



<https://doi.org/10.34883/PI.2023.13.1.009>
УДК [616.24-008.4+616.24-002+616.24-007.17]-073.43-053.3



Левандовский Е.В. ✉, Улезко Е.А.

Республиканский научно-практический центр «Мать и дитя», Минск, Беларусь

Алгоритмы ультразвуковой диагностики респираторного дистресс-синдрома и пневмоний у новорожденных, бронхолегочной дисплазии у детей раннего возраста

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Улезко Е.А. – разработка концепции, утверждение окончательного варианта статьи; Левандовский Е.В. – проведение исследований, подготовка и редактирование текста.

Подана: 27.12.2022

Принята: 30.01.2023

Контакты: lewandowski10mg@gmail.com

Резюме

Было проведено ультразвуковое исследование легких у 240 новорожденных детей и детей грудного возраста с диагнозом «респираторный дистресс-синдром», «пневмония» в условиях отделения анестезиологии и реанимации (с палатами для новорожденных детей) и 98 детей раннего возраста с диагнозом «бронхолегочная дисплазия» в отделениях педиатрического профиля. Полученные данные были сопоставлены с результатами рентгенографии и компьютерной томографии органов грудной клетки. Ультразвуковой метод исследования легких позволяет диагностировать респираторный дистресс-синдром ($p < 0,0001$; чувствительность 98,7%, специфичность 70,5%, прогностическая значимость 96,8%; $AUC = 0,877$; коэффициент корреляции $r = 77$; $P(T \leq t)$ двухстороннее 0,81) и пневмонии ($p < 0,0001$; чувствительность 90,7%, специфичность 86,5%, прогностическая значимость 84,5%; $AUC = 0,878$; коэффициент корреляции $r = 88$; $P(T \leq t)$ двухстороннее 0,078) у новорожденных детей. Также ультразвуковой метод позволяет оценивать характер патологических изменений легких у пациентов с бронхолегочной дисплазией ($p < 0,00001$; коэффициент детерминации $R^2 = 0,997$) и прогнозировать клиническую степень тяжести (коэффициент детерминации $R^2 = 0,91$).

На основе полученных данных составлены алгоритмы диагностики респираторного дистресс-синдрома, пневмоний и бронхолегочной дисплазии.

Ключевые слова: ультразвук, легкие, новорожденные дети, дети раннего возраста, респираторный дистресс-синдром, пневмонии, бронхолегочная дисплазия

Levandouski Y. ✉, Ulezka A.

Republican Scientific and Practical Center "Mother and Child", Minsk, Belarus

Algorithms of Ultrasound Diagnosis of Respiratory Distress Syndrome and Pneumonia in Newborns, Bronchopulmonary Dysplasia in Infants

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: concept development, approval of the final version of the article – Ulezka A.; research, preparation and editing of the text – Levandouski Y.

Submitted: 27.12.2022

Accepted: 30.01.2023

Contacts: lewandowski10mg@gmail.com

Abstract

Lung ultrasonography was performed in 240 newborns and infants diagnosed with respiratory distress syndrome and pneumonia in anesthesiology and intensive care units (with wards for newborns) and in 98 infants diagnosed with bronchopulmonary dysplasia in pediatric departments. The obtained data were compared with the results of chest X-ray and computed tomography.

The ultrasound method of lung examination allows the diagnosis of respiratory distress syndrome ($p < 0.0001$; sensitivity 98.7%, specificity 70.5%, positive predictive value 96.8%; $AUC = 0.877$; correlation coefficient $r = 77$; two-tail $P(T \leq t) 0.81$) and pneumonia ($p < 0.0001$; sensitivity 90.7%, specificity 86.5%, positive predictive value 84.5%; $AUC = 0.878$; correlation coefficient $r = 88$; two-tail $P(T \leq t) 0.078$) in newborns. Also, ultrasound method allows to estimate the character of pathological changes of lungs in patients with bronchopulmonary dysplasia ($p < 0.00001$; coefficient of determination $R^2 = 0.997$) and predict clinical severity (coefficient of determination $R^2 = 0.91$).

On the basis of the obtained data, algorithms for the diagnosis of respiratory distress syndrome, pneumonia, and bronchopulmonary dysplasia were compiled.

