

lek. Izabela Domagała-Mańczyk

**Czynniki wpływające na poprawność techniki inhalacji leków
wziewnych u chorych na astmę lub POChP.**

**Rozprawa na stopień doktora nauk medycznych i nauk o zdrowiu
w dyscyplinie nauki medyczne**

Promotor: dr hab. n. med. Marta Dąbrowska

Klinika Chorób Wewnętrznych, Pneumonologii i Alergologii



Obrona rozprawy doktorskiej przed Radą Dyscypliny Nauk Medycznych

Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego

Warszawa 2025 r.

Słowa kluczowe: astma, przewlekła obturacyjna choroba płuc (POChP), czynniki związane z nieprawidłową techniką inhalacji leków wziewnych, technika inhalacji leków wziewnych, skuteczność szkolenia techniki inhalacji leków wziewnych.

Keywords: asthma, chronic obstructive pulmonary disease (COPD), factors associated with poor inhaler technique, inhaler technique, the effectiveness of inhaler technique training.

Podziękowania

*Pragnę szczególnie podziękować mojej Promotorce,
Pani dr hab. n. med. Marcie Dąbrowskiej
za ogromną pomoc merytoryczną, zrozumienie,
a także nieustające wsparcie i serdeczność.*

*Dziękuję Kierownikowi Kliniki
Chorób Wewnętrznych, Pneumonologii i Alergologii UCK WUM
Panu Profesorowi Rafałowi Krenke
za motywację do podjęcia pracy naukowej.*

*Dziękuję wszystkim współautorom za wsparcie, pomoc i dobre słowo,
szczególnie Marcie Miszczuk-Cieśli za współpracę i wzajemną motywację.*

*Chciałabym również podziękować
mojej siostrze Karolinie oraz mężowi Adamowi
za codzienne wsparcie, cierpliwość i obecność.*

*W szczególności dziękuję moim Rodzicom, którzy od zawsze i z całych sił
wspierają mnie w dążeniu do zgłębiania wiedzy i realizacji marzeń.*

Spis treści

1	Wykaz publikacji.....	8
2	Wykaz stosowanych skrótów.....	9
3	Streszczenie w języku polskim	11
4	Streszczenie w języku angielskim	13
5	Wstęp	15
	5.1 Astma i przewlekła obturacyjna choroba płuc– najczęstsze choroby obturacyjne płuc...15	
	5.1.1 Astma.....	15
	5.1.2 Przewlekła obturacyjna choroba płuc.....	17
	5.2 Leczenie wziewne w chorobach obturacyjnych.....	19
	5.2.1 Rodzaje inhalatorów	20
	5.2.1.1 Inhalatory ciśnieniowe dozujące oraz inhalatory miękkiej mgły.....	21
	5.2.1.2 Inhalatory suchego proszku.....	22
	5.2.2 Prawidłowa technika inhalacji leków wziewnych	24
	5.2.3 Błędy w technice inhalacji leków wziewnych.....	25
	5.2.3.1 Najczęstsze błędy popełniane w technice inhalacji leków wziewnych.....	26
	5.2.4 Wpływ nieprawidłowego przyjmowania leków na przebieg choroby	26
	5.2.5 Aspekt ekonomiczny nieprawidłowej techniki inhalacji leków wziewnych	27
	5.2.6 Czynniki wpływające na technikę inhalacji.....	27
	5.2.7 Istotność szkolenia techniki inhalacji leków wziewnych	29
	5.2.8 Metody oceny techniki inhalacji leków wziewnych.....	29
	5.2.9 Dobór odpowiedniego inhalatora	30
	5.3 Osiągnięcia naukowe kandydata na tle dotychczasowego stanu wiedzy	31
6	Materiał i metody	33
7	Założenia i cel pracy.....	37
8	Kopie opublikowanych prac.....	39
	8.1 Publikacja nr 1	39
	8.2 Publikacja nr 2	47
	8.3 Publikacja nr 3	63

9	Podsumowanie wyników	69
10	Wnioski.....	72
11	Opinia Komisji Bioetycznej.....	73
12	Oświadczenia współautorów publikacji.....	75
13	Piśmiennictwo	81

Spis rycin

Rycina 1. Schemat przedstawiający leczenie astmy wg GINA 2025.....	17
Rycina 2. Schemat przedstawiający rozpoczęcie leczenia POChP wg GOLD 2025.....	18
Rycina 3. Uproszczony schemat wyboru inhalatora.....	31

Spis tabel

Tabela 1. Leki stosowane w terapii astmy i POChP.....	19
Tabela 2. Preparaty zawierające leki wziewne dostępne na polskim rynku na przykładzie astmy	20
Tabela 3. Zalety oraz ograniczenia inhalatorów typu MDI, DPI oraz SMI.....	23
Tabela 4. Elementy prawidłowej techniki inhalacji leków wziewnych.....	25

1 Wykaz publikacji

1. *“Najczęstsze błędy popełniane przez chorych w technice inhalacji leków wziewnych”*

Izabela Domagała, Marta Miszczuk-Cieśla, Marta Dąbrowska

Medycyna po Dyplomie Listopad 2022, nr 11, s. 50-58

Praca pogładowa

Punktacja MNiSzW: 5

2. *“Expectations versus reality in inhalation technique. A case -control study of inhalation technique in patients with asthma or COPD”* **Domagała-Mańczyk I**, Miszczuk-Cieśla M, Maskey-Warzechowska M, Zielecki M, Szczudlik P, Dąbrowska M. J Clin Med. 2025 Sep 27;14(19):6848. doi: 10.3390/jcm14196848

Praca oryginalna

Punktacja MNiSzW: 140

Impact Factor: 2,9

3. *“Limitation of the effectiveness of inhalation training in patients with asthma and COPD”* **Domagała-Mańczyk I**, Miszczuk-Cieśla M, Maskey-Warzechowska M, Zielecki M, Szczudlik P, Dąbrowska M. Respir Med. 2026 Jan;251:108603. doi: 10.1016/j.rmed.2025.108603

Praca oryginalna

Punktacja MNiSzW: 100

Impact Factor: 3,1

Łączna punktacja MEiN: 245 punktów

Łączny IF: 6

2 Wykaz stosowanych skrótów

Skrót	<i>Wyjaśnienie j. angielski</i> Wyjaśnienie j. Polski
ACT	<i>Asthma Control Test</i> test kontroli astmy
AQLQ	<i>Asthma Quality of Life Questionnaire</i> kwestionariusz kontroli astmy
CAT	<i>COPD Assessment Test</i> test oceny POChP
COPD	<i>chronic obstructive pulmonary disease</i> przewlekła obturacyjna choroba płuc
COVID-19	<i>severe acute respiratory syndrome coronavirus 2</i> choroba wywołana przez koronawirus SARS-CoV2
DPI	<i>dry powder inhaler</i> inhalator suchego proszku
FeNO	<i>fractional exhaled nitric oxide</i> liczba cząsteczek tlenku azotu w wydychanym powietrzu
FEV1	<i>forced expiratory volume in one second</i> natężona objętość wydechowa pierwszosekundowa
GINA	<i>Global Initiative for Astma</i> Międzynarodowa Inicjatywa na Rzecz Astmy
GKS	Glikokortykosteroidy
GOLD	<i>Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease</i> Międzynarodowa Inicjatywa na Rzecz Przewlekłej Obturacyjnej Choroby Płuc
LABA	<i>long-acting β2-mimetics</i> długodziałające betamimetyki
LAMA	<i>long-acting muscarinic antagonist</i> lek przeciwcholinergiczny długodziałający
LTRA	<i>leukotriene receptor antagonist</i> antagonista receptora leukotrienowego

MART	<i>Maintenance and Reliever Therapy</i> <i>terapia podtrzymująco-ratunkowa</i>
(p)MDI	<i>(pressurized) metered dose-inhaler</i> inhalator ciśnieniowy dozujący
mMRC	<i>modified Medical Research Council</i> zmodyfikowana skala nasilenia duszności
PEF	<i>peak expiratory flow</i> szczytowy przepływ wydechowy
PIF	<i>peak inspiratory flow</i> szczytowy przepływ wdechowy
POChP	przewlekła obturacyjna choroba płuc
SABA	<i>short-acting β2-mimetics</i> krótkodziałające betamimetyki
SAMA	<i>short-acting muscarinic antagonist</i> lek przeciwcholinergiczny krótkodziałający
wGKS	wziewne glikokortykosteroidy

3 Streszczenie w języku polskim

Astma oraz przewlekła obturacyjna choroba płuc (POChP) stanowią jedne z najczęstszych przewlekłych chorób płuc na świecie. Podstawą leczenia powyższych chorób jest stosowanie leków wziewnych w formie inhalatorów. Pomimo postępu medycyny oraz coraz lepszych technologii liczba błędów popełnianych przez chorych w technice inhalacji leków wziewnych od lat nie maleje, co ogranicza osiągnięte efekty leczenia oraz wpływa na niższą jakość życia chorych. Celem tej pracy doktorskiej była analiza czynników wpływających na poprawność techniki inhalacji leków wziewnych u chorych na astmę lub POChP.

Niniejsza rozprawa doktorska jest oparta na cyklu 3 prac: 1 pracy pogładowej oraz 2 pracach oryginalnych. Wstęp do rozprawy doktorskiej oparty jest na pracy pogładowej „Najczęstsze błędy popełniane przez chorych w technice inhalacji leków wziewnych”. W pracy korzystając z aktualnej literatury przedstawiono rodzaje inhalatorów dostępne w leczeniu chorych na astmę i POChP, ich wady oraz zalety, omówiono najczęściej popełniane błędy przez chorych stosujących leki wziewne oraz zaprezentowano czynniki konieczne do rozważenia przy wyborze odpowiedniego inhalatora dla pacjenta.

Obie prace oryginalne poświęcone zagadnieniu prawidłowej techniki inhalacji leków wziewnych u chorych na astmę i POChP były przeprowadzone w Klinice Chorób Wewnętrznych, Pneumonologii i Alergologii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego po uzyskaniu zgody komisji bioetycznej (KB/68/2019) oraz świadomej zgody od każdego chorego biorącego udział w badaniu.

W pracy pt. „Expectations versus reality in inhalation technique. A case -control study of inhalation technique in patients with asthma or COPD” w grupie 180 chorych analizowano liczne dane mogące wpływać na sposób przyjmowania leków wziewnych przez chorych. Technikę inhalacji leków wziewnych oceniano przy pomocy listy najczęstszych błędów, 4 stopniowej skali oceniającej poprawność techniki inhalacji oraz oceniając maksymalny przepływ wdechowy (PIF) każdego pacjenta.

Wyniki pracy potwierdziły, że większość chorych na astmę i POChP przyjmowała leki wziewne nieprawidłowo (112/180 pacjentów (62,2%)), przy czym pacjenci stosujący inhalatory ciśnieniowe (MDI) istotnie rzadziej przyjmowali leki wziewne poprawnie

w porównaniu do chorych stosujących inhalatory proszkowe (DPI): w grupie pacjentów stosujących MDI 52/140 (37,1%) a wśród pacjentów stosujących DPI 77/110 (70%), ($p<0,001$).

Wśród czynników potencjalnie mogących wpływać na technikę inhalacji leków wziewnych, nie stwierdzono różnic pomiędzy pacjentami prawidłowo i nieprawidłowo przyjmującymi leki ze względu na wiek, płeć, poziom edukacji, motywację do leczenia, współwystępowanie chorób wzroku, słuchu, zaburzeń poznawczych oraz zaawansowanych zmian zwyrodnieniowych stawów rąk.

Natomiast niewystarczająca edukacja w zakresie techniki inhalowania leków wziewnych była jednym z głównych czynników wpływających na niski odsetek chorych prawidłowo stosujących leki wziewne.

Praca pt. "Limitation of the effectiveness of inhalation training in patients with asthma and COPD" miała na celu ocenę skuteczności szkolenia techniki inhalacji w badanej grupie chorych z astmą i POChP bezpośrednio po szkoleniu oraz poszukiwanie czynników wpływających na skuteczność takiego szkolenia. Podczas badania każdy chory popełniający błędy podczas przyjmowania leków wziewnych, odpowiednio 131 pacjentów stosujący inhalatory MDI oraz 79 chorych stosujących DPI, zostało przeszkolonych z prawidłowej techniki inhalacji leków. Szkolenie poprawiło technikę inhalacji leków u 112/131 chorych stosujących MDI (85,5%) oraz 67/79 przyjmujących leki w inhalatorach DPI (84,8%), ($p=0,892$).

W jednoczynnikowym modelu regresji stwierdzono, iż poprawa techniki inhalacji leków wziewnych chorych stosujących inhalatory typu MDI była zależna od wieku oraz rodzaju choroby obturacyjnej- pacjenci w starszym wieku oraz chorzy na POChP osiągnęli gorsze efekty szkolenia techniki inhalacji w stosunku do osób młodszych i chorych na astmę. U chorych stosujących inhalatory typu DPI czytanie ulotek informacyjnych leków wziewnych (80,6% vs 50%, $p=0,022$) oraz dobra samoocena własnej techniki inhalacji leków (97% vs 75%, $p=0,025$) były predyktorami lepszej odpowiedzi na szkolenie techniki inhalacji leków wziewnych.

4 Streszczenie w języku angielskim

Factors influencing the correctness of inhalation technique in patients with asthma or COPD.

Asthma along with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) are among the most common lung diseases in the world. These diseases are treated with the use of inhaled medications in the form of inhalers. Despite progress in medicine, technology and better access to education or knowledge many patients with asthma and COPD still use their inhalers incorrectly, what impacts negatively therapeutic effects and impairs patients' quality of life. The aim of the doctoral thesis is to analyse the factors that may impact on proper inhalation technique in patients with asthma and COPD.

