

Исследование акустического паттерна дыхания у детей с бронхиальной астмой с использованием регистратора респираторных звуков

Е.В. Асеева¹, Н.А. Геппе¹, И.В. Гребенева¹, И.В. Коваленко^{2,3}, Д.Г. Бухаров⁴, В.С. Малышев⁴

¹ФГАУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия;

²ГБУЗ «Морозовская детская городская клиническая больница Департамента здравоохранения г. Москвы», Москва, Россия;

³ГБУЗ МО «Подольская детская городская больница», Подольск, Россия;

⁴ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия

Аннотация

Обоснование. Исследование функции внешнего дыхания методом спирометрии у детей раннего возраста связано с определенными сложностями при проведении процедуры. Регистратор респираторных звуков (РРЗ) – современный прибор, при помощи которого можно оценивать акустический паттерн дыхания во время вдоха и выдоха при спокойном дыхании.

Цель. Провести сравнительный анализ показателей компьютерной бронхофонографии у детей с астмой и у детей в контрольной группе без респираторной патологии с использованием РРЗ.

Материалы и методы. Оценка функции внешнего дыхания проводилась методом компьютерной бронхофонографии с использованием РРЗ. Обследованы 215 практически здоровых детей от 1 до 18 лет, которые составили контрольную группу. Основную группу обследованных составили дети со среднетяжелой (n=80) и тяжелой бронхиальной астмой – БА (n=40), из них в обострении обследованы 54 пациента.

Результаты. У всех пациентов с обострением БА основной группы с обострением акустический компонент работы дыхания оказался достоверно выше, чем в контрольной группе. Отличия выявлены в низкочастотном P1, среднечастотном P2 и высокочастотном диапазоне P3 ($p<0,05$). При сравнении акустического компонента работы дыхания у пациентов с обострением и ремиссией БА выявлена статистически достоверная разница во всех частотных диапазонах ($p<0,005$). При анализе продолжительности вдоха и выдоха у здоровых детей разного возраста не выявлено статистически достоверной разницы. У пациентов с БА в обострении вдох и выдох оказались достоверно длиннее, чем у здорового ребенка ($p<0,005$).

Заключение. В нашем исследовании показано, что РРЗ можно эффективно использовать для диагностики нарушений бронхиальной проходимости у детей разного возраста.

Ключевые слова: компьютерная бронхофонография, регистратор респираторных звуков, функция внешнего дыхания, астма, дети

Для цитирования: Асеева Е.В., Геппе Н.А., Гребенева И.В., Коваленко И.В., Бухаров Д.Г., Малышев В.С. Исследование акустического паттерна дыхания у детей с бронхиальной астмой с использованием регистратора респираторных звуков. Педиатрия. Consilium Medicum. 2024;1:49–54. DOI: 10.26442/26586630.2024.1.202684

© ООО «КОНСИЛИУМ МЕДИКУМ», 2024 г.

Введение

Бронхиальная астма (БА) у детей представляет собой хроническое гетерогенное заболевание с чередованием периодов обострения и ремиссии, продолжительность которых зависит от тяжести заболевания и адекватности терапии [1–3]. Для того чтобы улучшить качество жизни пациентов и снизить количество госпитализаций, необходимо оценивать тяжесть течения заболевания с назначением соответствующей противовоспалительной терапии.

Исследование функции легких позволяет подтвердить диагноз БА, оценить тяжесть бронхиальной обструкции (БО), ее обратимость, осуществлять контроль над течением заболевания [2].

Ведущим клиническим симптомом со стороны респираторной системы, обусловленным БО, являются сухие свистящие хрипы. Изучение хрипов в легких началось

с изобретения Р. Лаэннеком стетоскопа в 1816 г. В «Трактате о непрямой аускультации и болезнях легких и сердца» Р. Лаэннек описывает аускультативные данные в норме и при патологии [4]. Появление дополнительных звуков является важной составляющей БО. При БА хрипы вариабельны, изменяются в зависимости от выраженности БО, в течение дня и ночи, проводимой терапии. Нередко хрипы исчезают после эпизода кашля у ребенка, и при аускультации врач может их не услышать, что не исключает наличие обструкции.

У детей, особенно первых 5–6 лет жизни, заболевание с вовлечением нижних дыхательных путей (бронхит, бронхолит и др.) зачастую будут сопровождаться БО, это обусловлено анатомо-физиологическими особенностями органов дыхания. Также нельзя исключать индивидуальные особенности слуха у каждого врача, что не всегда позволяет объективно оценивать дыхательные звуки.

