

АЛХАЗИШВИЛИ  
АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ

ВОЗМОЖНОСТИ НИЗКОДОЗОВОЙ МИКРОФОКУСНОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ В  
ДИАГНОСТИКЕ ПАТОЛОГИИ ОРГАНОВ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ И БРЮШНОЙ  
ПОЛОСТИ У НОВОРОЖДЕННЫХ И ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА

14.01.13 – лучевая диагностика, лучевая терапия

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Санкт-Петербург

2021

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научный руководитель: доктор медицинских наук, профессор  
Труфанов Геннадий Евгеньевич

Научный консультант: доктор медицинских наук, доцент  
Первунина Татьяна Михайловна

Официальные оппоненты: Поздняков Александр Владимирович  
доктор медицинских наук, профессор, заведующий  
кафедрой медицинской биофизики ФГБОУ ВО «Санкт-  
Петербургский государственный педиатрический  
медицинский университет» Минздрава России

Гаврилов Павел Владимирович  
кандидат медицинских наук, руководитель  
направления «Лучевая диагностика» ФГБУ «Санкт-  
Петербургский научно-исследовательский институт  
фтизиопульмонологии» Минздрава России

Ведущая организация: ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им.  
С.М. Кирова» Минобороны России

Защита состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022г. в \_\_\_\_ час на заседании  
диссертационного совета Д 208.054.02 при ФГБУ «Национальный медицинский  
исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России (191014, Санкт-  
Петербург, ул. Маяковского, д. 12)

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Российского  
научно-исследовательского нейрохирургического института им. А.Л. Поленова и  
на сайте: <http://www.almazovcentre.ru>

Автореферат диссертации разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
доктор медицинских наук, профессор Иванова Наталия Евгеньевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

В настоящее время в Российской Федерации (РФ) совокупный удельный вес заболеваний системы органов дыхания и пищеварения у новорожденных и детей раннего возраста составляет более половины в общей структуре заболеваемости – 52,3% в 2013 году, 53,9% в 2017 году и 51,5% в 2020 году. Соотношение заболеваний органов грудной клетки и брюшной полости остается практически неизменным, в соотношении около 9 к 1 соответственно. Показатель смертности детей на первом году жизни с 2013 года по 2020 год активно снижался с 8,2 на 1000 родившихся живыми в 2013 году, 5,6 в 2017 году и до 4,5 в 2020 году (Федеральная служба государственной статистики, 2020).

Наряду с клиническими проявлениями и данными лабораторных исследований при различных заболеваниях органов грудной клетки и брюшной полости, рентгенологические исследования являются ведущими в выявлении патологии и определении динамики изменений на фоне лечения (Васильев А.Ю., 2010; Лаптева Е.С., 2013; Поздняков А.В., 2016; Czarnecki L.M., 2015).

От совершенствования качества рентгенологических исследований зависит визуализация слабовыраженных изменений, что помогает в более детальной интерпретации патологических изменений при заболеваниях органов грудной клетки и брюшной полости на раннем этапе (Васильев А.Ю., 2008; Потрахов Н.Н., 2012; Гаврилов П.В., 2021; Usman A.K., 2019).

Рентгенологические исследования новорожденным и детям раннего возраста всегда сопряжены с трудностями в подготовке к процедуре и ее выполнении. Преимущественно исследования проводятся в неспециализированных условиях на передвижном оборудовании, что обязывает персонал применять дополнительные меры защиты от ионизирующего излучения и усложняет процедуру исследования. Установка передвижного аппарата в правильном и удобном положении непосредственно рядом с кувезом ограничивает свободу передвижения персонала и затрудняет доступ к пациенту. Также отмечается потребность в фиксации пациента, так как съемка активируется дистанционно и на этот момент персонал должен полностью покинуть помещение (Колтунов И.Е., 2017).

Таким образом, актуальность темы обусловлена возрастанием частоты встречаемости патологии органов грудной клетки и брюшной полости у новорожденных и детей раннего возраста, трудностями ранней диагностики, необходимостью снижения

лучевой нагрузки, повышению мобильности и эргономичности рентгенологического оборудования.

#### Степень разработанности темы

В настоящее время распространенной методикой выполнения рентгенологического исследования органов грудной клетки и брюшной полости у новорожденных является получение единой торакоабдоминальной рентгенограммы. Исследование проводится на обычном, стационарном или палатном, оборудовании в передней прямой проекции. При необходимости возможно получение рентгенограмм в дополнительных проекциях (Васильев А.Ю., 2008; Лаптева Е.С., 2013; Hamilton P., Bickle I., 2017).

Преимуществами рентгенологического исследования являются быстрота выполнения, достаточная информативность и доступность. Негативным аспектом принято считать наличие радиационной нагрузки и с учетом особенно высокой восприимчивости детей к ионизирующему излучению, сопровождается необходимостью соблюдать радиационную безопасность (Гигиенические требования по ограничению доз облучения детей при рентгенологических исследованиях, 2007).

Цифровая микрофокусная рентгенография представляет собой сочетание микрофокусной съемки и цифровой системы визуализации; при этом информативность методики существенно возрастает при выполнении рентгенограмм в условиях прямого увеличения. Особенности этой методики (высокое пространственное разрешение, возможность оптимизации рентгеновского изображения) позволяют эффективно использовать ее с целью выявления патологических изменений органов грудной клетки и брюшной полости (Акиев Р.М., Малаховский В.Н., Цыган Е.Н., и соавт., 2009).

Главными преимуществами микрофокусной рентгенографии считается низкая, по сравнению со стандартной рентгенографией, лучевая нагрузка, а также возможность получения первично увеличенных в 5-25 раз и более изображений с высокой степенью разрешения, что значительно увеличивает диагностические возможности в клинической практике (Васильев Ю.А., 2015).

Методика микрофокусной рентгенографии наиболее полно освещена в стоматологии и травматологии (Потрахов Н.Н., 2012; Анохин Д.Ю., Железняк И.С., 2016). В других же областях, в том числе неонатологии, её применение в современных публикациях не отражено. Не разработана методика микрофокусной рентгенографии при обследовании новорожденных и детей раннего возраста. Не обобщена рентгеновская семиотика патологии органов грудной клетки и брюшной полости. Не проведена сравнительная оценка информативности микрофокусной рентгенографии и традиционной рентгенографии в визуализации органов грудной клетки и брюшной

полости. Не определена степень снижения дозовых нагрузок на пациента при использовании методики микрофокусной рентгенографии в сравнении с традиционными рентгеновскими методиками.

