

Роль пикового инспираторного потока в подборе ингаляционной терапии у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких

Н.В. Трушенко^{1,2✉}, trushenko.natalia@yandex.ru, Б.Б. Лавгинова¹, Н.Е. Обухова¹, К.А. Брынза¹, Г.С. Нуралиева^{1,2}, Г.В. Неклюдова^{1,2}, А.И. Авдеева², С.Н. Авдеев^{1,2}

¹ Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет); 119048, Россия, Москва, ул. Доватора, д. 15, стр. 2

² Научно-исследовательский институт пульмонологии; 115682, Россия, Москва, Ореховый бульвар, д. 28

Резюме

В фармакотерапии хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) основополагающую роль играет ингаляционная терапия. Выбор подходящего ингаляционного устройства влияет на частоту ошибок в технике ингаляций, приверженность лечению и общую эффективность терапии. Дозированные порошковые ингаляторы (ДПИ) имеют внутреннее сопротивление устройства, которое необходимо преодолеть пациенту для его активации. Пиковый инспираторный поток (ПИП) представляет собой максимальную скорость воздушного потока, генерируемую пациентом во время вдоха, и измеряется в литрах в минуту. Достаточный ПИП является необходимым условием эффективного использования ДПИ у пациентов с ХОБЛ. Для большинства ДПИ оптимальным считается значение ПИП не менее 60 л/мин, в то время как при ПИП менее 30 л/мин лекарственное средство не сможет достичь нижних дыхательных путей. В то же время клиническая эффективность использования ДПИ при значениях ПИП от 30 до 60 л/мин может быть недостаточной, поэтому необходимо учитывать значение ПИП для подбора базисной терапии ХОБЛ. Принимая во внимание отсутствие портативных флоуметров у врачей, в условиях реальной клинической практики имеет значение выявление факторов риска субоптимального ПИП у пациентов с ХОБЛ. В группу риска по недостаточному значению ПИП для дальнейшего эффективного использования ДПИ входят пациенты с эмфиземой, легочной гиперинфляцией, пожилого возраста, женского пола, с низким ростом, ожирением и наличием сопутствующих заболеваний. В данном обзоре приведены основные сведения о методике измерения ПИП, предикторах субоптимального ПИП, предлагаются рекомендации по выбору ингаляционных устройств для пациентов с ХОБЛ в зависимости от значений ПИП.

Ключевые слова: хроническая обструктивная болезнь легких, ингаляционная терапия, дозированные порошковые ингаляторы, техника ингаляций, дозированные аэрозольные ингаляторы, пиковый инспираторный поток

Для цитирования: Трушенко НВ, Лавгинова ББ, Обухова НЕ, Брынза КА, Нуралиева ГС, Неклюдова ГВ, Авдеева АИ, Авдеев СН. Роль пикового инспираторного потока в подборе ингаляционной терапии у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких. *Медицинский совет.* 2023;17(20):84–90. <https://doi.org/10.21518/ms2023-388>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The role of peak inspiratory flow in the selection of inhalation therapy in patients with chronic obstructive pulmonary disease

Natalia V. Trushenko^{1,2✉}, trushenko.natalia@yandex.ru, Baina B. Lavginova¹, Nataly E. Obukhova¹, Karina A. Brynza¹, Galiya S. Nuralieva^{1,2}, Galina V. Nekludova^{1,2}, Alexandra I. Avdeeva², Sergey N. Avdeev^{1,2}

¹ Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 15, Bldg. 2, Dovatora St., Moscow, 119048, Russia

² Research Institute for Pulmonology; 28, Orekhovy Boulevard, Moscow, 115682, Russia

Abstract

Pharmacotherapy for chronic obstructive pulmonary disease (COPD) primarily relies on inhalation therapy. The choice of an appropriate inhalation device is of particular importance as it impacts the frequency of device use errors, patient adherence to treatment, and overall treatment effectiveness. Peak inspiratory flow (PIF) represents the maximum air flow rate generated by a patient during inhalation and is measured in liters per minute. Dry powder inhalers (DPIs) possess internal device resistance that patients must overcome to activate the device. Measuring PIF is an integral component of optimizing COPD therapy when utilizing dry powder inhalers (DPIs). For most DPIs, an optimal PIF value is considered to be no less than 60 L/min, while with a PIF of less than 30 L/min, the medication can't reach the lower airways. At the same time, the clinical effectiveness of the use of DPI at values of PIF from 30 L/min to 60 L/min may be insufficient, therefore, it is necessary to take into account the value of PIF for the selection of basic COPD therapy. Given the lack of portable fluometers among doctors in real clinical practice, it is important to identify risk factors for suboptimal PIF in patients with COPD. Patients with emphysema,

pulmonary hyperinflation, elderly, female, short height, obesity and comorbidity are at risk for insufficient PIF value for further effective use of DPI. This review provides essential information about the role of inspiratory flow for the effective use of DPIs, presents methods for its measurement, discusses predictors of suboptimal PIF, and offers recommendations for selecting inhalation devices for COPD patients based on PIF values.

Keywords: chronic obstructive pulmonary disease, inhalation therapy, dry powder inhalers, metered-dose inhaler, respimat inhaler, peak inspiratory flow

For citation: Trushenko NV, Lavginova BB, Obukhova NE, Brynza KA, Nuralieva GS, Nekludova GV, Avdeeva AI, Avdeev SN. The role of peak inspiratory flow in the selection of inhalation therapy in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Meditinskiy Sovet.* 2023;17(20):84–90. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/ms2023-388>.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Основой лечения хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) является ингаляционная терапия, включающая бронходилататоры различных классов и глюкокортикоиды в различных комбинациях. Ингаляционная терапия ХОБЛ осуществляется с использованием следующих средств доставки:

- дозированные аэрозольные ингаляторы (ДАИ);
- жидкостный аэрозольный ингалятор (Респимат®);
- дозированные порошковые ингаляторы (ДПИ);
- небулайзеры.