Информация об авторах / Information about the authors

✉ **Асеева Елизавета Витальевна** – аспирант каф. детских болезней Клинического института детского здоровья им. Н.Ф. Филатова ФГАУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет). E-mail: liza.romantseva@yandex.ru

Геппе Наталья Анатольевна – д-р мед. наук, проф., зав. каф. детских болезней Клинического института детского здоровья им. Н.Ф. Филатова ФГАУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет). E-mail: geppe@mail.ru

Гребенева Ирина Владимировна – канд. мед. наук, врач-пульмонолог, врач высшей категории, зав. пульмонологическим отделением Клинического института детского здоровья им. Н.Ф. Филатова ФГАУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет). E-mail: IrinG@rambler.ru

✉ **Elizaveta V. Aseeva** – Graduate Student, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). E-mail: liza.romantseva@yandex.ru; ORCID: 0000-0001-7140-6874

Natalia A. Geppe – D. Sci. (Med.), Prof., Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). E-mail: geppe@mail.ru; ORCID: 0000-0003-0547-3686

Irina V. Grebeneva – Cand. Sci. (Med.), Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). E-mail: IrinG@rambler.ru; ORCID: 0000-0001-5523-5323

Study of the acoustic breathing pattern in children with bronchial asthma using a Respiratory Sound Recorder

Elizaveta V. Aseeva¹, Natalia A. Geppel¹, Irina V. Grebeneva¹, Irina V. Kovalenko^{2,3}, Dmitrii G. Bukharov⁴, Vladimir S. Malyshev⁴

¹Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia;

²Morozov Children's City Clinical Hospital, Moscow, Russia;

³Podolsk Children's City Hospital, Podolsk, Russia;

⁴National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Moscow, Russia

Abstract

Background. The study of external respiration function using spirometry in young children is associated with certain difficulties during the procedure. The respiratory sound recorder is a modern device with which you can evaluate the acoustic breathing pattern during inhalation and exhalation during quiet breathing.

Aim. To conduct a comparative analysis of computer bronchophonography indicators in children with asthma and in children in the control group without respiratory pathology using a respiratory sound recorder.

Materials and methods. External respiration function was assessed using computer bronchophonography using a respiratory sound recorder; 215 practically healthy children from 1 to 18 years old, who formed the control group, were examined. The main group of those examined included children with moderate (n=80) and severe bronchial asthma (n=40), of which (n=54) patients were examined in exacerbation.

Results. In all patients with asthma in the main group with exacerbation, the acoustic component of work of breathing (ACWP) was significantly higher than in the control group. Differences were detected in the low-frequency P1, mid-frequency P2 and high-frequency range P3 ($p < 0.05$). When comparing ACRD in patients with asthma with exacerbation and remission, a statistically significant difference was revealed in all frequency ranges ($p < 0.005$). When analyzing the duration of inhalation and exhalation in healthy children of different ages, no statistically significant difference was revealed. In patients with exacerbated asthma, inhalation and exhalation were significantly longer than in a healthy child ($p < 0.005$).

Conclusion. Our study shows that a respiratory sound recorder can be effectively used to diagnose bronchial obstruction disorders in children of different ages.

Keywords: computer bronchophonography, respiratory sound recorder, external respiration function, asthma, children

For citation: Aseeva EV, Geppel NA, Grebeneva IV, Kovalenko IV, Bukharov DG, Malyshev VS. Study of the acoustic breathing pattern in children with bronchial asthma using a Respiratory Sound Recorder. *Pediatrics. Consilium Medicum.* 2024;1:49–54. DOI: 10.26442/26586630.2024.1.202684

Получить наглядное представление о возникающих при дыхании звуках ученые пытались еще с начала прошлого века. В 1925 г. записано одно из первых графических представлений частотных характеристик звуков сердца и легких [5]. Показано, что хрипы, определяемые как сухие при аускультации легких, содержат более высокую частоту, чем грубые влажные хрипы [5]. В 1955 г. представлены спектрограммы хрипов, классифицированных при аускультации как влажные или сухие [6]. Фонопневмографические записи шумов представлены в 1970-х годах [7]. Авторы предположили, что легочные звуки возникают во время движения воздуха по дыхательным путям, таким образом, свойства и размер дыхательных путей могут влиять на характеристики шума. При накоплении в просвете трахеи и бронхов крупного и среднего калибра секрета из-за воспаления и отека внутренний диаметр дыхательных путей сужается, что приводит к появлению низких сухих хрипов [8, 9]. С момента презентации этой теории углубленные исследования хрипов проведены с использованием звуковой спектрографии и быстрого преобразования Фурье [10–12].