The present doctoral dissertation is based on a series of three papers: a review paper and two original papers (case-control studies). The introduction to the present doctoral dissertation is based on the review paper "*The most common mistakes made by patients in the technique of inhaling inhaled medications.*" The above-mentioned paper presents the types of available inhalers, their advantages as well as their disadvantages, and highlights the most common mistakes made by patients using inhaled medications. Finally, it also identifies the factors that should be taken into consideration when selecting the appropriate inhaler for a given patient.

Both original papers focus on the correct technique of inhaling inhaled medications by patients with asthma and COPD, and were conducted at the Department of Internal Medicine, Pulmonary Diseases and Allergy at the Medical University of Warsaw after obtaining the consent of the Ethics Committee (KB/68/2019). All patients signed the informed consent for participating in the study.

In the study "*Expectations versus reality in inhalation technique. A case-control study of inhalation technique in patients with asthma or COPD*", data that could have an impact on the inhalation technique were collected and analysed in 180 patients. The technique of inhaling was assessed using a checklist of the most common errors identified in the literature and using a 4-step questionnaire assessing the correctness of the inhalation technique. Besides, the peak inspiratory flow (PIF) was assessed in all patients.

The results of this study confirmed that most patients with asthma and COPD used inhaled medications incorrectly (112 patients (62.2%)), especially those patients using metered dose

inhalers (MDIs). The percentage of patients with correct inhalation technique was higher in the group of patients using dry powder inhalers (DPIs) 77/110 (70%).

No differences were identified between patients using inhalers correctly and incorrectly, both in MDI and DPI inhalers, in terms of age, gender, education level, motivation for treatment, occurrence of eye and hearing diseases, cognitive disorders, and advanced degenerative joint disease of hands. However, the study confirmed that insufficient education on the technique of inhaling inhaled medications was one of the main factors contributing to the low proportion of patients who used inhaled medications correctly.

The second study “*Limitation of the effectiveness of inhalation training in patients with asthma and COPD*” aimed to identify factors that impact the effectiveness of inhalation technique training and to assess the direct effectiveness of training within a group of patients with asthma and COPD. In this study, as many as 131 out of 140 patients using MDI and 79 out of 110 patients using DPI, inhaled their medications incorrectly. The training in inhalation was effective and led to correct inhalation skills in 112 out of the 131 patients using MDI (85.5%) and of 67 out of the 79 patients using DPI (84.8%); ($p=0.892$). In a univariate regression model, it was found that the improvement in the inhalation technique depended on the age and type of chronic disease in MDI users – older patients and these with COPD, achieved worse results despite thorough inhalation training. In patients using DPI, reading the drug information leaflets (80.6% vs. 50%, $p=0.022$) and a higher self-assessment of own inhalation technique (97% vs. 75%, $p=0.025$) were predictors of better response to training in the correct inhalation technique.

5 Wstęp

5.1 Astma i Przewlekła Obturacyjna Choroba Płuc – najczęstsze choroby obturacyjne płuc

Choroby układu oddechowego stanowią istotny problem zdrowotny. Zarówno astma jak i przewlekła obturacyjna choroba płuc (POCHP) należą do najczęstszych przewlekłych chorób obturacyjnych dróg oddechowych. Poniżej przedstawiono każdą z jednostek chorobowych.

5.1.1 Astma

Szacuje się, iż obecnie około 300 mln osób na świecie choruje na astmę, a w wielu krajach zapadalność na astmę nadal rośnie (1, 2). Etiologia choroby pozostaje wieloczynnikowa, a jej rozwój zależy od predyspozycji genetycznych oraz czynników środowiskowych. Wśród wielu fenotypów astmy wyróżniamy astmę alergiczną (zwykle rozpoznawaną w dzieciństwie) i niealergiczną (częściej rozpoznawaną u osób dorosłych), astmę związaną z przewlekłym zapaleniem zatok, z otyłością, z nadwrażliwością na niesterydowe leki przeciwzapalne, astmę wysiłkową czy zawodową. Niezależnie od fenotypu astmy u jej podłoża leży przewlekły stan zapalny oskrzeli powodujący nadreaktywność oskrzeli oraz dynamiczne ograniczenie przepływu powietrza przez drogi oddechowe.

Chorzy na astmę zgłaszają liczne objawy kliniczne w tym głównie duszność, kaszel, ucisk w klatce piersiowej oraz świszczący oddech o zmiennym w czasie nasileniu, często występujące napadowo. W badaniu przedmiotowym można stwierdzić wydłużenie fazy wydechu, osłuchiwaniami świsty i fuczenia. Do czynników wyzwalających napad astmy należą alergen, drobnoustroje, czynniki drażniące (np. dym papierosowy, zanieczyszczenia powietrza), zapachy, zimne powietrze, wysiłek fizyczny czy leki (β -blokery lub niesterydowe leki przeciwzapalne). Podstawowym kryterium rozpoznania choroby jest stwierdzenie objawów charakterystycznych dla astmy w badaniu podmiotowym i przedmiotowym oraz potwierdzenie zmienności przepływu w drogach oddechowych (1, 3).

W razie wątpliwości diagnostycznych konieczne jest uzupełnienie diagnostyki o ocenę zmienności przepływów w drogach oddechowych poprzez udokumentowanie zmienności wartości spirometrycznych w czasie, ocenę zmienności dobowej szczytowego przepływu wydechowego (ang. peak expiratory flow, PEF), ocenę nadreaktywności oskrzeli w próbie prowokacji np. z metacholiną. Dodatkowo pomocna może być ocena liczby

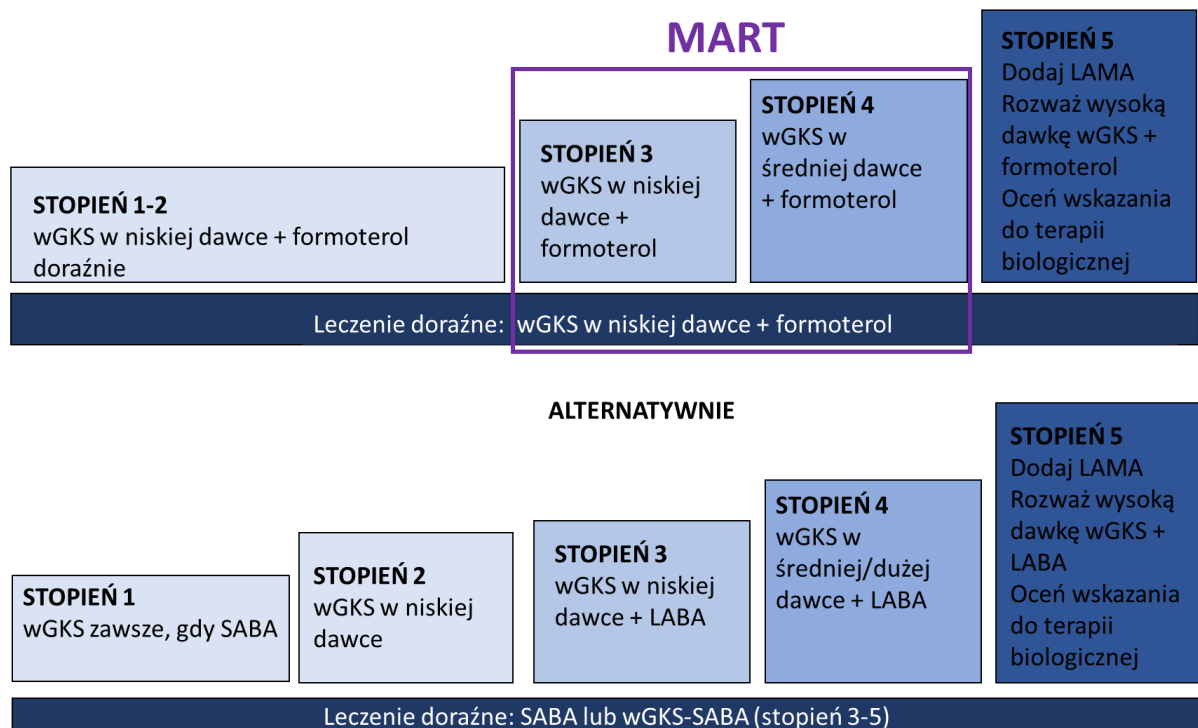
cząsteczek tlenku azotu w powietrzu wydychanym (FeNO) (1, 3). Przebieg astmy jest zmienny w czasie, u części chorych objawy mogą przejściowo ustępować (remisja) lub mieć różne nasilenie od łagodnych do bardzo nasilonych stanowiących zagrożenie życia.

Celem leczenia astmy jest osiągnięcie jak najlepszej kontroli objawów astmy oraz zmniejszenie ryzyka zaostrzeń, zmniejszenie ryzyka utrwalenia się obturacji w oskrzelach i postępu choroby przy jak najmniejszym ryzyku niepożądanych działań leków. Optymalna kontrola objawów astmy oznacza jak najrzadsze napady duszności, a w związku z tym jak najrzadszą potrzebę stosowania leków doraźnych, brak objawów astmy w nocy i nad ranem oraz brak ograniczenia wydolności fizycznej z powodu astmy. Dla uproszczonej oceny kontroli astmy można wykorzystać test kontroli astmy (ACT) lub kwestionariusz kontroli astmy (AQLQ) (4, 5).

Dążąc do optymalnej kontroli astmy ważnym celem jest nie tylko złagodzenie jej objawów, ale także zmniejszenie ryzyka kolejnych zaostrzeń oraz utrwalenia się obturacji oskrzeli (przebudowy oskrzeli).

Leczenie astmy dostosowane jest do nasilenia objawów oraz ryzyka zaostrzeń. Podstawą leczenia astmy jest unikanie czynników drażniących oraz stosowanie wziewnych glikokortykosteroidów (wGKS), które działają przeciwzapalnie, zmniejszają nasilenie objawów astmy, zapobiegają zaostrzeniom i zgonom z powodu astmy. Mogą one być stosowane w dawkach niskich, średnich lub wysokich. Dodatkowo stosuje się wziewne leki bronchodylatacyjne, najczęściej z grupy długodziałających beta-mimetyków (LABA, ang. *long-acting beta agonist*), ale należy pamiętać, że nie powinny być one stosowane bez wGKS. Zastosowanie połączonej terapii LABA/wGKS, zwłaszcza w jednym inhalatorze, jest bezpieczne i skuteczne. U części chorych, u których objawy astmy są łagodne lub występują rzadko, leczenie może być prowadzone za pomocą jednego leku stosowanego zarówno w terapii doraźnej jak i podtrzymującej (terapia MART). U pozostałych chorych na astmę leczenie wziewne prowadzone jest codziennie.

Jeśli pomimo zastosowania wGKS/LABA nie udaje się uzyskać dobrej kontroli astmy, dodatkowo można zastosować leki z grupy antagonistów receptora antyleukotrienowego (LTRA) lub leki antycholinergiczne (Rycina 1). U chorych na astmę ciężką, u których objawy astmy są niekontrolowane mimo optymalnego leczenia wziewnego wskazane jest dołączenie leczenia biologicznego, a dobór leku (omalizumab, dupilumab, mepolizumab, benrolizumab, tezepelumab) uzależniony jest od fenotypu zapalnego astmy (6).



Rycina 1. Schemat przedstawiający leczenie astmy wg GINA 2025

LABA - długodziałające betamimetyki; LAMA - leki przeciwholinergiczne długodziałające; MART – terapia podtrzymująco-ratunkowa; SABA - krótkodziałające betamimetyki; wGKS - wziewne glikokortykosteroidy

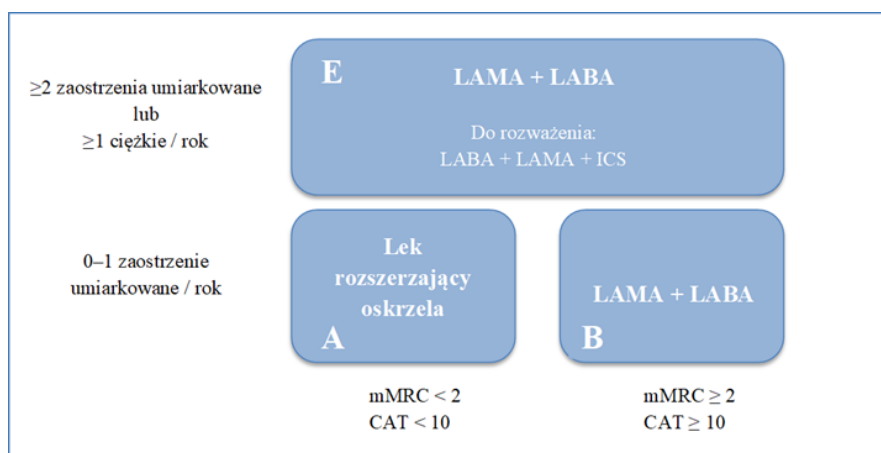
5.1.2 Przewlekła obturacyjna choroba płuc

Przewlekła obturacyjna choroba płuc (POChP) dotyczy ok. 213 milionów ludzi w wieku 30-79 lat na świecie (7, 8). Oszacowano, że do 2050 roku na świecie będzie żyło 600 milionów osób powyżej 25 roku życia chorujących na POChP (9). Etiologia choroby jest złożona. Głównym czynnikiem ryzyka w krajach rozwiniętych jest palenie papierosów, natomiast w krajach rozwijających się dym pochodzący ze spalania biomasy. Powtarzająca się ekspozycja na dym papierosowy sprzyja powstawaniu przewlekłego zapalenia w drogach oddechowych, nieodwracalnych zmian destrukcyjnych w miąższu płuc i zmian strukturalnych w ścianie małych naczyń płucnych (10). Do innych czynników ryzyka rozwoju POChP należą narażenie zawodowe na substancje szkodliwe, zanieczyszczenie powietrza, ale także czynniki genetyczne (np. niedobór alfa 1 antytrypsyny), ciężkie infekcje układu oddechowego w dzieciństwie czy niska masa urodzeniowa (10).