При этом выбор ингаляционного устройства существенно влияет на приверженность пациента и эффективность терапии [1].

Ошибки в технике ингаляций встречаются более чем у половины пациентов с ХОБЛ [2] и широко распространены при использовании разных средств доставки. При использовании ДАИ распространенность критических ошибок составляет 45,6% (95% доверительный интервал (ДИ) 26,0–66,6%), при использовании ДПИ данные по ошибкам в использовании ингаляторов более гетерогенны и зависят от типа ДПИ, достигая 14,2–42,4% [3]. При этом неправильная техника ингаляций ассоциируется с почти двукратным увеличением риска обострений, госпитализаций и увеличением потребности в приеме пероральных глюкокортикоидов и системных антибиотиков у пациентов с ХОБЛ [2, 4].

Из доступных систем доставки ДПИ отличаются тем, что они характеризуются определенным внутренним сопротивлением, приводятся в действие вдохом пациента и зависят от воздушного потока. Анализ ошибок в технике ингаляций при использовании ДПИ показал, что такая ошибка, как недостаточное усилие при вдохе, ассоциировалась с более выраженными клиническими симптомами и увеличением риска обострений ХОБЛ [5].

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 [6]. Турбулентная энергия потока дезагрегирует порошок, и частицы лекарственного препарата достигают нижних дыхательных путей.

Разные типы ДПИ отличаются по величине внутреннего сопротивления, зависящей от конструкции самого

устройства [7]. Чем выше внутреннее сопротивление ДПИ, тем ниже пороговое значение ПИП, необходимого для дезагрегации порошка [8]. При этом при более высоких показателях ПИП увеличивается количество лекарственного средства, достигающего нижних дыхательных путей [9, 10].

Настоящий обзор посвящен роли показателей ПИП в эффективном использовании ДПИ, методам его измерения, предикторам снижения и оптимизации подбора ингаляционных устройств у пациентов с ХОБЛ.

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ПИКОВОГО ИНСПИРАТОРНОГО ПОТОКА

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 [11, 12].

Для большинства ДПИ значение ПИП не менее 60 л/мин считается оптимальным для адекватной легочной депозиции препарата, в то время как ПИП менее 30 л/мин не позволяет лекарственному препарату достичь нижних отделов респираторного тракта [13–16]. При этом клиническая эффективность ДПИ при значении ПИП от 30 до 60 л/мин может быть недостаточна [6, 17, 18].

Так, для пациентов с ПИП 15–30 л/мин рекомендуется жидкостный ингалятор Респимат®, при значении ПИП 30–60 л/мин – ДАИ. Для большинства ДПИ оптимальный ПИП составляет более 60 л/мин, но некоторые виды ДПИ позволяют эффективно использовать препарат и пациентам с более низкими значениями ПИП – от 30 л/мин (таблица). Пациентам с любым значением ПИП подходит использование небулайзера, особенно актуально использование такого способа доставки при обострении ХОБЛ, поскольку для ингаляции не нужно прикладывать каких-либо усилий и синхронизировать свое дыхание с работой устройства.

Критерии оптимальных значений ПИП зависят от типа ДПИ. Так, обычно для ДПИ с низким и средним сопротивлением оптимальным считается 60 л/мин, для приборов с высоким сопротивлением – 30 л/мин [13, 14]. Например, при использовании ингалятора со средневысоким

● **Таблица.** Рекомендации по оптимизации инспираторного маневра при использовании различных устройств доставки ингаляционных препаратов

● **Table.** Guidelines for optimizing inspiratory manoeuvre when using various inhaled drug delivery devices

Тип ингалятора	Рекомендации по инспираторному маневру	Оптимальные значения ПИП
ДАИ	Медленно и глубоко	30–60 л/мин
Жидкостной ингалятор (soft-mist)	Медленно и глубоко	15–30 л/мин
ДПИ	Резко и быстро	Низкое и среднее сопротивление ингалятора, ПИП более 60 л/мин
		Высокое сопротивление ингалятора, ПИП более 30 л/мин
Небулайзер	Нормальное физиологическое дыхание	–

Примечание. ПИП – пиковый инспираторный поток; ДАИ – дозированный аэрозольный ингалятор; ДПИ – дозированный порошковый ингалятор.

сопротивлением Турбухалер® у пациентов с ПИП 60 л/мин высвобожденная доза будесонида составила 64%, а у пациентов с ПИП 30 л/мин – 38% [19]. В одном из исследований было отобрано 10 здоровых добровольцев, которым вводился меченный радиоактивным изотопом будесонид через Турбухалер®. Депонирование препарата увеличилось с 15 до 28% при увеличении ПИП с 36 до 58 л/мин [20]. При использовании другого ингалятора с высоким сопротивлением – Хандихалер® – при ПИП 20 л/мин нижних дыхательных путей достигает 16,3%, а при ПИП 40 л/мин – 23,4%. У устройства Дискус® с низким сопротивлением доступность флутиказона увеличилась с 16% при ПИП 28,3 л/мин до 21% при ПИП 60 л/мин [21].

Непосредственное измерение ПИП чаще всего проводится с помощью портативных инспираторных флоуметров. Наиболее широко используется In-check DIAL®. Данный прибор имеет шкалу измерения скорости вдоха, односторонний мундштук с клапаном и регулируемый циферблат, который позволяет имитировать внутреннее сопротивление ДПИ [22]. In-check DIAL® измеряет ПИП от 15 до 120 л/мин [23]. Производитель заявляет, что его точность составляет ±10%, или 10 л/мин [22]. В 2016 г. была обновлена шкала In-check DIAL G16®, которая на текущий момент позволяет оценивать ПИП на пяти разных уровнях сопротивления, соответствующих определенному типу ингаляторов (рисунок)¹.

