

В.Ю. Старков^{1, 2}, Е.В. Шестак^{1, 2}, О.П. Ковтун¹, Д.С. Додров²¹ Екатеринбургский клинический перинатальный центр, Екатеринбург, Российская Федерация² Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Российская Федерация

Прогнозирование потребности в сурфактанте по данным ранней ультразвуковой оценки аэрации легочной паренхимы у недоношенных новорожденных с респираторным дистресс-синдромом на неинвазивной респираторной поддержке: проспективное когортное исследование

Контактная информация:

Старков Вадим Юрьевич, врач анестезиолог-реаниматолог отделения реанимации и интенсивной терапии новорожденных Екатеринбургского клинического перинатального центра, ассистент кафедры неонатологии Уральского государственного медицинского университета

Адрес: 620028, Екатеринбург, ул. Репина, д. 3, тел.: +7 (343) 374-52-12, e-mail: v.u.starkov@gmail.com

Статья поступила: 21.04.2026, принята к печати: 16.08.2026

Обоснование. Современные клинические руководства рекомендуют введение сурфактанта при потребности в кислороде (FiO_2) > 0,3 на фоне неинвазивной респираторной поддержки методом CPAP (continuous positive airway pressure). Этот критерий является неспецифичным и не отражает истинной степени поражения легочной паренхимы. Ультразвуковое исследование (УЗИ) легких позволяет количественно оценить потерю аэрации «у постели» пациента без лучевой нагрузки и до развития кислородной зависимости. **Цель исследования** — изучить прогностические характеристики оценки аэрации легочной паренхимы методом УЗИ при определении потребности в сурфактанте у недоношенных новорожденных с респираторным дистресс-синдромом (РДС) на неинвазивной респираторной поддержке. **Методы.** В проспективное исследование включали недоношенных новорожденных с гестационным возрастом (ГВ) 26⁰–34⁶ нед с РДС, получавших NCPAP (nasal CPAP) с рождения, с $FiO_2 \leq 0,3$. Состояние аэрации легочной паренхимы оценивали по результатам УЗИ в первые 2 ч жизни. Каждой зоне сканирования (передней, боковой и задней с обеих сторон) присваивали балл от 0 до 3, где 0 — А-паттерн (горизонтальные артефакты, нормальная аэрация); 1 — В-паттерн (менее 3 четко определяемых В-линий); 2 — выраженный альвеолярно-интерстициальный синдром (множественные сливные В-линии, возможны субплевральные консолидации); 3 — обширная консолидация легочной паренхимы. Оценки по зонам суммировали. Возможный диапазон значений суммарного балла — от 0 до 18. Предсказываемый исход: введение сурфактанта в течение первых 3 ч жизни. **Результат.** В исследование включили 175 недоношенных, из них сурфактант был применен у 95 (54%) детей. Медиана суммарного балла УЗИ легких в группе детей, получивших сурфактант, составила 10 (8; 12), без сурфактанта — 4 (2; 6) ($p < 0,001$). Различия между группами по показателю суммарного балла определены по всем зонам сканирования легких ($p < 0,001$). Площадь под ROC-кривой (AUC) для показателя суммарного балла составила 0,911 (95% ДИ 0,865–0,951). Для порога ≥ 8 баллов чувствительность составила 82,1%, специфичность — 96,2%, положительная прогностическая ценность — 96,3%, отрицательная прогностическая ценность — 81,9%. **Заключение.** Оценка аэрации легочной паренхимы методом УЗИ в первые 2 ч жизни является точным независимым предиктором потребности в первичном введении сурфактанта недоношенным новорожденным с РДС на CPAP.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование легких, респираторный дистресс-синдром новорожденных, легочная паренхима, сурфактант, недоношенные новорожденные

Для цитирования: Старков В.Ю., Шестак Е.В., Ковтун О.П., Додров Д.С. Прогнозирование потребности в сурфактанте по данным ранней ультразвуковой оценки аэрации легочной паренхимы у недоношенных новорожденных с респираторным дистресс-синдромом на неинвазивной респираторной поддержке: проспективное когортное исследование. Вопросы современной педиатрии. 2026;25(4):248–257. doi: <https://doi.org/10.15690/vsp.v25i4.3059>

ОБОСНОВАНИЕ

Респираторный дистресс-синдром новорожденных (РДСН) является одной из наиболее частых причин заболеваемости и смерти недоношенных [1]. Частота РДСН среди новорожденных с гестационным возрастом < 34 нед достигает 50–80%, 28–30 нед — превышает 60–70%, а у детей с гестационным возрастом ≤ 26 нед приближается к 100% [2]. Заболевание вызвано первичным дефицитом сурфактанта, что приводит к прогрессирующей альвеолярной нестабильности, ателектазированию легочной ткани, нарушению вентиляционно-перфузионных отношений и развитию гипоксемии [3]. Применение экзогенного сурфактанта снижает летальность при РДСН, а также риск развития бронхолегочной дисплазии [4].

Согласно рекомендациям Европейского консенсуса по ведению пациентов с РДСН, препарат сурфактанта показан при потребности в кислороде (FiO_2) > 0,3 на фоне неинвазивной респираторной поддержки методом СРАР (continuous positive airway pressure) [1]. Однако потребность в дополнительном кислороде отражает уже наступившее нарушение газообмена, обусловленное ателектазированием и внутрилегочным шунтированием на фоне дефицита сурфактанта [5]. Обсуждаются и другие значения FiO_2 , при которых следует инициировать сурфактантную терапию [6]. Неоднородность пороговых значений FiO_2 обусловлена тем, что потребность в кислороде определяется не только степенью дефицита сурфактанта, но и параметрами респираторной поддержки [7, 8], а также наличием сопутствующей патологии (например, врожденной пневмонии) [9]. Кроме того, рекомендации

относительно порогового значения FiO_2 неодинаковы в медицинских организациях разного уровня и варьируют даже внутри одного клинического центра [10]. Так, по результатам пилотного проекта ENVISION, порог $\text{FiO}_2 \geq 0,3$ в качестве критерия назначения сурфактанта указали только 48% опрошенных специалистов, уменьшение данного критерия увеличивалось в зависимости от уровня отделения реанимации и интенсивной терапии новорожденных (ОРИТН): IV уровень — 54%, III уровень — 44% [10]. В свою очередь, отсроченное начало сурфактантной терапии по причине ожидания достижения рекомендованного порогового значения FiO_2 ведет к нарастанию дыхательной недостаточности, усугублению гипоксического повреждения органов и тканей, более длительной инвазивной респираторной поддержке [11]. При этом нарастающая кислородная зависимость отражает не только тяжесть состояния, но и прогрессирование легочного повреждения с инактивацией как эндогенного, так и впоследствии введенного экзогенного сурфактанта [11]. Прогностическое значение имеют факт развития и выраженность кислородной зависимости, отражающие прогрессирующее ателектазирование легочной ткани и определяющие высокий риск неэффективности неинвазивной респираторной поддержки [12, 13]. Поэтому важно определить ранние показания к введению сурфактанта — до появления выраженных клинических признаков декомпенсации, кислородной зависимости [14].