#### Цель исследования

Улучшение диагностики патологии органов грудной клетки и брюшной полости у новорожденных и детей раннего возраста путем проведения микрофокусной рентгенографии с проведением сравнительной оценки с традиционной рентгенографией.

#### Задачи исследования

1. Разработать методику микрофокусной рентгенографии органов грудной клетки и брюшной полости у новорожденных и детей раннего возраста с оптимизацией физико-технических условий (напряжение, ток, экспозиция).

2. Изучить рентгенологическую семиотику патологических изменений органов грудной клетки и брюшной полости у новорожденных и детей раннего возраста по данным микрофокусной рентгенографии.

3. Провести сравнительную оценку информативности микрофокусной рентгенографии и традиционной рентгенографии в визуализации органов грудной клетки и брюшной полости с привлечением трех независимых врачей-экспертов.

4. Определить степень снижения дозовых нагрузок на пациента при использовании метода микрофокусной рентгенографии в сравнении с традиционными рентгеновскими методиками.

#### Научная новизна исследования

Впервые научно обоснованы возможности использования и методика выполнения микрофокусной рентгенографии при исследовании органов грудной клетки и брюшной полости новорожденных и детей раннего возраста.

Изучены возможности микрофокусной рентгенографии в неонатологии и педиатрии с разработкой методических рекомендаций по выполнению исследований органов грудной клетки и брюшной полости.

Разработана рентгенологическая семиотика различных патологических состояний органов грудной клетки и брюшной полости при выполнении исследований с использованием мобильного микрофокусного рентгеновского комплекса.

Проведена сравнительная оценка диагностической информативности микрофокусной рентгенографии и подтверждено снижение эффективной лучевой нагрузки при сравнении с традиционной рентгенографией.

#### Теоретическая и практическая значимость работы

Проведенные исследования доказали высокую информативность микрофокусной рентгенографии в определении различных патологических изменений органов грудной клетки и брюшной полости.

Проведение микрофокусной рентгенографии позволяет на раннем этапе выявлять патологические состояния, проводить дифференциальную диагностику, оценивать динамику изменений на фоне лечения, получать сведения об особенностях скialogической картины на разных стадиях заболеваний.

Низкая лучевая нагрузка при микрофокусной рентгенографии позволяет чаще проводить контрольные исследования при необходимости, что способствует своевременному выявлению возможных осложнений.

Разработаны методические рекомендации по выполнению исследований органов грудной клетки и брюшной полости с использованием микрофокусной рентгенографии в неонатологии и педиатрии с оптимизацией физико-технических условий и применением цифрового детектора.

Результаты работы могут быть использованы для проведения диагностической рентгенографии в педиатрических стационарах, перинатальных центрах и бригадами скорой медицинской помощи для выявления патологии и определения эффективности проводимого лечения.

#### Методология и методы исследования

Диссертационное исследование выполнялось в несколько этапов.

На первом этапе изучали современную отечественную и зарубежную литературу, посвященную как физико-техническим характеристикам методов исследования, так и патологическим состояниям в диагностике органов грудной клетки и брюшной полости.

На втором этапе диссертационного исследования обследованы и проанализированы данные микрофокусных рентгенограмм 513 пациентов, из которых 364 были новорожденными (включая 153 недоношенных) и 149 детей раннего возраста. Контрольная группа, исследование которой проводилось с использованием классической рентгенографией, состояла из 40 пациентов, 23 пациента из них были из основной выборки, но исследования выполнялись в близкий промежуток времени для динамического наблюдения, и 17 пациентов со схожими антропометрическими данными и идентичными диагностическими задачами.

Микрофокусную рентгенографию проводили при помощи отечественного мобильного микрофокусного рентгеновского комплекса, источник рентгеновского излучения разработан СПбГЭТУ «ЛЭТИ», а беспроводной детектор и мобильная

станция обработки изображений со специализированным программным обеспечением (Dira X) предоставлены АО НИПК «Электрон».

Группе контроля исследования проводили при помощи мобильного рентгеновского аппарата MOBILETT XP Digital (Siemens).

На третьем этапе научной работы произведен анализ скиалогической картины микрофокусных рентгенограмм, статистический и сравнительный анализ рентгенограмм, выполненных при помощи микрофокусной и традиционной рентгенографии, а также проанализированы показатели эффективной лучевой нагрузки обоих методов.

#### Положения, выносимые на защиту

1. Микрофокусная рентгенография, выполняемая при помощи мобильного цифрового рентгеновского комплекса, является эффективным методом выявления патологических изменений органов грудной клетки и брюшной полости у новорожденных и детей раннего возраста.

2. Микрофокусная рентгенография может использоваться в передвижных, эргономичных рентгеновских аппаратах для оперативного выполнения диагностической процедуры.

3. По качеству получаемых изображений микрофокусная рентгенография сопоставима с классической рентгенографией.

4. Микрофокусная рентгенография характеризуется меньшей лучевой нагрузкой в сравнении с традиционной рентгенографией.

#### Степень достоверности и апробация результатов работы

Достоверность проведенного диссертационного исследования определяется достаточным и репрезентативным количеством обследованных пациентов (n=513), а также адекватной статистической обработкой результатов исследования. На основании полученных данных сформулированы положения, выводы и практические рекомендации.

Диссертационное исследование проводилось в рамках выполнения государственного задания № 056-00048-19-01, проведение прикладных научных исследований №42 «Инновационный цифровой рентгенодиагностический комплекс для неонатологии и педиатрии», регистрационный номер НИОКТР АААА-А18-118042390150-0.

Основные результаты работы доложены и обсуждены на: Невском радиологическом форуме (СПб., 2018, 2019, 2021); конгрессе Российского общества рентгенологов и радиологов (М., 2019); Алмазовском молодежном медицинском форуме (СПб., 2020).