Перед использованием In-check DIAL® врач устанавливает внутреннее сопротивление флоуметра, соответствующее сопротивлению ДПИ, которым пользуется пациент. У пациентов, использующих другие системы ингаляторов или не использующих их, сопротивление In-check DIAL® устанавливается в значениях, соответствующих низко- (R2) и высокорезистентным (R5) ДПИ. Исследуемому предлагают максимально выдохнуть, после

чего сильно и быстро вдохнуть из инспираторного флоуметра, имитируя использование ДПИ. Рекомендуется провести измерение ПИП три раза и выбрать максимальное значение.

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ И ФАКТОРЫ РИСКА СУБОПТИМАЛЬНОГО ПИКОВОГО ИНСПИРАТОРНОГО ПОТОКА

Данные о распространенности субоптимального ПИП (менее 60 л/мин) при ХОБЛ находятся в широком диапазоне, что, вероятно, является результатом различий в исходных характеристиках пациентов и методах тестирования. По данным разных авторов, у 19–78% пациентов с ХОБЛ определяется субоптимальный ПИП [15, 23–25]. Одной из причин такой гетерогенности результатов является исследование ПИП на разных уровнях сопротивления в приборе In-check Dial G16®. Так, D.A. Mahler et al. показали, что ПИП менее 60 л/мин был выявлен у 36% пациентов с ХОБЛ на уровне сопротивления ингалятора Дискус® и у 78% – ингалятора Турбухалер® [23].

D.A. Mahler et al. проанализировали 474 пациента, включая 184 – с субоптимальным ПИП и 219 – с оптимальным. Пациенты с субоптимальными значениями ПИП имели более короткий период до обострения ХОБЛ, чем пациенты с оптимальным ПИП (3,8 ± 2,7 против 4,9 ± 3,0 мес., P = 0,048). Уровень смертности через 12 мес. у пациентов с субоптимальным ПИП был выше, но статистически не значимым (6,5 против 2,8%, P = 0,073) [26]. A. Samarghandi et al. сообщили об увеличении частоты повторной госпитализации через 30 дней (11/42 против 5/33 пациентов, отношение шансов (ОШ) 0,36 (0,06–2,3), p = 0,2) и 90 дней (17/42 против 11/33, ОШ 0,71 (0,20–2,5, p = 0,6) у 42 пациентов с неоптимальным ПИП по сравнению с пациентами с оптимальным [27].

Существенное влияние на уровень ПИП оказывают и обострения ХОБЛ. Так, C.H. Loh et al. выявили, что у 47% пациентов, госпитализированных по поводу обострения ХОБЛ, ПИП перед выпиской составил менее 60 л/мин [25]. G. Sharma et al. показали, что за день до выписки у 85 из 268 пациентов (32%), поступивших

● **Рисунок.** Устройство флоуметра для измерения пикового инспираторного потока In-check Dial G16®

● **Figure.** Design of In-check Dial G16® peak inspiratory flow meter



¹ Updating In-check DIAL 2016. Available at: https://alliancetechnical.com/wp-content/uploads/2021/12/G16_Dial_info.pdf.

в больницу с обострением ХОБЛ, был выявлен субоптимальный уровень ПИП [24].

Ключевое значение для реальной клинической практики имеет выявление факторов риска субоптимального потока у пациентов с ХОБЛ, особенно учитывая отсутствие у многих клиницистов портативного флоуметра для измерения ПИП. Рассмотрим основные предикторы субоптимального ПИП у пациентов с ХОБЛ, известные на сегодняшний день.

1. Возраст. Во многих исследованиях подтверждается обратная связь между возрастом и уровнем ПИП, т. е. увеличение возраста ассоциируется с уменьшением ПИП [15, 23–25, 27–34].
2. Пол. Многие исследования подтверждают, что у лиц женского пола уровень ПИП ниже [23, 24, 28, 31, 34–38]. Возможным объяснением служит то, что у женщин показатели функции легких, включая давление во рту при вдохе, ниже, чем у мужчин [39].
3. Рост и масса тела. Некоторые работы выявили прямую связь между показателем роста и ПИП, т. е. чем ниже рост, тем ниже ПИП [15, 23, 28, 31, 33, 35, 36, 38]. Отдельные исследователи выявили также связь между индексом массы тела с ПИП [28, 40], хотя во многих других работах такая взаимосвязь не подтвердилась [15, 23, 25, 31–33, 35–37, 41].
4. Сопутствующие заболевания. Ряд исследований свидетельствуют о влиянии некоторых коморбидных заболеваний (бронхиальная астма, анемия, пневмония, ишемическая болезнь сердца) на показатель ПИП у пациентов с ХОБЛ [27, 31].
5. Функциональные показатели. Наиболее часто в опубликованных работах приводились данные о взаимосвязи ПИП и объемом форсированного выдоха за 1 сек (ОФВ₁), согласно которым у пациентов с более тяжелой степенью бронхиальной обструкции показатели ПИП были достоверно ниже [24, 28, 29, 31–33, 37, 42]. Например, H.S. Harb et al. показали, что пациенты с ХОБЛ с субоптимальным ПИП отличались значительно более низкими показателями ОФВ₁ (1,15 против 1,34 л; $p = 0,006$), пиковой скорости выдоха (1,65 против 1,87 л/сек; $p = 0,036$), МОС₂₅ (1,21 против 1,47 л/сек, $p = 0,007$), МОС₅₀ (0,70 против 0,92 л/сек, $p = 0,001$), МОС₇₅ (0,40 против 0,49 л/сек, $p = 0,040$), МОС_{25–75} (0,66 против 0,85 л/сек, $p = 0,009$) по сравнению с пациентами с ПИП более 60 л/мин [36].

