

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Камышанской Ирины Григорьевны на тему «Инновационные 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 исследования

Несмотря на прогресс лучевой диагностики и всё более широкое внедрение высокотехнологичных современных методов исследования на всех этапах оказания медицинской помощи амбулаторного и стационарного звена, традиционные рентгенологические исследования тем не менее остаются наиболее используемыми в медицине. Это объясняется широким распространением и относительной дешевизной рентгенологических исследований, относительной простотой их выполнения, высокой диагностической отдачей, наличием медицинского персонала, обученного работе на рентгеновских аппаратах. Именно поэтому методом традиционной рентгенодиагностики по-прежнему занимает важное место в клинико-лучевом диагностическом алгоритме большинства заболеваний и повреждений.

Развитие цифровой техники в конце прошлого и в начале нынешнего столетия, а также появившаяся возможность получения рентгеновского изображения с помощью цифровых детекторов, привнесло в этот метод инновации, а вместе с тем и вопросы. Появились компьютерные программы для анализа рентгеновских изображений, которые требовали изучения и самообразования от врачей-рентгенологов. При планировании работы рентгеновского отделения у администрации медицинского учреждения появились вопросы о времени проведения цифровых рентгенодиагностических

процедур и о материальных затратах на их выполнение. До сих пор отсутствуют регулирующие приказы, определяющих временные затраты на цифровые рентгеновские процедуры. Теоретически считалось, что с появлением цифрового рентгеновского оборудования должны снизиться дозы облучения пациентов и персонала, но надо было это научно доказать. Отдельные учёные заверяли и указывали на возможные пути снижения доз, но многие моменты требовали глубокого изучения. Совсем недавно перед отечественными программистами и врачами-диагностами была поставлена задача разработки программных продуктов компьютерного зрения – искусственного интеллекта (ИИ) для оптимизации диагностического процесса. В данной работе лидирующую роль имеют сами рентгенологи, которые определяют медицинские задачи, решение которых имеет актуальное значение для диагностики. Особенно важно использование ИИ в помощь диагносту в тех случаях, где надо проводить сложные и многочисленные математические расчёты. Также в структуре отдела лучевой диагностики появились целые радиологические информационные системы, позволяющие архивировать, передавать и анализировать цифровые медицинские изображения (ПАКС), в том числе планировать (проводить запись) диагностические исследования и вести отчёты (РИС). Некоторые из перечисленных новаций цифровых технологий по ходу своего внедрения в клиническую работу обретали проблемные задачи, которые требовали ответов и научных изысканий. Особенно эти задачи возникали в крупных многопрофильных стационарах, где помимо традиционной рентгеновской техники появлялись современные КТ, МРТ установки, аппараты для изотопной диагностики. Роль и целесообразность внедрения дорогостоящих систем ПАКС (РИС) в работу стационара, а также возможности цифровой рентгенотехники в диагностическом процессе отдела лучевых исследований, нуждались в изучении.

Таким образом, поиск ответов на вопросы и решение проблем, с

которыми сталкивались на практике в процессе цифровизации традиционной рентгенодиагностики, требовали научного подхода. Использование на практике новых либо модифицированных рентгеновских методик и методов должно было быть научно обоснованным. Выбранная тема диссертации как раз охватывает данную проблематику и имеет актуальную для медицины практическую составляющую, способствующую повышению качества диагностики заболеваний и повреждений населения Российской Федерации.

Научная новизна исследования

Данное диссертационное исследование неоспоримо имеет научную новизну, которая обусловлена следующими новыми результатами:

1. Впервые было рассчитано и проанализировано время, затраченное на выполнение частых цифровых рентгеновских процедур в сопоставлении в подобными аналоговыми исследованиями и данными из Приказа № 132 Минздрава РСФСР от 8 августа 1991 года. По собственным формулам рассчитаны материальные затраты на проведение рентгенографических исследований. Разработаны рекомендации по оптимизации экономических аспектов цифровых рентгеновских процедур.

2. Впервые был поведен глубокий анализ доз пациентов, полученных при рентгенографии органов грудной клетки (ОГК) на различных рентгеновских аппаратах и физико-технических параметрах съёмки, с аналоговым и цифровым способом детекции. Для оптимизации доз и с целью радиационной безопасности часть работы была экспериментальной и выполнена на фантомах грудной клетки и тест-объектах.

