DOI: https://doi.org/10.17816/RFD677244 EDN: HWIFOJ

Непрерывное мониторирование легочных звуков электронной аускультацией — надежный метод контроля бронхиальной астмы

С.И. Глотов, О.М. Урясьев, Ю.Ю. Бяловский, И.Б. Пономарева, С.В. Берстнева, В.А. Луняков, Н.П. Молоткова

Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, Рязань, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Бронхиальную астму контролируют с помощью клинической оценки состояния пациента, опросников, показателей функции внешнего дыхания. Мониторирование легочных звуков является оптимальным методом диагностики ночной бронхиальной астмы и степени контроля заболевания. В последнее время работ, посвященных мониторированию дыхательных шумов при бронхиальной астме, не так много, и чаще они встречаются в педиатрической практике.

Цель исследования. Оценить надежность непрерывного мониторирования дыхательных шумов у пациентов с разными степенями контроля бронхиальной астмы, динамику свистящих хрипов.

Методы. В исследование включены пациенты с разными степенями контроля бронхиальной астмы. Спирометрия проведена спирометром Vitalograph ALPHA (Англия). Мониторирование дыхательных шумов электронной аускультацией осуществляли по собственной разработанной методике. Полученные аудиофайлы подвергали компьютерному анализу.

Результаты. 86 пациентов разделены на три группы: 1-ю — с хорошо контролируемой, 2-ю — с частично контролируемой, 3-ю — с неконтролируемой бронхиальной астмой. Эпизоды свистящих хрипов находились в прямой корреляционной связи со степенью контроля и тяжестью течения заболевания. В 3-й группе частота ночных приступов достигала в среднем 3,3±0,4 (p <0,05). При мониторировании выявлена сильная положительная связь между количеством приступов свистящих хрипов и степенью контроля бронхиальной астмы (r=0,74; p <0,05). Между обструктивными нарушениями функции внешнего дыхания и субъективными симптомами обнаружена умеренная положительная связь (r=0,39; p <0,05). Слабая положительная связь выявлена между продолжительностью эпизодов свистящих хрипов и выраженностью нарушений функции внешнего дыхания (r=0,23; p <0,05).

Заключение. Непрерывное мониторирование легочных звуков является надежным методом мониторирования течения бронхиальной астмы, позволяет регистрировать и оценивать динамику дыхательных шумов.

Ключевые слова: электронная аускультация; непрерывная динамическая аускультация; легочные звуки; контроль бронхиальной астмы.

Как цитировать

Глотов С.И., Урясьев О.М., Бяловский Ю.Ю., Пономарева И.Б., Берстнева С.В., Луняков В.А., Молоткова Н.П. Непрерывное мониторирование легочных звуков электронной аускультацией — надежный метод контроля бронхиальной астмы // Российский семейный врач. 2025. Т. 29. № 3. С. 20–28. DOI: 10.17816/RFD677244 EDN: HWIFOJ

Рукопись получена: 17.03.2025 **Рукопись одобрена:** 20.07.2025 **Опубликована online:** 25.09.2025

ЭКО • ВЕКТОР

Статья доступна по лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International
© Эко-Вектор, 2025

DOI: https://doi.org/10.17816/RFD677244 EDN: HWIFOJ

Continuous Respiratory Sound Monitoring by Electronic Auscultation: A Reliable Method for Asthma Control

Sergei I. Glotov, Oleg M. Uryasev, Yuriy Yu. Byalovsky, Irina B. Ponomareva, Svetlana V. Berstneva, Vadim A. Lunyakov, Nadezhda P. Molotkova

Ryazan State Medical University named after Academician I.P. Pavlov, Ryazan, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Asthma is managed using clinical assessment of the patient's condition, questionnaires, and pulmonary function parameters. Respiratory sound monitoring is the most effective way to diagnose and manage nocturnal asthma. There is limited research into respiratory sound monitoring in asthma, and available studies primarily focus on pediatric patients.
AIM: This study aimed to assess the reliability of respiratory sound monitoring and changes in the severity of wheezing in patients with various levels of asthma control.
METHODS: The study included patients with various levels of asthma control. A Vitalograph ALPHA spirometer (England) was used for spirometry. The author's technique was used for respiratory sound monitoring by electronic auscultation. The resulting audio files were computer-analyzed.
RESULTS: The study included 86 patients, who were divided into groups 1, 2, and 3 with well-controlled, partially controlled, and uncontrolled asthma, respectively. Wheezing episodes had a direct correlation with asthma control level and severity. In group 3, the mean incidence of nocturnal episodes was 3.3 ± 0.4 ($p < 0.05$). Monitoring revealed a strong correlation between the number of wheezing episodes and the level of asthma control ($r = 0.74$; $p < 0.05$). There was a moderate positive correlation between objective pulmonary function disorders and subjective symptoms ($r = 0.39$; $p < 0.05$). There was a weak positive correlation between the duration of wheezing episodes and the severity of pulmonary function disorders ($r = 0.23$; $p < 0.05$).
CONCLUSION: Continuous respiratory sound monitoring is a reliable tool for assessing changes in respiratory sounds in patients with asthma.

Keywords: electronic auscultation; continuous dynamic auscultation; respiratory sounds; asthma management.

