

<https://doi.org/10.52420/usmumb.10.3.e00175>

<https://elibrary.ru/JCTQJC>

Клинический случай

Опыт применения бодиплетизмографии и анализа оксида азота в диагностике дыхательных нарушений у детей

Жанна Александровна Царёва , Ольга Петровна Шеина,
Валентина Рейнгольдовна Липина, Светлана Жоржевна Биба

Детская городская клиническая больница № 9, Екатеринбург, Россия

 dmb9zhanna@yandex.ru

Аннотация. В статье представлен опыт использования бодиплетизмографии и анализа оксида азота в выдыхаемом воздухе (FeNO) в диагностике нарушений дыхания у детей. Целью работы является оценка клинической значимости указанных методов в случаях с атипичным или затрудненным диагностическим течением бронхиальной астмы. С 2024 г. в пульмонологическом отделении стало доступным проведение анализа FeNO, а бодиплетизмография выполняется на договорной основе в специализированной клинике. Обследовано 50 детей, которым выполнено исследование FeNO, и 11 пациентов, дополнительно прошедших бодиплетизмографию. Проанализировано 3 клинических наблюдения, демонстрирующих диагностическую ценность современных методов. У пациента 13 лет с хроническим кашлем и отсутствием типичных спирометрических признаков бронхиальной астмы именно бодиплетизмография позволила впервые выявить обратимую бронхиальную обструкцию. У пациентки 9 лет с тяжелым течением бронхообструктивного синдрома, несмотря на неубедительные функциональные пробы, высокий уровень FeNO свидетельствовал об эозинофильном воспалении и позволил подтвердить аллергический фенотип заболевания, что послужило основанием для назначения генно-инженерной биологической терапии. У 10-летнего ребенка с анамнезом бронхолегочной дисплазии исследование FeNO и данные функциональной диагностики позволили исключить бронхиальную астму и подтвердить постинфекционный характер кашля. Полученные результаты подчеркивают актуальность и клиническую значимость применения FeNO и бодиплетизмографии в педиатрической практике при оценке детей с неоднозначной симптоматикой. Использование представленных методов способствует точной диагностике, верификации фенотипов заболевания и индивидуализации лечебной тактики.

Ключевые слова: бодиплетизмография, оксид азота, FeNO, бронхиальная астма, дети, диагностика

Благодарности. Авторы выражают благодарность главному врачу Детской городской клинической больницы № 9 (Екатеринбург) И. П. Огаркову за поддержку инициатив по внедрению новых методов диагностики и помощь в организации клинической работы.

Для цитирования: Царева ЖА, Шеина ОП, Липина ВР, Биба СЖ. Опыт применения бодиплетизмографии и анализа оксида азота в диагностике дыхательных нарушений у детей. *Вестник УГМУ*. 2025;10(3):e00175. DOI: <https://doi.org/10.52420/usmumb.10.3.e00175>. EDN: <https://elibrary.ru/JCTQJC>.

Авторские права и лицензия. © Царева Ж. А., Шеина О. П., Липина В. Р., Биба С. Ж., 2025. Материал доступен по условиям лицензии CC BY-NC-SA 4.0 Int.

Experience in the Use of Body Plethysmography and Exhaled Nitric Oxide Analysis in the Diagnosis of Respiratory Disorders in Children

Zhanna A. Tsareva ✉, Olga P. Sheina, Valentina R. Lipina, Svetlana Zh. Biba

Children's City Clinical Hospital No. 9, Ekaterinburg, Russia

✉ dmb9zhanna@yandex.ru

Abstract. This article presents the experience of using body plethysmography and fractional exhaled nitric oxide (FeNO) analysis in the diagnosis of respiratory disorders in children. The aim of the study is to evaluate the clinical relevance of these methods in cases with atypical or diagnostically challenging presentations of bronchial asthma. Since 2024, FeNO testing has become available in the pulmonology department, while body plethysmography is performed under contract at a specialized clinic. A total of 50 children underwent FeNO testing, and 11 patients additionally underwent body plethysmography. Three clinical cases are analyzed to illustrate the diagnostic value of modern techniques. In a 13-year-old patient with chronic cough and no typical spirometric signs of asthma, body plethysmography enabled the first detection of reversible bronchial obstruction. In a 9-year-old girl with severe bronchial obstruction syndrome and inconclusive functional tests, an elevated FeNO level indicated eosinophilic inflammation and confirmed the allergic phenotype of asthma, justifying the initiation of genetically engineered biological therapy. In a 10-year-old child with a history of bronchopulmonary dysplasia, FeNO testing and normal functional respiratory parameters ruled out bronchial asthma and confirmed a post-infectious cause of the cough. The results emphasize the relevance and clinical significance of FeNO and body plethysmography in pediatric practice when assessing children with ambiguous respiratory symptoms. The use of these methods contributes to accurate diagnosis, phenotype verification, and personalized treatment approaches.