В клинической практике для оценки тяжести дыхательных нарушений широко применяются шкала

Vadim Yu. Starkov^{1, 2}, Evgeny V. Shestak^{1, 2}, Olga P. Kovtun¹, Dmitry S. Dodrov²

¹ Ekaterinburg Clinical Perinatal Center, Ekaterinburg, Russian Federation

² Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation

Predicting the Need for Surfactant Based on Early Ultrasound Assessment of Lung Parenchymal Aeration in Preterm Infants with Respiratory Distress Syndrome on Non-Invasive Respiratory Support: A Prospective Cohort Study

Background. Modern clinical guidelines recommend surfactant administration when the oxygen requirement (FiO_2) exceeds 0.3 during non-invasive respiratory support via continuous positive airway pressure (CPAP). However, this criterion is nonspecific and does not reflect the true extent of lung parenchymal involvement. Lung ultrasound enables a quantitative assessment of aeration decrease at the bedside without radiation exposure and prior to the onset of oxygen dependency. **The aim of the study** was to evaluate the predictive characteristics of ultrasound assessment of lung parenchymal aeration in determining the need for surfactant administration in preterm infants with respiratory distress syndrome (RDS) on non-invasive respiratory support. **Methods.** This prospective study included preterm infants with a gestational age (GA) of 26–34 weeks with RDS who received nasal CPAP (NCPAP) from birth with an $\text{FiO}_2 \leq 0.3$. Lung parenchymal aeration was evaluated via ultrasound within the first 2 hours of life. Each scanned zone (anterior, lateral, and posterior on both sides) was assigned points from 0 to 3, where 0 — A-pattern (horizontal artifacts, normal aeration); 1 — B-pattern (fewer than 3 clearly defined B-lines); 2 — severe alveolar-interstitial syndrome (multiple confluent B-lines; possible subpleural consolidations); 3 — extensive lung parenchymal consolidation. Zone scores were summed up. The possible range for the total score was 0 to 18. The predicted outcome was surfactant administration within the first 3 hours of life. **Results.** The study included 175 preterm infants; surfactant was administered to 95 (54%) of them. The median total lung ultrasound score was 10 (8; 12) in the group receiving surfactant and 4 (2; 6) in the group not receiving surfactant ($p < 0.001$). Differences in total scores between the groups were observed across all lung scanning zones ($p < 0.001$). The area under the ROC curve (AUC) for the total score was 0.911 (95% CI 0.865–0.951). At a threshold of ≥ 8 points, sensitivity was 82.1%, specificity was 96.2%, positive predictive value was 96.3%, and negative predictive value was 81.9%. **Conclusion.** Ultrasound assessment of lung parenchymal aeration during the first 2 hours of life is an accurate, independent predictor of the need for initial surfactant administration in preterm infants with RDS on CPAP.

Keywords: lung ultrasound, neonatal respiratory distress syndrome, lung parenchyma, surfactant, preterm infants

For citation: Starkov Vadim Yu., Shestak Evgeny V., Kovtun Olga P., Dodrov Dmitry S. Predicting the Need for Surfactant Based on Early Ultrasound Assessment of Lung Parenchymal Aeration in Preterm Infants with Respiratory Distress Syndrome on Non-Invasive Respiratory Support: A Prospective Cohort Study. *Voprosy sovremennoi pediatrii — Current Pediatrics*. 2026;25(4):248–257. (In Russ). doi: <https://doi.org/10.15690/vsp.v25i4.3059>

Сильвермана – Андерсен и рентгенография грудной клетки [15, 16], однако их ценность в прогнозировании потребности в сурфактанте невысока [17–19]. Кроме того, межэкспертная согласованность оценки дыхательных нарушений с применением шкалы Сильвермана – Андерсен невысока даже среди опытных специалистов [20]. Широкое применение рентгенографии грудной клетки ограничено нежелательными последствиями воздействия ионизирующего излучения, накопленная доза которого может негативно влиять на моторное и когнитивное развитие недоношенных новорожденных [21]. Кроме того, значительный интервал между выполнением снимка и его интерпретацией не позволяет осуществлять с применением этого метода динамический мониторинг состояния легочной ткани, что приводит к задержке в принятии клинических решений [22].

Для оценки аэрации легочной ткани у новорожденных в ОРИТН в экономически развитых странах широко применяется ультразвуковое исследование (УЗИ) [23]. По сравнению с рентгенографией грудной клетки УЗИ демонстрирует более высокую чувствительность и специфичность в диагностике РДСН, транзиторного тахипноэ [24] и врожденной пневмонии [25]. В настоящее время профильные международные ассоциации (European society for paediatric intensive care) рекомендуют УЗИ для полуколичественной оценки состояния легких по шкалам, основанным на ключевых ультразвуковых признаках (А-линии, альвеолярно-интерстициальный паттерн, консолидации), поскольку они точно отражают степень потери аэрации по сравнению с простым подсчетом В-линий [26]. Существующие шкалы оценки аэрации легких с применением УЗИ у новорожденных различаются преимущественно количеством и расположением исследуемых анатомических зон, тогда как принцип балльной оценки и способ формирования итогового показателя остаются общими для большинства из них [27]. Этот принцип обусловлен особенностями патофизиологических изменений при РДСН в виде диффузной потери аэрации легочной ткани на фоне первичного дефицита сурфактанта, а также неравномерной вентилизации задних отделов легких, связанной с гравитационными изменениями при положении ребенка на спине [28].

Доказательная база эффективности применения УЗИ легких для прогнозирования потребности в сурфактанте включает в себя несколько международных исследований [18, 29] и систематических обзоров [30, 31]. Несмотря на накопленные данные, оптимальное пороговое значение балльной шкалы остается предметом дискуссии: в опубликованных исследованиях указанный показатель варьирует от 4 до 9 баллов [31–33]. В Российской Федерации УЗИ легких у новорожденных внедрено в клиническую практику крупных перинатальных центров, которые располагают необходимым оборудованием и обученным персоналом. Однако в действующих российских клинических рекомендациях метод отнесен к диагностическим методам с наименьшим уровнем достоверности доказательств («Имеется лишь обоснование механизма действия или мнение экспертов») и не включен в алгоритм определения показаний к введению сурфактанта [34]. Актуальность проведения регионального исследования прогностического значения УЗИ легких при определении потребности в сурфактанте обусловлена различиями российской и зарубежной клинической неонатальной практики, влияющими на сроки и условия принятия

решения о введении сурфактанта. Сохраняется неоднородность стратегий респираторной терапии: применяются различные режимы неинвазивной поддержки (СРАР с переменным потоком, высокопоточная терапия, неинвазивная искусственная вентиляция, неинвазивная высокочастотная вентиляция) [35, 36] с использованием разных типов интерфейсов (маски, би- или мононазальные канюли, назофарингеальный воздуховод) [34, 37, 38]. Выбор методики введения сурфактанта варьирует между INSURE (Intubation, Surfactant administration, Extubation), LISA (Less Invasive Surfactant Administration) и другими малоинвазивными техниками [39, 40] — в отличие от тенденции к универсальному применению технологии LISA в странах Европы [1].

Цель исследования

Изучить прогностические характеристики оценки аэрации легочной паренхимы методом УЗИ при определении потребности в сурфактанте у недоношенных новорожденных с респираторным дистресс-синдромом (РДС) на неинвазивной респираторной поддержке.

МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Одноцентровое проспективное когортное исследование.