To cite this article
Glotov SI, Uryasev OM, Byalovsky YuYu, Ponomareva IB, Berstneva SV, Lunyakov VA, Molotkova NP. Continuous Respiratory Sound Monitoring by Electronic Auscultation: A Reliable Method for Asthma Control. *Russian Family Doctor.* 2025;29(3):20–28. DOI: 10.17816/RFD677244 EDN: HWIFOJ

Submitted: 17.03.2025 **Accepted:** 20.07.2025 **Published online:** 25.09.2025

ECO • VECTOR

The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 license
© Eco-Vector, 2025

ОБОСНОВАНИЕ

Достижение контроля заболевания является важной задачей ведения пациентов с бронхиальной астмой (БА). Уменьшение количества приступов свистящего дыхания, обострений БА приводит к уменьшению потребления и побочного действия лекарственных препаратов, повышению качества жизни пациентов [1–4].

При контроле течения БА учитывают субъективные жалобы пациента, физическую активность, ночное пробуждение, потребность в быстродействующих ингаляционных бета-2-агонистах, показатели функции внешнего дыхания (ФВД) при спирометрии и пикфлоуметрии [1, 2]. В последнее время для мониторинга БА используют опросники, например, тест по контролю за астмой (Asthma Control test, ACT) [5].

Субъективные жалобы могут достоверно не отражать состояние контроля БА по причине недооценки пациентами тяжести симптомов. На врачебном приеме при спирометрии может отсутствовать отрицательная динамика ФВД обструктивного характера, возможно снижение пиковой скорости выдоха при пикфлоуметрии [1–3].

Одной из ключевых точек контроля БА является отсутствие ночных симптомов. Симптомы ночной астмы могут варьировать от хрипов до одышки, стеснения и/или кашля, возникающих ночью и мешающих сну [1, 2, 6, 7]. Свистящие хрипы музыкального характера с преобладающей частотой более 100 Гц — диагностический признак БА [1, 2, 8, 9]. Свистящие хрипы в ночное время суток указывают на ухудшение контроля БА, поэтому их считают индикатором тяжести заболевания [10, 11]. В 50–75% случаев свистящие хрипы появляются раньше обструктивных нарушений ФВД [9]. Подтвердить обструкцию бронхов во время сна сложно. Утренние изменения объема форсированного выдоха за 1 с ($ОФВ_1$) и пиковой скорости выдоха являются количественными и объективными, но порой косвенными показателями при оценке ночной БА [12].

Непрерывное мониторирование легочных звуков (дыхательных шумов), в том числе ночью, — оптимальный способ диагностики ночной БА. Для выявления и оценки ночных приступов свистящего дыхания предложено два метода: длительная запись дыхательных шумов и прерывистая аускультация с интервалом 30 мин. В последнем методе заложены погрешности, так как можно пропустить приступ свистящих хрипов. Первый метод более надежен: современные компьютерные программы позволяют распознавать и количественно подсчитать свистящие хрипы в течение сна у больных БА и вне врачебного приема [13]. К сожалению, в последнее время работ, посвященных мониторированию дыхательных шумов при БА, не так много, и чаще встречаются в педиатрической практике [14, 15]. C. Lenclud и соавт. (1996) изучали обструктивные нарушения дыхания у пациентов с БА с помощью непрерывного мониторирования дыхательных шумов в ночное время суток. Установлены высокие чувствительность и специфичность метода непрерывного мониторирования легочных звуков — 75 и 70% соответственно [14].

Цель исследования

Оценить надежность непрерывного динамического мониторирования легочных звуков у пациентов с разными степенями контроля БА, изучить динамику, амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) ночных свистящих хрипов, соотношение показателей свистящих хрипов и ФВД.

МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведено проспективное, наблюдательное, сравнительное клиническое исследование.

Условия проведения исследования

Исследование выполнено на базе Областной клинической больницы г. Рязани, Областной клинической больницы им. Н.А. Семашко г. Рязани, Рязанского областного клинического госпиталя для ветеранов войн, Рязанского государственного медицинского университета им. акад. И.П. Павлова.

Набор пациентов осуществляли с мая 2017 г. по декабрь 2023 г. Период отслеживания целевых показателей — с 20 мая 2017 г. по 27 декабря 2023 г.

Критерии соответствия (отбора)

Критерии включения:

- диагностированная БА с продолжительностью течения 5 лет и более;
- информированное добровольное согласие на участие в исследовании;
- возраст от 20 до 60 лет.

Критерии невключения:

- хроническая обструктивная болезнь легких, БА в сочетании с хронической обструктивной болезнью легких, обострение БА, тяжелая степень дыхательной недостаточности;
- другие заболевания органов дыхания (пневмония, рак легкого, тромбоэмболия легочной артерии, интерстициальные заболевания легких);
- внелегочные причины одышки (декомпенсация сердечной недостаточности, анемический синдром, нервно-мышечные и психические заболевания, заболевания центральной нервной системы, ожирение с индексом массы тела >35 кг/м^2, тяжелая артериальная гипертензия, обострение ишемической болезни сердца, диабетический кетоацидоз, онкологическое заболевание).

Критерии исключения:

- отказ от участия в исследовании;
- развитие нежелательных реакций на обследование;
- обострение хронического заболевания с необходимостью прерывания участия в исследовании.