Многие исследования выявили связь между гиперинфляцией легких, формированием воздушных ловушек и ПИП. Так, показано, что по мере снижения емкости вдоха (Евд) снижается и ПИП [43, 44], а увеличение остаточного объема (ООЛ) по отношению общей емкости легких (ОЕЛ) также ассоциируется со снижением ПИП [43]. Ряд исследователей продемонстрировали связь между показателями жизненной емкости легких (ЖЕЛ) [44], ОЕЛ и ПИП [43, 45]. Данных относительно взаимосвязи форсированной ЖЕЛ (ФЖЕЛ) и ПИП опубликовано немного, однако большинство публикаций свидетельствуют об обратной корреляции между ФЖЕЛ и ПИП [15, 29, 43]. D. Prime et al. продемонстрировали обратную взаимосвязь между ПИП и диффузионной способностью легких (DLco) [45].

Однако данные относительно взаимосвязи ПИП и показателей функции дыхания часто носят противоречивый характер. Так, W. Janssens et al. обнаружили взаимосвязь показателя ПИП с возрастом ($r = -0,50$), ФЖЕЛ ($r = 0,46$), максимальным давлением на вдохе ($r = 0,42$) и максимальным давлением на выдохе ($r = 0,50$). Однако при этом не подтвердили наличие связи между значением ПИП и ОФВ₁/ФЖЕЛ, ОФВ₁ [15]. В то же время A.G. Duarte et al. показали, что пациенты с ХОБЛ с субоптимальным значением ПИП характеризуются более низкими показателями ОФВ₁ ($49,5 \pm 20,7$ против $55,3 \pm 19,0\%$; $p < 0,01$); ОЕЛ ($95,5 \pm 14,7$ против $97,8 \pm 15,6\%$; $p < 0,01$); IC ($70,7 \pm 19,8$ против $83,2 \pm 21,5\%$; $p < 0,01$) и более высоким уровнем ООЛ/ОЕЛ ($52,4 \pm 11,6$ против $46,7 \pm 10,9\%$; $p < 0,05$) по сравнению с пациентами с оптимальными значениями ПИП [43]. А в работе С.Н. Loh et al. среди функциональных показателей с ПИП коррелировала только Евд, % от долж. ($r = 0,21$; 95% ДИ 0,01–0,40; $P = 0,042$), связи с ФЖЕЛ и ОФВ₁ выявлено не было [25]. Такие противоречия в отношении взаимосвязи ПИП и основных параметров спирометрии, включая ОФВ₁, могут отражать тот факт, что, помимо бронхиальной обструкции, на данный показатель влияние также оказывают и другие патогенетические факторы: слабость дыхательных мышц, наличие воздушных ловушек, легочной гиперинфляции [35].

Используя множественный регрессионный анализ, D.A. Mahler et al. обнаружили, что возраст, пол, рост ($p < 0,001$; 95% ДИ 3,6–9,6), ФЖЕЛ, % долж. ($p < 0,001$; 95% ДИ 5,3–16,2) и Евд, % долж. ($p = 0,007$; 95% ДИ 2,3–14,4), были независимыми предикторами субоптимального ПИП у пациентов с ХОБЛ [23]. С. Represas-Represas et al. подтвердили в качестве предикторов субоптимального ПИП такие факторы, как возраст (ОШ 1,072; 95% ДИ 1,019–1,128; $p = 0,007$) и ФЖЕЛ, л (ОШ 0,961; 95% ДИ 0,933–0,989; $p = 0,006$) [32]. А работа H.S. Harb et al. показала, что единственным значимым предиктором субоптимального ПИП был пол пациентов (ОШ 0,278; $p = 0,006$), в то время как другие общие показатели (возраст, рост, масса тела, индекс массы тела) и функциональные параметры не показали своей значимости [36].

КЛИНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПИКОВОГО ИНСПИРАТОРНОГО ПОТОКА

Результаты многих исследований свидетельствуют о взаимосвязи ПИП с тяжестью заболевания и интенсивностью симптомов при ХОБЛ [14, 17, 30, 34, 36, 38, 45–47]. У пациентов с легкой, среднетяжелой и тяжелой ХОБЛ значения ПИП были достоверно выше, чем у пациентов с очень тяжелой ХОБЛ [35]. У пациентов с субоптимальным ПИП среднее число обострений за год было достоверно выше, чем у пациентов с оптимальным ПИП ($1,56 \pm 1,3$ против $1,06 \pm 1,3$; $p = 0,06$) [32]. Отдельные авторы подтвердили взаимосвязь между клиническими симптомами ХОБЛ, оцениваемыми по шкале САТ (COPD Assessment Test™), и уровнем ПИП [25, 36].

В исследовании С.Н. Loh et al. показано, что что пациенты с субоптимальным ПИП отличались более высокой оценкой по опроснику САТ ($29,1 \pm 5,9$ против $25,3 \pm 8,7$; $P = 0,0073$), частоте госпитализаций из-за ХОБЛ в течение 90 дней ($28,1$ против $13,6\%$; $P = 0,048$), а также меньшим средним числом дней до обострения ХОБЛ ($63,5$ ($21,0-89,8$) против 144 ($66,0-218,0$); $p = 0,002$) и до повторной госпитализации ($65,5$ ($24,3-107,3$) против 101 ($54,5-205,5$), $p = 0,009$). Кроме того, показано, что пациенты с ХОБЛ с субоптимальным ПИП, получавшие терапию через ДПИ, характеризовались более частыми обострениями, чем пациенты, использовавшие в качестве устройства доставки небулайзер [25].

D.A. Mahler et al. продемонстрировали, что у пациентов с ХОБЛ с ПИП менее 60 л/мин ингаляция бронходилататора через небулайзер была достоверно более эффективной, чем через ДПИ: увеличение ФЖЕЛ (+14% против +8%; $p = 0,02$) и Евд (+13% против +8%; $p = 0,05$) [23]. Другая работа также подтвердила большую эффективность бронходилататора при использовании через небулайзер по сравнению с ДПИ среди пациентов с ХОБЛ и субоптимальным ПИП, особенно при тяжелом течении заболевания [48].