Keywords: body plethysmography, nitric oxide, FeNO, bronchial asthma, children, diagnostics

Acknowledgements. The authors would like to express their gratitude to the Chief Physician of the Children's City Clinical Hospital No. 9 (Ekaterinburg), I. P. Ogarkov, for his support in introducing new diagnostic methods and assisting with organizing clinical work.

For citation: Tsareva ZhA, Sheina OP, Lipina VR, Biba SZh. Experience of using body plethysmography and exhaled nitric oxide analysis in the diagnosis of respiratory disorders in children. *USMU Medical Bulletin*. 2025;10(3):e00175. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.52420/usmumb.10.3.e00175>. EDN: <https://elibrary.ru/JCTQJC>.

Copyright and license. © Tsareva Zh. A., Sheina O. P., Lipina V. R., Biba S. Zh., 2025. The material is available under the terms of the CC BY-NC-SA 4.0 Int. License.

Введение

Функциональная диагностика дыхательных расстройств у детей представляет собой важнейшее направление современной педиатрии и пульмонологии, поскольку позволяет своевременно выявлять и оценивать степень выраженности нарушений вентиляционной функции легких. Применение неинвазивных методов обследования особенно актуально в детском возрасте, когда инвазивные процедуры часто малоприменимы и могут вызывать значительный психологический и физический дискомфорт у пациента.

Спирометрия остается «золотым стандартом» для оценки вентиляционных параметров, однако имеет ограниченное применение у детей младшего возраста из-за недостаточной способности к кооперации и сложностей при выполнении форсированных маневров дыхания. В связи с этим актуальным становится внедрение альтернативных высокоинформативных методов.

Бодиплетизмография является одной из современных методик, позволяющей не только оценить обструктивные изменения, но и выявить рестриктивные нарушения, которые могут оставаться недиагностированными при изолированной спирометрии. Этот метод позволяет определять показатели общей емкости легких, остаточного объема, функциональной остаточной емкости, что важно для уточнения характера вентиляционных расстройств.

Анализ оксида азота в выдыхаемом воздухе (*англ.* fractionated exhaled nitric oxide, FeNO) в последние годы рассматривается как важный компонент комплексной диагностики воспалительных заболеваний дыхательных путей. FeNO признан одним из ключевых неинвазивных маркеров воспаления 2-го типа при бронхиальной астме (БА), особенно у детей [1, 2]. Определение уровня FeNO способствует ранней идентификации эозинофильного воспаления, мониторингу эффективности противовоспалительной терапии и оценке комплаентности пациентов.

Таким образом, использование бодиплетизмографии и анализа FeNO в клинической практике расширяет диагностические возможности врача,

позволяет точнее дифференцировать патогенетические варианты дыхательных расстройств и способствует индивидуализации терапии у детей с хроническими заболеваниями органов дыхания.

Материалы и методы

В 2024 г. в отделении пульмонологии Детской городской клинической больницы № 9 (Екатеринбург) проводилось измерение FeNO у 50 детей в возрасте от 10 до 17 лет. Бодиплетизмография выполнена у 11 пациентов в другом учреждении. Анализ включал в себя параметры сопротивления дыхательных путей, легочных объемов и уровень FeNO в сравнении с клиническими проявлениями и другими функциональными тестами.

