

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1569>

Острый респираторный дистресс-синдром в педиатрической практике: диагностика и интенсивная терапия. Обзор литературы

Ю.С. Александрович, К.В. Пшениснов, В.И. Колодяжная

Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Острый респираторный дистресс-синдром — одна из основных причин жизнеугрожающих осложнений и летальных исходов в педиатрических отделениях интенсивной терапии. Цель исследования — проанализировать современные особенности эпидемиологии, факторы риска и исходы острого респираторного дистресс-синдрома у детей старше одного месяца жизни по данным литературы. Поиск информации осуществляли с использованием ключевых слов: «острый респираторный дистресс-синдром», «дети», «эпидемиология», «respiratory distress syndrome», «pediatric», «control mechanical ventilation». В анализ включено 100 публикаций, входящих в реферативные базы данных eLibrary и PubMed. После первичного изучения абстрактов из обзора были исключены 64 статьи, содержащие уже ранее опубликованные сведения. В качестве основного источника взяты рекомендации Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference, которые были опубликованы в апреле 2023 г. Авторы обзора приводят актуальные дефиниции, факторы риска и критерии степени тяжести острого респираторного дистресс-синдрома в педиатрической практике, детально рассматривают особенности инвазивной вентиляции легких и адьювантной терапии, особое внимание уделяется инфузионной и трансфузионной терапии, питанию и седации. Один из разделов посвящен мониторингу состояния пациента, оценке эффективности газообмена и гемодинамики, подчеркивается важность динамической оценки наличия делирия у пациента и готовности его к экстубации. Рекомендации по лечению острого респираторного дистресса у детей Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference-2 позволяют более точно стратифицировать тяжесть течения патологического процесса, выявить пациентов группы риска с высокой вероятностью развития данного синдрома и начать своевременную протективную респираторную поддержку, направленную на восстановление паренхимы легких, оптимизацию доставки и потребления кислорода.

Ключевые слова: острый респираторный дистресс-синдром; гипоксемия; дети; искусственная вентиляция легких; интенсивная терапия.

Как цитировать

Александрович Ю.С., Пшениснов К.В., Колодяжная В.И. Острый респираторный дистресс-синдром в педиатрической практике: диагностика и интенсивная терапия. Обзор литературы // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2024. Т. 14, № 1. С. 83–95. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1569>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1569>

Acute respiratory distress syndrome in pediatric practice, diagnosis, and intensive care: A review

Yurii S. Aleksandrovich, Konstantin V. Pshenishnov, Viktoriya I. Kolodyazhnaya

Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT

Acute respiratory distress syndrome is one of the main causes of life-threatening complications and deaths in pediatric intensive care units. This study aimed to analyze the current features of epidemiology, risk factors, and outcomes of acute respiratory distress syndrome in children aged >1 months according to the literature. The analysis included 100 publications extracted from eLibrary and PubMed abstract databases. The search was performed using the following keywords: acute respiratory distress syndrome, epidemiology, pediatric, outcome, and control mechanical ventilation. After the initial study of abstracts, 64 articles containing previously published information were excluded from the review. The recommendations of the Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference, which were published in April 2023, were taken as the main source. The review presents current definitions, risk factors, and criteria for the severity of acute respiratory distress syndrome in pediatric practice, discusses in detail the features of invasive ventilation and adjuvant therapy, and pays special attention to infusion and transfusion therapy, nutrition, and sedation. One of the sections is devoted to monitoring the patient's condition, assessing the effectiveness of gas exchange and hemodynamics, and emphasizing the importance of a dynamic assessment of delirium in patients and the readiness for extubation. The recommendations of Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference-2 for the treatment of acute respiratory distress syndrome in children make it possible to more accurately stratify the severity of the pathological process, identify patients at risk with a high probability of developing this syndrome, and begin timely protective respiratory support to restore lung parenchyma and optimize oxygen delivery and consumption.

Keywords: acute respiratory distress syndrome; hypoxemia; pediatric; control mechanical ventilation; intensive care.

To cite this article

Aleksandrovich YuS, Pshenishnov KV, Kolodyazhnaya VI. Acute respiratory distress syndrome in pediatric practice: diagnosis and intensive care. Review. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):83–95. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1569>

Received: 09.11.2023

Accepted: 08.02.2024

Published: 28.03.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1569>

儿科急性呼吸窘迫综合征：诊断和重症监护。 文献综述

Yurii S. Aleksandrovich, Konstantin V. Pshenishnov, Viktoriya I. Kolodyazhnaya

Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia

摘要

急性呼吸窘迫综合征是导致儿科重症监护室出现危及生命的并发症和死亡的主要原因之一。本研究旨在根据文献资料，对出生一个月以上儿童急性呼吸窘迫综合征的流行病学、风险因素和预后的现状进行分析。使用关键词“急性呼吸窘迫综合征”、“儿童”、“流行病学”、“呼吸窘迫综合征”、“儿科”、“控制性机械通气”搜索相关信息。分析共包括 eLibrary 和 PubMed 数据库中的 100 篇出版物。在对摘要进行初步审查后，64 篇包含先前已发表信息文章被排除在审查范围之外。2023 年 4 月出版的《儿童急性肺损伤共识会议建议》被作为主要资料来源。这篇综述的作者提供了儿科急性呼吸窘迫综合征的相关定义、风险因素和严重程度标准，并详细回顾了有创通气和辅助治疗的特点。特别关注输液和输血疗法、营养和镇静。其中一个章节的重点是关于监测患者的病情、评估气体交换效率和血液动力学，强调动态评估患者谵妄和拔管准备情况的重要性。小儿急性呼吸窘迫治疗建议《儿童急性肺损伤共识会议-2》，可以对病理过程的严重程度进行更准确的分层，确定极有可能患上这种综合征的高危人群，并及时启动保护性呼吸支持，以恢复肺实质、优化氧气输送和消耗。

关键词：急性呼吸窘迫综合征；低氧血症；儿童；机械通气；强化治疗。

引用本文

Aleksandrovich YuS, Pshenishnov KV, Kolodyazhnaya VI. 儿科急性呼吸窘迫综合征：诊断和重症监护。文献综述. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):83–95. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1569>

收到: 09.11.2023

接受: 08.02.2024

发布日期: 28.03.2024

ВВЕДЕНИЕ

Острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС) — одна из основных причин жизнеугрожающих осложнений и летальных исходов в педиатрических отделениях интенсивной терапии [1, 2].

Впервые ОРДС у взрослых был описан в 1967 г. D.G. Ashbaugh и соавт. [3]. Диагностические критерии ОРДС были представлены в рекомендациях Американско-Европейской согласительной конференции и Берлинских дефинициях [4, 5], при этом авторы признавали правомочность их применения и у детей, однако они не учитывали особенности респираторной поддержки в педиатрической практике. Специфические факторы риска, критерии диагностики и степени тяжести ОРДС у детей впервые были представлены в рекомендациях PALICC (Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference, Педиатрическая консенсусная конференция по острой травме легких) в 2015 г. [6].

