

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Камышанской Ирины Григорьевны на тему «**Иновационные технологии в цифровой рентгенодиагностике для решения проблемы распознавания заболеваний и повреждений в многопрофильном стационаре**», представленную на соискание ученой степени доктора медицинских наук по научной специальности 3.1.25. Лучевая диагностика.

Актуальность темы диссертации и её связь с практическими проблемами здравоохранения

Проблема гарантии качества и радиационной безопасности при применении рентгенодиагностики в настоящее время приобрела особую актуальность ввиду бурного развития цифровых технологий. Вместе с тем, практическое здравоохранение испытывает недостаток научно обоснованных методических рекомендаций по проведению цифрового низкодозового рентгеновского исследования, по принципам радиационной безопасности и радиационного контроля в цифровой рентгенодиагностике, по алгоритмам и возможностям постобработки цифровых изображений.

Внедрение референтных диагностических уровней (РДУ) для контроля работы с источниками ионизирующего излучения в многопрофильных учреждениях здравоохранения является актуальной задачей оптимизации радиационной защиты в медицинской практике. Представляется необходимым разработка методов оценки качества цифровых рентгенограмм разных анатомических областей, расчёт средних доз облучения для стандартных пациентов и рентгеновского оборудования конкретного лечебного учреждения при проведении распространённых цифровых рентгеновских исследований с последующим определением РДУ.

С недавнего времени в лучевую диагностику внедрились новые компьютерные технологии в виде ПАКС и РИС, искусственного интеллекта (ИИ), которые потенциально могут облегчить работу врача-рентгенолога в условиях всё увеличивающегося объёма цифровых диагностических изображений. Интеллектуальные нейросети в перспективе станут помощниками диагноста в случае проведения сложных измерений и расчётов по цифровым медицинским изображениям. Изучение роли радиологических информационных систем и ИИ в повышении эффективности диагностического процесса, а также анализ трудностей внедрения данных технологий, требует научного исследования.

Современная цифровая рентгенодиагностика должна быть максимально безопасной для пациентов. Для этого необходимо разрабатывать методики рентгеновского исследования органов и систем по низкодозовым протоколам для работы на

технологически новом цифровом рентгеновском оборудовании. В плане радиационной защиты населения следует стандартизовать отдельные рентгеновские методики, предварительно оценив имеющиеся средние дозы пациентов.

Использование всех элементов цифровой постобработки цифровых рентгенограмм позволяет получать диагностические изображения при таких физико-технических параметрах, которые обеспечивают меньшие дозы облучения пациентов. Для этого необходимо изучать и понимать возможности элементов постобработки и в том числе с использованием цветового контраста.

Таким образом, тема диссертации актуальна для повышения эффективности диагностики заболеваний органов и систем человека, а решение проблем цифровизации рентгенотехники и рентгенодиагностики в России социально значимо и требуют научного исследования.

Научная новизна исследования, полученных результатов, выводов и практических рекомендаций, сформулированных в диссертации

Данная диссертационная работа обобщает основные аспекты цифровизации традиционной рентгенодиагностики. Многие задачи, которые поставил перед собой диссертант, решались впервые и заключались в нижеследующем:

- Разработаны и внедрены методики низкодозового рентгенологического исследования органов грудной клетки и желудочно-кишечного тракта.
- Проведен хронометраж основных цифровых рентгеновских процедур, выполнены сопоставления время проведения одинаковых цифровых и аналоговых рентгеновских исследованиями.
- Оценены дозы облучения пациентов при рентгенографии и линейной томографии органов грудной клетки, а также проведены экспериментальные исследования на фантомах и тест-объектах для выбора оптимальных протоколов исследования по дозе и качеству рентгеновских снимков.
- Для некоторых цифровых рентгенологических процедур определены новые коэффициенты перехода от произведения дозы на площадь к эффективной дозе, которая определяет меру риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учётом их радиочувствительности.
- Оценена экономическая целесообразность перехода на цифровую рентгенодиагностику с учётом использованием цифровых рентгеновских аппарата и электронных архивов ПАКС.

- Изучены возможности элементов традиционной постпроцессорной обработки рентгенограмм и нового метода цветовой постобработки, с последующей разработкой практических рекомендаций по алгоритмам их использования.
- Проведен теоретический анализ путей снижения доз облучения в рентгенодиагностике и рентгентехнике, который заключён в рациональном построения цифрового рентгенодиагностического оборудования и в правильном использовании каждого из функциональных узлов рентгеновского аппарата.
- Впервые разработана и внедрена новая отечественная программа нейросетевого анализа рентгенограммам стоп для выявления плоскостопия.

Выводы и практические рекомендации логично вытекают из полученных результатов исследования, которые являются новыми и решают поставленные задачи.