3. Впервые уточнены коэффициенты перехода от произведения дозы на площадь к эффективной дозе для цифровой линейной томографии и рентгеновского обследовании различных отделов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) с использованием контрастных веществ.

4. Впервые разработаны и внедрены в практику многопрофильного стационара низкодозовые методики цифровых рентгенологических исследований ОГК и ЖКТ с использованием отечественных аппаратов – комплекса рентгеновского телеуправляемого (КРТ) для рентгеноскопии и аппарата рентгеновского цифрового (АРЦ) для рентгенографии.

5. По результатам анкетирования врачей-рентгенологов впервые проанализированы возможности использования элементов постпроцессорной обработки рентгенограмм на практике и даны рекомендации по алгоритму их применения.

6. В соавторстве с диссертантом при совместной работе с НИПК «Электрон» разработан новый метод постобработки цифровых рентгеновских изображений путём их раскрашивания – цветового контрастирования. Данный метод был зарегистрирован в РФ как новый, получив патент на изобретение. Диссертантом были проведены клинические испытания метода и проанализирована его диагностическая эффективность. В результате метод был реализован компанией НИПК «Электрон» в пакете программного обеспечения для анализа рентгенограмм.

7. Впервые был проведен анализ целесообразности использования системы ПАКС в многопрофильном стационаре и оценена её роль в повышении диагностики заболеваний и повреждений.

8. Благодаря сотрудничеству с компанией «КэреМенторЭйАй» в соавторстве с диссертантом была впервые разработана и клинически апробирована новая отечественная интеллектуальная система компьютерного зрения, которая может высокоэффективно определять продольное плоскостопие по рентгенограммам стоп, выполненным в боковой проекции с нагрузкой.

Практическая значимость исследования

Практическая значимость диссертации выражается в нижеследующем:

- Предложенные формулы расчётов себестоимости цифровых и аналоговых рентгенограмм позволят получить данные по временным и материальным затратам, которые можно использовать в решении планово-экономических задач стационара.
- Проанализирован многолетний опыт внедрения в работу многопрофильного стационара разных систем ПАКС (РИС), который показал преимущества отдельных из систем, трудности при их эксплуатации и пути их преодоления. Правильное практическое использование ПАКС врачами-рентгенологами повысит эффективность диагностики рентгеновского отделения в частности, и повлияет на эффективность работы стационара в целом.
- Грамотное использование на практике всех элементов постпроцессорной обработки рентгеновских изображений, согласно предложенному соискателем алгоритму, повысит качество диагностики и снизит дозу пациента благодаря снижению количества некачественных и повторных снимков.
- Использование в постпроцессинге нового метода цветового контрастирования рентгенограмм, основанного на квантовой гипотезе цветового зрения, повысит диагностическую точность рентгеновских исследований.
- Модифицированные низкодозовые методики цифрового рентгенологического исследования отделов ЖКТ с контрастированием бариевой взвесью существенно сократят лучевую нагрузку на пациента и время проведения процедуры.
- Благодаря экспериментальным исследованиям на фантомах грудной клетки разработаны оптимальные низкодозовые протоколы проведения рентгенографии и линейной томографии органов грудной клетки, позволяющие снизить дозу пациента в 10 раз без потери качества изображения.
- Методические аспекты проведения цифрового исследования при перфорации пищеварительной трубки и дивертикулах пищевода, позволят повысить

точность диагностики этих патологических состояний.