За прошедшие 7 лет был накоплен значительный объем данных по патофизиологии и лечению ОРДС у детей, что позволило оценить достоверность и эффективность предложенных дефиниций [7–9]. Кроме этого, в ряде работ указано на то, что несоблюдение имеющихся рекомендаций ассоциировано с более высокой смертностью [10, 11]. Это привело к уточнениям в определении ОРДС и разработке обновленной версии рекомендаций — Второй консенсусной конференции по педиатрическому ОРДС — PALICC-2 [12]. В то же время необходимо отметить, что критерии диагностики ОРДС у новорожденных остались прежними [13].

Авторами рекомендаций PALICC-2 были выявлены существенные трудности в диагностике ОРДС у детей в странах с ограниченными ресурсами, в связи с чем предложена совершенно новая дефиниция — «вероятный острый респираторный дистресс-синдром» (possible PARDS), что позволяет проводить терапию при отсутствии возможности визуализации органов грудной клетки и анализа газового состава крови, а также у детей, состояние которых не полностью соответствует критериям ОРДС, но вероятнее всего, что они его переносят. Важным изменением стало упрощение стратификации по тяжести до бинарной: легкая/умеренная и тяжелая у детей [14].

Все вышеизложенное свидетельствует о несомненной актуальности и клинической значимости проблемы ОРДС у детей, необходимости анализа современных особенностей эпидемиологии, факторов риска и исходов дыхательной недостаточности в педиатрической практике, что послужило основанием для настоящего исследования.

Цель исследования — проанализировать современные особенности эпидемиологии, факторов риска и исходов ОРДС у детей старше одного месяца жизни по данным литературы.

В анализ включено 100 публикаций, входящих в реферативную базу данных РИНЦ и PubMed. Поиск осуществляли с использованием ключевых слов: «острый респираторный дистресс-синдром», «дети», «эпидемиология», «acute respiratory distress syndrome», «pediatric», «control mechanical ventilation». После первичного изучения абстрактов из обзора были исключены 64 статьи, содержащие уже ранее опубликованные сведения. В качестве основного источника взяты рекомендации Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference, которые были опубликованы в апреле 2023 г.

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ И ПАТОГЕНЕЗ ОРДС У ДЕТЕЙ

Согласно многочисленным исследованиям, частота острого респираторного дистресс-синдрома у детей в США, Европе, Австралии и Новой Зеландии составляет 2,0–12,8 на 100 тыс. детей в год. Несмотря на то что встречаемость ОРДС в детской популяции сравнительно ниже по сравнению со взрослыми, летальность при развитии ОРДС у детей также крайне высока и составляет 18–27 %, а в ряде стран даже достигает показателей взрослых — 35 %. Чаще всего летальные исходы наступают у детей с тяжелыми сопутствующими заболеваниями [15–18].

L.R. Schouten и соавт. [19] полагают, что частота встречаемости и летальность при ОРДС не изменились за последние 20 лет, при этом летальность зависит от географических особенностей страны, где проводилось исследование. Наиболее часто ОРДС, как у взрослых, так и у детей, развивается у пациентов мужского пола, однако различия в летальности в зависимости от гендерной принадлежности отсутствуют [20]. Летальные исходы, обусловленные прогрессированием ОРДС, составляют около 38,5 % летальности стационара, причем показатели увеличиваются с возрастом. Основным фактором развития ОРДС как у взрослых, так и у детей — сепсис, который наблюдается в 79 % случаев [21, 22].

По данным R.G. Khemani и соавт. [23], ОРДС развивается у 3 % пациентов педиатрических отделений реанимации и интенсивной терапии, при этом наличие рефрактерной гипоксемии ассоциируется с высокими показателями летальности, которая может достигать 30 %. Факторами риска являются наличие тяжелых сопутствующих заболеваний, характер и особенности течения основного патологического процесса, ставшего причиной развития ОРДС. Ключевым пусковым механизмом ОРДС у детей можно считать неспецифическое поражение легких, что свидетельствует о гетерогенной природе синдрома. Клинически значимым фактором, влияющим на течение заболевания, вероятно, является возраст пациента [23].

ДИАГНОСТИКА ОРДС У ДЕТЕЙ

У всех детей до 18 лет без перинатального заболевания легких (респираторный дистресс-синдром новорожденных, аспирация мекония) ОРДС должен быть диагностирован на основании критериев PALICC-2 [14].

Диагноз ОРДС у детей базируется на наличии симптомов гипоксемии и изменений на рентгенограмме грудной клетки, возникающих в первые 7 дней от момента воздействия повреждающего фактора, к которым относятся новые зоны гиповентиляции, соответствующих острому поражению паренхимы легкого и не являющихся ателектазом или выпотом [14]. Консенсусом установлено, что предложенный в 2015 г. критерий «новое затенение», независимо от того, было ли оно изолированным или тотальным, является достаточным для диагностики после оценки степени тяжести гипоксемии и способствует более раннему и эффективному выявлению ОРДС у детей [14].

У детей, нуждающихся в инвазивной искусственной вентиляции легких (ИВЛ), базовым показателем, определяющим тяжесть поражения легких, являются индекс оксигенации или сатурационный индекс оксигенации (табл. 1), а не отношение PaO_2/FiO_2 или SpO_2/FiO_2 .

При использовании неинвазивной респираторной поддержки (высопоточные назальные канюли для оксигенотерапии, неинвазивная искусственная вентиляция легких) для диагностики ОРДС или оценки его вероятности следует применять отношения PaO_2/FiO_2 или SpO_2/FiO_2 . При оценке SpO_2/FiO_2 для диагностики ОРДС необходимо использовать фракцию кислорода во вдыхаемой кислородо-воздушной смеси для поддержания SpO_2 в диапазоне 88–97 %.

При использовании давления в конце выдоха более 5 см вод. ст., независимо от типа ИВЛ (инвазивная, неинвазивная ИВЛ с использованием лицевых масок «total face»), и наличии всех других диагностических критериев (время возникновения от момента воздействия флогогена, наличие гипоксемии, изменения на рентгенограмме) также следует диагностировать ОРДС.

Важным изменением в рекомендациях PALICC-2 является то, что оценку степени тяжести ОРДС рекомендуют проводить не ранее, чем через 4 ч после первичной диагностики. Выбор такого временного интервала обусловлен

методическими ограничениями оценки и служит компромиссом между результатами исследований, использовавшихся интервалы через 2 и 6 ч [14].

При оценке прогностической значимости легкой и умеренной степеней тяжести ОРДС выявлено отсутствие статистически значимых различий в показателях летальности, что позволило предложить бинарную классификацию тяжести течения ОРДС: легкая/умеренная и тяжелая степень. Эта классификация может использоваться независимо от типа ИВЛ [14].

