международных валидированных шкал (GQS, DISCERN, PEMAT).

- Технологично-инновационный блок: научно аргументирует диагностическую эффективность моделей ИИ (GPT-5, Gemini, DeepSeek) путем сравнения массива, состоящего из 160 бинарных точек наблюдения по 8 радиологическим признакам ревматоидного артрита, с «золотым стандартом» 6 экспертов.

Цель исследования.

Комплексная оценка клинической эффективности инфраструктуры телерадиологии, цифрового медицинского видеоконтента и платформ искусственного интеллекта на основе LLM в процессе диагностики и управления костно-мышечными и ревматическими заболеваниями, а также разработка научно обоснованных практических рекомендаций по их внедрению в медицинскую практику.

Задачи исследования.

1. Проанализировать инфраструктуру, масштабы применения и клиническую значимость телерадиологии в управлении костно-мышечными заболеваниями на основе мирового опыта.

2. Провести кросс-секционную оценку образовательного качества, надежности и объективности цифрового медицинского видеоконтента (на примере платформы YouTube), посвященного телерадиологии при костно-мышечных и ревматических заболеваниях.

3. Определить диагностическую эффективность и точность различных платформ искусственного интеллекта на основе LLM в оценке радиологических признаков ревматоидного артрита в сравнении с эталонным стандартом экспертов.

4. На основе полученных результатов исследования разработать практические рекомендации по безопасному и эффективному внедрению телерадиологии и алгоритмов искусственного интеллекта в клиническую практику в процессе диагностики заболеваний опорно-двигательного аппарата.

Объект исследования.

Телерадиологическая экосистема, направленная на сокращение диагностической задержки при патологиях костно-мышечной системы, включая ее инфраструктурную основу, информационно-образовательную среду (цифровой контент) и технологические (искусственный интеллект) усиливающие компоненты.

Материалы и методы исследования.

1. Нарративный обзор биомедицинской литературы (По первой задаче)

- Дизайн: Проводится нарративный обзор биомедицинской литературы.

- Базы данных: Поиск научных материалов будет осуществляться в международных базах данных Web of Science, Scopus, PubMed/MEDLINE и Directory of Open Access Journals (DOAJ).

- Стратегия поиска: В процессе поиска используются ключевые слова и MeSH-термины, такие как "Telemedicine", "Teleradiology", "Musculoskeletal Diseases", "Rheumatoid Arthritis", "Spondylarthritis". Планируется отбор статей только на английском языке и проведение глубокого анализа наиболее актуальных из них.

2. Оценка цифрового медицинского видеоконтента (По второй задаче)

- Дизайн: Одномоментное поперечное исследование.

- Метод выборки: Проводится комплексный аудит видеороликов на платформе YouTube. Для исключения субъективности поисковых алгоритмов используется режим «инкогнито» браузера Google Chrome, история поиска полностью очищается.

- Материал исследования: Видео были отобраны по 4 ключевым словам. После исключения дублирующихся, не на английском языке, длительностью менее 1 минуты или более 60 минут, а также видеороликов с плохим техническим качеством, в итоговый анализ были включены наиболее релевантные материалы.

- Инструменты оценки: Каждое видео будут просматривать 2 независимых исследователя (в спорных случаях привлекается 3-й арбитр). Образовательное качество и надежность контента измеряются 4 международными валидированными шкалами: GQS, Modified DISCERN, JAMA, PEMAT-A/V.

3. Клинические испытания платформ искусственного интеллекта (По третьей задаче)

- Дизайн: Сравнительное бинарное диагностическое исследование.
 - Материал исследования: В качестве единицы исследования взят не пациент, а специфические радиологические признаки на рентгенограммах. Был сформирован массив, состоящий в общей сложности из 160 диагностических точек наблюдения по 8 основным признакам ревматоидного артрита (сужение суставной щели, деформация, центральные и краевые эрозии, остеопения, остеофиты, подвывихи, анкилоз).
 - Эталонный стандарт: 6 независимых сертифицированных радиологов-экспертов провели бинарную оценку (есть/нет) по каждой из 160 точек наблюдения и на основе консенсуса утвердили «золотой стандарт». После исключения случаев, где мнения экспертов разделились поровну, для тестирования моделей ИИ было использовано 143 валидированные точки наблюдения.
 - Проверка моделей ИИ: Каждое изображение будет загружено как минимум в 3 мультимодальные LLM. Для исключения контекстного смещения после каждого изображения история чата очищается и открывается новая сессия.
 - Исследование одобрено Локальной биоэтической комиссией (Протокол №3, 9.7.2025 г).
4. Методология разработки практических рекомендаций и внедрения в клиническую практику (По четвертой задаче). На основе научно-доказательных результатов предыдущих 3 этапов были разработаны практические рекомендации.