- Многолетнее сотрудничество диссертанта с производителем рентгеновской техники НИПК «Электрон» имело практический выход в улучшении конструктивных решений новой рентгеновской техники, программного обеспечения анализа рентгенограмм, версий ПАКС, в разработке эргономичного, низкодозового рентгеновского оборудования.
- Применение разработанной программы нейросетевого анализа рентгенограмм стоп для экспертизы продольного плоскостопия, позволит ускорить диагностический процесс, снизив влияние человеческого фактора на диагностику.
- На основании материалов диссертационного исследования выпущено два учебно-методических пособия для врачей-рентгенологов и ординаторов, где даны практические рекомендации по проведению низкодозовых методик обследования ОГК и ЖКТ, что востребовано в практической работе с технически новым отечественным рентгеновским оборудованием.
- Результаты диссертационного исследования внедрены в работу рентгеновских кабинетов городской Мариинской больницы и в родильном доме №6 им. проф. В. Ф. Снегирёва, а также используются в учебном процессе на медицинском факультете СПбГУ при подготовке ординаторов по специальности «Рентгенология» и курсах усовершенствования врачей-рентгенологов.
- Подготовленная база данных рентгенограмм стоп в боковой проекции может быть использована в машинном обучении нейронных сетей других разработчиков, а также в учебном процессе при подготовке ординаторов-рентгенологов.
- Результаты оптимизации доз облучения в рентгенодиагностике в виде разработок РДУ, коэффициентов перехода от произведения дозы на площадь к

эффективной дозе для отдельных рентгеновских процедур нашли отражение в методических рекомендациях и указаниях, разработанных при совместной работе с НИИРГ им. проф. П.В. Рамзаева.

- Настоящее диссертационное исследование впервые обобщает и решает основные проблемы и задачи, с которыми встречаются врачи-рентгенологи при использовании цифровой рентгентехники для проведения рентгенодиагностических процедур. На примере работы рентгеновского отделения многопрофильного стационара за шестнадцатилетний период в развитии и сравнении показана эксплуатация разнообразной аналоговой и цифровой рентгенодиагностической аппаратуры.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Полученные соискателем И.Г. Камышанской научные результаты, положения, выносимые на защиту, выводы и рекомендации базируются на применении современных рентгеновских методов исследования, выполненных на достаточно большом материале. Полученные автором результаты обработаны статистическими методами с применением компьютерных программ. Выводы, сформулированные в диссертационной работе, соответствуют поставленной цели и задачам и отражают содержание основных положений, вынесенных на защиту. Практические рекомендации вытекают из результатов исследования и обосновано предлагаются для клинического применения в виде алгоритмов действий. Экспериментальные и клинические исследования выполнены с участием либо под руководством диссертанта.

Результаты диссертационного исследования представлены на многочисленных российских и международных научно-практических конференциях. Всего сделано около 60 докладов по различным аспектам

диссертационного исследования. Подготовлены учебно-методические пособия с практическими рекомендациями по методикам проведения контрастного рентгенологического исследования пищевода, желудка, толстой кишки на рентгеновском телеуправляемом комплексе, по цифровой линейной томографии на аппарате АРЦ. Разработаны рекомендации по постобработке цифровых изображений при заболеваниях и повреждениях органов и систем. Оценены потенциальные возможности цветового контрастирования (кодирования) цифровых рентгенограмм и искусственного интеллекта в рентгенодиагностике.

По теме диссертации опубликовано более 100 работ, из которых наиболее значимые представлены в 30 статьях научных специализированных журналов, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, а также состоящих в базах данных Web of Science и Scopus. Диссертант имеет один патент на изобретение и одно свидетельство о регистрации РФ базы данных рентгенограмм стоп с плоскостопием второй степени.

Оценка содержания диссертации

Диссертационное исследование посвящено приоритетной проблеме повышения качества рентгенодиагностики заболеваний и повреждений внутренних органов и систем путём внедрения инновационных цифровых технологий, которые в том числе могут минимизировать дозы облучения пациентов.

Диссертация оформлена в традиционном стиле и содержит необходимые разделы (введение, обзор литературы, материал и методы исследования, пять глав результатов собственных научных исследований, заключение с обсуждением полученных результатов, выводы, практические рекомендации, список сокращений и список цитируемой литературы).

Диссертация представлена на русском и английском языках в двух отдельных книгах, русская версия изложена на 491 страницах машинописного

текста, шрифтом 12 кегль, содержит 179 рисунков, представленных преимущественно рентгенограммами и цифровыми томограммами, 88 таблиц, 32 формулы. Список литературы оформлен согласно ГОСТу и включает 282 отечественных и 199 зарубежных источников.