Диагностика ОРДС у детей с хроническими заболеваниями кардиореспираторной системы

У детей с врожденным пороком сердца (ВПС) синего типа диагностика ОРДС осуществляется на основании общепринятых критериев при условии внезапного ухудшения оксигенации относительно исходного уровня, которое не ассоциировано с течением или осложнением имеющегося порока сердца.

У детей с дисфункцией левого желудочка при наличии стандартных критериев диагностики диагноз ОРДС правомочен при наличии острой гипоксемии и изменениях в легких, которые не могут быть объяснены только левожелудочковой недостаточностью или перегрузкой объемом. Целесообразны эхокардиография и/или измерение давления в левом предсердии для выявления гидростатического отека легких.

Дети с хроническими заболеваниями легких, нуждающиеся в дополнительной дотации кислорода, неинвазивной или инвазивной ИВЛ через трахеостому, считаются переносящими перинатальный ОРДС, если у них имеется резкое ухудшение показателей оксигенации по сравнению с исходным уровнем при наличии критериев ОРДС. Для этих пациентов характерна низкая специфичность показателей гипоксемии, поэтому при проведении неинвазивной респираторной поддержки стратификация ОРДС по степени тяжести у них не проводится. При использовании инвазивной ИВЛ у детей с ВПС синего типа и хроническими заболеваниями сердца для оценки степени тяжести используются стандартные критерии (табл. 2).

Таблица 1. Индексы для оценки эффективности оксигенации

Table 1. Oxygenation performance indices

Индекс	Формула для расчета
Индекс оксигенации	$(MAP \times FiO_2 \times 100 \%) / PaO_2$
Сатурационный индекс оксигенации	$[FiO_2 \times MAP] / SpO_2$

Примечание. PaO_2 — напряжение кислорода в артериальной крови; FiO_2 — фракция кислорода в дыхательной смеси; SpO_2 — сатурация гемоглобина кислородом пульсирующей крови; MAP — среднее давление в дыхательных путях.

Note. PaO_2 — partial pressure of oxygen in arterial blood; FiO_2 — fraction of inspired oxygen; SpO_2 — pulse oximeter oxygen saturation; MAP — mean airway pressure.

Таблица 2. Критерии диагностики острого респираторного дистресс-синдрома у детей

Table 2. Diagnosis of pediatric acute respiratory distress syndrome

Признак	Описание			
Возраст	Исключаются пациенты с перинатальным поражением легких			
Время развития	В течение 7 дней от момента начала заболевания			
Причина отека легких	Респираторные нарушения, которые не могут быть полностью объяснены сердечной недостаточностью или перегрузкой объемом			
Рентгенологические изменения	Инфильтративные изменения, связанные с острым поражением легочной паренхимы			
Оксигенация	Неинвазивная искусственная вентиляция легких		Инвазивная искусственная вентиляция легких	
	PaO ₂ /FiO ₂ ≤ 300 или SpO ₂ /FiO ₂ ≤ 250		OI ≥ 4 или OSI ≥ 5	
Оценка степени тяжести*	Легкий/средней степени тяжести	Тяжелый	Легкий/средней степени тяжести	Тяжелый
	PaO ₂ /FiO ₂ ≥ 100 или SpO ₂ /FiO ₂ ≥ 150	PaO ₂ /FiO ₂ ≤ 100 или SpO ₂ /FiO ₂ ≤ 150	OI ≤ 16 или OSI ≤ 12	OI ≥ 16 или OSI ≥ 12
Врожденные пороки сердца, сопровождающиеся цианозом	Ухудшения оксигенации не связаны с врожденным пороком сердца синего типа			
Хронические заболевания легких	Ухудшение оксигенации по сравнению с исходными показателями			

Примечание. PaO₂ — напряжение кислорода в артериальной крови; FiO₂ — фракция кислорода в дыхательной смеси; PaO₂/FiO₂ — индекс Горовица; SpO₂ — сатурация гемоглобина кислородом пульсирующей крови; OI — индекс оксигенации; OSI — сатурационный индекс. *Осуществляют спустя 4 ч после первичной диагностики острого респираторного дистресс-синдрома.

Note. PaO₂ — partial pressure of oxygen in arterial blood; FiO₂ — fraction of inspired oxygen; PaO₂/FiO₂ — Horowitz index; SpO₂ — pulse oximeter oxygen saturation; OI — oxygenation index; OSI — oxygenation saturation index. *Patients with PARDS should be stratified into severity categories after at least 4 h.

ФАКТОРЫ РИСКА РАЗВИТИЯ ОРДС

У пациентов, нуждающихся в неинвазивной ИВЛ с использованием назального CPAP, BiPAP или высокопоточных назальных канюль для оксигенотерапии со скоростью потока более 1,5 л/(кг × мин) или превышающим

30 л/мин при наличии стандартных критериев диагностики, можно говорить о «вероятном» ОРДС. Факторы риска развития «вероятного» ОРДС представлены в табл. 3.

Таблица 3. Критерии риска развития «вероятного» острого респираторного дистресс-синдрома у детей

Table 3. Diagnosis of possible pediatric acute respiratory distress syndrome and patients at risk for pediatric acute respiratory distress syndrome

Признак	Описание	
Возраст	Исключаются пациенты с перинатальным поражением легких	
Время развития	В течение 7 дней от момента начала заболевания	
Причина отека легких	Респираторные нарушения, не связанные с сердечной недостаточностью и перегрузкой объемом	
Рентгенологические изменения	Инфильтративные изменения, связанные с острым поражением легочной паренхимы	
Оксигенация	Неинвазивная респираторная поддержка с помощью назальных канюль [пCPAP или pBiPAP, канюли высокого потока: ≥ 1,5 л/(кг × мин) или ≥ 30 л/мин]	Любой способ доставки кислородно-воздушной смеси
	PaO ₂ /FiO ₂ ≤ 300 или SpO ₂ /FiO ₂ ≤ 250	Необходима дотация кислорода для поддержания SpO ₂ > 88 % при отсутствии указанных выше критериев острого респираторного дистресс-синдрома
Врожденные пороки сердца, сопровождающиеся цианозом	Ухудшения оксигенации не связаны с врожденными пороками сердца синего типа	
Хронические заболевания легких	Ухудшение оксигенации по сравнению с исходными показателями	

ИНТЕНСИВНАЯ ТЕРАПИЯ ОРДС

Инвазивная вентиляция легких

У детей с ОРДС инвазивная ИВЛ является жизненно важной терапевтической стратегией. Независимо от возраста следует использовать эндотрахеальные трубки только с манжетой, поскольку это способствует поддержанию целевого уровня положительного давления в конце выдоха (ПДКВ), обеспечивает адекватное измерение давления в дыхательных путях и легочных объемах.