Степень контроля БА для разделения пациентов на группы определяли в соответствии с рекомендациями

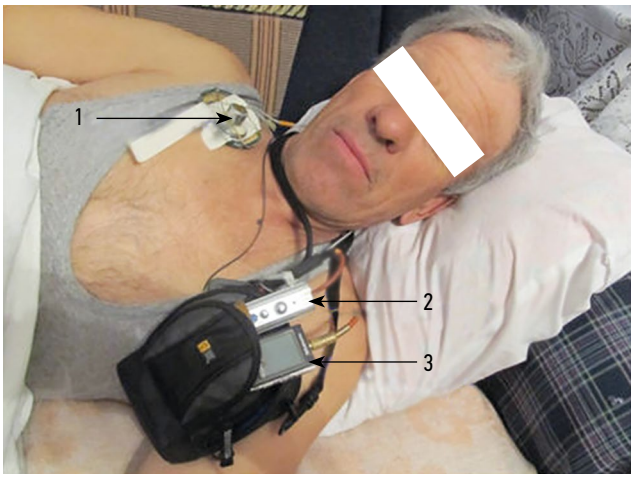

Рис. 1. Система для непрерывного мониторирования легочных звуков: 1 — акустическая головка стетоскопа с датчиком (для регистрации легочных звуков); 2 — электронно-акустический интерфейс (для усиления легочных звуков, подавления низкочастотных сердечных тонов, преобразования исходного акустического сигнала в цифровой сигнал с нормированными АЧХ легочных звуков); 3 — цифровой диктофон (записывающее устройство). АЧХ — амплитудно-частотные характеристики.

Fig. 1. Continuous respiratory sound monitoring system: 1, stethoscope chest piece with a sensor (for respiratory sound monitoring); 2, electronic acoustic interface (for respiratory sound enhancement, low-frequency heart sound suppression, and digital transformation of the initial acoustic signal with standardized AFCs of respiratory sounds); 3; digital voice recorder (recording device). AFCs, amplitude-frequency characteristics.

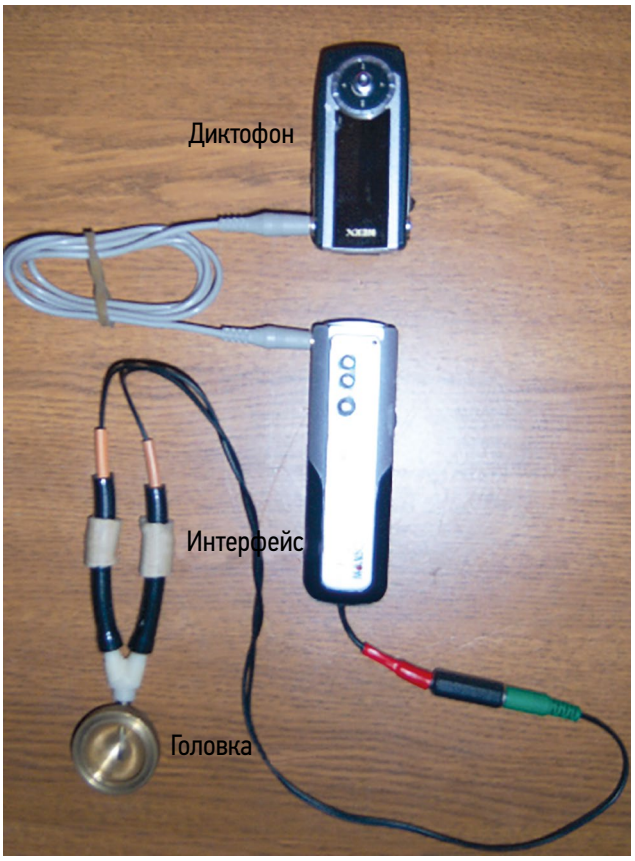

Рис. 2. Общий вид технической системы для непрерывного мониторирования легочных звуков.

Fig. 2. Continuous respiratory sound monitoring system: general view.

Глобальной инициативы по астме (Global Initiative for Asthma, GINA) 2023 г. [1,2]. Пациенты получали лечение в зависимости от степени тяжести и контроля БА в соответствии с GINA (2023) [1, 2].

Целевые показатели исследования

Определяли следующие АЧХ свистящих хрипов: пиковую амплитуду, минимальное среднеквадратичное значение, максимальное среднеквадратичное значение, среднее среднеквадратичное значение, итоговое среднеквадратичное значение — в децибелах; длительность одного цикла свистящих хрипов — в миллисекундах; диапазон частот и срединную частоту спектров дыхательных звуков (F50) — в герцах; длительность эпизода свистящих хрипов — в минутах.

Клиническое обследование пациентов включало: сбор и оценку жалоб, анамнеза заболевания, первичный физикальный осмотр, спирометрию, непрерывное мониторирование легочных звуков методом электронной аускультации (в течение 12–14 ч, включая ночное время) с получением записи дыхательный шумов. Степень интенсивности хрипов, одышки и кашля оценивали с помощью шкалы Борга [16] и визуальной аналоговой шкалы (ВАШ) [17].

