

УДК 616.24-036.12:616-073.43]612.216.2:616-053.2

DOI: 10.36604/1998-5029-2024-94-29-39

ИМПУЛЬСНАЯ ОСЦИЛЛОМЕТРИЯ В ОЦЕНКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ БРОНХОЛЕГОЧНОЙ СИСТЕМЫ У ДЕТЕЙ С ХРОНИЧЕСКИМИ НЕСПЕЦИФИЧЕСКИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ЛЕГКИХ

Е.В.Книжникова, Г.П.Евсеева, В.В.Полубарцева, С.В.Пичугина, С.В.Ануреев, С.В.Супрун, О.А.Лебедько

Хабаровский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» – Научно-исследовательский институт охраны материнства и детства, 680022, г. Хабаровск, ул. Воронежская 49, корп. 1

РЕЗЮМЕ. Введение. В статье предлагается подход к решению оценки основных показателей импульсной осциллометрии (ИОМ) у детей с хроническими неспецифическими заболеваниями легких (ХНЗЛ) с использованием многомерного статистического метода. **Целью** исследования явилось выделение с помощью кластерного анализа типов вентиляционных нарушений у детей с ХНЗЛ методом импульсной осциллометрии. **Материалы и методы.** Обследован 71 ребенок, из них 10 условно здоровых детей и 61 пациент с ХНЗЛ. Проведено исследование функции внешнего дыхания с применением ИОМ. Анализируемые параметры: Z5Hz – общий респираторный импеданс при частоте осцилляций 5 Гц; R5Hz – общее резистивное сопротивление при частоте осцилляций 5 Гц; R20Hz – проксимальное резистивное сопротивление при частоте осцилляций 20 Гц; X5Hz – реактивное сопротивление при частоте осцилляций 5 Гц; относительная частотная зависимость – D(Rrs5–Rrs20); delta Xrs5; резонансная частота (Fres). **Результаты.** Анализ данных ИОМ позволил разделить всех обследованных на 3 кластера. В 1-й кластер вошли дети с максимально высокими значениями основных исследуемых показателей. Клиническое течение заболевания у детей этой группы характеризовалось выраженными клиническими нарушениями. Медианные значения основных параметров дыхательного импеданса у детей 2-го кластера оставались в пределах нормальных величин, тем не менее, у 20% детей группы было выявлено повышение показателей X5Hz и D(Rrs5–Rrs20), delta Xrs5 и Fres при нерезко выраженных или нормальных значениях R20Hz и R5Hz, что свидетельствовало о нарушении вентиляции на уровне дистальных отделов респираторного тракта. Состояние здоровья детей, вошедших в 3-й кластер, было более благоприятным по сравнению с пациентами 1-го и 2-го кластеров, а показатели ИОМ были в 1,5-2 раза ниже, чем у детей 1-го и 2-го кластеров и указывали на отсутствие дисфункции дыхательных путей. **Заключение.** Представленные показатели ИОМ позволят практическому врачу принять взвешенное решение по отношению к отдельному пациенту для лучшей оценки течения заболевания и эффективности лечения.

Ключевые слова: дети, импульсная осциллометрия, хронические неспецифические заболевания легких.

IMPULSE OSCILLOMETRY IN THE ASSESSMENT OF LUNG FUNCTION IN CHILDREN WITH CHRONIC NONSPECIFIC LUNG DISEASES

E.V.Knizhnikova, G.P.Evseeva, V.V.Polubartseva, S.V.Pichugina, S.V.Anureev, S.V.Suprun, O.A.Lebed'ko

Khabarovsk Branch of Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration – Research Institute of Maternity and Childhood Protection, 49/1 Voronezhskaya Str., Khabarovsk, 680022, Russian Federation

SUMMARY. Introduction. The article proposes an approach to evaluating the main parameters of impulse oscillometry (IOS) in children with chronic nonspecific lung diseases (CNSLD) using multivariate statistical methods. **Aim.** To identify types of ventilatory disorders in children with CNSLD using cluster analysis based on impulse oscillometry

Контактная информация

Книжникова Елена Владимировна, аспирант, Хабаровский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» – Научно-исследовательский институт охраны материнства и детства, 680022, Россия, г. Хабаровск, ул. Воронежская 49, корп. 1. E-mail: 1904lenok@mail.ru

Correspondence should be addressed to

Elena V. Knizhnikova, Postgraduate student, Khabarovsk Branch of Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration – Research Institute of Maternity and Childhood Protection, 49/1 Voronezhskaya Str., Khabarovsk, 680022, Russian Federation. E-mail: 1904lenok@mail.ru

Для цитирования:

Книжникова Е.В., Евсеева Г.П., Полубарцева В.В., Пичугина С.В., Ануреев С.В., Супрун С.В., Лебедько О.А. Импульсная осциллометрия в оценке функционального состояния бронхолегочной системы у детей с хроническими неспецифическими заболеваниями легких // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2024. Вып.94. С.29–39. DOI: 10.36604/1998-5029-2024-94-29-39

For citation:

Knizhnikova E.V., Evseeva G.P., Polubartseva V.V., Pichugina S.V., Anureev S.V., Suprun S.V., Lebed'ko O.A. Impulse oscillometry in the assessment of lung function in children with chronic nonspecific lung diseases. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ = Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2024; (94):29–39 (in Russian). DOI: 10.36604/1998-5029-2024-94-29-39

data. **Materials and methods.** A total of 71 children were examined, including 10 conditionally healthy children and 61 patients with CNSLD. Lung function was evaluated using IOS. The analyzed parameters included: Z5Hz—total respiratory impedance at an oscillation frequency of 5 Hz; R5Hz—total resistance at 5 Hz; R20Hz—proximal airway resistance at 20 Hz; X5Hz—reactance at 5 Hz; frequency dependence of resistance— $D(Rrs5-Rrs20)$; delta Xrs5; and resonance frequency (Fres). **Results.** Analysis of the IOS data allowed all subjects to be divided into three clusters. The first cluster included children with the highest values of the main parameters studied. The clinical course of the disease in this group was characterized by pronounced clinical symptoms. Median values of the main respiratory impedance parameters in children of the second cluster remained within normal ranges; however, 20% of the children in this group showed increased values of X5Hz, $D(Rrs5-Rrs20)$, delta Xrs5, and Fres with slightly elevated or normal R20Hz and R5Hz values, indicating ventilatory disorders at the level of the distal airways. The health status of children in the third cluster was more favorable compared to patients in the first and second clusters, and their IOS parameters were 1.5–2 times lower than those of children in the first and second clusters, indicating the absence of airway dysfunction. **Conclusion.** The presented IOS parameters will enable the practicing physician to make informed decisions regarding individual patients for better assessment of disease progression and treatment efficacy.

Key words: children, impulse oscillometry, chronic nonspecific lung diseases.