Условия проведения

В исследование включали пациентов, госпитализированных в ОРИТН Екатеринбургского клинического перинатального центра (г. Екатеринбург) в период с 01.07.2023 по 31.07.2025.

Критерии соответствия

Критерии включения:

- новорожденные с ГВ 26⁰–34⁶ нед;
- развитие РДСН;
- проведение неинвазивной респираторной поддержки методом NCPAP с рождения;
- $FiO_2 \leq 0,3$.

Критерии диагноза РДСН (МКБ-10 P22.0): гестационный возраст < 35 нед, дыхательная недостаточность с момента рождения, проявлявшаяся тахипноэ, втяжениями уступчивых участков грудной клетки, экспираторным стоном и потребностью в респираторной поддержке для поддержания целевого уровня сатурации.

Первичная респираторная поддержка для стабилизации состояния новорожденных в родильном зале осуществлялась с помощью маски и Т-образного дыхательного контура с переходом на моно-NCPAP при наличии дыхательной недостаточности. При поступлении в ОРИТН продолжалась неинвазивная респираторная поддержка в двухфазном режиме NCPAP с использованием коротких биназальных канюль или назальной маски.

Критерии не включения:

- клинически значимые врожденные пороки развития или хромосомные аномалии;
- напряженный пневмоторакс, препятствующий визуализации легких;
- введение сурфактанта до выполнения УЗИ легких;
- участие в другом исследовании.

Критерии исключения:

- отзыв информированного добровольного согласия законным представителем;
- летальный исход или перевод в другое медицинское учреждение до момента оценки предсказываемого исхода.

Предсказываемый исход

В качестве предсказываемого исхода регистрировали случаи введения сурфактанта в течение первых 3 ч жизни.

Сурфактант назначали при $\text{FiO}_2 > 0,3$ на фоне NCPAP с положительным давлением 6–8 см вод. ст. при целевой преддухальной сатурации 90–95%. Вводили порактант альфа (Curosurf, Chiesi, Италия) в начальной дозе 200 мг/кг. В случае нарастания дыхательной недостаточности в течение первых 24 ч допускалось повторное введение препарата в дозе 100 мг/кг. Способ введения определяли с учетом гестационного возраста: у детей с гестационным возрастом ≤ 28 нед использовалась методика LISA [41], ≥ 29 нед — методика INSURE [42].

Ультразвуковое исследование легких

УЗИ легких проводили однократно в первые 2 ч жизни до введения сурфактанта с использованием высокочастотного линейного датчика (9–12 МГц) в режиме B-mode на аппарате Philips CX50 (Philips Healthcare, Нидерланды). Сканирование выполняли в продольной плоскости в шести зонах: передней (по среднеключичной линии), боковой (по передней подмышечной линии) и задней (по задней подмышечной линии) с обеих сторон (рис. 1). В каждой зоне оценивали состояние плевральной линии, характер и плотность В-линий, наличие А-паттерна, субплевральных консолидаций. Каждой зоне присваивали балл от 0 до 3, где балл 0 — А-паттерн (горизонтальные артефакты, нормальная аэрация); балл 1 — В-паттерн (менее 3 четко определяемых В-линий), балл 2 — выраженный альвеолярно-интерстициальный синдром (множественные сливные В-линии, возможны субплевральные консолидации) (рис. 2), балл 3 — обширная консолидация легочной паренхимы [32]. Далее оценки по каждой анатомической области суммировали. Возможный диапазон значений суммарного балла — от 0 до 18.

УЗИ легких не применялось в качестве инструмента для принятия решений о необходимости сурфактантной терапии или иных лечебных вмешательств. Лечащий врач, назначавший сурфактант, был информирован

Рис. 1. Методика ультразвукового сканирования легких
Fig. 1. Lung ultrasound scanning technique

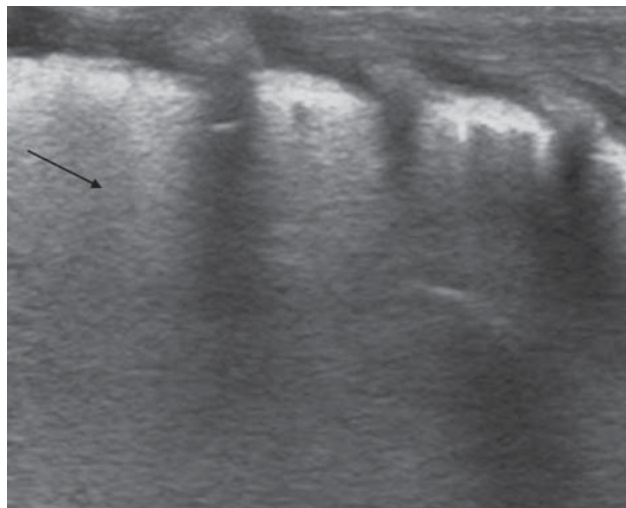


Примечание. СКЛ — среднеключичная линия; ППЛ — передняя подмышечная линия; ЗПЛ — задняя подмышечная линия.
Источник: Старков В.Ю., 2026.

Note: MCL (СКЛ) — midclavicular line; AAL (ППЛ) — anterior axillary line; PAL (ЗПЛ) — posterior axillary line.
Source: Starkov V.Yu., 2026.

Рис. 2. УЗИ легких (продольное сканирование по задней подмышечной линии) у недоношенного (28 нед гестации)

Fig. 2. Lung ultrasound (longitudinal scan along the posterior axillary line) in a preterm infant (28 weeks of gestation).



Примечание. Визуализируется выраженный альвеолярно-интерстициальный синдром (черная стрелка).

Источник: Старков В.Ю., 2026.

Note: Severe alveolar-interstitial syndrome is visualized (black arrow).
Source: Starkov V.Yu., 2026.

о результатах УЗИ-сканирования. На момент выполнения исследования у новорожденных не было кислородной зависимости ($\text{FiO}_2 > 0,3$).

Статистические методы

Размер выборки

Расчет необходимого размера выборки при планировании исследования не проводили.

Статистический анализ данных

Анализ данных выполнен с применением пакетов статистических программ IBM SPSS Statistics, версия 27 (IBM Corporation, США) и BioStat (AnalystSoft Inc., Канада). Первый использовали для сравнительного анализа групп и многофакторного анализа методом логистической регрессии, второй — для ROC-анализа, расчета доверительных интервалов, чувствительности, специфичности, положительной и отрицательной прогностической ценности, а также определения оптимального порогового значения по индексу Юдена.

Проверка нормальности распределения количественных переменных выполнялась с помощью критерия Шапиро – Уилка. Данные с асимметричным распределением представлены с указанием медианы (Q_1 ; Q_3). Для сравнения двух независимых групп применялся U-критерий Манна – Уитни. Категориальные переменные сравнивались с использованием критерия χ^2 Пирсона при ожидаемых частотах ≥ 10 , χ^2 с поправкой Йейтса — при значениях ожидаемых частот от 5 до 9 или точного критерия Фишера — при ожидаемой частоте менее 5. Статистически значимыми считали различия групп при $p < 0,05$ (двусторонний критерий).

Прогностическая точность оценки аэрации легочной паренхимы (суммарного балла) методом УЗИ легких оценивали по значениям площади под ROC-кривой (AUC) и 95% доверительного интервала (ДИ). Оптимальный прогностический порог определялся по максимуму индекса Юдена ($J = \text{чувствительность} + \text{специфичность} - 1$). Для этого порога вычисляли чувствительность, специ-

фичность, положительную (positive predictive value; PPV) и отрицательную прогностическую ценность (negative predictive value; NPV) с 95% ДИ.

