



Распространенность и предикторы субоптимальных значений пикового инспираторного потока при использовании дозированных порошковых ингаляторов у пациентов с бронхиальной астмой и хронической обструктивной болезнью легких

Б.Б. Лавгинова¹, Н.В. Трушенко^{1,2}, Г.В. Неклюдова^{1,2}, О.С. Белкина¹, С.Н. Авдеев^{1,2}

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

²ФГБУ «Научно-исследовательский институт пульмонологии» ФМБА России, Москва, Россия

Аннотация

Обоснование. Одним из ключевых условий эффективного использования дозированных порошковых ингаляторов (ДПИ) является достаточное инспираторное усилие пациента, которое можно оценить по уровню пикового инспираторного потока (ПИП).

Цель. Изучить распространенность и предикторы развития субоптимальных для ДПИ значений ПИП у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) и бронхиальной астмой (БА) в амбулаторной практике.

Материалы и методы. В исследование включались больные БА и ХОБЛ, использующие в качестве базисной терапии ДПИ. Значение ПИП оценивалось с помощью портативного инспираторного флуометра In-Check DIAL G16® на уровне сопротивления соответствующего ДПИ, используемого пациентом, исходно и после объяснения правильной техники ингаляций при БА и ХОБЛ. С целью определения предикторов субоптимального ПИП оценивали основные клинические показатели и параметры комплексного исследования функции дыхания.

Результаты. В исследование вошли 61 пациент с БА и 30 пациентов с ХОБЛ. Доля пациентов с субоптимальными показателями ПИП исходно составляла 34% в группе БА и 63% – в группе ХОБЛ. После обучения правильной технике ингаляции доля пациентов с субоптимальным ПИП значительно снизилась в обеих группах: до 10% в группе БА и до 23% – в группе ХОБЛ ($p < 0,0001$). Наиболее значимыми факторами, существенно ограничивающими вероятность достижения у пациента оптимального ПИП, необходимого для эффективного использования ДПИ, стали возраст ≥ 60 лет, форсированная жизненная емкость легких $\leq 70\%$ долж. и объем форсированного выдоха за 1-ю секунду $\leq 45\%$ долж.

Заключение. Многие пациенты имели недостаточную силу вдоха для эффективного применения ДПИ из-за ошибок в технике ингаляций или возрастных/функциональных ограничений. Измерение ПИП перед назначением ДПИ позволяет объективно оценить возможность его использования и повысить эффективность терапии.

Ключевые слова: пиковый инспираторный поток, техника ингаляций, дозированные порошковые ингаляторы, бронхиальная астма, хроническая обструктивная болезнь легких

Для цитирования: Лавгинова Б.Б., Трушенко Н.В., Неклюдова Г.В., Белкина О.С., Авдеев С.Н. Распространенность и предикторы субоптимальных значений пикового инспираторного потока при использовании дозированных порошковых ингаляторов у пациентов с бронхиальной астмой и хронической обструктивной болезнью легких. Терапевтический архив. 2026;98(1):35–42.

DOI: 10.26442/00403660.2026.01.203558

© ООО «КОНСИЛИУМ МЕДИКУМ», 2026 г.

Информация об авторах / Information about the authors

[✉]Трушенко Наталья Владимировна – канд. мед. наук, доц. каф. пульмонологии Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет), науч. сотр. Научно-методического центра мониторинга и контроля болезней органов дыхания ФГБУ «НИИ пульмонологии». E-mail: trushenko.natalia@yandex.ru

Лавгинова Баина Баатровна – аспирант каф. пульмонологии Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет)

Неклюдова Галина Васильевна – д-р мед. наук, доц. каф. пульмонологии Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет), вед. науч. сотр. лаб. функциональных и ультразвуковых методов исследования ФГБУ «НИИ пульмонологии»

Белкина Олеся Сергеевна – студентка Клинического института детского здоровья им. Н.Ф. Филатова ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет)

Авдеев Сергей Николаевич – акад. РАН, д-р мед. наук, проф., зав. каф. пульмонологии Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет), вед. науч. сотр. ФГБУ «НИИ пульмонологии»

[✉]Natalia V. Trushenko. E-mail: trushenko.natalia@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-0685-4133

Baina B. Lavginova. ORCID: 0000-0003-1254-6863

Galina V. Nekludova. ORCID: 0000-0002-9509-0867

Olesia S. Belkina. ORCID: 0009-0003-1847-4159

Sergey N. Avdeev. ORCID: 0000-0002-5999-2150

Prevalence and predictors of suboptimal peak inspiratory flow values with metered-dose dry powder inhalers in patients with asthma and chronic obstructive pulmonary disease

Baina B. Lavginova¹, Natalia V. Trushenko^{1,2}, Galina V. Nekludova^{1,2}, Olesia S. Belkina¹, Sergey N. Avdeev^{1,2}

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

²Research Institute of Pulmonology, Moscow, Russia

Abstract

Background. A key requirement for effective dry powder inhaler (DPI) use is adequate patient inspiratory effort, measurable through peak inspiratory flow (PIF).

Aim. To assess the prevalence of suboptimal PIF values, and identify factors significantly affecting PIF in pulmonary disease (COPD) and asthma outpatients.

Materials and methods. The study enrolled asthma and COPD patients using DPIs for maintenance therapy. PIF was measured using In-Check DIAL G16[®] at resistance levels matching each patient's DPI, both before and after proper inhalation technique training. Clinical and functional parameters were evaluated to identify predictors of suboptimal PIF.

Results. The study included 61 asthma and 30 COPD patients. Baseline suboptimal PIF rates were 34% (asthma) and 63% (COPD). After training, these decreased significantly to 10% (asthma) and 23% (COPD); $p < 0.0001$. Key limiting factors for achieving optimal PIF were age ≥ 60 years, $FVC \leq 70\%$ predicted, and $FEV1 \leq 45\%$ predicted.

Conclusion. Many patients had insufficient inspiratory flow for effective DPI use due to technique errors or age/functional limitations. Pre-prescription PIF measurement objectively evaluates DPI suitability and enhances treatment efficacy.