Najczęstsze objawy POChP to duszność wysiłkowa, ograniczenie tolerancji wysiłku oraz kaszel i odkrztuszanie wydzieliny. Podstawą rozpoznania jest występowanie objawów klinicznych u chorych z czynnikami ryzyka oraz potwierdzenie nieodwracalnej obturacji

w badaniu spirometrycznym. Bardzo często u chorych na POChP współistnieją inne choroby jak choroby układu krążenia, refluks żołądkowo-przełykowy, lęk i depresja, osteoporoza, zaburzenia czynności mięśni szkieletowych, niedokrwistość, rak płuca, cukrzyca oraz zespół metaboliczny (11, 12). Choroba ma przewlekły, nieodwracalny charakter, a jedynym skutecznym sposobem na zahamowanie jej dalszego postępu jest zaprzestanie narażenia na substancje szkodliwe, głównie zaprzestanie palenia tytoniu. Celem leczenia jest zmniejszenie nasilenia objawów (głównie duszności i kaszlu), poprawa tolerancji wysiłku, zapobieganie zaostrzeniom oraz progresji choroby i zmniejszenie ryzyka zgonu.

Leczenie POChP powinno uwzględniać ograniczenie czynników szkodliwych, leczenie farmakologiczne, rehabilitację, zapobieganie infekcjom poprzez szczepienia ochronne (coroczne szczepienie przeciwko grypie, COVID 19 oraz szczepienie przeciwko pneumokokom, RSV oraz przypominające szczepienie skojarzone przeciwko krztuścowi, błonicy, tężcowi (10)) oraz w wybranych przypadkach stosowanie tlenoterapii, wentylacji nieinwazyjnej czy leczenia zabiegowego. Podstawę leczenia farmakologicznego stanowią leki rozszerzające oskrzela stosowane wziewnie: leki długodziałające z grupy LABA oraz cholinolityki (LAMA, ang. long-acting muscarinic antagonist). W leczeniu doraźnym stosuje się leki bronchodylatory krótkodziałające z grupy betamimetyków (SABA, ang. short-acting beta agonist) i cholinolityków (SAMA, ang. short-acting-muscarinic antagonist). U części chorych, z nawracającymi zaostrzeniami POChP, lub z współistnieniem astmy i POChP lub podwyższoną liczbą eozynofili w krwi obwodowej >300 kom/mm³, można rozważyć dołączenie wGKS (13-15). Jeśli pomimo optymalnej terapii inhalacyjnej nie uzyskano redukcji zaostrzeń, to dodatkowe opcje leczenia uwzględniają dołączenie roflumilastu lub azytromycyny. W ostatnich badaniach stwierdzono, że dołączenie leczenia biologicznego (dupilumab) może być skuteczne w redukcji ryzyka zaostrzeń u chorych na POChP z podwyższoną liczbą eozynofili we krwi obwodowej.



Rycina 2. Schemat przedstawiający rozpoczęcie leczenia POChP wg GOLD 2025
CAT - test oceny POChP; LABA - długodziałające betamimetyki; LAMA - leki przeciwcholinergiczne długodziałające; mMRC - zmodyfikowana skala nasilenia duszności; SABA - krótkodziałające betamimetyki; ICS - wziewne glikokortykosteroidy

5.2 Leczenie wziewne w chorobach obturacyjnych

Aerozoloterapia zajmuje się dostarczaniem leku wziewnego do dróg oddechowych pacjenta. W ramach leczenia wziewnego stosujemy leki w formie inhalatorów: ciśnieniowych (MDI), miękkiej mgły (SMI), proszkowych (DPI) oraz nebulizatory: ultradźwiękowe, pneumatyczne, siateczkowe. Leki wziewne stosujemy w leczeniu astmy, POChP, ale również stanów zapalnych dróg oddechowych lub mukowiscydozy, stosując mukolityki oraz antybiotyki wziewne. Niniejsze opracowanie w dalszej części będzie skoncentrowane na leczeniu wziewnym chorych na astmę oraz POChP.

Zarówno w astmie jak i POChP podstawowym sposobem terapii jest stosowanie leków przyjmowanych w formie wziewnej. Leki z grup SABA, SAMA, LABA, LAMA, wGKS są dostępne w różnych typach inhalatorów, które wymagają różnej techniki inhalacji (1, 10). W Tabeli 1 przedstawiono leki stosowane w terapii inhalacyjnej astmy i POChP dostępne w Polsce.

Tabela 1. Leki stosowane w terapii astmy i POChP

Leki stosowane w terapii astmy i POChP		
Leki rozszerzające oskrzela		
	<i>Krótko działające (SABA)</i>	<i>Długo działające (LABA)</i>
Beta₂-mimetyki	fenoterol	formoterol
	salbutamol	salmeterol
	terbutalina	indakaterol
		wilanterol
		olodaterol
	<i>Krótko działające (SAMA)</i>	<i>Długo działające (LAMA)</i>
Leki antycholinergiczne (antymuskarynowe)	bromek ipratropium	tiotropium
		glikopironium
		umeklidynium
Glikokortykosteroidy wziewne		
Glikokortykosteroidy wziewne		beklometazon
		flutikazon
		budezonid
		cyklezonid

5.2.1 Rodzaje inhalatorów

Ze względu na sposób dostarczania leku do dróg oddechowych obecnie wyróżniamy 3 typy inhalatorów różniące się między sobą również koniecznością koordynacji obsługi inhalatora z rozpoczęciem wdechu oraz wytwarzanym oporem i techniką inhalacji leku (rozdz.3).

Typy inhalatorów:

- Inhalatory ciśnieniowe dozujące (MDI – pressurized metered dose inhalers)
zawierające pojemnik ze sprężonym gazem, który jest nośnikiem dla cząsteczek leku
- Inhalatory miękkiej mgły (SMI- soft mist inhalers)
zawierające lek w formie „mgły” z małymi cząsteczkami
- Inhalatory suchego proszku (DPI- dry powder inhalers)
zawierające lek w postaci proszku, aktywowane wdechem

Inhalatory typu MDI i DPI są najczęściej przepisywanymi formami inhalatorów na świecie. Obecnie z powodu mnogości urządzeń substancje czynne w inhalatorach są dostępne w każdym z rodzajów inhalatorów. W Tabeli 2 przedstawiono dostępne na polskim rynku preparaty zawierające leki wziewne na przykładzie astmy.

Tabela 2. Preparaty zawierające leki wziewne dostępne na polskim rynku na przykładzie astmy (opracowane na podstawie Wykazu leków Medycyny Praktycznej).

Lek	MDI	DPI	SMI
β₂-mimetyki wziewne krótko działające (SABA)			
fenoterol	MDI		
salbutamol	MDI	DPI	
formoterol (fumaran dwuwodny)	MDI	DPI	
salmeterol	MDI	DPI	

glikokortykosteroidy (GKS) wziewne		
beklometazon	MDI	
budezonid	MDI	DPI
cyklezonid	MDI	
flutykazon (propionian)	MDI	DPI
preparaty złożone LABA + GKS w jednym inhalatorze		
formoterol + budezonid	MDI	DPI
salmeterol + flutykazon (propionian)	MDI	DPI
formoterol + beklometazon	MDI	DPI
indakaterol + mometazon		DPI
indakaterol + flutykazon		DPI
leki przeciw cholinergiczne krótko działające (SAMA)		
ipratropium	MDI	
tiotropium		SMI
preparaty złożone SAMA + SABA w jednym inhalatorze		
ipratropium + fenoterol	MDI	
preparaty złożone LABA + LAMA + GKS w jednym inhalatorze		
formoterol + glikopironium + beklometazon	MDI	
indakaterol + glikopironium + mometazon		DPI

5.2.1.1 Inhalatory ciśnieniowe dozujące oraz inhalatory miękkiej mgły

Inhalatory typu MDI i SMI, których cechą jest aktywne uwolnienie leku pod ciśnieniem, charakteryzują się oporem wewnętrznym zależnym od występującego w inhalatorze gazu nośnego (propelent). W inhalatorach MDI lek może być w postaci zawiesiny lub roztworu. W pierwszym przypadku konieczne jest wstrząsanie inhalatora przed użyciem, podczas gdy w przypadku roztworu nie jest to wymagane. Obecnie, od lat dwutysięcznych w inhalatorach

typu MDI nośnikiem gazu jest hydrofluoroalkan (HFA), który zastąpił wcześniej występujący chlorofluorowęglowodór (CFC), wycofany z powodu negatywnego wpływu na warstwę ozonową. Nowy propelent jest zdecydowanie mniej szkodliwy dla środowiska, choć nadal inhalatory MDI uznawane są za bardziej niekorzystne dla środowiska. Prawidłowa inhalacja leków z inhalatorów MDI powinna polegać na spokojnym i powolnym wdechu. Dawniej, przy inhalatorach opartych na CFC uznawano, że optymalny szczytowy przepływ wdechowy (PIF) powinien wynosić 30-60 l/min i nadal większość ekspertów uznaje taki przepływ za najkorzystniejszy. Jednak niektórzy autorzy sugerują, że przy użyciu nowszych propelentów nawet wyższe przepływy do 120 l/min pozwalają na poprawne przyjęcie leku (16-18).

5.2.1.2 *Inhalatory suchego proszku*

Obecnie ze względu na dbałość o ekologię preferowane jest stosowanie inhalatorów typu DPI ze względu na wytwarzany przez nie mniejszy ślad węglowy (19, 20). W inhalatorach typu DPI, w których uzyskanie odpowiedniego przepływu przez inhalator jest konieczne do uwolnienia leku z jego nośnika, występują znaczne różnice w generowanej sile wdechu przez pacjenta koniecznej do przezwyciężenia oporu inhalatora (16). Ze względu na opór wytwarzany przez inhalatory wyróżniamy: inhalatory niskooporowe (wymagają $PIF > 60$ l/min), średniooporowe ($PIF \sim 30-60$ l/min) oraz wyskooporowe ($PIF < 30$ l/min) (16, 17, 21). Każdy inhalator typu DPI powinien mieć określony swój własny opór, np. inhalatory Accuhaler®, Diskhaler® cechują się średnim oporem, lecz inhalatory Handihaler® wysokim oporem (22, 23). Co istotne, inhalator średnio lub wyskooporowy oznacza dla chorego konieczność wygenerowania większego wysiłku wdechowego w celu skutecznego przyjęcia leku wziewnego (24). Przy wyborze odpowiedniego inhalatora dla pacjenta powinniśmy zmierzyć jego (PIF) i na tej podstawie dopasować inhalator typu DPI. W celu określenia adekwatnego PIF możemy posłużyć się:

- zaprojektowanymi przystawkami trenerskimi dla konkretnego modelu inhalatora, gdzie wbudowany gwizdek poinformuje o odpowiedniej sile wdechu generowanej przez chorego,
- wynikami spirometrii,
- urządzeniem In-Check Dial® dzięki któremu możemy symulować opór danego inhalatora konieczny do pokonania przez chorego (22, 25).

Ze względu na częsty brak sprawdzania siły wdechu w praktyce klinicznej istotnym wydaje się podkreślenie, iż pacjentami, na których należy zwrócić szczególną uwagę pod kątem zmniejszonego PIF są osoby starsze, kobiety, osoby niższe wzrostem oraz chorzy

ze zmniejszającą się siłą chwytu (26). Należy pamiętać, że wraz z postępem choroby obturacyjnej płuc może dochodzić u pacjentów do przebudowy (remodelingu) dróg oddechowych oraz pogorszenia zdolności wdechowej. Z tego powodu konieczny jest dobór prawidłowego typu urządzenia dla konkretnego chorego oraz możliwa jego zmiana wraz z czasem trwania choroby oraz jej pogorszeniem (1, 10, 26).

W Tabeli 3 przedstawiono zalety oraz wady danego typu inhalatora.

Tabela 3. Zalety oraz ograniczenia inhalatorów typu pMDI, DPI oraz SMI.

Typ inhalatora	Zalety	Ograniczenia
Inhalator ciśnieniowy (pMDI)	- Przenośny - Kompaktowy - Wielodawkowy - Dawka dostarczona oraz wielkość cząsteczek nie zależą od siły wdechu - Odpowiedni do doraźnego przyjęcia dodatkowej dawki leku w razie duszności - Duża ilość substancji dostępna w tym typie inhalatora	- Konieczność koordynacji wdechu z uwolnieniem dawki leku - Nieodpowiedni dla dzieci (bez użycia komory inhalacyjnej) - Wysoka gardłowa depozycja leku dla dużych cząsteczek
Inhalator proszkowy (DPI)	- Przenośny, o małej wielkości - Aktywowany wdechem chorego - Wymagana mniejsza koordynacja - Szybki w użyciu - Duża ilość substancji dostępna w tym typie inhalatora	- Wymagany średni lub wysoki przepływ wdechowy dla pobrania leku - Nieodpowiedni dla małych dzieci - Wrażliwy na wilgoć - Wymaga załadowania dawki leku przed rozpoczęciem inhalacji
Inhalator miękkiej mgły (SMI)	- Przenośny - Wielodawkowy - Wymagany niski przepływ wdechowy - Mała prędkość aerozolu i długa ekspozycja na cząsteczki - Duża frakcja małych cząsteczek i wysoka depozycja płucna - Wymagana mniejsza koordynacja wdechu z uwolnieniem leku - Nie zawiera propelentu - Nie wymaga stosowania komory inhalacyjnej (>5 r.ż.) - Odpowiedni do stosowania u dzieci	- Nie jest aktywowany wdechem - Konieczność umieszczenia wkładu z lekiem przed pierwszym użyciem inhalatora

5.2.2 Prawidłowa technika inhalacji leków wziewnych

Wytyczne Global Initiative for Obstructive Lung Disease (GOLD) oraz Global Initiative for Astma (GINA) podkreślają znaczenie powtarzanego szkolenia chorego oraz sprawdzania techniki inhalacji leku wziewnego na wizytach lekarskich (1, 10). Dodatkowo lekarz zlecający aerozoloterapię powinien dopasować jej formę do pacjenta i jego preferencji. Obecnie wiele wskazówek dotyczących sposobu obsługi inhalatora chorzy mogą znaleźć na dedykowanych stronach internetowych jako filmy instruktażowe.