Апробация работы проведена на заседании Проблемной комиссии по неонатологии, педиатрии, акушерству и гинекологии ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России от 26.06.2021 года, протокол №3.

#### Публикации по теме диссертации

По теме диссертационного исследования опубликована 21 печатная работа, из них 2 публикации в журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, 2 на английском языке в журнале, индексируемом в международной базе данных Scopus и 1 учебное пособие.

#### Внедрение результатов работы в практику

Результаты работы внедрены в работу рентгеновского кабинета Перинатального центра и отделения лучевой диагностики Детского лечебно-реабилитационного комплекса, а также используются в учебном процессе на кафедре лучевой диагностики и медицинской визуализации ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России.

#### Личный вклад автора

Тема и план диссертации, ее основные идеи и содержание разработаны совместно с научным руководителем и научным консультантом на основе многолетних целенаправленных исследований.

Автор самостоятельно сформулировал и обосновал актуальность темы диссертации, цель, задачи и этапы научного исследования. Лично автором была создана электронная база данных пациентов.

Диссертант лично обследовал 513 пациентов при помощи микрофокусной рентгенографии. Личный вклад автора в изучение литературы, сбор, обобщение, анализ полученных данных и написание диссертации – 100%.

#### Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 138 страницах машинописного текста и состоит из введения, трех глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, указателя литературы, включающего 147 источников (из них 61 отечественных и 86 зарубежных авторов). Текст содержит 10 таблиц и 38 рисунков.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

#### Общая характеристика обследованных пациентов

Рентгенологические исследования новорожденных и детей раннего возраста проводили на базе Перинатального центра ФГБУ «Национальный медицинский



исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России в период с 2017 по 2021 гг.

Проведение настоящего исследования одобрено локальным этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» (от 08.04.2019 № 160419).

При помощи мобильного микрофокусного рентгеновского комплекса обследовано 513 пациентов. В группу новорожденных (группа А) включено 364 ребенка возрастом до 28 суток, из которых 153 ребенка были недоношенными. В группу детей раннего возраста (группа Б) включено 149 пациентов возрастом старше 28 суток и до 3 лет. Минимальный вес обследованного ребенка составлял 630 грамм, а максимальный – 7850 граммов. При помощи мобильного рентгеновского аппарата MOBILETT XP Digital (Siemens) было обследовано 40 пациентов контрольной группы с идентичными антропометрическими данными.

Общие характеристики обследованных пациентов при помощи микрофокусной рентгенографии по весу и возрасту на момент исследования, а также по гестационному возрасту, весу и росту при рождении у новорожденных представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика обследованных пациентов

Показатели	Группа А		Группа Б
	Недоношенные	Доношенные	
Возраст на момент исследования, сут. (Медиана (Q25; Q75))	12 (3;25)	10 (1,5;18)	109 (52;120)
Вес на момент исследования, г. (Медиана (Q25; Q75))	1588 (880;1948)	3051 (2734;3425)	4012 (2738;4550)
Гестационный возраст, нед. (Медиана (Q25; Q75))	30 (27;33)	38 (38;40)	-
Масса тела при рождении, г (Медиана (Q25; Q75))	1383 (655;1830)	3000 (2795;3315)	-
Длина тела при рождении, см (Медиана (Q25; Q75))	36 (30;44)	49 (47;50,5)	-

Примечание: из таблицы 1 видно, что вес на момент исследования у недоношенных новорожденных колебался от 630 г. до 2870 г., а медиана составила 1588 г.; у доношенных новорожденных с 2350 г. до 3478 г., а медиана составила 3051 г.; у детей раннего возраста с 1873 г. до 7850 г., а медиана составила 4012 г.

Для оценки состояния новорожденных из группы А использовали шкалу Апгар, по которой определяли 5 параметров на 1 и 5 минутах с выставлением баллов от 0 до 2 и

последующей их суммацией для каждой минуты отдельно. У доношенных новорожденных суммарные баллы, как правило, были выше, чем у недоношенных.

Разработанная методика микрофокусной рентгенографии органов грудной клетки и брюшной полости у новорожденных и детей раннего возраста

Для рентгенографии органов грудной клетки и брюшной полости использовали мобильный микрофокусный рентгеновский комплекс. В состав комплекса входит портативный микрофокусный рентгеновский аппарат, беспроводной детектор рентгеновского излучения и мобильная станция оператора с функцией обработки изображений со специализированным программным обеспечением. Каждый компонент рентгенодиагностического комплекса может питаться как от бытовой однофазной электрической сети, так и от блока встроенных аккумуляторов.

Микрофокусный рентгеновский аппарат оснащен рентгеновской трубкой с фокусным пятном 0,1 мм, что позволяет выполнять исследования как контактным, так и способом с прямым увеличением рентгеновского изображения. Управление режимами работы рентгеновской трубки осуществляется с моноблока аппарата.

В качестве детектора использовали мобильный беспроводной высокочувствительный плоскопанельный детектор.

Классическим, для диагностики патологических изменений органов грудной клетки и брюшной полости является вертикальное положение, но с учетом особенностей пациентов педиатрического профиля выполнение исследований зачастую возможно в горизонтальном положении и их вертикализация крайне затруднена. Таким образом, основная проекция при исследованиях новорожденных и детей раннего возраста была передне-задняя в положении лежа на спине.

При исследовании грудной клетки, по возможности, руки пациента заводили за голову, чтобы медиальные края лопаток располагались ближе к краям легких и не создавали дополнительной скиалогической картины в их проекции.

Детектор рентгеновского излучения устанавливали непосредственно под пациента и в зависимости от области интереса проекционно смещали его центр. Рентгеновскую трубку направляли перпендикулярно детектору на центр грудной клетки, эпигастральную или умбиликальную область также в зависимости от области исследования.

При подозрении на пневмоперитонеум, свободную жидкость или другой необходимости в визуализации дополнительной проекции для более точной локализации патологического процесса возможно проведение латерографии лежа на спине или на боку.

Исследования органов грудной клетки необходимо выполнять на полный вдох грудной клетки, что крайне затруднено у новорожденных за счет высокой частоты дыхания. Короткое время экспозиции микрофокусного рентгеновского аппарата позволяет оператору визуально оценить экскурсию грудной клетки и выполнить исследование на высоте вдоха.

