

УДК 616.24-053.31

<https://doi.org/10.52420/umj.25.3.71><https://elibrary.ru/LIZPMO>

Современные методы неинвазивной вентиляции легких у недоношенных с респираторным дистресс-синдромом: возможности, преимущества и ограничения

Сергей Юрьевич Фиголь^{1,2✉}, Татьяна Александровна Шуматова²,
Алексей Валерьевич Мостовой^{3,4,5}, Анна Львовна Карпова^{3,4,5}

¹ Приморский краевой перинатальный центр, Владивосток, Россия

² Тихоокеанский государственный медицинский университет, Владивосток, Россия

³ Городская клиническая больница № 67 имени Л. А. Ворохобова, Москва, Россия

⁴ Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Россия

⁵ Ярославский государственный медицинский университет, Ярославль, Россия

✉ figolsergei@yandex.ru

Аннотация

Актуальность. Респираторный дистресс-синдром новорожденных (РДС) остается основной причиной дыхательной недостаточности у недоношенных детей, а бронхолегочная дисплазия (БЛД) — самым частым и тяжелым осложнением респираторной терапии. Применение неинвазивной вентиляции легких (НИВ) является основой стратегии «защитной вентиляции легких», направленной на предотвращение ятрогенного повреждения и снижение риска развития БЛД.

Цель обзора. Обобщить и проанализировать современные данные о методах НИВ у недоношенных новорожденных с РДС, делая акцент на клинические возможности каждого метода, их преимущества и ограничения для оптимизации респираторной тактики.

Материалы и методы. Поиск проводился в следующих зарубежных и российских электронных библиографических базах данных и реестрах: PubMed, Cochrane Central Register of Controlled Trials, научная электронная библиотека eLibrary.ru и «КиберЛенинка». Основным периодом поиска, охватывал публикации за последнее десятилетие (2015–2025 гг.).

Результаты. Эволюция методов неинвазивной респираторной поддержки направлена на достижение максимальной синхронизации с дыханием пациента и обеспечение стабильного давления в дыхательных путях. Сравнительные исследования и метаанализы демонстрируют превосходство синхронизированных режимов SNIPPV над базовым NCPAP в предотвращении интубации, а NHFOV может быть наиболее эффективным методом постэкстубационной поддержки. Однако применение этих методов сопряжено с рисками, включая назальные повреждения, баротравму и влияние на гемодинамику.

Заключение. Успешное внедрение НИВ требует персонализированного подхода, основанного на гестационном возрасте, тяжести состояния и постоянной оценке клинических исходов, таких как развитие БЛД, потребность в инвазивной вентиляции легких и выживаемости.

Ключевые слова: респираторный дистресс-синдром новорожденных, недоношенные новорожденные, неинвазивная респираторная поддержка, назальное постоянное положительное давление в дыхательных путях, назальная интермиттирующая вентиляция с положительным давлением, неинвазивная высокочастотная осцилляторная вентиляция, бронхолегочная дисплазия, защитная вентиляция легких

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов.

Для цитирования: Современные методы неинвазивной вентиляции легких у недоношенных с респираторным дистресс-синдромом: возможности, преимущества и ограничения / С. Ю. Фиголь, Т. А. Шуматова, А. В. Мостовой, А. Л. Карпова // Уральский медицинский журнал. 2026. Т. 25, № 3. С. 71–88. DOI: <https://doi.org/10.52420/umj.25.3.71>. EDN: <https://elibrary.ru/LIZPMO>.

Modern Methods of Non-invasive Ventilation in Preterm Infants with Respiratory Distress Syndrome: Opportunities, Advantages, and Limitations

Sergei Yu. Figol^{1,2}✉, Tatiana A. Shumatova², Aleksey V. Mostovoy^{3,4,5}, Anna L. Karpova^{3,4,5}

¹ Primorsky Regional Perinatal Center, Vladivostok, Russia

² Pacific State Medical University, Vladivostok, Russia

³ City Clinical Hospital No. 67 named after L. A. Vorokhobov, Moscow, Russia

⁴ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia

⁵ Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russia

✉ figolsergei@yandex.ru

Abstract

Background. Neonatal respiratory distress syndrome (RDS) remains the leading cause of respiratory failure in preterm infants, while bronchopulmonary dysplasia (BPD) is the most frequent and severe complication of respiratory therapy. The use of non-invasive ventilation (NIV) is a cornerstone of the “lung-protective ventilation” strategy aimed at preventing iatrogenic injury and reducing the risk of BPD.

Objective is to summarize and analyze current evidence on NIV methods in preterm neonates with RDS, focusing on the clinical capabilities of each technique, their advantages, and limitations to optimize respiratory management.

Materials and methods. The search was conducted in the following foreign and Russian electronic bibliographic databases and registries: PubMed, Cochrane Central Register of Controlled Trials, Scientific Electronic Library eLibrary.ru and CyberLeninka. The primary search period covered publications from the last ten years (2015–2025).

Results. The evolution of non-invasive respiratory support methods aims to achieve maximum patient-ventilator synchrony and stable airway pressure. Comparative studies and meta-analyses demonstrate the superiority of synchronized modes (SNIPPV) over basic NCPAP in preventing intubation, while NHFOV may be the most effective method for post-extubation support. However, the use of these methods is associated with risks, including nasal injuries, barotrauma, and hemodynamic effects.

Conclusion. Successful implementation of NIV requires a personalized approach based on gestational age, disease severity, and continuous assessment of clinical outcomes such as BPD development, need for invasive mechanical ventilation, and survival.

Keywords: neonatal respiratory distress syndrome, preterm infants, non-invasive respiratory support, nasal continuous positive airway pressure, nasal intermittent positive pressure ventilation, non-invasive high frequency oscillatory ventilation, bronchopulmonary dysplasia, lung protective ventilation

Funding. The authors declare the absence of external funding for the study.

Conflict of interest. The authors declare the absence of obvious or potential conflict of interest.

For citation: Figol SYu, Shumatova TA, Mostovoy AV, Karpova AL. Modern methods of non-invasive ventilation in preterm infants with respiratory distress syndrome: Opportunities, advantages, and limitations. *Ural Medical Journal*. 2026;25(3):71–80. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.52420/umj.25.3.71>. EDN: <https://elibrary.ru/LIZPMO>.

Список сокращений

БЛД — бронхолегочная дисплазия

ВАПЛ — вентилятор-ассоциированное повреждение легких

ГВ — гестационный возраст

ДН — дыхательная недостаточность

ИВЛ — инвазивная искусственная вентиляция легких

РДС — респираторный дистресс-синдром

РКИ — рандомизированные контролируемые исследования

Edi — электрическая активность диафрагмы (*англ.* electrical activity of the diaphragm)

HFNC — высокопоточная назальная канюля (*англ.* high flow nasal cannula)

MAP — среднее давление в дыхательных путях;

NCPPAP — назальное постоянное положительное давление в дыхательных путях (*англ.* nasal continuous positive airway pressure)

NHFOV — неинвазивная высокочастотная осцилляторная вентиляция легких (*англ.* non-invasive high-frequency oscillatory ventilation)

NIPPV — назальная вентиляция с перемежающимся положительным давлением (*англ.* nasal intermittent positive pressure ventilation); **SNIPPV** — синхронизированная назальная вентиляция (*англ.* synchronized nasal intermittent positive pressure ventilation)

NIV — неинвазивная вентиляция легких (*англ.* non-invasive ventilation); **NIV-NAVA** — неинвазивная вентиляция с нейрональной регуляцией (*англ.* non-invasive neurally adjusted ventilatory assist)

PEEP — положительное давление в конце выдоха (*англ.* positive end-expiratory pressure)

PIP — пиковое давление на вдохе

ΔP — амплитуда давления

CO₂ — углекислый газ

H₂O — вода

Введение

Респираторный дистресс-синдром новорожденных (РДС) как результат структурной и биохимической незрелости легких (дефицит сурфактанта, неразвитые альвеолы) остается главной причиной дыхательной недостаточности (ДН) у недоношенных детей [1]. Согласно Международной классификации болезней 10-го пересмотра, эта нозология имеет код P22.0. Частота возникновения и тяжесть течения РДС находятся в обратной зависимости от гестационного возраста (ГВ): чем меньше ГВ, тем выше риск развития заболевания и тем тяжелее его клиническое течение [2].

