Рентгенодиагностика бронхолегочной дисплазии: обзорная рентгенография грудной клетки

Овсянников Д.Ю.¹⁻³,
Кршеминская И.В.¹,
Даниэл-Абу М.И.¹,
Карпенко М.А.^{1,2}

¹ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов», 117198, г. Москва, Российская Федерация

² Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Детская инфекционная клиническая больница № 6 Департамента здравоохранения города Москвы», 125438, г. Москва, Российская Федерация

³ Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Морозовская детская городская клиническая больница Департамента здравоохранения города Москвы», 119049, г. Москва, Российская Федерация

Бронхолегочная дисплазия (БЛД) впервые была описана в 1967 г. на основании корреляции морфологических и рентгенографических изменений у недоношенных детей, находившихся на искусственной вентиляции легких. С тех пор был предложен ряд рентгенологических шкал диагностики БЛД с различной информативностью и диагностической ценностью. В обзоре на основании данных литературы и результатов собственных исследований и клинических наблюдений приводятся рентгеноморфологические сопоставления при БЛД, рентгенологические шкалы диагностики заболевания, информация о дифференциальной диагностике, рентгенологических изменениях по мере увеличения возраста ребенка.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках инициативной научно-исследовательской работы Медицинского института РУДН по теме № 031216-0-000 «Изучение клинико-патогенетических аспектов приобретенных и врожденных заболеваний дыхательной системы у детей».

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Разработка концепции и дизайна, написание статьи, сбор, анализ и интерпретация данных, окончательное утверждение рукописи – Овсянников Д.Ю.; сбор, анализ и интерпретация данных – Кршеминская И.В.; сбор, анализ и интерпретация данных – Даниэл-Абу М.И.; сбор, анализ и интерпретация данных, подготовка статьи к печати – Карпенко М.А.

Благодарности. Авторы выражают благодарность сотрудникам ГБУЗ «Морозовская ДГКБ ДЗМ», ГБУЗ «ДИКБ № 6 ДЗМ», на базе которых проводилось наблюдение пациентов с бронхолегочной дисплазией.

Для цитирования: Овсянников Д.Ю., Кршеминская И.В., Даниэл-Абу М.И., Карпенко М.А. Рентгенодиагностика бронхолегочной дисплазии: обзорная рентгенография грудной клетки // Неонатология: новости, мнения, обучение. 2020. Т. 8, № 3. С. 39–49. DOI: <https://doi.org/10.33029/2308-2402-2020-8-3-39-49>

Статья поступила в редакцию 17.03.2020. Принята в печать 02.09.2020.

Ключевые слова:

бронхолегочная дисплазия, диагностика, рентгенология, обзорная рентгенография грудной клетки, рентгенологические шкалы

Radiodiagnosis in bronchopulmonary dysplasia: projection radiograph of the chest

Ovsyannikov D. Yu.¹⁻³,
Krsheminskaya I. V.¹,
Daniel-Abu M. I.¹,
Karpenko M. A.^{1,2}

¹ People's Friendship University of Russia (RUDN University), 117198, Moscow, Russian Federation

² Children's Infectious Diseases Clinical Hospital No. 6, 125438, Moscow, Russian Federation

³ Morozov Children's City Clinical Hospital, 119049, Moscow, Russian Federation

For the first time ever, bronchopulmonary dysplasia (BPD) was described in 1967 based on the correlation of morphological and radiological changes in premature infants who were on artificial ventilation. Since then, several x-ray criteries have been suggested for the diagnosis of BPD with different informational content and diagnostic consideration. On the basis of literature data and results of our own researchs and clinical cases, this review is presenting x-ray morphological comparisons and criteries in BPD, information about differential diagnosis, as well as the dynamic of x-ray changes in children as they are aging.

Funding. The study was carried out in terms of initiative research work of the RUDN University (Peoples' Friendship University of Russia) on topic No. 031216-0-000 "Study of clinical and pathogenetic aspects of acquired and congenital disorders of the respiratory tract in children".

Conflict of interests. The authors declare that they have no conflict of interest.

Contributions. Concept and design development, article writing, data collection, analysis and interpretation, final approval of the manuscript – Ovsyannikov D.Yu.; data collection, analysis and interpretation – Krsheminskaya I.V., Daniel-Abu M.I.; data collection, analysis and interpretation, preparing the article for publication – Karpenko M.A.

Acknowledgments. The authors are grateful to the medical staff of the Morozov Children's Municipal Clinical Hospital, Children's Infectious Disease Clinical Hospital No. 6 Moscow Health Department, on the basis of which patients with bronchopulmonary dysplasia were observed

For citation: Ovsyannikov D.Yu., Krsheminskaya I.V., Daniel-Abu M.I., Karpenko M.A. Radiodiagnosis in bronchopulmonary dysplasia: projection radiograph of the chest. *Neonatologiya: novosti, mneniya, obuchenie* [Neonatology: News, Opinions, Training]. 2020; 8 (3): 39–49. DOI: <https://doi.org/10.33029/2308-2402-2020-8-3-39-49> (in Russian)

Received 17.03.2020. **Accepted** 02.09.2020.

Keywords:

bronchopulmonary dysplasia, diagnosis, radiology, projection radiograph of the chest, x-ray criteries

Современных позиций с учетом данных о морфологии, рентгенологии, естественном течении болезни и результатов наблюдения данных пациентов в катамнезе [1–3] бронхолегочную дисплазию (БЛД) можно определить как гетерогенное хроническое диффузное паренхиматозное (интерстициальное) заболевание легких, развивающееся у недоношенных новорожденных в исходе респираторного дистресс-синдрома (РДС) и/или в результате недоразвития легких, диагностируемое на основании кислородозависимости в возрасте 28 сут жизни и/или 36 нед постконцептуального возраста (ПКВ), опасное развитием осложнений (хроническая дыхательная недостаточность, острая дыхательная недостаточность, белково-энергетическая недостаточность, легочная гипертензия, легочное сердце), характеризующееся регрессом клинических проявлений по мере роста ребенка при персистенции морфологических изменений легочной ткани и нарушений функции внешнего дыхания. При БЛД поражаются различные части дыхательной системы: центральные воздухопроводящие дыхательные пути, бронхиолы, дистальное легочное пространство (альвеолы), легочный интерстиций, легочные сосуды, что нашло отражение в определении заболевания как диффузного паренхиматозного. Кроме того, нарушения могут затрагивать дыхательный центр, функцию дыхательной мускулатуры, растяжимость грудной клетки и др. Данные поражения влияют на тяжесть клинических проявлений в разное время жизни ребенка по-разному [4, 5]. За более чем полувековую историю изучения БЛД ценность рентгенологических методов исследования в диагностике заболевания представлялась по-разному, иногда диаметрально противоположно [1]. В связи с этим имеется необходимость оценить роль обзорной рентгенографии грудной клетки в диагностике БЛД на современном этапе, что и послужило целью данного обзора.

Рентгеноморфологические и клиничко-рентгенологические сопоставления при бронхолегочной дисплазии

БЛД была впервые описана в декабре 1967 г. рентгенологом, ординатором Стэнфордского университета W.H. Northway с коллегами в оригинальном исследовании, представлявшем собой обзор историй болезней, данных рентгенограмм и патологоанатомических заключений 32 недоношенных детей, перенесших болезнь гиалиновых мембран и требовавших искусственной вентиляции легких (ИВЛ) и кислородной поддержки в течение ≥ 24 ч. Наблюдавшиеся дети имели средний гестационный возраст 32 нед и среднюю массу тела при рождении 2200 г. До 1 мес дожили 13 детей, до 1 года – 4 ребенка. На основании этих данных W.H. Northway сделал заключение о появлении нового заболевания легких – БЛД, развитие которого он связывал с проведением ИВЛ и длительным (>150 ч) использованием для дыхания 80–100% кислорода [6]. Первоначально на основании установленной корреляции морфологических и рентгенографических изменений БЛД была классифицирована как заболевание, проходящее 4 стадии, и первые 2 являются проявлением РДС, а последующие характеризуют формирование собственно БЛД (табл. 1). Таким образом, первоначально диагноз БЛД носил клиничко-рентгенологический характер.