Prawidłowa technika inhalacji leków wziewnych jest zależna od typu używanego inhalatora (27, 28). Dla wszystkich typów inhalatorów konieczne jest prawidłowe przygotowanie do użycia: dla inhalatorów MDI, wstrząśnięcie inhalatora, jeżeli jest wskazane, dla DPI włożenie i przekłucie kapsułki lub załadowanie dawki leku oraz dla SMI obrócenie podstawy inhalatora w kierunku wskazywanym przez strzałki do momentu usłyszenia kliknięcia i odchylenie wieczka inhalatora. Kolejnym istotnym krokiem dla wszystkich typów inhalatorów jest wykonanie głębokiego, powolnego wydechu przez usta poza inhalator, a następnie szczelne objęcie ustnika pomiędzy ustami, powyżej języka. Najważniejszym etapem różniącym przyjęcie leku z różnych typów inhalatorów jest wykonywany wdech podczas inhalacji – dla MDI powinien być to głęboki, spokojny, powolny wdech skoordynowany z uwolnieniem dawki leku z inhalatora, dla DPI głęboki, szybki wdech oraz dla SMI naciśnięcie przycisku uwolnienia dawki leku podczas powolnego i głębokiego wdechu. Następnie należy wstrzymać wdech na szczycie na czas 3-5 sekund, optymalnie na 7-10 sekund, wyjąć inhalator z ust i wykonać wydech powietrza poza ustnik inhalatora. Jeżeli stosowany był inhalator kapsułkowy, należy sprawdzić, czy pozostała substancja czynna w kapsułce - jeśli tak, inhalację leku należy powtórzyć od początku. W przypadku konieczności przyjęcia ponownej dawki leku konieczne jest powtórzenie wszystkich kroków inhalacji.

Tabela 4. Elementy prawidłowej techniki inhalacji leków wziewnych.

MDI	DPI
1. Prawidłowe przygotowanie inhalatora do użycia (jeżeli wskazane, należy go wstrząsnąć)	1. Prawidłowe przygotowanie inhalatora do użycia (w zależności od rodzaju urządzenia: włożenie i przekłucie kapsułki lub załadowanie dawki leku)
2. Głęboki wydech przez usta poza inhalator	2. Głęboki wydech przez usta poza inhalator
3. Szczelne objęcie ustnika pomiędzy ustami, powyżej języka	3. Szczelne objęcie ustnika pomiędzy ustami, powyżej języka
4. Uwolnienie dawki leku wraz z rozpoczęciem wdechu	4. Głęboki, szybki wdech
5. Głęboki, spokojny, powolny wdech	
6. Zatrzymanie powietrza na szczycie wdechu przez co najmniej 3 sekundy (optymalnie przez 10 sekund)	5. Zatrzymanie powietrza na szczycie wdechu przez co najmniej 3 sekundy (optymalnie przez 10 sekund)
7. Wydech przez usta poza inhalator	6. Wydech przez usta poza inhalator
8. Jeżeli wskazane jest przyjęcie kolejnej dawki leku, należy powtórzyć inhalację od początku	7. Jeżeli stosowany był inhalator kapsułkowy, należy sprawdzić, czy pozostała substancja czynna w kapsułce; jeśli tak, inhalację leku należy powtórzyć od początku
	8. Jeżeli wskazane jest przyjęcie kolejnej dawki leku, należy powtórzyć inhalację od początku

5.2.3 Błędy w technice inhalacji leków wziewnych

Pomimo coraz nowszych inhalatorów mających za zadanie ułatwić pacjentom przyjmowanie leków wziewnych liczba chorych nieprawidłowo stosujących leki wziewne waha się od 25% do 80% (28-32). Sanchis i wsp. (30) potwierdzili, iż na przestrzeni 40 lat liczba popełnianych błędów wśród chorych przyjmujących leki wziewne nie uległa zmniejszeniu i pozostaje na stałym poziomie – ok. 31 % pacjentów z POChP popełnia błędy w trakcie inhalacji leków wziewnych.

W technice inhalacji leków wziewnych możemy posługiwać się pojęciem: błąd krytycznego, który określamy jako błąd w technice inhalacji leków wziewnych, z powodu którego nieodpowiednia ilość leku jest dostarczona do płuc oraz błąd niekrytycznego, który powoduje dostarczenie leku do płuc w zmniejszonej ilości w stosunku do przyjęcia leku przy

przestrzeganiu zasad prawidłowej techniki inhalacji (28, 33). Istnieją pewne rozbieżności, które z błędów powinny być uznane za krytyczne (28).

5.2.3.1 *Najczęstsze błędy popełniane w technice inhalacji leków wziewnych*

W zależności od badań jednymi z najczęściej pojawiających się błędów, bez względu na typ inhalatora, są: brak wydechu przed inhalacją, nieodpowiedni wdech oraz brak zatrzymania oddechu na szczycie wdechu (30, 34-36). Takie błędy powtarzały się też najczęściej we wcześniejszych pracach z naszego ośrodka (37).

Najczęstsze błędy popełniane przez chorych w inhalatorach typu DPI (30):

- brak wydechu przed inhalacją (46%),
- brak zatrzymania powietrza na szczycie wdechu (37%),
- nieprawidłowe przygotowanie inhalatora do użycia, np. niezaładowanie dawki leku, nieprawidłowe włożenie kapsułki z lekiem (29%).

Niewłaściwa koordynacja wdechu z uwolnieniem dawki (45%) jest jednym z kluczowych błędów popełnianych podczas stosowania inhalatorów ciśnieniowych.

Innymi częstymi błędami popełnianymi przez chorych w inhalatorach typu MDI są (30):

- brak wydechu przed przyjęciem leku (48%),
- brak zatrzymania powietrza na szczycie wdechu (46%),
- niewłaściwa siła oraz głębokość wdechu (44%).

Najczęstsze błędy popełniane przez chorych w inhalatorach typu SMI (38):

- brak wydechu poza inhalator przed rozpoczęciem inhalacji (47,8%),
- brak zatrzymania powietrza na szczycie wdechu (30,6%),
- nienaciśnięcie przycisku uwolnienia dawki leku podczas głębokiego i powolnego wdechu (27,9%).

5.2.4 Wpływ nieprawidłowego przyjmowania leków na przebieg choroby

Pojęcie błędu w technice inhalacji leków wziewnych jest istotne, ponieważ to skuteczność przyjmowania leku może przyczynić się do zmiany przebiegu choroby pacjenta. Wiele badań potwierdza, iż nieprawidłowy sposób przyjmowania leków przekłada się na nasilenie objawów choroby obturacyjnej powodując pogorszenie jakości życia chorych (39, 40) oraz osiągania znacząco niższych wartości FEV₁ w badaniu spirometrii (41) w stosunku

do pacjentów prawidłowo przyjmujących leki. Prowadzi to do nieprawidłowej kontroli choroby oraz częstszego występowania zaostrzeń zakończonych wizytami w izbie przyjęć oraz hospitalizacją. W badaniu Grandmaison i wsp., udokumentowano, że dwie trzecie pacjentów hospitalizowanych z powodu zaostrzenia POChP popełnia krytyczne błędy w technice inhalacji leków wziewnych (42). Ponadto błędy popełniane w technice inhalacji mogą prowadzić do zmniejszenia chęci przestrzegania zaleceń terapeutycznych przez chorych, ponieważ pacjenci mogą odczuwać zniechęcenie do terapii poprzez trudności w przyjmowaniu leków (43-45).

5.2.5 Wpływ nieprawidłowej techniki inhalacji leków w aspekcie ekonomicznym

Konsekwencją nieprawidłowej techniki inhalacji leków wziewnych jest gorsza kontrola choroby, co z kolei wpływa na zwiększone nakłady finansowe w ochronie zdrowia z powodu chorób obturacyjnych płuc. W Polsce, model opublikowany w 2015 r. oceniał, iż ze względu na nieprawidłową technikę inhalacji leków wziewnych, u chorych na astmę lub POChP, rocznie dochodzi do utraty 378 milionów złotych oraz 20,4 milionów złotych ze względów pośrednich związanych z produktywnością chorych (46). Badania pokazują, że koszty leczenia pacjentów z POChP rosną na przestrzeni lat – wydatki od 2001 do 2020 r. zwiększyły się o 48% (47).

5.2.6 Czynniki wpływające na technikę inhalacji

Na przestrzeni lat starano się znaleźć czynniki mogące wpływać na technikę inhalacji leków wziewnych. Wyniki wcześniejszych badań wskazują na potencjalne znaczenie wymienionych niżej czynników:

- wiek chorych

Jednym z głównych czynników wpływających na poprawność techniki inhalacji leków wziewnych, niemożliwym do modyfikacji, jest wiek chorych. Liczne badania wykazują, iż starsze osoby są bardziej narażone na popełnianie błędów podczas inhalacji leków wziewnych (28, 31, 48).

- zaburzenia funkcji poznawczych

Część badaczy sugeruje, iż większa liczba popełnianych błędów u osób starszych może być związana z zaburzeniami funkcji poznawczych (48). Chorzy z łagodnymi zaburzeniami funkcji poznawczych wciąż mogą przyjmować leki wziewne prawidłowo (49).

- ograniczona sprawność manualna dłoni

Kolejnym czynnikiem w starszym wieku są choroby zwyrodnieniowe m.in.

stawów rąk, co wpływa na trudność w chwytaniu i obsłudze inhalatorów. Jak podkreśla Usmani i wsp. trudności z obsługą inhalatora wynikające z upośledzonej sprawności z powodu choroby zwyrodnieniowej stawów, bólów stawów mogą utrudniać obsługę inhalatora i powodować popełnianie błędów w trakcie inhalacji (50).

- płeć

Pomimo wielu badań nie udało się jednoznacznie wykazać predyspozycji płci do popełniania większej ilości błędów podczas inhalacji leków wziewnych. W niektórych badaniach płeć żeńska predysponowała do większej ilości popełnianych błędów przy inhalowaniu, w innych badaniach więcej błędów przy inhalacji popełniali mężczyźni (48, 51-53).

- wykształcenie

Wcześniejsze badania potwierdzają wpływ niższego wykształcenia na nieprawidłową technikę inhalacji leków wziewnych (28, 54).

- ograniczenia fizjologiczne przepływu wdechowego

Stwierdzono, iż pacjenci z obniżonym FEV1 częściej popełniali błędy przy wykonywaniu techniki inhalacji. Może to świadczyć o tym, że pacjenci z gorszą funkcją płuc mogą mieć problemy z prawidłową techniką inhalacji (43).

- liczba i rodzaj używanych inhalatorów

Zarówno zalecenia GINA jak i GOLD (1, 10) oraz liczne badania w tym Usmani i wsp. z 2019 r. zwracają uwagę na większe ryzyko wystąpienia niepoprawnej techniki inhalacji w zależności od jednoczesowego stosowania większej ilości rodzajów inhalatorów (30, 31, 33). Dlatego obecnie zaleca się stosowanie leków łączonych w jednym inhalatorze, a jeśli jest to niemożliwe, stosowanie jednego typu inhalatora dla wszystkich leków wziewnych.

W niektórych wcześniejszych badaniach wykazano, że rodzaj inhalatora może mieć istotne znaczenie, gdyż częstsze błędy w technice inhalacji leków wziewnych popełniają chorzy stosujący leki w inhalatorach MDI (48, 52, 55, 56).

5.2.7 Istotność szkolenia techniki inhalacji leków wziewnych

Kluczowym czynnikiem modyfikowalnym, wpływającym na poprawność techniki inhalacji leków wziewnych jest szkolenie. Liczne badania wskazują, iż pacjenci, którzy nie byli nigdy szkoleni jak prawidłowo przyjmować leki mają gorszą technikę inhalacji leków wziewnych (28, 33, 34). Zarówno dokumenty GINA jak i GOLD podkreślają konieczność powtarzalnego szkolenia techniki inhalacji leków wziewnych na każdej wizycie lekarskiej (1, 10). Pomimo zaleceń, jedynie 30-42% pacjentów deklarowało przebyte szkolenie z prawidłowej techniki inhalacji leków wziewnych poprzez personel medyczny (34, 57, 58). Jak dotąd, nie istnieje złoty standard nauki chorych prawidłowej techniki inhalacji leków wziewnych (44). Wykorzystuje się metody nauki osobistej (przy pomocy instruktazu „face-to-face”), niekiedy dołączając dodatkowo materiały edukacyjne w postaci ulotki z krokami inhalacji lub w formie krótkiego filmu (59-61). Jednak metaanaliza autorstwa Klijn i wsp. wskazuje, iż rozbudowane formularze oceniające poszczególne kroki inhalacji stanowią jeden z najważniejszych czynników warunkujących skuteczność szkolenia. Większa liczba kroków inhalacji ocenianych podczas treningu inhalacji leków wziewnych, prowadzi do lepszych efektów nauczania, precyzyjniejszej korekcji błędów i wyższej skuteczności szkolenia (62). W opublikowanym w 2025 r. przeglądzie systematycznym z metaanalizą Marko i wsp. (44) potwierdzono, iż każda metoda edukacyjna przynosi korzyść związaną z poprawą techniki inhalacji leków wziewnych przez pacjentów. Istotnym jest, iż efekt pojedynczego szkolenia techniki inhalacji przemija, dlatego też chorzy powinni być szkoleni co 3 miesiące lub częściej (37, 63, 64).