Несмотря на «революцию» в лечении РДС, которая произошла после введения в клиническую практику заместительной терапии сурфактантом, курация пациентов с этим синдромом по-прежнему представляет для специалистов сложную дилемму [3]. С одной стороны, необходима эффективная коррекция гипоксемии и ДН; с другой — сама терапия, в частности инвазивная искусственная вентиляция легких (ИВЛ), является мощным фактором повреждения незрелых легких (вентилятор-ассоциированное повреждение легких (ВАПЛ)), что напрямую ведет к развитию тяжелого хронического состояния — бронхолегочной дисплазии (БЛД) [4]. БЛД, в свою очередь, ассоциирована с отдаленными последствиями: нарушениями нейрокогнитивного развития [5], рецидивирующими респираторными инфекциями и повышенной легочной заболеваемостью в детском возрасте [6].

Таким образом, одним из центральных вызовов современной неонатологии является поиск стратегий, позволяющих обеспечить адекватную респираторную поддержку, мини-

мизируя ятрогенное повреждение легких. Основной целью настоящей обзорной статьи является систематизация современных данных о различных видах неинвазивной респираторной поддержки и их влиянии на краткосрочные и долгосрочные клинические исходы у недоношенных с РДС.

Материалы и методы

Поиск научной литературы для настоящего обзора осуществлялся с акцентом на максимально полный и воспроизводимый охват релевантных источников. Были проанализированы международные (PubMed, Cochrane Central Register of Controlled Trials) и российские (eLibrary.ru, «КиберЛенинка») наукометрические базы. Глубина поиска составила десять лет (2015–2025 гг.). Такой интервал позволяет отразить современные клинические практики, сформированные после публикации ключевых международных консенсусов. Статьи рассматривались при наличии подробного резюме (аннотации) на английском или русском языке.

Критерии включения: 1) недоношенные новорожденные (ГВ < 37 недель) с диагнозом РДС; 2) применение любого вида неинвазивной вентиляции легких; 3) рандомизированные контролируемые исследования (РКИ), проспективные и ретроспективные когортные исследования объема, систематические обзоры, метаанализы, клинические рекомендации и согласительные документы национального и международного уровней; 4) оценивались исходы, такие как смертность, необходимость в инвазивной интубации или реинтубации трахеи, развитие БЛД, возникновение пневмоторакса, длительность респираторной поддержки, продолжительность госпитализации.

Критерии исключения: 1) доношенные новорожденные; новорожденные с тяжелыми сочетанными врожденными аномалиями (пороки сердца с гемодинамической значимостью, врожденная диафрагмальная грыжа, и др.), определяющими тактику респираторной терапии; 2) отчеты об отдельных клинических случаях, тезисы конференций без последующей публикации полного текста в рецензируемом журнале; редакционные статьи, письма в редакцию, мнения экспертов, не подкрепленные анализом литературы; 3) исследования, методологическое качество которых оценивается как критически низкое (например, отсутствие контрольной группы, явные систематические ошибки); полный текст статьи недоступен для анализа.

Результаты и обсуждение

Физиологические и технические характеристики неинвазивной респираторной поддержки у новорожденных детей

Современная неинвазивная вентиляция легких (*англ.* non-invasive ventilation, NIV) представляет собой основу респираторной терапии в неонатологии, позволяя минимизировать риски, связанные с инвазивной вентиляцией легких. Основной целью NIV является обеспечение адекватного газообмена при максимальном сохранении спонтанного дыхания пациента [7].

Назальное постоянное положительное давление в дыхательных путях (*англ.* nasal continuous positive airway pressure, NCPAP). Такой метод обеспечивает постоянный уровень положительного давления в дыхательных путях на протяжении всего дыхательного цикла. Физиологическое действие заключается в поддержании альвеол в расправленном состоянии (раскрытии ателектазов), увеличении функциональной остаточной емкости

легких и снижении работы дыхания за счет стабилизации грудной стенки [8–11]. Современным направлением оптимизации NCPAP является использование систем с переменным (вариабельным) потоком (*англ.* variable flow NCPAP). В отличие от традиционных систем с постоянным потоком, генераторы вариабельного потока — Infant Flow Driver и Medijet — основаны на эффекте Бернулли и Коанда. Конструктивно они представляют собой генераторы потока, создающие давление за счет высокоскоростной струи газа. Ключевым преимуществом таких систем является способность мгновенно адаптироваться к фазе дыхания пациента: во время вдоха генератор направляет поток пациенту, снижая работу дыхания, а во время выдоха поток перенаправляется, минимизируя турбулентность и сопротивление. Это позволяет создавать более стабильное давление в дыхательных путях и снижает резистентность на выдохе, что облегчает респираторную нагрузку новорожденного [12].

Высокопоточная назальная канюля (*англ.* high flow nasal cannula, HFNC). Метод основан на подаче точно дозированной, подогретой и увлажненной дыхательной смеси со скоростью потока, превышающей инспираторную потребность пациента. Это приводит к вымыванию углекислого газа (CO_2) из мертвого пространства и созданию клинически значимого положительного давления в дыхательных путях, величина которого зависит от заданного потока и степени утечки через рот, что снижает работу дыхания и улучшает оксигенацию у новорожденных с РДС [13]. HFNC чаще используется в качестве послеэкстубационной респираторной поддержки у новорожденных либо как первичная терапия при легких респираторных нарушениях [14, 15]. Для любых видов респираторной поддержки критически важным является использование систем с активным подогревом и увлажнением газа для предотвращения рисков охлаждения и повреждения слизистой оболочки дыхательных путей [16].

Двухуровневый CPAP (BiPhasic/DuoPAP/Dual level). Суть режима заключается в автоматическом циклическом переключении между двумя заданными уровнями постоянного положительного давления: высоким и низким. Аппарат позволяет дышать самостоятельно в любой фазе, что снижает потребность в седации и улучшает синхронизацию пациента с респиратором. На высоком уровне происходит рекрутмент альвеол и улучшается оксигенация, на низком же уровне облегчается выведение углекислого газа и предотвращается перерастяжение легких. Дополнительным преимуществом служит сохранение спонтанного дыхания на протяжении всего респираторного цикла, что способствует снижению риска ателектазов, оптимизации вентиляционно-перфузионных отношений и уменьшению потребности в седации по сравнению с инвазивной вентиляцией легких [17, 18].

Назальная вентиляция с перемежающимся положительным давлением (*англ.* nasal intermittent positive pressure ventilation, NIPPV) представляет собой метод NIV, в котором сочетается базовое давление NCPAP и наложенными принудительными вдохами. Ключевым условием эффективности современной NIPPV является синхронизация аппаратных вдохов с инспираторным усилием пациента. Синхронизированные режимы, такие как SNIPPV (*англ.* synchronized nasal intermittent positive pressure ventilation) или назальная синхронизированная перемежающаяся принудительная вентиляция (*англ.* nasal synchronized intermittent mandatory ventilation), реализуются посредством реакции триггера по давлению или потоку. Такой подход позволяет существенно повысить клиническую эффективность терапии и улучшить ее переносимость пациентами [19–21].

Неинвазивная вентиляция с нейрональной регуляцией (*англ.* neurally adjusted ventilatory assist, NIV-NAVA). Этот режим считается более физиологичным, поскольку обеспечивает поддержку, синхронизированную с собственной дыхательной активностью пациента. Уси-

лие вдоха определяется и измеряется с помощью электромиограммы диафрагмы — сигнала Edi (*англ.* electrical activity of the diaphragm). Респиратор усиливает каждый нейтральный вдох, обеспечивая превосходную синхронизацию «пациент — вентилятор», что снижает работу дыхания и риск баро-/волюмотравмы. Мониторинг сигнала Edi предоставляет уникальную объективную информацию о состоянии дыхательного центра: повышенный уровень в покое может свидетельствовать о высокой дыхательной работе или утомлении диафрагмы, а низкий или отсутствующий об угнетении дыхательного центра [22–24].