Значение полученных результатов для науки и практики

Научно-практическая значимость полученных результатов диссертационного исследования Камышанской И.Г. заключается в получении новых данных, способствующих на практике повышению эффективности цифровой рентгенодиагностики в выявлении заболеваний и повреждений органов и систем. Все задачи, поставленные в начале диссертации, исходили из практических потребностей.

Эффективная эксплуатация технологически новых цифровых рентгеновских аппаратов, рациональное использование программ анализа цифровых рентгенограмм и их постобработки, а также успешное внедрение ПАКС систем с электронным архивом и автоматизированными рабочими станциями рентгенолога требовали научного подхода, внимательного изучения новых возможностей и методического их использования на практике.

Результаты совместной научно-исследовательской работы с НИИРГ имени проф. П. В. Рамзаева (Санкт-Петербург) позволили: получить новые знания для науки и практики в плане измерения референтных диагностических уровней (РДУ) рентгеновских процедур и коэффициентов перехода от одной дозовой характеристики к другой; разработать на фантомах низкодозовые протоколы рентгенографии и линейной томографии органов грудной клетки (ОГК); предложить методику оценки качества рентгеновских изображений.

Практическое использование отечественной цифровой рентгеновской техники НИПК «Электрон» и многолетнее сотрудничество с научным отделом разработки данной компании нашли воплощение в конструировании эргономичного, низкодозового оборудования, в создании программного обеспечения для постобработки диагностических изображений.

Совместная работа диссертанта с компанией «КэреМенторЭйАй» дала возможность воплотить идею диссертанта разработать и в последующим внедрить интеллектуальный продукт компьютерного зрения для анализа рентгенограмм стоп с оценкой анатомического состояния продольного свода стопы.

Практическое значение имеет проведенный диссертантом анализ экономической целесообразности перехода от аналоговых к цифровым технологиям в рентгенодиагностике. Впервые рассчитаны временные и материальные затраты на проведение основных рентгеновских процедур, изучена экономическая эффективность ПАКС и трудности внедрения данной системы.

Результаты исследования внедрены в клиническую работу рентгеновского отделения городской Мариинской больницы, городского родильного дома им. проф. В. Ф. Снегирёва, в отдельных больницах Санкт-Петербурга, России и Казахстана.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Степень достоверности результатов исследования, научных положений и выводов определяется репрезентативным и достаточным объемом выборки обследованных пациентов, применением современных методов рентгеновского исследования и медицинской статистики. Диссертант на протяжении 16 лет работы в рентгеновском отделении городской больницы собирала материал исследования, многократно выполняя различные рентгеновские методики на новом цифровом оборудовании, рентгеноскопические исследования желудочно-кишечного тракта с контрастированием на телеуправляемой технике, сопоставляя выполнение однотипных методик на аналоговом и цифровом оборудовании врачами-рентгенологами в разных рентгеновских кабинетах. Будучи заведующей рентгеновским отделением и доцентом курса лучевой диагностики СПбГУ, она занималась организацией работы персонала, вопросами радиационной безопасности и педагогической деятельностью среди врачей.

Получен патент на изобретение РФ № 2718481 от 29.06.2019 «Способ контрастирования рентгенограмм цветом», а также получено свидетельство о государственной регистрации базы данных РФ № 2020621045 от 18.05.2020 года «База данных продольного плоскостопия второй степени» (FLATFOOT2), соавтором которых является диссертант.

Основные положения, выносимые на защиту, отражают суть проведенного многопланового исследования, а выводы отвечают на основные задачи исследования.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертация Камышанской Ирины Григорьевны представляет собой объёмный труд, написанный на 491 страницах машинописного текста шрифтом 12 кегль. Структура диссертации традиционная и включает – введение, 7 глав, заключение, выводы, практические рекомендации, список сокращений и список литературы. Работа наглядно иллюстрирована, т. к. имеет 179 рисунков, представленных преимущественно рентгенограммами, имеет 88 таблиц и 32 формулы. Список литературы включает 282 отечественных и 199 зарубежных источников.

Начинается диссертация с введения, в котором отражается актуальность выбранной темы научного исследования и логично вытекают цель и основные задачи. Далее последовательно показаны научная новизна исследования, теоретическая и практическая значимость, положения, выносимые на защиту, внедрение результатов и апробация научной работы. Эти разделы введения соответствуют требованиям, предъявляемым к диссертациям.