Для адекватной интерпретации микрофокусных рентгенограмм необходимо учитывать вышеизложенные технические аспекты исследования, а также физиологические и анатомические особенности детей, так как организм новорожденного ребенка в течение нескольких часов после рождения претерпевает значительные изменения.

Постпроцессинговую обработку данных производили также на мобильной станции оператора, включая как базовое применение фильтров изображения для грудной клетки и брюшной полости, так и мануальную установку метки стороны снимка или копирование изображений.

Таким образом, разработанная методика позволяет выполнить качественное рентгеновское исследование для получения важной диагностической информации и совершить все необходимые постпроцессинговые манипуляции.

#### Результаты микрофокусной рентгенографии в диагностике заболеваний у новорожденных и детей раннего возраста

Среди обследованных новорожденных были дети с заболеваниями различных органов и систем, многие из которых имели сочетанные проявления; в определении микрофокусной рентгенологической картины они рассматривались отдельно. Идентичная картина наблюдалась и у пациентов раннего возраста, но большинство изменений являлось динамикой ранее выявленной патологии в рамках основного заболевания. Заболевания и характер патологии представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Выявленная патология у новорожденных и детей раннего возраста

Патология	Выявленные рентгенологические изменения	Количество исследований	
		Абс.	%
1	2	3	4
Врожденные пороки сердца (n=228)	Изменение легочного рисунка	211	96,9
	Расширение тени сердца	165	72,4
	Осложнения в виде интерстициального отека, гиповентиляции различного генеза и гидро / пневмоторакса	42	18,4

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	
Заболевания дыхательной системы(n=199)	Изменение легочного рисунка	185	93	
	Гиповентиляция	Воспалительного характера	72	36,2
		Ателектазы	37	18,6
		РДС	115	57,8
	Проявления БЛД	42	21,1	
	Эмфизематозные проявления	82	41,2	
	Гидро / пневмо торакс	21	10,6	
	Пороки развития	6	3	
Заболевания брюшной полости (n=57)	Гиперпневматоз петель	42	73,7	
	«Уровни жидкости»	3	5,3	
	Асцит	4	7	
	Пороки развития	4	7	

Примечание: из таблицы 2 следует, что наиболее частой патологией являлись врожденные пороки развития сердечно-сосудистой системы (n=228). Заболевания дыхательной системы, включающие респираторный дистресс-синдром, бронхолегочную дисплазию, воспалительные заболевания и пороки развития были установлены у 199 детей. Патологические изменения в брюшной полости, касающиеся как заболеваний и пороков развития пищеварительного тракта, так и других системных процессов, отражающихся на состоянии органов брюшной полости, были диагностированы у 57 пациентов

Исследования пациентам хирургического профиля выполняли как в предоперационном периоде, так и после оперативного вмешательства для выявления осложнений и сопутствующей патологии (n=42) (Рисунок 1 а, б).

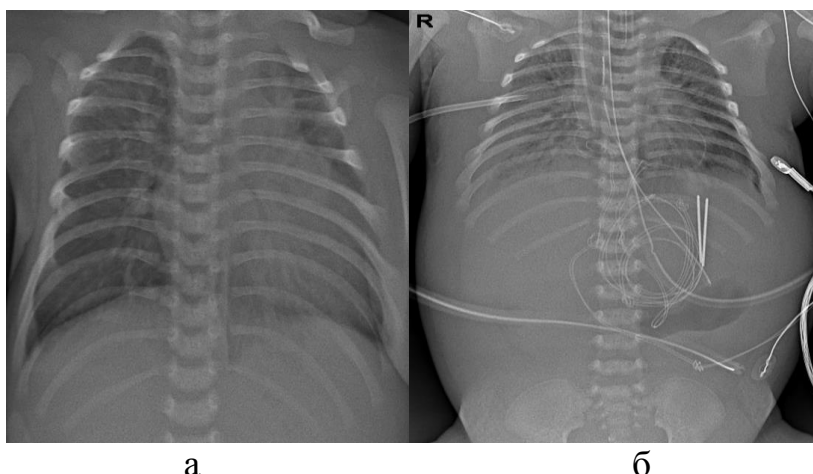


Рисунок 1 – а) Пациент до оперативного вмешательства в возрасте 24 суток (И/б № 32032/A21). Определяется усиление легочного рисунка и расширение тени средостения.

б) Контрольное исследование того же пациента в возрасте 26 суток после кардиохирургического вмешательства. Преимущественно справа определяются участки инфильтративных изменений, легочный рисунок справа не дифференцируется, а слева усилен, выпот в правой плевральной полости, в которую установлен дренаж, правый реберно-диафрагмальный синус отчетливо не визуализируется

Среди недоношенных новорожденных ( $n=153$ ) наиболее распространенным симптомом была дыхательная недостаточность ( $n=97$ ), предполагающая развитие респираторного дистресс-синдрома (РДС). По данным микрофокусной рентгенографии у детей с РДС до проведения терапевтических мероприятий были определены диффузные билатеральные ретикулогранулярные изменения, симптом «воздушной бронхограммы» и снижение объема грудной клетки (Рисунок 2).

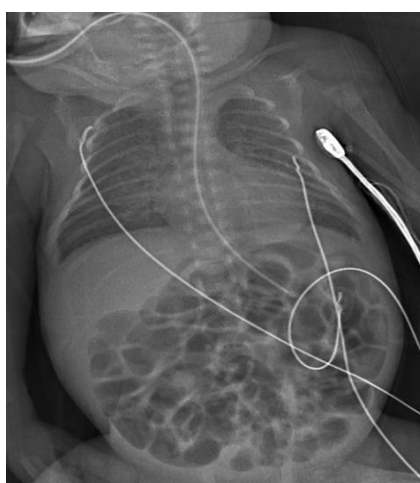


Рисунок 2 – Недоношенный новорожденный, 28 сутки жизни, вес 1067 г., среднетяжелое течение РДС (И/б № 85914/A20). Диффузная гиповентиляция, на фоне которой слабо дифференцируется легочный рисунок с наличием участков мелко- и среднекистозных просветлений и наличием нерезкого симптома «воздушной бронхографии»

Неонатальная пневмония, развившаяся в первые 3 суток жизни, при микрофокусной рентгенографии на некоторых этапах проявлялась идентично РДС и диагностировалась по сочетанию с клиническими и лабораторными данными по наличию гнойной мокроты, результатам бактериологического исследования, лейкоцитозу и тромбоцитопении (n=17). Также зачастую процессы других респираторных заболеваний сопутствовали инфильтративным изменениям, например РДС, аспирация мекония или амниотической жидкости, различные патологические состояния сердечно-сосудистой системы с усилением легочного рисунка. При развитии клинической картины и подозрении на пневмоническую инфильтрацию при рентгенографии значимых фокусов затенения не определялось, но при развитии воспаления возможно было эффективно установить динамику процесса (Рисунок 3).