Keywords: peak inspiratory flow, inhalation technique, dry powder inhalers, bronchial asthma, chronic obstructive pulmonary disease

For citation: Lavginova BB, Trushenko NV, Nekludova GV, Belkina OS, Avdeev SN. Prevalence and predictors of suboptimal peak inspiratory flow values with metered-dose dry powder inhalers in patients with asthma and chronic obstructive pulmonary disease. *Terapevticheskii Arkhiv (Ter. Arkh.)*. 2026;98(1):35–42. DOI: 10.26442/00403660.2026.01.203558

Введение

Ингаляционная терапия представляет собой основной метод лечения хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) и бронхиальной астмы (БА). Ключевую роль в эффективности ингаляционной терапии играет выбор не только лекарственных средств, но и оптимального устройства доставки, правильная техника ингаляций, а также приверженность пациентов терапии [1, 2].

Несмотря на постоянную модернизацию и усовершенствование ингаляторов, актуальной остается проблема ошибок в технике ингаляций, что приводит к существенному снижению эффективности терапии как у пациентов с БА, так и у пациентов с ХОБЛ. Результаты исследований указывают на то, что до 70–87% пациентов с обструктивными заболеваниями органов дыхания совершают ошибки во время ингаляции [3, 4]. Неправильное использование ингаляторов увеличивает риск обострений, прогрессирования функциональных нарушений и клинических симптомов, а также снижает контроль над заболеванием [3].

Наиболее часто в клинической практике используются дозированные аэрозольные ингаляторы (ДАИ) и дозированные порошковые ингаляторы (ДПИ). ДПИ – это портативные ингаляционные устройства, содержащие лекарственный препарат в виде микронизированного порошка [5]. При использовании ДПИ пациент может самостоятельно координировать процесс активации, используя свое дыхание для начала и завершения доставки лекарственного препарата из устройства. При этом легочная депозиция лекарственного препарата при использовании ДПИ зависит от инспираторного усилия пациента и внутреннего сопротивления устройства ДПИ [6, 7]. При использовании ДПИ пациент должен произвести резкий и при этом максимально глубокий вдох для активации устройства и создания турбулентной энергии, зависящей от пикового инспираторного потока (ПИП) пациента и сопротивления ингалятора [8, 9].

ПИП – максимальный воздушный поток, генерируемый пациентом во время вдоха (измеряется в литрах в минуту). Для каждого ДПИ существует минимальный ПИП,

необходимый для активации устройства, и оптимальный ПИП, обеспечивающий доставку большей части препарата в нижние дыхательные пути и наилучший клинический эффект [10, 11].

Субоптимальное значение ПИП ассоциируется с недостаточной легочной депозицией лекарственного средства, снижением клинической эффективности, увеличением частоты обострений и потерей контроля над заболеванием [11].

Согласно данным литературы распространенность субоптимального ПИП по разным исследованиям среди пациентов с ХОБЛ составляет от 19 до 78% в зависимости от типа ингалятора, используемого пациентом [12]. При этом частота встречаемости субоптимальных значений ПИП у пациентов с ХОБЛ, перенесших обострение, по данным различных авторов, составила от 32 до 52% [13]. Сведений о распространенности субоптимальных значений ПИП у пациентов с БА крайне мало, что делает актуальным изучение этой проблемы.

Цель исследования – изучение распространенности и предикторов развития субоптимальных для ДПИ значений ПИП у пациентов с ХОБЛ и БА в амбулаторной практике.

Задачи исследования:

- изучение распространенности ошибок в технике ингаляций и приверженности терапии при использовании ДПИ у пациентов с БА и ХОБЛ;
- изучение распространенности субоптимальных значений ПИП при использовании ДПИ у пациентов с БА и ХОБЛ;
- изучение предикторов субоптимальных значений ПИП у пациентов с БА и ХОБЛ.

Материалы и методы

В исследование включены амбулаторные пациенты с установленным диагнозом ХОБЛ или БА, использующие ДПИ.

Измерение ПИП проводилось с помощью портативного инспираторного флуометра In-Check DIAL G16[®] (Clement Clerke International Ltd., Harlow, Великобритания). Данный прибор имеет шкалу измерения скорости вдоха,

односторонний мундштук с клапаном и регулируемый циферблат, который позволяет имитировать внутреннее сопротивление ДПИ. In-Check DIAL G5 имитируют 5 видов сопротивления ингаляционных устройств: низкое (R1) – Бризхалер®, средненизкое (R2) – Дискус® и Эллипта®, среднее (R3) – Турбухалер®, Спиромакс®, средневысокое (R4) – Изихейлер®, Твистхейлер®, высокое (R5) – Хендихейлер® [14]. Для измерения ПИП на исходном этапе пациентов просили сделать вдох с помощью прибора In-Check DIAL® G16 так, как они обычно делают данный маневр при использовании своего ДПИ. После этого пациентам объяснена техника ингаляции: полный выдох, а затем сильный и быстрый вдох. Повторное измерение ПИП проводилось также на сопротивлении, соответствующем сопротивлению ингалятора пациента. Измерение после объяснения проводилось трижды, в анализ включен самый высокий результат из трех попыток. ПИП классифицирован как оптимальный при значении ≥ 60 л/мин или субоптимальный – при < 60 л/мин.

Анализ включал следующие демографические и клинические характеристики пациентов: возраст, пол, уровень образования, индекс массы тела (ИМТ), анамнез курения; клинические симптомы заболевания, оцениваемые по тесту по контролю над БА (АСТ) и по тесту оценки ХОБЛ (САТ); оценка одышки по шкале mMRC (modified Medical Research Council – модифицированный опросник Британского медицинского исследовательского совета) и по шкале Борга; частота обострений и госпитализаций за последний год; потребность в бронходилататорах короткого действия в месяц в течение предыдущего года. Учитывался тип ингалятора, используемого для поддерживающей терапии, продолжительность использования ингалятора, предшествующее обучение технике ингаляции. Оценка приверженности использованию ингалятора проводилась с помощью теста по оценке приверженности ингаляционной терапии (ТАИ), состоящего из 12 пунктов. Тест состоит из 10 пунктов, предназначенных для пациентов, и 2 дополнительных пунктов для врачей. Оценка каждого из 10 пунктов варьируется от 1 (наихудший) до 5 (наилучший) баллов. Общий счет составляет от 10 до 50 и указывает на хороший (50), средний (46–49) или плохой (≤ 45) режим соблюдения приема ингаляционной терапии. Последние два пункта оцениваются как 1 или 2 за плохое или хорошее знание режима и/или техники ингаляции, соответственно, с диапазоном от 2 до 4 баллов [15].