Неинвазивная высокочастотная осцилляционная вентиляция легких (*англ.* non-invasive high-frequency oscillatory ventilation, NHFOV). Такой метод интегрирует принципы неинвазивной поддержки с высокочастотными осцилляциями в диапазоне 8–12 Гц. Механизм действия основан на комбинации постоянного среднего давления, которое поддерживает объем легких и оксигенацию, и высокочастотных колебаний малого дыхательного объема, которые обеспечивают эффективную элиминацию углекислого газа посредством таких физических механизмов, как усиленная диффузия и конвекция [25, 26].

Таким образом, палитра методов NIV предоставляет врачу широкий выбор инструментов. Однако их техническое совершенство и физиологическая обоснованность должны быть подтверждены клинической эффективностью в рутинной практике. Следующий раздел посвящен сравнительному анализу ключевых исходов, связанных с применением различных методов неинвазивной респираторной поддержки у новорожденных детей, что определяет их место в современных респираторных алгоритмах.

Клиническое применение неинвазивной респираторной поддержки у новорожденных детей

NIV утвердилась в качестве ключевого элемента стратегии «защитной вентиляции легких» в неонатологии, основной целью которой является минимизация ятрогенного повреждения легочной ткани и профилактика БЛД. Однако эффективность различных методов NIV неоднородна и требует дифференцированного анализа, основанного на данных сравнительных исследований и метаанализов, с учетом ГВ, тяжести респираторной недостаточности и конкретного клинического сценария [27, 28].

Сравнительная эффективность NCPAP и HFNC в неонатальной респираторной поддержке. Метод постоянного положительного давления в дыхательных путях, впервые примененный в неонатальной практике в 1971 г. для лечения РДС, сохраняет статус фундаментального и наиболее изученного метода первичной респираторной поддержки [29]. Физиологическое обоснование применения NCPAP базируется на стабилизации альвеолярного пространства, предотвращении экспираторного коллапса и поддержании функциональной остаточной емкости легких, что позволяет рассматривать этот метод как основу защитной вентиляции легких у недоношенных. Однако клиническая эффективность NCPAP демонстрирует отчетливую зависимость от степени морфофункциональной зрелости пациента. Существует обратная зависимость между ГВ и вероятностью неудачи NCPAP: чем меньше срок гестации, тем выше риск его неэффективности. Этот феномен обусловлен комплексом факторов, включающих незрелость сурфактантной системы, повышенную податливость грудной клетки, слабость дыхательной мускулатуры и высокую предрасположенность к апноэ у глубоко недоношенных детей. При легких респираторных нарушениях демонстрирует отсутствие статистически значимых различий по ключевым клиническим исходам, таким как частота реинтубации, длительность респираторной поддержки и динамики параметров газообмена [30]. Тем не менее, важно подчеркнуть, что HFNC не является физиологическим эквивалентом NCPAP [31].

Вследствие нестабильного и относительно низкого уровня создаваемого давления, HFNC не может обеспечить адекватный рекрутмент альвеол при выраженных ателектазах. Его основное клиническое применение ограничивается случаями с меньшей потребностью в давлении, где терапевтической целью выступает эффективный клиренс CO_2 , или в качестве этапа отлучения от респираторной поддержки [32].

Ограниченная эффективность NCPAP у наиболее незрелых пациентов обусловила поиск более действенных методов. При применении в течение шести часов после рождения NIPPV снижает риск ДН и потребность в ИВЛ у недоношенных детей с РДС в ГВ 28 недель и выше [33]. Наибольшие преимущества достигаются при использовании SNIPPV [34]. SNIPPV в качестве первоначальной неинвазивной поддержки у недоношенных детей с РДС эффективнее снижает потребность в инвазивной вентиляции и заболеваемость БЛД [35].

Можно выделить следующие перспективные направления развития неинвазивной респираторной поддержки, такие как NIV-NAVA и NHFOV. Эволюция NIV связана с внедрением методов, обеспечивающих максимально физиологичное взаимодействие с дыхательной системой пациента. NIV-NAVA представляет собой эффективную альтернативу для поздних недоношенных с ДН. Этот метод продемонстрировал значимые преимущества, включая снижение частоты неудач лечения, сокращение продолжительности кислородной терапии, уменьшение работы дыхания и риска волюмотравмы за счет стабильного и синхронизированного положительного давления в конце выдоха (*англ.* positive end-expiratory pressure, PEEP) [36]. Высокая степень синхронизации способствует более спокойному, по сравнению с несинхронизированными видами NIV, состоянию пациента, потенциально положительно влияя на развитие нервной системы и снижая потребность в седации [37]. NIV-NAVA рассматривается как один из наиболее перспективных вариантов для персонализированной поддержки, требующий дальнейших масштабных исследований [38, 39].

NHFOV также подтверждает свою безопасность и эффективность. Исследования указывают, что NHFOV может быть наиболее эффективным методом NIV после экстубации, превосходя NCPAP по способности снижать потребность в повторной интубации [40, 41]. При этом по таким критически важным исходам, как частота развития БЛД, долгосрочных респираторных заболеваний или нарушений со стороны нервной системы, NHFOV демонстрирует результаты, сопоставимые с NIPPV и NCPAP [42]. Стоит отметить, что NHFOV не снижает потребность в первичной ИВЛ в первые 72 часа жизни, но она может сокращать общую продолжительность неинвазивной респираторной поддержки [43, 44]. Применение NHFOV ассоциировалось со значительным снижением частоты неэффективности неинвазивной вентиляции легких по сравнению с NCPAP у недоношенных новорожденных с ГВ менее 30 недель и экстремально низкой массой тела при рождении. Совокупность представленных данных свидетельствует о том, что использование NHFOV позволяет снизить потребность в проведении ИВЛ, что представляется особенно актуальным у пациентов с меньшим ГВ и более тяжелой ДН [45].

Таким образом, успешное применение NIV требует от клинициста не только знания показаний к различным режимам, но и осведомленности о спектре потенциальных осложнений. Активная профилактика, раннее выявление и коррекция этих состояний являются неотъемлемой частью качественной респираторной терапии и позволяют в полной мере реализовать преимущества неинвазивных методов, минимизируя сопутствующие риски. Широкое внедрение методов NIV в клиническую практику сопровождается необходимостью тщательной оценки спектра связанных с ними ятрогенных осложнений. Патогенез по-

следних определяется комплексным воздействием положительного давления на различные физиологические системы организма новорожденного, а также механическим влиянием интерфейсов. Осложнения NIV целесообразно классифицировать по анатомо-физиологическому принципу на четыре основные группы.

К первой группе можно отнести гастроэнтеральные осложнения. Поскольку NIV не обеспечивает полной изоляции дыхательных путей, создаваемое положительное давление свободно передается на структуры желудочно-кишечного тракта. Это приводит к дилатации желудка, что повышает риск интолерантности к энтеральному питанию [46].

Вторая группа представлена респираторно-механическими осложнениями. Неадекватно высокое или нестабильное давление поддержки является основной причиной механических осложнений. Перерастяжение (гиперинфляция) легочной паренхимы нарушает нейромеханическую связь и подавляет сократительную активность диафрагмы, что парадоксальным образом может увеличивать работу дыхания. Следствием гиперинфляции становится ухудшение общей респираторной механики и снижение легочного комплаенса, что ведет к неэффективной минутной вентиляции и задержке углекислого газа (гиперкапнии) [47].

К третьей группе относятся кардиоваскулярные и церебральные эффекты. Гемодинамические эффекты NIV обусловлены влиянием повышенного среднего внутригрудного давления на центральную гемодинамику. Этот фактор создает препятствие для адекватного венозного возврата к сердцу, что в клинически значимых случаях приводит к снижению сердечного выброса [48]. Сопряженное затруднение венозного оттока из полости черепа рассматривается как потенциальный фактор, способствующий повышению внутричерепного давления и влияющий на церебральную перфузию, которая в свою очередь является одним из факторов развития внутрижелудочкового кровоизлияния [49].

Четвертая группа — рефлекторные и локальные реакции. К этой категории относятся осложнения, вызванные прямым механическим воздействием интерфейса. Стимуляция тригеминальных рецепторов слизистой носоглотки может провоцировать вазовагальный и тригемино-кардиальный рефлекс, клинически проявляющийся эпизодами брадикардии и центрального апноэ [50]. Наиболее распространенными являются локальные повреждения кожи и слизистой назальной области: от транзиторной эритемы и мацераций до изъязвлений, носовых кровотечений и, в отдаленном периоде, деформаций носовых хрящей. Минимизация этих рисков достигается исключительно за счет высокого стандарта сестринского ухода, включающего строгий протокол мониторинга состояния кожи, использование современных защитных барьеров (гидроколлоидные, силиконовые повязки) и алгоритмизированный подбор размера и типа назальных аппликаторов [51].