Спирометрию проводили спирометром Vitalograph ALPHA (Англия) по правилам Европейского респираторного общества (ERS) Американского торакального общества (ATS) 2019 г. [18].

Непрерывное мониторирование легочных звуков осуществляли по следующей разработанной методике электронной аускультации. На грудную клетку во втором межреберье справа от грудины по срединно-ключичной линии устанавливали головку стетоскопа. Место установки было оптимальной точкой выслушивания дыхательных шумов [9]. Для непрерывного мониторирования использовали техническую систему (рис. 1).

В качестве датчика выбрана головка стетоскопа классической формы без мембраны. В принципиальной схеме интерфейса использовали акустический преобразователь (электретные микрофоны располагали в головке стетоскопа) [19].

На рис. 2. показан общий вид технической системы.

Для получения высококачественных результатов диагностики необходимо плотное прилегание головки стетоскопа. В исследовании фиксатор для головки стетоскопа устанавливали на теле пациента, что обеспечивало качественное сохранение полезного акустического сигнала [20].

Полученные аудиофайлы обработаны в компьютерных программах Spectrogram 5.0 (Richard Horne, США) и Adobe Audition 10.0 (Adobe, США) с применением спектрального анализа Фурье.

Анализ чувствительности

Не проводили.

Статистический анализ

Полученные данные выражали в виде среднего арифметического и стандартного отклонения (M±SD) в случае нормального распределения или медианы с межквартильным размахом (Me [Q_1; Q_3]) в случае отсутствия нормального распределения. Для сравнения показателей в группах использовали t-критерий Стьюдента. Гомогенность дисперсии выборок оценивали с помощью теста Левена. Для сравнения независимых выборок при ненормальном распределении применяли непараметрический U-критерий Манна–Уитни. Данные, полученные в ходе исследования, были подвергнуты корреляционному анализу с использованием параметрических коэффициентов Пирсона или непараметрических коэффициентов Спирмена. Анализ данных проводили с помощью программного пакета IBM SPSS Statistica 13.0 (StatSoft Inc., США). Уровень статистической значимости результатов — p <0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Формирование выборки

Добровольное участие в исследовании приняли 120 пациентов с БА. Из них 30 пациентов выбыли из-за соответствия критериям невключения, 4 пациента — из-за обострения хронических заболеваний с необходимостью прерывания участия в исследовании.

Включены 86 пациентов с БА, находившихся на стационарном лечении или обращавшихся амбулаторно.

Характеристики выборки

Пациенты разделены на три группы.

В 1-ю группу вошли 16 пациентов с хорошо контролируемой БА (12 — с легкой, 4 — со средней степенью тяжести заболевания). Среди них было 10 мужчин и 6 женщин. Медиана возраста составила 37 [27; 42] лет, продолжительность заболевания — 8,4 [6,7; 9,6] года.

Во 2-ю группу включены 30 пациентов с частично контролируемой БА (18 — со среднетяжелой, 12 — с тяжелой степенью заболевания). Среди них было 20 мужчин и 10 женщин. Медиана возраста составила 48 [34; 52] лет, продолжительность заболевания — 9,3 [7,2; 10,3] года.

В 3-ю группу вошли 40 пациентов неконтролируемой БА тяжелой степени тяжести. Среди них было 24 мужчины и 16 женщин. Медиана возраста составила 52 [32; 60] года, продолжительность заболевания — 11,4 [6,7; 17,6] года.

Основные результаты исследования

Симптомы и показатели ФВД групп пациентов с БА представлены в табл. 1.

В 1-й группе пациентов (с хорошо контролируемой БА) отмечены «очень легкая» одышка, умеренный кашель. На момент исследования нарушения ФВД не выявлены. При традиционной аускультации легких ни у одного пациента сухие свистящие хрипы не обнаружены. Методом непрерывной динамической электронной аускультации у 3 (18,75%) пациентов зафиксирован один приступ свистящих хрипов в ночное время. Пациенты ощущали сильную интенсивность свистящих хрипов, что нарушало сон.

Во 2-й группе (с частично контролируемой БА) пациенты отмечали легкую одышку (p <0,05), умеренный кашель (p <0,05). По данным спирометрии регистрировали умеренные обструктивные нарушения ФВД (p <0,05). При традиционной аускультации легких сухие свистящие хрипы в ночное время выслушивались у 6 (20%) пациентов. При непрерывной электронной аускультации легких у 10 (33,3%) больных зафиксировали от одного

Таблица 1. Симптомы и показатели функции внешнего дыхания пациентов с бронхиальной астмой