Первая стадия БЛД, по W.H. Northway, сходна с РДС новорожденных по клиническим, рентгенографическим и морфологическим признакам. Наиболее типичны для РДС новорожденных милиарные пятна или мелкогранулярные изменения, образующие сетчато-зернистый рисунок легких, картину «матового стекла», сочетающиеся с «воздушной бронхограммой» – обогащенной аэрограммой бронхов, прозрачных полосок воздуха, отчетливо видных на фоне снижения воздушности легочной ткани, контуров сердца.

Таблица 1. Рентгенологические стадии бронхолегочной дисплазии по W.H. Northway и соавт. (1967), корреляция с патологией [6]

Стадия	Возраст ребенка, дни	Рентгенологическая картина	Патологические корреляты
I	2–3	Гранулярный легочный рисунок	Ателектазы, гиалиновые мембраны, расширение лимфатических сосудов
II	4–10	Просветления	Некроз и восстановление эпителия альвеол, сохраняющиеся гиалиновые мембраны
III	10–20	«Нежная губка»	Слияние альвеол, ателектаз смежных альвеол, метаплазия и гиперплазия слизистой оболочки бронхиол
IV	Свыше 30	«Грубая губка»	Эмфизематозные альвеолы, интерстициальный фиброз, гипертрофия слизистой оболочки бронхов, гипертрофия средней оболочки артериол

При этом гранулы представляют собой свободные от воздуха, ателектазированные альвеолярные области, на фоне которых хорошо видны участки легких, содержащие воздух. «Воздушная бронхограмма» появляется раньше и более выражена в нижних отделах левого легкого благодаря наложению на тень сердца. Необходимо помнить, что характерная рентгенологическая картина развивается к 6–12 ч жизни. На рентгенологическую картину влияют проводимая респираторная терапия и фаза дыхания. Данную классическую картину можно выявить лишь до проведения лечебных манипуляций, включающих, например, введение препаратов сурфактанта [7, 8].

Рентгенологическая картина РДС практически неотличима от альвеолярного типа пневмонической инфильтрации. По мере развития РДС содержание воздуха в легких снижается, о чем будет свидетельствовать нечеткое отграничение легочных полей от сердца и диафрагмы, развитие «белого легкого» [9]. Классические рентгенографические признаки РДС отражают различное содержание воздуха в легких в конце выдоха, или функциональную остаточную емкость (ФОЕ) легких. Структуры легких, содержащие воздух, выглядят на рентгенограммах черными, однако называются «областями просветления», не содержащие воздух участки – белыми (называются «затемнениями», так как происходит снижение прозрачности легочных полей). Чем меньше остается воздуха в легких в конце выдоха, тем более белыми оказываются они на рентгенограммах. Таким образом, тяжесть клинических проявлений РДС коррелирует с ФОЕ легких, оцениваемой рентгенографически [10].

Вторая стадия БЛД характеризуется уменьшением прозрачности легочных полей, которое сопровождается нечеткостью контуров сердечной тени, появлением небольших пузырьков. Причиной данных рентгенологических изменений может послужить отек легкого, который развивается на фоне гемодинамически значимого открытого артериального протока, избыточной инфузионной терапии, сердечной недостаточности. Другими причинами отека легких могут явиться легочные кровоизлияния, снижение функциональной активности лимфатических сосудов. На этой стадии развития заболевания растяжимость легких снижается, увеличивается сопротивление дыхательных путей, повышается потребность в кислороде.

После 10–14-го дня жизни определяются начальные рентгенографические признаки БЛД, соответствующие III стадии по W.H. Northway. Они характеризуются бул-

лезными или мелкокистозными просветлениями («губка», «пузыри»), которые чередуются с неровными очагами уплотнения. Гистологическое исследование на этой стадии (10–20-й день жизни) выявляет уменьшение количества гиалиновых мембран, ателектазирование альвеол, интерстициальную эмфизему легких (ИЭЛ), грубые очаговые утолщения базальной мембраны, распространенную метаплазию и гиперплазию слизистой оболочки бронхов и бронхиол, т.е. изменения, приводящие к крайней неравномерности вентиляции легких [7, 11].

Основные особенности IV стадии БЛД заключаются в избыточном вздутии, перерастяжении отдельных областей легких, перемежающимся с участками плотных теней, линейными лентообразными уплотнениями, распространяющимися к периферии. В основе данных изменений лежит облитерация бронхиол, приводящая к ателектазам или локальным буллезным вздутиям за счет клапанного механизма. Это создает картину сетчатого легкого. В то же время данные изменения не патогномоничны для БЛД [12]. У недоношенных детей, находящихся на ИВЛ, при развитии ИЭЛ могут обнаруживаться множественные очаги инфильтратов с участками расположенных вокруг ателектазов, чередующихся с перерастянутой легочной тканью. Подобная картина может определяться также у доношенных и переносимых детей с тяжелым синдромом аспирации мекония, персистирующим фетальным кровообращением и в отдельных случаях в послеоперационном периоде у новорожденных, которым требовалась ИВЛ [1].

По мере совершенствования перинатальных технологий произошел патоморфоз заболевания, что не могло не отразиться на тяжести течения БЛД и ее рентгеносемiotике. Все чаще наблюдается развитие БЛД с минимальными рентгенологическими изменениями, несопоставимыми с вышеописанными. Так, у ряда пациентов отмечается лишь неоднородность легочного рисунка с длительным сохранением субсегментарных ателектазов на фоне вздутия.

В настоящее время следование по классическим стадиям от I к IV, по W.H. Northway, и указанная рентгенологическая картина, соответствующая тяжелым формам заболевания, встречаются далеко не всегда [12]. Несправедливо, однако, расценивать классификацию W.H. Northway как имеющую только историческое значение [13]. Это положение может иллюстрировать рис. 1, на котором представлены рентгенограммы органов грудной клетки недоношенной девочки, родившейся с гестационным возрастом 25–26 нед, массой

А

Б

В

Рис. 1. Стадии классической бронхолегочной дисплазии (БЛД) по W.H. Northway и соавт. (1967) на рентгенограммах органов грудной клетки недоношенной девочки, у которой развилась тяжелая БЛД

А – 4-е сутки жизни: картина респираторного дистресс-синдрома новорожденных («матовое стекло», «воздушная бронхограмма»), уменьшение объема легких, субсегментарные ателектазы в верхних отделах левого легкого – I стадия БЛД; Б – 10-е сутки жизни: диффузное снижение прозрачности легочных полей, отек легких, нечеткость сердечной тени – II стадия БЛД; В – 24-е сутки жизни: вздутие (гиперинфляция), деформация сосудистого рисунка, лентообразные уплотнения, чередующиеся с очаговыми эмфизематозными просветлениями – IV стадия БЛД.

тела при рождении 890 г, у которой развилась тяжелая БЛД. В связи с РДС новорожденных с первых минут жизни девочка находилась на ИВЛ, с 4-х суток жизни – ухудшение состояния; с 18 сут до 1 мес была на ИВЛ с FiO_2 100%, в целом продолжительность ИВЛ составила 1 мес 25 дней, попытки экстубации были неудачны, реинтубирована. Была зависима от кислорода в 36 нед ПКВ, выписана домой для проведения длительной домашней кислородотерапии. Однако на следующий день была госпитализирована повторно, погибла в возрасте 8 мес от тяжелой инфекции нижних дыхательных путей, рентгенограмма в 8-месячном возрасте мало отличалась от представленной на рис. 1В. На рентгенограммах хорошо прослеживаются стадии заболевания, описанные W.H. Northway. Данная пациентка, как и 2 последующих пациента, рентгенограммы которых приведены в статье в качестве клинических примеров, наблюдались авторами статьи.