Для оценки независимого значения суммарного балла УЗИ легких в определении потребности в сурфактантной терапии применили многофакторный анализ методом бинарной логистической регрессии. В модель в качестве потенциальных предикторов включили следующие переменные: суммарный балл по шкале УЗИ легких, гестационный возраст, пол, антенатальная стероидная профилактика РДС, способ родоразрешения (кесарево сечение или естественные роды), сахарный диабет у матери, FiO_2 на момент проведения УЗИ легких. Отбор переменных в модель проводили пошаговым методом Вальда с критерием включения $p < 0,05$ и критерием исключения $p > 0,10$. В результате пошаговой процедуры отбора ни одна из включенных в модель переменных не была исключена. Результаты многофакторного анализа представлены с указанием для каждой независимой переменной величины отношения шансов (ОШ) и 95% ДИ. Дискриминационную способность моделей оценивали по величине AUC для прогнозируемой моделью вероятности потребности в сурфактантной терапии.

Этическая экспертиза

Протокол исследования одобрен Локальным этическим комитетом Екатеринбургского клинического перинатального центра (протокол № 5/2 от 20.06.2023). Письменное информированное добровольное согласие на проведение диагностических, лечебных процедур и использование обезличенных данных в научных целях получили от законного представителя каждого участника исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Участники исследования

В период проведения исследования в ОРИТН поступили 482 новорожденных с ГВ 26⁰–34⁶ нед и клиническими признаками РДСН, соответствовавшие критериям включения. По причине соответствия критериям не включения не были включены 307 пациентов: 152 в связи с проведением инвазивной респираторной поддержки и введением сурфактанта в родильном зале, 155 — в связи с участием в другом исследовании. Из исследования данные не исключали. Таким образом, в целях настоящего исследования были проанализированы данные 175 пациентов.

В зависимости от факта введения сурфактанта пациенты были разделены на две группы: группа 1 — дети, которым проводилась первичная сурфактантная терапия порактантом альфа в дозе 200 мг/кг ($n = 95$), группа 2 — дети без введения сурфактанта ($n = 80$). Интервал от рождения до введения сурфактанта составил 91 (60; 124) мин. У 24/95 (25%) пациентов сурфактант был введен в течение первого часа жизни, у 68/95 (72%) в течение первых 2 ч, во всех случаях после проведения УЗИ легких. Введение сурфактанта течение первых 3 ч жизни потребовалось 95 (54%) пациентам, из них дополнительная доза препарата была введена 21 (22,1%).

Характеристика групп исследования

Сравнительный анализ исходных характеристик выявил межгрупповые различия по ГВ и массе тела при рождении. Дети, получившие в первые 3 ч жизни сурфактант, отличались меньшим гестационным возрастом, массой тела при рождении, высокой частотой случаев тяжелой церебральной ишемии и более высокой оценкой дыхательных нарушений по шкале Сильвермана – Андерсен (табл. 1). Уровень FiO_2 в момент проведения УЗИ состав-

Таблица 1. Характеристика недоношенных новорожденных с/без введения сурфактанта в первые 3 ч жизни
Table 1. Characteristics of preterm newborns with or without surfactant administration within the first 3 hours of life

Показатели	Группа 1 ($n = 95$)	Группа 2 ($n = 80$)	p
Гестационный возраст, нед	31 (30; 33)	33 (32; 34)	< 0,001
Пол (мужской), абс. (%)	55 (58)	50 (63)	0,536
Масса тела при рождении, г	1650 (1265; 2015)	1885 (1640; 2036)	< 0,001
Оценка по шкале APGAR на 1-й мин, баллы	6 (6; 7)	6 (6; 7)	0,560
Оценка по шкале APGAR на 5-й мин, баллы	8 (7; 8)	8 (7; 8)	0,410
Сахарный диабет у матери, абс. (%)	30 (32)	29 (36)	0,515
Кесарево сечение, абс. (%)	72 (76)	58 (73)	0,620
Длительный безводный период, абс. (%)	15 (16)	12 (15)	0,885
Хориоамнионит, абс. (%)	2 (2)	2 (2)	1,000
Антенатальная стероидная профилактика РДС (полный курс), абс. (%)	43 (45)	37 (46)	0,896
ВЖК 1-й степени, абс. (%)	35 (37)	30 (37)	0,929
ВЖК 2-й степени, абс. (%)	3 (3)	1 (1)	0,626
Тяжелая церебральная ишемия, абс. (%)	45 (47)	13 (16)	< 0,001
Сепсис (код по МКБ-10 P36.9), абс. (%)	6 (6)	6 (8)	0,993
Оценка по шкале Сильвермана – Андерсен, баллы	4 (4; 5)	3 (3; 4)	< 0,001
FiO_2^*	0,26 (0,03)	0,25 (0,04)	0,665

Примечание. Группа 1 — дети, получившие сурфактант в первые 3 ч после рождения; группа 2 — без сурфактанта. РДС — респираторный дистресс синдром; ВЖК — внутрижелудочковое кровоизлияние. Описание количественных показателей выполнено с указанием медианы (Q_1 ; Q_3), кроме значений FiO_2 (указано среднее арифметическое и стандартное отклонение). <*> — на момент проведения УЗИ легких.

Note. Group 1 — infants who received surfactant within the first 3 hours after birth; Group 2 — those who did not receive surfactant. RDS (РДС) — respiratory distress syndrome; IVH (ВЖК) — intraventricular hemorrhage. Quantitative data are presented as the median (Q_1 ; Q_3), except for FiO_2 values (arithmetic mean and standard deviation are reported). <*> — at the time of lung ultrasound.

лял $0,26 \pm 0,03$ (стандартное отклонение), при введении сурфактанта — $0,37 \pm 0,04$ (стандартное отклонение).

Предикторы введения сурфактанта

Суммарная оценка аэрации легочной ткани по данным УЗИ легких в группе сурфактанта была выше, чем в контрольной группе, соответственно 10 (8; 12) и 4 (2; 6) балла ($p < 0,001$). Различия в оценке аэрации отмечены во всех анатомических зонах, наибольшие — по задним подмышечным линиям (табл. 2).

Оптимальный прогностический порог для суммарной оценки аэрации легких, определенный по максимальному значению индекса Юдена ($J = 0,784$), составил ≥ 8 баллов. При данном пороговом значении чувстви-

тельность метода составила 82,1% (78/95), специфичность — 96,2% (77/80). PPV составила 96,3% (78/81), NPV — 81,9% (77/94). Суммарный балл УЗИ легких оказался единственным статистически значимым предиктором потребности во введении сурфактанта в первые 3 ч жизни. Каждое увеличение суммарного балла на один пункт сопровождалось повышением шансов (ОШ) назначения сурфактанта в 1,93 раза (табл. 3). Значение AUC для суммарного балла составило 0,911 (95% ДИ 0,865–0,951). При добавлении в модель других потенциальных предикторов дискриминационная способность прогнозируемой моделью вероятности потребности в сурфактантной терапии существенно не изменялась (AUC = 0,924; Δ AUC = 0,013).

