

РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКАЯ СЕМИОТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ОРГАНОВ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ У НОВОРОЖДЕННЫХ ПО ДАННЫМ МИКРОФОКУСНОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ

Анпилогова К.С.¹, Алхазышвили А.В.¹, Мисюрин А.С.¹, Кукота У.А.¹,
Константинова Л.Г.¹, Труфанов Г.Е.¹

¹Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова, Санкт-Петербург, e-mail: fmrc@almazovcentre.ru

Высокая частота встречаемости заболеваний органов грудной клетки у новорожденных и ведущая роль рентгенологического исследования в их выявлении свидетельствуют о необходимости совершенствования качества рентгеновских изображений и снижения лучевой нагрузки на маленьких пациентов. Изучение разрешающей способности и эффективной лучевой нагрузки микрофокусной рентгенографии по сравнению со стандартной рентгенографией является необходимым этапом для определения возможности использования микрофокусной диагностической системы визуализации в неонатологии. Цель – определение диагностических возможностей мобильного микрофокусного рентгеновского комплекса для выявления рентгенологических признаков заболеваний органов грудной клетки у новорожденных. Микрофокусная рентгенография проводилась 136 новорожденным с различной массой тела с подозрением на заболевания органов грудной клетки. Микрофокусный рентгеновский комплекс состоял из портативного микрофокусного рентгеновского аппарата «ПАРДУС-Р», беспроводного детектора и мобильной станции оператора. Для защиты пациентов и персонала использовались халаты и накладки из просвинцованной резины, рентгенозащитные экраны. Интерпретация полученных рентгенограмм проводилась с целью оценки рентгенологической семиотики патологических состояний органов грудной клетки в условиях микрофокусной рентгенографии. Самыми распространенными заболеваниями органов грудной клетки среди исследуемых пациентов стали респираторный дистресс-синдром новорожденных, неонатальная пневмония, бронхолегочная дисплазия (БЛД). Микрофокусная рентгенография дала возможность более детально оценить интерстициально-альвеолярное поражение легочной ткани и изменения легочного рисунка за счет более высокой разрешающей способности по сравнению с эталонной стандартной рентгенографией. Мелкокистозные вздутия выявлялись у 87% новорожденных с БЛД, при эталонной рентгенографии – только у 62%. Микрофокусная рентгенография дает эффективную нагрузку 0,015 мЗв и позволяет увеличивать изображение до 25 раз, не снижая качество. Микрофокусная рентгенологическая семиотика патологических состояний органов грудной клетки у новорожденных преимущественно идентична семиотике классической рентгенографии, но микрофокусная рентгенография дает меньшую лучевую нагрузку, а также производится посредством компактной и мобильной установки.

Ключевые слова: микрофокусная рентгенография, снижение лучевой нагрузки, заболевания органов грудной клетки, микрофокусная рентгенологическая семиотика, новорожденные.

ROENTGENOLOGIC SEMIOTICS OF THE NEONATAL THORACIC DISORDERS BASED ON THE DATA FROM MICROFOCUS X-RAY

Anpilogiva K.S.¹, Alkhazishvili A.V.¹, Misiurin A.S.¹, Kukota U.A.¹, Konstantinova L.G.¹,
Trufanov G.E.¹

¹Almazov National Medical Research Centre, St. Petersburg, e-mail: fmrc@almazovcentre.ru

Frequency of neonatal thoracic disorders and the leading part of X-ray examination in the disease detection indicate the necessity to further improve the quality of radiograph and decrease the radiation exposure on the small patients. Study of the resolution capability and the effective dose of microfocus X-ray in comparison with standardized roentgenography is the necessary stage in determining whether the microfocus visual diagnostic system might be used in the neonatology. Aim – the goal of the research is to define the diagnostic capabilities of microfocus X-ray source to reveal the radiographic signs of neonatal thoracic disorders. 136 new-born children with different birth weight and with suspected thoracic diseases were involved in microfocus X-ray examination. Microfocus X-ray source consists of portable microfocus X-ray apparatus «PARDUS-R», wireless detector and operator's mobile station. Lead-rubber apron and protective screens were used for the protection of patients and staff. Interpretation of the radiographs was made to assess the roentgenologic semiotics of the neonatal thoracic disorders in microfocus X-ray settings. Respiratory distress syndrome of the newborn, neonatal pneumonia, bronchopulmonary dysplasia turned out to be the most common thoracic disorders among the investigated