Корреляция рентгенологических изменений с данными аутопсии наблюдается в современных условиях только у 40% больных. Более чем у половины (52%) детей с БЛД рентгенологические изменения отстают от морфологической стадии, особенно в первые 10 дней жизни, т.е. на рентгенограммах процесс выглядит более оптимистично. Так, в ряде случаев

признаки инициального фиброза у погибших детей с РДС новорожденных обнаруживали на аутопсии на 8–12-е сутки при мало измененной рентгенологической картине [14]. По данным других морфологических исследований, признаки фиброза у детей с формированием БЛД обнаруживали еще раньше – на 5–6-е сутки [11]. Столь раннее появление фиброза у детей с формирующейся БЛД можно объяснить сходством патогенетических механизмов ее развития и острого РДС (прежнее название – РДС «взрослого типа») [15]. В этой связи справедливо заключение А.И. Хазанова (2009), по мнению которого «к нечетким для БЛД рентгенологическим изменениям у детей, длительно находящихся на ИВЛ, нужно относиться более критично, не исключая это патологическое состояние» [14].

По нашим наблюдениям, у детей с тяжелой БЛД отмечается значительное увеличение продолжительности II–III стадий заболевания по классификации W.H. Northway (1967), и при развитии классической формы заболевания данная шкала незаменима; изменения, оцененные с ее помощью, хорошо коррелируют с клинической картиной и физикальными изменениями в легких (снижение пневматизации, отражающее интерстициальный отек, который сопровождается ослаблением дыхания).

На корреляцию рентгенографических изменений с клиническими признаками у детей с БЛД указывают финские исследователи. Рентгенографические признаки БЛД были описаны рентгенологами у 44 (53,7%) из 82 младенцев, родившихся с очень низкой массой тела (ОНМТ) и развивших БЛД. При оценке рентгенограмм рентген-позитивные пациенты были разделены на 2 группы в зависимости от выявленных изменений: у 19 (23,2%) больных выявлялась кистозная БЛД, у 25 (30,5%) синдром утечки воздуха. При многофакторном анализе лучшими предикторами БЛД, верифицированной рентгенографией, были зависимость от кислородотерапии в течение 28 дней [отношение шансов (ОШ) 10,2; 95% доверительный интервал (ДИ) от 2,49 до 41,4], длительность ИВЛ более 2 сут (ОШ 10,4; 95% ДИ от 1,8 до 61,5) и необходимость введения плазмозаменителей в первые 2 ч жизни (ОШ 7,36; 95% ДИ от 1,32 до 41,2). В течение 1-й недели жизни новорожденные с рентгенологическими признаками БЛД получали меньше энергии ($p < 0,001$) и больше жидкости ($p = 0,013$) на 1 кг массы тела в сутки. Из новорожденных с рентгенологическими признаками БЛД в 36 нед ПКВ 62% не зависели от кислорода; 17 новорожденных из 19 (89,5%), которые нуждались в кислородотерапии в 36 нед ПКВ, имели рентгенологические признаки БЛД. Авторы делают вывод, что недостаточное питание и необходимость внутривенного введения жидкостей в раннем неонатальном периоде наряду с кислородотерапией ассоциируются с БЛД [16].

Определение таких рентгенологических признаков, как долевы, сегментарные или субсегментарные ателектазы у ребенка, который находится на ИВЛ, может помочь заподозрить диагноз БЛД. Характерной особенностью ателектазов у пациентов с БЛД является их мигрирующий характер: ателектазы могут появляться в разных местах, но чаще локализируются в верхней доле правого легкого, реже – в задненижних сегментах. При развитии ателектаза формируется компенсаторная эмфизема прилежащей оставшейся воздушной части легкого. При большом объеме поражения может отмечаться смещение средостения в сторону ателектаза [17].

Дополнительные изменения на рентгенограммах появляются при пролонгирующей кислородозависимости остеопении (метаболической болезни костей) недоношенных, а также при развитии легочного сердца, сопровождающегося гипертрофией или дилатацией правых отделов сердца [1]. Признаками легочного сердца на рентгенограммах органов грудной клетки являются расширение корней легких за счет сосудов, гипертрофия правых отделов сердца, кардиомегалия и увеличение дуги легочной артерии, отражающее высокую легочную гипертензию [18]. При выраженной гиперинфляции легкого кардиомегалию рентгенологически можно не определить [17]. Рентгенографическое исследование не всегда информативно для диагностики остеопении недоношенных, так как изменения минеральной плотности кости не определяются, если она снижена менее чем на 20–30%, хотя в 20–40% случаев отмечаются тонкие «размытые» и «рыхлые» кости, крупнопетлистый рисунок кости, могут определяться поднадкостничные переломы, зоны перестройки (просветления) Лоозера (полоски просветления, пересекающие поперечно часть или всю кость, например ребро) [19].

Рентгенологические изменения у детей с БЛД часто накладываются на явления ИЭЛ, постепенно сливаясь с одним из двух изменений, которые являются прогностически значимыми в 28 дней жизни: I тип – гомогенное затемнение без грубой сетчатости, II тип – грубая сетчатость и линейные уплотнения с мелкими полупрозрачными кистами. I тип считается прогностически более благоприятным [20]. Таким образом, ИЭЛ является предиктором БЛД.

Важно отличать ИЭЛ как вариант синдрома утечки воздуха с наличием воздуха в легочном интерстиции от эмфиземы легких, соответствующей IV стадии БЛД, развивающейся после 1 мес жизни. Если ИЭЛ принимают за БЛД, это приводит к некорректной ранней диагностике последней. Синдром утечки воздуха – это группа патологических состояний, при которых альвеолярный воздух проникает в экстраальвеолярное пространство. Обычно это связано с перерастяжением и разрывом альвеол в результате высокого внутрилегочного давления. Синдром утечки воздуха включает, кроме ИЭЛ, пневмоторакс, пневмомедиастинум, пневмоперикард, пневмоперитонеум, часто данные заболевания проявляются у одного и того же пациента. ИЭЛ развивается при проведении респираторной терапии, может появиться, начиная с первых суток жизни, и сохраняться в последующем (о персистирующей ИЭЛ говорят в случае сохранения больше 7 сут). При ИЭЛ скопление газа происходит вне альвеол и воздухоносных путей и распространяется в интерстиции перибронхиально и перивазально в междольковых перегородках и висцеральной плевре. На рентгенограмме грудной клетки определяются типичные линейные (от 3 до 8 мм) или кистоподобные изменения (от мелких пузырьков до буллезной трансформации), располагающиеся в пределах одной, нескольких долей или диффузно, иногда это большие буллы либо области гиперинфляции [8, 19, 21]. В отличие от ИЭЛ, эмфизема легких у детей с БЛД, по наблюдениям L. Reid (1979), обусловлена тремя механизмами: 1) рубцами, появляющимися вследствие перерастяжения нефиброзированного легкого; 2) нарушением процесса мультипликации альвеол в отдельных участках (гипопластическая эмфизема); 3) деструктивной формой эмфиземы в результате воспаления и разрушения стенок альвеол и капиллярного русла [22]. Кроме того, БЛД может явиться причиной приобретенной лобарной эмфиземы, трудно отличимой от врожденной, вследствие развития грануляций бронхов [1].

Увеличение выживания глубоко недоношенных детей привело к развитию новой, или постсурфактантной, формы БЛД, в основе которой лежат не столько фиброз и постнатальное воспаление, которые выражены минимально, сколько задержка, приостановка развития альвеол или недоразвитие легких [23]. В большинстве случаев новая БЛД имеет легкую степень тяжести, что отражается на рентгеносемиотике заболевания. Рентгенологические изменения у детей с новой БЛД значительно отличаются от первоначально описанных W.H. Northway (1967) и в большинстве случаев представлены лишь равномерным затемнением («затуманенностью»), отражающей повышение проницаемости альвеолярно-капиллярного барьера. Это хорошо видно на рентгенограммах органов грудной клетки девочки с новой БЛД (гестационный возраст при рождении

А

Б

Рис. 2. Рентгенограммы органов грудной клетки девочки с новой бронхолегочной дисплазией легкой степени тяжести

А – 28-е сутки жизни: гомогенное затемнение («затуманенность») легочной ткани, тень средостения отчетливо не определяется, признаков гиперинфляции, фиброза не отмечается; Б – 50-е сутки жизни: диффузная неотчетливость («затуманенность»), легочная ткань по-прежнему не вздута, нет участков уплотнения, локального повышения прозрачности.