Таким образом, применение различных видов NIV, сопряжено со специфическим спектром осложнений, затрагивающих респираторную, гастроинтестинальную, кардиоваскулярную системы и локальные ткани. Осведомленность об этих рисках, их патогенезе и методах профилактики является обязательным условием для безопасного и эффективного применения неинвазивной респираторной поддержки, позволяющим в полной мере реализовать ее клинические преимущества.

Настоящий обзор показывает, что NIV является ключевым элементом стратегии «защитной вентиляции» у недоношенных новорожденных детей с РДС. Основной парадигмой современной неонатологии стало стремление к максимальному сокращению длительности инвазивной ИВЛ, которое оправдано снижением частоты БЛД. В этой связи, эволюция методов NIV идет по пути повышения их эффективности и физиологичности.

Наиболее важным выводом является наблюдение превосходства синхронизированных режимов вентиляции (SNIPPV) над традиционным NCPAP в качестве первичной поддержки и постэкстубационной терапии. Их способность снижать риск интубации трахеи можно объяснить более эффективной поддержкой самостоятельного дыхания, снижением работы дыхательной мускулатуры и минимизацией асинхронности «пациент — вентилятор». Это согласуется с данными многих исследований, показывающих, что синхронизация является ключевым фактором, определяющим успех неинвазивной поддержки у наиболее незрелых пациентов с неустойчивым дыхательным паттерном [52].

Особый интерес представляют данные по NHFOV. Ее потенциальное преимущество в качестве терапии второй линии после неудачи NCPAP или при сложностях с элиминацией CO₂ открывает новые возможности для управления респираторной недостаточностью без интубации [53]. NHFOV теоретически сочетает преимущества стабильного среднего давления в дыхательных путях (*англ.* mean airway pressure), поддерживающего объем легких, и эффективного клиренса CO₂ за счет высокочастотных осцилляций. Это делает вышеуказанный метод особенно перспективным для респираторной поддержки детей с тяжелым РДС и гиперкапнией, хотя его позиционирование в клинических алгоритмах требует дальнейшего уточнения [54].

Важно отметить, что техническое совершенство методов, таких как NIV-NAVA, демонстрирует переход к персонализированной респираторной терапии, основанной на физиологических сигналах пациента. Это может стать основой для будущих исследований, направленных на оптимизацию респираторной поддержки различных видов ДН [55].

Однако внедрение любых методов NIV требует постоянного внимания к их безопасности. Результаты многих ключевых исследований подчеркивают, что осложнения (назальные травмы, пневмоторакс, дилатация желудка) носят не случайный, а системный характер, связанный с механизмом действия и интерфейсами. Следовательно, их профилактика через протоколы ухода, мониторинга и обучения персонала должна быть неотъемлемой частью клинических рекомендаций [56–58].

Утверждение о безусловной безопасности неинвазивных методов по сравнению с инвазивной ИВЛ является упрощением; речь скорее идет о балансе разных профилей риска. Выбор метода NIV не должен быть произвольным, а должен основываться на иерархии эффективности с учетом ГВ, тяжести РДС и конкретного клинического сценария (первичная поддержка, постэкстубационная) [59, 60]. Интеграция современных данных в клинические протоколы позволит более эффективно реализовывать стратегию минимизации инвазивной вентиляции, что в конечном итоге направлено на улучшение отдаленных легочных и неврологических исходов у недоношенных детей.

Определение момента готовности пациента к прекращению респираторной поддержки и выбор оптимальной тактики является очень важным фактором успеха в выхаживании недоношенных новорожденных детей.

Процесс отлучения недоношенного ребенка от респираторной поддержки рассматривается как сочетание научно обоснованного подхода и клинического опыта. Инициация отлучения от неинвазивной вентиляции считается целесообразной только при достижении пациентом совокупности заранее определенных критериев стабильности. Выделяют три основных подхода к отлучению от респираторной поддержки, которые классифицируются следующим образом: постепенное снижение уровня давления на NCPAP; переход с NCPAP на HFNC; интервальные тренировки, предусматривающие циклическое отклю-

ние от НСРАР по заранее установленному алгоритму [61]. Применение HFNC с целью отлучения от НСРАР не увеличивает частоту успешных исходов, однако сопряжено с потенциальным риском пролонгации NIV. Таким образом, анализ совокупных данных позволяет предположить, что оптимальной стратегией отлучения недоношенных детей с РДС является постепенное снижение уровня НСРАР до минимальных значений (например, 3–4 см H₂O (водного столбца)) с последующей одномоментной отменой поддержки. Финальным этапом является перевод пациента на самостоятельное дыхание атмосферным воздухом либо при сохраняющейся незначительной потребности в дополнительной оксигенации на низкопоточную назальную канюлю для поддержания целевых показателей насыщенности крови кислородом, отражающий процент гемоглобина, связанного с кислородом, в артериальной крови [62].

На основании полученных данных представляется целесообразным, чтобы отделения неонатального профиля разрабатывали локальные протоколы отлучения от респираторной поддержки, включающие четко определенные критерии готовности пациента, а также обеспечивали систематическое обучение медицинского персонала. Такой подход позволит стандартизировать процесс отлучения от НСРАР и обеспечить его прозрачность в условиях конкретного клинического подразделения.

Однако не менее важным аспектом респираторной терапии является своевременное распознавание ситуаций, когда проводимая поддержка оказывается неэффективной. Если рассмотренные выше стратегии направлены на успешное завершение вентиляции, то в ряде клинических ситуаций требуется противоположное решение, эскалацию респираторной поддержки ввиду неэффективности начальных режимов. Критерии неэффективности NIV основываются на комплексе клинических и лабораторных показателей. Принято считать терапию неэффективной при наличии одного или нескольких из следующих признаков: рецидивирующее апноэ (три и более эпизодов в час на протяжении шести часов наблюдения); два и более эпизода тяжелого апноэ в течение 24 часов, потребовавших перехода на инвазивную вентиляцию; персистирующий тяжелый РДС (оценка по шкале Даунса или Сильвермана — Андерсона более 6 баллов), сохраняющийся на фоне оптимально проводимой NIV; декомпенсированный респираторный ацидоз (pH < 7,2); гиперкапния (парциальное давление углекислого газа, pCO₂ > 65 мм рт. ст.); невозможность достижения целевых показателей артериальной крови при фракции кислорода во вдыхаемой газовой смеси (FiO₂) равной или превышающей 0,60 [63]. Важно отметить, что приведенные выше критерии не являются строгой аксиомой и подлежат клинической интерпретации с учетом нозологии, возраста пациента, длительности респираторной поддержки и наличия хронической гиперкапнии.

Помимо перечисленных клинических критериев, требующих эскалации респираторной терапии, существенное влияние на исходы лечения оказывают патофизиологические факторы, связанные с самим методом вентиляции. Как отмечалось ранее, травматизация носовых ходов и отсутствие адекватного увлажнения дыхательной смеси являются одними из наиболее распространенных предотвратимых причин неэффективности NIV.

Верхние дыхательные пути новорожденного выполняют важнейшую физиологическую функцию, обеспечивая согревание вдыхаемого атмосферного воздуха до температуры тела и его увлажнение, что необходимо для предотвращения повреждения нижележащих отделов респираторного тракта. Основная доля этой функции реализуется структурами носовой перегородки и носовых раковин. При проведении ИВЛ посредством

эндотрахеальной трубки естественный механизм кондиционирования воздуха полностью исключается из дыхательного контура. В условиях неинвазивной вентиляции функция верхних дыхательных путей подвергается перегрузке вследствие генерации высоких скоростей потока подаваемой газовой смеси. Указанный скоростной режим создает предпосылки для развития баротравмы и волюмотравмы легких, способствует возникновению гипотермии, а также ассоциировано с повышением риска летального исхода у недоношенных новорожденных при использовании холодных и недостаточно увлажненных дыхательных газов. В связи с вышеизложенным воздушно-кислородная смесь, применяемая при ИВЛ, подлежит обязательному нагреванию до температуры 37 °С и увлажнению с достижением показателя относительной влажности 100 %. Аналогичные целевые параметры кондиционирования рекомендованы для большинства методов NIV, поскольку используемые интерфейсы и высокие скорости потока газа нивелируют возможность задействования естественной системы подготовки воздуха в верхних дыхательных путях новорожденного [64].