Рисунок 3 – Доношенный новорожденный на 1 сутки жизни с признаками неонатальной пневмонии (И/б № 84578/А20). Неравномерная пневматизация легочной паренхимы с участками гиповентиляции в прикорневых отделах. Легочный рисунок обогащен с наличием перибронхиальных изменений. В дальнейшем была определена клебсиеллезная этиология процесса, на момент исследования типичных для нее участков кистозно-буллезных изменений не выявлено

Бронхолегочная дисплазия являлась исходом лечения РДС и воспалительных изменений легких, преимущественно, у недоношенных новорожденных. Клинически диагноз БЛД устанавливался после 28 суток жизни при сохраняющейся дыхательной недостаточности, кислородозависимости и бронхообструктивном синдроме. При этом рентгенологически определяли 4 стадии развития БЛД, что также демонстрирует применение метода микрофокусной рентгенографии. Новая форма БЛД характеризуется меньшим объемом пневмофиброзных изменений и заключается в дисплазии альвеол, уменьшении их количества и истончении их перегородок (Рисунок 4).

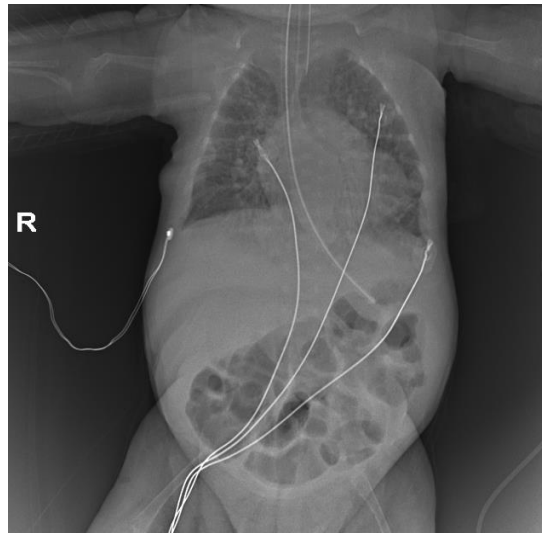


Рисунок 4 – Пациент с БЛД в анамнезе на 3 месяце жизни и весом 1600г. (И/б № 7999/A21). Неравномерная пневматизация легочной паренхимы с усилением и деформацией легочного рисунка за счет фиброзного и интерстициального компонента в структуре БЛД. Сердечная тень расширена за счет перегрузки правых отделов, кардиоторакальный индекс составляет 64%

Немаловажным при исследовании органов грудной клетки и брюшной полости являлось определение положения венозных катетеров, дренажных трубок, различных устройств слежения за состоянием пациента и определение состоятельности серкляжа грудины у послеоперационных пациентов. Хорошая контрастность микрофокусной рентгенографии позволяет отчетливо их дифференцировать на фоне мягких тканей.

При рентгеновской диагностике патологических состояний пищеварительного обращало на себя внимание растяжимость петель кишки. При введении водорастворимого контрастного препарата в соотношении 1:1 с физиологическим раствором определялось нарушение топографии петель кишки, что позволяло заподозрить нарушение поворота (Рисунок 5 а, б). При выполнении пяти снимков в динамике с разницей в 3 часа возможно определить адекватность пассажа контрастного препарата по тонкой и толстой кишке.

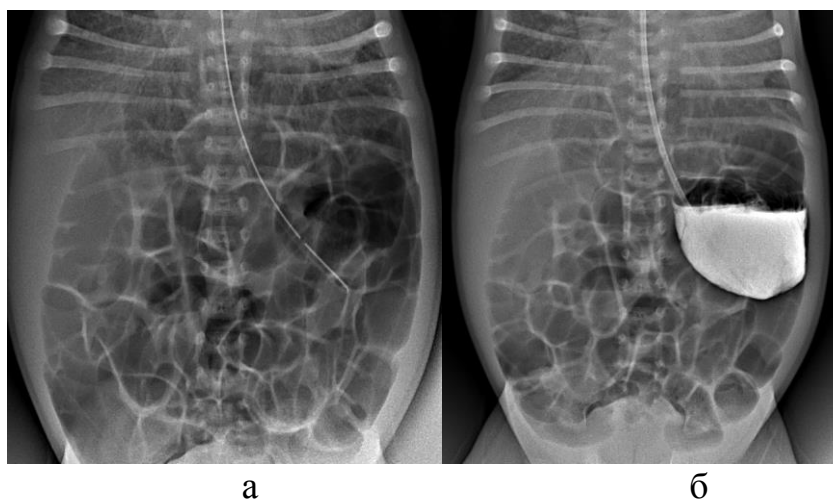


Рисунок 5 – а) Пациент с гиперпневматозом до введения контраста (И/б № 37124/A21). Повышенная пневматизация петель кишки, дистальный конец желудочного зонда расположен в проекции желудка.

б) Пациент с гиперпневматозом после введения контраста. Заполнение желудка контрастным препаратом, пассажа контраста в дистальные отделы кишки не определяется

При подозрении на некротический энтероколит (n=15), развивающийся чаще всего на фоне недостаточности кровоснабжения слизистой оболочки кишки новорожденного, вследствие перинатальной гипоксии и изменении кровотока по мезентериальным сосудам, рентгенография брюшной полости является важной составляющей в стадировании патологического процесса, так помимо прочего, возможно отметить признаки асцита (Рисунок 6).