Хронические неспецифические заболевания легких (ХНЗЛ) являются актуальной проблемой педиатрической пульмонологии. Сложность их диагностики в определенной степени нашла отражение в Международной классификации болезней (10-й пересмотр ВОЗ, 1995), где значатся разные варианты по наименованию, течению и причинам формирования неспецифических заболеваний легких, объединенных в единую рубрику. В то же время, сходность клинических проявлений нередко приводит к несвоевременной диагностике патологии, определяя неблагоприятный исход, как в непосредственные, так и в отдаленные сроки [1].

Исследования показывают, что необратимые изменения в функции легких могут начинаться еще в младенчестве, до достижения школьного возраста – это объясняет необходимость оценки функционального состояния респираторного тракта при различных рецидивирующих и хронических заболеваниях бронхолегочной системы у детей с раннего возраста [2]. В настоящее время в педиатрической практике практически ежедневно приходится сталкиваться с проблемами их диагностики и лечения. Возрастные и индивидуальные особенности могут маскировать типичные проявления болезни, что затрудняет постановку диагноза и, соответственно, негативно влияет на дальнейшее ведение пациента [3].

При помощи методов функциональной диагностики заболеваний легких у детей можно оценить все важнейшие функции респираторной системы, тем самым, объективизировать клиническую картину, выявить характерные типы функциональных нарушений дыхания, важные для мониторинга эффективности проводимого лечения, профилактики обострений и предупреждения прогрессирования болезни. Оценка результатов функциональной диагностики бронхолегочной системы у детей до настоящего времени вызывает затруднения. В первую очередь, это обусловлено возрастными ограничениями ввиду слабой способности к осознанному выполнению дыхательных маневров маленькими детьми. Современный протокол обследования пациента с ХНЗЛ предусматривает обязательное включение методов оценки функции внеш-

него дыхания для выявления нарушений вентиляции и газообмена, использование которых во многом ограничивается тем обстоятельством, что для их успешного проведения пациент должен активно сотрудничать с врачом. Невозможность в силу различных причин выполнить требуемые дыхательные маневры, ограничивает использование спирометрии и бодиплетизмографии у детей, поэтому чрезвычайно важной задачей является изучение возможностей использования так называемых «пассивных», то есть позволяющих осуществлять измерения при спокойном дыхании, методов диагностики вентиляционных нарушений, одним из которых является импульсная осциллометрия (ИОМ) [4, 5]. По данным исследователей, ИОМ является более чувствительным методом оценки и может выявлять изменения в функции периферических дыхательных путей, которые в детском возрасте недостаточно оцениваются с помощью динамической спирометрии, а также у тех пациентов, которые не могут выполнить спирометрическое исследование правильно [6]. Было установлено, что ИОМ позволяет определить степень выраженности и уровень обструкции дыхательных путей у подростков с бронхиальной астмой (БА) при нормальных функциональных показателях по результатам классической спирометрии [7].

ИОМ представляет собой неинвазивный метод изучения механических свойств легких, основанный на анализе характеристик звуковых колебаний (осцилляций), отраженных дыхательным аппаратом человека. При ИОМ используют импульсную форму подачи сигнала с помощью специального устройства – звукового генератора. Каждый импульс содержит спектр частот в диапазоне от 5 до 35 Гц (этот диапазон частот существенно превышает частоту дыхания человека). Высокочастотные (>20 Гц) сигналы поглощаются до того, как попадают в малые дыхательные пути (МДП), и, следовательно, с их помощью можно оценить вклад крупных дыхательных путей (ДП). Низкие частоты (5 Гц) проникают значительно глубже в легкие и, следовательно, позволяют оценить всю бронхолегочную систему. Основными показателями ИОС являются общее дыхательное сопротивление, или дыхательный импе-

данс (Zrs), и его составляющие: фрикционное сопротивление (сопротивление трения, Rrs) и сумма эластического и инерционного сопротивления системы дыхания (Xrs). При этом Rrs при частоте 5 Гц (Rrs5) отражает сопротивление внегрудных и центральных внутригрудных ДП 1-й генерации. Поскольку в норме сопротивление МДП невелико, разница между Rrs5 и Rrs20 незначительна, т.е. не существует частотной зависимости сопротивления. При дисфункции малых дыхательных путей (ДМДП) Rrs при низких частотах существенно возрастает и снижается с повышением частоты осцилляций – возникает частотная зависимость Rrs ($Rrs5 - Rrs20 > 0,07$ кПа с/л), что дает возможность оценить вклад МДП в общее сопротивление и диагностировать ДМДП [8, 9]. На основании полученных результатов можно определить уровень нарушения трахеобронхиальной проходимости и степень ее тяжести, дифференцировать обструктивные нарушения легочной вентиляции и вероятность рестриктивных изменений [7, 10, 11]. Это очень важно для детей с ХНЗЛ, когда при одном и том же заболевании, в зависимости от особенностей организма больного, развиваются различные по характеру вентиляционные нарушения [12].

В течение длительного времени существует представление, согласно которому вклад МДП в формирование общего сопротивления в здоровом легком относительно небольшой (примерно 10%). Позднее малые бронхи стали называть «тихой зоной» легких, так как их обструкция очень часто протекает бессимптомно и не отражается на результатах спирометрии, пока не достигает достаточно высокой степени выраженности. Хотя функция МДП играет важную роль у больных с тяжелым течением заболевания, в то же время физиологическая и клиническая значимость поражения МДП в самом начале заболевания и при лег-

ком его течении изучена не полностью [13]. При проведении функциональных исследований важно не только точно установить величину показателя, но и соотносить эту величину с нормативом и оценить степень отклонения от нормы, если такое наблюдалось. Критерии отклонения от нормы некоторых параметров импульсной осциллометрии у взрослых представлены Л.Д. Кирюхиной и соавт. [14]. Однако, оценка результатов ИОМ, которые позволяли бы диагностировать ДМДП у детей до настоящего времени вызывает затруднения [8, 15].

Целью исследования явилось выделение с помощью кластерного анализа типов вентиляционных нарушений у детей с ХНЗЛ методом импульсной осциллометрии.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены с учетом требований Хельсинкской декларации «Этические принципы проведения медицинских исследований с участием людей в качестве субъектов исследования» с поправками 2013 года и нормативными документами «Правила надлежащей клинической практики в Российской Федерации», утвержденными приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 01.04.2016 №200н. Дизайн исследования одобрен локальным комитетом по биомедицинской этике Хабаровского филиала ДНЦ ФПД – НИИ ОМиД, получено информированное согласие родителей всех детей на участие в исследовании.

