

РОЛЬ БРОНХОФОНОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ РС-ВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ У ДЕТЕЙ ПЕРВЫХ ЛЕТ ЖИЗНИ

Бабаджанова Ф.Р., Жуманиязова Д.Х.

Ургенчский государственный медицинский институт

XULOSA

Tadqiqot maqsadi. Erta yoshdagi bolalarda respirator-sintsital virus infeksiyasining o'tkir va uzoq muddatli davrlarida kompyuter bronxofonografiyasi hamda nafas shovqinlarini raqamli tahlil qilishning diagnostik imkoniyatlari to'g'risidagi zamonaviy ma'lumotlarni tizimlashtirish.

Materiallar va usullar. PubMed, Scopus, Google Scholar, eLibrary va CyberLeninka ma'lumotlar bazalarida, shuningdek, Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti, UNICEF va CDCning ochiq manbalarida chop etilgan ilmiy nashrlarning maqsadli sharhi o'tkazildi. Tahlilga 2019–2026-yillarda nashr etilgan, bolalarda RSV bilan bog'liq bronxiolit, bronxoobstruktiv sindrom, kompyuter bronxofonografiyasi, raqamli auskultatsiya va nafas shovqinlarini kompyuter yordamida tahlil qilish masalalariga bag'ishlangan ilmiy ishlar kiritildi.

Natijalar va muhokama. Adabiyotlar tahlili kompyuter bronxofonografiyasi bronxial o'tkazuvchanlik buzilishining akustik belgilarini obyektiv ravishda qayd etish imkonini berishini ko'rsatdi. Ushbu belgilarga nafas shovqinlari tarkibida yuqori chastotali komponentlarning paydo bo'lishi, hushtaksimon nafas va nafas chiqarish fazasining uzayishi kiradi. Mazkur usul bronxoobstruktiv sindromni erta aniqlash, uning og'irlik darajasini baholash hamda bolaning holatini dinamik kuzatish maqsadida qo'llanilishi mumkin. Bronxofonografiya standart funksional nafas sinamalarini to'g'ri bajara olmaydigan erta yoshdagi bolalarni tekshirishda ayniqsa katta amaliy ahamiyatga ega.

Xulosa. Kompyuter bronxofonografiyasi respirator-sintsital virus infeksiyasi bilan kasallangan erta yoshdagi bolalarda bronxial obstruksiyani obyektiv baholash uchun xavfsiz, noinvaziv va istiqbolli qo'shimcha usul hisoblanadi.

Kalit so'zlar: respirator-sintsital virus, RSV infeksiyasi, erta yoshdagi bolalar, bronxiolit, bronxoobstruktiv sindrom, kompyuter bronxofonografiyasi, raqamli auskultatsiya, nafas shovqinlari.

Респираторно-синцитиальная вирусная инфекция остаётся большой проблемой детской пульмонологии, особенно у детей раннего возраста. РСВ является одной из самых частых причин острых инфекций дыхательных путей у детей по всему миру. По данным Всемирной организации здравоохранения, РСВ каждый год вызывает более 3,6 миллиона госпитализаций и около 100 тысяч смертей среди детей младше 5 лет. Наибольший риск тяжёлого течения у младенцев и детей первых лет жизни. У этих малы-

SUMMARY

Objective. To synthesize current evidence on the diagnostic potential of computerized bronchophonography and digital respiratory sound analysis in infants and young children with respiratory syncytial virus (RSV) infection during the acute and long-term follow-up periods.

Materials and methods. A targeted review of scientific publications indexed in PubMed, Scopus, Google Scholar, eLibrary, and CyberLeninka was conducted. Open-access resources provided by the World Health Organization (WHO), UNICEF, and the Centers for Disease Control and Prevention (CDC) were also examined. The analysis included peer-reviewed literature published between 2019 and 2026, focusing on RSV-associated bronchiolitis, broncho-obstructive syndrome, computerized bronchophonography, digital auscultation, and computerized respiratory sound analysis in pediatric populations.

Results. Current data demonstrate that computerized bronchophonography enables the objective recording of acoustic signs of impaired bronchial patency, including high-frequency components of respiratory sounds, wheezing, and prolongation of the expiratory phase. This method allows for the early detection of broncho-obstructive syndrome, assessment of its severity, and dynamic monitoring of a child's clinical condition. Bronchophonography holds particular practical value for infants and young children who are unable to perform standard pulmonary function tests.

Conclusion. Computerized bronchophonography is a safe, non-invasive, and promising adjunctive method for the objective assessment of bronchial obstruction in infants and young children with respiratory syncytial virus infection.