Функция внешнего дыхания (спирометрия, бодиплетизмография, диффузионная способность легких – DLco) выполнены в качестве рутинных измерений у всех пациентов в соответствии с рекомендациями ATS-ERS и представлены в виде абсолютных значений и процентов от должных значений [16].

Непрерывные данные представлены как медиана и интерквартильный размах, для качественных и категориальных переменных – абсолютные и относительные частоты. Категориальные переменные между группами сравнивались с помощью точного критерия Фишера или критерия хи-квадрат Пирсона, для парных номинальных данных – критерия Макнемара. Для сравнения групп использовались непараметрические методы (критерий Уилкоксона для связанных групп, U-критерий Манна–Уитни для независимых групп), корреляционный анализ осуществляли по методу Спирмена. Определение предикторов субоптимальных значений ПИП до и после объяснения техники ингаляций проводилось с помощью логистического регрессионного анализа и ROC-анализа. Пороговый уровень статистической значимости принят 0,05. Статистиче-

ская обработка данных осуществлялась с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics, version 26 (IBM Corporation, USA).

Результаты

В исследование включен 91 пациент: 61 пациент с БА, 30 пациентов – с ХОБЛ. В группе БА 16% ($n=10$) пациентов имели легкую степень заболевания, 58% ($n=35$) – среднюю, а 26% ($n=16$) – тяжелую. В группе ХОБЛ преобладали пациенты со средней степенью заболевания 43% ($n=13$), в то время как 27% ($n=8$) имели тяжелую степень ХОБЛ, а 30% ($n=9$) – очень тяжелую степень.

У 58% пациентов ($n=35$) имелась неконтролируемая БА, у 21% ($n=13$) – частично-контролируемая БА и у 21% ($n=13$) – контролируемая БА. Средний балл по опроснику АСТ у пациентов в группе БА составил 16 (12–20), средний балл по опроснику САТ в группе ХОБЛ – 19 (14–23).

Пациенты с БА достоверно отличались от пациентов с ХОБЛ по возрасту (54 [35–63] при БА vs 67 [61–71] при ХОБЛ; $p=0,0001$), полу (муж/жен 22/39 [36%/64%] vs 19/11 [63%/37%] соответственно; $p=0,024$), индексу курения (19,5 [10,5–30] vs 40 [30–44] пачка/лет соответственно; $p=0,0001$); функциональным показателям: объему форсированного выдоха за 1-ю секунду – ОФВ₁ (87 [53–93]% vs 42 [25–64]%; $p=0,0001$), форсированной жизненной емкости легких – ФЖЕЛ (94 [80–104]% vs 75 [57–84]%; $p=0,0001$), ОФВ₁/ФЖЕЛ (69 [55,5–77,2]% vs 44 [37,2–51]%; $p=0,0001$), DLco (86 [81,5–108]% vs 48 [36–63]%; $p=0,0001$), а также по выраженности одышки по шкале mMRC (2 [1–2] балла vs 2 [2–3] балла; $p=0,007$), уровню насыщения крови кислородом – SpO₂ (97 [96–97]% vs 65 [60–75]% соответственно; $p=0,0001$); **табл. 1.**

Среди пациентов с БА наиболее часто используемым видом ДПИ оказался ингалятор со средневысоким сопротивлением (Турбухалер®, Спиромакс®) – 80% ($n=49$), меньше использовались ингалятор со средненизким сопротивлением (Эллипта®) – 15% ($n=9$) и с низким сопротивлением (Бризхалер®) – 5% ($n=3$). В группе пациентов с ХОБЛ преобладающим типом ДПИ стал ингалятор с низким сопротивлением (Бризхалер®) – 40% ($n=3$), со средневысоким сопротивлением (Турбухалер®, Спиромакс®) – 33% ($n=10$), меньше использовали ингаляторы со средненизким сопротивлением (Эллипта®) – 24% ($n=7$) – и высоким сопротивлением (Хендихейлер®) – 3% ($n=1$). При анализе техники ингаляций среди пациентов с БА и пациентов с ХОБЛ частота ошибок достоверно не отличалась и составила соответственно 29 (47%) и 15 (50%). Наиболее частыми ошибками в технике ингаляции оказались неправильный маневр вдоха – 36 (82%), неполный выдох перед ингаляцией – 13 (30%), отсутствие задержки дыхания на глубине вдоха – 10 (23%), неплотный обхват мундштука – 8 (18%). Частота ошибок у пациентов, использующих ингаляторы с низким сопротивлением, составила 47% ($n=7$), средненизким – 50% ($n=8$), средневысоким – 50% ($n=29$).

При анализе результатов анкетирования по ТАИ-тесту среди пациентов с БА у 43% выявлена хорошая, у 30% – средняя, а у 27% – низкая степень приверженности терапии. При использовании ингаляторов с низким сопротивлением выявлено равномерное распределение между хорошей, средней и низкой степенью приверженности терапии – 33% для каждого уровня. Среди пациентов с БА, использующих ингалятор со средненизким сопротивлением, 83% имели хорошую приверженность, а 17% – низкую. Пациенты с БА, использующие ингалятор со средним сопротивлением, чаще имели средний уровень приверженно-

Таблица 1. Основные характеристики пациентов в группе БА и ХОБЛ**Table 1. Key characteristics of patients in the asthma and COPD**