С.Н. Loh et al. рекомендуют измерять ПИП как у амбулаторных пациентов, так и у пациентов, находящихся в стационаре, для того, чтобы оценить необходимость смены ДПИ на другие ингаляционные устройства

и повысить эффективность ингаляционной терапии [25]. Важно отметить, что обучение пациентов правильной технике ингаляций ассоциируется с увеличением ПИП [14, 17, 49–51]. Положительное влияние на уровень ПИП оказывают и методы физической реабилитации, тренировки инспираторных дыхательных мышц [52].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Персонализированный подбор устройства доставки для ингаляционной терапии требует оценки когнитивных функций пациента, тяжести заболевания, частоты обострений, коморбидных заболеваний, ловкости рук, силы кистей, ряда социально-экономических факторов [53]. При этом в случае использования ДПИ одним из условий эффективности проводимой терапии являются оптимальные значения ПИП пациента. В связи с этим крайне важно выявлять предикторы субоптимальных значений ПИП. В группе риска по недостаточному для эффективного использования ДПИ значению ПИП находятся пациенты с тяжелым течением и (или) обострением ХОБЛ, с эмфизематозным типом, легочной гиперинфляцией, старшего возраста, женского пола, с низким ростом, ожирением, а также отягощенным коморбидным фоном. 

Поступила / Received 25.09.2023

Поступила после рецензирования / Revised 08.10.2023

Принята в печать / Accepted 15.10.2023

Список литературы / References

- Dolovich MB, Dhand R. Aerosol drug delivery: developments in device design and clinical use. *Lancet*. 2011;377(9770):1032–1045. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)60926-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)60926-9).
- Molimard M, Raheison C, Lignot S, Balestra A, Lamarque S, Chartier A et al. Chronic obstructive pulmonary disease exacerbation and inhaler device handling: real-life assessment of 2935 patients. *Eur Respir J*. 2017;49(2):1601794. <https://doi.org/10.1183/15326003.01794-2016>.
- Chrystyn H, Niederlaender C. The Genuair® inhaler: a novel, multidose dry powder inhaler. *Int J Clin Pract*. 2012;66(3):309–317. <https://doi.org/10.1111/j.1742-1241.2011.02832.x>.
- Cho-Reyes S, Celli BR, Dembek C, Yeh K, Navaie M. 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):267–280. <https://doi.org/10.15326/jcopdf.6.3.2018.0168>.
- Kocks J, Bosnic-Anticevich S, van Cooten J, Correia de Sousa J, Cvetkovski B, Dekhuijzen R et al. Identifying critical inhalation technique errors in Dry Powder Inhaler use in patients with COPD based on the association with health status and exacerbations: findings from the multi-country cross-sectional observational PIFotal study. *BMC Pulm Med*. 2023;23(1):302. <https://doi.org/10.1186/s12890-023-02566-6>.
- Laube BL, Janssens HM, de Jongh FH, Devadason SG, Dhand R, Diot P et al. What the pulmonary specialist should know about the new inhalation therapies. *Eur Respir J*. 2011;37(6):1308–1331. <https://doi.org/10.1183/09031936.00166410>.
- Dal Negro RW. Dry powder inhalers and the right things to remember: a concept review. *Multidiscip Respir Med*. 2015;10(1):13. <https://doi.org/10.1186/s40248-015-0012-5>.
- Dhand R. Inhaled Drug Therapy 2016: The Year in Review. *Respir Care*. 2017;62(7):978–996. <https://doi.org/10.4187/respcare.05624>.
- Pauwels R, Newman S, Borgström L. Airway deposition and airway effects of antiasthma drugs delivered from metered-dose inhalers. *Eur Respir J*. 1997;10(9):2127–2138. <https://doi.org/10.1183/09031936.97.10092127>.
- Lavorini F, Pistolesi M, Usmani OS. Erratum to: Recent advances in capsule-based dry powder inhaler technology. *Multidiscip Respir Med*. 2017;12:19. <https://doi.org/10.1186/s40248-017-0100-9>.
- 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. <https://doi.org/10.1089/jam.1993.6.99>.
- Ganderton D. General factors influencing drug delivery to the lung. *Respir Med*. 1997;91(Suppl. A):13–16. [https://doi.org/10.1016/S0954-6111\(97\)90099-8](https://doi.org/10.1016/S0954-6111(97)90099-8).
- Atkins PJ. Dry powder inhalers: an overview. *Respir Care*. 2005;50(10):1304–1312. Available at: <https://rc.rcjournal.com/content/50/10/1304.short>.
- Al-Showair RA, Tarsin WY, Assi KH, Pearson SB, Chrystyn H. Can all patients with COPD use the correct inhalation flow with all inhalers and does training help? *Respir Med*. 2007;101(11):2395–2401. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2007.06.008>.
- Janssens W, VandenBrande P, Hardeman E, De Langhe E, Philips T, Troosters T, Decramer M. Inspiratory flow rates at different levels of resistance in elderly COPD patients. *Eur Respir J*. 2008;31(1):78–83. <https://doi.org/10.1183/09031936.00024807>.
- Payne N, Beard S, Brucklebank D, Ram F, Wright J, Taylor R. *Clinical and Cost Effectiveness of Inhaler Devices for Children with Chronic Asthma*. The National Institute for Clinical Excellence; 2000. 49 p. Available at: <https://www.nice.org.uk/guidance/ta10/documents/hta-report-for-inhalers-for-under-5s-with-asthma2>.
- Broeders ME, Molema J, Vermue NA, Folgering HT. In Check Dial: accuracy for Diskus and Turbuhaler. *Int J Pharm*. 2003;252(1-2):275–280. [https://doi.org/10.1016/S0378-5173\(02\)00650-6](https://doi.org/10.1016/S0378-5173(02)00650-6).
- Chrystyn H. Is inhalation rate important for a dry powder inhaler? Using the In-Check Dial to identify these rates. *Respir Med*. 2003;97(2):181–187. <https://doi.org/10.1053/rmed.2003.1351>.
- Tarsin W, Assi KH, Chrystyn H. In-vitro intra- and inter-inhaler flow rate-dependent dosage emission from a combination of budesonide and eformoterol in a dry powder inhaler. *J Aerosol Med*. 2004;17(1):25–32. <https://doi.org/10.1089/089426804322994433>.
- Borgström L, Bondesson E, Morén F, Trofast E, Newman SP. Lung deposition of budesonide inhaled via Turbuhaler: a comparison with terbutaline sulphate in normal subjects. *Eur Respir J*. 1994;7(1):69–73. <https://doi.org/10.1183/09031936.94.07010069>.
- Hill LS, Slater AL. A comparison of the performance of two modern multi-dose dry powder asthma inhalers. *Respir Med*. 1998;92(1):105–110. [https://doi.org/10.1016/S0954-6111\(98\)90040-3](https://doi.org/10.1016/S0954-6111(98)90040-3).