Научная новизна исследования.

- Проведение сравнительного диагностического исследования на основе 160 бинарных точек наблюдения по 8 специфическим признакам ревматоидного артрита. Впервые диагностические способности платформ ИИ были изучены посредством массивной оценки на уровне отдельных признаков на рентгенограммах, что позволило повысить объективность результатов.
- Впервые проведен комплексный аудит цифрового медицинского контента, посвященного телерадиологии. Проводится кросс-секционный анализ образовательного качества и надежности видеоматериалов на платформе YouTube с помощью 4 международных валидированных шкал.
- Разработан новый телерадиологический рабочий процесс, направленный на сокращение диагностической задержки при заболеваниях опорно-двигательного аппарата, объединяющий алгоритмы триажа с поддержкой ИИ и протоколы шифрования VPN/DICOM. Данная модель впервые обоснована как единая клиничко-технологическая система, обеспечивающая информационную безопасность при сохранении диагностического качества.

Теоретическая значимость.

Результаты исследования расширяют теоретические основы роли телерадиологии и ИИ в управлении заболеваниями опорно-двигательного аппарата. Научно обоснованы диагностические способности и ограничения мультимодальных больших языковых моделей в анализе рентгенограмм. Также научно подтверждена методология адаптации валидированных шкал для оценки цифрового образовательного контента.

Практическая значимость.

- Сокращение диагностической задержки: Ожидается, что разработка алгоритма интеграции телерадиологии и моделей ИИ в клинический рабочий процесс создаст возможность для предварительного скрининга заболеваний и получения «второго мнения» в условиях дефицита специалистов-радиологов (особенно в отдаленных регионах). Этот подход будет способствовать значительному сокращению диагностических задержек при спондилоартрите и ревматоидном артрите, которые в среднем длятся несколько лет.
- Цифровой ориентир для врачей и пациентов: На основе результатов запланированного контент-анализа будут предложены критерии правильного выбора медицинской информации для специалистов по телерадиологии и пациентов.
- Разработка интеграционных рекомендаций: На основе выводов исследования будут созданы конкретные руководства и алгоритмы по внедрению телерадиологической инфраструктуры (систем PACS/RIS), обучению персонала, защите данных (шифрованию) и проведению мультидисциплинарного мониторинга работы алгоритмов в клиниках. Этот шаг позволит на деле доказать конкретную прикладную значимость диссертационной работы.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Применение телерадиологических гибридных сетей при костно-мышечных и ревматических заболеваниях повышает точность диагностики и позволяет значительно сократить диагностическую задержку, длящуюся в среднем несколько лет.

2. Хотя большая часть телерадиологического контента на платформе YouTube ориентирована на пациентов и молодых врачей, образовательное качество материалов сильно варьируется, поэтому для получения надежной информации клиническое значение имеют экспертиза с использованием международных валидированных инструментов и выбор видеороликов в формате слайд-презентации.

3. Мультимодальные большие языковые модели (GPT-5 Thinking, Gemini, DeepSeek) демонстрируют статистически значимый средний уровень согласия с заключениями независимых врачей-экспертов в оценке радиологических признаков ревматоидного артрита. Платформы LLM не могут заменить врачей, но могут успешно служить инструментом «второго мнения» и первичного скринингового триажа в клиническом рабочем процессе.

4. Для полноценного внедрения искусственного интеллекта и телерадиологии в медицинские учреждения необходимо строгое соблюдение протоколов безопасной и стандартизированной инфраструктуры, включающих VPN-каналы, DICOM-шифрование и проведение мультидисциплинарного мониторинга точности алгоритмов.

Заключение.

1. Систематический обзор мировой научной литературы доказал роль телерадиологии как «инфраструктурного ядра» в повышении качества ревматологической помощи. В ходе исследования было установлено, что при таких заболеваниях, как спондилоартрит, диагностическая задержка длится до 7-8 лет, при этом выявлено, что система телерадиологии и телемедицинского триажа позволяет значительно повысить диагностическую чувствительность. Подтверждено, что 77,7% радиологов США активно используют телерадиологию в своей практике для устранения географических барьеров и получения экстренных консультаций в нерабочее время. Это показывает, что телерадиология — не просто технология, а стратегический механизм решения проблемы дефицита специалистов в ревматологии.