Параметр	БА	ХОБЛ	<i>p</i>
Возраст, лет	54 (35–63)	67 (61–71)	0,0001
Пол, мужчины/женщины, %	22/39 (36/64)	19/11 (63/37)	0,024
Индекс курения, пачка/лет	19,5 (10,5–30)	40 (30–44)	0,0001
ИМТ, кг/м ²	28,1 (23,8–32,8)	24,2 (21,6–30)	0,51
Частота обострений за предшествующий год	1 (1–2)	2 (1–4)	0,029
Частота госпитализаций за предшествующий год	0 (0–1)	1 (0–2)	0,038
mMRC, баллы	2 (1–2)	2 (2–3)	0,007
Одышка по шкале Борга, баллы	3 (1–4)	4,5 (2,5–5,5)	0,42
ТАГ пациент, баллы	49 (45–50)	46 (40,5–49)	0,073
ТАГ врач, баллы	4 (3–4)	3 (3–4)	0,207
Стаж использования ингалятора, мес	11 (2–24)	24 (12–60)	0,009
Частота использования КДБД, мес	30 (6–60)	80 (40–100)	0,001
ФЖЕЛ, л	3,42 (2,51–4,28)	2,58 (2,13–3,04)	0,002
ФЖЕЛ, %долж.	94 (80–104)	75 (57–84)	0,0001
ОФВ ₁ , л	2,4 (1,48–3,14)	1,09 (0,83–1,48)	0,0001
ОФВ ₁ , %долж.	87 (53–93)	42 (25–64)	0,0001
ОФВ ₁ /ФЖЕЛ	69 (55,5–77,2)	44 (37,2–51)	0,0001
КБД, %	7 (4–17,5)	6 (2,5–20,7)	0,915
Евд, л	2,11 (1,78–2,44)	1,83 (1,7–1,97)	0,134
Евд, %долж.	82,5 (62–91)	61 (51–79)	0,069
ООЛ, л	2,98 (2,66–3,38)	3,36 (2,77–4,76)	0,258
ООЛ, %долж.	166 (139–175)	158,5 (110–244)	0,681
ФОЕ, л	3,8 (3,23–4,17)	4,37 (3,6–6,78)	0,237
ФОЕ, %долж.	124 (114–157)	138 (101–190)	0,979
DLco, %долж.	86 (81,5–108)	48 (36–63)	0,0001
SpO ₂ , %	97 (96–97)	94 (93–96)	0,0001
ПИП до объяснения техники ингаляций, л/мин	70 (50–85)	55 (47–65)	0,010
ПИП после объяснения техники ингаляций, л/мин	90 (70–95)	65 (60–75)	0,0001

Примечание. КБД – коэффициент бронходилатации, ФОЕ – функциональная остаточная емкость легких, КДБД – бронходилататор короткого действия.

сти – 38%, хорошая приверженность подтвердилась у 33%, а низкая – у 29%.

В группе пациентов с ХОБЛ чаще отмечался низкий уровень приверженности – 42%, средний – у 37%, а хороший – у 21%. Среди пациентов, использовавших ингалятор с низким сопротивлением, больше всего пациентов имели низкий уровень приверженности – 72%, в остальных группах распределение приверженности оказалось равномерным: по 14% в каждой. При использовании ингаляторов со средненизким сопротивлением хорошая приверженность отмечена у 33%, средняя – у 67%. У пациентов, использовавших ингалятор со средним сопротивлением, в 37% случаев выявлен средний и низкий уровень, а в 26% – хороший уровень приверженности ингаляционной терапии.

Пациенты с БА отличались от пациентов с ХОБЛ более высокими показателями ПИП как до объяснения (70 [50–85] – при БА vs 55 [47–65] л/мин при ХОБЛ; $p=0,010$), так и после объяснения техники ингаляции (90 [70–95] – при БА vs 65 [60–75] л/мин при ХОБЛ; $p=0,0001$). При этом важно

отметить, что после объяснения техники ингаляции как в группе БА, так и среди пациентов с ХОБЛ выявлено достоверное увеличение ПИП ($p<0,0001$). Доля пациентов с субоптимальными показателями ПИП исходно составляла 34% ($n=21$) в группе БА и 63% ($n=19$) – в группе ХОБЛ. После обучения правильной технике ингаляции доля пациентов с субоптимальным ПИП значительно снизилась в обеих группах: 10% ($n=3$) – в группе БА, 23% ($n=7$) – в группе ХОБЛ (рис. 1).

Стоит отметить, что, несмотря на достоверные отличия между пациентами с БА и ХОБЛ по исходной частоте субоптимального ПИП, после обучения технике ингаляций достоверных различий по частоте субоптимального ПИП между группами не выявлено: 6 (10%) при БА vs 7 (23%) при ХОБЛ ($p=0,112$).

В ходе корреляционного анализа обнаружена связь ПИП, измеренного после обучения технике ингаляций, со следующими факторами: возраст ($r=0,41$; $p=0,0001$), масса тела ($r=0,22$; $p=0,031$), показатели функции внешнего дыха-

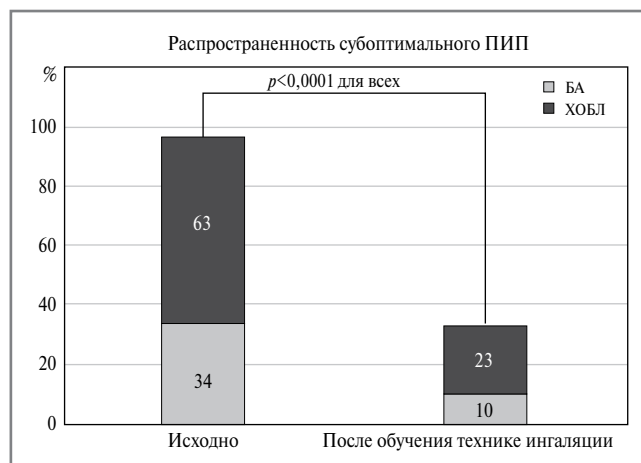


Рис. 1. Распространенность субоптимального ПИП в обеих группах.

Fig. 1. The prevalence of suboptimal peak inspiratory flow (PIF) in both groups.

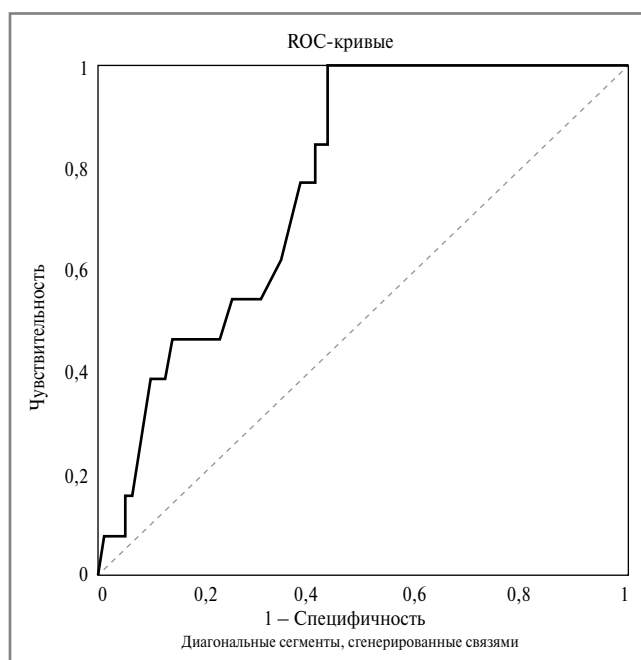


Рис. 2. ROC-кривая: зависимость субоптимального ПИП от возраста пациента.