5.2.8 Metody oceny techniki inhalacji leków wziewnych

Pomimo obserwowanych od lat błędów popełnianych podczas inhalacji nie udało się ustalić złotego standardu oceny techniki inhalacji leków wziewnych. Również pojęcie błędu krytycznego różni się pomiędzy badaniami, co odzwierciedla badanie Usmani i wsp. (28). Pomimo wielu stosowanych metod oceny techniki inhalacji u pacjentów (65) jedynymi zwalidowanymi urządzeniami są inhalatory typu smart monitorujące oraz rejestrujące kroki techniki inhalacji oraz urządzenie Vitalograph®AIM (66-68), jednakże oba urządzenia nie oceniają wszystkich kroków prawidłowego przyjęcia leku z inhalatorów. Innym urządzeniem pomocnym do oceny techniki inhalacji leków wziewnych oceniającym generowany przez chorego przepływ wdechowy w zależności od stosowanego inhalatora jest In-Check Dial® (podrozdział 5.2.1.1, 5.2.1.2). W celu oceny wszystkich kroków, badacze tworzą listy błędów oceniając kolejne etapy inhalacji leku wziewnego, różnią się one pomiędzy badaniami (28) oraz

nie są walidowane co powoduje, iż obecnie brak jest definicji prawidłowej lub nieprawidłowej techniki inhalacji leków wziewnych, wspólnej bądź zbliżonej dla prowadzonych badań (69).

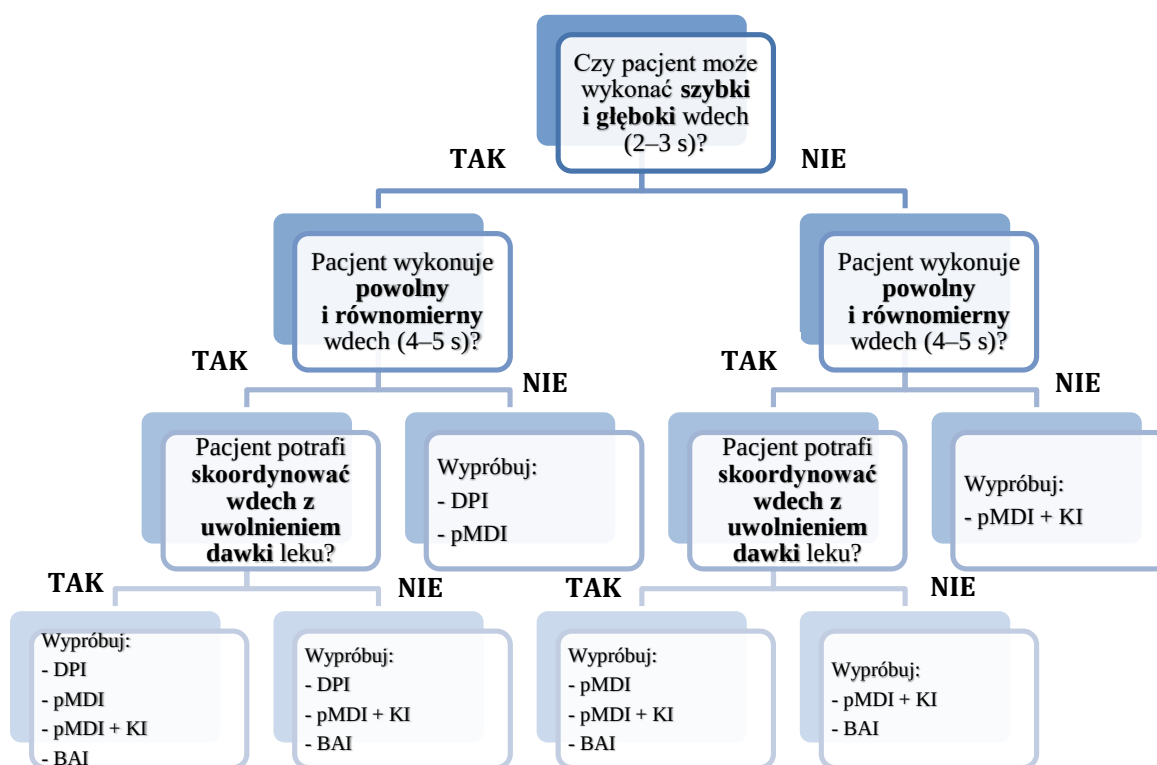
5.2.9 Dobór odpowiedniego inhalatora

Zgodnie z wyżej omówionymi punktami leczenie chorych na astmę i POChP to nie tylko dobór odpowiedniego leku, ale również odpowiedniego inhalatora dla chorego i przeszkolenie go z prawidłowego przyjęcia leku wziewnego.

Wybierając odpowiedni inhalator dla chorego powinniśmy brać pod uwagę wszystkie powyżej omówione punkty, jednakże nie na wszystkie mamy wpływ. Do czynników które, podlegają modyfikacji należą:

1. stosowanie jak najmniejszej liczby różnych inhalatorów,
2. unikanie pochopej zmiany inhalatorów bez sprawdzenia czy chory dobrze przyjmuje lek wziewny,
3. dopasowanie inhalatora do chorego poprzez sprawdzenie czy chory generuje odpowiedni PIF oraz wykonuje prawidłowo technikę inhalowania leku wziewnego,
4. ocena chorego pod kątem zręczności, precyzyjności ruchów rąk, zaburzeń poznawczych oraz umiejętności koordynacji wdechu z przyjęciem leku w przypadku inhalatorów typu MDI i SMI.

Poniżej na Rycinie 3 przedstawiono schemat ułatwiający podjęcie decyzji o wyborze inhalatora dopasowanego do pacjenta.



Rycina 3. Uproszczony schemat wyboru inhalatora.

BAI – inhalator ciśnieniowy aktywowany wdechem; DPI – inhalator proszkowy; KI – komora inhalacyjna; pMDI – inhalator ciśnieniowy

5.3 Osiągnięcia naukowe kandydata na tle dotychczasowego stanu wiedzy

Lek. Izabela Domagała-Mańczyk już jako studentka SKN Alveolus uczestniczyła w grupie badawczej, w ramach której zajmowała się tematyką dotyczącą techniki inhalacji leków wziewnych i uczestniczyła w prowadzeniu badań klinicznych; w tym badań z randomizacją. Efektem badań prowadzonych w Klinice Chorób Wewnętrznych, Pneumonologii i Alergologii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego były wyniki 2 opublikowanych prac oryginalnych: „*Impact of a Single Session of Inhalation Technique Training on Inhalation Skills and the Course of Asthma and COPD.*” DOI: 10.4187/respcare.06740 oraz „*Mishandling of pMDI and DPI inhalers in asthma and COPD – Repetitive and non-repetitive errors.*” DOI: 10.1016/j.pupt.2018.06.002.

Kontynuując badania dotyczące tego zagadnienia, lek. Izabela Domagała-Mańczyk rozpoczęła studia jako słuchacz w Szkole Doktorskiej Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego realizując projekt badania „*Czynniki wpływające na poprawność techniki inhalacji leków wziewnych u chorych na astmę lub POChP*”. Jednocześnie rozpoczęła szkolenie specjalizacyjne w zakresie chorób wewnętrznych, w Klinice Chorób Wewnętrznych, Pneumonologii i Alergologii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego

Niniejsza rozprawa doktorska opiera się na cyklu 3 prac: 1 pracy pogładowej oraz 2 pracach oryginalnych.

Wstęp do rozprawy doktorskiej oparty jest na pracy pogładowej („*Najczęstsze błędy popełniane przez chorych w technice inhalacji leków wziewnych*”).

W roku 2023 kandydatka zaprezentowała na zjeździe American Thoracic Society, Washington DC pracę pt. „*Factors influencing correctness of inhalation technique.*”, która stanowiła wstęp do publikacji pracy „*Expectations versus reality in inhalation technique. A case-control study of inhalation technique in patients with asthma or COPD*”, stanowiącej element obecnej rozprawy doktorskiej.

Druga praca oryginalna stanowiąca kontynuację rozprawy „*Limitation of the effectiveness of inhalation training in patients with asthma and COPD*” stanowi rozwinięcie tematu poszukując czynników mogących mieć istotny wpływ na efektywność szkolenia w zakresie poprawnej techniki inhalowania.

Tematyka cyklu publikacji kandydatki dotyczy ważnego problemu techniki inhalacji leków wziewnych u chorych na astmę i POChP, która pomimo upływającego czasu i licznych badań pozostaje aktualnym problemem klinicznym.

6 Materiał i metody

Badania składające się na rozprawę doktorską zostały przeprowadzone od stycznia 2021 roku do grudnia 2023 r. jako badanie jednoosrodkowe przeprowadzone w Klinice Chorób Wewnętrznych Pulmonologii i Alergologii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego. Zaplanowane badanie uzyskało zgodę komisji bioetycznej (KB/68/2019) oraz zostało zarejestrowane w rejestrze badań klinicznych ClinicalTrial.gov (NCT04203446).

Pacjentami zakwalifikowanymi do badania byli chorzy na astmę lub POChP będący w trakcie hospitalizacji w Klinice Chorób Wewnętrznych, Pneumonologii i Alergologii WUM lub pozostający pod opieką Poradni Pulmonologicznej działającej przy Klinice w wieku od 18 do 85 lat stosujący regularnie od co najmniej 3 miesięcy przynajmniej jeden lek wziewny w formie inhalatora. Wszyscy chorzy uczestniczący w badaniu zostali poinformowani o celu badania oraz jego przebiegu i wyrazili pisemną zgodę na wykorzystanie wyników badań poddanych późniejszej analizie.

Po uzyskaniu świadomej zgody, sprawdzana była u chorych poprawność techniki inhalacji leków wziewnych przy pomocy:

- listy najczęstszych błędów,
- 4 stopniowej ankiety oceniającej poprawność techniki inhalacji,
- przy pomocy urządzenia In-Check Dial® oceniano szczytowy przepływ wdechowy (PIF).

Następnie zbierane były następujące dane:

- ogólne dane demograficzne oraz dane dotyczące wykształcenia,
- dane dotyczące czasu trwania choroby, jej wcześniejszego przebiegu, palenia tytoniu, liczby wcześniejszych szkoleń z techniki inhalacji leków wziewnych, źródła uzyskania informacji o tym, jak stosować leki wziewne, regularności wizyt u lekarza POZ lub specjalisty,
- test kontroli astmy (ACT) lub kwestionariusz oceny objawów POChP (CAT),
- ocena jakości życia związanej z chorobą (za pomocą odpowiednio: kwestionariusza św. Jerzego w POChP lub kwestionariusza jakości życia AQLQ w astmie),

- ocena motywacji do leczenia za pomocą ankiety własnej oraz ocena odsetka przyjmowanych dawek leków wziewnych w stosunku do planu leczenia w ciągu ostatnich 4 tygodni,
- ocena zaburzeń poznawczych za pomocą Krótkiej Skali Oceny Stanu Umysłowego (MMSE) analizowanej pod nadzorem neurologa z Kliniki Neurologii WUM,
- orientacyjna ocena obecności zaburzeń wzroku i słuchu,
- wyniki badania spirometrii.

Na koniec badania każdy chory, który popełniał błędy podczas inhalacji został przeszkolony w zakresie poprawnej techniki inhalacji leków wziewnych. Szkolenie było prowadzone indywidualnie z wykorzystaniem inhalatorów pacjenta, inhalatorów demonstracyjnych i In-Check Dial®. Bezpośrednio po szkoleniu ponownie oceniono poprawność techniki inhalowania w celu oceny skuteczności treningu.

Wyniki przeprowadzonych prac zawarto w 3 publikacjach:

Praca nr 1

„Najczęstsze błędy popełniane przez chorych w technice inhalacji leków wziewnych”.

Praca pogładowa na podstawie dostępnego piśmiennictwa dotycząca analizy błędów popełnianych w trakcie techniki inhalacji leków wziewnych u chorych na astmę i POChP. Praca ta oparta była o analizę i podsumowanie publikacji z wcześniejszych lat.

Praca nr 2

“Expectations versus reality in inhalation technique. A case -control study of inhalation technique in patients with asthma or COPD.”

1. Badana grupa

Do analizy włączono 180 pacjentów między 18 a 85 rokiem życia, chorujących na astmę lub POChP, u których oceniono technikę inhalacji leków wziewnych przy pomocy:

- listy najczęstszych błędów utworzonej na podstawie literatury,

- 4 stopniowej ankiety oceniającej poprawność techniki inhalacji, gdzie 1 odpowiadała bardzo dobrej technice inhalacji leków wziewnych, a 4 niepoprawnej.

Ponadto zostały zebrane dane dotyczące potencjalnych czynników mogących wpływać na technikę inhalacji leków wziewnych, a także oceniony został przepływ wdechowy (PIF) każdego pacjenta.

2. Metodologia

Poddano retrospektywnie analizie dane kliniczne pacjentów.

Chorych przyporządkowano do grupy pacjentów z prawidłową techniką inhalacji leków wziewnych (jeśli uzyskali 1 lub 2 punkty w 4-stopniowej skali oraz popełnili 2 lub mniej błędów przy ocenie listą błędów) lub nieprawidłową techniką inhalacji (pozostali chorzy).

Wykonano modele jednoczynnikowe regresji logistycznej. Spośród zmiennych mających w tych modelach istotny wpływ na poprawność inhalacji, wybrano zmienne, które włączono do modelu wieloczynnikowego regresji logistycznej. Zmienne oceniono pod kątem występowania współliniowości, którą wykluczono oraz wykonano walidację modelu.

3. Cel badania

- Ocena odsetka chorych na astmę i POChP, którzy popełniają błędy podczas inhalowania leków wziewnych.
- Poszukiwanie czynników wpływających na prawidłową technikę inhalacji leków wziewnych.

Praca nr 3

“Limitation of the effectiveness of inhalation training in patients with asthma and COPD”.

1. Badana grupa

Do badania włączono 180 pacjentów w tym 115 chorujących na astmę oraz 65 na POChP stosujących regularnie co najmniej 1 lek wziewny od 3 miesięcy. U chorych oceniono technikę inhalacji leków wziewnych za pomocą odpowiednich kwestionariuszy oraz zebrano dane dotyczące możliwych czynników wpływających na skuteczność treningu prawidłowej techniki inhalacji leków wziewnych. Następnie chorzy, którzy popełnili co najmniej jeden błąd

w technice inhalacji leków wziewnych zostali przeszkoleni przez badacza z prawidłowego przyjmowania leków wziewnych, a ich technika inhalacji ponownie została oceniona.