22. Sanders MJ. Guiding Inspiratory Flow: Development of the In-Check DIAL G16, a Tool for Improving Inhaler Technique. *Pulm Med*. 2017;1495867. <https://doi.org/10.1155/2017/1495867>.
23. 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):174–179. <https://doi.org/10.1089/jamp.2012.0987>.
24. Sharma G, Mahler DA, Mayorga VM, Deering KL, Harshaw O, Ganapathy V. Prevalence of Low Peak Inspiratory Flow Rate at Discharge in Patients Hospitalized for COPD Exacerbation. *Chronic Obstr Pulm Dis*. 2017;4(3):217–224. <https://doi.org/10.15326/jcopdf.4.3.2017.0183>.
25. 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):1305–1311. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201611-903OC>.
26. Mahler DA, Niu X, Deering KL, Dembek C. Prospective Evaluation of Exacerbations Associated with Suboptimal Peak Inspiratory Flow Among Stable Outpatients with COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2022;17:559–568. <https://doi.org/10.2147/COPD.S353441>.
27. Samarghandi A, Ioachimescu OC, Qayyum R. Association between peak inspiratory flow rate and hand grip muscle strength in hospitalized patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *PLoS ONE*. 2020;15(1):e0227737. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227737>.
28. Malmberg LP, Ryttilä P, Happonen P, Haaheta T. Inspiratory flows through dry powder inhaler in chronic obstructive pulmonary disease: age and gender rather than severity matters. *Int J Chron Obstruct Pulm Dis*. 2010;5:257–262. <https://doi.org/10.2147/copd.s11474>.
29. Chen SY, Huang CK, Peng HC, Yu CJ, Chien JY. Inappropriate Peak Inspiratory Flow Rate with Dry Powder Inhaler in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Sci Rep*. 2020;10(1):7271. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64235-6>.
30. Jarvis S, Ind PW, Shiner RJ. Inhaled therapy in elderly COPD patients; time for re-evaluation? *Age Ageing*. 2007;36(2):213–218. <https://doi.org/10.1093/ageing/af1174>.
31. Davidson HE, Radlowski P, Han L, Shireman TI, Dembek C, Niu X, Gravenstein S. Clinical Characterization of Nursing Facility Residents With Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Sr Care Pharm*. 2021;36(5):248–257. <https://doi.org/10.4140/TCP.n.2021.248>.
32. Represas-Represas C, Aballe-Santos L, Fernández-García A, Priegue-Carrera A, López-Campos JL, González-Montaño A et al. Evaluation of Suboptimal Peak Inspiratory Flow in Patients with Stable COPD. *J Clin Med*. 2020;9(12):3949. <https://doi.org/10.3390/jcm9123949>.
33. Malmberg LP, Pelkonen AS, Vartiainen V, Vahteristo M, Lähelmä S, Jögi R. Patients with asthma or chronic obstructive pulmonary disease (COPD) can generate sufficient inspiratory flows via Easyhaler® dry powder inhaler: a pooled analysis of two randomized controlled trials. *J Thorac Dis*. 2021;13(2):621–631. <https://doi.org/10.21037/jtd-20-2112>.
34. Altman P, Wehbe L, Dederichs J, Guerin T, Ament B, Moronta MC et al. Comparison of peak inspiratory flow rate via the Breezhaler®, Ellipta® and HandiHaler® dry powder inhalers in patients with moderate to very severe COPD: a randomized cross-over trial. *BMC Pulm Med*. 2018;18(1):100. <https://doi.org/10.1186/s12890-018-0662-0>.
35. Ghosh S, Pleasants RA, Ohar JA, Donohue JF, Drummond MB. Prevalence and factors associated with suboptimal peak inspiratory flow rates in COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2019;14:585–595. <https://doi.org/10.2147/COPD.S195438>.
36. 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. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2020.105298>.
37. Farkas Á, Szipócs A, Horváth A, Horváth I, Gálffy G, Varga J et al. Establishment of relationships between native and inhalation device specific spirometric parameters as a step towards patient tailored inhalation device selection. *Respir Med*. 2019;154:133–140. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2019.06.021>.
38. Weiner P, Weiner M. Inspiratory muscle training may increase peak inspiratory flow in chronic obstructive pulmonary disease. *Respiration*. 2006;73(2):151–156. <https://doi.org/10.1159/000088095>.
39. Enright PL, Kronmal RA, Manolio TA, Schenker MB, Hyatt RE. Respiratory muscle strength in the elderly. Correlates and reference values. Cardiovascular Health Study Research Group. *Am J Respir Crit Care Med*. 1994;149(2):430–438. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.149.2.8306041>.
40. Chua JR, Albay AB Jr, Tee ML. Body Composition of Filipino Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) Patients in Relation to Their Lung Function, Exercise Capacity and Quality of Life. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2019;14:2759–2765. <https://doi.org/10.2147/COPD.S222809>.
41. Papaioannou AI, Herodotou Y, Tomos I, Apollonatos V, Vrykokou G, Papanthanasou E et al. Ability of using different dry powder inhalers during COPD exacerbations. *Pulm Pharmacol Ther*. 2018;48:211–216. <https://doi.org/10.1016/j.pupt.2017.12.007>.
42. Tsiligianni I, Kocks JWH. Daytime symptoms of chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. *NPJ Prim Care Respir Med*. 2020;30(1):6. <https://doi.org/10.1038/s41533-020-0163-5>.
43. Duarte AG, Tung L, Zhang W, Hsu ES, Kuo YF, Sharma G. 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):246–255. <https://doi.org/10.15326/jcopdf.6.3.2018.0163>.
44. Terzano C, Oriolo F. Lung characteristics in elderly males and females patients with COPD: differences and optimal use of dry powder inhalers (DPIs). *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2017;21(11):2708–2716. Available at: <https://www.europeanreview.org/article/12891>.
45. Prime D, de Backer W, Hamilton M, Cahn A, Preece A, Kelleher D et al. Effect of Disease Severity in Asthma and Chronic Obstructive Pulmonary Disease on Inhaler-Specific Inhalation Profiles Through the ELLIPTA® Dry Powder Inhaler. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv*. 2015;28(6):486–497. <https://doi.org/10.1089/jamp.2015.1224>.
46. Magnussen H, Watz H, Zimmermann I, Macht S, Greguletz R, Falques M et al. Peak inspiratory flow through the Genuair inhaler in patients with moderate or severe COPD. *Respir Med*. 2009;103(12):1832–1837. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2009.07.006>.
47. Chodosh S, Flanders JS, Kesten S, Serby CW, Hochrainer D, Witek TJ Jr. Effective delivery of particles with the HandiHaler dry powder inhalation system over a range of chronic obstructive pulmonary disease severity. *J Aerosol Med*. 2001;14(3):309–315. <https://doi.org/10.1089/089426801316970268>.
48. Mahler DA, Ohar JA, Barnes CN, Moran EJ, Pendyala S, Crater GD. Nebulized Versus Dry Powder Long-Acting Muscarinic Antagonist Bronchodilators in Patients With COPD and Suboptimal Peak Inspiratory Flow Rate. *Chronic Obstr Pulm Dis*. 2019;6(4):321–331. <https://doi.org/10.15326/jcopdf.6.4.2019.0137>.
49. Azouz W, Chetcuti P, Hosker H, Saralaya D, Chrystyn H. 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. <https://doi.org/10.1186/s12890-015-0043-x>.
50. Canonica GW, Arp J, Keegstra JR, Chrystyn H. Spiromax, a New Dry Powder Inhaler: Dose Consistency under Simulated Real-World Conditions. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv*. 2015;28(5):309–319. <https://doi.org/10.1089/jamp.2015.1216>.
51. Nsour WM, Alldred A, Corrado J, Chrystyn H. Measurement of peak inhalation rates with an in-check meter to identify an elderly patient's ability to use a turbuhaler. *Respir Med*. 2001;95(12):965–968. <https://doi.org/10.1053/rmed.2001.1190>.
52. Tout R, Tayara L, Halimi M. The effects of respiratory muscle training on improvement of the internal and external thoraco-pulmonary respiratory mechanism in COPD patients. *Ann Phys Rehabil Med*. 2013;56(3):193–211. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2013.01.008>.
53. Vogelmeier CF, Criner GJ, Martinez FJ, Anzueto A, Barnes PJ, Bourbeau J et al. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Lung Disease 2017 Report. GOLD Executive Summary. *Am J Respir Crit Care Med*. 2017;195(5):557–582. <https://doi.org/10.1164/rccm.201701-0218PP>.