Fig. 2. ROC curve: The relationship between the suboptimal PIF and the patient's age.

ния – ФЖЕЛ, л ($r=0,51$; $p=0,0001$), ФЖЕЛ, %долж. ($r=0,33$; $p=0,001$), ОФВ₁, л ($r=0,54$; $p=0,0001$), ОФВ₁, %долж. ($r=0,43$; $p=0,0001$), ОФВ₁/ФЖЕЛ ($r=0,42$; $p=0,0001$), Dlco, %долж. ($r=0,48$; $p=0,011$).

При проведении множественного регрессионного анализа выявлено, что наиболее значимыми факторами, определяющими вероятность наличия у пациента субоптимального значения ПИП после объяснения техники ингаляций, стали возраст (отношение шансов – ОШ 1,1, 95% доверительный интервал – ДИ 1,0–1,6; $p=0,014$) и ОФВ₁, %долж. (ОШ 0,965, 95% ДИ 0,935–0,995; $p=0,024$).

В ходе ROC-анализа выявлено, что значимыми предикторами субоптимального ПИП являются возраст стар-

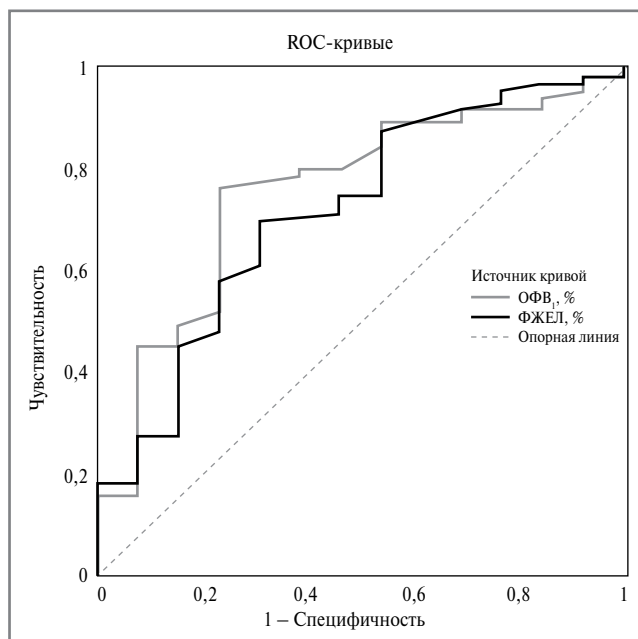


Рис. 3. ROC-кривая: зависимость субоптимального ПИП от ФЖЕЛ%долж. и ОФВ₁%долж.

Fig. 3. ROC curve: The relationship between the suboptimal PIF and the FVC (% of predicted) and the FEV₁ (% of predicted).

ше 60 лет (Se 76,9%, Sp 61,5%, AUC 0,767; $p<0,0001$); **рис. 2**; уровень ОФВ₁<45%долж. (Se 79,5%, Sp 64,2%, AUC 0,751; $p<0,0001$), ФЖЕЛ<70%долж. (Se 83,3%, Sp 46,2%, AUC 0,710; $p=0,007$); **рис. 3**.

При исследовании корреляционных взаимосвязей значений ПИП, измеренного до объяснения техники использования ДПИ, выявлена связь данного показателя с обучением технике ингаляций до включения пациента в исследование ($r=0,24$; $p=0,02$), а также наличием у пациента высшего образования ($r=0,26$; $p=0,013$). Полученные результаты подтвердили и данные регрессионного анализа: отсутствие обучения технике ингаляций пациента в анамнезе существенно снижало (ОШ 0,30, 95% ДИ 0,11–0,85; $p=0,023$), а наличие высшего образования почти в 2,8 раза (ОШ 2,77, 95% ДИ 1,14–6,75; $p=0,024$) увеличивало вероятность наличия у пациента оптимального уровня ПИП на этапе включения в исследование.

Обсуждение

Оптимальный ПИП является ключевым условием эффективного использования ДПИ в лечении как ХОБЛ, так и БА.

В ходе нашего исследования при первичном обследовании у 63% пациентов с ХОБЛ и у 34% пациентов с БА обнаружены субоптимальные значения ПИП.

В крупном исследовании ($n=680$), проведенном W. Meng и соавт. среди пациентов с ХОБЛ и БА, значительная часть (54,9%) продемонстрировали субоптимальные значения ПИП, при этом достоверно чаще субоптимальный ПИП определялся у пациентов с ХОБЛ, чем при БА (38,5% vs 22,1%; $p<0,01$). При этом более низкие значения ПИП зафиксированы у пациентов с ХОБЛ во время обострения по сравнению с пациентами со стабильным течением заболевания (61,7% vs 43,5%; $p<0,001$) [17]. Согласно исследованию S. Pankovitch и соавт. распространенность субопти-

мальных значений ПИП в группе пациентов со стабильной ХОБЛ составила 28% [18], по данным J. Ohar и соавт., доля пациентов с субоптимальным ПИП в группе ХОБЛ составила 52% [13]. При этом, по данным исследования A. González-Montaos и соавт., частота встречаемости субоптимальных значений ПИП у пациентов, поступивших в стационар с обострением ХОБЛ, составила 30,8%, а на фоне лечения обострения доля субоптимального ПИП в группе снизилась до 17% ($p < 0,01$) [19]. Согласно нашим результатам, полученным в ходе недавно опубликованного исследования, доля пациентов с субоптимальным значением ПИП на фоне обострения ХОБЛ составила 52,7%, однако после обучения правильной технике ингаляции снизилась до 19,4% ($p < 0,0001$), при этом при выписке из стационара все же сохранялась на уровне 20,8% [20].

На наш взгляд, особый интерес представляют результаты настоящей работы относительно недостаточного ПИП у пациентов с БА (10% после обучения правильной технике ингаляций), поскольку публикаций по данной проблеме при БА очень ограниченное количество и традиционно субоптимальный ПИП рассматривается исключительно как проблема пациентов с ХОБЛ.