В России исследования по оценке звуков дыхания начаты в лаборатории Московского энергетического института в 1976 г. В 1982 г. проф. С.Ю. Кагановым и проф. В.С. Малышевым инициированы клинические исследования акустических характеристик дыхательных шумов

при бронхолегочной патологии, положившие начало развитию метода компьютерной бронхофонографии (КБФГ) с использованием прибора «Паттерн-01» (табл. 1) [4]. При проведении КБФГ акустический шумовой сигнал, возникающий при дыхании, зарегистрирован с помощью чувствительного микрофона. Сигнал передается напрямую через микрофон в компьютер с визуализацией и дальнейшей цифровой обработкой.

В последующие годы проведены клинические исследования и метод внедрен в клиническую практику различных лечебных учреждений.

В настоящее время на кафедре инженерной экологии и охраны труда ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»» разработан регистратор респираторных звуков – РРЗ (ТУ 26.60.12-001-56880266-2019) с опорой на технический принцип «Паттерн-01» и совершенствованием новых медико-технических возможностей (см. табл. 1) [11, 12].

При сравнении приборов «Паттерн-01» и РРЗ можно отметить, что основные физические величины, в которых клиницисты получают результаты, остались прежними, но в их расчет и состав характеристик добавлены изменения, а именно разметка фаз вдоха и выдоха. Врачу предоставляется возможность оценки спектральных шумов дыхания не интегрально за 10 с, как в «Паттерне-01», а с привязкой к фазам дыхательного цикла и измерени-

Информация об авторах / Information about the authors

Коваленко Ирина Владимировна – врач-пульмонолог ГБУЗ «Морозовская ДГКБ», зав. пульмонологическим отд-нием ГБУЗ МО ПДГБ.
E-mail: irina_aelita.69

Бухаров Дмитрий Гермагенович – канд. техн. наук, вед. инженер Инженерной экологии и охраны труда ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»».
E-mail: bukharovdg@yandex.ru

Малышев Владимир Серафимович – д-р биол. наук, канд. тех. наук, проф. каф. инженерной экологии и охраны труда ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»».
E-mail: MalyshevVS@mpei.ru

Irina V. Kovalenko – Pulmonologist, Morozov Children's City Clinical Hospital, Podolsk Children's City Hospital. E-mail: irina_aelita.69;
ORCID: 0000-0003-1359-2263

Dmitrii G. Bukharov – Cand. Sci. (Tech.), MPEI. E-mail: bukharovdg@yandex.ru

Vladimir S. Malyshev – D. Sci. (Biol.), Cand. Sci. (Tech.), MPEI.
E-mail: MalyshevVS@mpei.ru

ем их длительностей, что задумано для повышения диагностических возможностей КБФГ. Кроме того, аппараты РРЗ при производстве нормируются по акустическим параметрам, это позволяет сравнивать количественные результаты исследований, полученные на разных приборах. В «Паттерне-01» возможными являлись только качественные сравнения.

В РРЗ оцениваются средние показатели звукового давления (Р; мПа) и (или) интенсивности звука дыхания. Диапазон измеряемых звуковых шумов дыхания – 70–80 дБ.

В РРЗ оцениваются показатели акустического компонента работы дыхания (АКРД) в низкочастотном диапазоне Р1 – НЧД (200–1200 Гц), среднечастотном диапазоне Р2 – СЧД (>1200–5000 Гц) и высокочастотном диапазоне Р3 – ВЧД (>5000 Гц). При проведении исследования отдельно записываются данные АКРД на вдохе и выдохе в каждом из частотных диапазонов, а также суммарно (общий АКРД).

Цель исследования – провести сравнительный анализ показателей КБФГ у детей с астмой и у детей в контрольной группе без респираторной патологии с использованием РРЗ.

Материалы и методы

В Сеченовском центре материнства и детства ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет) обследованы две группы детей: 1-я группа – дети с БА, 2-я группа – контрольная (здоровые дети). Обследованы 120 человек от 2 до 18 лет, со среднетяжелой (n=80) и тяжелой БА (n=40), из них в обострении обследованы 54 пациента.

Также обследованы 215 практически здоровых детей от 1 до 18 лет, которые составили контрольную группу. Выделено три возрастных группы: 50 детей 1–5 лет, 70 детей >5–11 лет и 95 детей > 11 лет, из них 55% мальчиков и 45% девочек.

Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет; протокол №22-21 от 09.12.2021). Законными представителями несовершеннолетних в возрасте до 15 лет и несовершеннолетними участниками исследования в возрасте 15 лет и старше подписано добровольное информированное согласие на участие. У всех детей старше 6 лет проведена спирометрия с бронхолитическим тестом (200 мкг салбутамола). Регистрация дыхательных шумов проводилась с использованием РРЗ. Процедура производится в положении сидя при спокойном дыхании в течение 10 с. Если ребенок тревожный, беспокойный, то регистрация может проводиться, когда он сидит на коленях у родителей. Для достижения трех воспроизводимых результатов процедура повторяется несколько раз с допустимой разницей между попытками не более 10%. Статистическая обработка данных выполнялась с помощью статистических программ Statistica V10, StatSoft Inc. (США), SAS V8 (США) и SPSS Statistics V17 (США). Числовые параметры, имеющие нормальное распределение, представлены в формате $M \pm SD$, где M – среднее значение, SD – стандартное отклонение среднего значения. Параметры, имеющие распределение, отличное от нормального, приведены в формате $Me (Q25\%; Q75\%)$, где Me – медиана, а $Q25\%$ и $Q75\%$ – верхний и нижний квартили. Для сравнения числовых данных (после проверки количественных дан-

Таблица 1. Сравнение характеристик приборов для КБФГ «Паттерн-01» и РРЗ		
Table 1. Comparison of device characteristics for a computer bronchophonography "Pattern-01" and a respiratory sound recorder		
Содержание	«Паттерн-01»	РРЗ
Нормировка сигнала по шумомеру	Нет	Есть
Разметка вдох/выдох	Нет	Есть
Значимый интервал	4 с	10 с
Звуковое воспроизведение	Нет	Есть
Разрядность (точность) аудиоданных	8 бит	16 бит
Характеристики «Паттерн»	<ul style="list-style-type: none"> Динамический спектр амплитуды сигнала (мкДж) Динамический спектр мощности сигнала Отношение мощности частотных диапазонов спектров в единицах и % на выдохе 	<ul style="list-style-type: none"> Динамические спектры звукового давления (мПа) и звуковой интенсивности (мкВт/м²) Оценка временных, звуковых и мощностных характеристик вдохов и выдохов раздельно Отношения мощности в частотных диапазонах в единицах, процентах, децибелах Отношения максимальных значений к средним для исследований спектральной неравномерности
Калькулятор характеристик фазы дыхания	Нет	Есть
Визуализация результатов обследования	<ul style="list-style-type: none"> Карточка пациента Паттерн 10 с Паттерн 4 с выбранный Паттерн сравнения Паттерн образец Коэффициенты 	<ul style="list-style-type: none"> Карточка пациента Паттерн 10 с, просмотр в 3D Паттерн фаз, просмотр в 3D Таблица характеристик Таблица и паттерн фаз для сравнения
Перенос данных во внешние программы статистической обработки, печать результатов обследования	Нет	Есть

ных на нормальное распределение) использовали t-критерий Стьюдента для двух независимых выборок. Для сравнения непараметрических данных применяли критерий Манна-Уитни (для двух групп) для несвязанных совокупностей. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05. Корреляционный анализ выполняли с использованием коэффициента корреляции Спирмена (rs).

Результаты

Наибольшие трудности исследования вентиляционной функции легких методом спирографии возникают у детей первых 5 лет в связи с необходимостью выполнять дыхательные маневры. Кроме того, нормативные показатели спирометрии используют только для детей 6 лет и старше [13, 14]. В возрастной группе >3 лет провести спирометрию возможно только в единичных случаях в связи с необходимостью сложных согласованных дыхательных

Таблица 2. Опорные показатели общего АКРД суммарно на вдохе и выдохе у детей в НЧД (P1), СЧД (P2), ВЧД (P3) 1–5 лет (мПа)

Table 2. Reference indicators of the total acoustic component of work of breathing (ACWB) in total during inspiration and expiration in children in the low-frequency range (LFR) (P1), medium-frequency range (MFR) (P2), high-frequency range (HFR) (P3) in patients 1–5 years (mPa)

Фаза респираторного цикла	Звуковое давление, мПа	>1–2 лет	>2–3 лет	>3–5 лет
Общий	P1	21,9 [13,1; 26,2]	23 [13,7; 25,2]	20,4 [13,7; 26,2]
	P2	8,4 [5,8; 13,1]	7,9 [5,1; 12,1]	8,08 [5,1; 13,1]
	P3	1,9 [1,2; 2,5]	2,1 [1,5; 2,5]	1,83 [1,5; 2,5]

Таблица 3. Опорные показатели АКРД у детей разных возрастных групп на вдохе и выдохе, мПа

Table 3. Reference indicators of ACWB in children of different age groups during inspiration and expiration, mPa