Глава первая – обзор литературы о современных тенденциях и перспективах развития цифровой рентгенодиагностики. На основании литературных источников в этой главе оценивается состояние рентгенотехники и рентгенологии в России в начале XXI века, описана роль инновационных цифровых технологии, поднята проблема уровней облучения пациентов при проведении отдельных рентгеновских процедур и путей их снижения. Завершается обзор литературы коротким заключением, что цифровые инновации в российской рентгенотехнике стали внедряться относительно недавно, а поставленные в работе задачи и проблемы актуальны и социально значимы для клинической рентгенологии и радиационной гигиены.

Глава вторая – материал и методы исследования начинается с общей характеристики и состоит из 5 подглав. Эти разделы включают подробное описание материала и методик, собранных и использованных для решения основных задач диссертационной работы. Практически весь материал для исследования был собран в рентгеновских кабинетах рентгеновского отделения городской Мариинской больницы. Применялись основные рентгеновские методики обследования пациентов для выявления заболеваний и повреждений органов и систем по неотложным показаниям, а также с диагностической и проверочной (профилактической) целью. Изучены особенности работы телеуправляемого рентгеновского оборудования и цифровых аппаратов для рентгенографии на два рабочих места с разными цифровыми детекторами. Также изучен функционал так называемого по старинке цифрового флюорографа для рентгенографии органов грудной клетки. Материалом исследования были пациенты стационара, фантомы грудной клетки, тест-

объекты, рентгенограммы, системы ПАКС, программы постобработки, а также дозовые, антропометрические, физико-технические параметры.

Глава третья – отражает результаты сравнения планово-экономических аспектов аналоговых и цифровых рентгеновских исследований. Материальные затраты на получение цифрового либо аналогового рентгеновского снимка диссертант рассчитывает с помощью формул, позволяющих получить стоимость одной либо всех рентгенограмм за отчётный период, как плёночных, так и цифровых. Автором представлен собственный подход к расчёту времени проведения частых рентгеновских процедур, который включает время 5 этапов. Результаты хронометража цифровых рентгеновских процедур были сопоставлены с подобными аналоговыми исследованиями и временем, представленном в приказе № 132, которым долгое время руководствовались в работе рентгенологи. Автор делает обоснованные выводы, что материальные затраты на выполнение цифровых рентгенограмм значительно меньше, чем на аналоговые, но время на выполнение цифрового рентгеновского исследования в данном стационаре чаще превышает время проведения аналоговых процедур, но находится в пределах тех норм, что указаны в приказе № 132.

Глава четвертая – посвящена сравнительному анализу доз облучения пациентов при аналоговой и цифровой рентгенографии органов грудной клетки (ОГК), разработке референтных диагностических уровней, новому подходу к понятию стандартного пациента для определения уровней облучения. В начале главы автор даёт теоретический отчёт о путях снижения доз облучения в современной цифровой рентгенодиагностической технике. Автор указывает, что конструкторские возможности аппаратостроения позволят снизить дозу облучения пациента на цифровом оборудовании не менее чем в 10 раз, но уже сейчас эффективная доза при цифровой рентгенографии ОГК в 3,5 раз меньше, чем при аналоговом исследовании. Автор предлагает совершенствовать текущую концепцию определения стандартных доз облучения для стандартного пациента путем замены используемой средней массы тела 70 ± 5 кг другими антропометрическими показателями, в частности индексом массы тела ($23-24$ кг/м²) и толщиной области исследования (в данном случае толщиной грудной клетки 20-22 см). Это позволит точнее рассчитать РДУ. В работе показано, что оценивать РДУ надо по дозиметрическим характеристикам – произведение дозы на площадь (ПДП) и эффективная доза (ЭД), но основной дозиметрической характеристикой следует считать эффективную дозу, рассчитанную на основе измерений радиационного выхода рентгеновского аппарата.

Глава пятая – отражает результаты экспериментальных исследований на антропоморфных фантомах грудной клетки и тест-объектах, выполненных для оптимизации доз пациентов при проведении рентгенографии ОГК. В начале главы

проанализирован опыт снижения доз облучения путем устранения отсеивающего растра при проведении цифровой рентгенографии ОГК. Далее автор диссертации показала варианты подбора оптимальных физико-технических параметров проведения цифрового рентгеновского исследования ОГК на фантомах, как при выполнении традиционной рентгенографии, так и при линейной томографии (ЛТ). В результате диссертантом предложены низкодозовые протоколы рентгенологического исследования ОГК. Имеет важное значение – выполненный впервые расчёт коэффициентов перехода от ПДП к ЭД для цифровой линейной томографии ОГК. Завершается данная глава результатами разработки методики по оценке качества цифровых рентгенограмм ОГК. Для этого были выполнены на разном анодном напряжении серии рентгенограмм фантома грудной клетки и проанализировано качество снимков по предлагаемой автором методике.