C. Silva и соавт. показали, что у детей и подростков с БА показатели ПИП оказались существенно меньше, чем у здоровых добровольцев [14]. Однако в систематическом обзоре, проведенном S. Kuek и соавт., показано, что большинство детей младшего школьного возраста смогут использовать ДПИ при адекватной тренировке техники ингаляции [21]. В недавно опубликованном исследовании S. Murgaiya и соавт. выявлено, что более 90,6% пациентов демонстрировали неоптимальный ПИП – у 80,7% пациентов обнаружено чрезмерное значение ПИП при использовании ДАИ (>90 л/мин), у 6,2% пациентов – субоптимальное значение ПИП (<60 л/мин), у 3,7% – неоптимальное значение ПИП (<30 л/мин) при использовании ДПИ. При этом большинство пациентов с субоптимальными значениями ПИП имели стабильное течение БА [22]. В ходе исследования, проведенного J. Naughtey и соавт., обнаружено, что 93,7% пациентов с БА достигали адекватного значения ПИП при использовании ингалятора с высоким (R5) сопротивлением. Факторами риска недостижения адекватного ПИП оказались женский пол, старший возраст, использование ДАИ в качестве базисного ингалятора [23]. N. Mohd Rhazi и соавт. выявили, что среди пациентов с БА, использующих ингалятор со средним сопротивлением, 98% удалось достигнуть оптимальных значений ПИП [24].

В клинической практике крайне важно выделять пациентов с недостаточным ПИП, связанным с объективными причинами, и снижением ПИП, обусловленным незнанием пациента техники использования ДПИ. В рамках нашего исследования мы подтвердили достоверное увеличение ПИП после обучения пациентов как в группе БА, так и в группе ХОБЛ и отметили существенное снижение числа пациентов с субоптимальным потоком как в группе ХОБЛ (63% vs 23%), так и в группе БА (34% vs 10%).

В крупном многоцентровом исследовании ($n=1434$) J. Kocks и соавт. у 29% пациентов обнаружены субоптимальные значения ПИП. При этом 16% пациентов идентифицированы как способные генерировать оптимальный ПИП после обучения. Полученные данные свидетельствуют, что при рутинном использовании ДПИ пациенты не прикладывают достаточного инспираторного усилия, что приводит к снижению эффективности доставки лекарственного препарата [25]. В работе W. Azouz и соавт. так-

же показано существенное увеличение значений ПИП после объяснения техники ингаляций у пациентов с БА и ХОБЛ [26].

Ключевыми предикторами субоптимального значения ПИП до объяснения техники ингаляций в рамках нашего исследования являлось наличие у пациента высшего образования и предшествующее обучение технике ингаляций. При этом значение ПИП не зависело от стажа использования ингалятора, стажа заболевания. Полученные результаты подчеркивают высокую актуальность налаживания контакта и обучения пациентов при назначении ингаляционной терапии.

В то же время следует учитывать, что у ряда пациентов с ХОБЛ и БА не удается достичь оптимальных значений ПИП, необходимых для эффективного использования ДПИ, даже после объяснения техники ингаляций. В связи с ограниченными возможностями измерения ПИП в повседневной клинической практике актуальной задачей является выделение предикторов субоптимальных значений ПИП для оптимизации ингаляционной терапии пациентов.

Наиболее значимыми факторами, существенно ограничивающими вероятность достижения у пациента оптимального ПИП, необходимого для эффективного использования ДПИ, явились возраст >60 лет, ФЖЕЛ $<70\%$ долж. и ОФВ₁ $<45\%$ долж.

Во многих исследованиях подтверждается влияние возраста и выраженности функциональных нарушений на уровень ПИП, однако в большинстве из них фигурируют только пациенты с преимущественно тяжелым течением ХОБЛ [27, 28].

Согласно многим исследованиям увеличение возраста ассоциируется с уменьшением ПИП. G. Sharma и соавт. показали, что увеличение возраста у пациентов с ХОБЛ ассоциируется с увеличением вероятности субоптимальных значений ПИП для использования ДПИ (ОШ 1,052; $p=0,0058$) [29]. Согласно исследованию, проведенному N. Ding и соавт., у пациентов с БА и ХОБЛ старший возраст являлся фактором риска развития субоптимальных значений ПИП (ОШ 1,06, 95% ДИ 1,01–1,12; $p=0,030$) [30]. S. Pankovitch и соавт. также подтвердили значимое влияние возраста на уровень ПИП (ОШ 1,09, 95% ДИ 1,04–1,15; $p < 0,001$) [18]. Однако, по данным других исследований, взаимосвязи между возрастом и значением ПИП не выявлено [31, 32].

В мировой литературе широко обсуждается взаимосвязь между функциональными показателями и ПИП. Так, ряд исследований выявил влияние выраженности вентиляционных нарушений, гиперинфляции легких и наличия воздушных ловушек на уровень ПИП. С. Loh и соавт. подтвердили взаимосвязь между ПИП и емкостью вдоха (Евд), %долж. ($r=0,21$, 95% ДИ 0,01–0,40; $p=0,042$), хотя связи с ФЖЕЛ, ОФВ₁ не выявлено [33]. A. Duarte и соавт. открыли, что пациенты с субоптимальным значением ПИП характеризуются более низкими показателями ОФВ₁, остаточной емкости легких, Евд и более высоким уровнем остаточного объема легких (ООЛ)/остаточная емкость легких (ОЕЛ) [34]. D. Mahler и соавт. обнаружили, что ФЖЕЛ %долж. (95% ДИ 5,3–16,2; $p < 0,001$) и Евд %долж. (95% ДИ 2,3–14,4; $p=0,007$) оказались независимыми предикторами субоптимального ПИП у пациентов с ХОБЛ [31]. С. Represas-Represas и соавт. показали, что показатель ФЖЕЛ, л (ОШ 0,961, 95% ДИ 0,933–0,989; $p=0,006$) является предиктором субоптимального ПИП [35]. В другой работе показатель ОФВ₁ стал основным предиктором субоптимального значения ПИП у пациентов с обострением ХОБЛ (ОШ 0,997, 95% ДИ 0,995–0,999; $p=0,04$) [19],

что подтвердили и S. Pankovitch и соавт. – ОФВ₁, л (ОШ 0,09, 95% ДИ 0,03–0,26; $p < 0,001$) [18]. Согласно результатам нашей предыдущей работы у пациентов с обострением ХОБЛ основными предикторами субоптимального ПИП оказались возраст >70 лет, ФЖЕЛ $<73\%$ долж. ОФВ₁ $<35\%$ долж., ООЛ $>194\%$ долж., ООЛ/ОЕЛ $>70\%$ долж., DLco $<36\%$ долж. [20].