Рисунок 6 – Пациент с перерывом нижней полой вены, синдромом мальротации кишки и атрезией желчных протоков возраст (И/б 39651/A20).

Расширение границ брюшной полости позволяет заподозрить увеличенный объем жидкости – проявления асцита, также отмечается снижение пневматизации петель кишки



## Результаты сравнительной оценки информативности микрофокусной рентгенографии и традиционной рентгенографии в визуализации органов грудной клетки и брюшной полости

Сравнительная информативность изображений, выполненных при помощи обеих систем визуализации, проводилась тремя врачами-экспертами с опытом работы по специальности более 10 лет. Метод субъективной экспертной оценки позволил определить диагностическое качество рентгеновских изображений, полученных при помощи микрофокусной рентгенографии в сравнении с традиционным рентгеновским методом.

Для оценки качества рентгенограмм была предложена шкала, где наименьшее значение было представлено числом «0» и означало – «оценить не представляется возможным», а числа от «1» до «10» представляли градацию качества изображения от неудовлетворительного – «1» до превышаемого необходимого качество – «10». Оценивались параметры общего качества визуализации легочных полей, средостения, брюшной полости и костной системы, дополнительно было предложено оценить размытие границ различных тканей, соотношение контраст/шум (CNR) и дифференцировку характерных деталей изображения.

Диагностическое качество рентгенограмм при оценке легочных полей определялось по визуализации легочной паренхимы, включая оценку легочного рисунка, корней легких и, при наличии изменений, плевральных полостей.

При оценке средостения определялось качество визуализации его структуры, дифференцировка расширения границ и четкость контуров.

Для брюшной полости оценивалась пневматизация желудочно-кишечного тракта, наличие участков дополнительных теней и просветлений.

Оценка костной системы проводилась по наличию характерных контуров и структуры костей в зоне исследования. Размытие границ тканей на рентгеновском снимке являлось совокупностью проявлений динамической и геометрической нерезкости.

Контраст/шум (CNR) оценивали по неоднородности цветовой передачи информации при идентичных параметрах контрастности. Для оценки дифференцировки характерных деталей изображения были выявлены градации наименьших деталей изображений, и определялась качество их визуализации.

Оценка в «10» баллов предполагала значимо превышающее необходимое качество исследуемых параметров. Оценка в «7-9» баллов соответствовала достаточному качеству визуализации в выявлении патологических процессов. При оценке в «3-6» баллов

исследование имело достаточную диагностическую значимость, но затруднена была оценка характера патологического процесса. При оценке в «1-2» бала качество изображение было неудовлетворительным. Оценка в «0» баллов определялась в случае резко сниженной визуализации зоны интереса изображения.

Данные, полученные при анализе изображений врачами-экспертами, изучены в программе STATISTICA по Box&Whiskerplot (Таблица 3).

Таблица 3 – Сравнение рентгеновских изображений

Group 1 vs. Group 2	T-test for Independent Samples (Лист1 in Таблица сравнение) Note: Variables were treated as independent samples										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t-value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std.Dev. Group 1	Std.Dev. Group 2	F-ratio Variances	p Variances
Легочные поля Siemens Mobilett vs. Легочные поля Микро	8,550000	8,500000	0,27082	80	0,787224	41	41	0,835165	0,836660	1,003584	0,991029
Средостение Siemens Mobilett vs. Средостение Микро	8,025000	8,100000	-0,47682	80	0,634791	41	41	0,724137	0,700000	1,070153	0,831287
Брюшная полость Siemens Mobilett vs. Брюшная полость Микро	7,925000	8,025000	-0,67730	80	0,500167	41	41	0,685109	0,651441	1,106038	0,751504
Костная система Siemens Mobilett vs. Костная система Микро	8,575000	8,675000	-0,59356	80	0,554483	41	41	0,802730	0,720677	1,240674	0,498367
Размытие границ Siemens Mobilett vs. Размытие границ Микро	8,475000	8,750000	-1,65146	80	0,102565	41	41	0,805838	0,698212	1,332051	0,368379
CNR Siemens Mobilett vs. CNR Микро	8,575000	8,400000	1,19155	80	0,236961	41	41	0,737818	0,583095	1,601103	0,140889
<b>Характерные детали Siemens Mobilett vs. Характерные детали Микро</b>	<b>7,800000</b>	<b>8,025000</b>	<b>-1,24720</b>	<b>80</b>	<b>0,215964</b>	<b>41</b>	<b>41</b>	<b>0,900000</b>	<b>0,724137</b>	<b>1,544696</b>	<b>0,173455</b>

Из таблицы 3 следует, что достоверного различия по баллам визуализации полученных рентгенограмм между аппаратами Mobilett XP Digital (Siemens) и мобильного микрофокусного рентгеновского комплекса не выявлено.

Проведенный сравнительный анализ рентгенограмм показал, что оценка и описание одних и тех же показателей по данным микрофокусной рентгенографии и традиционной рентгенографии не вызывает дополнительных трудностей, а информативность снимков, выполненных на мобильном микрофокусном рентгеновском комплексе не уступает традиционному мобильному рентгеновскому аппарату.

Результаты оценки степени снижения дозовых нагрузок на пациента при использовании методики микрофокусной рентгенографии в сравнении с обычными рентгеновскими методиками

Результаты проведённого диссертационного исследования свидетельствуют о низких значениях лучевой нагрузки, которая даже при соблюдении методики и практически максимальных значениях напряжения тока во время съёмки не превышала 0,03 мЗв (Таблица 4).

Таблица 4 – Эффективная доза облучения при исследовании органов грудной клетки

Аппарат	Напряжение, кВ	Экспозиция, мАс	Расстояние источник-приемник, см	Эффективная доза, 60 Публикация МКРЗ, мЗв	Эффективная доза, 103 Публикация МКРЗ, мЗв
Mobilett XP Digital	45	2,7	110	0,08	0,09
«Пардус-Р»	65	0,0145	15	0,03	0,03
	65	0,0435	15	0,08	0,10
	65	0,0725	15	0,14	0,17
	65	0,145	15	0,27	0,34
	65	0,0145	40	0,003	0,003
	65	0,0435	40	0,009	0,009
	65	0,0725	40	0,015	0,014
	65	0,145	40	0,030	0,029

Из таблицы 4 можно сделать вывод о снижении эффективной лучевой нагрузки в несколько раз при использовании мобильного микрофокусного рентгеновского комплекса в сравнении с традиционным рентгеновским мобильным аппаратом.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование метода микрофокусной рентгенографии в неонатологии и педиатрии имеет ряд преимуществ перед классическим, в первую очередь возможность значительного снижения лучевой нагрузки. Метод позволяет исключить из обязательных условий съемки вынужденное увеличение фокусного расстояния для нивелирования геометрической нерезкости, что позволяет упростить процедуру исследования в нестандартных условиях и, в том числе, получать первично увеличенные рентгеновские изображения.