Фаза респираторного цикла	Звуковое давление, мПа, время, с	Возраст, лет		
		1–5	6–11	12–17
Вдох	P1 (НЧД)	13 [9,4; 22,7]	18 [14,1; 21,9]	16 [9,0; 23,3]
	P2 (СЧД)	6,9 [1,9; 11,1]	9 [4,2; 13,5]	5,7 [3,8; 9,5]
	P3 (ВЧД)	1,6 [1,3; 2,1]	1,7 [1,3; 2,8]	1,9 [1,1; 2,4]
Выдох	P1 (НЧД)	25 [16,6; 35,2]*	24 [16,2; 29,1]*	22 [15,5; 32,8]*
	P2 (СЧД)	8,4 [4,2; 20,5]	8,5 [5,3; 13,7]	7,5 [5,1; 13,3]*
	P3 (ВЧД)	2,2 [1,8; 2,9]**	2,4 [1,5; 2,9]**	2,4 [1,3; 2,9]**
Общий	P1 (НЧД)	20 [13,7; 26,2]	20 [14,5; 26,0]	18 [15,9; 25,3]
	P2 (СЧД)	8,1 [5,1; 13,1]	6 [5,1; 11,8]	7,2 [5,4; 10,2]
	P3 (ВЧД)	1,8 [1,5; 2,5]	2,3 [1,6; 2,4]	2,3 [1,5; 2,8]

* $p < 0,05$, НЧД между выдохом и вдохом во всех возрастных группах; ** $p < 0,05$, СЧД между выдохом и вдохом в группе 12–17 лет, ** $p < 0,05$, ВЧД между выдохом и вдохом во всех возрастных группах.

маневров. У детей младше 5 лет используются методы исследования при спокойном дыхании – КБФГ, импульсная осциллометрия, определение сопротивления дыхательных путей методом прерывания воздушного потока Ринт (Rint). КБФГ проводится при обычном спокойном дыхании и позволяет оценить показатели вдоха и выдоха у детей раннего возраста.

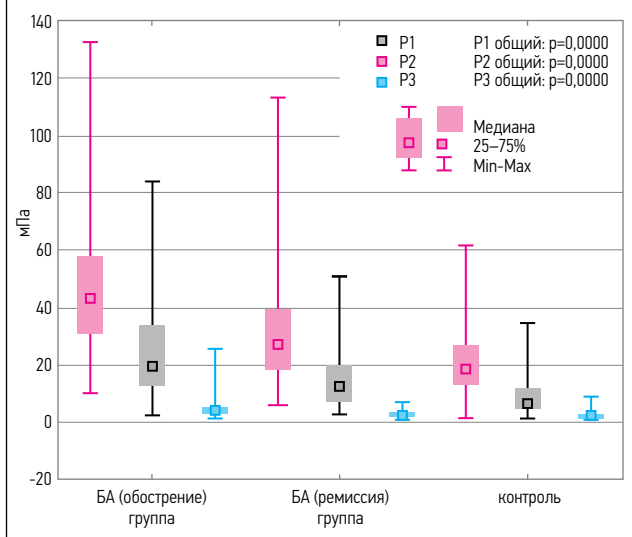
Мы исследовали группу здоровых детей ($n=50$) первых 5 лет жизни: >1–2, >2–3 и >3–5 лет (табл. 2). Обращают на себя внимание значения АКРД в ВЧД. При отсутствии нарушений в респираторной системе медиана показателя в контрольной группе не превышала 2,5 мПа. Данные АКРД в разных диапазонах сходны с референсными значениями, полученными нами ранее у детей школьного возраста, и могут рассматриваться как опорные показатели у здоровых детей (см. табл. 3) [15].

При сравнении общего АКРД (оАКРД) у здоровых детей в разных возрастных группах (1–5, 6–11 и 12–17) лет мы не выявили статистически достоверной разницы (см табл. 2, 3).

Анализ АКРД в разных фазах дыхательного цикла: на вдохе и выдохе (см. табл. 3) во всех возрастных группах по-

Рис. 1. Сравнение показателей оАКРД в трехчастотных диапазонах у здоровых детей (контроль) и пациентов в среднетяжелом и тяжелом обострении БА и в ремиссии в НЧД (P1), СЧД (P2), ВЧД (P3); $p < 0,05$.

Fig. 1. Comparison of tACWB in three frequency ranges in healthy children (control) and patients with moderate to severe exacerbation of bronchial asthma and in remission: LFR (R1), MFR (R2), HFR (R3); $p < 0,05$.



казал, что АКРД на выдохе в НЧД и ВЧД оказался достоверно выше по сравнению со значениями на вдохе ($p < 0,05$).