Keywords: respiratory syncytial virus, RSV infection, infants, young children, bronchiolitis, broncho-obstructive syndrome, computerized bronchophonography, digital auscultation.

шей болезнь часто проявляется бронхиолитом, бронхообструктивным синдромом, свистящим дыханием, гипоксемией и признаками дыхательной недостаточности [6,13]. Дополнительную значимость проблеме придаёт тот факт, что после перенесённой РСВ-инфекции у части детей могут сохраняться повторные эпизоды бронхообструкции (*recurrent wheeze*), бронхиальная гиперреактивность и риск последующего формирования астма-подобных состояний [9].

По данным UNICEF, острые инфекции нижних дыхательных путей и пневмония продолжают занимать ведущее место среди причин инфекционной смертности детей младше 5 лет, особенно в странах с ограниченным доступом к своевременной диагностике и медицинской помощи [12]. В связи с этим особую актуальность приобретает поиск безопасных, объективных и доступных методов раннего выявления и динамического контроля нарушений дыхания у детей раннего возраста. Одним из таких перспективных методов может рассматриваться компьютерная бронхофонография [1,2].

Компьютерная бронхофонография не заменяет фонендоскоп, а дополняет его. В отличие от обычной аускультации, она позволяет объективно регистрировать дыхательные шумы, проводить их цифровую обработку и количественно оценивать признаки бронхиальной обструкции [1,3]. Это особенно важно у детей раннего возраста, у которых проведение спирометрии затруднено или невозможно. При РСВ-инфекции метод может быть полезен для раннего выявления бронхообструктивного синдрома, оценки выраженности свистящего дыхания и динамического контроля эффективности лечения [7,10,11].

Рентгенологическое исследование органов грудной клетки имеет важное значение при подозрении на пневмонию, ателектаз или осложнённое течение заболевания. Однако при типичном РСВ-бронхиолите рентгенография не всегда отражает степень бронхиальной обструкции. В отличие от рентгенографии, компьютерная бронхофонография позволяет оценивать функциональные акустические проявления бронхообструкции – свистящие хрипы, удлинение выдоха и изменение спектра дыхательных шумов [3,7]. Поэтому данный метод может рассматриваться как дополнительный безопасный инструмент динамического мониторинга, особенно у детей раннего возраста, у которых проведение стандартных функциональных проб ограничено [1,3,10].

В отдалённом периоде после перенесённой РСВ-инфекции компьютерная бронхофонография может быть полезна, поскольку позволяет регистрировать остаточные акустические признаки бронхиальной обструкции и оценивать восстановление дыхательной функции. Последние обзоры говорят, что РСВ-инфекция нижних дыхательных путей в раннем возрасте повышает риск повторного свистящего дыхания, астмы и снижения функции лёгких [9,13]. У некоторых детей после РСВ-бронхиолита остаётся риск повторных свистов и бронхиальной гиперреактивности. Знание этих особенностей имеет важное значение для мониторинга состояния здоровья детей. В отличие от рентгенографии, которая отражает преимущественно структурные изменения лёгочной ткани и применяется по клиническим показаниям (с учётом лучевой нагрузки), бронхофонография позволяет безопасно и многократно проводить функциональный акустический мониторинг дыхания без

облучения [1,3].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Систематизировать современные данные о возможностях применения компьютерной бронхофонографии и цифровой обработки дыхательных шумов при РС-вирусной инфекции у детей раннего возраста в остром и отдалённом периодах заболевания.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нами был проведён целенаправленный анализ научных публикаций, посвящённых респираторно-синцитиальной вирусной инфекции у детей раннего возраста, РСВ-ассоциированному бронхоолиту, бронхообструктивному синдрому, компьютерной бронхофонографии, цифровой аускультации и компьютерному анализу дыхательных шумов. Поиск литературы осуществлялся в электронных базах данных PubMed, Google Scholar, Scopus, eLibrary, CyberLeninka, а также в открытых источниках ВОЗ, UNICEF, CDC и профильных медицинских журналах. В обзор включались публикации за 2019-2026 годы, а также наиболее значимые источники, отражающие современное состояние проблемы.