Table 1. Symptoms and pulmonary function parameters in patients with asthma

Показатель	1-я группа (n=16)		2-я группа (n=30)			3-я группа (n=40)		
	значение	процентное отклонение от должных величин	значение	процентное отклонение от должных величин	p_{1-2}	значение	процентное отклонение от должных величин	p_{1-3}
Одышка по шкале Борга / ВАШ, баллов/см	0,3 (0,0–1,2)	–	2,25 (1,7–3,5)	–	0,042	5,2 (3,8–6,3)	–	0,023
Ощущение интенсивности свистящих хрипов по шкале Борга / ВАШ, баллов/см	5,3 (3,7–6,2)	–	5,5 (4,1–6,5)	–	0,074	5,8 (3,8–6,9)	–	0,069
Кашель по шкале Борга / ВАШ, баллов/см	3,4 (2,7–4,1)	–	3,8 (2,9–4,5)	–	0,057	5,3 (3,8–6,1)	–	0,037
ОФВ$_1$, л	3,0 (2,9–3,3)	93,6 (88,7–96,1)	2,0 (1,9–2,1)	63,1 (58,3–69,4)	0,042	1,65 (1,56–1,84)	42,1 (38,4–53,4)	0,032
ФЖЕЛ, л	3,5 (3,3–3,8)	95,3 (89,4–98,7)	3,2 (2,9–3,3)	74,3 (68,1–81,2)	0,061	2,7 (2,5–3,3)	62,7 (58,4–69,6)	0,047
ОФВ$_1$/ФЖЕЛ	84,2 (78,1–88,3)	92,1 (83,1–94,6)	64,2 (61,4–69,7)	72,3 (68,1–78,6)	0,038	52,4 (49,7–63,1)	58,4 (55,3–64,1)	0,029

Примечание. Значения представлены в виде медианы и межквартильного размаха. p — значимость различий средних значений по t-критерию Стьюдента; ВАШ — визуальная аналоговая шкала; ОФВ$_1$ — объем форсированного выдоха за первую секунду; ФЖЕЛ — форсированная жизненная емкость.

Таблица 2. Амплитудно-частотные показатели свистящих хрипов больных 1-й группы

Table 2. Amplitude-frequency characteristics of wheezing in group 1

Показатель	Среднее арифметическое	Стандартная ошибка среднего	Среднее квадратичное отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации
Пиковая амплитуда, дБ	–10,53	2,32	7,55	57,22	70,1
Минимальное среднеквадратичное значение, дБ	–32,35	2,90	7,92	62,85	26,0
Максимальное среднеквадратичное значение, дБ	–15,20	4,10	13,58	184,4	86,3
Среднее среднеквадратичное значение, дБ	–25,08	2,34	7,47	55,86	32,2
Итоговое среднеквадратичное значение, дБ	–21,51	2,62	7,66	58,80	33,9

Таблица 3. Амплитудно-частотные показатели свистящих хрипов больных 2-й группы

Table 3. Amplitude-frequency characteristics of wheezing in group 2

Показатель	Среднее арифметическое	Стандартная ошибка среднего	Среднее квадратичное отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации
Пиковая амплитуда, дБ	–11,48	2,05	7,54	56,98	69,3
Минимальное среднеквадратичное значение, дБ	–28,44	2,70	7,92	62,85	26,0
Максимальное среднеквадратичное значение, дБ	–17,23	4,30	13,58	184,40	86,3
Среднее среднеквадратичное значение, дБ	–22,15	2,40	7,47	55,86	32,2
Итоговое среднеквадратичное значение, дБ	–22,73	2,80	7,66	58,80	33,9

Таблица 4. Амплитудно-частотные показатели свистящих хрипов больных 3-й группы

Table 4. Amplitude-frequency characteristics of wheezing in group 3

Показатель	Среднее арифметическое	Стандартная ошибка среднего	Среднее квадратичное отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации
Пиковая амплитуда, дБ	–10,16	2,66	7,54	56,98	69,3
Минимальное среднеквадратичное значение, дБ	–30,01	2,80	7,92	62,85	26,0
Максимальное среднеквадратичное значение, дБ	–14,95	4,80	13,58	184,46	86,3
Среднее среднеквадратичное значение, дБ	–24,11	2,64	7,47	55,86	32,2
Итоговое среднеквадратичное значение, дБ	–23,13	2,71	7,66	58,80	33,9

приступа до двух приступов свистящих хрипов в ночное время (в среднем 1,3±0,4) (p <0,05). Пациенты ощущали сильную интенсивность свистящих хрипов, что нарушало сон.

В 3-й группе (с неконтролируемой БА) все 40 пациентов отмечали сильную одышку (p <0,05) и сильный кашель (p <0,05). По данным спирометрии регистрировали выраженные обструктивные нарушения ФВД (p <0,05). При традиционной аускультации легких на врачебном приеме сухие свистящие хрипы выслушивались у 22 (55%) больных. При динамической электронной аускультации у 28 (70%) пациентов зафиксированы от двух до четырех приступов (в среднем 3,3±0,4; p <0,05) свистящих хрипов в ночное время. Пациенты ощущали сильную интенсивность свистящих хрипов, что нарушало сон.

Средняя продолжительность приступа свистящих хрипов в 1-й группе составила 5,4±0,5 мин, во 2-й — 5,5±0,6 мин (p_{1-2}=0,057), в 3-й — 6,1±0,7 мин (p_{1-3}=0,043). Значимые различия по средней продолжительности приступа получены в 3-й группе.

Диапазон хрипов составил от 220 до 570 Гц в 1-й группе, от 230 до 590 Гц — во 2-й группе, от 190 до 620 Гц — в 3-й группе. Длительность одного цикла свистящих хрипов составила от 300 до 1500 мс во всех трех группах. Значимых различий по диапазону хрипов приступа не получено ни в одной группе пациентов с БА (p >0,05).