У всех пациентов с БА основной группы с обострением АКРД оказался достоверно выше, чем в контрольной группе. Отличия выявлены во всех частотных диапазонах P1, P2 и P3, характеризующих акустическую работу дыхания в НЧД, СЧД и ВЧД ($p < 0,05$); рис. 1. оАКРД в НЧД (P1) составил 43 [31,0; 57,7] мПа при референсном значении 18 [15,9; 25,3] мПа, в СЧД (P2) – 20 [13,0; 34,2] при норме 6,3 [4,8; 11,8] мПа и в ВЧД (P3) – 4 [3,0; 5,2] мПа при значении опорных показателей 2,3 [1,6; 2,8].

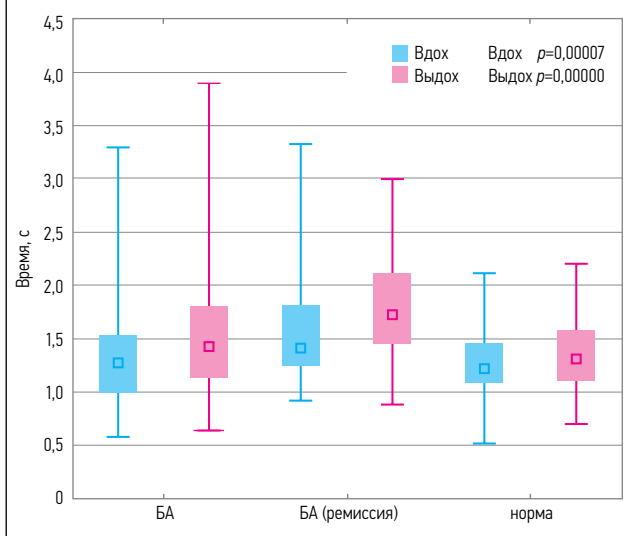
При сравнении АКРД у пациентов с БА с обострением и ремиссией выявлена статистически достоверная разница во всех частотных диапазонах ($p < 0,005$). Общая акустическая работа дыхания (P) на вдохе и на выдохе также достоверно превышала показатели у здоровых детей и пациентов с БА ($p < 0,001$); см. рис. 1.

В работе изучалась возможность использования РРЗ для оценки соотношения фаз вдоха и выдоха в связи с новыми техническими возможностями прибора. При анализе продолжительности вдоха и выдоха у здоровых детей разного возраста не выявлено статистически достоверной разницы. У пациентов с обострением БА вдох и выдох являлись достоверно длиннее, чем у здорового ребенка. Вдох составил 1,3 [1,0; 1,5] с, выдох – 1,5 [1,1; 1,8] с, в контрольной группе: вдох – 1,2 [1,1; 1,5] с, выдох – 1,3 [1,1; 1,6] с. У пациентов с БА в ремиссии время вдоха и выдоха также оставалось удлинненным по сравнению с здоровыми детьми (рис. 2).

Мы сопоставили данные проведенной ранее спирометрии и КБФГ у детей с БА. Выявлена умеренная достоверная корреляционная связь между показателем форсированной жизненной емкости легких и оАКРД в НЧД (P1) и ВЧД (P3); $p < 0,05$. Получена сильная корреляция пиковой объемной скорости выдоха и оАКРД (P) в ВЧД (P3); $p < 0,05$. Также выявлена умеренная отрицательная корреля-

Рис. 2. Длительность вдоха и выдоха у детей в контрольной группе и пациентов с БА в обострении и ремиссии ($p < 0,05$).

Fig. 2. The inspiratory time and expiratory time in children in the control group and patients with bronchial asthma with exacerbation and remission ($p < 0,05$).



ления АКРД в НЧД, ВЧД и бронхолитического теста. Это согласуется с ранее полученными данными корреляционного анализа КБФГ и спирометрии.

Обсуждение

Использование КБФГ в клинической практике позволило значительно расширить возможности в оценке БО у детей раннего возраста, начиная с первых месяцев жизни [16]. Благодаря использованию нескольких звуковых диапазонов возможно получение дополнительной объективной информации о состоянии респираторного тракта.

Важной составляющей для диагностики БО является ВЧД. Данный показатель можно использовать для оценки степени нарушений бронхиальной проходимости как в обострении БА, так и при отсутствии явных клинических признаков болезни для мониторинга эффективности проводимой терапии. Данные обследования имеют теоретическую и практическую значимость и могут использоваться при решении вопроса о назначении базисной противовоспалительной терапии и оценке ее продолжительности.