Результаты и обсуждение

У 27/50 (54,00 %) детей с измеренным FeNO выявлены повышенные уровни (более 25–35 ppb), что свидетельствует о наличии эозинофильного воспаления дыхательных путей. Такие показатели FeNO являются диагностически значимыми при оценке активности воспалительного процесса и могут указывать на вовлеченность воспаления 2-го типа, характерного для аллергических заболеваний и БА. У 7/11 (63,64 %) пациентов при проведении бодиплетизмографии обнаружены как рестриктивные, так и обструктивные вентиляционные нарушения, что позволило точнее оценить функциональное состояние легких и выявить скрытые формы бронхообструкции или снижение общей емкости легких.

Полученные результаты подчеркивают важность комплексного подхода к функциональной диагностике у детей с хроническими и рецидивирующими заболеваниями органов дыхания. FeNO тесно ассоциируется с аллергическими заболеваниями, БА и воздействием факторов внешней среды, включая ингаляционные аллергены, загрязнение воздуха и табачный дым [3]. Повышенные значения FeNO могут свидетельствовать не только о наличии аллергического воспаления, но и недостаточном контроле заболевания или низкой приверженности противовоспалительной терапии. Использование FeNO как дополнительного маркера в сочетании с бодиплетизмографией позволяет более индивидуализировать ведение пациента, корректировать терапевтические подходы и прогнозировать течение заболевания.

Особенно высокие уровни выявляются у детей с ожирением и БА, в т. ч. в сочетании с ограничением потока в мелких дыхательных путях [4]. Даже у пациентов с нормальным объемом форсированного выдоха за 1 с. (ОФВ₁) могут наблюдаться признаки воспаления, выявляемые по FeNO и осциллометрии [5]. FeNO и импульсная осциллометрия особенно полезны у детей младшего возраста, которые не могут выполнить спирометрию [6, 8]. У недоношенных детей в школьном возрасте сохраняются стойкие отклонения

в параметрах бодиплетизмографии и реакции на бронходилататоры [7]. Поражение периферических дыхательных путей при обострении БА отмечается чаще и сопровождается вентиляционной неоднородностью [9]. Длительное эозинофильное воспаление, особенно при смешанном гранулоцитарном фенотипе, ассоциировано с нарушениями в мелких дыхательных путях и снижением клинического контроля [10].

Клинический случай 1

Пациент К., 13 лет, с 2020 г. наблюдается по поводу сезонного аллергического ринита, конъюнктивита, кожных проявлений атопии. С 2021 г. отмечались приступы кашля в весенне-летний период, провоцируемые физической нагрузкой и холодным воздухом. Эпизоды сопровождаются ощущением неполного вдоха, слабостью, утренней продуктивной мокротой, однако хрипов и типичных свистов не наблюдалось. Диагноз БА оставался под вопросом в течение нескольких лет из-за отсутствия достоверных признаков бронхиальной обструкции при стандартных методах обследования. Повторные спирометрии (2020, 2022, 2024 гг.) демонстрировали нормальные показатели жизненной емкости легких и $ОФВ_1$, проба с сальбутамолом — отрицательная. Аллергологическое обследование выявило слабоположительную сенсibilизацию к пыльце деревьев, аллергенам трав и клещам домашней пыли. В периоды обострений — эозинофилия, положительный эффект от ингаляционных глюкокортикостероидов (ГКС) и бронхолитиков. На фоне нарастания симптоматики (утренний громкий продуктивный кашель, «тяжелый» выдох, усталость, боли в грудной клетке) пациент госпитализирован в сентябре 2024 г. Спирометрия вновь не выявила значимых отклонений, проба с сальбутамолом осталась отрицательной. Проведена бодиплетизмография, по результатам которой выявлено увеличение бронхиального сопротивления преимущественно на выдохе, проба с сальбутамолом оказалась положительной. Эти данные впервые позволили подтвердить наличие обратимой обструкции, характерной для БА. На фоне назначения комбинированного ингаляционного препарата ингаляционных ГКС с длительно действующим бронхолитиком отмечена положительная динамика: снижение выраженности утреннего кашля, улучшение самочувствия, повышение переносимости физической нагрузки.