Keywords: ultrasound, lungs, newborn children, young children, respiratory distress syndrome, pneumonia, bronchopulmonary dysplasia

■ ВВЕДЕНИЕ

За последние два десятилетия возросла частота преждевременных родов в ранние гестационные сроки (ранее 32 недель) и повысилась выживаемость новорожденных детей. В Республике Беларусь в последние годы удельный вес преждевременных родов стабилизировался на уровне 4–5%, однако тенденции к дальнейшему снижению показателя нет [1].

При анализе причин смерти детей в 187 странах мира в период с 1980 по 2010 г., проведенном R. Lozano и соавт. в 2012 году, выяснилось, что в структуре причин смерти новорожденных лидировали осложнения преждевременных родов, включающие респираторный дистресс-синдром (РДС) и бронхолегочную дисплазию (БЛД), составив 28,6%. На инфекции нижних дыхательных путей пришлось 6,8% [2].



В связи с использованием новых технологий в реанимации и интенсивной терапии новорожденных значительно увеличилась выживаемость детей с экстремально низкой массой тела и уже превысила 75% [3]. Вместе с тем увеличивается риск заболеваемости в неонатальном периоде и инвалидизации в отдаленном. Одним из факторов инвалидизации новорожденных детей является формирование БЛД.

Диагностика патологических состояний новорожденных детей основана на данных клинических, лабораторных и инструментальных методов, в т. ч. методов визуализации, основными из которых являются рентгенологические.

Исходя из вышеизложенного, данное исследование, посвященное разработке и внедрению метода ультразвуковой диагностики РДС и пневмоний у новорожденных детей, БЛД у детей грудного возраста, призвано снизить показатели лучевой нагрузки при диагностике данных патологических состояний.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработать алгоритмы ультразвуковой диагностики РДС и пневмоний у новорожденных детей, БЛД у детей грудного возраста.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ультразвуковое исследование (УЗИ) легких было проведено 240 новорожденным детям с диагнозом «респираторный дистресс-синдром» (РДС), «пневмония». Также этим детям в первые сутки жизни была проведена рентгенография органов грудной клетки (ОГК). УЗИ легких было выполнено 98 детям раннего возраста с диагнозом «бронхолегочная дисплазия» (БЛД), из них в 31 случае выполнена компьютерная томография (КТ) ОГК. Всем детям был проведен общий анализ крови с расчетом лейкоцитарной формулы, нейтрофильного индекса и биохимический анализ крови (уровень С-реактивного белка).

Критериями диагностики БЛД служили: искусственная вентиляция легких на первой неделе жизни и/или респираторная терапия с постоянным положительным давлением в дыхательных путях через носовые катетеры (НСРАР – англ. *nasal continuous positive airway pressure*); терапия кислородом в возрасте 28 дней и старше; дыхательная недостаточность, бронхообструктивный синдром в возрасте 28 дней и старше, зависимость от кислорода (насыщение крови кислородом $SaO_2 \leq 90\%$), развивающаяся при проведении кислородотерапии (искусственная вентиляция легких (ИВЛ), НСРАР) [1]. Рентгенологическими критериями БЛД являются: интерстициальный отек, чередующийся с участками повышенной прозрачности легочной ткани, фиброз, лентообразные участки консолидации легочной ткани [2].

Исследование выполняется на аппарате УЗИ в В-режиме, линейным датчиком с частотой 4–12 МГц.

С учетом анатомо-физиологических особенностей детей рекомендована следующая методика УЗИ легких. Датчик устанавливается строго перпендикулярно к исследуемой поверхности и перпендикулярно относительно межреберных промежутков – поперечное положение датчика. Продольное положение датчика при отсутствии патологических изменений не обладает весомой информативностью, но может применяться как дополнительная проекция [3].