2. Metodologia

Badanie kliniczno-kontrolne oceniające skuteczność szkolenia techniki inhalacji oraz oceniające czynniki wpływające na skuteczność tego szkolenia.

Pacjenci zostali podzieleni po szkoleniu na dwie grupy:

- Grupa I – pacjenci, którzy poprawili technikę inhalacji leków wziewnych tzn. po szkoleniu nie popełniali błędów w trakcie przyjmowania leków wziewnych oraz osiągnęli prawidłowy PIF dla stosowanego inhalatora,
- Grupa II – pacjenci, którzy nie poprawili techniki inhalacji leków wziewnych mimo szkolenia.

Szkolenie było prowadzone indywidualnie z wykorzystaniem inhalatorów własnych chorego, inhalatorów pokazowych i urządzenia In-Check Dial®. Trening trwał od 3 do 20 minut, tak długo aż pacjent potrafił poprawnie inhalować zalecane leki lub do czasu zmęczenia oddechowego pacjenta lub jego rezygnacji z dalszego treningu.

Analizę opisową danych wykonano przy pomocy oprogramowania Microsoft Excel. Do analizy statystycznej użyto język programowania „r” (Version 3, 2007; <https://www.R-project.org/Licenses/>). Różnice między grupami pacjentów (poprawa techniki inhalacji vs brak poprawy) została oceniona za pomocą testu t studenta dla danych o rozkładzie normalnym, testu U Manna-Whitneya dla danych o rozkładzie nienormalnym i testu chi kwadrat dla zmiennych jakościowych. Wartość $p < 0,05$ przyjęto jako granicę istotności statystycznej. Na podstawie jednoczynnikowych modeli regresji logistycznej wybrano zmienne do wieloczynnikowych modeli regresji logistycznej.

3. Cel badania

- Określenie czynników wpływających na skuteczność szkolenia techniki inhalacji leków wziewnych.

7 Założenia i cel pracy

Prawidłowa technika inhalacji leków wziewnych pozostaje istotnym problemem wśród pacjentów chorych na choroby obturacyjne układu oddechowego. Wytyczne GINA jak i GOLD podkreślają znaczenie prawidłowej techniki inhalacji chorych na astmę lub POChP (1, 10). Liczne badania wskazują, iż prawidłowa technika przyjmowania leków przyczynia się do poprawy stosowania zaleceń lekarskich przez chorych, poprawia skuteczność leczenia, zmniejsza nasilenie objawów choroby obturacyjnej i powoduje poprawę jakości życia chorych (70-74). Współpracę przy stosowaniu leków, czyli adherencję można ocenić przy pomocy narzędzi takich jak kwestionariusz TIA (ang. test of adherence to inhalers), którego elementem jest także ocena techniki inhalacji leków wziewnych (75, 76). Dobra współpraca i stosowanie się do zaleceń zwiększają satysfakcję chorych i motywację do kontynuowania leczenia przewlekłego (44, 45). Prawidłowa technika inhalacji wpływa też na zmniejszenie kosztów ekonomicznych związanych z leczeniem chorób obturacyjnych poprzez zmniejszenie kosztów hospitalizacji chorych z powodu zaostrzeń oraz ich niezdolności do pracy.

Pomimo prowadzonych badań, dostępności coraz lepszych inhalatorów, edukacji dotyczącej techniki inhalacji leków wziewnych odsetek chorych na astmę i POChP, którzy przyjmują leki wziewne nieprawidłowo, nie maleje na przestrzeni ostatnich 40 lat (77). Wcześniejsze nasze badania potwierdziły, że w Polsce wśród chorych hospitalizowanych odsetek pacjentów, którzy popełniają błędy w technice inhalacji jest wysoki (do 92%), a większość popełnianych błędów podczas inhalowania jest powtarzalna (37). Pomimo zaleceń, nadal duża grupa pacjentów deklaruje, iż pomimo przewlekłego stosowania leczenia wziewnego nigdy nie byli szkoleni jak prawidłowo stosować inhalatory (31, 58). Dodatkowo warto zwrócić uwagę, iż personel medyczny czasami nie potrafi zademonstrować, jak pacjent powinien prawidłowo inhalować leki wziewne, a jednocześnie twierdzi, iż zna zasady poprawnej inhalacji leków (78-80).

Dotychczas nie udało się ustalić, jak powinno wyglądać optymalne szkolenie techniki inhalacji leków wziewnych. Wcześniejsze badania wskazują na skuteczność bezpośredniego szkolenia „twarzą w twarz”, z wykorzystaniem inhalatorów pokazowych lub materiałów edukacyjnych, np. ulotek, nagrań video oraz wykorzystaniu urządzeń typu „smart inhalers” lub z wykorzystaniem narzędzi takich jak Vitalograph®AIM lub In-Check Dial®. Vitalograph®AIM umożliwia sprawdzenie techniki inhalacji, wykrycie i zobrazowanie, na

którym etapie popełniany jest błąd. Dodatkowo poprzez zobrazowanie graficzne może pokazać błędy pacjentowi, co wspomaga trening poprawnej techniki inhalowania. Z kolei In-Check Dial® to narzędzie służące do pomiarów PIF przy symulowanym oporze danego inhalatora. Choć wiadomo, iż osoba szkoląca i rodzaj szkolenia odgrywa istotną rolę w osiągnięciu prawidłowej techniki inhalacji, to dodatkowe znaczenie ma systematyczne powtarzanie szkoleń (32, 49).

Uwzględniając częste nieprawidłowe przyjmowanie leków wziewnych przez chorych na astmę lub POChP, zaplanowano badania dotyczące tego tematu. Tematyka jest kontynuacją wcześniejszych badań, w które zaangażowana była Autorka rozprawy doktorskiej.

Na rozprawę doktorską składają się 3 publikacje powiązane ze sobą tematycznie, których cele przedstawione zostały poniżej.

Cele projektu:

1. Ocena odsetka chorych na astmę i POChP, którzy popełniają błędy podczas inhalowania leków wziewnych.
2. Określenie czynników wpływających na nieprawidłową technikę inhalacji leków wziewnych u chorych na astmę lub POChP.
3. Ocena bezpośredniej skuteczności szkolenia techniki inhalacji leków wziewnych w badanej grupie.
4. Poszukiwanie czynników wpływających na skuteczność przeprowadzonego szkolenia techniki inhalacji leków wziewnych u chorych na astmę lub POChP.

8 Kopie opublikowanych prac

8.1 Publikacja nr 1

45

PULMONOLOGIA

Najczęstsze błędy popętniane przez chorych w technice inhalacji leków wziewnych

- Typy inhalatorów oraz ich zalety i wady
- Czynniki istotne przy wyborze inhalatora dla konkretnego pacjenta
- Rola szkolenia pacjenta z zakresu korzystania z danego typu inhalatora i regularnego monitorowania techniki korzystania z urządzenia



lek.
Izabela Domagała



lek.
Marta Miszczuk-Cieśla



dr hab. n. med.
Marta Dąbrowska

Klinika Chorób Wewnętrznych, Pneumonologii i Alergologii, Warszawski Uniwersytet Medyczny

www.podyplomie.pl/medycynapodyplomie • listopad 2022

Choć początki terapii inhalacyjnej sięgają 3500 lat wstecz, to jej burzliwy rozwój rozpoczął się niespełna 70 lat temu, kiedy w 1956 r. wprowadzono do sprzedaży pierwszy inhalator ciśnieniowy będący pierwowzorem urządzeń stosowanych obecnie¹. Stanowiło to przełom w leczeniu astmy – skuteczny lek zawarty w przenośnym i łatwym do użycia urządzeniu, powszechnie dostępny, o lepszym niż leki doustne profilu bezpieczeństwa szybko zyskał akceptację pacjentów. Doprowadziło to do poprawy jakości życia milionów pacjentów na całym świecie oraz zapobiegło wielu zgonom w przebiegu astmy. Od tamtej pory obserwuje się szybki rozwój coraz nowszych i lepszych rodzajów inhalatorów stosowanych nie tylko w astmie, lecz także w przewlekłej obturacyjnej chorobie płuc (POCHP) oraz w innych chorobach obturacyjnych (m.in. w mukowiscydozie, rozstrzeni oskrzeli). Opracowano nowe cząsteczki leków stosowanych wziewnie, nowe typy inhalatorów oraz wprowadzono wiele innowacji w zakresie ich budowy. W latach 70. XX wieku pojawiły się inhalatory proszkowe, a od początku XXI wieku najnowsze typy inhalatorów – inhalatory miękkiej mgły. W ciągu lat stosowane urządzenia ewoluowały, co doprowadziło do powstania inhalatorów, które znamy obecnie. Sukcesywnie wzrasta liczba pacjentów, którzy codziennie z nich korzystają.

Zarówno w stabilnym okresie choroby, jak i w zaostrzeniach leki stosowane wziewnie stanowią podstawę leczenia farmakologicznego astmy i POChP^{2,3}. Obie te jednostki są częstymi przewlekłymi chorobami układu oddechowego. Dane dotyczące częstości występowania POChP różnią się w zależności od kraju, jednak od kilkudziesięciu lat stale obserwuje się wzrost zapadalności, a także umieralności z jej powodu. W Polsce częstość występowania POChP wynosi 10,9% w populacji >40. r.z., co odpowiada ponad 2 mln osób⁴. Warto pamiętać, że podstawę leczenia POChP stanowi zaprzestanie palenia tytoniu, a farmakoterapia łagodzi jedynie objawy choroby.

Astma jest chorobą, która występuje u osób w każdym wieku: często wśród dzieci, młodzieży i młodych dorosłych, ale też wśród starszych pacjentów. Częstość jej występowania szacuje się na 1-18% populacji w zależności od kraju. W Polsce dotyczy 5-10% osób dorosłych. Według prognoz World Health Organization (WHO) w 2025 r. liczba chorych na astmę na świecie wzrośnie do 400 mln⁵.

Rola prawidłowej techniki inhalacji leków wziewnych w leczeniu astmy i POChP

Leki stosowane wziewnie przynoszą zamierzony efekt terapeutyczny jedynie w przypadku, gdy zostaną przyjęte we właściwy sposób. Celem wziewnego stosowania leków jest dostarczenie ich bezpośrednio do dróg oddechowych i uzyskanie prawidłowej depozycji płucnej. Zaletą leków przyjmowanych tą drogą jest ich mała biodostępność, co pozwala osiągnąć duże ich stężenie w drogach oddechowych i szybki początek działania przy jednoczesnym ograniczeniu działań niepożądanych związanych z ogólnoustrojowym działaniem preparatu⁶.

Prawidłowe przyjmowanie leków wziewnych przez pacjentów chorych na POChP prowadzi do lepszej kontroli objawów

choroby, zmniejszenia częstości występowania oraz ciężkości zaostrzeń oraz poprawy tolerancji wysiłku fizycznego⁷. U chorych na astmę popełniających błędy podczas stosowania leków wziewnych kontrola choroby jest gorsza, a ryzyko jej zaostrzenia oraz wystąpienia działań niepożądanych stosowanej terapii większe⁸.

Przegląd systematyczny badań dotyczących wpływu błędów popełnianych podczas inhalacji leków wziewnych na przebieg choroby wykazał, że zwiększenie liczby błędów u chorych na astmę lub POChP wiąże się z nasileniem objawów schorzenia⁹. Udokumentowano ponadto, że nauka prawidłowej techniki inhalacji leków wziewnych skutkująca zmniejszeniem liczby popełnianych błędów prowadzi do istotnej poprawy kontroli objawów choroby oraz jakości życia⁴. Większa liczba błędów podczas inhalacji leków wziewnych koreluje z rocznym wzrostem kosztów bezpośrednich i pośrednich ponoszonych przez system opieki zdrowotnej w opiece nad chorymi na astmę i POChP⁷.

Autorzy wytycznych Global Initiative for Asthma (GINA) i Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) podkreślają znaczenie właściwej techniki inhalacji leków wziewnych w terapii chorych na astmę i POChP^{2,3}. Poprawność korzystania z inhalatora powinna być oceniana podczas każdej wizyty lekarskiej. Nie istnieje jeden idealny inhalator dla wszystkich pacjentów. Decyzję o jego wyborze należy podejmować indywidualnie dla każdego pacjenta, biorąc pod uwagę jego predyspozycje oraz preferencje. Ocena poprawności stosowania leków wziewnych oraz przestrzegania zaleceń lekarskich jest jednym z elementów postępowania, które zakłada poprawę kontroli choroby oraz zmniejszenie ryzyka wystąpienia zaostrzeń. Na rycinie 1 przedstawiono strategię proponowaną w wytycznych GINA mającą na celu zapewnienie prawidłowego korzystania z inhalatora. Bezwzględnie należy pamiętać o przeszkoleniu pacjenta ze sposobu korzystania z inhalatora w czasie rozpoczynania terapii nowym lekiem wziewnym. W przypadku stwierdzenia nieprawidłowej kontroli astmy przed intensyfikacją farmakoterapii należy zawsze sprawdzić poprawność techniki inhalacji leków wziewnych.

Na podobne elementy zwracają uwagę autorzy dokumentu GOLD³, podkreślając konieczność dopasowania inhalatora do indywidualnych oczekiwań i możliwości pacjenta. Wskazują na konieczność praktycznego szkolenia chorego z zakresu poprawnej obsługi zaleconego inhalatora, sprawdzania techniki inhalacji w czasie wizyt kontrolnych, a zwłaszcza przed ewentualną modyfikacją leczenia.

Typy inhalatorów

Inhalatory aktualnie dostępne na rynku dzielą się na 3 główne typy:

- inhalatory proszkowe (DPI – dry powder inhaler)
- inhalatory ciśnieniowe (pMDI – pressurized metered-dose inhaler)
- inhalatory miękkiej mgły (SMI – soft mist inhaler).

Różnią się one sposobem generacji aerozolu oraz techniką inhalacji. Każdy z nich ma swoje zalety i ograniczenia, dlatego warto znać ich odmienności.