Клинический случай 2

Пациентка М., 9 лет, с раннего возраста состоит под наблюдением пульмонолога с диагнозом — бронхит неуточненный; ателектаз средней доли, угрожаемая по БА. Имеет длительный анамнез рецидивирующих респираторных заболеваний, обструктивных эпизодов, неоднократных госпитализаций. Несмотря на выраженные клинические проявления, в течение длительного времени диагноз БА оставался под сомнением ввиду неубедительных

данных функциональных проб. Так, проба с сальбутамолом в серии спирограмм оставалась отрицательной, объемы легких сохранялись в пределах возрастной нормы, жалобы регистрировались преимущественно при интеркуррентных инфекциях. На этом фоне встал вопрос о неаллергической, неэозинофильной или атипичной форме БА, что затрудняло выбор терапии. Для уточнения фенотипа заболевания проведено исследование фракции FeNO. По результатам — FeNO >25 ppb, что является критерием в пользу эозинофильного воспаления и аллергического фенотипа БА. С учетом данных анамнеза (атопический ринит, аллергия на пыльцу, неоднократные эпизоды дыхательной недостаточности и бронхиальной обструкции), положительного уровня FeNO окончательно подтверждена диагностически затрудненная атипичная, но тяжелая эозинофильная форма БА. Пациентке назначена комбинация ингаляционных ГКС и длительно действующего бронхолитика с хорошей переносимостью и положительной динамикой (отсутствие обострений, стабилизация дыхательной функции, уменьшение симптомов).

Клинический случай 3

Пациент Е., 10 лет. Направлен на обследование в пульмонологическое отделение с жалобами на эпизодический кашель, преимущественно в утренние часы, без одышки и хрипов, связи с физической нагрузкой, месяц назад перенес респираторную вирусную инфекцию. Из анамнеза: родился недоношенным (срок гестации 30 недель), масса при рождении 1 180 г, в неонатальном периоде диагноз — бронхолегочная дисплазия (БЛД). Для уточнения характера жалоб и исключения БА выполнено определение фракции FeNO. Результат — FeNO 8 ppb, что не подтверждает наличие эозинофильного воспаления и не соответствует картине атопической БА. Функциональные показатели внешнего дыхания в пределах возрастной нормы, проба с сальбутамолом — отрицательная. Таким образом, данные не подтверждают наличие бронхиальной обструкции. Состояние интерпретировано как постинфекционный гиперреактивный кашель, наблюдение продолжается на амбулаторном этапе. Полученные данные соответствуют опубликованным результатам, согласно которым у школьников с БЛД в анамнезе и признаками бронхиальной проходимости уровень FeNO, как правило, остается низким, что отражает отсутствие выраженного эозинофильного компонента воспаления [11]. Кроме того, ранее было показано, что у детей первых лет жизни, включая пациентов с БЛД, значения FeNO достоверно ниже по сравнению с детьми с рецидивирующим свистящим дыханием, что также подтверждает дифференциально-диагностическую значимость этого показателя. В обзорных публикациях подчеркивается, что, несмотря на сложность стандартизации методик у детей, FeNO может служить дополнительным неинвазивным инструментом в оценке воспалительного статуса дыхательных путей у пациентов с хроническими заболеваниями легких, включая БЛД [12].

Выводы

Использование бодиплетизмографии и измерения фракции FeNO у детей позволяет точнее выявлять и дифференцировать дыхательные нарушения, в т. ч. скрытые бронхообструктивные состояния и воспаление дыхательных путей. Эти методы дополняют стандартную диагностику и способствуют своевременному назначению терапии.