При исследовании каждый гемиторакс условно разделяется на области исследования: передняя (от грудины до передней подмышечной линии), латеральная

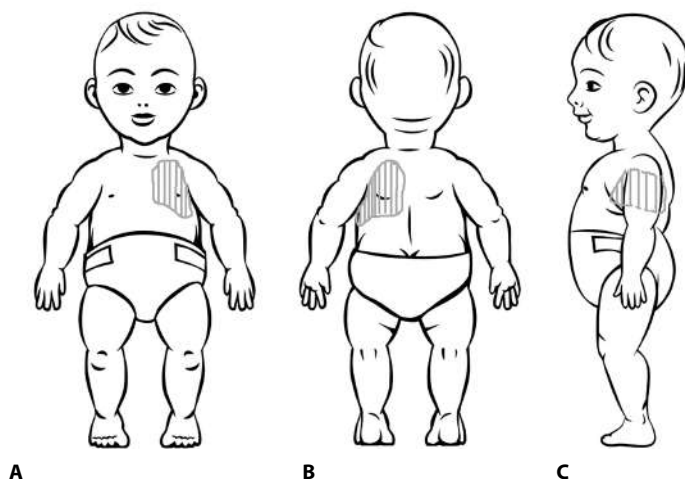


Рис. 1. Зоны сканирования при УЗИ легких: А – передняя область; В – задняя область; С – латеральная область

Fig. 1. Lung ultrasound scanning zones: A – anterior region; B – posterior region; C – lateral region

(от передней до задней подмышечной линии), задняя (от задней подмышечной до паравертебральной области) область (рис. 1).

При нарушении техники исследования реальная картина состояния легких искажается.

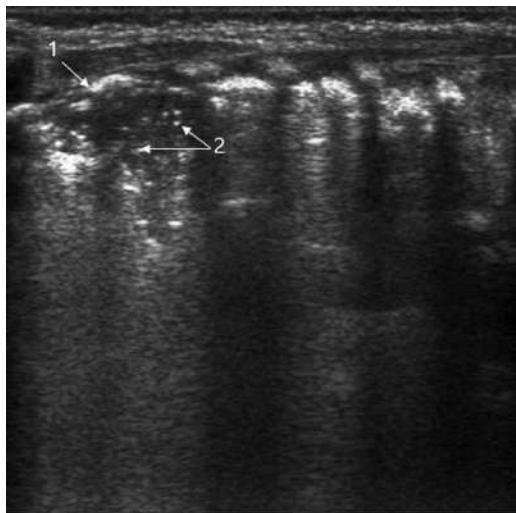


Рис. 2. Синдром консолидации легочной ткани. Линия плевры не определяется (1).

Множественные жидкостные и воздушные бронхограммы (2)

Fig. 2. Pulmonary consolidation syndrome. The pleural line is undetectable (1). Multiple fluid and air bronchograms (2)

Ультразвуковая картина синдрома консолидации легочной ткани

Основные закономерности визуализации синдрома консолидации легочной ткани: неоднородность и утолщение или прерывистость плевральной линии; отсутствие динамического признака скольжения плевры; определение субплеврального гиперэхогенного участка легочной ткани с неровным контуром без А- и В-линий в структуре, в котором прослеживаются линейные гипер- и/или гипозоногенные бронхи; при массивном объеме может определяться признак пульсации участка консолидации синхронно с частотой сердечных сокращений (рис. 2) [4].

Ультразвуковая картина синдрома интерстициальных изменений легочной ткани

Основные закономерности визуализации интерстициального синдрома: визуализация В-линий количеством более 3; отсутствие дифференцировки межреберных промежутков – признак, при котором количество В-линий стремится к бесконечности; отсутствие А-линий.

Степень выраженности интерстициального синдрома прямо пропорциональна количеству В-линий в одном межреберье.

При визуализации В-линий от 3 до 5 в одном межреберье, четком определении А-линий и тени от ребер – слабо выраженный интерстициальный синдром (рис. 3).

При визуализации В-линий более 5 в одном межреберье, определении тени от ребер и отсутствии дифференциации А-линий в некоторых межреберьях – умеренно выраженный интерстициальный синдром (рис. 4).

При слиянии В-линий и невозможности их дифференцировки в одном межреберье, отсутствии визуализации А-линий и тени от ребер – выраженный интерстициальный синдром (рис. 5).