В клинике Хабаровского филиала ДНЦ ФПД – НИИ ОМиД проведено обследование 71 ребенка, из них 10 условно здоровых детей (контрольная группа) и 61 пациент с ХНЗЛ (основная группа). Распределение обследованных детей по полу, возрасту и нозологическим формам представлено в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Характеристика лиц, включенных в исследование по полу и возрасту

Параметр	Основная группа n=61	Контрольная группа n=10	Значимость различий (p)
возраст (лет), M±SD	5,6±3,46	5,8±2,86	0,853
мужской пол (абс.,%)	35 (57,4%)	5 (50%)	0,754
женский пол (абс.,%)	26 (42,6%)	5 (50%)	0,760

Таблица 2

Распределение обследованных детей основной группы по нозологической формам

Нозологическая форма	Количество в группе (абс.)	% от общего числа обследованных
Врожденные пороки развития легких	29	47,5
Хронический бронхит	18	29,5
Бронхолегочная дисплазия	8	13,1
Постпневмонический пневмофиброз	4	6,6
Бронхоэктатическая болезнь	2	3,3

Пациентам с ХНЗЛ было выполнено динамическое клиничко-лабораторное обследование с проведением мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) легких с программой виртуальной бронхоскопии и внутривенным болюсным контрастированием (по показаниям) на томографе Toshiba aquillion 64 (Япония). Функциональное состояния бронхолегочной системы у детей исследовалось на приборе Master Screen Body, Erich Jaeger GmbH, с приставкой Master IOS (Германия). Параметры импульсной осциллометрии соотносили с нормативами, предложенными фирмой-разработчиком. Процедура проводилась следующим образом: ребенку надевался на нос зажим, он герметично подсоединялся к загубнику, прижимая ладонями обе щеки, таким образом сдерживая их колебания во время исследования, и спокойно дышал. Если ребенок не мог самостоятельно зафиксировать щеки, это осуществлял родитель или медицинский работник. Для получения 3 воспроизводимых результатов и, чтобы исключить влияние артефактов, дети выполняли последовательно 5 попыток спонтанного дыхания длительностью 30-40 секунд каждая. Во время исследования рекомендовалось не глотать и не совершать движения языком. Для дальнейшего анализа рассчитывались усредненные данные из трех маневров с коэффициентом вариации менее 10%.

Анализируемые параметры: Z5Hz – общий респираторный импеданс при частоте осцилляций 5 Гц и его составляющие: резистивный компонент дыхательного импеданса (резистивное сопротивление или резистанс) в диапазоне частот от 5 до 20 Гц (Rrs5 и Rrs20, соответственно), относительная частотная зависимость, которая рассчитывалась по формуле: $D(Rrs5-Rrs20)=(Rrs5-Rrs20)/Rrs5 \times 100\%$ и реактивный компонент дыхательного импеданса (реактивное сопротивление или реактанс) при частоте осцилляций 5 Гц (Xrs5), величина которого оценивалась по абсолютной разнице между его должным и измеренным значениями ($\Delta Xrs5=Xrs5_{\text{долж}} - Xrs5$), резонансная частота (Fres) [8, 9]. Для оценки отклонения параметров от нормальных значений использовали критерии, предложенные Л.Д. Кирюхиной с соавторами [16].

Статистический анализ осуществляли с применением пакета прикладных программ Statistica 10.0 (StatSoft Inc.) и Microsoft Excel 10. Возраст участников исследования представлен в виде среднего арифметического значения (M) и стандартного отклонения (SD) в формате $M \pm SD$. Описание выборки производили с помощью подсчета медианы (Me) и интерквартильного размаха в виде 25 и 75 перцентилей (Q25 и Q75). Достоверность различий между показателями выборок оценивали по непараметрическому критерию Манна-Уитни. Для выбора наиболее информативных параметров ИОМ, позволяющих оценить проходимость ДП у детей с ХНЗЛ, был проведен кластерный анализ. Анализ выполнен с использованием двух методов: иерар-

хическим и методом k-средних. Из-за неоднородности единиц измерения признаков предварительно они были стандартизованы с вычислением стандартизованного вклада (Z-вклада). Критическая величина уровня значимости принята равной 0,05.

Результаты исследования и их обсуждение

Изменения показателей ИОМ были выявлены не у всех пациентов с ХНЗЛ. Широкий разброс полученных данных и большое количество исследуемых параметров послужили основанием для проведения одного из методов многомерной статистики – кластерного анализа. Его задача заключается в выделении по эмпирическим данным резко различающихся групп (кластеров) объектов, которые схожи между собой внутри каждого из объединений. Целью этого метода является группирование показателей таким образом, чтобы данные одной группы или кластера были более похожи друг на друга, чем данные других кластеров. Важно отметить, что кластерный анализ позволяет выделить гомогенные подгруппы как среди пациентов с заболеванием, так и среди здоровых индивидуумов. При этом в результирующие кластеры могут входить представители обеих категорий, объединенные на основе схожести анализируемых параметров. Дальнейшее исследование выделенных подгрупп может выявить некоторые объективные признаки, по которым эти подгруппы различаются [17, 18].

В результате кластеризации показатели ИОМ разделились на 3 совокупности. Наиболее выраженные различия между кластерами в показателях спокойной ИОМ представлены в таблице 3 и касались изменения общего дыхательного сопротивления Z5Hz, резистивного сопротивления при частоте осцилляций Rrs5 и Rrs20, реактивного сопротивления X5Hz, относительной частотной зависимости $D(Rrs5-Rrs20)/Rrs5$, а также Fres.

Установлено, что наиболее выраженные изменения ИОМ отмечаются у детей, отнесенных в 1 кластер, средний возраст которых составил $4,9 \pm 3,77$ года. Так, показатель R5Hz, отражающий общий респираторный импеданс при частоте осцилляций 5 Гц, более чем у половины (51,7%) детей 1 кластера превышал нормативные величины и был в 1,5 и 2 раза выше, чем у детей, объединившихся во 2-ом и 3-ем кластерах, соответственно ($p < 0,001$). При этом у 10(47,6%) детей этой группы степень отклонения от нормы соответствовала [16] значительно выраженным ($>151\%$) и у 2-х (9,5%) – резко выраженным изменениям ($>223\%$). Значение резистанса R5Hz у детей данного кластера было достоверно выше нормативных величин и показателей у пациентов 2-го и 3-го кластеров, соответственно ($p < 0,001$). При этом у 7(33,3%) детей этой группы степень отклонения от нормы соответствовала значительно выраженным изменениям ($>151\%$), а у 9,5% – резко выраженным ($>224\%$) [16].