patients. Microfocus X-ray afforded an opportunity to examine interstitial and alveolar damage of the pulmonary tissue in more detail as good as to study lung pattern in response to resolution capability, which is higher than in standard reference roentgenography. Small cysts were detected in pulmonary tissue of 87% new-born children with bronchopulmonary dysplasia in comparison with 62% detected by reference roentgenography. The effective dose of microfocus X-ray is 0,015 mSv and the microfocus radiographs can be increased 25 times, but the image quality will remain the same. Microfocus roentgenologic semiotics of the neonatal thoracic disorders is predominantly identical to standardized roentgenography's semiotics, but the effective dose of microfocus X-ray is smaller and the apparatus itself is compact and mobile.

Keywords: microfocus X-ray, radiation exposure decrease, thoracic disorders, microfocus roentgenologic semiotics, newborn.

В настоящее время по данным Федеральной службы государственной статистики удельный вес заболеваний системы органов дыхания у новорожденных составляет более половины от общей структуры заболеваемости детей раннего возраста и стабильно растет: 52,3% в 2013 г. и 53,9% в 2017 г. Показатель смертности детей этой возрастной категории с 2013 по 2017 гг. резко снизился с 8,2 до 5,6 на 1000 родившихся живыми.

Наряду с клиническими проявлениями и данными лабораторных исследований при различных заболеваниях органов грудной клетки младенцев рентгенологические исследования являются ведущими в выявлении патологии, установлении нозологической формы заболевания и контроле динамики изменений на фоне лечения [1, 2].

От совершенствования качества рентгенологических исследований зависит визуализация слабовыраженных изменений, что помогает в более детальной интерпретации патологических состояний при заболеваниях органов грудной клетки [3, 4].

В настоящее время распространенной методикой выполнения рентгенологического исследования у новорожденных является классическая рентгенография с получением торакоабдоминальных рентгенограмм в переднезадней проекции [5].

Преимуществами цифровой рентгенографии служат быстрота выполнения, достаточная информативность и доступность. Негативным аспектом выступает наличие радиационной нагрузки, к которой младенцы особенно чувствительны, в отличие от детей более старшего возраста, поэтому требуется более тщательное соблюдение требований радиационной безопасности [6].

Цифровая микрофокусная рентгенография сочетает в себе высокую разрешающую способность и уменьшение лучевой нагрузки на одно исследование [7].

Основным показателем, выделяющим микрофокусные диагностические системы визуализации на фоне классической рентгенографии, является снижение эффективной лучевой нагрузки. Стандартная эталонная рентгенография на палатном рентгеновском аппарате MOBILETT XP Digital Basic System при средних технических условиях 46 kV и 4,5 mAS дает эффективную нагрузку 0,02 мЗв, тогда как микрофокусный снимок при аналогичных условиях дает эффективную нагрузку 0,015 мЗв. Кроме того, появляется

возможность первично увеличивать рентгеновское изображение до 25 раз, значимо не снижая при этом качество визуализации и разрешение.

На настоящий момент методика микрофокусной рентгенографии наиболее востребована в стоматологии и травматологии [8, 9], тогда как для применения в неонатологии она не разработана, как и не проведена оценка рентгенологической семиотики патологических состояний в условиях микрофокусной рентгенографии. Данная методика впервые была применена для исследования органов грудной клетки у новорожденных в качестве основного диагностического метода, позволяющего уменьшить лучевую нагрузку и ускорить получение рентгеновских изображений.