PULMONOLOGIA

Wybierz	- Wybierz najodpowiedniejszy inhalator dla danego pacjenta, biorąc pod uwagę dostępne typy inhalatorów, umiejętności i ograniczenia chorego oraz koszty - Użycie komory inhalacyjnej w inhalatorach ciśnieniowych poprawia dotarcie leku do oskrzeli, w przypadku glikokortykosteroidów zmniejsza nasilenie działań niepożądanych - Unikaj terapii lekami w kilku typach inhalatorów w tym samym czasie
Sprawdź	- Sprawdź poprawność techniki inhalacji leków wziewnych podczas każdej wizyty lekarskiej - Pacjent powinien zaprezentować sposób przyjmowania leków wziewnych (nie pytaj go, czy wie, w jaki sposób stosować inhalator) - Identyfikuj błędy popełniane przez pacjenta przy użyciu listy potencjalnych błędów podczas inhalacji dla danego typu inhalatora
Poprawiaj	- Zaprezentuj choremu sposób właściwego korzystania z inhalatora, np. używając inhalatora z placebo - Ponownie sprawdź technikę inhalacji, zwracając uwagę na trudne elementy. Niezbędne może być powtórzenie tego procesu 2-3 razy - Jeśli mimo szkolenia pacjent nie jest w stanie poprawnie korzystać z inhalatora, rozważ wybór innego typu urządzenia - Regularnie sprawdzaj technikę inhalacji. Po wstępnym szkoleniu błędy często pojawiają się ponownie w ciągu 4-6 tygodni
Potwierdź	- Lekarze powinni potrafić zaprezentować prawidłową technikę inhalacji dla każdego typu inhalatora, który przepisują choremu - Farmaceuci oraz pielęgniarki mogą przeprowadzać skuteczne szkolenie prawidłowej techniki inhalacji leków wziewnych

Rycina 1. Elementy strategii prawidłowego wyboru i korzystania z inhalatora dla chorych na astmę na podstawie wytycznych Global Initiative for Asthma²

Jedną z istotnych cech różniących te typy inhalatorów jest wytwarzany przez nie opór wewnętrzny. Istotne jest, aby pacjent był w stanie go pokonać i wygenerować odpowiedni przepływ wdechowy niezbędny do pobrania leku. W inhalatorach typu DPI opór wewnętrzny jest większy – wymagany przepływ wdechowy mieści się w zakresie 30-120 l/min, a dla MDI wynosi 15-30 l/min⁹. W inhalatorach proszkowych wygenerowanie odpowiedniego przepływu przez urządzenie poprzez wdech chorego umożliwia pobranie proszku, jego dyspersję i wygenerowanie chmury aerozolu leczniczego niezbędnej do właściwej depozycji w płucach. W przypadku inhalatorów ciśnieniowych aerozol leczniczy jest uwalniany pod ciśnieniem po naciśnięciu dozownika z lekiem. Zaletą MDI jest mała siła wdechu niezbędna do pobrania leku, jednak wadę stanowi konieczność koordynacji uwolnienia dawki preparatu z wdechem¹⁰.

Przy wyborze inhalatora coraz większą uwagę zwraca się na wpływ leków wziewnych na środowisko. Stosowanie inhalatorów ciśnieniowych skutkuje pozostawieniem większego śladu węglowego niż w przypadku inhalatorów proszkowych. Jest to związane z wykorzystywaniem związku chemicznego należącego do grupy hydrofluoroalkanów (HFA) jako propelentu w inhalatorach ciśnieniowych. Aktualnie produkowane MDI zawierają HFA 227a i HFA 134a, jednak od kilku lat trwają intensywne badania nad opracowaniem nowych nośników wywierających mniejszy wpływ na środowisko¹¹.

Zadaniem lekarza jest kompleksowa analiza wszystkich uwa-runkowań, a zatem dobór nie tylko odpowiedniej substancji

czynnej, lecz także optymalnego inhalatora dopasowanego do potrzeb i ograniczeń danego pacjenta z uwzględnieniem wpływu stosowanych urządzeń na środowisko¹⁰.

Metody oceny techniki inhalacji leków wziewnych

Nie ma jednego rekomendowanego sposobu oceny poprawności stosowania leków wziewnych. Brak złotego standardu postępowania utrudnia codzienną pracę z pacjentami oraz prowadzenie i analizę badań naukowych nad poprawnością techniki inhalacji leków wziewnych. Pośród błędów popełnianych podczas stosowania inhalatorów wyróżnia się tzw. błędy krytyczne, czyli takie, które skutkują znacznym ograniczeniem dostarczenia leku do płuc⁷.

Do oceny techniki inhalacji leków wziewnych najczęściej stosuje się metodę opartą na liście potencjalnych błędów popełnianych w inhalacji¹² (tab. 1). Takie listy są tworzone z uwzględnieniem kluczowych elementów, które muszą być przestrzegane podczas stosowania inhalatorów.

Oceny techniki inhalacji dokonuje lekarz lub inny przeszkolony pracownik medyczny podczas obserwacji chorego w czasie przyjmowania leku wziewnego. Ograniczeniem tej metody jest fakt, że bazuje ona na subiektywnej opinii osoby oceniającej i wymaga doświadczenia.

Wykorzystywana jest również metoda oparta na skali poprawności techniki inhalacji. Polega na obserwacji chorego

Tabela 1. Najczęstsze błędy popełniane przez chorych korzystających z inhalatorów ciśnieniowych (MDI) oraz proszkowych (DPI)

MDI	DPI
• Brak wydechu przed inhalacją • Brak wstrząśnięcia inhalatora (o ile jest wymagane) • Brak zdjęcia przykrywkę inhalatora • Trzymanie inhalatora w innej pozycji niż pionowa • Kilka uwolnień leku w czasie jednej inhalacji • Inhalacja leku przez zamknięte usta, język, zęby • Uwolnienie leku w drugiej połowie wdechu lub po jego zakończeniu • Szybki i natężony wdech • Za wcześnie zatrzymanie wdechu • Wdech przez nos podczas inhalacji • Brak zatrzymania powietrza na szczycie wdechu przez co najmniej 3 sekundy	• Brak wydechu przed inhalacją • Brak otwarcia inhalatora • Brak załadowania kapsułki/nieprawidłowe załadowanie dawki (zależnie od typu inhalatora) • Nieprzekucie kapsułki • Wydech do inhalatora • Wdech przez nos podczas inhalacji • Za wcześnie zatrzymanie wdechu • Niedokładne objęcie ustnika inhalatora • Wolny i nienatężony wdech • Brak zatrzymania powietrza na szczycie wdechu przez co najmniej 3 sekundy • Brak powtórnej inhalacji z tej samej kapsułki (o ile jest zalecana) • Niekontrolowanie, czy w kapsułce pozostała reszta leku

podczas stosowania leków wziewnych, a następnie przypisaniu techniki inhalacji do odpowiedniej kategorii – np. technika inhalacji poprawna, średnia, zła i bardzo zła. Sposób ten również jest niedoskonały, ponieważ podobnie jak wyżej opisany bazuje na subiektywnej ocenie, a ponadto nie daje dokładnych informacji o poszczególnych błędach popełnianych przez chorego, co jest niezbędne do nauki prawidłowej techniki inhalacji¹².

W ocenie techniki inhalacji wykorzystuje się też aparaty monitorujące jej poprawność (np. Vitalograph®). Przy użyciu urządzenia zawierającego inhalatory treningowe oraz aerozol z placebo można w czasie rzeczywistym przedstawić wraz z pacjentem takie kluczowe etapy inhalacji, jak: uwolnienie dawki leku, prawidłowa siła i długość wdechu oraz zatrzymanie powietrza na szczycie wdechu. Wynikiem badania jest obraz przedstawiający miejsce depozycji leku (niewłaściwe uwolnienie dawki leku, depozycja w gardle, w górnych drogach oddechowych, w dolnych drogach oddechowych) oraz ocena poprawności kluczowych elementów inhalacji (kolor zielony – prawidłowy, czerwony – nieprawidłowy). Niewątpliwą zaletą tego typu urządzeń jest możliwość pokazania choremu, że poprawa wcześniej błędnych elementów inhalacji skutkuje lepszą depozycją leku w płucach. Ograniczenie stanowi ocena tylko wybranych elementów inhalacji oraz stosunkowo mała dostępność aparatu¹³.

Urządzeniem pomocnym zarówno w ocenie techniki inhalacji, jak i w jej nauce jest In-Check Dial®. Dzięki niemu można określić wartość szczytowego przepływu wdechowego (PIF – peak inspiratory flow) i ustalić, czy jest on odpowiedni do korzystania z danego typu inhalatora. Możliwość odzwierciedlenia oporów wytwarzanych przez różne typy inhalatorów ułatwia pacjentowi zrozumienie intensywności przepływu powietrza niezbędnego do pobrania leku¹⁴.

Błędy popełniane przez chorych podczas przyjmowania leków wziewnych

Odsetek pacjentów popełniających błędy podczas przyjmowania leków wziewnych różni się zależnie od badania. Pewne jest jednak, że większość pacjentów je popełnia. Metaanaliza badań wykazała, że 86,8% pacjentów stosujących inhalatory ciśnieniowe popełnia przynajmniej jeden błąd, a w przypadku

inhalatorów proszkowych jest to 60,9% chorych¹⁵. Warto jednak wziąć pod uwagę, że mniej jest dostępnych badań dotyczących inhalatorów proszkowych. Co więcej, pomimo coraz lepszego dostępu do wiedzy i coraz doskonalszych inhalatorów liczba błędów popełnianych przez chorych podczas ich stosowania nie zmniejszyła się w ciągu ostatnich 40 lat¹². Mulhall i wsp. wykazali w badaniu, że 1/5 pacjentów chorujących na POChP nie była pewna, jak lub kiedy stosować leki wziewne, a 25% badanych regularnie miało wątpliwości, czy ich inhalatory działają poprawnie¹⁶.

Problemem w edukacji chorych z zakresu techniki inhalacji leków wziewnych może być również niewystarczająca wiedza pracowników ochrony zdrowia. Badania wykazują, że jedynie 15-69% pracowników medycznych potrafi zaprezentować choremu prawidłowy sposób przyjmowania leków wziewnych¹⁷. W tabeli 2 przedstawiono najważniejsze elementy prawidłowej techniki inhalacji leków wziewnych dla inhalatorów ciśnieniowych i proszkowych.

Inhalatory proszkowe

Inhalatory proszkowe dzielą się na inhalatory jednodawkowe, które wymagają włożenia kapsułki zawierającej lek przed każdym manewrem inhalacji, oraz na inhalatory wielodawkowe, które zawierają określoną liczbę dawek leku. Liczba kroków, które należy wykonać w czasie przyjmowania leku, zależy od typu inhalatora. Producenci leków wziewnych dążą do minimalizowania liczby czynności niezbędnych przy stosowaniu inhalatora oraz do tego, by jego używanie było jak najbardziej intuicyjne, a budowa urządzenia zapobiegała popełnieniu krytycznych błędów w czasie inhalacji¹⁸.

Chorzy częściej stosują inhalatory proszkowe niż ciśnieniowe. Obecnie w Polsce dostępnych jest blisko 10 różnych typów inhalatorów proszkowych (m.in. Turbuhaler®, Aerolizer®, Handihaler®, Breezhaler®, Easyhaler®, Dysk®, Ellipta®, Novolizer®). Tak duża różnorodność DPI może sprzyjać błędom w technice inhalacji przy zmianach tych urządzeń w obrębie jednej grupy¹⁸.

Przegląd systematyczny badań dotyczących błędów podczas korzystania z inhalatorów¹² wykazał, że najczęstszymi

PULMONOLOGIA

Tabela 2. Elementy prawidłowej techniki inhalacji leków z inhalatorów ciśnieniowych (MDI) oraz proszkowych (DPI)

MDI	DPI
• Prawidłowe przygotowanie inhalatora do użycia (jeżeli wskazane, należy go wstrząsnąć) • Głęboki wydech przez usta poza inhalator • Szczelne objęcie ustnika pomiędzy ustami, powyżej języka • Uwolnienie dawki leku wraz z rozpoczęciem wdechu • Głęboki, spokojny, powolny wdech • Zatrzymanie powietrza na szczycie wdechu przez co najmniej 3 sekundy (optymalnie przez 10 sekund) • Wydech przez usta poza inhalator • Jeżeli wskazane jest przyjęcie kolejnej dawki leku, należy powtórzyć inhalację od początku	• Prawidłowe przygotowanie inhalatora do użycia (w zależności od rodzaju urządzenia: włożenie i przekucie kapsułki lub załadowanie dawki leku) • Głęboki wydech przez usta poza inhalator • Szczelne objęcie ustnika pomiędzy ustami, powyżej języka • Głęboki, szybki wdech • Zatrzymanie powietrza na szczycie wdechu przez co najmniej 3 sekundy (optymalnie przez 10 sekund) • Wydech przez usta poza inhalator • Jeżeli stosowany był inhalator kapsułkowy, należy sprawdzić, czy pozostała substancja czynna w kapsułce; jeśli tak, inhalację leku należy powtórzyć od początku • Jeżeli wskazane jest przyjęcie kolejnej dawki leku, należy powtórzyć inhalację od początku

nieprawidłowościami podczas korzystania z inhalatorów proszkowych są:

- brak wydechu przed inhalacją (46%)
- brak zatrzymania powietrza na szczycie wdechu (37%)
- nieprawidłowe przygotowanie inhalatora do użycia, np. niezaladowanie dawki leku, nieprawidłowe włożenie kapsułki z lekiem (29%).