Таблица 3

Показатели дыхательного импеданса у обследованных детей по данным кластерного анализа

Показатель	Кластер 1 (n=21) Me [Q25-Q75]	Кластер 2 (n=21) Me [Q25-Q75]	Кластер 3 (n=19) Me [Q25-Q75]	Здоровые дети (n=10) Me [Q25-Q75]	Значимость различий
Z5Hz, % должного (норма – 144%) [16]	152,98 [127,67–160,07]	100,52 [81,94–106,8]	80,56 [56,36–89,34]	70,42 [51,14–88,22]	$p_{1-2}<0,001$ $p_{1-3}<0,001$ $p_{1-4}<0,001$ $p_{2-3}=0,024$ $p_{2-4}=0,019$ $p_{3-4}=0,449$
R5Hz, % должного (норма – <137%)	150,03 [125,74–165,80]	96,56 [77,05–104,85]	82,21 [63,03–92,31]	67,92 [52,21–88,77]	$p_{1-2}<0,001$ $p_{1-3}<0,001$ $p_{1-4}<0,001$ $p_{2-3}=0,098$ $p_{2-4}=0,029$ $p_{3-4}=0,346$
R20Hz, % должного (норма – <136%)	109,75 [91,49–124,25]	85,42 [74,94–95,04]	83,18 [63,93–106,1]	79,98 [58,34–88,29]	$p_{1-2}=0,001$ $p_{1-3}=0,007$ $p_{1-4}=0,001$ $p_{2-3}=0,956$ $p_{2-4}=0,262$ $p_{3-4}=0,395$
D(Rrs5–Rrs20), % (норма – <35%)	47,65 [40,47–53,69]	41,47 [32,49–47,29]	31,27 [20,03–34,05]	-0,77 [-2,43–(-0,22)]	$p_{1-2}=0,018$ $p_{1-3}<0,001$ $p_{1-4}<0,001$ $p_{2-3}=0,008$ $p_{2-4}<0,001$ $p_{3-4}<0,001$
X5Hz, кПа/л*с (норма – > -0,15)	-1,16 [-1,35–(-0,79)]	-0,78 [-1,02–(-0,56)]	-0,45 [-0,51–(-0,17)]	-0,03 [-0,04–0]	$p_{1-2}=0,003$ $p_{1-3}<0,001$ $p_{1-4}<0,001$ $p_{2-3}<0,001$ $p_{2-4}=0,001$ $p_{3-4}=0,712$
deltaX5Hz, кПа/л*с (норма – <0,15)	0,37 [0,17–0,57]	0,11 [-0,06–0,30]	-0,26 [-0,44–(-0,12)]	0,00 [0–0,01]	$p_{1-2}=0,001$ $p_{1-3}<0,001$ $p_{1-4}<0,001$ $p_{2-3}<0,001$ $p_{2-4}<0,001$ $p_{3-4}<0,001$
Fres, Гц (норма – <15 Гц)	24,20 [21,26–25,07]	21,76 [17,53–23,35]	18,49 [16,82–20,90]	14,49 [9,03–19,04]	$p_{1-2}=0,003$ $p_{1-3}<0,001$ $p_{1-4}<0,001$ $p_{2-3}=0,048$ $p_{2-4}=0,007$ $p_{3-4}=0,094$

Примечание: p_{1-2} – значимость различий между 1 и 2 кластером; p_{1-3} – значимость различий между 1 и 3 кластером; p_{2-3} – значимость различий между 2 и 3 кластером; p_{1-4} – значимость различий между 1 кластером и контролем; p_{2-4} – значимость различий между 2 кластером и контролем; p_{3-4} – значимость различий между 3 кластером и контролем.

Средний уровень R20Hz в целом соответствовал нормативным величинам (<136%), тем не менее, он

был в 1,3 раза выше, чем показатели детей 2-го и 3-го кластеров. При индивидуальной оценке показателей

ИОМ у 3(14,3%) детей данного кластера было отмечено повышение резистанса на частоте 20 Гц до умеренной степени выраженности [16].

Оценка относительной частотной зависимости Rrs (D(Rrs5–Rrs20)) у детей 1 кластера показала, что данный параметр в 85,7% случаях был выше верхней границы нормы. Только у 3-х детей (14,3%) он был в пределах нормативных величин. Анализ реактивного сопротивления выявил отклонение от нормы абсолютного показателя X5Hz в область более низких значений, что могло свидетельствовать об изменении эластических свойств легочной ткани. Это сочеталось с повышением deltaX5Hz у 16(76,2%) детей данной группы. Степень выраженности отклонения X5Hz в 23% случаев была умеренной, в 29% – значительной и в 14,3% – резко выраженной.

Оценка Fres показала, что у всех пациентов 1-го кластера он был в 1,6 раза выше нормы (<15 Гц), достоверно отличаясь от показателей детей 2-го и 3-го кластеров. При этом у 90,8% пациентов 1-го кластера выявленные нарушения соответствовали умеренной степени выраженности согласно методическим рекомендациям [16].

Индивидуальная оценка ИОМ пациентов 1-го кластера выявила у 3 детей (14,3%) сочетание повышенных показателей Z5Hz, R5Hz и R20Hz, deltaX5 и Fres, а также патологически низкие значения X5Hz. У 8 детей (38,1%) значения рестрикции (растяжимости) сочетались с высокими показателями общего респираторного импеданса (Z5Hz, R5Hz, deltaX5Hz), что характерно для вентиляционных нарушений обструктивного типа [19]. У 10 пациентов (47,5%) отрицательные значения X5Hz, повышение медиан deltaX5Hz и Fres наблюдалось на фоне нормальных значений Rrs5 и Rrs20. Согласно данным, полученным при сопоставлении параметров бодиплетизмографии и импульсной осциллометрии Савушкиной О.И. и соавторами [20], такие изменения показателей ИОМ ассоциируются с выраженным снижением общей емкости легких, что соответствует нарушению вентиляционной функции по рестриктивному типу.

Таким образом, сочетание вышеуказанных изменений показателей резистивного и реактивного сопротивления ДП в первом кластере по сравнению с другими совокупностями детей, свидетельствует о более выраженных нарушениях бронхиальной проходимости. По нашему мнению, последние проявляются как в форме обструктивного типа, так и не исключается их комбинация с изменением эластических структур бронхиальной стенки и развитием рестриктивного типа вентиляционных нарушений.