Помимо объективных критериев эффективности респираторной поддержки и рисков механического повреждения дыхательных путей, важным аспектом интенсивной терапии недоношенных является оценка субъективного статуса пациента, в частности наличия болевых ощущений и дискомфорта.

Проведение NIV у недоношенных новорожденных может ассоциироваться с развитием выраженного дискомфорта и болевого синдрома. В качестве вероятных этиологических факторов рассматриваются асинхрония спонтанного дыхания пациента с работой респиратора, контакт носового интерфейса с кожными покровами и слизистыми оболочками, а также прямая травматизация анатомических структур носа [65]. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что персистирующий болевой синдром в раннем неонатальном периоде способен оказывать неблагоприятное влияние на долгосрочное нейropsychическое развитие ребенка [66]. Первоочередным мероприятием по обеспечению адекватного уровня комфорта у новорожденного, находящегося на NIV, является выбор оптимального метода респираторной поддержки с индивидуальным подбором параметров соответственно потребностям пациента. Такой подход предполагает использование устройств, обеспечивающих больший комфорт, в частности высокопоточной назальной канюли, в сравнении с постоянным положительным давлением в дыхательных путях, а также применение интерфейсов (носовых масок) для минимизации риска травматизации носа. Дополнительным способом снижения дискомфорта может служить обеспечение синхронизации пациента с респиратором посредством использования режимов SNIPPV, неинвазивной вентиляции NIV-NAVA или NHFOV. Доказательства эффективности и безопасности указанных методов были рассмотрены ранее. Важным компонентом ведения пациентов является своевременное выявление признаков стресса, дискомфорта или боли посредством рутинного применения валидированных клинических шкал оценки боли. При появлении первых признаков болевого синдрома новорожденным, находящимся на NIV, показано проведение немедикаментозной анальгезии [67]. В случае недостаточной эффективности немедикаментозной терапии допустимо применение анальгетических средств. Вопрос о рутинном применении анальгетиков у новорожденных на NIV остается дискуссионным и недостаточно изученным. В последнее время отмечается рост применения дексметомидина в неонатальной практике, предварительные данные свидетельствуют о его безопасности и эффективности у новорожденных [68, 69]. В целом, анализ литературы выявляет существенный пробел

в отношении использования анальгетиков и седативных средств у новорожденных детей, получающих неинвазивную респираторную поддержку.

Несмотря на попытку систематизации современных данных, настоящий нарративный обзор имеет ряд методологических ограничений, характерных для настоящего типа публикаций без формального систематического поиска и метаанализа. Выводы, основанные на нарративном синтезе, могут отличаться от результатов строгого количественного метаанализа. Сравнимые исследования значительно различаются по дизайну (РКИ, когортные исследования), популяциям пациентов (разные диапазоны гестационного возраста и массы тела при рождении). Клинические практики и технологии в неонатальной респираторной терапии быстро меняются. Даже литературный обзор за последние 10 лет может не полностью отражать самые современные тенденции и результаты новейших исследований, особенно касающихся таких инновационных методов, как NIV-NAVA и NHFOV. В обзоре преимущественно рассматриваются госпитальные исходы (осложнения, БЛД). Данные о долгосрочном нейрокогнитивном развитии, респираторном здоровье в детском возрасте и качестве жизни после применения различных режимов NIV остаются менее изученными и требуют проведения дальнейших исследований. Для наглядности ключевые сравнительные аспекты методов NIV представлены ниже¹.

Клиническое позиционирование	Доказанное преимущество	Недостатки (зоны неопределенности)	Технические характеристики и параметры применения
NCPAP			
Стартовая терапия РДС	«Золотой стандарт», с наилучшей доказательной базой по снижению комбинированного исхода (смерть/БЛД)	Высокая частота неудач у недоношенных новорожденных с ГВ менее 28 недель, что требует интубации и ИВЛ	РЕЕР: 6–8 см H ₂ O. Генерация потока: потоковые системы (поток 6–10 л/мин.) или аппаратные (механические клапаны). Интерфейс: короткие биназальные канюли или маска. Критически важен правильный размер для минимизации утечек [70]
HFNC			
Постэкстубационная поддержка (у детей ≥28 недель); терапия легких дыхательных нарушений	Меньшая травматизация носа, удобство ухода, лучшая переносимость ребенком	Нестабильное и непредсказуемое давление; недостаточно данных для рутинного использования как стартовой терапии у глубоко недоношенных	Поток кислородно-воздушной смеси: от 2 л/мин., до 8 л/мин. Интерфейс: канюли с широким просветом, занимающие не более 50 % диаметра ноздри [71]
NIPPV/SNIPPV			
При неэффективности NCPAP; профилактика реинтубации после отлучения от ИВЛ	Более эффективен, чем NCPAP, в предотвращении реинтубации; потенциально снижает риск БЛД	Требует синхронизации для максимальной эффективности; риск аэрофагии	PIP: 14–20 см H ₂ O. РЕЕР: 5–7 см H ₂ O. Скорость потока либо находится в диапазоне 8–12 л/мин., либо автоматически установлена аппаратом вентилятором. Время вдоха: 0,3–0,5 сек. [72]

¹ PIP — пиковое давление на вдохе. ΔP — амплитуда давления.

Клиническое позиционирование	Доказанное преимущество	Недостатки (зоны неопределенности)	Технические характеристики и параметры применения
NIV-NAVA			
Перспективный метод нейронно-синхронизированной поддержки	Физиологичная синхронизация с дыхательными усилиями, снижение работы дыхания, потенциально выше комфорт	Требует специального оборудования и правильное позиционирование катетера (по Edi-сигналу); ограниченная доказательная база	Улавливание электрической активности диафрагмы (Edi-сигнал) через специализированный назоглоточный катетер. Уровень поддержки: задается коэффициентом (уровнем NAVA), который определяет, насколько сильно аппарат усиливает сигнал диафрагмы (0,5–2,0 см H ₂ O на микровольт (мкВ)), РЕЕР: 5–7 см H ₂ O [73]
NHFOV			
Метод выбора при гиперкапнии на фоне NCPAP/NIPPV	Эффективный клиренс CO ₂ при стабильном среднем давлении в дыхательных путях	Недостаточно данных о долгосрочной безопасности, шумовой дискомфорт	Наложение осцилляторных колебаний на поток NCPAP. MAP: 6–10 см H ₂ O. Частота осцилляций: 8–12 Гц. ΔP: 15–30 см H ₂ O [74]

Заключение

Неинвазивная респираторная поддержка утвердилась в качестве основного инструмента для реализации стратегии минимизации инвазивной вентиляции и профилактики ВАПЛ у недоношенных детей с РДС.

Существует четкая иерархия эффективности различных режимов NIV. Синхронизированная NIPPV (SNIPPV) превосходит классический NCPAP в снижении потребности в интубации и, вероятно, в профилактике БЛД. NHFOV демонстрирует себя как высокоэффективный метод постэкстубационной поддержки и терапии гиперкапнии. Наиболее перспективными являются методы, обеспечивающие максимальную синхронизацию с дыханием пациента SNIPPV и NIV-NAVA. HFNC не является эквивалентом NCPAP и должна применяться с осторожностью, преимущественно для отлучения от респираторной поддержки или при легких нарушениях, где требуется в основном клиренс CO₂. Все методы NIV сопряжены со специфическим спектром осложнений. Их безопасное применение невозможно без строгих протоколов мониторинга, ухода за интерфейсами и обучения персонала. Выбор оптимального режима NIV должен быть персонализированным и учитывать ГВ, тяжесть дыхательной недостаточности, конкретный клинический сценарий и доступные технические ресурсы.

Дальнейшие исследования должны быть сосредоточены на проведении крупных сравнительных РКИ для уточнения места NHFOV и NIV-NAVA в клинических алгоритмах, разработке четких критериев перехода между режимами NIV и оценке долгосрочных результатов, ассоциированных с различными стратегиями неинвазивной поддержки.