25 нед, масса тела при рождении 850 г; рис. 2). Девочке было назначено раннее введение сурфактанта после рождения, продолжительность ИВЛ составила 7 сут с FiO_2 30–40%, диагностирована БЛД легкой степени тяжести.

В тяжелых случаях у пациентов с новой БЛД, что встречается редко, на рентгенограммах определяются повышенная воздушность и негомогенность легочной ткани с мелкими или более крупными уплотнениями, распространяющимися к периферии [24]. Различия в рентгеносемиотике данных форм БЛД могут определяться разной морфологией классической и новой БЛД, недоразвитием в онтогенезе механизмов воспаления, лежащего в основе заболевания у детей с меньшим гестационным возрастом и массой тела при рождении [2, 5]. Вместе с тем в настоящее время при формулировке диагноза выделение формы заболевания (классическая или новая БЛД) представляется нецелесообразным, так

как в практической деятельности точное разделение данных форм затруднительно [25]. Кроме того, было показано, что в разных участках легких одного и того же больного с БЛД могут одновременно определяться морфологические признаки как классической, так и новой формы БЛД [26].

Рентгенографические диагностические шкалы

С момента первого описания заболевания был предложен ряд рентгенографических шкал диагностики БЛД с различной информативностью и диагностической ценностью. В 1979 г. D.K. Edwards была предложена усовершенствованная рентгенологическая оценка тяжести БЛД, основанная на учете суммы баллов для определения тяжести заболевания (табл. 2). Максимальная оценка (10 баллов) по дан-

Таблица 2. Рентгенографическая оценка тяжести бронхолегочной дисплазии по D.K. Edwards и соавт. (1979) [12]

Показатель	Оценка, баллы		
	0	1	2
Признаки гиперинфляции	Отсутствуют (сумма передних и задних отрезков ребер с одной стороны – 14 и менее)	Имеются (сумма передних и задних отрезков ребер с одной стороны – от 14,5 до 16)	Выражены (сумма передних и задних отрезков ребер с одной стороны – 16,5 и более, диафрагма в боковой проекции плоская или вогнутая)
Повышение прозрачности легочной ткани	Не определяется	Локальные участки	Распространенное, буллезные вздутия
Фиброз/интерстициальные изменения	Не определяются	Несколько линейных затемнений, подчеркнутость интерстиция	Много патологических линий, плотные фиброзные тяжи
Сердечно-сосудистые изменения	Нет	Незначительная кардиомегалия	Выраженная кардиомегалия, или гипертрофия правого желудочка, или расширение ствола легочной артерии
Субъективная оценка степени тяжести	Легкая	Средняя	Тяжелая

Таблица 3. Стадии бронхолегочной дисплазии по классификации M.R. Weinstein и соавт. (1994) [31, 32]

Стадия	Данные рентгенографии	Заболевание, с которым проводится дифференциальный диагноз БЛД
I	Тусклые, слабые уплотнения, придающие легкому вуалеподобный вид	РДС
II	Линейные ретикулярные уплотнения, преимущественно в центральных областях легкого	Избыточная гидратация при проведении инфузионной терапии, отек легких при открытом артериальном протоке
III	Более выраженные линейные ретикулярные уплотнения, распространяющиеся на периферические отделы легкого	
IV	Признаки III стадии в сочетании с мелкими, хорошо отграниченными кистозными изменениями, преимущественно в базальных областях	
V	Выраженные участки уплотнения и кистозные участки сходных размеров (кисты крупнее, чем в IV стадии, и преимущественно расположены в базальных отделах)	ИЭЛ, общий аномальный дренаж легочных вен с обструкцией венозного оттока от легких, врожденная легочная лимфангиэктазия, вирусная пневмония, врожденный туберкулез
VI	Кистозные участки крупнее участков уплотнения, придают легкому вид скопления пузырьков	

Примечание. Расшифровка аббревиатур дана в тексте.

ной шкале ассоциируется с тяжелой БЛД [12]. Вместе с тем необходимо иметь в виду, что у новорожденных на обзорных рентгенограммах органов грудной клетки хорошо видны только задние отрезки ребер.

Наряду с оценкой стадии, формы и тяжести заболевания различные рентгенологические шкалы БЛД было предложено использовать для предсказания течения болезни и ответа на терапию. По данным W. Mortensson и соавт. (1989), возникновение гиперинфляции или интерстициального отека на рентгенограммах, оцененных с помощью шкалы D.K. Edwards (1979), коррелирует с развитием бронхиальной обструкции в дальнейшем [27]. В отечественных исследованиях показано как соответствие рентгенологических (по данной шкале) и клинических критериев тяжести БЛД у детей в постнеонатальном периоде [28], так и нестрогая корреляция ($r=0,42$) рентгенологических изменений по данной шкале с клиническим состоянием больных, находящихся в отделении реанимации и интенсивной терапии новорожденных (ОРИТН) [29].

I. Masopchic и соавт. (1991) была предложена шкала для оценки рентгенограмм грудной клетки с целью прогнозирования хронической (в 36 нед ПКВ) зависимости от кислорода, которая была апробирована у 40 младенцев со средним гестационным возрастом 27 нед (диапазон 24–32 нед), при этом зависимость от кислорода в этом возрасте были 9 пациентов. Система подсчета баллов включала оценку внешнего вида рентгенограмм, выполненных в возрасте 1 мес, объема легких, наличия помутнения, кистозных элементов и интерстициальных изменений (ряд признаков оценивали по отдельности для каждого легкого, максимальный балл – 24). У детей, которые зависели от кислорода, были значительно более высокие показатели (в среднем 9 бал-

лов, диапазон 7–20), чем у тех, кто от кислорода не зависели (медиана 3, диапазон 0–13, $p<0,01$). Все 9 кислородозависимых детей имели >6 баллов по данной шкале по сравнению с только 2 из группы 31 детей, не зависящих от кислорода ($p<0,01$). Таким образом, оценка выше 6 баллов имела чувствительность 100% и специфичность 93,5% при прогнозировании зависимости кислорода в 36 нед ПКВ [30].

В 1994 г. M.R. Weinstein и соавт. на основании анализа рентгенограмм 366 новорожденных с ОНМТ при рождении, выполненных в возрасте до 35 сут жизни, предложили новую стадию рентгенографическую шкалу оценки БЛД, показатели которой коррелировали как с критериями шкалы D.K. Edwards (1979), так и с получаемой пациентами респираторной поддержкой [31, 32]. Шкала M.R. Weinstein может оказать помощь в проведении дифференциальной диагностики заболевания (табл. 3).

A. Greenough и соавт. (1999) была предложена новая простая система для рентгенографической оценки БЛД (табл. 4). Использование данной шкалы позволило дифференцировать детей, зависящих и не зависящих от кислорода в 36 нед ПКВ [33], и предсказать рецидивирование респираторных симптомов в 6 мес скорректированного возраста [34]. Коэффициент корреляции этой шкалы с клиническими признаками заболевания составил 0,47, со шкалой D.K. Edwards (1979) – 0,94 [29].

Использование шкалы, в которой оценивались снижение прозрачности и гиперинфляция/эмфизема, показало, что данные рентгенографические признаки могут быть предикторами ответа детей на терапию дексаметазоном. У 80% пациентов, ответивших на терапию дексаметазоном, было снижение прозрачности на рентгенограммах, в то время как 7 из 8 младенцев с эмфиземой и 80% младенцев со смешан-

Таблица 4. Простая рентгенологическая шкала оценки бронхолегочной дисплазии A. Greenough и соавт. (1999) [33]

Показатель	0	1	2	3	4
Вздутие*	<14	14–16	>16		
Фиброз/интерстициальные изменения**	Нет	1 зона	2 зоны	3 зоны	4 зоны
Кистозные элементы***	Нет	Маленькие	Множественные/большие	–	–

Примечание. * – сумма задних отрезков ребер выше диафрагмы с двух сторон; ** – фокальные линейные и округлые участки уплотнения в пределах зоны ($1/2$ легкого с каждой стороны); *** – интрапаренхиматозные участки просветления с четким контуром.