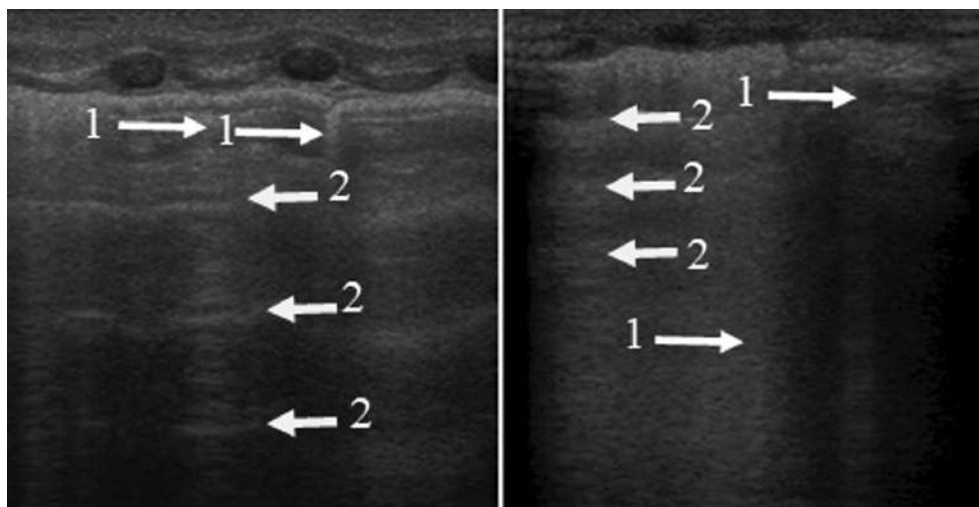


Рис. 3. Непрезко выраженный интерстициальный синдром: 1 – В-линии, 2 – А-линии
Fig. 3. Mild interstitial syndrome: 1 – B-lines, 2 – A-lines

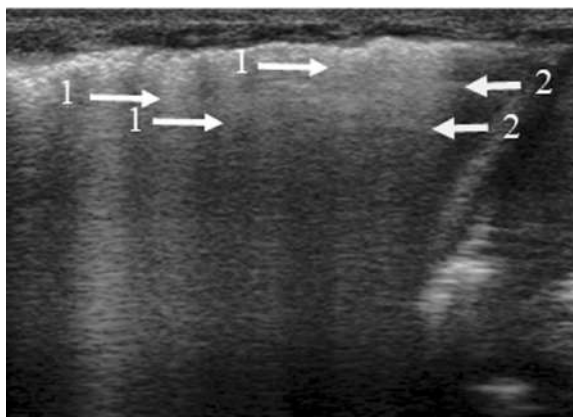


Рис. 4. Умеренно выраженный интерстициальный синдром: 1 – B-линии, 2 – единичные A-линии
Fig. 4. Moderate interstitial syndrome: 1 – B-lines, 2 – single A-lines



Рис. 5. Выраженный интерстициальный синдром: отсутствуют A-линии, B-линии не дифференцируются, тень ребер не определяется
Fig. 5. Severe interstitial syndrome: no A-lines, B-lines not differentiated, no rib shadow detected

Ультразвуковой паттерн интерстициального синдрома характерен для РДС 1–4-й ст., интерстициального отека (нерезко выраженного, умеренно выраженного и выраженного) и БЛД (легкой, средней, тяжелой степени).

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Данные 343 ультразвуковых исследований легких на предмет оценки интерстициального отека легких были сопоставлены с данными 343 рентгенографий ОГК (табл. 1).

При построении ROC-кривой на основе анализируемых данных площадь, ограниченная ROC-кривой и осью доли ложноположительных результатов (AUC), составила



Таблица 1
Данные, полученные при УЗИ легких и рентгенографии ОГК, для вычисления чувствительности и специфичности метода УЗИ легких в диагностике интерстициального отека легких
Table 1
Data obtained from lung ultrasound and chest X-ray to calculate sensitivity and specificity of lung ultrasound in the diagnosis of interstitial pulmonary edema

УЗИ легких		Рентгенография ОГК	
Истинно положительные	305	Отек легких	309
Истинно отрицательные	24	Отсутствие отека	34
Ложноположительные	10	–	–
Ложноотрицательные	4	–	–
Всего	343	–	–

87,7%, уровень значимости $p < 0,0001$. Двухвыборочный t-тест выбран как способ проверить идентичность результатов УЗИ легких и рентгенографии ОГК. Сравнительный анализ ультразвукового и рентгенологического признака интерстициального отека продемонстрировал высокую положительную корреляцию ($r = 0,88$), а двухвыборочный тест Стьюдента с различными дисперсиями, где $P(T \leq t)$ двустороннее составило 0,078, позволил не отклонять нулевую гипотезу о том, что с 95%-ной вероятностью метод УЗИ легких является действенным диагностическим методом на предмет выявления признаков интерстициального отека легких.