Список источников | References

- Hoshino Y, Arai J, Cho K, Yukitake Y, Kajikawa D, Hinata A, et al. Diagnosis and management of neonatal respiratory distress syndrome in Japan: A national survey. *Pediatrics and Neonatology*. 2023;64(1):61–67. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pedneo.2022.08.002>.

2. De Luca D, Tingay DG, van Kaam AH, Courtney SE, Kneyber MCJ, Tissieres P, et al. Epidemiology of neonatal acute respiratory distress syndrome: Prospective, multicenter, international cohort study. *Pediatric Critical Care Medicine*. 2022;23:524–534. DOI: <https://doi.org/10.1097/PCC.0000000000002961>.
3. Cho H, Lee J. Neonatal outcomes of the intubation-surfactant-extubation versus less invasive surfactant administration method: A national cohort study in Korea. *Neonatology*. 2025;122(6):714–721. DOI: <https://doi.org/10.1159/000547607>.
4. Mezhinsky SS, Shilova NA, Kharlamova NV, Chasha TV, Andreev AV. The role of aggressive factors of respiratory support in the formation of bronchopulmonary dysplasia in very premature newborns. *Neonatology: News, Opinions, Training*. 2019;7(1):12–20. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/2308-2402-2019-11002>.
5. Cheong JLY, Doyle LW. An update on pulmonary and neurodevelopmental outcomes of bronchopulmonary dysplasia. *Seminars in Perinatology*. 2018;42(7):478–484. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.semperi.2018.09.013>.
6. Simpson SJ, Turkovic L, Wilson AC, Verheggen M, Logie KM, Pillow JJ, et al. Lung function trajectories throughout childhood in survivors of very preterm birth: A longitudinal cohort study. *The Lancet Child and Adolescent Health*. 2018;2(5):350–359. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2352-4642\(18\)30064-6](https://doi.org/10.1016/S2352-4642(18)30064-6).
7. Ramaswamy VV, Devi R, Kumar G. Non-invasive ventilation in neonates: A review of current literature. *Frontiers in Pediatrics*. 2023;11:1248836. DOI: <https://doi.org/10.3389/fped.2023.1248836>.
8. Egesa WI, Waibi WM. Bubble nasal continuous positive airway pressure: An effective low-cost intervention for resource-constrained settings. *International Journal of Pediatrics*. 2020;2020:8871980. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/8871980>.
9. Muttineni M, Bhandari V, John S, Slusher T. Bubble NIPPV: Guidelines for use. *Children*. 2025;12(7):834. DOI: <https://doi.org/10.3390/children12070834>.
10. Bennett DJ, Carroll RW, Kacmarek RM. Evaluation of a low-cost bubble CPAP system designed for resource limited settings. *Respiratory Care*. 2018;63(4):395–403. DOI: <https://doi.org/10.4187/respcare.05762>.
11. Mahmoud HD, Kent SC, Ibrahim FE, Mohamed N, Abdulahi FA, O'Neal MN, et al. Optimising neonatal bubble continuous positive airway pressure: A Somaliland quality initiative. *African Journal of Primary Health and Care Family Medicine*. 2025;17(1):a4742. DOI: <https://doi.org/10.4102/phcfm.v17i1.4742>.
12. Pandit PB, Courtney SE, Pyon KH, Saslow JG, Habib RH. Work of breathing during constant- and variable-flow nasal continuous positive airway pressure in preterm neonates. *Pediatrics*. 2001;108(3):682–685. DOI: <https://doi.org/10.1542/peds.108.3.682>.
13. Katheria A, Ines F, Hough J, Rich W, Morales A, Sanjay S, et al. Changes in lung aeration with high-flow nasal cannula compared to nasal CPAP in preterm infants. *Journal of Perinatology*. 2025;45(6):817–822. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41372-025-02267-4>.
14. Martins C, Pissarra R, Costa S, Soares H, Guimarães H. Comparison between continuous positive airway pressure and high-flow nasal cannula as postextubation respiratory support in neonates: A systematic review and meta-analysis. *Turkisch Archives Pediatrics*. 2022;57(6):581–590. DOI: <https://doi.org/10.5152/TurkArchPediatri.2022.22161>.
15. Wilkinson D, Andersen C, O'Donnell CP, De Paoli AG, Manley BJ. High flow nasal cannula for respiratory support in preterm infants. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2016;(2):CD006405. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006405.pub3>.
16. Gizzi C, Petrillo F, Ventura ML, Gagliardi L, Trevisanuto D, Lista G, et al. Comparing Italian versus European strategies and technologies for respiratory care in NICU: Results of a survey of the Union of European Neonatal and Perinatal Societies (UENPS) and the Italian Society of Neonatology (SIN). *Italian Journal of Pediatrics*. 2025;51(1):100. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13052-025-01936-6>.
17. Kaur H, Singh A, Naranje KM, Gupta G, Solanki PS, Mishra P. Nasal DUOPAP vs nasal continuous positive airway pressure in preterm neonates with respiratory distress syndrome — A randomized control trial. *Early Human Development*. 2025;207:106284. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2025.106284>.
18. Cimino C, Saporito MAN, Vitaliti G, Pavone P, Mauceri L, Gitto E, et al. N-BiPAP vs n-CPAP in term neonate with respiratory distress syndrome. *Early Human Development*. 2020;142:104965. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2020.104965>.
19. Zeng J, Tan R, Cao H. Comparative effectiveness of nasal intermittent positive pressure ventilation vs continuous positive airway pressure in preterm infants with RDS: An updated systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *European Journal of Pediatrics*. 2025;184(7):455. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00431-025-06282-7>.
20. Linkhoeva SB, Aleksandrovich YuS, Pshenisnov KV, Chiyenas V, Mitkinov OE. Non-invasive respiratory support in premature infants in the delivery room. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology*. 2020;(2):65–70. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17116/anaesthesiology202002165>.
21. Suzuki T, Ueda K, Taniguchi A, Maeda T, Tanaka R, Miura R, et al. Flow-driver-generated synchronized nasal intermittent positive-pressure ventilation versus biphasic positive airway pressure after ex-