Глава шестая – даёт представление о результатах разработки инновационных низкодозовых методик цифрового рентгенологического исследования желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) с использованием контрастных веществ для нового телеуправляемого рентгеновского оборудования. Результатом исследований явились методики рентгеноскопического и рентгенографического исследований пациентов с подозрением на перфорацию полого органа и дивертикул пищевода. Автор предлагает стандартные низкодозовые методики рентгеноскопического исследования с контрастированием верхнего отдела ЖКТ и толстой кишки (ирригоскопии), и впервые рассчитывает коэффициенты перехода от ПДП к ЭФ для этих цифровых методик.

Глава седьмая – показывает практическое применение инновационных технологий в цифровой рентгенодиагностике. Здесь показан анализ многолетнего опыта внедрения в многопрофильный стационар разных систем ПАКС. Посчитана экономическая рентабельность и окупаемость разных моделей ПАКС, оценена роль ПАКС в повышении эффективности диагностики в городской больнице. В данной главе представлен анализ использования традиционной постобработки, даны рекомендации по алгоритму применения элементов постпроцессинга рентгенограмм. Большая часть главы посвящена новому методу цветового контрастирования (ЦК) рентгенограмм, разработанному совместно с сотрудниками НИПК «Электрон». На примерах рентгенограмм разных анатомических областей и клинических ситуаций показаны возможности ЦК в улучшении визуализации патологии. Подсчитана и сопоставлена диагностическая эффективность метода ЦК с традиционным анализом чёрно-белых изображений. Примером использования искусственного интеллекта (ИИ) в рентгенодиагностике явились разработка и внедрение в практику программы нейросетевого анализа рентгенограмм стоп для экспертизы плоскостопия. Для машинного обучения, проверки качества обучения и тестирования

готовой нейросети потребовалось 5184 рентгенограммы стоп в боковой проекции с нагрузкой. Разработанная программа для анализа степени плоскостопия показала высокую точность в измерении угла продольного свода стопы, что позволяет её использовать в качестве помощника врачу-рентгенологу.

Завершается диссертационная работа заключением с обсуждением полученных результатов. Построено заключение по результатам решения поставленных задач, обобщая и обсуждая проведенное исследование. Несмотря на разнообразные направления и большой объём работы своим заключением автор умело объединяет в одно целое все разделы диссертации для решения заданной цели – повышения эффективности распознавания заболеваний и повреждений внутренних органов и систем путём разработки и внедрения в практику многопрофильного стационара инновационных цифровых технологий рентгенодиагностики с минимальной лучевой нагрузкой для пациента.

Таким образом, диссертация написана автором самостоятельно, обладать внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, что свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Диссертация построена классически, замечаний, принижающих значимость данного исследования, не имеет.

От автора работы хочется получить ответы на следующие вопросы:

1. Какие преимущества стоят за цветными (раскрашенными) рентгеновскими изображениями в сравнении с чёрно-белыми?
2. В чём Вы видите дальнейшие пути снижения доз облучения в цифровой рентгенодиагностике и рентгентехнике?
3. Является ли рациональным замена рентгенографии в ряде случаев на КТ, выполняемую по низкодозовым протоколам?

Заключение

Диссертация Камышанской И. Г. по своей актуальности, объёму материала исследования, научной и практической значимости, является законченной самостоятельной научно-квалификационной работой. Полученные результаты и выводы решают научную проблему внедрения инновационных цифровых технологий в традиционную рентгенологию для повышения эффективности рентгенодиагностики и радиационной безопасности пациентов. Обоснованное использование новых технических и методических решений в рентгенодиагностике заболеваний с условием применения основ радиационной безопасности социально значимо для населения, медицины и здравоохранения. Диссертационное исследование Камышанской Ирины Григорьевны на тему: «Инновационные технологии в цифровой рентгенодиагностике для решения проблемы

распознавания заболеваний и повреждений в многопрофильном стационаре», полностью соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О Порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», а соискатель Камышанская Ирина Григорьевна заслуживает присуждения учёной степени доктора медицинских наук по научной специальности 3.1.25. Лучевая диагностика. Пункты 9 и 11 указанного Порядка диссертантом не нарушены.

Член диссертационного совета, доктор медицинских наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории лучевой терапии государственного учреждения «Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова», Республика Беларусь.

Демешко Павел Дмитриевич

«15» 04 2022г. 

дата

подпись

Подпись
удостоверяю



ОТДЕЛ
КАДРОВ

специалист по кадрам

А.В. Хадаркевич

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова», Республика Беларусь 223040 аг.
Лесной Минский район, Минская область, лаборатория лучевой терапии, тел.: +375 (17) 389-99-00, адрес эл. почты: oncobe@omr.by, веб-сайт: <http://www.omr.by/>