Во 2-й кластер вошли 21 пациент с ХНЗЛ со средним возрастом $5,9 \pm 2,39$ года. Показатели ИОМ у детей 2-го кластера при нормальных значениях Z5Hz, R5Hz и R20Hz характеризовались следующими отклонениями: повышение относительной частотной зависимости D(Rrs5–Rrs20) выше нормативных значений у

66,7% детей; патологическое отклонение реактивного сопротивления X5Hz в сторону более отрицательных величин у всех детей данного кластера; повышение показателей deltaXrs5 – у 38,1% и Fres у – 90,5% детей. Считается, что увеличение Fres, как правило, связано с изменением Xrs, поэтому самостоятельного диагностического значения не имеет [21]. Тем не менее, у 14(71,4%) пациентов, помимо увеличения Fres, были зарегистрированы отклонения других показателей респираторного импеданса. В 4,8% случаев R5 был выше нормы, что сочеталось с измененными показателями D(Rrs5–Rrs20), X5Hz, deltaXrs5 и Fres. У 7 детей (33,3%) на фоне нормальных показателей Z5Hz, R5Hz и R20Hz, было выявлено повышение D(Rrs5–Rrs20), X5Hz, deltaXrs5 и Fres, у 8(38,1%) детей Fres была смещена в область более высоких частот, сопровождаясь снижением медианы X5Hz или увеличением deltaXrs5, что может отражать рестриктивный тип нарушения вентиляционной функции легких [20]. Однако некоторые авторы считают, что дистальное емкостное реактивное сопротивление X5Hz принимает более выраженные отрицательные значения не только при рестрикции, но и при гиперинфляции. Следовательно, изменения показателя X5Hz не ограничиваются исключительно одним патологическим процессом, отражающим дегенерацию бронхиальной стенки. При этом могут наблюдаться как интерстициальный легочный фиброз, так и эмфизема легких [20, 21].

Показатели ИОМ детей с ХНЗЛ, отнесенных в 3-й кластер, находились в пределах нормативных величин, что свидетельствовало об отсутствии вентиляционных нарушений у этих детей и о доброкачественном течении бронхолегочного процесса. Практически по всем показателям ИОМ 3 кластер пациентов был сопоставим со значениями в контрольной группе, и может быть определен как оптимальный для детей с ХНЗЛ. Средний возраст детей данного кластера составил $6,0 \pm 4,17$ года.

В соответствии с выделенными кластерами проведен анализ клинических наблюдений (табл. 4). Так, в первом кластере (21 пациент) наиболее часто диагностировались врожденные пороки развития легких (ВПРЛ), которые составили 42,9% в кластере и 31% от общего числа обследованных детей с ХНЗЛ. Хронический бронхит (ХБ) выявлялся в 28,6% случаев в кластере и в 33,3% – среди всех детей с ХБ основной группы. Также в эту группу вошли 5 детей (23,8%) с бронхолегочной дисплазией (БЛД). Стоит отметить, что эти пациенты составили 62,5% от общего числа детей с БЛД в группе с ХНЗЛ. У одного ребенка был диагностирован постпневмонический пневмофиброз.

Изменение показателей ИОМ 1-го кластера отражало течение хронического заболевания у детей этой группы, где в 69% случаев пациенты относились к категории часто и длительно болеющих. Несмотря на проводимые лечебные мероприятия, они продолжали подвергаться рецидивирующим вирусным, бактериаль-

ным или вирусно-бактериальным инфекциям с высокой частотой. Такие пациенты, как правило, классифицируются как «иммунокомпрометированные» [22]. Показатели заболеваемости вышеописанной совокупности значительно превышали таковые у детей 2-го кластера, где частота острых респираторных эпизодов составила 40% ($p < 0,001$). В 3-ем кластере часто и длительно болеющие дети отсутствовали. Обострение основного заболевания встречалось в 18,5% случаев только у детей 1-го кластера ($p < 0,001$). Клинические проявления бронхообструктивного синдрома наблюдались у 33% детей 1-го кластера, что было значительно чаще по сравнению с пациентами 2-го кластера (5%, $p < 0,001$).

тально болеющие дети отсутствовали. Обострение основного заболевания встречалось в 18,5% случаев только у детей 1-го кластера ($p < 0,001$). Клинические проявления бронхообструктивного синдрома наблюдались у 33% детей 1-го кластера, что было значительно чаще по сравнению с пациентами 2-го кластера (5%, $p < 0,001$).

Таблица 4

Распределения детей с хроническими неспецифическими заболеваниями легких и контрольной группы по кластерам

Нозологическая форма	1 кластер n=21 (абс/%)	2 кластер n=21 (абс/%)	3 кластер n=19 (абс/%)
Врожденные пороки развития легких	9/42,9%	14/66,7%	6/9,8%
Хронический бронхит	6/28,6%	3/14,3%	9/47,4%
Бронхолегочная дисплазия	5/23,8%	0	3/15,8%
Постпневмонический пневмофиброз	1/4,7%	2/9,5%	1/4,8%
Бронхоэктатическая болезнь	0	2/9,5%	0

Во 2-ой кластер вошло 21 наблюдение пациентов с ХНЗЛ, из которых 66,7% составили пациенты с ВПРЛ, что было статистически значимо выше, чем в 3-ем кластере ($p < 0,001$). Исключительно для 2-го кластера было характерно наличие пациентов с бронхоэктатической болезнью. Дети с ХБ и постпневмоническим пневмофиброзом составили 14,3% и 9,5%, соответственно. Примечательно, что во 2-м кластере отсутствовали пациенты с БЛД. Изменения в данных ИОМ 2-го кластера согласуются с высокой частотой поствоспалительного пневмофиброза (50%), эмфиземы (35,2%) и бронхоэктазов (14,7%).

Таким образом, наличие нормальных базовых показателей (Z5, R5 и R20) респираторного импеданса не исключает нарушение проходимости дыхательных путей и требует обязательного анализа его составляющих (D(Rrs5–Rrs20), X5Hz, deltaXrs5, Fres), на основании которых можно определить скрытые изменения. Данное утверждение подтверждается выявленными нами изменениями величин показателей ИОМ у детей 2-го кластера. Таким пациентам необходимо провести более углубленное обследование с целью установления патогенеза нарушения проходимости ДП на фоне воспаления, которое обычно обнаруживается в эпителии дыхательных путей [10, 23].

В 3-й кластер вошли дети с ВПРЛ (9,8%), ХБ (47,4%), БЛД (15,8%) и постпневмоническим пневмофиброзом (4,8%), у которых в 89% случаев заболевание характеризовалось состоянием длительной ремиссии. Показатели ИОМ у детей основной группы, отнесенных к 3-му кластеру, находились в пределах нормативных величин, что свидетельствовало об отсутствии вентиляционных нарушений. Клинически это характеризовалось доброкачественным течением заболевания с редкими и непродолжительными обострениями, а

также отсутствием жалоб в период ремиссии. Практически все показатели ИОМ 3-го кластера были сопоставимы со значениями в контрольной группе, что позволяет нам определить данный кластер как оптимальный для детей с ХНЗЛ.

Заключение

Нами установлено, что показатели ИОМ, характеризующие функциональное состояние ДП у детей с ХНЗЛ, отличаются разнообразием и в 31,1% случаев соответствуют нормативным значениям. Отмечено отсутствие какого-либо одного параметра, который мог бы изолированно использоваться в качестве единственного теста для выявления патологических изменений МДП.