Аналогичным образом те же данные были сопоставлены на предмет выявления участков консолидации легочной ткани (табл. 2).

При построении ROC-кривой на основе анализируемых данных площадь, ограниченная ROC-кривой и осью доли ложноположительных результатов (AUC), составила 87,8%. Двухвыборочный t-тест выбран как способ проверить идентичность результатов УЗИ легких и рентгенографии ОГК. Сравнительный анализ результатов УЗИ легких и рентгенографии ОГК продемонстрировал высокую положительную корреляцию ($r = 0,77$), двухвыборочный тест Стьюдента с различными дисперсиями $P(T \leq t)$ составил 0,81, что позволило не отклонять нулевую гипотезу о том, что с 95%-ной вероятностью метод УЗИ легких является действенным диагностическим методом на предмет выявления признаков консолидации легочной ткани.

В группе исследования у детей с БЛД также был использован двухвыборочный t-тест для оценки интерстициальных изменений при УЗИ легких и при КТ ОГК и для

Таблица 2
Данные, полученные при УЗИ легких и рентгенографии ОГК, для вычисления чувствительности и специфичности метода УЗИ легких в диагностике синдрома консолидации легочной ткани
Table 2
Data obtained from lung ultrasound and chest X-ray to calculate sensitivity and specificity of lung ultrasound in the diagnosis of pulmonary consolidation syndrome

УЗИ		Рентген	
Истинно положительные	109	Пневмония	126
Истинно отрицательные	197	Нет пневмонии	217
Ложноположительные	20	–	–
Ложноотрицательные	17	–	–
Всего	343	–	–

оценки наличия или отсутствия признаков консолидации легочной ткани при УЗИ легких и при КТ ОГК. Было определено, что $P(T \leq t)$ двустороннее 0,475, больше выбранного Р-значения (0,05), следовательно, нулевая гипотеза о том, что УЗИ легких является достоверным методом диагностики данных патологических синдромов (интерстициальных изменений и консолидации легочной ткани), корректна с 95%-ной вероятностью. Чтобы определить, коррелирует ли степень интерстициальных изменений и наличие или отсутствие признаков консолидации, выявленных при УЗИ, с клинической степенью тяжести течения БЛД, была использована процедура проверки гипотезы о равенстве дисперсий двух независимых нормально распределенных случайных величин с помощью F-статистики Фишера. Двусторонний t-тест не позволил отвергнуть нулевую гипотезу и продемонстрировал, что с 95%-ной вероятностью клиническая степень тяжести и степень интерстициальных изменений, выявленных при УЗИ легких, совпадают. Тест модели на предсказанных результатах клинической степени тяжести течения БЛД для 98 случаев демонстрирует высокий результат коэффициента Пирсона, равный 0,9.

Таким образом, очевидно, что степень выраженности интерстициального синдрома при КТ ОГК и степень выраженности пневмофиброза при БЛД имеет корреляционную зависимость от количества Б-линий, выявленных при УЗИ легких. Аналогичным образом была определена корреляционная зависимость между ультразвуковым симптомом консолидации легочной ткани, очаговыми инфильтративными тенями на рентгенографии ОГК и участками лентовидной консолидации легочной ткани при КТ легких.

Установлено, что синдром интерстициальных изменений легких при РДС и БЛД является специфичным признаком только в случае наличия дополнительных анамнестических данных, поскольку имеет место различный патогенез развития интерстициальных изменений при РДС и БЛД.

Также было определено, что степень выраженности интерстициального синдрома имеет высокий коэффициент детерминации ($R^2=0,91$) со степенью тяжести течения БЛД, что свидетельствует о весьма высокой силе связи.

При сравнении признаков консолидации легочной ткани, выявленной с помощью УЗИ легких, становится очевидно, что в группе новорожденных детей этот признак обусловлен пневмонией (что подтверждено клиническими, лабораторными и рентгенографическими методами), когда в случае с БЛД этот признак обусловлен формирующимся пневмофиброзом (что также подтверждено данными анамнеза, клиническими данными и данными лабораторных методов исследования).