Таблица 2. Оценка аэрации легочной ткани по данным УЗИ легких в анатомических зонах у больных в группе сурфактанта и в контрольной группе

Table 2. Ultrasound assessment of lung tissue aeration in anatomical zones in patients who received surfactant and in control group

Показатели	Группа 1 (n = 95)	Группа 2 (n = 80)	p
Среднеключичная линия справа, баллы			
0	9 (9)	45 (56)	< 0,001 (df = 3)
1	59 (62)	32 (40)	
2	26 (27)	2 (2)	
3	1 (1)	0	
Передняя подмышечная линия справа, баллы			
0	4 (4)	27 (34)	< 0,001 (df = 3)
1	40 (42)	51 (64)	
2	49 (52)	2 (2)	
3	2 (2)	0	
Задняя подмышечная линия справа, баллы			
0	1 (1)	14 (18)	< 0,001 (df = 3)
1	20 (21)	59 (74)	
2	63 (66)	7 (9)	
3	11 (12)	0	
Среднеключичная линия слева, баллы			
0	9 (9)	45 (56)	< 0,001 (df = 3)
1	59 (62)	35 (44)	
2	26 (27)	0	
3	1 (1)	0	
Передняя подмышечная линия слева, баллы			
0	4 (4)	29 (36)	< 0,001 (df = 3)
1	39 (41)	50 (62)	
2	51 (54)	1 (1)	
3	1 (1)	0	
Задняя подмышечная линия слева, баллы			
0	1 (1)	15 (19)	< 0,001 (df = 3)
1	20 (21)	56 (70)	
2	64 (67)	9 (11)	
3	10 (11)	0	

Примечание. Группа 1 — дети, получившие сурфактант в первые 3 ч после рождения; группа 2 — без сурфактанта.

Note. Group 1 — infants who received surfactant within the first 3 hours after birth; group 2 — those who did not receive surfactant.

Таблица 3. Предикторы введения сурфактанта недоношенным новорожденным в первые 3 ч жизни: многофакторная регрессионная модель

Table 3. Predictors of surfactant administration to preterm infants within the first 3 hours of life: multivariate regression model

Предиктор	ОШ (95% ДИ)	R ²	p
Суммарный балл УЗИ легких, +1 балл	1,93 (1,57–2,37)	0,617	<0,001
Гестационный возраст, +1 нед	0,7 (0,57–1,01)	0,183	0,063
Мужской пол	1,22 (0,47–3,16)	0,003	0,686
Отсутствие антенатальной стероидной профилактики	1,44 (0,45–4,66)	0,008	0,541
Родоразрешение путем кесарева сечения	0,69 (0,24–1,95)	0,002	0,479
Сахарный диабет у матери	0,83 (0,32–2,20)	0,003	0,713
FiO ₂ на момент выполнения УЗИ легких, +1%	1,04 (0,89–1,22)	0,001	0,605

Примечание. ОШ — отношение шансов; ДИ — доверительный интервал; УЗИ — ультразвуковое исследование.

Note. OR (ОШ) — odds ratio; CI (ДИ) — confidence interval; US (УЗИ) — ultrasound examination.

ОБСУЖДЕНИЕ

Резюме основного результата исследования

Суммарный балл УЗИ легких ≥ 8 , определенный в первые 2 ч жизни, характеризуется высокой прогностической точностью в отношении потребности в первичном введении сурфактанта у недоношенных новорожденных с ГВ 26⁰–34⁶ нед с РДСН на NCPAP. Вместе с этим гестационный возраст, пол, уровень FiO_2 на момент выполнения УЗИ легких и ряд других показателей здоровья ребенка и его матери не обладали самостоятельной прогностической ценностью.

Обсуждение основного результата исследования

УЗИ легких как метод оценки аэрации легочной паренхимы у новорожденных получил признание в международных рекомендациях по педиатрической и неонатальной реанимации [26]. Одним из принципиальных клинических преимуществ УЗИ легких перед рентгенографией является его способность обеспечивать объективную визуализацию состояния легочной паренхимы непосредственно «у постели» ребенка без лучевой нагрузки. УЗИ позволяет не только оценивать тяжесть, но и определять топографию легочного повреждения [43], выявлять зональные различия аэрации, что недоступно ни для клинических шкал, ни для критерия FiO_2 [44].

В нашем исследовании установлено, что по данным УЗИ легких можно с высокой точностью прогнозировать потребность в сурфактантной терапии до развития кислородной зависимости. При дефиците сурфактанта происходит повышение поверхностного натяжения на границе воздух – жидкость, что приводит к коллапсу альвеол, прогрессирующей потере аэрации и нарастающую интерстициального отека [3]. Указанные процессы проявляются при УЗИ легких увеличением количества и плотности В-линий, а также появлением субплевральных консолидаций и поддаются количественной оценке с использованием балльной шкалы [32]. Таким образом, суммарный балл оценки аэрации с применением УЗИ легких представляет собой не косвенный, а прямой маркер степени потери аэрации легочной паренхимы, определяющей потребность в сурфактанте. Этим суммарный балл принципиально отличается от критерия FiO_2 , зависящего от уровня респираторной поддержки [7, 8], наличия сопутствующей легочной патологии [9] и индивидуальных компенсаторных возможностей, обусловленных гестационным возрастом ребенка [6]. Это объясняет тот факт, что при одинаковом значении FiO_2 дети могут иметь различную УЗИ-картину легких, отражающую разную тяжесть поражения паренхимы [6]. Полученные нами данные о зональных различиях в балльной оценке аэрации подтверждают необходимость полноценного сканирования всех анатомических зон, включая дорсальные отделы легких [44].

Результаты нашего исследования согласуются с данными зарубежных проспективных исследований со схожим дизайном, в которых изучали прогностические характеристики результатов УЗИ легких, тогда как решение о введении сурфактанта принимали только на основании стандартного протокола. В работе R. Brat и соавт. (2015), в которой была заложена методологическая основа балльной оценки аэрации легких по результатам УЗИ, AUC при прогнозировании необходимости введения сурфактанта у новорожденных с ГВ < 34 нед на CPAP составила 0,934 (95% ДИ 0,86–0,99) [32]. В исследовании L. De Martino и соавт. (2018), для когорты крайне недоношенных новорожденных

(ГВ ≤ 30 нед, $n = 133$) AUC при прогнозировании введения сурфактанта составила 0,943 (95% ДИ 0,90–0,98) при пороге ≥ 9 баллов [29].

Более низкое значение AUC в нашей выборке (0,911), вероятно, связано с большей неоднородностью выборки по показателю гестационного возраста, и в частности с включением в исследование недоношенных новорожденных в 32–34 нед гестации. У последних РДСН тяжелой степени развивается относительно редко, что закономерно снижает прогностическую точность модели по сравнению с однородными выборками крайне недоношенных детей.