Рис. 3. Обзорная рентгенограмма органов грудной клетки 8-месячной девочки с тяжелой бронхолегочной дисплазией

ной рентгенологической картиной (эмфизема + консолидация легочной ткани) не отвечали на данную терапию [35]. В этой связи снижение прозрачности на рентгенограммах органов грудной клетки расценивается наряду с другими критериями в качестве возможного показателя для использования дексаметазона для профилактики и терапии БЛД [36].

Согласно консенсусу по БЛД, принятому в 2001 г. согласительной конференцией Национального института детского здоровья и развития человека (NICHD), Национального института легких, крови и сердца (NHLBI) и Офиса редких болезней (ORD) США, рентгенологические данные при установлении диагноза и степени тяжести заболевания не играют никакой роли, так как они могут интерпретироваться противоречиво и в рутинной практике не всегда могут быть доступны на определенном этапе жизни ребенка [37]. В то же время в отечественной классификации БЛД рентгенологические критерии тяжести заболевания по D.K. Edwards (1979) рассматривались параллельно с анамнестическими и клиническими [38]. Рентгенологические признаки, подтверждающие паренхиматозное поражение легких, включены в диагностические критерии БЛД, предложенные NICHD в 2016 г. [39]. Таким образом, информативность рентгенологического исследования легких у детей с БЛД продолжает уточняться. Необходимо иметь в виду персистенцию как морфологических, так и рентгенологических признаков заболевания. Информативность различных рентгенографических шкал в диагностике БЛД иллюстрирует рис. 3, на котором представлена обзорная рентгенограмма органов грудной клетки девочки с тяжелой БЛД (гестационный возраст при рождении 25–26 нед, масса тела при рождении – 850 г, продолжительность ИВЛ – 79 сут) в возрасте 8 мес. Оценка по шкале D.K. Edwards и соавт. (1979): гиперинфляция (счет по передним и задним отрезкам ребер – 16,5) – 2 балла, распространенное повышение прозрачности, буллы (2 балла), чередующиеся с множественными интерстициальными фиброзными изменениями, более отчетливо опре-

деляемые справа (2 балла); кардиальные изменения не определяются (0 баллов); субъективно – тяжелая (2 балла). Общая оценка – 8 баллов. Оценка по шкале A. Greenough и соавт. (1999): выраженное вздутие – число задних отрезков ребер выше диафрагмы билатерально 20 (2 балла), признаки фиброза/интерстициальных изменений в 4 зонах (4 балла), множественные большие кистозные элементы (2 балла). Общая оценка – 8 баллов. Кроме указанных изменений, на рентгенограмме определяются явления интерстициального отека, более выраженного слева, тимомегалия II степени.

Общим в рентгенологических шкалах БЛД D.K. Edwards (1979) и A. Greenough и соавт. (1999) является оценка гиперинфляции (вздутия) легких. Недавно T. Dassios и соавт. (2016) с той же целью предложили использовать такой параметр, как рентгенологическая площадь поверхности грудной полости (chest radiographic thoracic area, CRTA). На основании изучения обзорных рентгенограмм грудной клетки у 22 глубоко недоношенных детей с БЛД было высказано предположение, что CRTA является показателем вздутия (инфляции) легких. Данный показатель получается путем оценки области площади грудной клетки, ограниченной диафрагмой и краями грудной клеткой. Гиперинфляция, проявляющаяся увеличением CRTA, при БЛД имеет значимую связь с недостаточностью оксигенации, определяемой сдвигом кривой диссоциации оксигемоглобина вправо, а также со степенью уменьшения отношения вентиляции к перфузии. Авторами высказывается предположение о том, что гиперинфляция, вероятно, отражает развивающуюся деформацию архитектоники легких, нарушение развития дистальных отделов дыхательных путей [40].

Рентгенологическое исследование рекомендуется проводить детям с БЛД, находящимся в ОРИТН и на этапе выхаживания новорожденных, не реже 1–2 раз в месяц, чаще при подозрении на развитие пневмонии, синдромов утечки воздуха (пневмоторакс, пневмомедиастинум, ИЭЛ и др.) [41]. Определенные диагностические сложности могут возникать при наличии характерных для БЛД признаков, таких как интерстициальные изменения, эмфизема, ателектазы, у детей с пневмониями микоплазменной, хламидийной, пневмоцистной, вирусной, в частности цитомегаловирусной, грибковой этиологии. При хламидиозе рентгенологические изменения часто избыточны по сравнению с клинической картиной. Для пневмоцистной пневмонии характерны такие рентгенологические признаки, как пневмомедиастинум, мелкозернистые участки затемнения, как бы исходящие из корней легких, гиперпневматизация, интерстициальная эмфизема [8, 14, 42]. Вместе с тем судить об этиологии пневмонии на основании рентгенологических изменений в настоящее время считают неправомерным [43].

Последствия бронхолегочной дисплазии на обзорных рентгенограммах органов грудной клетки

На вопрос о длительности сохранения рентгенографических признаков заболевания разные исследователи дают противоречивые ответы, очевидно зависящие от тяжести

течения заболевания и сроков наблюдения за пациентом. Полагают, что признаки эмфиземы у больных с БЛД сохраняются до 6–12 мес [41, 44]; по другим данным, резидуальные рентгенографические изменения через 2 года сохраняются у 50–78% детей [45, 46], но могут определяться и позднее, вплоть до совершеннолетия [47], либо пожизненно [48]. По данным С.Н. Козарезова (2010), у детей первых лет жизни с БЛД отмечаются следующие рентгенографические признаки заболевания: бочкообразная форма грудной клетки с расширением межреберных промежутков и двойным нижним контуром ребер за счет пролабирования легочной ткани в межреберные промежутки; неравномерная пневматизация легочных полей с участками повышенной воздушности вследствие вздутия или эмфиземы, чередующимися с фокусами затемнения различной протяженности, обусловленными гиповентиляцией или ателектазами; обогащение и ячеистая деформация элементов легочного рисунка из-за уплотнения интерстициальной ткани с развитием диффузных изменений, проявляющихся в виде линейных уплотнений; низкое расположение и уплощение куполов диафрагмы вследствие эмфиземы базальных отделов легких. Интерпретация перечисленных изменений при присоединении респираторной инфекции с поражением нижних дыхательных путей нередко затруднительна. Это, по мнению автора, диктует необходимость периодического рентгенологического контроля на момент относительного благополучия пациента с целью получения параметров «индивидуальной нормы» [49]. Хотя данный вопрос спорный. При анализе рентгенограмм органов грудной клетки детей с БЛД при развитии инфекции нижних дыхательных путей (пневмонии, острого бронхопневмонита) действительно бывает довольно трудно отличить вновь появившиеся изменения от длительно существующих [50]. При повторных рентгенологических исследованиях обязательно анализировать пред-

шествующие рентгенограммы, например выполненные при выписке, для оценки актуального состояния пациента [1]. По нашим данным, к 3 годам жизни у детей с БЛД на обзорных рентгенограммах с высокой частотой выявляются такие изменения, как гиперинфляция (45,5%), повышение прозрачности легочной ткани (62,1%), интерстициальные изменения (51,5%), при этом частота их выявления уменьшается по сравнению с детьми первых лет жизни [2]. Вместе с тем рентгенография грудной клетки признана недостаточно чувствительным методом для выявления патологических признаков в легких после БЛД [51]. В представленной работе приведены результаты проведенного ранее обзора литературы [1], включая результаты собственных исследований [2, 3, 50] и дополнительные данные современных публикаций по анализируемой теме.

Заключение

Обзорная рентгенография органов грудной клетки, легко выполняемая в условиях ОРИТН, остается основным методом рентгенодиагностики БЛД. Для повышения информативности исследования при интерпретации рентгенограмм целесообразно использовать рентгенографические шкалы. В целом, оценивая значение обзорной рентгенографии грудной клетки для диагностики БЛД, как и других заболеваний легких, необходимо помнить, что рентгенограммы отражают морфологические изменения в легких, которые носят у детей с БЛД стойкий характер. Очень важно также учитывать, что трактовка рентгенологических данных возможна только в контексте клинических.