Проведен анализ АЧХ свистящих хрипов во всех группах во время приступов свистящего дыхания (табл. 2–4). Показатели АЧХ свистящих хрипов существенно не различались в группах (p >0,05).

Преобладающая средняя частота свистящих хрипов (F50) в 1-й группе составила 405 (380–440) Гц, во 2-й группе — 420 (394–456) Гц (p_{1-2}=0,056), в 3-й группе — 455 (402–470) Гц (p_{1-3}=0,053). Не получено значимых различий по показателю ни в одной группе.

Отмечена сильная положительная корреляционная связь между количеством ночных свистящих хрипов при непрерывной электронной аускультации легких и степенью контроля БА (r=0,74; p <0,05). Выявлена умеренная положительная связь выраженности нарушений ФВД и субъективных симптомов (r=0,39; p <0,05). Обнаружена также слабая положительная связь между продолжительностью эпизодов свистящих хрипов и выраженностью нарушений ФВД (r=0,23; p <0,05).

ОБСУЖДЕНИЕ

Резюме основного результата исследования

Полученные в ходе исследования данные свидетельствуют о том, что с повышением степени тяжести БА и снижением контроля заболевания приступы свистящего дыхания учащаются.

Исследование показало эффективность выявления ночных приступов свистящего дыхания при любом уровне контроля БА, значительно превосходящую результаты выявления приступов при традиционной аускультации.

Ограничения исследования

Изучена относительно небольшая выборка пациентов с БА, и необходимы дальнейшие исследования с участием большего количества субъектов. Не оценивали фенотип БА. Следует продолжить исследования с непрерывной динамической электронной аускультацией у пациентов с ночными эпизодами свистящих хрипов после коррекции терапии, чтобы оценить возможности данного метода исследования в контроле лечения таких пациентов.

Техническая система для мониторирования легочных звуков достаточна сложна, и необходимы инновационные решения для ее упрощения. Зарубежные авторы предлагают применять систему записи легочных звуков при непрерывном мониторировании, включающую регистрирующее устройство — микрофон с возможностью передачи цифрового сигнала по Bluetooth, воспринимающее и записывающее устройство с возможностью передачи файла записи на смартфон или компьютер для дальнейшего анализа [21–23]. Возможно привлечение искусственного интеллекта для анализа записываемых легочных звуков.

Интерпретация результатов исследования

Полученные данные согласуются с итогами исследования C. Lenclud и соавт. (1996) [14].

Количество свистящих хрипов находилось в прямой корреляционной связи со степенями контроля и тяжести БА: при ухудшении контроля и утяжелении БА свистящие хрипы регистрировали чаще. У пациентов в 3-й группе (неконтролируемой БА) частота ночных приступов свистящего дыхания достигала в среднем 3,3±0,4. Выявлена сильная положительная связь между количеством ночных свистящих хрипов при непрерывной записи легочных звуков и степенью контроля БА.

Показатели ФВД и субъективные ощущения (одышка, кашель), применяемые для мониторирования БА, находятся в прямой корреляционной связи со свистящими хрипами: во 2-й и 3-й группах пациентов с выраженными субъективными симптомами БА и нарушениями ФВД отмечена более высокая частота приступов свистящего дыхания. Выявлена также умеренная положительная связь между количеством эпизодов свистящих хрипов и выраженностью нарушений ФВД обструктивного характера.

По АЧХ свистящих хрипов и преобладающей средней частоте свистящих хрипов (F50) группы пациентов с БА значимо не различались, но в 3-й группе (с неконтролируемой БА) приступы длились значимо дольше. Отмечена слабая положительная связь между продолжительностью эпизодов свистящих хрипов и выраженностью обструктивных нарушений ФВД.

Во всех группах приступ свистящих хрипов заставлял пациента проснуться, нарушал качество жизни.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленное исследование свидетельствует о практической применимости метода непрерывной электронной аускультации легких для оценки контроля БА.

С ухудшением контроля и повышением степени тяжести БА количество приступов свистящих хрипов увеличивается. Свистящие ночные хрипы нужно расценивать как показатель бронхиальной обструкции, не зафиксированной с помощью спирометрии, пикфлоуметрии, традиционной аускультации легких. Мониторирование легочных звуков позволяет объективизировать субъективные жалобы пациента на приступы БА в ночное время. Непрерывная электронная аускультация легких в ряде случаев более информативна, чем существующие методы контроля БА (изменения показателей ФВД, субъективные жалобы), позволяет вне врачебного приема зарегистрировать и оценить динамику и АЧХ дыхательных шумов в разные периоды времени и является надежным методом мониторирования БА.

Внедрение в практику непрерывной электронной аускультации легких значительно улучшит контроль БА.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. С.И. Глотов — определение концепции, проведение исследования, анализ данных, написание черновика рукописи; Ю.Ю. Бяловский — проведение исследования, анализ данных, написание

черновика, пересмотр и редактирование рукописи; О.М. Урясьев — определение концепции, пересмотр и редактирование рукописи; И.Б. Пономарева — проведение исследования, написание черновика, пересмотр и редактирование рукописи; С.В. Берстнева, В.А. Луняков, Н.П. Молоткова — проведение исследования, анализ данных, пересмотр и редактирование рукописи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Благодарности. Коллектив авторов благодарит доктора медицинских наук, профессора, заслуженного врача Российской Федерации В.Н. Абросимова за идею провести данное исследование.