Заключение

Таким образом, подбор ингаляционной терапии следует осуществлять в сотрудничестве с пациентом, учитывая целый ряд факторов, включая предикторы достижения оптимального ПИП при использовании ДПИ. При этом следует понимать, что достичь эффективности ингаляционной терапии возможно только с условием правильной техники ингаляций, требующей обучения пациента.

Многие пациенты с бронхобструктивными заболеваниями могут не достигать адекватной силы вдоха, необходимого для эффективного использования ДПИ. При этом недостаточный ПИП может быть обусловлен как неправильной техникой использования ДПИ, так и наличием объективных факторов, ограничивающих инспираторное усилие пациента (возраст, степень выраженности функциональных нарушений). Оценка ПИП может служить объективным критерием правильного использования ДПИ при БА и ХОБЛ, в связи с этим измерение ПИП перед назначением ДПИ может существенно повысить эффективность ингаляционной терапии.

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. Б.Б. Лавгинова – концептуализация, curaция данных, исследование, написание – первоначальный вариант, визуализация; Н.В. Трушенко – концептуализация, методология, управление проектом, формальный анализ, написание – редактирование и рецензирование; Г.В. Неклюдова – методология, формальный анализ, написание – редактирование и рецензирование; О.С. Белкина – curaция данных, написание – первоначальный вариант; С.Н. Авдеев – концептуализация, надзор, управление проектом, написание – редактирование и рецензирование.

Authors' contribution. The authors declare the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria. B.B. Lavginova – conceptualization, data curation, investigation, writing – original draft preparation, visualization; N.V. Trushenko – conceptualization, methodology, project administration, formal analysis, writing – review & editing; G.V. Nekludova – methodology, formal analysis, writing – review & editing; O.S. Belkina – data curation, writing – original draft preparation; S.N. Avdeev – conceptualization, supervision, project administration, writing – review & editing.

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. 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.

Список сокращений

БА – бронхиальная астма
ДАИ – дозированный аэрозольный ингалятор
ДИ – доверительный интервал
ДПИ – дозированный порошковый ингалятор
Евд – емкость вдоха
ООЛ – остаточный объем легких
ОФВ₁ – объем форсированного выдоха за первую секунду
ОШ – отношение шансов

ПИП – пиковый инспираторный поток
ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких
ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких
DLco – диффузионная способность легких
mMRC (modified Medical Research Council) – модифицированный опросник Британского медицинского исследовательского совета
TAI (test of the adherence to inhalers) – тест по оценке приверженности ингаляционной терапии

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Rodriguez-Garcia C, Barreiro E, Muñoz-Gall X, et al. Common errors in inhalation therapy: Impact and solutions. *Clin Respir J*. 2020;14(11):1001-10. DOI:10.1111/crj.13236
- Lannefors L. Inhalation therapy: practical considerations for nebulisation therapy. *Physic TherRev*. 2006;11:21-7. DOI:10.1179/108331906X98976
- Cho-Reyes S, Celli BR, Dembek C, et al. Inhalation Technique Errors with Metered-Dose Inhalers Among Patients with Obstructive Lung Diseases: A Systematic Review and Meta-Analysis of U.S. Studies. *Chronic Obstr Pulm Dis*. 2019;6(3):267-80. DOI:10.15326/jcopdf.6.3.2018.0168.
- Çakmaklı S, Özdemir A, Firat H, Aypak C. An evaluation of the use of inhalers in asthma and chronic obstructive pulmonary disease. *J Taibah Univ Med Sci*. 2023;18(4):860-7. DOI:10.1016/j.jtumed.2023.01.001
- Telko MJ, Hickey AJ. Dry powder inhaler formulation. *Respir Care*. 2005;50(9):1209-27.
- Mohan AR, Wang Q, Dhapare S, et al. Advancements in the Design and Development of Dry Powder Inhalers and Potential Implications for Generic Development. *Pharmaceutics*. 2022;14(11):2495. DOI:10.3390/pharmaceutics14112495
- Mahler DA, Demirel S, Hollander R, et al. High Prevalence of Suboptimal Peak Inspiratory Flow in Hospitalized Patients With COPD: A Real-world Study. *Chronic Obstr Pulm Dis*. 2022;9(3):427-38. DOI:10.15326/jcopdf.2022.0291
- Laube BL, Janssens HM, de Jongh FH, et al.; European Respiratory Society; International Society for Aerosols in Medicine. What the pulmonary specialist should know about the new inhalation therapies. *Eur Respir J*. 2011;37(6):1308-31. DOI:10.1183/09031936.00166410
- Clark AR, Hollingworth AM. The relationship between powder inhaler resistance and peak inspiratory conditions in healthy volunteers – implications for in vitro testing. *J Aerosol Med*. 1993;6(2):99-110. DOI:10.1089/jam.1993.6.99
- Gardent D. General factors influencing drug delivery to the lung. *Respir Med*. 1997;91(Suppl. A):13-6. DOI:10.1016/s0954-6111(97)90099-8
- Sanders MJ. Guiding Inspiratory Flow: Development of the In-Check DIAL G16, a Tool for Improving Inhaler Technique. *Pulm Med*. 2017;1495867. DOI:10.1155/2017/1495867
- Трушенко Н.В., Лавгинова Б.Б., Обухова Н.Е., и др. Роль пикового инспираторного потока в подборе ингаляционной терапии у