Этика. Родители пациентов дали письменное информированное согласие на проведение обзорных рентгенограмм органов грудной клетки.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Овсянников Дмитрий Юрьевич (Dmitriy Yu. Ovsyannikov)* – доктор медицинских наук, заведующий кафедрой педиатрии ФГАОУ ВО РУДН, врач-пульмонолог ГБУЗ «ДИКБ № 6 ДЗМ», врач-пульмонолог ГБУЗ «Морозовская ДГКБ ДЗМ», Москва, Российская Федерация

E-mail: mdovsyannikov@yahoo.com

<https://orcid.org/0000-0002-4961-384X>

Кршеминская Ирина Владимировна (Irina V. Krsheminskaya) – кандидат медицинских наук, доцент кафедры педиатрии ФГАОУ ВО РУДН, Москва, Российская Федерация

E-mail: spatira1@list.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1711-4544>

Даниэл-Абу Моджосола Ибитайо (Mojisola I. Daniel-Abu) – аспирант кафедры педиатрии ФГАОУ ВО РУДН, Москва, Российская Федерация

E-mail: mojisola.danielabu@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1579-3659>

Карпенко Максим Александрович (Maxim A. Karpenko) – врач-педиатр ГБУЗ «ДИКБ № 6 ДЗМ», ассистент кафедры педиатрии ФГАОУ ВО РУДН, Москва, Российская Федерация

E-mail: m.karpenko93@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7937-722X>

* Автор для корреспонденции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овсянников Д.Ю., Кутова О.В., Зайцева Н.О., Павлова Е.С., Болибик А.М., Дегтярева Е.А. Имидж диагностика бронхолегочной дисплазии // Вопросы диагностики в педиатрии. 2011. № 4. С. 36–45.
2. Овсянников Д.Ю. Бронхолегочная дисплазия: естественное развитие, исходы и контроль // Педиатрия. 2011. Т. 90. № 1. С. 141–150.
3. Бойцова Е.В., Овсянников Д.Ю. Клинические и структурно-функциональные респираторные последствия бронхолегочной дисплазии у детей, подростков и молодых взрослых // Терапия. 2019. № 5. С. 86–96.
4. Abman S.H., Collaco J.M., Shepherd E.G., Keszler M., Cuevas-Guaman M., Welty S.E. et al.; Bronchopulmonary Dysplasia Collaborative. Interdisciplinary care of children with severe bronchopulmonary dysplasia // J. Pediatr. 2017. Vol. 181. P. 12–28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2016.10.082>
5. Овсянников Д.Ю., Кравчук Д.А., Николаева Д.Ю. Клиническая патофизиология органов дыхания недоношенных детей // Неонатология: новости, мнения, обучение. 2018. Т. 6, № 3. С. 74–98. DOI: <https://doi.org/10.24411/2308-2402-2018-13003>
6. Northway W.H.Jr., Rosan R.C., Porter D.Y. Pulmonary disease following respiratory therapy of hyaline membrane disease // N. Engl. J. Med. 1967. Vol. 276. P. 357–368.
7. Столл Б.Дж., Климган Р.М. Поражения дыхательных путей. В кн.: Берман Р.Э., Климган Р.М., Джонсон Х.Б. Педиатрия по Нельсону. Т. 1. Москва : Рид Эдисвер, 2009. С. 371–399.
8. Дегтярева М.В., Горбунов А.В., Мазаев А.П., Ерохина А.В. Рентгенодиагностика заболеваний легких у новорожденных детей. Москва : Логосфера, 2017. 200 с.
9. Edwards D.K. Radiology of hyaline membrane disease, transient tachypnea of the newborn and bronchopulmonary dysplasia. In: Lung development: biological and clinical perspectives. Vol. 2. Neonatal respiratory distress. New York: Ed. P. M. Farreell. Academic Press, 1982. 47 p.
10. Hooper S.B., Kitchen M.J., Siew M.L.L. et al. Imaging lung aeration and liquid clearance at birth using phase contrast X-ray imaging. Clin. Exp. Pharmacol. Physiol. 2009. Vol. 36. P. 117–125.
11. Попов С.Д., Попова Е.Д., Нариманбеков И.О. Морфологические аспекты бронхолегочной дисплазии // Тезисы 2-го съезда Международного Союза Ассоциаций патологоанатомов. Санкт-Петербург, 1999. С. 245–246.
12. Edwards D.K. Radiographic aspects of bronchopulmonary dysplasia // J. Pediatr. 1979. Vol. 95. P. 823–829.
13. Гомелла Т.Л., Эяль Ф.Г., Каннигам М.Д. Неонатология: в 2 т. Т. 1. Пер. с англ. под ред. Д.Н. Дегтярева. Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. С. 187–216.
14. Хазанов А.И. Клиническая неонатология. Санкт-Петербург : Гиппократ, 2009. 424 с.
15. Zimmerman J.J., Farrell P.M. Advances and issues in bronchopulmonary dysplasia // Curr. Probl. Pediatr. 1994. Vol. 24, N 5. P. 159–170.
16. Hyydynmaa E., Korhonen P., Ahonen S. et al. Frequency and clinical correlation of radiographic changes in bronchopulmonary dysplasia in infants with very low birth weight // Eur. J. Pediatr. 2012. Vol. 171, N 1, P. 95–102.
17. Эммануилидис Г.К., Байлен Б.Г. Сердечно-легочный дистресс у новорожденных. Москва : Медицина, 1994. С. 384–396.
18. Edwards D.K., Colby T.V., Northway W.H. Radiographic-pathologic correlation in bronchopulmonary dysplasia // J. Pediatr. 1979. Vol. 95. P. 835–836.
19. Козлов Ю.А., Новожилов В.А., Разумовский А.Ю. Хирургические болезни недоношенных детей. Национальное руководство. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2019. 592 с.
20. Hyde I., English R.E., Williams J.E. The changing pattern of chronic lung disease of prematurity // Arch. Dis. Child. 1989. Vol. 64. P. 448–451.
21. Bas A.Y., Okumus N., Demirel N., Zenciroglu A. Persistent pulmonary interstitial emphysema in a preterm infant // Indian Pediatrics. 2008. Vol. 45, N 9. P. 775–777.
22. Reid L. Bronchopulmonary dysplasia: Pathology // J. Pediatr. 1979. Vol. 95. P. 837–841.
23. Jobe A.H. The new BPD: an arrest of lung development // Pediatr. Res. 1999. Vol. 46. 641 p.