Этическая экспертиза. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом Рязанского государственного медицинского университета (протокол № 10 от 10.05.2017). Все участники исследования добровольно подписали форму информированного согласия на участие в исследовании. Исследование и его протокол не регистрировали.

Согласие на публикацию. Авторы получили письменное информированное добровольное согласие пациента на публикацию его фотографии (с закрытием лица) в научном журнале, включая его электронную версию (дата подписания 03.10.2018). Объем публикуемых данных с пациентом согласован.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Все данные, полученные в настоящем исследовании, представлены в статье.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали один внешний рецензент и один внутренний рецензент из состава редакционной коллегии.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: S.I. Glotov: conceptualization, investigation, formal analysis, writing—original draft; Yu.Yu. Byalovskiy: investigation, formal analysis, writing—original draft, writing—review & editing; O.M. Uryasev: conceptualization, writing—review & editing; I.B. Ponomareva: investigation, writing—original draft, writing—review & editing; S.V. Berstneva, V.A. Lunyakov, N.P. Molotkova: investigation, formal analysis, writing—review & editing. All authors approved the version of the manuscript to be published, and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of it are appropriately reviewed and resolved.

Acknowledgments: The authors express their gratitude to Professor Vladimir N. Abrosimov, Dr. Sci. (Medicine), Distinguished Physician of the Russian Federation, for proposing the concept of this study.

Ethics approval: The study was approved by the local Ethics Committee of the Ryazan State Medical University (Protocol No. 10 dated May 10, 2017). All participants provided written informed consent to participate in the study. The study and its protocol were not registered.

Consent for publication: Written informed consent was obtained from the patient for the publication of their photograph (with face obscured) in a scientific journal and its online version (signed on October 3, 2018). The scope of the published data was approved by the patient.

Funding sources: No funding.

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests over the past three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: The authors did not use any previously published information (text, illustrations, or data) in this work.

Data availability statement: All data generated during this study are included in this article.

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.

Provenance and peer-review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved an external reviewer and an in-house reviewer from the editorial board.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Global Initiative for Asthma. Global Strategy for Asthma Management and Prevention. Updated 2023. Available from: https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2023/05/GINA-2023-Full-Report-2023-WMS.pdf. Accessed: 01 May, 2023.

2. Chuchalin AG, Avdeev SN, Aisanov ZR, et al. Federal guidelines on diagnosis and treatment of bronchial asthma. *Pulmonologiya.* 2022;32(3):393–447. doi: 10.18093/0869-0189-2022-32-3-393-447 EDN: HZEHSI

3. Rogachykov AI, Uryasev OM. The medication inhale technology and asthma control. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald.* 2016;24(3):86–91. doi: 10.17816/PAVLOVJ2016386-91 EDN: WLYXKJ

4. Tributseva LV, Budnevsky AV, Ivanchuk YuS, et al. Comorbid pathology in patients with bronchial asthma: literature review. *Science of the young (Eruditio Juvenium).* 2021;9(1):136–146. doi: 10.23888/HMJ202191136-146 EDN: RWFIYQ

5. Schatz M, Mosen DM, Kosinski M, et al. Validity of the Asthma Control Test completed at home. *Am J Manag Care*. 2007;13(12):661–667.

6. Raherison C, Abouelfath A, Le Gros V, et al. Underdiagnosis of nocturnal symptoms in asthma in general practice. *J Asthma.* 2006;43(3):199–202. doi: 10.1080/02770900600566744

7. Pinyochotiwong C, Chirakalwasan N, Collop N. Nocturnal Asthma. *Asian Pac J Allergy Immunol.* 2021;39(2):78–88. doi: 10.12932/AP-231020-0986 EDN: HODFJD

8. Andres E, Gass R, Charloux A, et al. Respiratory sound analysis in the era of evidence-based medicine and the world of medicine 2.0. *J Med Life.* 2018;11(2):89–106.

9. Pasterkamp H, Kraman SS, Wodicka GR. Respiratory sounds: advances beyond the stethoscope. *Am J Respir Crit Care Med.* 1997;156(3 Pt 1):974–987. doi: 10.1164/ajrccm.156.3.9701115 EDN: XNOKXB

10. Khalid I, Morris ZQ, Digiovine B. Specific conductance criteria for a positive methacholine challenge test: are the American Thoracic Society guidelines rather generous? *Respir Care.* 2009;54(9):1168–1174.

11. Mehra R. Understanding nocturnal asthma. The plot thickens. *Am J Respir Crit Care Med.* 2014;190(3):243–244. doi: 10.1164/rccm.201406-1130ED

12. Bentur L, Beck R, Irving CS, et al. Nocturnal wheeze measuremen in young asthmatics. *Pediatric Asthma, Allergy and Immunology.* 2004;17(3):191–197. doi: 10.1089/pai.2004.17.191

13. Lenniger P, Gross V, Kunsch S, et al. Nocturnal long-term monitoring of lung sounds in patients with gastro-oesophageal reflux disease. *Pneumologie*. 2010;64(4):255–258. doi: 10.1055/s-0029-1215344 EDN: NAMIQP

14. Lenclud C, Cuttitta G, Van Gansbeke D, et al. Evaluation of nocturnal bronchoconstriction by all night tracheal sound monitoring. *Thorax.* 1996;51(7):694–698. doi: 10.1136/thx.51.7.694

15. Bentur L, Beck R, Shinawi M, et al. Wheeze monitoring in children for assessment of nocturnal asthma and response to therapy. *Eur Respir J.* 2003;21(4):621–626. doi: 10.1183/09031936.03.00036302

16. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14(5):377–381.