Список литературы | References

1. Global Initiative for Asthma. *2022 GINA report, global strategy for asthma management and prevention*. Available from: <https://clck.ru/3NsPpB> (accessed 20 June 2025).
2. Li W, Jia W, Yi X, Li P, Song C. The significance of fractional exhaled nitric oxide, fractional nasal exhaled nitric oxide and lung function tests in children with moderate-to-severe allergic rhinitis. *American Journal of Rhinology & Allergy*. 2025;39(3):181–186. DOI: <https://doi.org/10.1177/19458924251313495>.
3. Bloom E, Taubel M, Saeidyfar G, Wieslander G, Wang C, Sacco F, et al. Fractional exhaled nitric oxide among primary school children in Stockholm: Associations with asthma, allergy, and home and school environments. *Science of The Total Environment*. 2025;972:179113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179113>.
4. Parlak B, Tamay Altinel ZÜ, Güler N. The assessment of exhaled nitric oxide in patients with obesity and asthma before and after exercise. *Journal of Asthma*. 2025;62(6):1013–1019. DOI: <https://doi.org/10.1080/02770903.2025.2453507>.
5. Galant SP, Morpew T. Adding oscillometry and fractional exhaled nitric oxide to guidelines potentially improves detection of exacerbation risk factors in pediatric asthmatics. *Pediatric Pulmonology*. 2025;60(1):e27379. DOI: <https://doi.org/10.1002/ppul.27379>.
6. Davis MD. The role of fractional exhaled nitric oxide and oscillometry in pediatric asthma. *Respiratory Care*. 2025;70(6):632–639. DOI: <https://doi.org/10.1089/respcare.12674>.
7. Hagman C, Björklund LJ, Bjermer L, Hansen-Pupp I, Tufvesson E. Lung function deficits and bronchodilator responsiveness at 12 years of age in children born very preterm compared with controls born at term. *Pediatric Pulmonology*. 2023;58(11):3156–3170. DOI: <https://doi.org/10.1002/ppul.26636>.
8. Chawes B, Elenius V. Pulmonary function testing for the diagnosis of asthma in preschool children. *Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology*. 2022;22(2):101–106. DOI: <https://doi.org/10.1097/ACI.0000000000000815>.
9. Wawszczak M, Kulus M, Peradzyńska J. Peripheral airways involvement in children with asthma exacerbation. *The Clinical Respiratory Journal*. 2022;16(2):97–104. DOI: <https://doi.org/10.1111/crj.13456>.

10. Abdo M, Pedersen F, Kirsten AM, Veith V, Biller H, Trinkmann F, et al.; ALLIANCE study group. Longitudinal impact of sputum inflammatory phenotypes on small airway dysfunction and disease outcomes in asthma. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*. 2022;10(6):1545–1553.e2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2022.02.020>.
11. Gabriele C, Nieuwhof EM, van der Wiel EC, Hofhuis W, Moll HA, Merkus PJ, et al. Exhaled nitric oxide differentiates airway diseases in the first two years of life. *Pediatric Research*. 2006;60(4):461–465. DOI: <https://doi.org/10.1203/01.pdr.0000238242.39881.64>.
12. Gabriele C, de Benedictis FM, de Jongste JC. Exhaled nitric oxide measurements in the first 2 years of life: Methodological issues, clinical and epidemiological applications. *Italian Journal of Pediatrics*. 2009;35(1):21. DOI: <https://doi.org/10.1186/1824-7288-35-21>.

Информация об авторах

Жанна Александровна Царёва ✉ — аллерголог-иммунолог пульмонологического отделения, Детская городская клиническая больница № 9, Екатеринбург, Россия.

E-mail: dmb9zhanna@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6459-763X>

Ольга Петровна Шеина — кандидат медицинских наук, заместитель главного врача по медицинской части, Детская городская клиническая больница № 9, Екатеринбург, Россия.

E-mail: opsheina@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0223-350X>

Валентина Рейнгольдовна Липина — кандидат медицинских наук, пульмонолог, аллерголог-иммунолог пульмонологического отделения, Детская городская клиническая больница № 9, Екатеринбург, Россия.

E-mail: vrlipina@yandex.ru

Светлана Жоржевна Биба — пульмонолог, заведующий пульмонологическим отделением, Детская городская клиническая больница № 9, Екатеринбург, Россия.

E-mail: bibasvetlana@gmail.com

Information about the authors

Zhanna A. Tsareva ✉ — Allergologist-Immunologist of the Pulmonology Department, Children's City Clinical Hospital No. 9, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: dmb9zhanna@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6459-763X>

Olga P. Sheina — Candidate of Sciences (Medicine), Deputy Chief Physician for Medical Work, Children's City Clinical Hospital No. 9, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: opsheina@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0223-350X>

Valentina R. Lipina — Candidate of Sciences (Medicine), Pulmonologist, Allergologist-Immunologist of the Pulmonology Department, Children's City Clinical Hospital No. 9, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: vrlipina@yandex.ru

Svetlana Zh. Biba — Pulmonologist, Head of the Pulmonology Department, Head of the Pulmonology Department, Children's City Clinical Hospital No. 9, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: bibasvetlana@gmail.com