Для поиска использовали ключевые слова и их сочетания на русском и английском. Ключевые слова на русском: компьютерная бронхофонография, бронхофонография у детей, цифровая аускультация, анализ дыхательных шумов, РСВ-инфекция, РСВ-бронхиолит, бронхообструктивный синдром. Ключевыми словами на английском языке являлись: computerized lung sound analysis, digital auscultation, respiratory sound analysis, breath sound analysis, RSV bronchiolitis, wheezing in children, pediatric lung sound analysis. Было проверено, что такие слова дают нужные результаты. В обзор были включены оригинальные исследования, обзорные статьи, систематические обзоры, метаанализы и клинические рекомендации, в которых рассматривались вопросы диагностики РСВ-инфекции, бронхиолита, бронхиальной обструкции, а также возможности применения цифровой регистрации и анализа дыхательных шумов в педиатрической практике [3,4,10,11]. Особое внимание уделялось работам, в которых описывались компьютерная бронхофонография и близкие по методологическому принципу технологии: computerized lung sound analysis, digital auscultation и respiratory sound analysis [3,7,10,11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Компьютерная бронхофонография основана на регистрации дыхательных шумов с поверхности грудной клетки и их последующей цифровой обработке. При патологических состояниях, таких как воспалительный отёк бронхиальной стенки, бронхоспазм или накопление секрета, изменяется характер воздушного потока. Эти изменения могут проявляться появлением высокочастотных шумов, удлинением фазы выдоха, свистящим дыханием и другими акустическими маркерами бронхиальной обструкции [1,3].

В англоязычной литературе данный подход чаще обозначается как *digital auscultation*, *breath sound analysis*, *respiratory sound analysis* или *computerized lung sound analysis* [3,4,10]. Несмотря на различия в терминологии, техническая основа этих методов сходна: регистрация дыхательного звука, его цифровая обработка и получение объективных количественных показателей дыхания [3,10,11].

Поражение нижних дыхательных путей при РСВ-инфекции связано с воспалением эпителия бронхиол, отёком слизистой оболочки, гиперсекрецией слизи и нарушением проходимости мелких дыхательных путей [6,13]. Эти процессы приводят к турбулентности воздушного потока, затруднению выдоха, появлению *wheezing* и *crackles*. Именно такие акустические феномены могут быть зарегистрированы с помощью компьютерной бронхофонографии и цифровой аускультации [3,7].

Kuruma и соавт. изучили дыхательные шумы у младенцев с острым РСВ-бронхиолитом и показали, что в острой фазе болезни интенсивность дыхательных шумов повышается, а по мере выздоровления ребёнка снижается [7]. Это подтверждает возможность использования цифрового анализа дыхательных шумов как дополнительного способа оценки выраженности воспаления и степени обструкции дыхательных путей при РСВ-инфекции. У детей 1-3 лет часто нельзя делать обычные дыхательные тесты, потому что возраст, отсутствие сотрудничества и невозможность сделать сильный выдох мешают. Поэтому компьютерная бронхофонография может рассматриваться как дополнительный инструмент объективной

оценки бронхиальной проходимости у детей раннего возраста [1,3].

Бронхофонография сейчас быстро развивается благодаря цифровой обработке сигналов, машинному обучению и искусственному интеллекту. Эти инструменты позволяют автоматически выявлять патологические дыхательные звуки, отличать свистящие хрипы от крепитации и других шумов, а также анализировать фазы вдоха и выдоха [10,11]. В систематическом обзоре Park и соавт. показали, что модели ИИ обладают большим потенциалом для анализа лёгочных звуков у детей. Однако для внедрения этих технологий в реальную клиническую практику всё ещё необходимы стандартизированные протоколы, крупные базы данных и внешняя валидация моделей [10]. Ruchonnet-Métraiiller и соавт. также подчёркивают перспективность автоматической интерпретации лёгочных звуков у детей (*wheezing disorders*), но отмечают недостаток унифицированных подходов и необходимость дальнейших исследований [11].

Компьютерная бронхофонография обладает рядом преимуществ: она безопасна, неинвазивна, не связана с лучевой нагрузкой, может проводиться многократно и не требует активного участия ребёнка. Указанные преимущества делают метод удобным для обследования детей раннего возраста как в стационаре, так и в поликлинике [1,3,10]. В перспективе метод может быть использован для удалённого наблюдения за детьми с нарушениями дыхания, особенно в регионах с ограниченным доступом к диагностическим средствам (табл.1) [10,11].

Таблица 1

Оценка степени бронхиальной обструкции у детей по E:I index

E:I index	Оценка
0,8–1,19	норма
1,2–1,59	бронхообструкция лёгкой степени
1,6–2,0	бронхообструкция средней степени
>2,0	выраженная / тяжёлая бронхообструкция

Вместе с тем компьютерная бронхофонография имеет ограничения. На качество регистрации дыхательных шумов могут влиять плач и двигательная активность ребёнка, посторонний шум, неправильное расположение датчика, изменение частоты дыхания, наличие мокроты и сопутствующие заболевания органов дыхания [3,10,11]. Кроме того, на сегодняшний день отсутствуют унифицированные возрастные нормативы бронхофонографических показателей для детей раннего возраста, а количество исследований, посвящённых применению данного метода именно при РСВ-инфекции, остаётся ограниченным [3,10,11].