Таким образом, актуальность исследования обусловлена высокой частотой встречаемости патологии грудной клетки у новорожденных, трудностями ранней диагностики, необходимостью снижения лучевой нагрузки и повышения компактности и мобильности оборудования.

Цель исследования – определение диагностических возможностей мобильного микрофокусного рентгеновского комплекса для выявления рентгенологических признаков заболеваний органов грудной клетки у новорожденных.

Материалы и методы исследования

Рентгенологические исследования новорожденным проводились на базе федерального специализированного перинатального центра ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России в период с сентября 2019 г. по май 2021 г.

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

При помощи мобильного микрофокусного рентгеновского комплекса обследованы 136 новорожденных (табл. 1, 2).

Таблица 1

Распределение исследуемых новорожденных по массе тела.

Масса тела при рождении	Количество детей с данной массой
Экстремально низкая масса тела (500–1000	38 (28%)
Очень низкая масса тела (1000–1500 г)	35 (26%)
Низкая масса тела (1500–2500 г)	44 (32%)
Масса тела больше 2500 г	19 (14%)

Из данных таблицы 1 видно, что наибольшее количество обследованных новорожденных было с низкой массой тела, наименьшее – с массой более 2500 г.

Структура выявленных патологических состояний

Выявленные патологии ОГК у новорожденных		Количество детей
Респираторный дистресс-синдром новорожденных (РДСН)		52
Бронхолегочная дисплазия (БЛД)		38
Неонатальная пневмония		43
Аномалии развития	Кистоаденоматозная трансформация легких (КАПРЛ)	1
	Гипоплазия легкого	1
Транзиторное тахипноэ		2
Аспирация околоплодными водами		3
Аспирация меконием		2
Норма		32

Из таблицы 2 следует, что наиболее часто выявляемыми патологиями стали респираторный дистресс-синдром, неонатальная пневмония и бронхолегочная дисплазия.

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

Микрофокусный рентгеновский аппарат «ПАРДУС-Р», разработанный СПбГЭТУ «ЛЭТИ», оснащен рентгеновской трубкой с фокусным пятном 0,1 мм, что позволяет выполнять исследования как контактным методом, так и способом с прямым увеличением рентгеновского изображения (рис. 1). Управление режимами работы рентгеновской трубки осуществляется с моноблока аппарата.



Рис. 1. Выполнение микрофокусного рентгеновского исследования

В качестве детектора использовали мобильный беспроводной высокочувствительный плоскопанельный детектор производства АО «НИПК “Электрон”». Также АО «НИПК “Электрон”» разработана мобильная станция оператора с функцией обработки изображений со специализированным программным обеспечением (DigaX) на базе сенсорного планшетного компьютера.

Для защиты пациентов от ионизирующего излучения использовались традиционные методы экранирования, индивидуальная защита осуществлялась при помощи «юбочек» и накладок из просвинцованной резины малого размера, соседние кюветы при проведении рентгенографии защищались с помощью рентгенозащитных экранов. Персонал использовал индивидуальную защиту в виде халатов из просвинцованной резины.

Классическим для диагностики заболеваний органов грудной клетки является вертикальное положение, но с учетом особенностей пациентов педиатрического профиля вертикализация часто бывает крайне затруднена. Так, значительное количество исследуемых детей (67%) находились в палатах интенсивной терапии и реанимационном отделении, и выполнение исследований было возможно только в горизонтальном положении. Таким образом, основная проекция при исследованиях новорожденных была переднезадняя в положении лежа на спине.

Детектор рентгеновского излучения устанавливали непосредственно под пациента в зависимости от области исследования. Рентгеновскую трубку направляли перпендикулярно детектору на центр грудной клетки или мезогастральную область.

Исследования органов грудной клетки необходимо выполнять на вдохе, что крайне затруднено без задержки дыхания. В неонатологии фаза дыхания не учитывается вследствие высокой частоты дыхательных экскурсий грудной клетки, но снимки, как правило, получаются в фазу вдоха. Короткое время экспозиции микрофокусного рентгеновского аппарата позволяет оператору минимизировать количество снимков на выдохе, а также значительно уменьшить динамическую нерезкость, возникающую вследствие высокой частоты дыхания и сердцебиения младенцев.