17. Haefeli M, Elfering A. Pain assessment. *Eur Spine J.* 2006;15 Suppl 1(Suppl 1):S17–24. doi: 10.1007/s00586-005-1044-x EDN: ALPIMA

18. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, et al. Standardization of Spirometry 2019 Update An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. *Am J Respir Crit Care Med.* 2019;200(8):e70–88. doi: 10.1164/rccm.201908-1590ST
19. Patent RUS №238304/10.03.10. Byul. №7. Kuznetsov VI, Abrosimov VN, Glotov SI, Labutin G.I. *Electronic acoustic interface for a stethoscope*. Available from: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_37695149_20958535.pdf EDN: ZJXOLJ
20. Patent RUS №64495/10.07.07. Kuznetsov VI, Abrosimov VN, Labutin GI. *Sensor lock and frame for its implementation.* Available from: https://yandex.ru/patents/doc/RU64495U1_20070710
21. Gavriely N. Acoustic monitoring of athma. *The 41st annual conference of international lung sounds association. Final program and abstracts. 2016 Oct 7–8.* Tokyo, Japan: Convention Hall, Ie-No-Hikari; 2016. S13.
22. Makoto Y, Kazuma S, Takafumi K. Play back of respiratory sounds recorded with bluetooth®-based wireless microphone. *The 41st annual conference of international lung sounds association. Final program and abstracts. 2016 Oct 7–8.* Tokyo, Japan: Convention Hall, Ie-No-Hikari; 2016. S18.
23. Fischer P, Steinbrecher L, Schudt, et al. Monitoring of nocturnal respiratory symptoms in COPD patients by using LEOSound lung sound monitor. *The 42st annual conference of international lung sounds association. Final program and abstracts.* Tromsø, Norway; 2017. S13.

ОБ АВТОРАХ

*** Глотов Сергей Иванович**, канд. мед. наук, доцент;
адрес: Россия, 390026, Рязань, ул. Высоковольтная, д. 9;
ORCID: 0000-0002-4445-4480;
eLibrary SPIN: 7524-9816;
e-mail: sergeyglot@mail.ru

Урясьев Олег Михайлович, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0001-8693-4696;
eLibrary SPIN: 7903-4609;
e-mail: uryasev08@yandex.ru

Бяловский Юрий Юльевич, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-6769-8277;
eLibrary SPIN: 6389-6643;
e-mail: b_uu@mail.ru

Пономарева Ирина Борисовна,
канд. мед. наук, доцент;
ORCID: 0000-0002-0273-4388;
eLibrary SPIN: 3984-1944;
e-mail: docib@yandex.ru

Берстнева Светлана Вячеславовна, д-р мед. наук, доцент;
ORCID: 0000-0002-3141-4199;
eLibrary SPIN: 6722-3203;
e-mail: berst.ru@mail.ru

Луняков Вадим Анатольевич, канд. мед. наук, доцент;
ORCID: 0000-0002-3370-7593;
eLibrary SPIN: 9628-5750;
e-mail: lunyakov62@mail.ru

Молоткова Надежда Петровна;
ORCID: 0009-0003-9519-0950;
eLibrary SPIN: 1373-2304;
e-mail: nad.olo@yandex.ru

AUTHORS INFO

*** Sergei I. Glotov**, MD, Cand. Sci. (Medicine), Assistant Professor;
address: 9 Vysokovoltnaya St., 390026, Ryazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-4445-4480;
eLibrary SPIN: 7524-9816;
e-mail: sergeyglot@mail.ru

Oleg M. Uryasev, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0001-8693-4696;
eLibrary SPIN: 7903-4609;
e-mail: uryasev08@yandex.ru

Yuriy Yu. Byalovskiy, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0002-6769-8277;
eLibrary SPIN: 6389-6643;
e-mail: b_uu@mail.ru

Irina B. Ponomareva,
MD, Cand. Sci. (Medicine), Assistant Professor;
ORCID: 0000-0002-0273-4388;
eLibrary SPIN: 3984-1944;
e-mail: docib@yandex.ru

Svetlana V. Berstneva, MD, Dr. Sci. (Medicine), Assistant Professor;
ORCID: 0000-0002-3141-4199;
eLibrary SPIN: 6722-3203;
e-mail: berst.ru@mail.ru

Vadim A. Lunyakov, MD, Cand. Sci. (Medicine), Assistant Professor;
ORCID: 0000-0002-3370-7593;
eLibrary SPIN: 9628-5750;
e-mail: lunyakov62@mail.ru

Nadezhda P. Molotkova, MD;
ORCID: 0009-0003-9519-0950;
eLibrary SPIN: 1373-2304;
e-mail: nad.olo@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author