Проведение анализа позволило идентифицировать среди обследованных детей три кластера, отличающихся показателями ИОМ. Наиболее выраженные нарушения получены в 1-м кластере, они касались изменений как общего дыхательного импеданса (Z5Hz, R5Hz и R20Hz), так и его составляющих (D(Rrs5–Rrs20), X5Hz, deltaXrs5 и Fres). Такие изменения характерны для обструкции мелких и крупных бронхов, а также рестриктивных нарушений. Выявленные отклонения от нормы были ассоциированы и с более тяжелым течением основного заболевания, с частыми воспалительными заболеваниями верхних и нижних дыхательных путей. По нашему мнению, дети, вошедшие в 1-й кластер, требуют комплексного подхода к лечению, включающего в себя коррекцию лечения основного заболевания и проведение иммунотерапии, подобранной с учетом статуса этих пациентов как иммунокомпрометированных.

Особый интерес представляют данные пациентов 2-го кластера, где при нормальных базовых значениях

респираторного импеданса (Z5Hz, R5Hz и R20Hz) наблюдались вариации в других параметрах: патологическое отклонение реактивного сопротивления X5Hz в сторону отрицательных величин, повышение медиан D(Rrs5–Rrs20), deltaXrs5 и Fres. Мы считаем, что выявленные изменения в показателях ИОМ связаны со структурными изменениями легочной ткани, такими как поствоспалительный пневмофиброз, эмфизема и бронхоэктазы. Наличие фиброзных изменений может свидетельствовать о развитии рестриктивных нарушений, связанных с уменьшением растяжимости легочной ткани и, как следствие, приводящих к отрицательным значениям реактанса. Это подчеркивает способность метода ИОМ выявлять скрытые нарушения вентиляционной функции легких, которые могут быть не обнаружены при использовании только базовых показателей. Следовательно, патологическое снижение X5Hz указывает на необходимость более глубокого обследования ребенка с использованием МСКТ органов грудной клетки. Это позволит на ранних стадиях либо исключить, либо скорректировать патологические изменения в структуре трахеобронхиального дерева и легочной ткани, которые могут быть причиной выявленных функциональных нарушений по данным ИОМ.

Дети, отнесенные к третьему кластеру, в подавляющем большинстве (89%) демонстрировали доброкаче-

ственное течение бронхолегочного процесса с состоянием длительной ремиссии, что указывает на успешное управление заболеванием и достижение стабильного состояния у пациентов с ХНЗЛ из данной совокупности.

Таким образом, мы получили еще одно доказательство, что ИОМ – это неинвазивный и безопасный метод измерения дыхательного импеданса у ребенка, требующий минимального сотрудничества со стороны испытуемого. Использование расширенного набора параметров ИОМ в педиатрической практике может существенно повысить точность и своевременность диагноза. Представленные показатели ИОМ позволят практическому врачу принять взвешенное решение по отношению к отдельному пациенту для лучшей оценки течения заболевания и выбора эффективного лечения.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Источники финансирования

Исследование проводилось без участия спонсоров

Funding Sources

This study was not sponsored

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданова А.В., Зандаков Ц.В., Титова О.Н., Бойцова Е.В., Голобородько М.М. Эпидемиологические аспекты хронических болезней мелких бронхов у детей // Вестник современной клинической медицины. 2015. Т.8, №2. С.43–50. EDN: TRIBEL.
2. Козлов В.К., Лебедеко О.А., Пичугина С.В., Сиротина-Карпова М.С., Евсеева Г.П., Гандуров С.Г. Актуальные вопросы хронических неспецифических заболеваний легких у детей // Вопросы практической педиатрии. 2019. Т.14, №3. С.22–31. <https://doi.org/10.20953/1817-7646-2019-3-22-31>
3. Jordan B.K., McEvoy C.T. Trajectories of lung function in infants and children: setting a course for lifelong lung health // Pediatrics. 2020. Vol.146, Iss.4. Article number:e20200417. <https://doi.org/10.1542/peds.2020-0417>
4. Кирюхина Л.Д., Каменева М.Ю., Новикова Л.Н. Возможности импульсной осциллометрии в диагностике рестриктивного варианта вентиляционных нарушений // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. №5. С.136–141. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.59.032>
5. Дьякова С.Э., Орлова Е.А., Клюхина Ю.Б., Кудинова Т.В. Современные методы оценки функционального состояния бронхолегочной системы у детей (Часть 1. Методики, основанные на изучении спокойного (нефорсированного) дыхания у детей) // Медицинский алфавит. 2022. №20. С.52–60. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-20-52-60>
6. Komarow H.D., Myles I.A., Uzzaman A., Metcalfe D.D. Impulse oscillometry in the evaluation of diseases of the airways in children // Ann. Allergy Asthma Immunol. 2011. Vol.106, Iss.3. P.191–199. <https://doi.org/10.1016/j.anai.2010.11.011>
7. Савушкина О.И., Черняк А.В. Применение импульсной осциллометрии в клинической практике // Практическая пульмонология. 2015. №1. С.38–42. EDN: ULPFTJ.
8. Черная Н.Л., Фомина О.В., Иванова И.В. Диагностика ранних нарушений функции внешнего дыхания у детей с бронхиальной астмой по данным импульсной осциллометрии // Пульмонология. 2007. №4. С.62–68. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2007-0-4-62-68>
9. Кирюхина Л.Д., Черняк А.В. Осциллометрия: клиническая значимость и применение // Пульмонология. 2023. Т.33, №6. С.798–808. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2023-33-6-798-808>
10. Brashier B., Salvi S. Measuring lung function using sound waves: role of the forced oscillation technique and impulse oscillometry system // Breathe (Sheff). 2015. Vol.11, Iss.1. P.57–65. <https://doi.org/10.1183/20734735.020514>