Вклад авторов:

Концепция статьи – С.Н. Авдеев, Н.В. Трушенко, Б.Б. Лавгинова, Н.Е. Обухова, К.А. Брынза, А.И. Авдеева, Г.С. Нуралиева, Г.В. Неклюдова

Написание текста – Н.В. Трушенко, Б.Б. Лавгинова, Н.Е. Обухова, К.А. Брынза, А.И. Авдеева

Сбор и обработка материала – С.Н. Авдеев, Н.В. Трушенко, Б.Б. Лавгинова, Н.Е. Обухова, К.А. Брынза, А.И. Авдеева, Г.С. Нуралиева, Г.В. Неклюдова

Обзор литературы – С.Н. Авдеев, Н.В. Трушенко, Б.Б. Лавгинова, Н.Е. Обухова, К.А. Брынза, А.И. Авдеева, Г.С. Нуралиева, Г.В. Неклюдова

Перевод на английский язык – Б.Б. Лавгинова

Анализ материала – С.Н. Авдеев, Н.В. Трушенко, Б.Б. Лавгинова, Н.Е. Обухова, К.А. Брынза, А.И. Авдеева, Г.С. Нуралиева, Г.В. Неклюдова

Редактирование – С.Н. Авдеев, Н.В. Трушенко, Б.Б. Лавгинова, Н.Е. Обухова, К.А. Брынза, А.И. Авдеева, Г.С. Нуралиева, Г.В. Неклюдова

Утверждение окончательного варианта статьи – С.Н. Авдеев

Contribution of authors:

Concept of the article – **Sergey N. Avdeev, Natalia V. Trushenko, Baina B. Lavginova, Nataly E. Obukhova, Karina A. Brynza, Alexandra I. Avdeeva, Galia S. Nuralieva, Galina V. Nekludova**

Text development – **Natalia V. Trushenko, Baina B. Lavginova, Nataly E. Obukhova, Karina A. Brynza, Alexandra I. Avdeeva**

Collection and processing of material – **Sergey N. Avdeev, Natalia V. Trushenko, Baina B. Lavginova, Nataly E. Obukhova, Karina A. Brynza, Alexandra I. Avdeeva, Galia S. Nuralieva, Galina V. Nekludova**