Порог ≥ 8 баллов, установленный в нашем исследовании, был зафиксирован и в другом проспективном исследовании (недоношенные с ГВ < 34 нед, $n = 82$; чувствительность — 70%, специфичность — 80%, AUC — 0,83) [45]. В исследовании F. Raimondi и соавт. для порогового значения ≥ 9 баллов чувствительность составила 79%, специфичность — 83% [46]. Высокая специфичность, определенная в нашем исследовании (96%), отражает низкую частоту ложноположительных случаев и минимальный риск избыточного назначения сурфактанта. При пороге ≥ 8 баллов доля потенциально необоснованного введения препарата составила лишь 3,7% (3 из 80 новорожденных), что является клинически приемлемым показателем. С учетом благоприятного профиля безопасности современных препаратов сурфактанта и потенциальных рисков отсроченного лечения при истинном дефиците сурфактанта подобный уровень не окажет значимого негативного влияния на исходы РДСН. Полученные нами прогностические оценки для УЗИ легких соответствуют и результатам систематического обзора и метаанализа данных семи проспективных исследований ($n = 697$), по результатам которого обобщенная оценка AUC при прогнозировании введения сурфактанта составила 0,88 (95% ДИ 0,82–0,91), чувствительность — 83%, специфичность — 81% [31].

Принципиально важным представляется временной интервал между выполнением УЗИ легких и развитием кислородной зависимости. В нашем исследовании сканирование осуществлялось в первые 2 ч жизни при среднем уровне FiO_2 , равном 0,26, и до достижения всеми участниками исследования порогового значения $\text{FiO}_2 > 0,3$, определенного действующими рекомендациями в качестве показателя к введению сурфактанта [34]. При этом фактическое введение препарата было выполнено при среднем значении FiO_2 , равном 0,37, то есть уже на фоне сформировавшейся выраженной кислородной зависимости, что сопряжено с ателектазированием легочной ткани. Выявленная в настоящей работе независимость суммарного балла УЗИ легких от уровня FiO_2 при утрате последней прогностической значимости в многофакторной модели является принципиально новым результатом для российской неонатальной практики. Этот результат подчеркивает перспективность применения УЗИ легких как самостоятельного инструмента для принятия клинических решений о назначении сурфактанта.

Отдельного обсуждения заслуживает потенциал УЗИ в прогнозировании потребности в повторном введении сурфактанта. В выборке нашего исследования повторная доза препарата (100 мг/кг) была введена каждому пятому (22%) ребенку, получившему его первичную дозу. Оценка прогностической ценности УЗ-балла в отношении повторного введения не входила в задачи нашей работы, однако данный вопрос представляет самостоятельный научный и клинический интерес.

Ограничение исследования

В числе ограничений исследования следует отметить его проведение в одном клиническом центре, что ограничивает обобщаемость полученных результатов на другие клинические центры — как российские, так и зарубежные, в том числе в связи с локальными или региональными особенностями протокола назначения сурфактанта, опыта специалистов и характеристик больных. Каждый ребенок был обследован однократно, что не позволяет определить динамику оценки аэрации легочной ткани по данным УЗИ, прогностическую ценность такой оценки при серийном сканировании, а также межэкспертную вариабельность результатов сканирования. Кроме того, врачи, принимающие решение о введении сурфактанта, были осведомлены о результатах УЗ-оценки легких. Специалисты, проводившие УЗИ, были информированы об уровне FiO_2 . Все это могло предопределить высокие значения прогностической точности УЗИ легких в отношении предикции случаев введения сурфактанта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее исследование является первым российским исследованием, в котором проанализирована прогностическая точность балльной оценки аэрации легочной ткани с применением УЗИ при определении потребности в сурфактантной терапии у недоношенных новорожденных. Суммарный балл УЗИ легких, выполненного в первые 2 ч после рождения, является точным и независимым предиктором первичного введения сурфактанта у недоношенных новорожденных с ГВ 26–34 нед с РДСН на неинвазивной респираторной поддержке методом CPAP. Выявленный порог суммарного балла (≥ 8) характеризуется высокой специфичностью (96%) и положительной прогностической ценностью (96%), что указывает на перспективность использования УЗИ легких для ранней объективной оценки тяжести РДСН и определения показаний к сурфактантной терапии. Совпадение установленного нами порогового значения (≥ 8 баллов) с данными крупных зарубежных исследований повышает доверие к воспроизводимости метода, однако его окончательная валидация в российской популяции требует проведения многоцентровых проспективных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Sweet DG, Carnielli VP, Greisen G, et al. European Consensus Guidelines on the Management of Respiratory Distress Syndrome: 2025. *Neonatology*. 2026;1–26. doi: <https://doi.org/10.1159/000551062>
2. Bell EF, Hintz SR, Hansen NI, et al. Mortality, In-Hospital Morbidity, Care Practices, and 2-Year Outcomes for Extremely Preterm Infants in the US, 2013–2018. *JAMA*. 2022;327(3):248–263. doi: <https://doi.org/10.1001/jama.2021.23580>
3. Hall SB, Zuo YY. The biophysical function of pulmonary surfactant. *Biophys J*. 2024;123(12):1519–1530. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bpj.2024.04.021>
4. Tridente A, De Martino L, De Luca D. Porcine vs bovine surfactant therapy for preterm neonates with RDS: systematic review with biological plausibility and pragmatic meta-analysis of respiratory outcomes. *Respir Res*. 2019;20(1):28. doi: <https://doi.org/10.1186/s12931-019-0979-0>
5. De Luca D. Respiratory distress syndrome in preterm neonates in the era of precision medicine: A modern critical care-based approach. *Pediatr Neonatol*. 2021;62(Suppl 1):S3–S9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pedneo.2020.11.005>
6. Ramaswamy VV, Bandyopadhyay T, Abiramalatha T, et al. Clinical decision thresholds for surfactant administration in preterm infants: a systematic review and network

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Отсутствует.

FINANCING SOURCE

Not specified.

РАСКРЫТИЕ ИНТЕРЕСОВ

Авторы статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

DISCLOSURE OF INTEREST

Not declared.

ВКЛАД АВТОРОВ

В.Ю. Старков — определение концепции, разработка методологии, проведение исследования, анализ данных, написание черновика рукописи, пересмотр и редактирование рукописи.

Е.В. Шестак — определение концепции, разработка методологии, руководство исследованием, анализ данных, пересмотр и редактирование рукописи.

О.П. Ковтун — определение концепции.

Д.С. Додров — администрирование проекта, обеспечение исследования.

AUTHORS' CONTRIBUTION

Vadim Yu. Starkov — study concept, methodology, investigation, data analysis, manuscript draft writing, manuscript review and editing.

Evgeny V. Shestak — study concept, methodology, supervision, data analysis, manuscript review and editing.

Olga P. Kovtun — study concept.

Dmitry S. Dodrov — project administration, research support.