- пациентов с хронической обструктивной болезнью легких. *Медицинский Совет*. 2023;(20):84-90 [Trushenko NV, Lavginova BB, Obukhova NE, et al. The role of peak inspiratory flow in the selection of inhalation therapy in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Meditsinskiy Sovet*. 2023;17(20):84-90 (in Russian)]. DOI:10.21518/ms2023-388
13. Ohar JA, Mahler DA, Davis GN, et al. Clinical Burden of Chronic Obstructive Pulmonary Disease in Patients with Suboptimal Peak Inspiratory Flow. *Can Respir J*. 2024;2024:8034923. DOI:10.1155/2024/8034923
 14. Silva CPD, Cordeiro JSA, Britto MCA, et al. Peak inspiratory flow in children and adolescents with asthma using dry powder inhalers: a cross-sectional study. *J Bras Pneumol*. 2021;47(3):e20200473. DOI:10.36416/1806-3756/e20200473
 15. Plaza V, Fernández-Rodríguez C, Melero C, et al. Validation of the 'Test of the Adherence to Inhalers' (TAI) for asthma and COPD patients. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv*. 2016;29(2):142-52. DOI:10.1089/jamp.2015.1212
 16. Stanojevic S, Kaminsky DA, Miller MR, et al. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *Eur Respir J*. 2022;60(1):2101499. DOI:10.1183/13993003.01499-2021
 17. Meng W, Xiong R, Zhao Z, et al. Suboptimal peak inspiratory flow rate: a noticeable risk factor for inhaler concordance in patients with chronic airway diseases. *BMJ Open Respir Res*. 2024;11(1):e001981. DOI:10.1136/bmjresp-2023-001981
 18. Pankovitch S, Frohlich M, AlOthman B, et al. Peak Inspiratory Flow and Inhaler Prescription Strategies in a Specialized COPD Clinical Program: A Real-World Observational Study. *Chest*. 2024;167(3):736-45. DOI:10.1016/j.chest.2024.09.031
 19. González-Montaos A, Pazos-Area L, Represas-Represas C, et al. Suboptimal Peak Inspiratory Flow in Patients Hospitalized for COPD Exacerbation: Prevalence and Predictive Factors. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv*. 2024;37(5):225-31. DOI:10.1089/jamp.2024.0002
 20. Trushenko NV, Lavginova BB, Chikina SY, et al. Predictors of suboptimal peak inspiratory flow in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease in real clinical practice. *Tuberc Respir Dis (Seoul)*. 2025;88(3):516-25. DOI:10.4046/trd.2024.0154
 21. Kuek SL, Wong NX, Dalziel S, et al. Dry-powder inhaler use in primary school-aged children with asthma: a systematic review. *ERJ Open Res*. 2024;10(6):455-2024. DOI:10.1183/23120541.00455-2024
 22. Murugaiya S, Murugesan BSP. Prevalence and Factors Affecting the Optimal and Non-optimal Peak Inspiratory Flow Rate in Stable and Exacerbation Phases of Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Bronchial Asthma in India. *Cureus*. 2024;16(4):e58670. DOI:10.7759/cureus.58670
 23. Haughney J, Lee AJ, McKnight E, et al. Peak Inspiratory Flow Measured at Different Inhaler Resistances in Patients with Asthma. *J Allergy Clin Immunol Pract*. 2022;9(2):890-6. DOI:10.1016/j.jaip.2020.09.026
 24. Mohd Rhazi NA, Muneswarao J, Abdul Aziz F, et al. Can patients achieve sufficient peak inspiratory flow rate (PIFR) with Turbuhaler® during acute exacerbation of asthma? *J Asthma*. 2023;60(8):1608-12. DOI:10.1080/02770903.2023.2169930
 25. Kocks J, Wouters H, Bosnic-Anticevich S, et al. Factors associated with health status and exacerbations in COPD maintenance therapy with dry powder inhalers. *NPJ Prim Care Respir Med*. 2022;32(1):18. DOI:10.1038/s41533-022-00282-y
 26. Azouz W, Chetcuti P, Hosker H, et al. Inhalation characteristics of asthma patients, COPD patients and healthy volunteers with the Spiromax® and Turbuhaler® devices: a randomised, cross-over study. *BMC Pulm Med*. 2015;15:47. DOI:10.1186/s12890-015-0043-x
 27. Malmberg LP, Ryttilä P, Happonen P, Haahtela T. Inspiratory flows through dry powder inhaler in chronic obstructive pulmonary disease: age and gender rather than severity matters. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2010;5:257-62. DOI:10.2147/copd.s11474
 28. Davidson HE, Radlowski P, Han L, et al. Clinical Characterization of Nursing Facility Residents With Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Sr Care Pharm*. 2021;36:248-57. DOI:10.4140/TCP.n.2021.248
 29. Sharma G, Mahler DA, Mayorga VM, et al. Prevalence of Low Peak Inspiratory Flow Rate at Discharge in Patients Hospitalized for COPD Exacerbation. *Chronic Obstr Pulm Dis*. 2017;4(3):217-24. DOI:10.15326/jcopdf.4.3.2017.0183
 30. Ding N, Zhang W, Wang Z, et al. Prevalence and Associated Factors of Suboptimal Daily Peak Inspiratory Flow and Technique Misuse of Dry Powder Inhalers in Outpatients with Stable Chronic Airway Diseases. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2021;16:1913-24. DOI:10.2147/COPD.S311178
 31. Mahler DA, Waterman LA, Gifford AH. Prevalence and COPD phenotype for a suboptimal peak inspiratory flow rate against the simulated resistance of the Diskus® dry powder inhaler. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv*. 2013;26(3):174-9. DOI:10.1089/jamp.2012.0987
 32. Harb HS, Laz NI, Rabea H, Abdelrahim MEA. Prevalence and predictors of suboptimal peak inspiratory flow rate in COPD patients. *Eur J Pharm Sci*. 2020;147:105298. DOI:10.1016/j.ejps.2020.105298
 33. Loh CH, Peters SP, Lovings TM, Ohar JA. Suboptimal inspiratory flow rates are associated with chronic obstructive pulmonary disease and all-cause readmissions. *Ann Am Thorac Soc*. 2017;14(8):1305-11. DOI:10.1513/AnnalsATS.201611-903OC
 34. Duarte AG, Tung L, Zhang W, et al. Spirometry Measurement of Peak Inspiratory Flow Identifies Suboptimal Use of Dry Powder Inhalers in Ambulatory Patients with COPD. *Chronic Obstr Pulm Dis*. 2019;6(3):246-55. DOI:10.15326/jcopdf.6.3.2018.0163
 35. Represas-Represas C, Aballe-Santos L, Fernández-García A, et al. Evaluation of Suboptimal Peak Inspiratory Flow in Patients with Stable COPD. *J Clin Med*. 2020;9(12):3949. DOI:10.3390/jcm9123949

Статья поступила в редакцию / The article received: 04.04.2025