24. Bancalari E., Claire N., Sosenko I.R.S. Bronchopulmonary dysplasia: changes in pathogenesis, epidemiology and definition // Semin. Neonatol. 2003. Vol. 8, N 1. P. 63–71. DOI: [https://doi.org/10.1016/s1084-2756\(02\)00192-6](https://doi.org/10.1016/s1084-2756(02)00192-6)
25. Рюдигер М. Подготовка к выписке из стационара и организация амбулаторной помощи недоношенным детям. Москва : Медицинская литература, 2015. 96 с.
26. Панченко А.С. Гаймоленко И.Н., Игнатьева А.В. Патоморфологическая характеристика легочной ткани у детей с бронхолегочной дисплазией // Забайкальский медицинский вестник. 2014. № 4. С. 111–114.
27. Mortenson W., Andreasson B., Lindroth M. et al. Potential of early chest roentgen examination in ventilator treated newborn infants to predict future lung function and disease // Pediatr. Radiol. 1989. Vol. 20, N 1–2. P. 41–44.
28. Давыдова И.В. Формирование, течение и исходы бронхолегочной дисплазии у детей : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Москва, 2010.
29. Володин Н.Н., Дегтярева М.В., Горбунов А.В. и др. Роль рентгенологических шкал в оценке степени тяжести бронхолегочной дисплазии // Материалы I Международного Конгресса по перинатальной медицине. Москва, 2011. С. 66–67.
30. Maconochie I., Greenough A., Yuxsel B. et al. Chest radiograph scoring system to predict chronic oxygen dependency in low birth weight infants // Early Human Development. 1991. Vol. 26. P. 37–43.
31. Weinstein M.R., Peters M.E., Sadek M. et al. A new radiographic scoring system for bronchopulmonary dysplasia // Pediatr. Pulmonol. 1994. Vol. 18, N 5. P. 284–289. DOI: <https://doi.org/10.1002/ppul.1950180504>
32. Штаанц Г., Хоннеф Д., Пирот В. и др. Лучевая диагностика. Детские болезни. Москва : МЕДпресс-информ, 2010. 400 с.
33. Greenough A., Kavvadia K., Johnson A.H. et al. A new simple chest radiograph score to predict chronic lung disease in prematurely born infants // British J. Radiol. 1999. Vol. 72. P. 530–533.
34. Thomas M., Greenough A., Johnson A.H. et al. Frequent wheeze at follow-up of very preterm infants – which factors are predictive? // Arch. Dis. Child. 2003. Vol. 87. P. 320–324.
35. Schrod L., Neuhaus T., Horwitz A. E. et al. The effect of dexamethazone on respirator-dependent very-low-birthweight infants is best predicted by chest X-ray // Pediatric Radiology. 2001. Vol. 31. P. 332–338.
36. Овсянников Д.Ю., Бойцова Е.В., Павлинова Е.Б., Жесткова М.А., Семятов С.М. Фармакотерапия бронхолегочной дисплазии: персонализированный подход // Педиатрия. 2020. Т. 99, № 2. С. 105–111.
37. Jobe A.H., Bancalari E. Bronchopulmonary dysplasia // Am. J. Respir. Crit. Care Med. 2001. Vol. 163. P. 1723–1729.
38. Геппе Н.А., Розина Н.Н., Волков И.К., Мизерничий Ю.Л. Рабочая классификация основных клинических форм бронхолегочных заболеваний у детей // Трудный пациент. 2009. № 1–2. С. 35–39.
39. Higgins R.D., Jobe A.H., Koso-Thomas M., Bancalari E., Viscardi R.M., Hartert T.V. et al. Bronchopulmonary dysplasia: executive summary of a workshop // J. Pediatr. 2018. Vol. 197. P. 300–308. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2018.01.043>
40. Dassios T., Curley A., Krokidis M. et al. Correlation of radiographic thoracic area and oxygenation impairment in bronchopulmonary dysplasia // Respir. Physiol. Neurobiol. 2016. Vol. 220. P. 40–45. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resp.2015.09.009>
41. Rennie J.M., Robertson N.R.S. Chronic lung disease. A Manual of Neonatal Intensive Care. Oxford : Oxford University Press, 2002. P. 204–214.
42. У Виктор В.Х. Респираторные расстройства у новорожденных. Москва : Медицина, 1989. 176 с.
43. Тюрин И.Е. Лучевая диагностика внебольничной пневмонии. В кн.: Чучалин А.Г., Синопальников А.И., Страчунский Л.С. Пневмония. Москва : Медицинское информационное агентство, 2006. С. 50–79.
44. Sosenko I., Bancalari E., Greenough A. Bronchopulmonary dysplasia. Neonatal respiratory disorders. Ed. by A. Greenough, A.D. Milner. L. : ARNOLD, 2003. С. 399–422.
45. Дементьева Г.М., Кузьмина Т.Б., Балева Л.С. и др. Повторные и хронические бронхолегочные заболевания в раннем возрасте у детей, находившихся на искусственной вентиляции легких в неонатальном периоде // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 1997. № 1. С. 21–25.
46. Mayes L., Perkett E., Stahleman M.T. Severe bronchopulmonary dysplasia: a retrospective review // Acta Paediatrica. Scandinavica. 1983. Vol. 72, N 1–2. P. 220–229.
47. Запелавова Е.Ю., Сперанская А.А., Бойцова Е.В., Кирбятёва М.А., Лагно О.В. Клинико-лучевая диагностика отдаленных последствий перенесенной бронхолегочной дисплазии // Педиатрия. 2020. Т. 99. № 2. С. 118–124.
48. Таточенко В.К. Практическая пульмонология детского возраста (справочник). Москва, 2006. 268 с.
49. Козарезов С.Н. Клинико-патогенетические аспекты бронхолегочной дисплазии в стадии хронической болезни : автореф. дис. ...канд. мед. наук. Минск, 2010
50. Кршенинская И.В., Овсянников Д.Ю., Дегтярев Д.Н., Дегтярева Е.А. Респираторно-синцитиальный вирусный бронхит у недоношенных детей и предикторы его тяжелого течения // Неонатология: новости, мнения, обучение. 2016. № 2. С. 67–80.
51. Giacoia G.P., Venkataraman P.S., West-Wilson K.I., Faulkner M.J. Follow-up of school-age children with bronchopulmonary dysplasia // J. Pediatr. 1997. Vol. 130. P. 400–408.