ORCID

В.Ю. Старков

<https://orcid.org/0000-0003-0113-0766>

Е.В. Шестак

<https://orcid.org/0000-0003-3445-2956>

О.П. Ковтун

<https://orcid.org/0000-0002-5250-7351>

Д.С. Додров

<https://orcid.org/0000-0002-8268-4172>

meta-analysis. *EClinicalMedicine*. 2023;62:102097. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2023.102097>

7. Ning T, Xue Q, Wang P, et al. Higher PEEP reduces duration of mechanical ventilation in neonatal respiratory distress syndrome of late preterm and term newborn infants. *Sci Rep*. 2025;15(1):40501. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-24335-7>

8. Sartorius V, Loi B, Vivalda L, et al. Effect of different CPAP levels on ultrasound-assessed lung aeration and gas exchange in neonates. *Respir Res*. 2024;25(1):375. doi: <https://doi.org/10.1186/s12931-024-03010-x>

9. Costa S, Fattore S, Tana M, et al. Maternal Oncological Disease and Congenital Pneumonia Are New Independent Risk Factors for Surfactant Requirements in Late Preterm Infants. *Acta Paediatr*. 2025;114(12):3244–3251. doi: <https://doi.org/10.1111/apa.70250>

10. Patel P, Houck A, Fuentes D. Examining Variations in Surfactant Administration (ENVISION): A Neonatology Insights Pilot Project. *Children (Basel)*. 2021;8(4):261. doi: <https://doi.org/10.3390/children8040261>

11. Kruczek P, Krajewski P, Hożejowski R, Szczapa T. FiO_2 Before Surfactant, but Not Time to Surfactant, Affects Outcomes in Infants With Respiratory Distress Syndrome. *Front Pediatr*. 2021;9:734696. doi: <https://doi.org/10.3389/fped.2021.734696>

12. Kakkilaya V, Wagner S, Mangona KLM, et al. Early predictors of continuous positive airway pressure failure in preterm neonates. *J Perinatol*. 2019;39(8):1081–1088. doi: <https://doi.org/10.1038/s41372-019-0392-z>
13. Gulczyńska E, Szczapa T, Hożejowski R, et al. Fraction of Inspired Oxygen as a Predictor of CPAP Failure in Preterm Infants with Respiratory Distress Syndrome: A Prospective Multicenter Study. *Neonatology*. 2019;116(2):171–178. doi: <https://doi.org/10.1159/000499674>
14. Bahadue FL, Soll R. Early versus delayed selective surfactant treatment for neonatal respiratory distress syndrome. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012;11(11):CD001456. doi: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001456.pub2>
15. Silverman WA, Andersen DH. A controlled clinical trial of effects of water mist on obstructive respiratory signs, death rate and necropsy findings among premature infants. *Pediatrics*. 1956;17(1):1–10.
16. Федотова О.И., Шестак Е.В., Ковтун О.П. Сравнение оценки дыхательных нарушений по шкалам Доунса и Сильвермана в родовом зале у новорожденных старше 35 недель гестации с респираторной терапией CPAP как предиктора перевода в отделение реанимации. Когортное исследование // *Уральский медицинский журнал*. — 2024. — Т. 23. — № 2. — С. 4–16. — doi: <https://doi.org/10.52420/umj.23.2.4> [Fedotova OI, Shestak EV, Kovtun OP. Comparison of the Assessment of Respiratory Disorders Using the Downes and Silverman Scales in the Delivery Room in Newborns Over 35 Weeks of Gestation with CPAP Respiratory Therapy as a Predictor of Transfer to the Intensive Care Unit. Cohort Study. *Ural Medical Journal*. 2024;23(2):4–16. (In Russ). doi: <https://doi.org/10.52420/umj.23.2.4>]
17. Raimondi F, Migliaro F, Corsini I, et al. Neonatal Lung Ultrasound and Surfactant Administration: A Pragmatic, Multicenter Study. *Chest*. 2021;160(6):2178–2186. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chest.2021.06.076>
18. Perri A, Riccardi R, Iannotta R, et al. Lung ultrasonography score versus chest X-ray score to predict surfactant administration in newborns with respiratory distress syndrome. *Pediatr Pulmonol*. 2018;53(9):1231–1236. doi: <https://doi.org/10.1002/ppul.24076>
19. Nanda D, Nangia S, Thukral A, Yadav CP. A new clinical respiratory distress score for surfactant therapy in preterm infants with respiratory distress. *Eur J Pediatr*. 2020;179(4):603–610. doi: <https://doi.org/10.1007/s00431-019-03530-5>
20. Brenne H, Follestad T, Bergseng H, et al. Inter-rater reliability of the Silverman and Andersen index-a measure of respiratory distress in preterm infants. *PLoS One*. 2023;18(6):e0286655. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286655>
21. Bhattacharjee I, Volpe M, Bhattacharya S, et al. Neurodevelopmental impact of early diagnostic imaging in preterm infants: quantifying risk and the role of point-of-care ultrasound. *Front Pediatr*. 2025;13:1642629. doi: <https://doi.org/10.3389/fped.2025.1642629>
22. Zabel AOJ, Leschka S, Wildermuth S, et al. Subspecialized radiological reporting reduces radiology report turnaround time. *Insights Imaging*. 2020;11(1):114. doi: <https://doi.org/10.1186/s13244-020-00917-z>
23. Alonso-Ojembarrena A, Ehrhardt H, Cetinkaya M, et al. Use of neonatal lung ultrasound in European neonatal units: a survey by the European Society of Paediatric Research. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2024;109(6):660–664. doi: <https://doi.org/10.1136/archdischild-2024-327068>
24. Hiles M, Culpán AM, Watts C, et al. Neonatal respiratory distress syndrome: Chest X-ray or lung ultrasound? A systematic review. *Ultrasound*. 2017;25(2):80–91. doi: <https://doi.org/10.1177/1742271X16689374>
25. Aliyev F, Alizade G, Elbayiyev S. Diagnostic performance of lung ultrasound and procalcitonin in differentiating early neonatal pneumonia from transient tachypnea of the newborn. *BMC Pediatr*. 2026;26(1):613. doi: <https://doi.org/10.1186/s12887-026-06952-x>
26. Singh Y, Tissot C, Fraga MV, et al. International evidence-based guidelines on Point of Care Ultrasound (POCUS) for critically ill neonates and children issued by the POCUS Working Group of the European Society of Paediatric and Neonatal Intensive Care (ESPNIC). *Crit Care*. 2020;24(1):65. doi: <https://doi.org/10.1186/s13054-020-2787-9>
27. Sartorius V, Brunet S, De Luca D. Characteristics of scores used for quantitative lung ultrasound in neonates: a systematic review. *Eur Respir Rev*. 2025;34(176):240232. doi: <https://doi.org/10.1183/16000617.0232-2024>
28. Шестак Е.В., Ковтун О.П., Старков В.Ю. Динамика ультразвукового паттерна «двойная точка легкого» у новорожденных с транзиторным тахипноэ при изменении положения тела: проспективное исследование // *Уральский медицинский журнал*. — 2025. — Т. 24. — № 5. — С. 7–18. — doi: <https://doi.org/10.52420/umj.24.5.7> [Shestak EV, Kovtun OP, Starkov VY. Dynamics of the Ultrasound Pattern “Double Lung Point” in Newborns with Transient Tachypnea During Body Position Change: A Prospective Study. *Ural Medical Journal*. 2025;24(5):7–18. (In Russ). doi: <https://doi.org/10.52420/umj.24.5.7>]
29. De Martino L, Yousef N, Ben-Ammar R, et al. Lung Ultrasound Score Predicts Surfactant Need in Extremely Preterm Neonates. *Pediatrics*. 2018;142(3):e20180463.
30. Razak A, Faden M. Neonatal lung ultrasonography to evaluate need for surfactant or mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2020;105(2):164–171. doi: <https://doi.org/10.1136/archdischild-2019-316832>
31. Capasso L, Pacella D, Migliaro F, et al. Can lung ultrasound score accurately predict surfactant replacement? A systematic review and meta-analysis of diagnostic test studies. *Pediatr Pulmonol*. 2023;58(5):1427–1437. doi: <https://doi.org/10.1002/ppul.26337>
32. Brat R, Yousef N, Klifa R, et al. Lung Ultrasonography Score to Evaluate Oxygenation and Surfactant Need in Neonates Treated With Continuous Positive Airway Pressure. *JAMA Pediatr*. 2015;169(8):e151797. doi: <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2015.1797>
33. Kelner J, Moote D, Shah R, et al. Lung Ultrasound Score for Prediction of Surfactant Administration in Preterm Infants with Respiratory Failure. *J Perinatol*. 2024;44(9):1258–1263. doi: <https://doi.org/10.1038/s41372-024-02090-3>
34. Синдром дыхательного расстройства у новорожденного: клинические рекомендации. — Минздрав России; 2025. — 68 с. [Sindrom dykhatel'nogo rasstroistva u novorozhdenno: Clinical guidelines. Ministry of Health of Russia; 2025. 68 p. (In Russ).] Доступно по: https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/340_2. Ссылка активна на 14.06.2026.
35. Линхоева С.Б., Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. и др. Выбор режима неинвазивной респираторной поддержки недоношенных новорожденных в родильном зале // *Анестезиология и реаниматология*. — 2020. — № 2. — С. 65–71. — doi: <https://doi.org/10.17116/anaesthesiology202002165> [Linkhoeva SB, Aleksandrovich YuS, Pshenisnov KV, et al. Non-invasive respiratory support in premature infants in the delivery room. *Russian Journal of Anaesthesiology and Reanimatology = Anesteziologiya i Reanimatologiya*. 2020;(2):65–71. (In Russ). doi: <https://doi.org/10.17116/anaesthesiology202002165>]
36. Мостовой А.В., Карпова А.Л., Межинский С.С. и др. Неинвазивная высокочастотная осцилляторная вентиляция легких в неонатологии: нарративный обзор и клиническое наблюдение // *Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского*. — 2025. — 104. — № 4. — С. 106–114. — doi: <https://doi.org/10.24110/0031-403X-2025-104-4-106-114> [Mostovoi AV, Karpova AL, Mezinsky SS, et al. Non-Invasive High-Frequency Oscillatory Ventilation in Neonatology: A Narrative Review and a Case Report. *Pediatratria. Journal n.a. G.N. Speransky*. 2025;104(4):106–114. (In Russ). doi: <https://doi.org/10.24110/0031-403X-2025-104-4-106-114>]
37. Мостовой А.В., Карпова А.Л. Применение CPAP-терапии в неонатологии: от простого к сложному // *Детские болезни сердца и сосудов*. — 2015. — № 4. — С. 13–23. [Mostovoy AV, Karpova AL. Use of cpap therapy in neonatology: from simple to complex. *Detskie Bolezni Serdtsa i Sosudov*. 2015;(4):13–23. (In Russ).]
38. Шестак Е.В., Ковтун О.П., Мыларщикова Е.А., Нечаева Ю.И. Эффективность и безопасность стандартизированного протокола CPAP-терапии в родовом зале у поздних недоношенных новорожденных с инфекционным и неинфекционным повреждением легких // *Общая реаниматология*. — 2024. — Т. 20. — № 5. — С. 44–54. — doi: <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2024-5-44-54>