Установлено, что наряду с клиническими данными и показателями лабораторных исследований при различных заболеваниях органов грудной клетки и брюшной полости, рентгенологические исследования являются ведущими в выявлении патологии и контроля изменений на фоне лечения. От совершенствования качества рентгенологических исследований зависит визуализация слабовыраженных изменений, что помогает детально интерпретировать патологические изменения органов грудной клетки и брюшной полости.

Проведена сравнительная оценка рентгенограмм, выполненных при помощи микро-фокусной рентгенографии и, эталонной, классической рентгенографии, которая

показала, описание одних и тех же показателей по данным обоих методов визуализации не вызвало дополнительных затруднений и диагностические возможности обоих методов соответствовало друг другу. Все специалисты участвовавшие в исследовании качества выполненных рентгенограмм пришли к единому мнению, что применение микрофокусной рентгенографии позволяет оценить скиалогическую картину анатомических структур, выявить и провести дифференциальную диагностику патологических изменений.

Расчет эффективной дозы облучения, полученный совместно со специалистами НИИРГ им. П.В. Рамзаева, свидетельствуют о низких значениях лучевой нагрузки, которая даже при максимальных значениях напряжения и тока во время съемки не превышает 0,03 мЗв. При этом по результатам расчета идентичного показателя у традиционного мобильного рентгеновского аппарата, значения эффективной нагрузки составляли 0,09 мЗв.

Следуя глобальной цели снижения лучевой нагрузки на пациента, особенно новорожденного, применение метода микрофокусной рентгенографии позволило снизить общую лучевую нагрузку при выполнении исследований в динамике за срок нахождения пациента в стационаре.

## ВЫВОДЫ

1. Разработанная методика микрофокусной рентгенографии грудной клетки и брюшной полости у новорожденных и детей раннего возраста является эффективным методом выявления патологических изменений и позволяет соблюсти все необходимые условия проведения исследования – учесть физико-технические параметры, особенности укладок и правила радиационной гигиены.

2. Микрофокусная рентгеновская семиотика патологических изменений органов грудной клетки и брюшной полости у новорожденных и детей раннего возраста преимущественно идентична семиотике классической рентгенографии. Рентгеновские изображения, полученные при помощи мобильного микрофокусного рентгеновского комплекса, являются диагностически значимыми и имеют типичную скиалогическую картину при выявлении патологического процесса.

3. Диагностические возможности метода микрофокусной и классической рентгенографии признаны схожими при анализе рентгеновских исследований конституционально схожих детей и детей, которым исследование выполнялось в динамике для оценки изменений патологического процесса. Качество визуализации при использовании

метода микрофокусный нередко позволяет визуализировать мелкие структуры без дополнительных трудностей в интерпретации.

4. Рассчитанная эффективная лучевая нагрузка при микрофокусной рентгенографии определяется более низкой (в 2-3 раза), чем при применении традиционного мобильного рентгеновского аппарата.

### ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Важным аспектом является методика укладки пациента и перпендикулярного расположения детектора, пациента и рентгеновской трубки к проходящей через них оси. Нарушение этого условия может привести к значимым ложноположительным или ложноотрицательным результатам.

2. Для правильной интерпретации патологических изменений на микрофокусной рентгенограмме органов грудной клетки и брюшной полости необходим комплексный подход, данные физикальных и лабораторных исследований, полный сбор анамнеза.

3. При оценке динамики выполнение рентгеновских исследований с помощью метода микрофокусной рентгенографии значительно позволит сократить общую лучевую нагрузку на пациента.

### ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Перспективы дальнейшей разработки темы заключаются в расширении применения мобильных микрофокусных рентгеновских комплексов в диагностической практике для своевременного раннего выявления патологических состояний у новорожденных и детей раннего возраста, а также для снижения кумулятивной лучевой нагрузки на пациентов.

Единообразие рентгеновских изображений открывает возможности для машинного обучения и применения искусственного интеллекта для первичной обработки и интерпретации полученных диагностических данных.

Автоматическое программное раскрашивание рентгеновского изображения на экране предварительного просмотра с выделением области патологических изменений может обеспечить своевременное и качественное оказание медицинской помощи в неспециализированных условиях.

### СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Алхазидшвили, А.В. Возможности обследования новорожденных с помощью низкодозовой микрофокусной рентгенографии / А.В. Алхазидшвили, Л.Г. Константинова,

В.Б. Бессонов и соавт. // Материалы Всероссийской молодежной медицинской конференции с международным участием «Алмазовские чтения – 2018». – Трансляционная медицина. – 2018. – Приложение №3. – С. 507.

2. Алхазишвили, А.В. Возможности обследования детей раннего возраста с помощью низкодозовой микрофокусной рентгенографии / А.В. Алхазишвили, Л.Г. Константинова, В.Б. Бессонов и соавт. // Материалы XII Всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология - 2018». – 2018. – С. 141.

3. Алхазишвили, А.В. Возможности микрофокусной рентгенографии в диагностике патологии органов грудной клетки у детей раннего возраста / А.В. Алхазишвили, Л.Г. Константинова, В.Б. Бессонов и соавт. // Материалы VI Всероссийская научно-практическая конференции производителей рентгеновской техники. – 2019. – С. 24.

4. Алхазишвили, А.В. Возможности микрофокусной рентгенографии в выявлении патологических изменений органов грудной клетки детей раннего возраста для назначения компьютерной томографии / А.В. Алхазишвили // Материалы Научно-практическая конференции «Немёновские чтения - 2019». – 2019. – С. 12.