Для адекватной интерпретации микрофокусных рентгенограмм необходимо учитывать вышеизложенные технические аспекты исследования, а также физиологические и анатомические особенности детей.

Результаты исследования и их обсуждение

Среди исследованных новорожденных (38%), а точнее, недоношенных детей с весом менее 2000 г, дыхательная недостаточность являлась ведущим синдромом в структуре течения респираторного дистресс-синдрома новорожденных (РДСН). Основными этиологическими факторами данного патологического состояния служат дефицит образования и выброса

сурфактанта, его качественный дефект, ингибирование и разрушение на фоне незрелости легочной ткани у недоношенных. Рентгенологические признаки на стандартной цифровой рентгенограмме зависят от тяжести проявления заболевания. При легкой степени РДСН характеризуется легким диффузным снижением пневматизации легочной ткани, а также формированием интерстициально-нодозной сетчатости легочного рисунка, структурность которого при микрофокусной рентгенографии можно оценить более отчетливо (рис. 2).

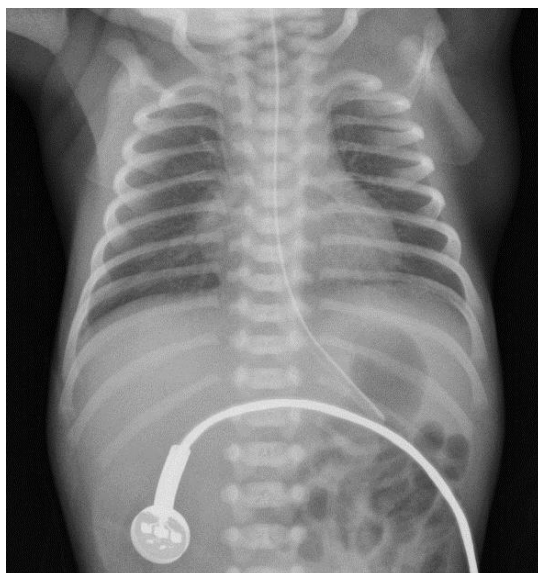


Рис. 2. Недоношенный новорожденный, вес при рождении 900 г, легкая степень течения РДС. Умеренная диффузная гиповентиляция, интерстициально-нодозное усиление легочного рисунка

При средней и тяжелой степени РДСН на первый план выступает выраженность гиповентиляции (рис. 3). Микрофокусная рентгенография позволяет детально оценить легочные поля, контуры сердечной тени и тени диафрагмы.

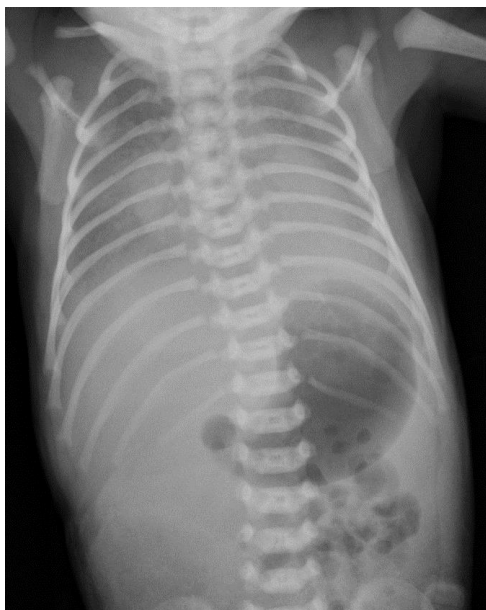


Рис. 3. Недоношенный ребенок 1950 г, среднетяжелое течение РДСН, выраженная диффузная гиповентиляция, отсутствие четкости изображения сердечной тени и тени диафрагмы