Четких рекомендаций по выбору режима ИВЛ при ОРДС у детей не существует, что связано с отсутствием убедительных доказательств эффективности и безопасности того или иного паттерна ИВЛ, в то же время следует отметить, что имеются данные о связи вентиляции со сбросом давления в дыхательных путях (Airway pressure release ventilation, APRV) с увеличением летальности [24].

При проведении ИВЛ эксперты предлагают придерживаться физиологических значений дыхательного объема в диапазоне 6–8 мл/кг. Дыхательный объем менее 6 мл/кг может быть оправдан, если необходимо поддерживать допустимые значения давления плато (P_{plat}, plateau pressure) и движущего давления (DP, driving pressure) [25]. Одним из существенных отличий рекомендаций PALICC-2 является то, что авторы предлагают с осторожностью использовать дыхательный объем менее 4 мл/кг, в то время как в предыдущей версии при значительном поражении паренхимы допускалось снижение объема вдоха до 3 мл/кг, что ассоциируется с высокой вероятностью ателектотравмы.

Указывается, что, если при проведении ИВЛ нет возможности оценки транспульмонального давления, допустимыми пределами давления плато можно считать значения не более 28 см вод. ст., однако у детей со сниженным комплаенсом грудной клетки давление плато вдоха может быть выше и достигать значений 29–32 см вод. ст.

Ограничительная стратегия в отношении давления плато вдоха может приводить к заметным преимуществам в снижении риска летальности. Однако ограничительные стратегии имеют и потенциальные риски,

ассоциированные с неадекватным газообменом, более частым использованием средств для седации и миорелаксантов для поддержания целевых пределов давления плато вдоха или недостаточным ПДКВ, если его снижение необходимо для поддержания целевых показателей давления плато.

Одно из наиболее значимых показателей, отражающих эффективность вентиляции, движущее давление (driving pressure, минимальное давление вдоха), которое представляет собой разницу между давлением плато (P_{plat}) и РЕЕР и отражает комплаенс респираторной системы [26]. Хотя и остается неясным, приводит ли ограничение движущего давления к улучшению исходов ОРДС у детей, все же предлагается его ограничивать 15 см вод. ст.

Величину ПДКВ следует подбирать, опираясь на показатели оксигенации, гемодинамического статуса и комплаенса дыхательной системы. Высокую эффективность при подборе уровня ПДКВ продемонстрировала зависимость FiO₂/PEEP (табл. 4), поскольку ее использование способствовало снижению летальности, что было продемонстрировано в клиническом исследовании ARDSNet [27]. Следует отметить, что при подборе оптимального значения ПДКВ необходимо использовать индивидуальный и многокомпонентный подход.

Параметры инвазивной ИВЛ, направленные на предотвращение дальнейшего повреждения легких, представлены в табл. 5.

Маневр рекрутмента

В настоящий момент нет достоверных данных, подтверждающих эффективность и безопасность применения маневра рекрутмента. Для улучшения оксигенации могут быть использованы стратегии последовательного увеличения и снижения ПДКВ.

Использование данной методики может предотвратить коллапс альвеол, способствует улучшению оксигенации и снижает вероятность повреждения легких. Исследования у детей показали, что у пациентов, где применяли маневр рекрутмента, не отмечалось выраженных гемодинамических нарушений, баротравм, гипоксемии и аритмии, однако сообщалось о развитии респираторного

Таблица 4. Оптимизация уровня положительного давления в конце выдоха в зависимости от фракции кислорода во вдыхаемой смеси

Table 4. Optimization of the positive pressure level at the end of expiration depending on the fraction of inspired oxygen

Показатель оксигенации	Зависимость FiO ₂ /PEEP								
	«Большее РЕЕР и меньшее FiO ₂ »								
FiO ₂	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
РЕЕР	5–8	14–16	16–18	20	20	20	22	24	
	«Меньшее РЕЕР и большее FiO ₂ »								
FiO ₂	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
РЕЕР	5	5–8	8–10	10	10–14	14	14–18	20–24	

Таблица 5. Протективная искусственная вентиляция легких**Table 5.** Protective control mechanical ventilation

Параметр	Значение
Дыхательный объем	6–8 мл/кг. Допустимо снижение до 4–6 мл/кг при необходимости достижения целевых значений давления плато и движущего давления
Давление плато	Менее 28 см вод. ст. При снижении комплаенса грудной клетки допустимо увеличение до 32 см вод. ст.
Положительное давление в конце выдоха	Подбирается в зависимости от фракции кислорода во вдыхаемой смеси, показателей гемодинамики, комплаенса дыхательной системы, величины давления плато и движущего давления

ацидоза и транзиторной гиперкапнии. От проведения агрессивных методик маневра рекрутмента следует отказаться, учитывая результаты исследований у взрослых.

Высокочастотная вентиляция легких

Авторы консенсуса не дают однозначных рекомендаций по применению высокочастотной осцилляторной вентиляции (high frequency oscillatory ventilation, HFOV), однако она может быть оправдана при отсутствии возможности обеспечить адекватный газообмен при использовании протективной конвекциональной ИВЛ.

Целевые показатели pH и газового состава крови

В рекомендациях 2023 г. эксперты утверждают, что у детей с тяжелым течением ОРДС возможно применение концепции пермиссивной гиперкапнии, при этом допустимый предел снижения pH составляет 7,2 с целью обеспечения возможности применения протективных стратегий ИВЛ. Мы полагаем, что имеющиеся рекомендации носят более прикладной и цель-ориентированный характер, поскольку в предыдущей версии допустимые значения pH находились в диапазоне 7,15–7,3.

При легкой/умеренной форме ОРДС следует поддерживать SpO₂ в диапазоне 92–97 %, при тяжелой — после подбора оптимальных значений ПДКВ допустимое снижение SpO₂ находится в диапазоне 90–92 %, для устранения токсических эффектов гипероксемии. Следует избегать показателей SpO₂ более 97 %. При SpO₂ менее 92 % целесообразна оценка сатурации кислородом в венозной крови, расчет индексов доставки и потребления кислорода.

Ингаляция оксида азота и экзогенный сурфактант

Авторы консенсуса предлагают отказаться от рутинного использования ингаляций оксида азота (II), однако оно может быть оправдано у пациентов с инструментально подтвержденной легочной гипертензией или тяжелой правожелудочковой дисфункцией. Кроме того, ингаляции можно использовать у пациентов с тяжелым течением

ОРДС непосредственно перед принятием решения об использовании экстракорпоральной мембранной оксигенации. Оценку эффективности необходимо проводить в течение первых 4 ч и далее осуществлять регулярно, чтобы свести к минимуму токсичность и длительное использование при отсутствии клинического эффекта. Терапия экзогенным сурфактантом при ОРДС не рекомендуется.

Позиционная терапия

Убедительные доказательства, свидетельствующие об эффективности и безопасности применения позиции, сегодня отсутствуют, хотя данная методика может применяться при рефрактерной гипоксемии, когда нет эффекта от других вариантов лечения. Оптимальная длительность позиционной терапии также пока не установлена, хотя многие полагают, что в оптимальном варианте она должна составлять 8–12 ч [28].