11. Qvarnström B., Engström G., Frantz S., Zhou X., Zaigham S., Sundström J., Janson C., Wollmer P., Malinovschi A. Impulse oscillometry indices in relation to respiratory symptoms and spirometry in the Swedish Cardiopulmonary Bioimage Study // *ERJ Open Res.* 2023. Vol.9, Iss.5. Article number:00736-2022. <https://doi.org/10.1183/23120541.00736-2022>
12. Кирюхина Л.Д., Володич О.С., Денисова Н.В., Нефедова Н.Г., Ковалева С. А., Арчакова Л.И. Импульсная осциллометрия в диагностике обструктивных вентиляционных нарушений у больных туберкулезом легких // *Туберкулез и болезни лёгких.* 2019. Т.97, №11. С.34–40. <http://doi.org/10.21292/2075-1230-2019-97-11-34-40>
13. Li L.Y., Yan T.S., Yang J., Li Y.Q., Fu L.X., Lan L., Liang B.M., Wang M.Y., Luo F.M. Impulse oscillometry for detection of small airway dysfunction in subjects with chronic respiratory symptoms and preserved pulmonary function // *Respir. Res.* 2021. Vol. 22, Iss.1. Article number:68. <https://doi.org/10.1186/s12931-021-01662-7>
14. Кирюхина Л.Д., Лаврушин А.А., Аганезова Е.С. Критерии отклонения от нормы некоторых параметров импульсной осциллометрии // *Пульмонология.* 2004. №5. С.41–44. EDN: UUPCBL.
15. Kalchier-Dekel O., Hines S.E. Forty years of reference values for respiratory system impedance in adults: 1977–2017 // *Respir. Med.* 2018. Vol.136. P.37–47. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2018.01.015>
16. Кирюхина Л.Д., Антонова Е.А., Желенина Л.А. Использование импульсной осциллометрии для оценки функции дыхания при респираторной патологии у детей и взрослых. Методические рекомендации. СПб, 2003. 17 с.
17. Борисов А.Г. Кластерный анализ типов иммунных нарушений при инфекционно-воспалительных заболеваниях // *Российский иммунологический журнал.* 2014. Т.8, №4(17). С.1002–1011. EDN: TEYXJF.
18. O'Regan A., Hannigan A., Glynn L., Bengoechea E.G., Donnelly A., Hayes G., Murphy A.W., Clifford A.M., Gallagher S., Woods C.B. A cluster analysis of device-measured physical activity behaviours and the association with chronic conditions, multi-morbidity and healthcare utilisation in adults aged 45 years and older // *Prev. Med. Rep.* 2021. Vol.24. Article number:101641. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2021.101641>
19. Савушкина О.И., Черняк А.В., Крюков Е.В., Зайцев А.А., Науменко Ж.К., Татарский А.Р. Импульсная осциллометрия в диагностике обструкции дыхательных путей среднетяжелой степени выраженности // *Клиническая практика.* 2018. Т.9, №4. С.33–39. <https://doi.org/10.17816/clinpract9433-39>
20. Савушкина О.И., Черняк А.В., Каменева М.Ю., Крюков Е.В., Зайцев А.А. Информативность импульсной осциллометрии в выявлении вентиляционных нарушений рестриктивного типа при идиопатическом легочном фиброзе // *Пульмонология.* 2018. Т.28, №3. С.325–331. <http://doi.org/10.18093/0869-0189-2018-28-3-325-331>
21. Савушкина О.И., Черняк А.В., Зайцев А.А., Кулагина И.Ц. Информативность импульсной осциллометрии в выявлении вентиляционных нарушений у пациентов со впервые диагностированным саркоидозом органов дыхания // *Пульмонология.* 2017. Т.27, №4. С.439–445. <http://doi.org/10.18093/0869-0189-2017-27-4-439-445>
22. Нестерова И.В., Ковалева С.В., Чудилова Г.А., Ломтатидзе Л.В., Шинкарева О.Н., Малиновская В.В. Тактика реабилитации иммунокомпрометированных детей с возвратными респираторными инфекциями: дифференцированные подходы к проведению интерферона- и иммунотерапии // *Фарматека.* 2016. №20(333). С.15–23. EDN: XRPDAB.
23. Черняк А.В., Савушкина О.И., Пашкова Т.Л., Крюков Е.В. Диагностика дисфункции малых дыхательных путей у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких // *Альманах клинической медицины.* 2020. Т.48, №5. С.307–315. <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2020-48-019>

REFERENCES

1. Bogdanova A.V., Zandakov T.V., Titova O.N., Bojtsova E.V., Goloborod'ko M.M. [Epidemiological aspects of children bronchial tubes disease]. *Vestnik Sovremennoy Klinicheskoy Meditsiny = The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine* 2015; 8(2):43–50 (in Russian).
2. Kozlov V.K., Pichugina S.V., Gandurov S.G., Evseeva G.P., Suprun S.V., Chaika M.S., Lebed'ko O.A. [Clinical features of congenital stridor in children]. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ = Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2023; (90):39–46 (in Russian). <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2023-90-39-46>
3. Jordan B.K., McEvoy C.T. Trajectories of lung function in infants and children: setting a course for lifelong lung health. *Pediatrics* 2020; 146(4):e20200417. <https://doi.org/10.1542/peds.2020-0417>
4. Kiryukhina L.D., Kameneva M.Yu., Novikova L.N. [Possibilities of pulsed oscillometry in diagnostics of a restrictive version of ventilation]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* 2017; 5(59):136–141 (in Russian). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.59.032/>
5. Dyakova S.E., Orlova E.A., Klyukhina Y.B., Kudinova T.V. [Modern functional diagnostics methods for the respiratory system in children (Part 1. Methods based on the study of tidal breathing in children)]. *Meditsinskiy alfavit = Medical Alphabet* 2022; 20:52–60 (in Russian). <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-20-52-60>
6. Komarow H.D., Myles I.A., Uzzaman A., Metcalfe D.D. Impulse oscillometry in the evaluation of diseases of the airways in children. *Ann. Allergy Asthma Immunol.* 2011; 106(3):191–199. <https://doi.org/10.1016/j.anai.2010.11.011>