- tubation in preterm infants. *Pediatric Pulmonology*. 2025;60(12):e71410. DOI: <https://doi.org/10.1002/ppul.71410>.
22. Kumar J, Kumar P, Bhandari V. Noninvasive ventilation strategies in neonates. *Indian Pediatrics*. 2025;62(6):451–460. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13312-025-00077-7>.
 23. Saito T, Maruyama Y, Miyosawa Y, Hirabayashi K, Nakazawa Y. Efficacy of noninvasive neurally adjusted ventilatory assist (NIV-NAVA) for neonates with transient tachypnea of the newborn: A retrospective analysis. *Pediatric Pulmonology*. 2025;60(8):e71246. DOI: <https://doi.org/10.1002/ppul.71246>.
 24. Yuan Y, He F, Wu D, Zou H. Non-invasive neurally adjusted ventilatory assist versus nasal continuous positive airway pressure for premature infants: A systematic review and meta-analysis. *European Journal Medical Research*. 2025;30(1):577. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40001-025-02803-0>.
 25. Albertson M, Forbush J. Respiratory management of the extremely premature infant. *Neonatal Network*. 2025;44(2):107–113. DOI: <https://doi.org/10.1891/NN-2024-0038>.
 26. Yu X, Tan Q, Li J, Shi Y, Chen L. Elective high frequency oscillatory ventilation versus conventional mechanical ventilation on the chronic lung disease or death in preterm infants administered surfactant: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Perinatology*. 2025;45(1):77–84. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41372-024-02185-x>.
 27. Minamitani Y, Miyahara N, Saito K, Kanai M, Namba F, Ota E. Noninvasive neurally-adjusted ventilatory assist in preterm infants: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Maternal-Fetal and Neonatal Medicine*. 2024;37(1):2415373. DOI: <https://doi.org/10.1080/14767058.2024.2415373>.
 28. Firestone K, Stein H. Optimizing synchronized non-invasive support: Clinical management guidelines for non-invasive neurally adjusted ventilatory assist. *Seminars in Perinatology*. 2025;49(5):152036. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.semperi.2025.152036>.
 29. Gregory GA, Kitterman JA, Phibbs RH, Tooley WH, Hamilton WK. Treatment of the idiopathic respiratory-distress syndrome with continuous positive airway pressure. *The New England Journal Medicine*. 1971;284(24):1333–1340. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJM197106172842401>.
 30. Chen IL, Chen HL. Impact of illness severity and interventions on successful weaning from nasal CPAP in very preterm neonates: An observational study. *Children*. 2022;9(5):673. DOI: <https://doi.org/10.3390/children9050673>.
 31. Frizzola M, Miller TL, Rodriguez ME, Zhu Y, Rojas J, Heseck A, et al. High-flow nasal cannula: Impact on oxygenation and ventilation in an acute lung injury model. *Pediatric Pulmonology*. 2011;46(1):67–74. DOI: <https://doi.org/10.1002/ppul.21326>.
 32. Roberts CT, Owen LS, Manley BJ, Froisland DH, Donath SM, Dalziel KM, et al. Nasal high-flow therapy for primary respiratory support in preterm infants. *The New England Journal Medicine*. 2016;375(12):1142–1151. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1603694>.
 33. Lemyre B, Deguise MO, Benson P, Kirpalani H, Ekhuagere OA, Davis PG. Early nasal intermittent positive pressure ventilation (NIPPV) versus early nasal continuous positive airway pressure (NCPAP) for preterm infants. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2023;(7):CD005384. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005384.pub3>.
 34. Ruegger CM, Owen LS, Davis PG. Nasal intermittent positive pressure ventilation for neonatal respiratory distress syndrome. *Clinics in Perinatology*. 2021;48(4):725–744. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clp.2021.07.004>.
 35. Dumpa V, Avulakunta I, Bhandari V. Effect of non-invasive ventilation on bronchopulmonary dysplasia. *Seminars in Perinatology*. 2025;49(5):152061. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.semperi.2025.152061>.
 36. Matlock DN, Ratcliffe SJ, Courtney SE, Kirpalani H, Firestone K, Stein H, et al. The Diaphragmatic Initiated Ventilatory Assist (DIVA) trial: Study protocol for a randomized controlled trial comparing rates of extubation failure in extremely premature infants undergoing extubation to non-invasive neurally adjusted ventilatory assist versus non-synchronized nasal intermittent positive pressure ventilation. *Trials*. 2024;25(1):201. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13063-024-08038-4>.
 37. Cheng J, Parmar T, Smyth J, Bolisetty S, Lui K, Schindler T. Non-invasive neurally adjusted ventilatory assist (NIV-NAVA) in the neonatal intensive care unit (NICU): An Australian NICU experience. *BMC Pediatrics*. 2024;24(1):514. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12887-024-04981-y>.
 38. Fang SJ, Chen CC, Liao DL, Chung MY. Neurally adjusted ventilatory assist in infants: A review article. *Pediatrics and Neonatology*. 2023;64(1):5–11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pedneo.2022.09.003>.
 39. Minamitani Y, Miyahara N, Saito K, Kanai M, Namba F, Ota E. Noninvasive neurally-adjusted ventilatory assist in preterm infants: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Maternal-Fetal and Neonatal Medicine*. 2024;37(1):2415373. DOI: <https://doi.org/10.1080/14767058.2024.2415373>.
 40. Malakian A, Bashirnezhadkhabaz S, Aramesh MR, Dehdashtian M. Noninvasive high-frequency oscillatory ventilation versus nasal continuous positive airway pressure in preterm infants with respiratory distress syndrome: A randomized controlled trial. *The Journal of Maternal-Fetal and Neonatal Medicine*. 2020;33(15):2601–2607. DOI: <https://doi.org/10.1080/14767058.2018.1555810>.

41. Dang BQ, Pham TTT, Nguyen DN, Long NP, Nguyen TT. Efficacy and safety of nasal high-frequency oscillation in preventing intubation in very-low-birth-weight infants with respiratory distress syndrome. *Pediatrics and Neonatology*. 2025;66(5):436–441. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pedneo.2024.06.015>.
42. Yang J, Mei H, Wang X, Zhang J, Huo M, Xin C. Efficacy and safety of different noninvasive ventilation strategies for postextubation respiratory support in Neonatal Respiratory Distress Syndrome: A systematic review and network meta-analysis. *Frontiers in Pediatrics*. 2024;12:1435518. DOI: <https://doi.org/10.3389/fped.2024.1435518>.
43. Li Y, Mo Y, Yao L, Wei Q, Meng D, Tan W, et al. The long-term outcomes of preterm infants receiving non-invasive high-frequency oscillatory ventilation. *Frontiers in Pediatrics*. 2022;10:865057. DOI: <https://doi.org/10.3389/fped.2022.865057>.
44. Mostovoi AV, Karpova AL, Mezhinsky SS, Figol SYu, Agafonova AA, Protsenko DN, et al. Non-invasive high-frequency oscillatory ventilation in neonatology: A narrative review and a case report. *Pediatrics. Journal named after G. N. Speransky*. 2025;104(4):106–114. (In Russ.). EDN: <https://elibrary.ru/GZBBIE>.
45. Zhu X, Feng Z, Liu C, Shi L, Shi Y, Ramanathan R; NHFOV study group. Nasal high-frequency oscillatory ventilation in preterm infants with moderate Respiratory Distress Syndrome: A multicenter randomized clinical trial. *Neonatology*. 2021;118(3):325–331. DOI: <https://doi.org/10.1159/000515226>.
46. Wang W, Tovar JA, Eizaguirre I, Aldazabal P. Continuous positive airway pressure and gastroesophageal reflux: An experimental study. *Journal of Pediatric Surgery*. 1994;29(6):730–733. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-3468\(94\)90356-5](https://doi.org/10.1016/0022-3468(94)90356-5).
47. Dassios T, Dixon P, Greenough A. Ventilation efficiency and respiratory muscle function at different levels of CPAP in intubated prematurely born infants. *Respiratory Care*. 2019;64(3):285–291. DOI: <https://doi.org/10.4187/respcare.06354>.
48. Abdel-Hady H, Matter M, Hammad A, El-Refaay A, Aly H. Hemodynamic changes during weaning from nasal continuous positive airway pressure. *Pediatrics*. 2008;122(5):e1086–e1090. DOI: <https://doi.org/10.1542/peds.2008-1193>.
49. Palmer KS, Spencer SA, Wickramasinghe YA, Wright T, Southall DP, Rolfe P. Effects of positive and negative pressure ventilation on cerebral blood volume of newborn infants. *Acta Paediatrica*. 1995;84(2):132–139. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.1995.tb13595.x>.
50. Kuypers K, Martherus T, Lamberska T, Dekker J, Hooper SB, Te Pas AB. Reflexes that impact spontaneous breathing of preterm infants at birth: A narrative review. *ADC Fetal and Neonatal Edition*. 2020;105(6):675–679. DOI: <https://doi.org/10.1136/archdischild-2020-318915>.
51. Shestak EV, Starkov VYu, Kovtun OP. The usage of hydrocolloid dressings for the prevention and treatment of damage to the soft tissues of the face and nose in premature newborns due to noninvasive respiratory therapy: Non-randomized historical controlled study. *Russian Pediatric Journal*. 2025;6(1):44–51. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15690/rpj.v6i1.2865>.
52. Moretti C, Gizzi C. Synchronized nasal intermittent positive pressure ventilation. *Clinics in Perinatology*. 2021;48(4):745–759. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clp.2021.07.005>.
53. Ali YAH, Seshia MM, Ali E, Alvaro R. Noninvasive high-frequency oscillatory ventilation: A retrospective chart review. *American Journal of Perinatology*. 2022;39(6):666–670. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0040-1718738>.
54. Abdel-Latif ME, Tan O, Fiander M, Osborn DA. Non-invasive high-frequency ventilation in newborn infants with respiratory distress. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2024;(5):CD012712. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012712.pub2>.
55. Kuitunen I, Räsänen K. Non-invasive neurally adjusted ventilatory assist (NIV-NAVA) reduces extubation failures in preterm neonates: A systematic review and meta-analysis. *Acta Paediatrica*. 2024;113(9):2003–2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/apa.17261>.
56. Kumar J, Yadav B, Meena J, Sundaram V, Dutta S, Kumar P. Periodic rotation versus continuous application of same nasal interface for non-invasive respiratory support in preterm neonates: A systematic review and meta-analysis. *Indian Journal of Pediatrics*. 2024;91(12):1250–1261. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12098-023-04946-6>.
57. Prakash R, De Paoli AG, Oddie SJ, Davis PG, McGuire W. Masks versus prongs as interfaces for nasal continuous positive airway pressure in preterm infants. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2022;(11):CD015129. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD015129>.
58. Tribolet S, Hennuy N, Rigo V. Ventilation devices for neonatal resuscitation at birth: A systematic review and meta-analysis. *Resuscitation*. 2023;183:109681. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2022.109681>.
59. Mostovoy AV, Karpova AL, Volodin NN, Petrova AS, Mileva OI, Zakharova NI, et al. Evaluation of the clinical practice of respiratory therapy and outcomes in late preterm (34–36 weeks) with respiratory distress syndrome. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology*. 2021;(4):67–74. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17116/anaesthesiology202104167>.