[Shestak EV, Kovtun OP, Mylarshikova EA, Nechaeva Yul. Efficacy and Safety of a Standardized CPAP Protocol in the Delivery Room in Late Preterm Infants with Infectious and Non-Infectious Lung Diseases. *General Reanimatology*. 2024;20(5):44–54. (In Russ). doi: <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2024-5-44-54>]

39. Баскевич М.А., Селиванова Е.С., Новиков А.В., Дмитриев А.В. Опыт использования методики малоинвазивного введения экзогенного сурфактанта у новорожденных с гестационным возрастом менее 30 недель в областном клиническом перинатальном центре г. Рязани // *Жизнеобеспечение при критических состояниях: материалы конференции*. Москва, 19–20 октября 2017 г. — М.; 2017. — С. 15–18. [Baskevich MA, Selivanova ES, Novikov AV, Dmitriev AV. Opyt ispol'zovaniya metodiki maloinvazivnogo vvedeniya ehkzogen'nogo surfaktanta u novorozhdennykh s gestatsionnym vozrastom menee 30 nedel' v oblastnom klinicheskom perinatal'nom tsentre g. Ryazani. In: *Zhizneobespechenie pri kriticheskikh sostoyaniyakh*: Abstract book. Moscow, October, 19–20, 2017. Moscow; 2017. pp. 15–18. (In Russ).]

40. Виноградова И.В., Краснов М.В., Густомесов Д.А. и др. Протокол неинвазивного (малоинвазивного) введения сурфактанта // *Кафедра детских болезней и ее вклад в образование, науку и практику: материалы Межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 50-летию открытия курса и 30-летию открытия кафедры детских болезней Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова, Чебоксары, 02 ноября 2021 г.* — Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова; 2021. — С. 102–109. [Vinogradova IV, Krasnov MV, Gustomesov DA, et al. Protokol neinvazivnogo (maloinvazivnogo) vvedeniya surfaktanta. In: *Kafedra detskikh boleznei i ee vklad v obrazovanie, nauku i praktiku*: Proceedings of the Interregional Scientific and Practical Conference

dedicated to the 50th Anniversary of the Opening of the Course and the 30th Anniversary of the Opening of the Department of Pediatric Diseases of the Chuvash State University named after I.N. Ulyanov. Cheboksary, November 02, 2021. Cheboksary: Chuvash State University named after I.N. Ulyanov; 2021. pp. 102–109. (In Russ).]

41. Kribs A, Roll C, Göpel W, et al. Nonintubated Surfactant Application vs Conventional Therapy in Extremely Preterm Infants: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Pediatr*. 2015;169(8):723–730. doi: <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2015.0504>

42. Verder H, Robertson B, Greisen G, et al. Surfactant therapy and nasal continuous positive airway pressure for newborns with respiratory distress syndrome. Danish-Swedish Multicenter Study Group. *N Engl J Med*. 1994;331(16):1051–1055. doi: <https://doi.org/10.1056/NEJM199410203311603>

43. Biasucci DG, Loi B, Centorrino R, et al. Ultrasound-assessed lung aeration correlates with respiratory system compliance in adults and neonates with acute hypoxemic restrictive respiratory failure: an observational prospective study. *Respir Res*. 2022;23(1):360. doi: <https://doi.org/10.1186/s12931-022-02294-1>

44. Loi B, Sartorius V, Vivalda L, et al. Global and Regional Heterogeneity of Lung Aeration in Neonates with Different Respiratory Disorders: A Physiologic Observational Study. *Anesthesiology*. 2024;141(4):719–731. doi: <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000005026>

45. Gupta D, Priyadarshi M, Chaurasia S, et al. Lung ultrasound for prediction of surfactant requirement in Indian preterm neonates: a diagnostic accuracy study. *Eur J Pediatr*. 2024;183(8):3599–3606. doi: <https://doi.org/10.1007/s00431-024-05626-z>

46. Raimondi F, Migliaro F, Corsini I, et al. Lung Ultrasound Score Progress in Neonatal Respiratory Distress Syndrome. *Pediatrics*. 2021;147(4):e2020030528. doi: <https://doi.org/10.1542/peds.2020-030528>