Неонатальные пневмонии — вторая по выявляемости патология при проведении микрофокусной рентгенографии (32%). Врожденная пневмония, как правило, развивается в первые 72 ч жизни ребенка на фоне генитальных и/или экстрагенитальных инфекционных процессов у матери. Особенности рентгенологической картины являются распространенность процесса на все легочное поле (одно- или чаще двустороннее поражение), пестрота и разнообразие проявлений. Микрофокусная рентгенография дает возможность более детально оценить интерстициально-альвеолярное поражение легочной ткани, что является типичным проявлением инфекционного поражения легких у детей раннего возраста, однако без учета анамнеза и клинико-лабораторных данных невозможно установить диагноз пневмонии только по рентгенологическим признакам.

Как видно на рисунке 4, рентгенологическая картина идентична РДСН, поэтому описательная картина будет схожа, и при написании заключения необходимо ориентироваться на анамнез и лабораторные данные.

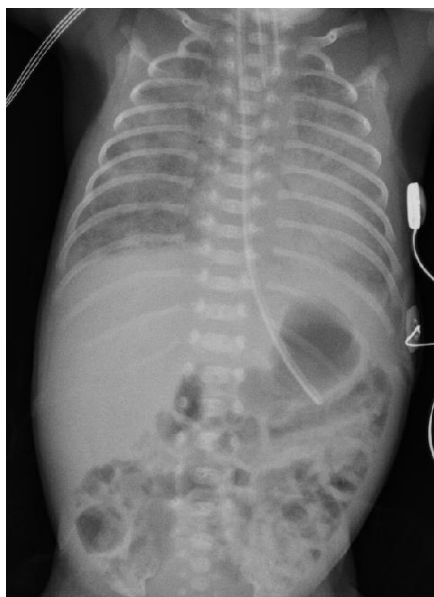


Рис. 4. Доношенный новорожденный. Неравномерная пневматизация легочной ткани, обширные зоны гиповентиляции, обусловленные интерстициально-альвеолярной инфильтрацией

Рентгенологические признаки при грубых аномалиях развития, таких как аплазия, агенезия легкого, кистоаденоматозная трансформация легких больших размеров, при помощи микрофокусной рентгенографии дифференцируются отчетливо. При менее выраженных патологических изменениях необходимо дообследование с использованием МСКТ.

Бронхолегочная дисплазия (БЛД) – гетерогенная патология новорожденных, перенесших РДСН в раннем неонатальном периоде. Она имеет стадийное течение и приводит к хронической бронхообструкции различной степени выраженности. Скорость развития БЛД у детей раннего возраста зависит от выраженности РДС. При тяжелой степени формирование начинается уже к 10–14-му дню жизни, при легкой и средней – на 25–40-й день. Микрофокусная рентгенография дает отчетливую характеристику изменений легочного рисунка за счет более высокой разрешающей способности по сравнению с эталонной рентгенографией (рис. 5). Мелкокистозные вздутия выявлялись у 87% новорожденных с БЛД, тогда как при эталонной рентгенографии – только у 62%.



Рис. 5. Недоношенный ребенок, 690 г. Пневматизация легочной ткани неравномерная. По легочным полям отмечаются множественные мелко- и среднекистозные вздутия на фоне фиброзной деформации интерстиция (пролиферативная стадия БЛД)

Заключение

Использование метода микрофокусной рентгенографии в неонатологии имеет ряд преимуществ перед классическим, в первую очередь возможность значительного снижения лучевой нагрузки, что особенно важно для недоношенных пациентов, легочная ткань которых более чувствительна к ионизирующему излучению. Метод позволяет исключить из обязательных условий съемки вынужденное увеличение фокусного расстояния для нивелирования геометрической нерезкости, что способствует упрощению процедуры исследования в нестандартных условиях и, в том числе, получению первично увеличенных рентгеновских изображений.