2. Результаты цифрового аудита медицинского контента на YouTube показали, что качество и надежность телерадиологического контента в социальных медиа неоднородны. Из 44 проанализированных видеороликов 52,3% были признаны высококачественными (4-5 баллов GQS). В результате исследования было уточнено, что подавляющее большинство высококачественного контента (81,8%) было подготовлено профессиональными врачами, и имеется статистически значимая положительная корреляция ($p < 0.01$) между длительностью видео и его информационной ценностью (по шкалам GQS, DISCERN, PEMAT). Также было доказано, что видеоролики в формате слайд-презентации имеют гораздо более высокую клиническую надежность ($p < 0.001$) по сравнению с видеороликами, где участвует только диктор.

3. В результате испытания, проведенного в 160 точках наблюдения по 8 радиологическим признакам ревматоидного артрита, Gemini AI показал высокую чувствительность (66,3%), а GPT-5 Thinking — высокую специфичность (77,8%).

4. Разработанные практические рекомендации внедрены в диагностические учреждения городов Шымкент (ГКП «Городской диагностический центр») и Алматы (телерадиологическая сеть «ТМС»). Технические и методологические основы внедрения результатов исследования в клиническую практику были реализованы по следующим направлениям:

- Телерадиологический рабочий процесс был основан на взаимной интеграции систем хранения и передачи изображений (PACS/RIS). В целях сохранения конфиденциальности персональных данных пациентов в процессе дистанционной передачи данных были внедрены протоколы VPN-туннелирования и DICOM-шифрования, сформирована безопасная цифровая среда, соответствующая международным стандартам.

- Для интеграции платформ искусственного интеллекта в диагностическую цепочку была разработана специальная методика ролевого промпт-инжиниринга. Благодаря ей алгоритм «второго мнения», проводящий бинарный анализ по 8 специфическим признакам ревматоидного артрита, стал неотъемлемой частью рабочего процесса.

- Для удаленных специалистов были организованы радиологические рабочие станции и внедрен протокол подготовки радиологических заключений в формате структурированного отчета (structured reporting). Этот подход обеспечил единообразие и точность информации для клиницистов-ревматологов.

- Методологические инструменты для оценки надежности цифрового контента на открытых платформах, таких как YouTube, были интегрированы в процесс обучения резидентов и молодых специалистов-радиологов, а также в формирование внутренней экспертной базы знаний учреждения.

Вклад автора.

Автор заложил теоретическую основу исследования и самостоятельно разработал иерархическую научную систему, рассматривающую телерадиологию как основное клиническое «ядро», а ИИ и цифровой аудит как его «усиливающие» компоненты. Провел комплексный анализ научной литературы, посвященной роли телерадиологии в мировой практике и проблеме диагностической задержки в ревматологии. Отобрал 44 релевантных видео из 200 видеоматериалов на платформе YouTube и самостоятельно оценил их с помощью международных валидированных шкал. Сформировал массив, состоящий из 160 бинарных точек наблюдения по 8 радиологическим признакам ревматоидного артрита, и полностью самостоятельно провел диагностический эксперимент с мультимодальными большими языковыми моделями. Разработал алгоритмы телерадиологического рабочего процесса и протоколы безопасности, включающие VPN/DICOM-шифрование, и внедрил их в клиническую практику городов Шымкент и Алматы.

Данное исследование было проведено в рамках проекта, реализованного по собственной инициативе.

Публикации.

1. Yemeshev Y., Bekarysova D., Kocyigit B.F. "Assessment of the quality and reliability of YouTube videos related to teleradiology in musculoskeletal and rheumatic diseases: a cross-sectional study" // *Rheumatology International* (2025) Q2

2. Yemeshev Y., Nurmashev B., Zimba O., Kocyigit B.F. "Clinical implications of teleradiology in rheumatic and musculoskeletal diseases: improving rheumatic care" // *Rheumatology International* (2025) Q2

3. Yemeshev Y., Nurmashev B., Mukhamediyarov M. "Comparative evaluation of large language model-based AI platforms for radiographic assessment in rheumatoid arthritis" // *Rheumatology International* (2026) Q2

4. Yemeshev Y., Nurmashev B., Kocyigit B.F. "Teleradiology and Artificial Intelligence in the Diagnosis of Musculoskeletal Diseases: Practical Recommendations" // *Central Asian Journal of Medical Hypotheses and Ethics* (2026)