У пациентов с БА АКРД в НЧД оказался достоверно выше как в обострении, так и в ремиссии по сравнению с показателем у здоровых детей. У пациентов с БА частым сопутствующим заболеванием является аллергический ринит (АР). При этом отек верхних дыхательных путей и назальная обструкция при АР ведут к увеличению амплитуды звуковых колебаний в НЧД, что также можно использовать в диагностике и мониторинге АР у детей.

В нашем исследовании показано, что время вдоха и выдоха достоверно длиннее у пациентов с БА по сравнению со здоровыми детьми. Интересно, что выдох у детей с БА в ремиссии сохраняется удлинённым, несмотря на купирование клинических признаков обострения БА. Это может быть связано с персистирующим аллергическим воспалением в респираторном тракте и подтверждает необходимость проведения базисной противовоспалительной терапии.

Заключение

РРЗ является одной из развивающихся отечественных технологий в области способов оценки функционального состояния органов дыхания.

В нашем исследовании показано, что РРЗ можно эффективно использовать для диагностики БО у детей разного возраста. Полученные результаты достоверно демонстрируют, что показали АКРД на вдохе и на выдохе при БА могут служить в качестве объективных критериев наличия БО при БА. Исследование данных показателей АКРД может использоваться для контроля течения заболевания как в амбулаторных условиях, так и на любом этапе оказания медицинской помощи для оценки выраженности БО, особенно у детей раннего возраста, эффективности проводимой терапии и дальнейшего наблюдения за течением заболевания.

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

Disclosure of interest. The authors declare that they have no competing interests.

Вклад авторов. Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ICMJE. Н.А. Геппе – разработка дизайна исследования, анализ и интерпретация данных, написание текста рукописи, проверка критически важного содержания, утверждение рукописи для публикации; Е.В. Асеева – обзор публикаций по теме статьи, сбор клинического материала, обработка, анализ и интерпретация данных, статистическая обработка данных; В.С. Малышев – разработка дизайна исследования, компьютерное и математическое моделирование, математическая и статистическая обработка данных; Д.Г. Бухаров – компьютерное и математическое моделирование, математическая и статистическая обработка данных; И.В. Коваленко – разработка дизайна исследования, обработка, анализ и интерпретация данных, статистическая обработка данных, написание текста рукописи; И.В. Гребенева – обзор публикаций по теме статьи, обработка, анализ и интерпретация данных, написание текста рукописи.

Authors' contribution. The authors declare the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria. N.A. Geppе – study design, data analysis and interpretation, manuscript writing, verification of critical content, approval of the manuscript for publication; E.V. Aseeva – literature review on the topic of the article, collection of clinical data, data processing and interpretation, statistical data processing, manuscript writing; V.S. Malyshev – study design, computer and mathematical modeling, mathematical and statistical data processing; D.G. Bukharov – computer and mathematical modeling, mathematical and statistical data processing; I.V. Kovalenko – study design, data processing, data analysis and interpretation, statistical data processing, manuscript writing; I.V. Grebeneva – literature review on the topic of the article, data processing, analysis and interpretation, manuscript writing.

Источник финансирования. Авторы декларируют отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

Funding source. The authors declare that there is no external funding for the exploration and analysis work.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие законных представителей пациентов на анализ и публикацию медицинских данных.

Consent for publication. The authors obtained written consent from the patient's legal representatives to analyze and publish medical data.

Информированное согласие на публикацию. Пациенты подписали форму добровольного информированного согласия на публикацию медицинской информации.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patients for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

Соответствие принципам этики. Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет; протокол №22-21 от 09.12.2021). Одобрение и процедуру проведения протокола получали по принципам Хельсинкской конвенции.

Ethics approval. The study was approved by the local ethics committee of Sechenov First Moscow State Medical University (protocol №22-21 dated 09.12.2021). The approval and procedure for the protocol were obtained in accordance with the principles of the Helsinki Convention.