Достоверно установлено, что микрофокусная рентгенография дает более четкую рентгенологическую картину мелких структурных элементов легочного рисунка, так как многократное увеличение идет без потери качества изображения. От совершенствования качества рентгенологических исследований зависит визуализация слабовыраженных изменений, что помогает детально интерпретировать патологические изменения и избежать контрольного проведения рентгенографии при сомнительных данных результата исследования.

Таким образом, был сформирован альтернативный метод обследования новорожденных с патологией органов грудной клетки на основе применения микрофокусной рентгенографии.

Кроме того, проведена сравнительная оценка рентгенограмм, выполненных при помощи микрофокусной рентгенографии и эталонной, классической рентгенографии, которая показала, что описание одних и тех же показателей по данным методов визуализации не вызвало дополнительных затруднений и диагностические возможности обоих методов соответствовали друг другу, а по отдельным моментам (слабовыраженные изменения легочного рисунка у недоношенных) микрофокусная рентгенография превосходила стандартную рентгенографию. Все специалисты, участвовавшие в оценке качества выполненных рентгенограмм, пришли к единому мнению, что применение микрофокусной рентгенографии позволяет оценить skiалогическую картину анатомических структур более детально и провести дифференциальную диагностику патологических состояний органов грудной клетки у новорожденных.

Выводы

1. Разработанная методика микрофокусной рентгенографии у новорожденных является эффективным методом выявления патологических состояний органов грудной клетки и позволяет соблюсти все необходимые условия проведения рентгенологического исследования, такие как физико-технические параметры, правила радиационной гигиены. Установка компактна, мобильна, что способствует уменьшению времени между назначением и получением микрофокусных снимков.

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

Список литературы

1. Лаптева Е.С., Некрасова Т.В. Подготовка пациентов к инструментальным диагностическим исследованиям: учебно-методическое пособие. СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2013. 40 с.
2. Czarnecki Ł.M. Assessment of chest X-ray images in newborns with respiratory disorders. *Kardiochir Torakochirurgia Pol.* 2015. vol. 12. no. 1. P. 83-86.
3. Потрахов Е.Н. Микрофокусная рентгенография - инновационная технология медицинской диагностики // *Медицинская техника.* 2012. № 5. С.44-46.
4. Usman A.K., Wolka E., Tadesse Y., Tariku A., Yeshidinber A., Teklu A.M., Senturia K., Gezahegn W., Litch J.A., Gidey H., Hailu T., Jebessa S., Kahsay A., Kuti K.A., Levine G.A., Robb-

McCord J., Tesfahun A., Tuamay B.D. Health system readiness to support facilities for care of preterm, low birth weight, and sick newborns in Ethiopia: a qualitative assessment. BMC Health Services Research. 2019. vol. 19. no. 1. [Электронный ресурс]. URL: <https://bmchealthservres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12913-019-4672-2#article-info> (дата обращения 28.06.2021).

5. Hamilton P.K., Bickle I.C. Data interpretation for medical students (3rd Edition). Pastest. 2017. P. 512.

6. Кальницкий С.А., Балонов М.И., Водоватов А.В., Звонова И.А., Сарычева С.С., Чипига Л.А., Шацкий И.Г. Радиационная защита детей в лучевой диагностике: методические указания. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2016. 32 с.

7. Потрахов Н.Н., Труфанов Г.Е., Васильев А.Ю., Анохин Д.Ю., Потрахов Е.Н., Акиев Р.М., Балицкая Н.В., Бойчак Д.В., Грязнов А.Ю. Микрофокусная рентгенография в клинической практике: учебное пособие. СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2012. 80 с.

8. Анохин Д.Ю., Железняк И.С. Обоснование применения цифровой микрофокусной рентгенографии с прямым увеличением изображения в 5,5 раза для обследования кистей пальцев с ревматоидным артритом // Радиология-практика. 2016. № 6. С. 6-16.

9. Васильев А.Ю., Серова Н.С., Буланова И.М. Микрофокусная рентгенография - от прошлого к будущему // Петербургский журнал электроники. 2008. № 2-3. С. 19-25.