Следовательно, компьютерную бронхофонографию следует рассматривать не как замену клинического осмотра, пульсоксиметрии, фонендоскопии и других методов диагностики, а как дополнительный объективный инструмент оценки дыхательных шумов и бронхиальной обструкции. Для более широ-

кого внедрения метода в практику необходимы дальнейшие исследования, направленные на определение возрастных референсных значений у детей 1-3 лет, изучение акустических паттернов при различной степени тяжести РСВ-бронхиолита и сопоставление данных бронхофонографии с клиническими шкалами тяжести, сатурацией кислорода, частотой дыхания и потребностью в кислородной терапии [3,7,10,11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы считаем, что компьютерная бронхофонография и цифровая обработка дыхательных шумов – простые, безопасные способы оценить сужение дыхательных путей у малышей с РС-вирусной инфекцией. В отдалённых регионах, где нет спирометра, нет импульсной осциллометрии и нет узких специалистов, такой метод особенно важен. Он позволяет записать шумы, измерить степень сужения и наблюдать за изменениями без лучевой нагрузки.

Поэтому компьютерная бронхофонография может стать надёжным помощником в первой линии здравоохранения. Если внедрить эту методику, мы сможем быстрее ставить диагноз, лучше следить за лечением и быстрее направлять детей в профильные центры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малышев В.С., Мельникова И.М. и др. Опыт использования компьютерной бронхофонографии в педиатрической практике//Медицинский совет. – 2019;(2):188-193. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2019-2-188-193>.
2. Шавазы Н.М., Лим М.В. Значение модифицированной бронхофонографии в диагностике рецидивирующего течения бронхообструктивного синдрома у детей//Международный журнал научной педиатрии. 2023. – 2(11), 401-404. <https://doi.org/10.56121/2181-2926-2023-2-11-401-404>
3. Abreu V., Oliveira A., Duarte J.A. и др. Computerized respiratory sounds in paediatrics: A systematic review // Respiratory Medicine: X. – 2021. – Т. 3. – С. 1-34.
4. Ahmed S., Sultana S., Khan A.M. et al. Digital auscultation as a diagnostic aid to detect childhood pneumonia: A systematic review // Journal of Global Health. – 2022. – Т. 12. – Ст. 04033. – DOI: 10.7189/jogh.12.04033.
5. Centers for Disease Control and Prevention. About RSV [Электронный ресурс]. – 2025.
6. Kaler J., Hussain A., Patel K. et al. Respiratory Syncytial Virus: A Comprehensive Review of Transmission, Pathophysiology, and Manifestation // Cureus. – 2023. – Т. 15. – № 3. – DOI: 10.7759/cureus.36342.
7. Kuruma K. et al. Breath sound analyses of infants with respiratory syncytial virus acute bronchiolitis// Pediatric Pulmonology. – 2022. Oct;57(10):2320-2326. doi: 10.1002/ppul.26034. Epub 2022 Jun 21.
8. Li Y., Wang X., Blau D.M. et al. Global, regional, and national disease burden estimates of acute lower respiratory infections due to respiratory syncytial virus in children younger than 5 years in 2019: A systematic analysis // The Lancet. – 2022. – Т. 399. – № 10340. – С. 2047–2064.
9. Makrinioti H. et al. The role of respiratory syncytial virus- and rhinovirus-induced bronchiolitis in recurrent wheeze and asthma-A systematic review and meta-analysis. Pediatr Allergy Immunol. 2022 Mar;33(3):e13741. doi: 10.1111/pai.13741. PMID: 35338734.
10. Park J.S., Park S.Y., Moon J.W. et al. Artificial Intelligence Models for Pediatric Lung Sound Analysis: Systematic Review and Meta-Analysis // Journal of Medical Internet Research. – 2025. – Т. 27. – DOI: 10.2196/66491.
11. Ruchonnet-Métraiiller I., Siebert J.N., Hartley M.A. et al. Automated Interpretation of Lung Sounds by Deep Learning in Children With Asthma: Scoping Review and Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats Analysis // Journal of Medical Internet Research. – 2024. – Т. 26. – Ст. e53662. – DOI: 10.2196/53662.
12. United Nations Children's Fund. Pneumonia in children: Current status and child health statistics [Электронный ресурс] // UNICEF Data. – 2025.
13. World Health Organization. Respiratory syncytial virus (RSV): Fact sheet [Электронный ресурс]. – 2025.