Литература/References

1. The Global Strategy for Asthma Management and Prevention. Global Initiative for Asthma (GINA) 2023. Available at: <http://www.ginasthma.org>. Accessed: 10.10.2023
2. Геппе Н.А., Колосова Н.Г., Кондюрина Е.Г., и др. Национальная программа «Бронхиальная астма у детей. Стратегия лечения и профилактика». М.: МедКом-Про, 2021; [Geppe NA, Kolosova NG, Kondyurina EG, et al. Natsionalnaia programma "Bronkhialnaia astma u detei. Strategija lecheniia i profilaktika". Moscow: MedCom-Pro, 2021; (in Russian)].
3. Бронхиальная астма. Федеральные клинические рекомендации. Российское респираторное общество (РРО). 2021. Режим доступа: www.spulmo.ru. Ссылка активна на 10.10.2023 [Bronchial asthma. Federal clinical guidelines. Russian Respiratory Society (RRO). 2021. Available at: www.spulmo.ru. Accessed: 10.10.2023 (in Russian)].
4. Геппе Н.А., Малышев В.С. Компьютерная бронхография респираторного цикла. М.: Медиа Сфера, 2016; [Geppe NA, Malyshev VS. Komp'uternaia bronkhografiia respiratornogo tsikla. Moscow: Mediasphera, 2016; (in Russian)].
5. Cabot RC, Dodge HF. Frequency characteristics of heart and lung sounds. *J Am Med Assoc.* 1925;84:1793-5.
6. McKusick VA, Jenkins JT, Webb GN. The acoustic basis of chest examination. *Am Rev Tuberculosis.* 1955;72(1):12-34. DOI:10.1164/artpd.1955.72.1.12
7. Pramono RXA, Bowyer S, Rodriguez-Villegas E. Automatic adventitious respiratory sound analysis: A systematic review. *PLoS One.* 2017;12(5):e0177926. DOI:10.1371/journal.pone.0177926
8. Bertrand ZF, Segall KD, Sánchez DI, et al. Pulmonary auscultation in the 21st century. *Revista chilena de pediatría.* 2020; 91(4):500-6. DOI:10.32641/rchped.v91i4.1465
9. Sarkar M, Madabhavi I, Niranjana N, et al. Auscultation of the respiratory system. *Ann Thorac Med.* 2015;10(3):158-68. DOI:10.4103/1817-1737
10. Eke Gungor H, Sahiner UM, Altuner Torun Y. Spirometry in children with asthma and/or allergic rhinitis: comparison of FEF25-75% with the standard measures. *Minerva Pediatrica.* 2019;71(2):103-9. DOI:10.23736/S0026-4946.16.04267-5
11. Piirilä P, Sovijärvi AR. Crackles: recording, analysis and clinical significance. *Eur Respir J.* 1995;8(12):2139-48. DOI:10.1183/09031936.95.08122139
12. Малышев В.С., Федорова Е.В., Боровкова А.М., и др. Модель обработки массива экспериментальных данных по определению временной структуры респираторного цикла. *Вестник МЭИ.* 2018;4:138-44 [Malyshev VS, Fedorova EV, Borovkova AM, et al. Model' obrabotki massiva eksperimental'nykh dannykh po opredeleniyu vremennoy struktury respiratornogo cikla. *Vestnik MEI.* 2018;4:138-44 (in Russian)]. DOI:10.24160/1993-6982-2018-4-138-144
13. Методические рекомендации «Спирометрия». Российское респираторное общество (РРО). 2023. Режим доступа: https://spulmo.ru/upload/kr/Spirometria_2023.pdf?t=1. Ссылка активна на 10.10.2023 [Methodological recommendations Spirometry. Russian Respiratory Society (RRO). 2023. Available at: https://spulmo.ru/upload/kr/Spirometria_2023.pdf?t=1. Accessed: 10.10.2023 (in Russian)].
14. Brown A, McNaughten B, Russell C, et al. How to interpret spirometry in a child with suspected asthma. *Archives of disease in childhood. Education Practice Edition.* 2022;107(6):435-41. DOI:10.1136/archdischild-2022-324308
15. Асеева Е.В., Геппе Н.А., Малышев В.С., и др. Регистратор респираторных звуков для компьютерного анализа паттерна дыхания у детей. *Доктор.Ру.* 2023;22(3):45-50 [Aseeva EV, Geppe NA, Malyshev VS, et al. Respiratory sound recorder for computer analysis of breathing patterns in children. *Doctor.Ru.* 2023;22(3):45-50 (in Russian)]. DOI:10.31550/1727-2378-2023-22-3-45-50
16. Павлинова Е.Б., Геппе Н.А., Малышев В.С., и др. Инновационный подход к диагностике бронхообструктивного синдрома у детей с муковисцидозом. *Доктор.Ру.* 2019;5:6-10 [Pavlinova EB, Geppe NA, Malyshev VS, et al. An Innovative Approach to the Diagnosis of Bronchial Obstruction Syndrome in Children with Cystic Fibrosis. *Doctor.Ru.* 2019;5:6-10 (in Russian)]. DOI:10.31550/1727-2378-2019-160-5-6-10

Статья поступила в редакцию / The article received: 10.11.2023

Статья принята к печати / The article approved for publication: 12.04.2024



OMNIDOCTOR.RU