Санация трахеобронхиального секрета и применение муколитиков

При проведении инвазивной ИВЛ необходимо поддерживать адекватную проходимость дыхательных путей, однако рутинную инстилляцию изотонического раствора перед санацией трахеобронхиального дерева применять у детей с ОРДС не рекомендуется, ее можно использовать только для эвакуации вязкого секрета. Следует помнить, что санация трахеобронхиального дерева может свести на нет результаты рекрутирования альвеол. Убедительные данные, подтверждающие целесообразность применения физической реабилитационной терапии и муколитических средств, на данном этапе отсутствуют.

Терапия системными кортикостероидами

Рутинное применение системных кортикостероидов в клинической практике не оправдано, однако у отдельных групп пациентов (например, при лечении ОРДС, ассоциированном с COVID-19) их использование может быть целесообразно.

Седация, профилактика делирия и миоплегия

Основная цель седации у пациентов с ОРДС заключается в оптимизации доставки и потребления кислорода,

предотвращения дальнейшего прогрессирования явлений дыхательной недостаточности. Следует использовать высокоэффективные препараты для седации, при этом назначать их в минимальных дозах на фоне оценки эффекта с помощью надежных шкал.

Частота развития делирия у детей в критическом состоянии достигает 17 % среди пациентов отделения реанимации и интенсивной терапии и ассоциирована с увеличением длительности ИВЛ и смертности, поэтому необходима тщательная диагностика данного осложнения, которая должна проводиться как минимум дважды в день.

Если целевые параметры протективной ИВЛ не могут быть достигнуты только путем седации, ее целесообразно дополнить минимальной, но эффективной нервно-мышечной блокадой.

Инфузионная терапия, гемотрансфузия и питание

Дети с ОРДС должны получать объем жидкости, соответствующий возрастным потребностям для поддержания оптимальной доставки кислорода и сохранения функции органов-мишеней, при этом перегрузки жидкостью следует избегать, поскольку она может приводить к увеличению длительности ИВЛ и смертности.

У детей с ОРДС показано раннее начало энтерального питания (в течение первых 72 ч от момента начала лечения), когда это возможно, или отсроченное энтеральное питание вместо назначения парентерального питания. Ежедневная дотация белка — не менее 1,5 г/кг.

Абсолютным показанием к трансфузии эритроцитов у детей с дыхательной недостаточностью тяжелой степени считается концентрация гемоглобина менее 50 г/л. Трансфузия эритроцит-содержащих препаратов крови не оправдана, если концентрация гемоглобина превышает 70 г/л при отсутствии гемодинамических нарушений, хронической гипоксемии, ОРДС тяжелой степени и гемолитической анемии. Четкие рекомендации по концентрации гемоглобина, которая является показанием к трансфузии донорских эритроцитов у пациентов с ОРДС и гемодинамическими расстройствами или тяжелой гипоксемией, сегодня отсутствуют.

Экстракорпоральная мембранная оксигенация

При тяжелом течении ОРДС и рефрактерной гипоксемии обосновано применение экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО), при этом решение о необходимости использования данного метода применяется на основании осмотра и оценки тяжести состояния пациента в динамике мультидисциплинарная команда специалистов.

При рефрактерной гипоксемии и отсутствии кардиальной дисфункции вариантом выбора становится вено-венозная схема ЭКМО. Оправдано медленное снижение

уровня pCO_2 , особенно при наличии респираторного ацидоза.

На фоне ЭКМО должны применяться минимально необходимые протективные параметры ИВЛ, обеспечивающие восстановление поврежденной паренхимы легких и предотвращение ателектотравмы.

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ У ДЕТЕЙ С ОРДС

Мониторинг эффективности внешнего дыхания и газообмена

Оценку функции внешнего дыхания (дыхательный объем и комплаенс дыхательной системы) следует проводить с учетом веса пациента, при этом особое внимание уделять мониторингу пикового давления на вдохе, давления плато и движущего давления (минимального давления вдоха). Измерение давления плато проводится в статических условиях.

Кривые «поток – время», «давление – время» и величина ауто-ПДКВ оценивают для выявления ограничения потока выдоха, оптимизации времени вдоха и выдоха, устранения десинхронизации пациента с аппаратом ИВЛ.

Непрерывную капнометрию можно использовать у пациентов с ОРДС, нуждающихся в инвазивной конвекциональной ИВЛ, в то время как при использовании высокочастотной осцилляторной ИВЛ методом выбора становится транскутанное измерение напряжения углекислого газа.

Одним из наиболее достоверных критериев тяжести течения ОРДС, эффективности терапии, готовности пациента к экстубации и прогнозирования исхода ОРДС у детей является величина физиологического мертвого пространства [28]. В ряде работ продемонстрировано, что увеличение фракции мертвого пространства к объему выдоха ассоциируется с увеличением летальности [30–32].

Оценка готовности к экстубации

Следует проводить ежедневную оценку готовности пациента к экстубации, чтобы избежать неоправданно длительной ИВЛ. Это особенно справедливо, если учесть, что более 50 % детей, у которых имела место случайная экстубация, не нуждались в повторной интубации трахеи [33]. У пациентов, отвечающих критериям готовности к экстубации, требуется провести тесты на восстановление эффективного спонтанного дыхания для оценки их готовности к отлучению от аппарата ИВЛ. Тесты включают в себя оценку рефлексов дыхательных путей, тест на герметичность, силу инспираторных мышц и пробу на спонтанное дыхание [34, 35].

Мониторинг гемодинамики

У всех детей с ОРДС необходимо проводить мониторинг гемодинамики для оценки влияния вентиляции

и течения заболевания на функцию сердца, а также для оценки доставки кислорода. Обязательно следует контролировать баланс жидкости. При наличии сердечной недостаточности или тяжелого течения ОРДС показана эхокардиография. Артериальный катетер следует использовать у пациентов с тяжелым течением ОРДС для постоянного мониторинга АД и анализа газового состава артериальной крови [36].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Международные рекомендации по лечению пациентов ОРДС, опубликованные в 2023 г. PALICC-2, позволяют более точно стратифицировать тяжесть течения патологического процесса, выявить пациентов группы риска с высокой вероятностью развития и неблагоприятного исхода ОРДС и начать своевременную проактивную респираторную поддержку, направленную на восстановление функционального состояния легких, оптимизацию доставки и потребления кислорода.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Личный вклад каждого автора:

Ю.С. Александрович — разработка дизайна и редактирование статьи; К.В. Пшениснов — анализ источников литературы, редактирование статьи; В.И. Колодяжная — первичный сбор и анализ источников литературы, написание статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведенным исследованием и публикацией настоящей статьи.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study. Personal contribution of each author: Yu.S. Aleksandrovich — planning, design and organization of the study, editing the manuscript; K.V. Pshenisnov — research planning, editing and preparation of the manuscript; V.I. Kolodyazhnaya — primary collection and analysis of literature sources, writing of the article.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. Острый респираторный дистресс-синдром в педиатрической практике // Вестник интенсивной терапии. 2014. № 3. С. 23–29. EDN: TESWRJ
2. Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. Острый респираторный дистресс-синдром в педиатрической практике // Вестник интенсивной терапии. 2014. № 4. С. 22–29. EDN: TFDERV
3. Ashbaugh D.G., Bigelow D.B., Petty T.L., Levine B.E. Acute respiratory distress in adults // *Lancet*. 1967. Vol. 2, N. 7511. P. 319–323. doi: 10.1016/s0140-6736(67)90168-7
4. Bernard G.R., Artigas A., Brigham K.L., et al. The American-European consensus conference on ARDS. Definitions, mechanisms, relevant outcomes, and clinical trial coordination // *Am J Respir Crit Care Med*. 1994. Vol. 149, N. 3. P. 818–824. doi: 10.1164/ajrccm.149.3.7509706
5. ARDS Definition Task Force; Ranieri V.M., Rubenfeld G.D., et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition // *JAMA*. 2012. Vol. 307, N. 23. P. 2526–2533. doi: 10.1001/jama.2012.5669
6. Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference Group. Pediatric acute respiratory distress syndrome: consensus recommendations from the Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference // *Pediatr Crit Care Med*. 2015. Vol. 16, N. 5. P. 428–439. doi: 10.1097/PCC.0000000000000350
7. Amato M.B.P., Meade M.O., Slutsky A.S., et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome // *N Engl J Med*. 2015. Vol. 372, N. 8. P. 747–755. doi: 10.1056/nejmsa1410639
8. Brochard L., Slutsky A., Pesenti A. Mechanical ventilation to minimize progression of lung injury in acute respiratory failure // *Am J Respir Crit Care Med*. 2017. Vol. 195, N. 4. P. 438–442. doi: 10.1164/rccm.201605-1081CP
9. Lee J.H., Rehder K.J., Williford L., et al. Use of high flow nasal cannula in critically ill infants, children, and adults: a critical review of the literature // *Intensive Care Med*. 2013. Vol. 39, N. 2. P. 247–257. doi: 10.1007/s00134-012-2743-5
10. Khemani R.G., Parvathaneni K., Yehya N., et al. Positive end-expiratory pressure lower than the ards network protocol is associated with higher pediatric acute respiratory distress syndrome mortality // *Am J Respir Crit Care Med*. 2018. Vol. 198, N. 1. P. 77–89. doi: 10.1164/rccm.201707-1404OC
11. Bhalla A.K., Klein M.J., Emeriaud G., et al. Adherence to lung-protective ventilation principles in pediatric acute respiratory distress syndrome: A pediatric acute respiratory distress syndrome incidence and epidemiology study // *Crit Care Med*. 2021. Vol. 49, N. 10. P. 1779–1789. doi: 10.1097/CCM.0000000000005060
12. Emeriaud G., López-Fernández Y.M., Iyer N.P., et al. Executive summary of the second international guidelines for the diagnosis and management of pediatric acute respiratory distress syndrome (PALICC-2) // *Pediatr Crit Care Med*. 2023. Vol. 24, N. 2. P. 143–168. doi: 10.1097/PCC.0000000000003147
13. De Luca D., van Kaam A.H., Tingay D.G., et al. The Montreux definition of neonatal ARDS: biological and clinical background behind

the description of a new entity // *Lancet Respir Med*. 2017. Vol. 5, N. 8. P. 657–666. doi: 10.1016/S2213-2600(17)30214-X

14. Yehya N., Smith L., Thomas N.J., et al. Definition, incidence, and epidemiology of pediatric acute respiratory distress syndrome: From the Second Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference // *Pediatr Crit Care Med*. 2023. Vol. 24, N. 12S2. P. S87–S98. doi: 10.1097/PCC.0000000000003161

15. López-Fernández Y., Azagra A.M., de la Oliva P., et al. Pediatric acute lung injury epidemiology and natural history study: Incidence and outcome of the acute respiratory distress syndrome in children // *Crit Care Med*. 2012. Vol. 40, N. 12. P. 3238–3245. doi: 10.1097/CCM.0b013e318260caa3

16. López-Fernández Y.M., Smith L.S., Kohne J.G., et al. Prognostic relevance and inter-observer reliability of chest-imaging in pediatric ARDS: A pediatric acute respiratory distress incidence and epidemiology (PARDIE) study // *Intensive Care Med*. 2020. Vol. 46, N. 7. P. 1382–1393. doi: 10.1007/s00134-020-06074-7

17. Schneider N., Johnson M. Management of paediatric acute respiratory distress syndrome // *BJA Educ*. 2022. Vol. 22, N. 9. P. 364–370. doi: 10.1016/j.bjae.2022.04.004

18. Pujari C.G., Lalitha A.V., Raj J.M., Kavilapurapu A. Epidemiology of acute respiratory distress syndrome in pediatric intensive care unit: Single-center experience // *Indian J Crit Care Med*. 2022. Vol. 26, N. 8. P. 949–955. doi: 10.5005/jp-journals-10071-24285

19. Schouten L.R.A., Veltkamp F., Bos A.P., et al. Incidence and mortality of acute respiratory distress syndrome in children: a systematic review and meta-analysis // *Crit Care Med*. 2016. Vol. 44, N. 4. P. 819–829. doi: 10.1097/CCM.0000000000001388

20. Zimmerman J.J., Akhtar S.R., Caldwell E., Rubenfeld G.D. Incidence and outcomes of pediatric acute lung injury // *Pediatrics*. 2009. Vol. 124, N. 1. P. 87–95. doi: 10.1542/peds.2007-2462

21. Rubenfeld G.D., Caldwell E., Peabody E., et al. Incidence and outcomes of acute lung injury // *N Engl J Med*. 2005. Vol. 353, N. 16. P. 1685–1693. doi: 10.1056/NEJMoa050333

22. Prasertsan P., Anantasit N., Walanchapruk S., et al. Sepsis-related pediatric acute respiratory distress syndrome: A multicenter prospective cohort study // *Turk J Emerg Med*. 2023. Vol. 23, N. 2. P. 96–103. doi: 10.4103/tjem.tjem_237_22

23. Khemani R.G., Smith L., Lopez-Fernandez Y.M., et al. Paediatric acute respiratory distress syndrome incidence and epidemiology (PARDIE): an international, observational study // *Lancet Respir Med*. 2019. Vol. 7, N. 2. P. 115–128. doi: 10.1016/S2213-2600(18)30344-8

24. Lalgudi Ganesan S., Jayashree M., Chandra Singhi S., Bansal A. Airway pressure release ventilation in pediatric acute respiratory distress syndrome. A randomized controlled trial // *Am J Respir Crit Care Med*. 2018. Vol. 198, N. 9. P. 1199–1207. doi: 10.1164/rccm.201705-0989OC