Literature review – **Sergey N. Avdeev, Natalia V. Trushenko, Baina B. Lavginova, Nataly E. Obukhova, Karina A. Brynza, Alexandra I. Avdeeva, Galia S. Nuralieva, Galina V. Nekludova**

Translation into English – **Baina B. Lavginova**

Material analysis – **Sergey N. Avdeev, Natalia V. Trushenko, Baina B. Lavginova, Nataly E. Obukhova, Karina A. Brynza, Alexandra I. Avdeeva, Galia S. Nuralieva, Galina V. Nekludova**

Editing – **Sergey N. Avdeev, Natalia V. Trushenko, Baina B. Lavginova, Nataly E. Obukhova, Karina A. Brynza, Alexandra I. Avdeeva, Galia S. Nuralieva, Galina V. Nekludova**

Approval of the final version of the article – **Sergey N. Avdeev**

Информация об авторах:

Трушенко Наталья Владимировна, к.м.н., доцент кафедры пульмонологии, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет); 119048, Россия, Москва, ул. Доватора, д. 15, стр. 2; научный сотрудник клинической лаборатории, Научно-исследовательский институт пульмонологии; 115682, Россия, Москва, Ореховый бульвар, д. 28; <https://orcid.org/0000-0002-0685-4133>; trushenko.natalia@yandex.ru

Лавгинова Баина Баатровна, клинический ординатор кафедры пульмонологии, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет); 119048, Россия, Москва, ул. Доватора, д. 15, стр. 2; <https://orcid.org/0000-0003-1254-6863>; bapus15@yandex.ru

Обухова Наталья Евгеньевна, студент Института клинической медицины имени Н.В. Склифосовского, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет); 119048, Россия, Москва, ул. Доватора, д. 15, стр. 2; <https://orcid.org/0009-0001-6012-4107>; n.obuxowa2012@yandex.ru

Брынза Карина Александровна, клинический ординатор кафедры пульмонологии, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет); 119048, Россия, Москва, ул. Доватора, д. 15, стр. 2; <https://orcid.org/0009-0007-3942-8388>; k_kosobokova@mail.ru

Нуралиева Галия Сериковна, к.м.н., доцент кафедры пульмонологии, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет); 119048, Россия, Москва, ул. Доватора, д. 15, стр. 2; научный сотрудник лаборатории интенсивной терапии и дыхательной недостаточности, Научно-исследовательский институт пульмонологии; 115682, Россия, Москва, Ореховый бульвар, д. 28; <https://orcid.org/0000-0002-4726-4906>; galia32@yandex.ru

Неклудова Галина Васильевна, д.м.н., профессор кафедры пульмонологии, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет); 119048, Россия, Москва, ул. Доватора, д. 15, стр. 2; ведущий научный сотрудник лаборатории функциональных и ультразвуковых методов исследования, Научно-исследовательский институт пульмонологии; 115682, Россия, Москва, Ореховый бульвар, д. 28; <https://orcid.org/0000-0002-9509-0867>; nekludova_gala@mail.ru

Авдеева Александра Игоревна, клинический ординатор, Научно-исследовательский институт пульмонологии; 115682, Россия, Москва, Ореховый бульвар, д. 28; <https://orcid.org/0000-0003-3656-5698>; avdeeva.alexandraa@yandex.ru

Авдеев Сергей Николаевич, академик РАН, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой пульмонологии, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет); 119048, Россия, Москва, ул. Доватора, д. 15, стр. 2; руководитель клинического отдела, Научно-исследовательский институт пульмонологии; 115682, Россия, Москва, Ореховый бульвар, д. 28; <https://orcid.org/0000-0002-5999-2150>; serg_avdeev@list.ru

Information about the authors:

Natalia V. Trushenko, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Pulmonology, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 15, Bldg. 2, Dovatora St., Moscow, 119048, Russia; Clinical Laboratory Researcher, Research Institute for Pulmonology; 28, Orekhovy Boulevard, Moscow, 115682, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-0685-4133>; trushenko.natalia@yandex.ru

Baina B. Lavginova, Clinical Resident of the Department of Pulmonology, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 15, Bldg. 2, Dovatora St., Moscow, 119048, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-1254-6863>; bapus15@yandex.ru

Nataly E. Obukhova, Student of the Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 15, Bldg. 2, Dovatora St., Moscow, 119048, Russia; <https://orcid.org/0009-0001-6012-4107>; n.obuxowa2012@yandex.ru

Karina A. Brynza, Clinical Resident of the Department of Pulmonology, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 15, Bldg. 2, Dovatora St., Moscow, 119048, Russia; <https://orcid.org/0009-0007-3942-8388>; k_kosobokova@mail.ru

Galiya S. Nuralieva, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Pulmonology, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 15, Bldg. 2, Dovatora St., Moscow, 119048, Russia; Researcher of the Laboratory of Intensive Care and Respiratory Failure, Research Institute for Pulmonology; 28, Orekhovy Boulevard, Moscow, 115682, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-4726-4906>; galia32@yandex.ru

Galina V. Nekludova, Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of Pulmonology, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 15, Bldg. 2, Dovatora St., Moscow, 119048, Russia; Leading Researcher of the Laboratory of Functional and Ultrasound Research Methods, Research Institute for Pulmonology; 28, Orekhovy Boulevard, Moscow, 115682, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-9509-0867>; nekludova_gala@mail.ru

Alexandra I. Avdeeva, Clinical Resident, Research Institute for Pulmonology; 28, Orekhovy Boulevard, Moscow, 115682, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-3656-5698>; avdeeva.alexandraa@yandex.ru

Sergey N. Avdeev, Acad. RAS, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Pulmonology, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 15, Bldg. 2, Dovatora St., Moscow, 119048, Russia; Head of Clinical Department, Research Institute for Pulmonology; 28, Orekhovy Boulevard, Moscow, 115682, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-5999-2150>; serg_avdeev@list.ru