Введение дает представление об актуальности разрабатываемой темы научного исследования, вскрывая проблемы перехода традиционной аналоговой рентгенодиагностики на современный цифровой уровень, требующий разработки новых методик, более безопасных и диагностически эффективных. Отсюда логически вытекает цель исследования и его основные задачи. Далее во введении чётко и обосновано представлена практическая значимость исследования, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава – обзор литературы, в полной мере отражает состояние цифровой рентгенодиагностики в нашей стране и за рубежом. В этой главе поднимаются вопросы и проблемы цифровизация традиционной рентгенологии, требующие своего незамедлительного решения. При этом из анализа литературы вытекает цель и задачи, стоящие в первом плане перед отечественной рентгенодиагностикой. Являясь ученым, преподавателем, участвующим в многочисленных отечественных и международных конгрессах, и вместе с тем, будучи практическим рентгенологом, видно, что диссертант знает изнутри о проблемах развития отечественной традиционной рентгенодиагностики и глубоко переживает за их решение.

Во второй главе представлены сведения об обширном материале, включающем многоплановые исследования, каждый из которых требовал отбора специфического материала и методов, позволяющих решить конкретные задачи. В этом состоит фундаментальность проводимого исследования, без чего нельзя решить обозначенные во введении и обзоре литературы проблемы. В частности, к ним относятся: материалы и методы анализа экономической целесообразности и преимуществ цифровой рентгенодиагностики, материалы и

методы анализа доз облучения пациентов при аналоговых и цифровых рентгеновских исследованиях, включающих разработку референтных диагностических уровней рентгеновских процедур. Сюда же относится исследование методик оценки качества рентгенограмм, понятия «стандартный пациент». Отдельно приведены материалы и методы по оптимизации доз облучения в цифровой рентгенографии и продольной линейной томографии ОГК, выполненные в эксперименте на специализированных антропоморфных фантомах грудной клетки. Также приведены сведения о материалах и методах оптимизации доз при рентгенологических исследованиях ЖКТ с контрастированием. Завершается данная глава материалом и методами изучения роли инновационных цифровых технологий в оптимизации рентгенодиагностики путем внедрения ПАКС и РИС, создания программ постобработки изображений и нейросетевого анализа.

Последующие главы, включая 3, 4, 5, 6 и 7, содержат результаты собственных исследований, при этом последовательность их представления, равно как и дизайн исследования, находятся в полном соответствии с изучаемым экспериментальным и клиническим материалом, изложенным подробно во второй главе.

В частности, в главе 3 представлены сравнительные результаты анализа экономической целесообразности перехода на цифровую рентгенодиагностику, которая несмотря на вложения в более совершенную рентгеновскую технику, с течением времени не только окупает себя, но и позволяет получить экономическую выгоду, за счет отсутствия затрат на пленку, фотообработку, помещений фотолаборатории и пленочного архива при первичном проектировании кабинетов и др. На основании тщательно выполненного хронометража отдельных действий рентгенолаборанта и врача при проведении цифровой рентгенографии диссертант показала, что временные параметры получения готовой цифровой рентгенограммы меньше, чем пленочного снимка.

Вместе с тем общее время от начала исследования до его конца, с описанием протокола с заключением по результатам цифрового рентгеновского исследования, больше за счёт постпроцессинга и печати снимков.

Глава 4 содержит результаты изысканий диссертанта по сравнительному изучению дозовой нагрузки при цифровой и аналоговой рентгенографии на примере наиболее массового обследования – органов грудной клетки, с использованием разных современных рентгенодиагностических установок. Результатом этих исследований явились разработка референтных диагностических уровней рентгенологических процедур для Санкт-Петербурга, а также нового подхода к понятию «стандартный пациент» для определения уровней облучения. В данной главе были представлены теоретические и технические возможности снижения доз облучения пациентов в цифровой рентгенодиагностике.

Глава 5 посвящена оптимизации доз пациентов при цифровом рентгенологическом исследовании ОГК, полученной в результате экспериментальных исследований с использованием антропоморфных фантомов. Оптимальные физико-технические параметры проведения рентгенографии и линейной томографии ОГК должны были максимально снизить уровни облучения пациентов сохранив достаточное для диагностики качество изображения. Завершается данная глава разработкой методики оценки качества рентгенограммы ОГК.