5. Алхазишвили, А.В. Особенности выполнения микрофокусной рентгенографии органов грудной клетки детям раннего возраста в условиях прямого увеличения / Л.Г. Константинова, А.В. Алхазишвили, В.Б. Бессонов и соавт. // Материалы Научно-практическая конференции «Немёновские чтения - 2019». – 2019. – С. 78.

6. Алхазишвили, А.В. Особенности динамического наблюдения и уточнения характера изменений при компьютерной томографии на основе данных микрофокусной рентгенографии / А.В. Алхазишвили // Материалы II Всероссийского научно-образовательного конгресса с международным участием «Онкорadiология, лучевая диагностика и терапия». Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия. – 2019. – С. 84.

7. Алхазишвили, А.В. Выявление патологических изменений органов грудной клетки у детей раннего возраста по данным микрофокусной рентгенографии / А.В. Алхазишвили, Л.Г. Константинова, В.Б. Бессонов и соавт. // Материалы II Всероссийского научно-образовательного конгресса с международным участием «Онкорadiология, лучевая диагностика и терапия». Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия. – 2019. – С. 85.

8. Алхазишвили, А.В. Рационализация назначения компьютерной томографии органов грудной клетки детям раннего возраста врачами клинических специальностей по данным микрофокусной рентгенографии / А.В. Алхазишвили, Л.Г. Константинова, В.Б.

Бессонов и соавт. // Материалы Конгресса Российского общества рентгенологов и радиологов. – 2019. – С. 11.

9. Алхазышвили, А.В. Микрофокусная рентгенография в клинической практике: учебное пособие / Г.Е. Труфанов, Г.Г. Романов, Н.Н. Потрахов и соавт. – СПб.: ООО «Клиническая Патопфизиология», 2019. – 60 с.

10. Алхазышвили, А.В. Диагностические возможности низкодозовой микрофокусной рентгенографии в определении интерстициальных изменений легких новорожденных / А.В. Алхазышвили, Л.Г. Константинова, Ю.Н. Потрахов, Н.Н. Потрахов // Матриалы Алмазовского молодежного медицинского форума 2020. – 2020. – Трансляционная медицина. – Приложение №1. – С. 231.

11. Алхазышвили, А.В. Микрофокусная рентгенография в диагностике респираторного дистресс-синдрома у новорожденных / А.В. Алхазышвили // Материалы III Инновационного Петербургского медицинского форума. Трансляционная медицина. – 2020. – Приложение № 2. – С. 201.

12. Алхазышвили, А.В. Выявление показаний для выполнения компьютерной томографии органов грудной клетки детям раннего возраста по данным микрофокусной рентгенографии / А.В. Алхазышвили, Л.Г. Константинова, В.Б. Бессонов и соавт. // Материалы III Инновационного Петербургского медицинского форума. – 2020. – Трансляционная медицина. – Приложение №2. – С. 202.

13. Алхазышвили, А.В. Возможности диагностики интерстициальных изменений легких новорожденных при РДС с помощью низкодозовой микрофокусной рентгенографии / А.В. Алхазышвили, Л.Г. Константинова, В.Б. Бессонов и соавт. // Материалы Невского радиологического форума 2020. Лучевая диагностика и терапия. – 2020. – С. 185.

14. Алхазышвили, А.В. Портативный рентгенодиагностический комплекс для неонатологии и педиатрии / Ю.Н. Потрахов, А.В. Алхазышвили, Г.Е. Труфанов // Материалы неевского радиологического форума 2020. – 2020. – С. 240.

15. Алхазышвили, А.В. Низкодозовая микрофокусная рентгенография в диагностике респираторного дистресс-синдрома у новорожденных / А.В. Алхазышвили // Материалы Конгресса Российского общества рентгенологов и радиологов. – 2020. – С. 10.

16. Alkhazishvili, A.V. Estimation of the effective doses for radiography of the premature newborns performed on dedicated x-ray units / A.V. Vodovатов, Yu.N. Potrakhov, A.V. Alkhazishvili et al. // **AIP Conference Proceedings 2250, 020031 . – 2020. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1063/5.0013268>.**

17. Алхазышвили, А.В. Оценка эффективных доз при рентгенографии недоношенных детей с использованием специализированных рентгеновских аппаратов / А.В. Алхазышвили, А.В. Водоватов, Ю.Н. Потрахов, Н.Н. Потрахов // **Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции производителей рентгеновской техники.** – Программа и материалы конференции. – 2020. – С. 80-84.

18. Алхазышвили, А.В. Особенности визуализации бронхолегочной дисплазии у недоношенных новорожденных при помощи микрофокусного рентгенодиагностического комплекса / А.В. Алхазышвили, А.С. Мисюрин, Ю.Н. Потрахов и соавт. // **Материалы Конгресса Российского общества рентгенологов и радиологов.** – 2021. – С. 185.

19. Алхазышвили, А.В. Использование мобильного микрофокусного рентгеновского комплекса для диагностики патологии недоношенных новорожденных / А.В. Алхазышвили, Ю.Н. Потрахов, А.С. Мисюрин и соавт. // **Клиническая практика.** – 2021. – Т. 12, №2. – С. 30-38.

20. Алхазышвили, А.В. Рентгенологическая семиотика заболеваний органов грудной клетки у новорожденных по данным микрофокусной рентгенографии / А.В. Алхазышвили, К.С. Анпилогова, А.С. Мисюрин и соавт. // **Современные проблемы науки и образования.** – 2021. – № 4. – Режим доступа: <https://doi.org/10.17513/spno.31001>.

21. Alkhazishvili, A.V. Comparison of different protocols for radiography of the premature newborns performed on microfocal x-ray units / A.V. Vodovатов, Yu.N. Potrakhov, A.V. Alkhazishvili et al. // **AIP Conference Proceedings 2356, 020027.** – 2021. - Режим доступа: <https://doi.org/10.1063/5.0053134>.

#### СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

БЛД – бронхолегочная дисплазия

ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения

КТИ – кардиоторакальный индекс

РДС – респираторный дистресс синдром

ЦВК – центральный венозный катетер

DICOM – формат медицинских изображений

PACS – система архивации и передачи DICOM изображений