REFERENCES

1. Ovsyannikov D.Yu., Kustova O.V., Zaytseva N.O., Pavlova E.S., Bolibok A.M., Degtyareva E.A. Image diagnosis of bronchopulmonary dysplasia. *Voprosy diagnostiki v pediatrii* [Questions of Diagnostics in Pediatrics]. 2011; 4: 36–45. (in Russian)
2. Ovsyannikov D.Yu. Bronchopulmonary dysplasia: the natural progression, outcomes, and control. *Pediatriya* [Pediatrics]. 2011; 90 (1): 141–50. (in Russian)
3. Boytsova E.V., Ovsyannikov D.Yu. Clinical and structural-functional respiratory consequences of bronchopulmonary dysplasia in children, adolescents and young adults. *Terapiya* [Therapy]. 2019; 5: 86–96. (in Russian)
4. Abman S.H., Collaco J.M., Shepherd E.G., Kesler M., Cuevas-Guaman M., Welty S.E., et al.; Bronchopulmonary Dysplasia Collaborative. Interdisciplinary care of children with severe bronchopulmonary dysplasia. *J Pediatr*. 2017; 181: 12–28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2016.10.082>
5. Ovsyannikov D.Yu., Kravchuk D.A., Nikolaeva D.Yu. Clinical pathophysiology of respiratory organs of premature babies. *Neonatologiya: novosti, mneniya, obuchenie* [Neonatology: News, Opinions, Training]. 2018; 6 (3): 74–98. DOI: <https://doi.org/10.24411/2308-2402-2018-13003> (in Russian)
6. Northway W.H.Jr., Rosan R.C., Porter D.Y. Pulmonary disease following respiratory therapy of hyaline membrane disease. *N Engl J Med*. 1967; 276: 357–68.
7. Stoll B.Dzh., Kligman R.M. Respiratory tract infections. In: Berman R.E., Kligman R.M., Dzhenson Kh.B. *Pediatrics by Nelson*. Vol. 1. Moscow: Rid Elsevier, 2009: 371–99. (in Russian)
8. Degtyareva M.V., Gorbunov A.V., Mazaev A.P., Erokhina A.V. X-ray diagnostics of lung diseases in newborns. Moscow: Logosfera, 2017: 200 p. (in Russian)
9. Edwards D.K. Radiology of hyaline membrane disease, transient tachypnea of the newborn and bronchopulmonary dysplasia. In: *Lung development: biological and clinical perspectives*. V. II. Neonatal respiratory distress. New York: Ed. P. M. Farrell. Academic Press; 1982: 47 p.
10. Hooper S.B., Kitchen M.J., Siew M.L.L., et al. Imaging lung aeration and liquid clearance at birth using phase contrast X-ray imaging. *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 2009; 36: 117–25.
11. Popov S.D., Popova E.D., Narimanbekov I.O. Morphological aspects of bronchopulmonary dysplasia. In: *Theses of the 2nd Congress of the International Union of Associations of pathologists*. Saint Petersburg, 1999: 245–6. (in Russian)
12. Edwards D.K. Radiographic aspects of bronchopulmonary dysplasia. *J Pediatr*. 1979; 95: 823–9.
13. Gomella T.L., Eyal' F.G., Kannigam M.D. Neonatology: in 2 volumes. Vol. 1. Moscow: BINOM, Laboratoriya znaniy, transl. by D.N. Degtyarev. 2015: 187–216. (in Russian)
14. Khazanov A.I. Clinical neonatology. Saint Petersburg: Gippokrat, 2009: 424 p. (in Russian)
15. Zimmerman J.J., Farrell P.M. Advances and issues in bronchopulmonary dysplasia. *Curr Probl Pediatr*. 1994; 24 (5): 159–70.
16. Hyödynmaa E., Korhonen P., Ahonen S., et al. Frequency and clinical correlation of radiographic changes in bronchopulmonary dysplasia in infants with very low birth weight. *Eur J Pediatr*. 2012; 171 (1): 95–102.
17. Emmanuilidis G.K., Baylen B.G. Cardio-pulmonary distress in the newborn. Moscow: Meditsina, 1994: 384–96.
18. Edwards D.K., Colby T.V., Northway W.H. Radiographic-pathologic correlation in bronchopulmonary dysplasia. *J Pediatr*. 1979; 95: 835–836.
19. Kozlov Yu.A., Novozhilov V.A., Razumovskiy A.Yu. Surgical diseases of premature babies. National leadership. Moscow: GEOTAR-Media, 2019: 592 p. (in Russian)
20. Hyde I., English R.E., Williams J.E. The changing pattern of chronic lung disease of prematurity. *Arch Dis Child*. 1989; 64: 448–51.
21. Bas A.Y., Okumus N., Demirel N., Zenciroglu A. Persistent pulmonary interstitial emphysema in a preterm infant. *Indian Pediatrics*. 2008; 45 (9): 775–7.
22. Reid L. Bronchopulmonary dysplasia: Pathology. *J Pediatr*. 1979; 95: 837–41.
23. Jobe A.H. The new BPD: an arrest of lung development. *Pediatr Res*. 1999; 46: 641 p.
24. Bancalari E., Claure N., Sosenko I.R.S. Bronchopulmonary dysplasia: changes in pathogenesis, epidemiology and definition. *Semin Neonatology*. 2003; 8 (1): 63–71. DOI: [https://doi.org/10.1016/s1084-2756\(02\)00192-6](https://doi.org/10.1016/s1084-2756(02)00192-6)
25. Ryudiger M. Preparation for hospital discharge and organization of outpatient care for premature babies. Moscow: Meditsinskaya literatura, 2015: 96 p. (in Russian)
26. Panchenko A.S., Gaymolenko I.N., Ignat'eva A.V. Pathomorphological characteristics of lung tissue in children with bronchopulmonary dysplasia. *Zabaykalskiy meditsinskiy vestnik* [Zabaykalsky Medical Bulletin]. 2014; 4: 111–4. (in Russian)
27. Mortenson W., Andreasson B., Lindroth M., et al. Potential of early chest roentgen examination in ventilator treated newborn infants to predict future lung function and disease. *Pediatr Radiol*. 1989; 20 (1-2): 41–4.
28. Davydova I.V. Formation, course and outcomes of bronchopulmonary dysplasia in children: Autoabstract of Diss. Moscow, 2010. (in Russian)
29. Volodin N.N., Degtyareva M.V., Gorbunov A.V., et al. The role of radiological scales in assessing the severity of bronchopulmonary dysplasia. In: *Proceedings of the First International Congress on Perinatal Medicine*. Moscow; 2011: 66–7. (in Russian)
30. Maconochie I., Greenough A., Yuksel B., et al. Chest radiograph scoring system to predict chronic oxygen dependency in low birth weight infants. *Early Human Development*. 1991; 26: 37–43.
31. Weinstein M.R., Peters M.E., Sadek M., et al. A new radiographic scoring system for bronchopulmonary dysplasia. *Pediatr Pulmonol*. 1994; 18 (5): 284–9. DOI: <https://doi.org/10.1002/ppul.1950180504>
32. Shtaants G., Khonnef D., Pirot V., et al. Radiodiagnostics. Childhood diseases. Moscow: MEDpress-inform, 2010: 400 p. (in Russian)
33. Greenough A., Kavvadia K., Johnson A.H., et al. A new simple chest radiograph score to predict chronic lung disease in prematurely born infants. *British J Radiol*. 1999; 72: 530–3.
34. Thomas M., Greenough A., Johnson A.H., et al. Frequent wheeze at follow-up of very preterm infants – which factors are predictive? *Arch Dis Child*. 2003; 87: 320–4.
35. Schrod L., Neuhaus T., Horwitz A.E., et al. The effect of dexamethazone on respirator-dependent very-low-birthweight infants is best predicted by chest X-ray. *Pediatric Radiology*. 2001; 31: 332–8.
36. Ovsyannikov D.Yu., Boytsova E.V., Pavlinova E.B., Zhestkova M.A., Semyatov S.M. Pharmacotherapy of bronchopulmonary dysplasia: a personalized approach. *Pediatriya* [Pediatrics]. 2020; 99 (2): 105–11. (in Russian)
37. Jobe A.H., Bancalari E. Bronchopulmonary dysplasia. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001; 163: 1723–9.
38. Geppé N.A., Rozinova N.N., Volkov I.K., Mizernitskiy Yu.L. Working classification of the main clinical forms of bronchopulmonary diseases in children. *Trudnyy patsient* [Difficult Patient]. 2009; 1–2: 35–9. (in Russian)
39. Higgins R.D., Jobe A.H., Koso-Thomas M., Bancalari E., Viscardi R.M., Hartert T.V., et al. Bronchopulmonary dysplasia: executive summary of a workshop. *J Pediatr*. 2018; 197: 300–8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2018.01.043>
40. Dassios T., Curley A., Krokidis M., et al. Correlation of radiographic thoracic area and oxygenation impairment in bronchopulmonary dysplasia. *Respir Physiol Neurobiol*. 2016; 220: 40–5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resp.2015.09.009>
41. Rennie J.M., Robertson N.R.S. Chronic lung disease. A manual of neonatal intensive care. Oxford: Oxford University Press, 2002: 204–14.
42. Yu V.V.Kh. Respiratory disorders in newborns. Moscow: Meditsina, 1989: 176 p. (in Russian)
43. Tyurin I.E. Radiation diagnostics of community-acquired pneumonia. In: Chuchalin A.G., Sinopal'nikov A.I., Strachunskiy L.S. *Pnevmoniya*. Moscow: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo, 2006: 50–79. (in Russian)
44. Sosenko I., Bancalari E., Greenough A. Bronchopulmonary dysplasia. Neonatal respiratory disorders. Ed. by A. Greenough, A.D. Milner. London: AR-NOLD, 2003: 399–422.
45. Dement'eva G.M., Kuz'mina T.B., Baleva L.S., et al. Repeated and chronic bronchopulmonary diseases at an early age in children who were on artificial ventilation in the neonatal period. *Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii* [Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics]. 1997; 1: 21–5. (in Russian)
46. Mayes L., Perkett E., Stahleman M.T. Severe bronchopulmonary dysplasia: a retrospective review. *Acta Paediatrica. Scandinavica*. 1983; 72 (1–2): 220–9.
47. Zapevalova E.Yu., Speranskaya A.A., Boytsova E.V., Kiryat'eva M.A., Lagno O.V. Clinical and radiological diagnostics of long-term consequences of endured bronchopulmonary dysplasia. *Pediatriya* [Pediatrics]. 2020; 99 (2): 118–24. (in Russian)
48. Tatochenko V.K. Practical pulmonology of children's age (reference). Moscow; 2006: 268 p. (in Russian)
49. Kozarezov S.N. Clinical and pathogenetic aspects of bronchopulmonary dysplasia in the stage of chronic disease: Autoabstract of Diss. Minsk, 2010. (in Russian)
50. Krsheminskaya I.V., Ovsyannikov D.Yu., Degtyarev D.N., Degtyareva E.A. Respiratory syncytial viral bronchiolitis in premature infants and predictors of its severe course. *Neonatologiya: novosti, mneniya, obuchenie* [Neonatology: News, Opinions, Training]. 2016; 2: 67–80. (in Russian)
51. Giacoia G.P., Venkataraman P.S., West-Wilson K.I., Faulkner M.J. Follow-up of school-age children with bronchopulmonary dysplasia. *J Pediatr*. 1997; 130: 400–8.