25. Fernández A., Modesto V., Rimensberger P.C., et al. Invasive ventilatory support in patients with pediatric acute respiratory distress syndrome: From the Second Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference // *Pediatr Crit Care Med*. 2023. Vol. 24, N. 12S2. P. S61–S75. doi: 10.1097/PCC.0000000000003159

26. Трёмбач Н.В., Заболотских И.Б., Стаканов А.В., Ярошецкий А.И. Протективная вентиляция легких в абдоминальной хирургии // *Анестезиология и реаниматология*. 2018. № 3. С. 25–32. EDN: YTNPPV doi: 10.17116/anaesthesiology201803125

27. Brower R.G., Lanken P.N., MacIntyre N., et al. Higher versus lower positive end-expiratory pressures in patients with the acute respiratory distress syndrome // *N Engl J Med*. 2004. Vol. 351, N. 4. P. 327–336. doi: 10.1056/NEJMoa032193

28. Lupton-Smith A., Argent A., Rimensberger P., et al. Prone positioning improves ventilation homogeneity in children with acute respiratory distress syndrome // *Pediatr Crit Care Med*. 2017. Vol. 18, N. 5. P. e229–e234. doi: 10.1097/PCC.0000000000001145

29. Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. Респираторная поддержка при критических состояниях в педиатрии и неонатологии. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020. 272 с.

30. Bhalla A.K., Belani S., Leung D., et al. Higher dead space is associated with increased mortality in critically ill children // *Crit Care Med*. 2015. Vol. 43, N. 11. P. 2439–2445. doi: 10.1097/CCM.0000000000001199

31. Oh S.B., Aguilar A., Tan H.L., et al. The Association between alveolar dead space fraction and mortality in Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome: A prospective cohort study // *Front Pediatr*. 2022. Vol. 10. ID 814484. doi: 10.3389/fped.2022.814484

32. Yehya N., Bhalla A.K., Thomas N.J., Khemani R.G. Alveolar dead space fraction discriminates mortality in pediatric acute respiratory distress syndrome // *Pediatr Crit Care Med*. 2016. Vol. 17, N. 2. P. 101–109. doi: 10.1097/PCC.0000000000000613

33. Little L.A., Koenig J.C. Jr, Newth C.J.L. Factors affecting accidental extubations in neonatal and pediatric intensive care patients // *Crit Care Med*. 1990. Vol. 18, N. 2. P. 163–165. doi: 10.1097/00003246-199002000-00007

34. Newth C.J.L., Hotz J.C., Khemani R.G. Ventilator liberation in the pediatric ICU // *Respir Care*. 2020. Vol. 65, N. 10. P. 1601–1610. doi: 10.4187/respcare.07810

35. Newth C.J.L., Venkataraman S., Willson D.F., et al. Weaning and extubation readiness in pediatric patients // *Pediatr Crit Care Med*. 2009. Vol. 10, N. 1. P. 1–11. doi: 10.1097/PCC.0b013e318193724d

36. Bhalla A., Baudin F., Takeuchi M., et al. Monitoring in pediatric acute respiratory distress syndrome: From the Second Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference // *Pediatr Crit Care Med*. 2023. Vol. 24, N. 12S2. P. S112–S123. doi: 10.1097/PCC.0000000000003163

REFERENCES

1. Aleksandrovich YuS, Pshenisnov KV. Acute respiratory distress syndrome in pediatric practice. *Annals of Critical Care*. 2014;(3):23–29. (In Russ.) EDN: TESWRJ

2. Aleksandrovich YuS, Pshenisnov KV. Acute respiratory distress syndrome in pediatric practice. *Annals of Critical Care*. 2014;(4):22–29. (In Russ.) EDN: TFDERV

3. Ashbaugh DG, Bigelow DB, Petty TL, Levine BE. Acute respiratory distress in adults. *Lancet*. 1967;2(7511):319–323. doi: 10.1016/s0140-6736(67)90168-7

4. Bernard GR, Artigas A, Brigham KL, et al. The American-European consensus conference on ARDS. definitions, mechanisms, relevant outcomes, and clinical trial coordination. *Am J Respir Crit Care Med*. 1994;149(3):818–824. doi: 10.1164/ajrccm.149.3.7509706

5. ARDS Definition Task Force, Ranieri VM, Rubenfeld GD, et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition. *JAMA*. 2012;307(23):2526–2533. doi: 10.1001/jama.2012.5669

6. Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference Group. Pediatric acute respiratory distress syndrome: consensus