60. De Luca D, Dell'Orto V. Non-invasive high-frequency oscillatory ventilation in neonates: Review of physiology, biology and clinical data. *Archives of Disease in Childhood: Fetal and Neonatal Edition*. 2016;101(6):F565–F570. DOI: <https://doi.org/10.1136/archdischild-2016-310664>.
61. van Delft B, Van Ginderdeuren F, Lefevere J, van Delft C, Cools F. Weaning strategies for the withdrawal of non-invasive respiratory support applying continuous positive airway pressure in preterm infants: A systematic review and meta-analysis. *BMJ Paediatrics Open*. 2020;4(1):e000858. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjpo-2020-000858>.
62. Balhareth Y, Razak A. High flow nasal cannula for weaning nasal continuous positive airway pressure in preterm infants: A systematic review and meta-analysis. *Neonatology*. 2024;121(3):359–369. DOI: <https://doi.org/10.1159/000536445>.
63. Kumar J, Kumar P, Bhandari V. Noninvasive ventilation strategies in neonates. *Indian Journal of Pediatrics*. 2025;62(6):451–460. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13312-025-00077-7>.
64. Ralphe JL, Dail RB. Temperature and humidity associated with artificial ventilation in the premature infant: An integrative review of the literature. *Advances in Neonatal Care*. 2018;18(5):366–377. DOI: <https://doi.org/10.1097/ANC.0000000000000519>.
65. Imbulana DI, Manley BJ, Dawson JA, Davis PG, Owen LS. Nasal injury in preterm infants receiving non-invasive respiratory support: A systematic review. *Archives of Disease in Childhood: Fetal and Neonatal Edition*. 2018;103(1):F29–F35. DOI: <https://doi.org/10.1136/archdischild-2017-313418>.
66. Vinall J, Grunau RE. Impact of repeated procedural pain-related stress in infants born very preterm. *Pediatric Research*. 2014;75(5):584–587. DOI: <https://doi.org/10.1038/pr.2014.16>.
67. Tauszin M, Durrmeyer X, Carbajal R. Managing neonatal pain in the era of non-invasive respiratory support. *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine*. 2019;24(4):101004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.siny.2019.04.004>.
68. O'Mara K, Gal P, Wimmer J, Ransom JL, Carlos RQ, Dimaguila MA, et al. Dexmedetomidine versus standard therapy with fentanyl for sedation in mechanically ventilated premature neonates. *Journal of Pediatrics Pharmacology and Therapeutics*. 2012;17(3):252–262. DOI: <https://doi.org/10.5863/1551-6776-17.3.252>.
69. Chrysostomou C, Schulman SR, Herrera Castellanos M, Cofer BE, Mitra S, da Rocha MG, et al. A phase II/III, multicenter, safety, efficacy, and pharmacokinetic study of dexmedetomidine in preterm and term neonates. *The Journal of Pediatrics*. 2014;164(2):276–282.e3. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2013.10.002>.
70. Sweet DG, Carnielli VP, Greisen G, Hallman M, Klebermass-Schrehof K, Lavizzari A, et al. European Consensus Guidelines on the Management of Respiratory Distress Syndrome: 2025. *Neonatology*. 2026:1–26. DOI: <https://doi.org/10.1159/000551062>.
71. Hodgson KA, Wilkinson D, De Paoli AG, Manley BJ. Nasal high flow therapy for primary respiratory support in preterm infants. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2023;(5):CD006405. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006405.pub4>.
72. Anne RP, Murki S. Noninvasive Respiratory Support in Neonates: A review of current evidence and practices. *Indian Journal of Pediatrics*. 2021;88(7):670–678. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12098-021-03755-z>.
73. Firestone K, Stein H. Optimizing synchronized non-invasive support: Clinical management guidelines for non-invasive neurally adjusted ventilatory assist. *Seminars in Perinatology*. 2025;49(5):152036. PMID: <https://pubmed.gov/40750184>.
74. Li Y, Zhu X, Li LJ, Chen L, Yang Q, Xu L, et al. Non-invasive high frequency oscillatory ventilation for primary respiratory support in extremely preterm infants: multicentre randomised controlled trial. *The BMJ*. 2025;391:e085569. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj-2025-085569>.

Информация об авторах

Сергей Юрьевич Фиголь ✉ — заведующий отделением реанимации и интенсивной терапии новорожденных, Приморский краевой перинатальный центр, Владивосток, Россия; ассистент института педиатрии, Тихоокеанский государственный медицинский университет, Владивосток, Россия.

E-mail: figolsergei@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7906-508X>

Татьяна Александровна Шуматова — доктор медицинских наук, профессор, директор института педиатрии, Тихоокеанский государственный медицинский университет, Владивосток, Россия.

E-mail: shumatov@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2668-8483>

Алексей Валерьевич Мостовой — доктор медицинских наук, руководитель службы реанимации и интенсивной терапии, Городская клиническая больница № 67 имени Л. А. Ворохобова, Москва, Россия; доцент кафедры неонатологии имени профессора В. В. Гаврюшова, Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Россия; ассистент кафедры поликлинической терапии, клинической лабораторной диагностики и медицинской биохимии, Ярославский государственный медицинский университет, Ярославль, Россия.

E-mail: valmost@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7040-9683>

Анна Львовна Карпова — кандидат медицинских наук, заведующий неонатологическим стационаром, Городская клиническая больница № 67 имени Л. А. Ворохобова, Москва, Россия; доцент кафедры неонатологии имени профессора В. В. Гаврюшова, Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Россия; ассистент кафедры поликлинической терапии, клинической лабораторной диагностики и медицинской биохимии, Ярославский государственный медицинский университет, Ярославль, Россия.

E-mail: anna1409@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1024-0230>

Information about the authors

Sergei Y. Figol ✉ — Head of the Neonatal Intensive Care Department, Primorsky Krai Perinatal Center, Vladivostok, Russia; Assistant Professor of the Institute of the Pediatrics, Pacific State Medical University, Vladivostok, Russia.

E-mail: figolsergei@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7906-508X>

Tatyana A. Shumatova — Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Director of the Institute of Pediatrics, Pacific State Medical University, Vladivostok, Russia.

E-mail: shumatov@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2668-8483>

Aleksey V. Mostovoy — Doctor of Sciences (Medicine), Head of the Resuscitation and Intensive Care Service, City Clinical Hospital No. 67 named after L. A. Vorokhobov, Moscow, Russia; Associate Professor of the Department of Neonatology named after Professor V. V. Gavryushov, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia; Assistant Professor of the Department of Outpatient Therapy, Clinical Laboratory Diagnostics and Medical Biochemistry, Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russia.

E-mail: valmost@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7040-9683>

Anna L. Karpova — Doctor of Sciences (Medicine), Head of the Neonatology Department, City Clinical Hospital No. 67 named after L. A. Vorokhobov, Moscow, Russia; Associate Professor of the Department of Neonatology named after Professor V. V. Gavryushov, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia; Assistant Professor of the Department of Outpatient Therapy, Clinical Laboratory Diagnostics and Medical Biochemistry, Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russia.

E-mail: anna1409@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1024-0230>

Рукопись получена: 16 февраля 2026. Одобрена после рецензирования: 21 апреля 2026. Принята к публикации: 22 мая 2026.

Received: 16 February 2026. Revised: 21 April 2026. Accepted: 22 May 2026.