На основе этих данных составлены алгоритмы ультразвуковой дифференциальной диагностики РДС, интерстициального отека, пневмоний и БЛД (рис. 6, 7).

Исходя из алгоритма, РДС предполагается только у детей менее 3 дней жизни при условии наличия интерстициальных изменений, отсутствия признаков консолидации легочной ткани и отсутствия признаков воспалительного процесса при анализе показателей крови. Эти же факторы у детей старше трехдневного возраста следует расценивать как интерстициальный отек легких. В остальных случаях следует предполагать пневмонию.

Исходя из алгоритма, БЛД можно предположить у детей, которые соответствуют критериям диагностики БЛД при наличии интерстициальных изменений легочной ткани и/или консолидации легочной ткани. Однако, если у этих же детей наблюдаются

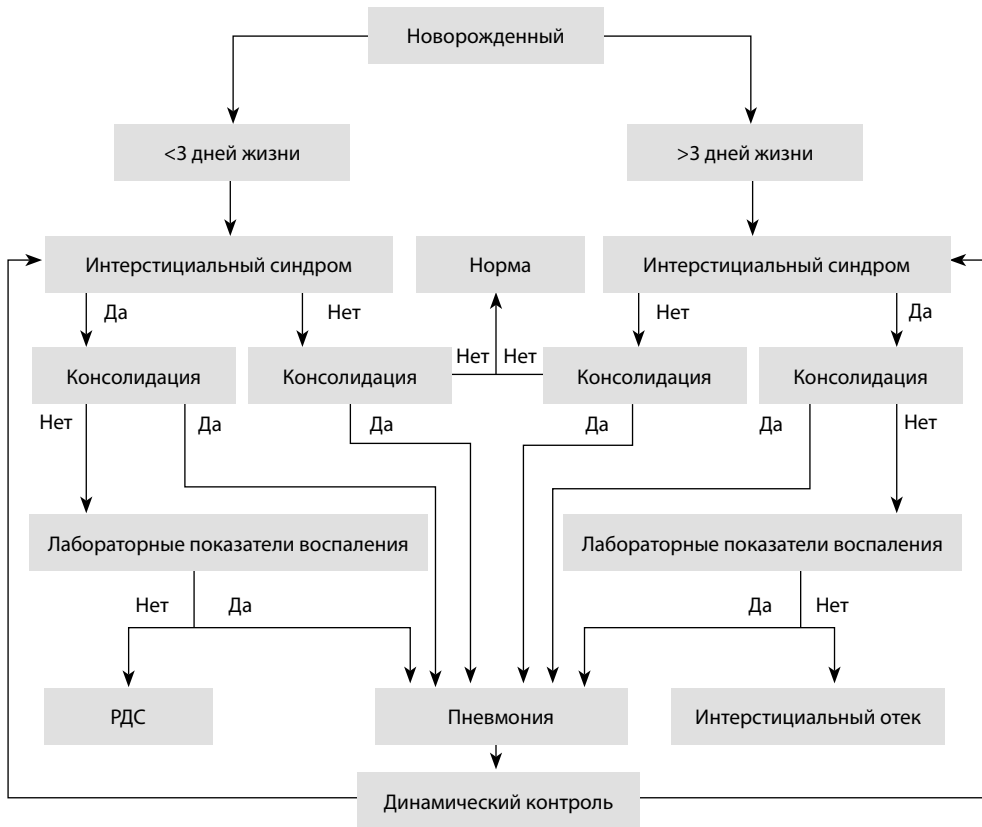


Рис. 6. Алгоритм ультразвуковой дифференциальной диагностики РДС, пневмоний и интерстициального отека у новорожденных детей
Fig. 6. Algorithm of ultrasound differential diagnosis of RDS, pneumonia, and interstitial edema in newborns

клинико-лабораторные данные, свидетельствующие о воспалительном процессе, в первую очередь следует исключить пневмонию.

Комбинация признаков интерстициальных изменений и консолидации легочной ткани, выявленных при УЗИ легких у новорожденных детей, может трактоваться как «врожденная пневмония, РДС». У новорожденных детей старше трехдневного возраста эта комбинация ультразвуковых симптомов может трактоваться как «пневмония, интерстициальный отек». У детей 28 дней и старше (с учетом данных анамнеза) эта комбинация симптомов может трактоваться как «БЛД» или «формирование БЛД».