7. Savushkina O.I., Chernyak A.V. [Application of pulse oscillometry in clinical practice]. *Prakticheskaya pul'monologiya* 2015; 1:38–42 (in Russian).
8. Chernaya N.L., Fomina O.V., Ivanova I.V. [Impulse oscillometry as a method of diagnosis of early respiratory dysfunction in asthmatic children]. *Pul'monologiya = Russian Pulmonology* 2007; 4:62–68 (in Russian). <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2007-0-4-62-68>
9. Kiryukhina L.D., Chernyak A.V. [Oscillometry: clinical significance and applications]. *Pul'monologiya = Russian Pulmonology* 2023; 33(6):798–808 (in Russian). <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2023-33-6-798-808>
10. Brashier B., Salvi S. Measuring lung function using sound waves: role of the forced oscillation technique and impulse oscillometry system. *Breathe (Sheff)* 2015; 11(1):57–65. <https://doi.org/10.1183/20734735.020514>
11. Qvarnström B., Engström G., Frantz S., Zhou X., Zaigham S., Sundström J., Janson C., Wollmer P., Malinovski A. Impulse oscillometry indices in relation to respiratory symptoms and spirometry in the Swedish Cardiopulmonary Bioimage Study. *ERJ Open Res.* 2023; 9(5):00736–2022. <https://doi.org/10.1183/23120541.00736-2022>
12. Kiryukhina L.D., Volodich O.S., Denisova N.V., Nefedova N.G., Kovaleva S.A., Archakova L.I. [Impulse oscillometry in the diagnosis of obstructive ventilation disorders in pulmonary tuberculosis patients]. *Tuberkulëz i bolezni lëgkikh = Tuberculosis and Lung Diseases* 2019; 97(11):34–40 (in Russian). <http://doi.org/10.21292/2075-1230-2019-97-11-34-40>
13. Li L.Y., Yan T.S., Yang J., Li Y.Q., Fu L.X., Lan L., Liang B.M., Wang M.Y., Luo F.M. Impulse oscillometry for detection of small airway dysfunction in subjects with chronic respiratory symptoms and preserved pulmonary function. *Respir. Res.* 2021; 22(1):68. <http://doi.org/10.1186/s12931-021-01662-7>
14. Kiryukhina L.D., Lavrushin A.A., Aganezova E.S. [Assessment of impulse oscillometry parameters]. *Pul'monologiya = Russian Pulmonology* 2004; 5:41–44 (in Russian).
15. Kalchier-Dekel O., Hines S.E. Forty years of reference values for respiratory system impedance in adults: 1977–2017. *Respir. Med.* 2018; 136:37–47. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2018.01.015>
16. Kiryukhina L.D., Antonova E.A., Zhelenina L.A. [The use of pulse oscillometry to assess respiratory function in respiratory pathology in children and adults]. Sankt Peterburg; 2003 (in Russian).
17. Borisov A.G. [Cluster analysis of types of immune disorders in infectious and inflammatory diseases]. *Rossiyskiy immunologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Immunology* 2014; 8(17-4):1002–1011 (in Russian).
18. O'Regan A., Hannigan A., Glynn L., Bengoechea E.G., Donnelly A., Hayes G., Murphy A.W., Clifford A.M., Gallagher S., Woods C.B. A cluster analysis of device-measured physical activity behaviours and the association with chronic conditions, multi-morbidity and healthcare utilisation in adults aged 45 years and older. *Prev. Med. Rep.* 2021; 24:101641. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2021.101641>
19. Savushkina O.I., Chernyak A.V., Kryukov E.V., Zaytsev A.A., Naumenko Zh.K., Tatarsky A.R. [Impulse oscillometry in the diagnosis of moderately severe airway obstruction]. *Klinicheskaya praktika = Journal of Clinical Practice* 2018; 9(4):33–39 (in Russian). <https://doi.org/10.17816/clinpract9433-39>
20. Savushkina O.I., Chernyak A.V., Kameneva M.Yu., Kryukov E.V., Zaytsev A.A. [An informative value of impulse oscillometry for detecting restrictive abnormalities in idiopathic pulmonary fibrosis]. *Pul'monologiya = Russian Pulmonology* 2018; 28(3):325–331 (in Russian). <http://doi.org/10.18093/0869-0189-2018-28-3-325-331>
21. Savushkina O.I., Chernyak A.V., Zaytsev A.A., Kulagina I.Ts. [An informative value of impulse oscillometry for diagnosis of ventilation abnormalities in patients with newly diagnosed pulmonary sarcoidosis]. *Pul'monologiya = Russian Pulmonology* 2017; 27(4):439–445 (in Russian). <http://doi.org/10.18093/0869-0189-2017-27-4-439-445>
22. Nesterova I.V., Kovaleva S.V., Chudilova G.A., Lomtadze L.V., Shinkareva O.N., Malinovskaya V.V. [Tactics of rehabilitation of immunocompromised children with recurrent respiratory infections: differentiated approaches to interferon- and immunotherapy]. *Farmateka* 2016; 20(333):15–23 (in Russian).
23. Cherniak A.V., Savushkina O.I., Pashkova T.L., Kryukov E.V. [Diagnosis of small airway dysfunction in patients with chronic obstructive pulmonary disease]. *Al'manakh klinicheskoy meditsiny = Almanac of Clinical Medicine* 2020; 48(5):307–315. <http://doi.org/10.18786/2072-0505-2020-48-019>

Информация об авторах:

Елена Владимировна Книжникова, аспирант, Хабаровский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» – Научно-исследовательский институт охраны материнства и детства, 680022, Россия, г. Хабаровск, ул. Воронежская 49, корп. 1. E-mail: 1904lenok@mail.ru

Author information:

Elena V. Knizhnikova, Postgraduate student, Khabarovsk Branch of Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration – Research Institute of Maternity and Childhood Protection. E-mail: 1904lenok@mail.ru

Галина Петровна Евсеева, д-р мед. наук, зам. директора по научной работе, главный научный сотрудник группы медико-экологических проблем здоровья матери и ребенка, Хабаровский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» – Научно-исследовательский институт охраны материнства и детства; e-mail: evseeewa@yandex.ru

Galina P. Evseeva, MD, PhD, D.Sc. (Med.), Deputy Director on Scientific Work, Main Staff Scientist of the Group of Health and Environmental Problems of Mother and Child Health, Khabarovsk Branch of Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration – Research Institute of Maternity and Childhood Protection; e-mail: evseeewa@yandex.ru

Валентина Викторовна Полубарцева, зав. педиатрическим отделением клиники, Хабаровский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» – Научно-исследовательский институт охраны материнства и детства; e-mail: niimid2017@yandex.ru

Valentina V. Polubartseva, MD, Head of Pediatric Department, Khabarovsk Branch of Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration – Research Institute of Maternity and Childhood Protection; e-mail: niimid2017@yandex.ru

Сабина Вениаминовна Пичугина, канд. мед. наук, научный сотрудник группы клинической иммунологии и эндокринологии, врач-пульмонолог, Хабаровский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» – Научно-исследовательский институт охраны материнства и детства; e-mail: iomid@yandex.ru

Sabina V. Pichugina, MD, PhD (Med.), Staff Scientist of Clinical Immunology and Endocrinology Group, Pulmonologist, Khabarovsk Branch of Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration – Research Institute of Maternity and Childhood Protection; e-mail: iomid@yandex.ru

Сергей Владимирович Ануреев, врач функциональной диагностики клиники, Хабаровский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» – Научно-исследовательский институт охраны материнства и детства; e-mail: iomid@yandex.ru

Sergey V. Anureev, MD, Functional Diagnostics Doctor, Khabarovsk Branch of Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration – Research Institute of Maternity and Childhood Protection; e-mail: iomid@yandex.ru

Стефания Викторовна Супрун, д-р мед. наук, главный научный сотрудник группы медико-экологических проблем здоровья матери и ребенка, Хабаровский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» – Научно-исследовательский институт охраны материнства и детства; e-mail: evg-suprun@yandex.ru

Stefania V. Suprun, MD, PhD, DSc (Med.), Main Staff Scientist of the Group of Health and Environmental Problems of Mother and Child Health, Khabarovsk Branch of Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration – Research Institute of Maternity and Childhood Protection; e-mail: evg-suprun@yandex.ru

Ольга Антоновна Лебедько, д-р мед. наук, директор, Хабаровский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» – Научно-исследовательский институт охраны материнства и детства; e-mail: leoaf@mail.ru

Olga A. Lebed'ko, MD, PhD, D.Sc. (Med.), Director of the Khabarovsk Branch of Far-Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration – Research Institute of Maternity and Childhood Protection; e-mail: leoaf@mail.ru

Поступила 28.02.2024
Принята к печати 08.10.2024

Received February 28, 2024
Accepted October 08, 2024