- recommendations from the Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference. *Pediatr Crit Care Med.* 2015;16(5):428–439. doi: 10.1097/PCC.0000000000000350
7. Amato MBP, Meade MO, Slutsky AS, et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2015;372(8):747–755. doi: 10.1056/nejmsa1410639
8. Brochard L, Slutsky A, Pesenti A. Mechanical ventilation to minimize progression of lung injury in acute respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med.* 2017;195(4):438–442. doi: 10.1164/rccm.201605-1081CP
9. Lee JH, Rehder KJ, Williford L, et al. Use of high flow nasal cannula in critically ill infants, children, and adults: a critical review of the literature. *Intensive Care Med.* 2013;39(2):247–257. doi: 10.1007/s00134-012-2743-5
10. Khemani RG, Parvathaneni K, Yehya N, et al. Positive end-expiratory pressure lower than the ards network protocol is associated with higher pediatric acute respiratory distress syndrome mortality. *Am J Respir Crit Care Med.* 2018;198(1):77–89. doi: 10.1164/rccm.201707-1404OC
11. Bhalla AK, Klein MJ, Emeriaud G, et al. Adherence to lung-protective ventilation principles in pediatric acute respiratory distress syndrome: A pediatric acute respiratory distress syndrome incidence and epidemiology study. *Crit Care Med.* 2021;49(10):1779–1789. doi: 10.1097/CCM.00000000000005060
12. Emeriaud G, López-Fernández YM, Iyer NP, et al. Executive summary of the second international guidelines for the diagnosis and management of pediatric acute respiratory distress syndrome (PALICC-2). *Pediatr Crit Care Med.* 2023;24(2):143–168. doi: 10.1097/PCC.0000000000003147
13. De Luca D, van Kaam AH, Tingay DG, et al. The Montreux definition of neonatal ARDS: biological and clinical background behind the description of a new entity. *Lancet Respir Med.* 2017;5(8):657–666. doi: 10.1016/S2213-2600(17)30214-X
14. Yehya N, Smith L, Thomas NJ, et al. Definition, incidence, and epidemiology of pediatric acute respiratory distress syndrome: From the Second Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference. *Pediatr Crit Care Med.* 2023;24(12S2):S87–S98. doi: 10.1097/PCC.0000000000003161
15. López-Fernández Y, Azagra AM, de la Oliva P, et al. Pediatric acute lung injury epidemiology and natural history study: Incidence and outcome of the acute respiratory distress syndrome in children. *Crit Care Med.* 2012;40(12):3238–3245. doi: 10.1097/CCM.0b013e318260caa3
16. López-Fernández YM, Smith LS, Kohne JG, et al. Prognostic relevance and inter-observer reliability of chest-imaging in pediatric ARDS: A pediatric acute respiratory distress incidence and epidemiology (PARDIE) study. *Intensive Care Med.* 2020;46(7):1382–1393. doi: 10.1007/s00134-020-06074-7
17. Schneider N, Johnson M. Management of paediatric acute respiratory distress syndrome. *BJA Educ.* 2022;22(9):364–370. doi: 10.1016/j.bjae.2022.04.004
18. Pujari CG, Lalitha AV, Raj JM, Kavilapurapu A. Epidemiology of acute respiratory distress syndrome in pediatric intensive care unit: Single-center experience. *Indian J Crit Care Med.* 2022;26(8):949–955. doi: 10.5005/jp-journals-10071-24285
19. Schouten LRA, Veltkamp F, Bos AP, et al. Incidence and mortality of acute respiratory distress syndrome in children: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med.* 2016;44(4):819–829. doi: 10.1097/CCM.0000000000001388
20. Zimmerman JJ, Akhtar SR, Caldwell E, Rubenfeld GD. Incidence and outcomes of pediatric acute lung injury. *Pediatrics.* 2009;124(1):87–95. doi: 10.1542/peds.2007-2462
21. Rubenfeld GD, Caldwell E, Peabody E, et al. Incidence and outcomes of acute lung injury. *N Engl J Med.* 2005;353(16):1685–1693. doi: 10.1056/NEJMoa050333
22. Prasertsan P, Anantasil N, Walanchapruk S, et al. Sepsis-related pediatric acute respiratory distress syndrome: A multicenter prospective cohort study. *Turk J Emerg Med.* 2023;23(2):96–103. doi: 10.4103/tjem.tjem_237_22
23. Khemani RG, Smith L, Lopez-Fernandez YM, et al. Paediatric acute respiratory distress syndrome incidence and epidemiology (PARDIE): an international, observational study. *Lancet Respir Med.* 2019;7(2):115–128. doi: 10.1016/S2213-2600(18)30344-8
24. Lalgudi Ganesan S, Jayashree M, Chandra Singhi S, Bansal A. Airway pressure release ventilation in pediatric acute respiratory distress syndrome. A randomized controlled trial. *Am J Respir Crit Care Med.* 2018;198(9):1199–1207. doi: 10.1164/rccm.201705-0989OC
25. Fernández A, Modesto V, Rimensberger PC, et al. Invasive ventilatory support in patients with pediatric acute respiratory distress syndrome: From the Second Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference. *Pediatr Crit Care Med.* 2023;24(12S2):S61–S75. doi: 10.1097/PCC.0000000000003159
26. Trembach NV, Zabolotskikh IB, Stakanov AV, Yuaroshetskiy AI. Protective ventilation in abdominal surgery. *Russian journal of anesthesiology and reanimatology.* 2018;(3):25–32. EDN: YTNPPV doi: 10.17116/anaesthesiology201803125
27. Brower RG, Lanken PN, MacIntyre N, et al. Higher versus lower positive end-expiratory pressures in patients with the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2004;351(4):327–336. doi: 10.1056/NEJMoa032193
28. Lupton-Smith A, Argent A, Rimensberger P, et al. Prone positioning improves ventilation homogeneity in children with acute respiratory distress syndrome. *Pediatr Crit Care Med.* 2017;18(5):e229–e234. doi: 10.1097/PCC.0000000000001145
29. Aleksandrovich YuS, Pshenisnov KV. *Respiratory support for critical conditions in pediatrics and neonatology.* Moscow: GEOTAR-Media, 2020. 272 p. (In Russ.)
30. Bhalla AK, Belani S, Leung D, et al. Higher dead space is associated with increased mortality in critically ill children. *Crit Care Med.* 2015;43(11):2439–2445. doi: 10.1097/CCM.0000000000001199
31. Oh SB, Aguilan A, Tan HL, et al. The Association between alveolar dead space fraction and mortality in Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome: A prospective cohort study. *Front Pediatr.* 2022;10:814484. doi: 10.3389/fped.2022.814484
32. Yehya N, Bhalla AK, Thomas NJ, Khemani RG. Alveolar dead space fraction discriminates mortality in pediatric acute respiratory distress syndrome. *Pediatr Crit Care Med.* 2016;17(2):101–109. doi: 10.1097/PCC.0000000000000613
33. Little LA, Koenig JC Jr, Newth CJL. Factors affecting accidental extubations in neonatal and pediatric intensive care patients. *Crit Care Med.* 1990;18(2):163–165. doi: 10.1097/00003246-199002000-00007
34. Newth CJL, Hotz JC, Khemani RG. Ventilator liberation in the pediatric ICU. *Respir Care.* 2020;65(10):1601–1610. doi: 10.4187/respcare.07810

35. Newth CJL, Venkataraman S, Willson DF, et al. Weaning and extubation readiness in pediatric patients. *Pediatr Crit Care Med.* 2009;10(1):1–11. doi: 10.1097/PCC.0b013e318193724d

36. Bhalla A, Baudin F, Takeuchi M, et al. Monitoring in pediatric acute respiratory distress syndrome: From the Second Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference. *Pediatr Crit Care Med.* 2023;24(12S2):S112–S123. doi: 10.1097/PCC.0000000000003163

ОБ АВТОРАХ

Юрий Станиславович Александрович, д-р мед. наук, профессор; ORCID: 0000-0002-2131-4813; eLibrary SPIN: 2225-1630; e-mail: jalex1963@mail.ru

***Константин Викторович Пшениснов**, д-р мед. наук, доцент; адрес: Россия, 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2; ORCID: 0000-0003-1113-5296; eLibrary SPIN: 8423-4294; e-mail: Psh_K@mail.ru

Виктория Игоревна Колодяжная;
ORCID: 0000-0002-2451-1214; eLibrary SPIN: 7176-8584;
e-mail: vi.kolodyazhnaya@gmail.com

AUTHORS INFO

Yurii S. Aleksandrovich, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; ORCID: 0000-0002-2131-4813; eLibrary SPIN: 2225-1630; e-mail: jalex1963@mail.ru

***Konstantin V. Pshenisnov**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Assistant Professor; address: 2 Litovskaya st., Saint Petersburg, 194100, Russia; ORCID: 0000-0003-1113-5296; eLibrary SPIN: 8423-4294; e-mail: Psh_K@mail.ru

Viktoriya I. Kolodyazhnaya;
ORCID: 0000-0002-2451-1214; eLibrary SPIN: 7176-8584;
e-mail: vi.kolodyazhnaya@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author