■ ВЫВОДЫ

УЗИ легких может использоваться для диагностики РДС, интерстициального отека, пневмоний, БЛД без применения рентгенологических методов. Для дифференциальной диагностики этих патологических состояний недостаточно изолированных

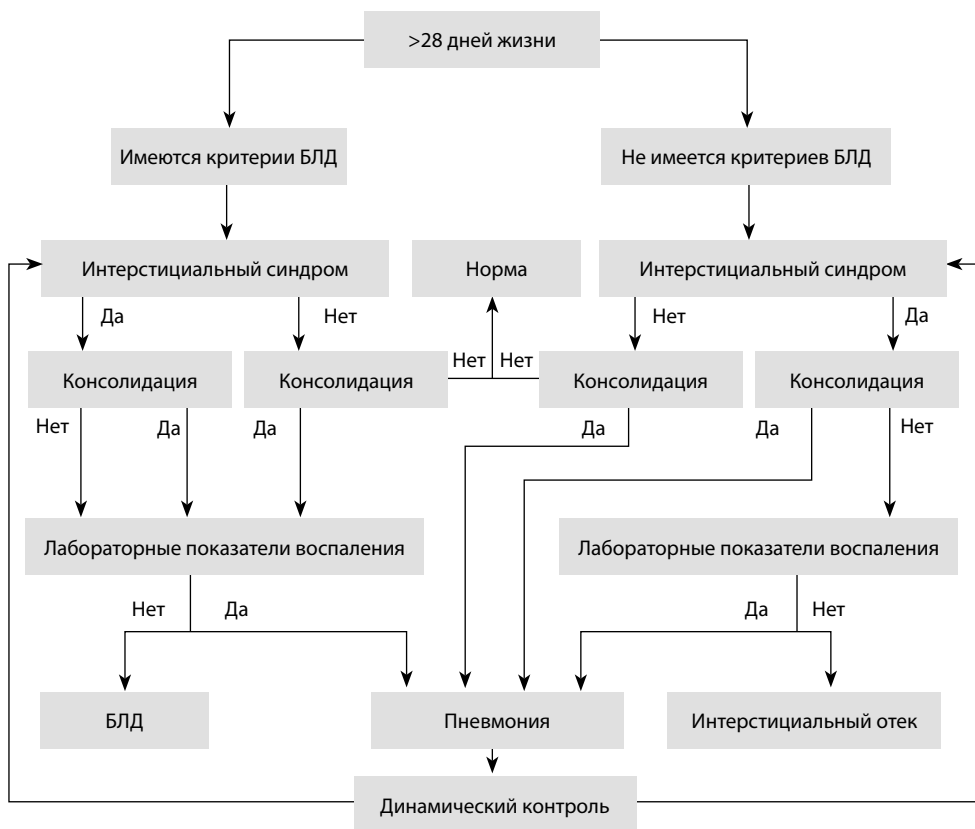


Рис. 7. Алгоритм ультразвуковой дифференциальной диагностики БЛД, пневмоний и интерстициального отека у детей раннего возраста
Fig. 7. Algorithm of ultrasound differential diagnosis of BPD, pneumonia, and interstitial edema in infants

данных, полученных при УЗИ легких, дополнительно следует учитывать анамнез и результаты лабораторных исследований. Степень выраженности интерстициального синдрома при БЛД коррелирует с клинической степенью тяжести ее течения.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Ovsyannikov D. *System of medical care for children with bronchopulmonary dysplasia: a guide for practitioners*. M.: MDV, 2010. 152 p.
2. Jobe A., Bancalari E. Bronchopulmonary dysplasia. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001;163:1723–9.
3. Ulezko E., Devyaltovskaya M., Levandovskij E. Ultrasound characteristics of the lungs and pleural cavity in healthy newborn infants. *Modern perinatal medical technologies in solving problems of demographic safety*. – Minsk, 2020:406–412.
4. Ulezko E., Devyaltovskaya M., Levandovskij E. Ultrasound characteristics of respiratory distress syndrome and pneumonia in preterm infants. *Modern perinatal medical technologies in solving problems of demographic safety*. – Minsk, 2021:518–523.