Результаты 6 главы посвящены разработке инновационных низкодозовых методик цифрового рентгенологического исследования верхних и нижних отделов пищеварительного тракта с искусственным контрастированием. В данной главе показаны алгоритмы цифрового рентгенологического исследования пищевода, желудка, 12-типерстной и толстой кишки с применением контрастных веществ при стандартном обследовании этих отделов ЖКТ и при отдельных клинических ситуациях в поисках локализации

перфорации стенки пищеварительной трубки либо дивертикулов пищевода. Показаны возможности цифровой видеозаписи быстропротекающих процессов контрастирования ЖКТ с последующим анализом видеоклипов и постобработкой рентгенограмм. Чёткое определение дизайна рентгеновского исследования ЖКТ в новых условиях цифровой рентгенографии и просвечивания на телеуправляемых отечественных рентгеновских установках является по сути шагом вперед, прорывом традиционной рентгенологии в гастроэнтерологии. Предложенные диссертантом методические аспекты рентгеновского исследования ЖКТ способствуют снижению дозовой нагрузки на пациента и повышению качества исследования.

Глава 7 венчает достижения инновационных цифровых технологий в лучевой диагностике, представляя их возможности и перспективы для дальнейшего развития. К их числу относятся системы ПАКС (РИС), возможности которых показаны на примере их внедрены в работу отдела лучевой диагностики многопрофильного стационара. Анализ внедрения ПАКС позволил диссертанту представить сведения об экономической выгоде и целесообразности использования данных систем и об эффективности постпроцессинга в повышении рентгенодиагностики. Диссертант открывает в этой главе перспективу развития цифровой рентгенологии благодаря широкому внедрению в практику врача-рентгенолога искусственного интеллекта (ИИ). Представлен опыт разработки и клинического испытания интеллектуальной системы в виде искусственной нейросети в оценке продольного плоскостопия, в том числе у лиц призывного возраста для объективной оценки их пригодности к воинской службе.

Обсуждение полученных результатов и короткий обзор диссертационного исследования представлен в заключении, где диссертант коснулась основополагающих аспектов, представив их в сопоставлении с данными литературы.

Выводы и практические рекомендации диссертационной работы соответствуют поставленной цели и задачам, свидетельствуя о научно-обоснованных и доказательных положениях, выносимых на защиту. Совокупность полученных сведений можно квалифицировать, как решение важной научной проблемы, имеющей существенное социальное значение для традиционной рентгенологии в целом и для цифровой рентгенодиагностики в частности.

Основные положения диссертации представлены на ведущих научно-практических конференциях и съездах по актуальным вопросам лучевой диагностики. Опубликованные работы отражают основное содержание диссертации.

В целом работа заслуживает положительной оценки и не имеет принципиальных замечаний. В работе встречаются единичные грамматические ошибки и стилистические неточности, не влияющие на научную и практическую суть работы.

Хотелось бы получить от соискателя ответы на следующие вопросы в плане дискуссии:

1. Разработка оптимальных низкодозовых режимов проведения рентгенографии и линейной томографии органов грудной клетки с условием получения качественного изображения, имеет практическое значение для рентгенодиагностики и радиационной безопасности. С помощью разработанных Вами низкодозовых протоколов насколько удалось снизить дозу облучения пациентов при проведении этих рентгеновских исследований?

2. Где практически реализованы Ваши оптимизированные протоколы проведения цифровой рентгенографии и линейной томографии органов грудной клетки?

3. Какие Вы видите перспективы применения цифровой линейной томографии?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании представленного материала можно сделать вывод, что диссертация Камышанской Ирины Григорьевны на тему: «Инновационные технологии в цифровой рентгенодиагностике для решения проблемы распознавания заболеваний и повреждений в многопрофильном стационаре», по своей актуальности, научной новизне, практической, теоретической ценности и обоснованности выводов, 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, заведующая кабинетом МРТ клиники № 1, ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова» МЧС России.

Серебрякова Светлана Владимировна

«29» марта 2022г. _____
дата подпись

Подпись Серебряковой Светланы Владимировны заверяю:

194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 4/2

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А. М. Никифорова» МЧС России, тел.: +7 (812) 702-63-47, адрес электронной почты: medicine@nrcerm.ru

Зам. зав. к.м.н. Ок. В.С. Шванов