U chorych stosujących inhalatory proszkowe należy zwrócić uwagę na wartość szczytowego (maksymalnego) przepływu wdechowego, jaki potrafi osiągnąć pacjent. Hua i wsp. wykazali, że 10,8% pacjentów stosujących inhalatory proszkowe nie osiąga PIF o wartości 30 l/min, czyli minimalnego poziomu niezbędnego do stosowania inhalatorów proszkowych, a 55,9% badanych nie uzyskało wartości 60 l/min uważanej za optymalną dla skutecznego stosowania większości DPI¹⁴. Jest to szczególnie istotne, ponieważ u takich chorych zachowanie wszystkich pozostałych prawidłowych elementów inhalacji będzie skutkowało niepełnym efektem leczenia. Udokumentowano jednak, że szkolenie przy użyciu urządzenia In-Check Dial® prowadzi do istotnego wzrostu odsetka pacjentów osiągających zarówno minimalny, jak i optymalny szczytowy przepływ wdechowy dla inhalatorów proszkowych¹⁴.

Inhalatory ciśnieniowe

Chociaż inhalatory ciśnieniowe są najdłużej dostępne na rynku, to grupa ta nie jest tak różnorodna pod względem budowy jak inhalatory proszkowe. Modyfikacją klasycznych inhalatorów ciśnieniowych są inhalatory ciśnieniowe aktywowane wdechem (BAI – breath actuated inhaler), których dużą zaletą jest brak konieczności koordynacji uwolnienia dawki leku z rozpoczęciem wdechu¹⁰. Jest to istotne, ponieważ badania wykazują, że niewłaściwa koordynacja wdechu z uwolnieniem dawki jest jednym z najczęstszych błędów (45%) popełnianych podczas stosowania inhalatorów ciśnieniowych. Innymi częstymi błędami są:

- brak wydechu przed przyjęciem leku (48%)
- brak zatrzymania powietrza na szczycie wdechu (46%)
- niewłaściwa siła oraz głębokość wdechu (44%) – najczęściej zbyt silny i szybki wdech¹².

Inhalatory miękkiej mgły

Najmłodszym typem inhalatorów jest inhalator miękkiej mgły. Obecnie w Polsce z tej grupy urządzeń dostępny jest tylko RespiMat®. Prawidłowy sposób korzystania z niego uwzględnia następujące kroki:

- sprawdzenie wkładu z lekiem
- trzymanie inhalatora w pozycji pionowej
- obrócenie podstawy inhalatora w kierunku wskazywanym przez strzałki do momentu usłyszenia kliknięcia
- odchylenie wieczka inhalatora
- unikanie nieumyślnego uruchomienia inhalatora
- wykonanie głębokiego i powolnego wydechu poza inhalator
- szczelne objęcie ustami ustnika
- trzymanie inhalatora w pozycji poziomej i kierowanie go w stronę tylnej ściany gardła
- naciśnięcie przycisku uwolnienia dawki leku podczas powolnego i głębokiego wdechu
- kontynuowanie powolnego i głębokiego wdechu przez usta
- wstrzymanie wdechu na 10 sekund
- wyjęcie inhalatora z ust i wydech powietrza
- powtórzenie wszystkich kroków w celu przyjęcia drugiego rozpylenia leku
- zamknięcie wieczka.

W metaanalizie badań dotyczących błędów popełnianych podczas stosowania inhalatorów miękkiej mgły wykazano, że 58,9% pacjentów robi przynajmniej jeden¹⁰. W badaniach analizujących krok po kroku czynności wykonywane przez chorych stwierdzono, że najczęstszymi błędami popełnianymi przez nich podczas stosowania tego typu urządzeń są:

- niewykonanie wydechu poza inhalator przed rozpoczęciem inhalacji (47,8% pacjentów)
- brak zatrzymania powietrza na szczycie wdechu (30,6%)
- nienaciśnięcie przycisku uwolnienia dawki leku podczas głębokiego i powolnego wdechu (27,9%)
- trzymanie inhalatora w niewłaściwej pozycji (22,6%)
- nieobrócenie podstawy inhalatora w kierunku wskazywanym przez strzałki, aż do momentu usłyszenia kliknięcia (17,6%).

Pomimo dość skomplikowanego sposobu ładowania dawki inhalator SMI ma swoje istotne zalety, przede wszystkim uwalnia lek pod małym ciśnieniem, co zmniejsza wrażenie

Tabela 3. Zalety i ograniczenia poszczególnych typów inhalatorów

Typ inhalatora	Zalety	Ograniczenia
Inhalator ciśnieniowy (pMDI)	• Przenośny • Kompaktowy • Wielodawkowy • Dawka dostarczona oraz wielkość cząsteczek nie zależą od siły wdechu • Szybki i łatwy w użyciu • Odpowiedni do doraźnego przyjęcia dodatkowej dawki leku w razie duszności • Duża ilość substancji dostępna w tym typie inhalatora	• Konieczność koordynacji wdechu z uwolnieniem dawki leku • Nieodpowiedni dla dzieci (bez użycia komory inhalacyjnej) • Duża gardłowa depozycja leku dla dużych cząsteczek
Inhalator proszkowy (DPI)	• Przenośny, o małej wielkości • Aktywowany wdechem chorego • Wymagana mniejsza koordynacja • Szybki w użyciu • Duża ilość substancji dostępna w tym typie inhalatora	• Wymagany średni lub wysoki przepływ wdechowy dla pobrania leku • Nieodpowiedni dla małych dzieci • Wrażliwy na wilgoć • Wymaga załadowania dawki leku przed rozpoczęciem inhalacji
Inhalator miękkiej mgły (SMI)	• Przenośny • Wielodawkowy • Wymagany niski przepływ wdechowy • Mała prędkość aerozolu i długa ekspozycja na cząsteczki • Duża frakcja małych cząsteczek i wysoka depozycja płucna • Wymagana mniejsza koordynacja wdechu z uwolnieniem leku • Nie zawiera propelentu • Nie wymaga stosowania komory inhalacyjnej (>5 r.ż.) • Odpowiedni do stosowania u dzieci	• Nie jest aktywowany wdechem • Konieczność umieszczenia wkładu z lekiem przed pierwszym użyciem inhalatora

podrażnienia w obrębie gardła, a jednocześnie umożliwia pobranie leku nawet tym chorym, którzy mają problem z generowaniem wysokiego przepływu wdechowego^{10,18}.

Co wziąć pod uwagę, wybierając inhalator dla chorego?

Przy wyborze leku wziewnego dla konkretnego pacjenta tak samo ważny jak wybór substancji leczniczej jest dobór odpowiedniego inhalatora – nawet najlepsza cząsteczka lecznicza nie osiągnie pełnego działania, kiedy nie zostanie skutecznie dostarczona do dolnych dróg oddechowych. Co prawda część błędów popełnianych przez chorych można wyeliminować poprzez odpowiedni dobór inhalatora, ale niektóre elementy prawidłowej techniki inhalacji (np. konieczność zatrzymania powietrza na szczycie wdechu) będą krytyczne niezależnie od typu stosowanego urządzenia.

Zaleca się, żeby w czasie wyboru inhalatora brać pod uwagę preferencje pacjenta. Rolą lekarza prowadzącego leczenie jest upewnienie się, czy chory będzie w stanie korzystać z danego urządzenia we właściwy sposób^{2,30}. Czynniki wpływające na wybór inhalatora przez pacjentów jest prostota i wygoda w użyciu (np. wielkość, trwałość) oraz doświadczenia związane z korzystaniem z danego urządzenia (np. smak, wystąpienie działań niepożądanych).

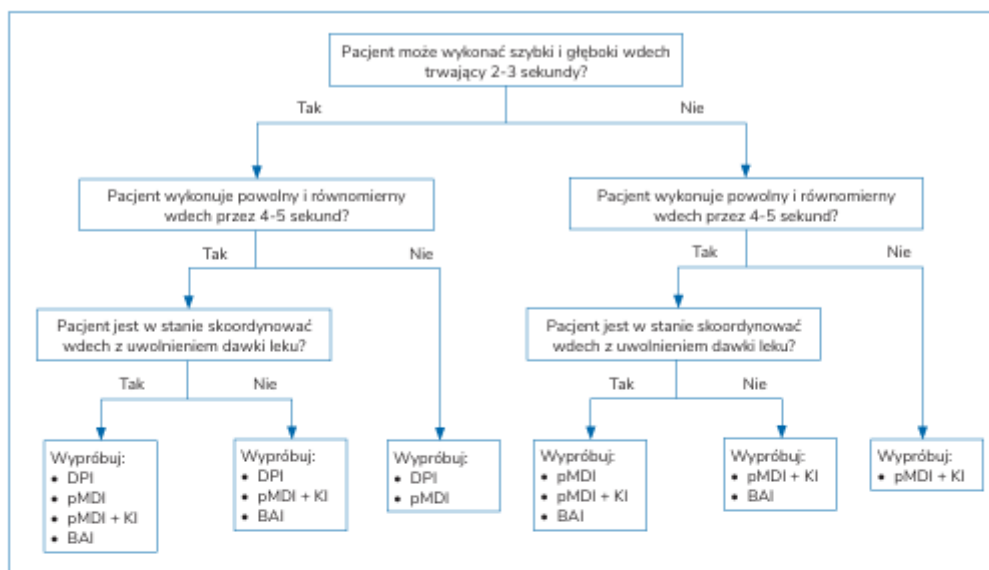
Zaleca się, by dążyć do optymalizacji leczenia poprzez ograniczenie liczby stosowanych przez pacjenta inhalatorów. Niewątpliwie zwiększenie liczby różnych typów inhalatorów,

z których chory korzysta, wpływa na wzrost liczby błędów popełnianych w czasie stosowania leków wziewnych¹⁵. Idealnie byłoby, gdyby chory używał tylko jednego typu inhalatora, jednak często pacjenci korzystają z kilku typów urządzeń, które obsługuje się w odmienny sposób. W tabeli 3 przedstawiono zalety oraz ograniczenia inhalatorów proszkowych, ciśnieniowych i miękkiej mgły.

Przy wyborze inhalatora kluczowym elementem jest ocena siły wdechu wykonywanego przez chorego. Jeśli dla niego naturalny jest wolny i równomierny wdech, wtedy pierwszym wyborem powinien być inhalator ciśnieniowy. W przypadku gdy chory bez problemu wykonuje szybki i natężony wdech, osiągając PIF >60 l/min, wtedy właściwy może być inhalator proszkowy. Kolejnym ważnym elementem w wyborze inhalatora jest umiejętność koordynacji uwolnienia dawki leku wraz z rozpoczęciem wdechu. W inhalatorach proszkowych oraz ciśnieniowych aktywowanych wdechem uwolnienie dawki leku jest powiązane z wdechem chorego i nie wymaga koordynacji. Inaczej jest w inhalatorach typu MDI i SMI. W przypadku problemu z synchronizacją uwolnienia dawki leku i wykonania wdechu u chorych korzystających z inhalatorów ciśnieniowych rozwiązaniem może być stosowanie komory inhalacyjnej.

Na rycinie 2 przedstawiono uproszczony schemat wyboru inhalatora proponowany w brytyjskich rekomendacjach National Institute for Health and Care Excellence (NICE). W przypadku wyboru inhalatora proszkowego należy sprawdzić, czy szczytowy przepływ wdechowy osiągnięty przez

PULMONOLOGIA



Rycina 2. Uproszczony schemat wyboru inhalatora

BAI – inhalator ciśnieniowy aktywowany wdechem; DPI – inhalator proszkowy; KI – komora inhalacyjna; pMDI – inhalator ciśnieniowy

chorego mieści się w zakresie optymalnym dla wybranego urządzenia. Jak już wspomniano, można to zrobić np. za pomocą urządzenia In-Check Dial^{®14}.

Wybierając inhalator, należy również wziąć pod uwagę inne czynniki zależne od pacjenta. Osobami stosującymi leki wziewne często są osoby w starszym wieku, które mogą mieć trudności z wykonywaniem precyzyjnych czynności. Może to być związane z takimi chorobami współistniejącymi, jak choroba zwyrodnieniowa stawów dłoni, dolegliwości bólowe stawów, przebyte udar mózgu, osłabienie siły mięśniowej. Warto też pamiętać, że pogorszenie funkcji poznawczych utrudnia naukę i zapamiętanie prawidłowego sposobu stosowania leków wziewnych¹⁰.

Po wyborze inhalatora ważne jest regularne sprawdzanie, czy pacjent prawidłowo przyjmuje lek wziewny, i systematyczne szkolenie z zakresu prawidłowego stosowania urządzenia. Badania oceniające skuteczność nauki prawidłowej techniki inhalacji leków wziewnych wykazują, że maleje ona wraz z upływem czasu. W związku z tym tak ważna jest systematyczna ocena techniki inhalacji leków wziewnych oraz modyfikowanie błędów popełnianych przez chorych⁸.

Podsumowanie

Leki stosowane wziewnie są podstawą terapii chorób obturacyjnych, w tym astmy i POChP. Od ich poprawnego przyjmowania zależy efekt leczenia, przebieg choroby oraz jakość życia pacjentów. Wytyczne GINA i GOLD podkreślają rolę poprawnej techniki inhalacji leków wziewnych w leczeniu astmy i POChP, jednak badania wykazują, że wielu chorych stale popełnia liczne błędy podczas ich przyjmowania. Błędy popełniane przez chorych zależą od typu stosowanego inhalatora. Dobór odpowiedniego urządzenia dla pacjenta jest kluczowym elementem terapii. Trzeba również pamiętać o regularnym szkoleniu pacjentów i personelu medycznego z zakresu prawidłowej techniki inhalacji leków wziewnych.

Adres do korespondencji:
lek. Izabela Domagała
Klinika Chorób Wewnętrznych, Pneumologii i Alergologii,
Uniwersyteckie Centrum Kliniczne Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego
ul. Banacha 1A, 02-097 Warszawa
e-mail: izabela.domagala@wum.edu.pl,
tel. 22 599 27 50

© 2022 Medical Tribune Polska Sp. z o.o.

ABSTRACT

The most frequent errors made by patients in the use of inhaled medication

Inhaled medications are the cornerstone of the treatment of obstructive diseases, including asthma and COPD. The effects of treatment, the presentation of the disease and the patient's quality of life depend on the correct use of inhaled drugs. The GINA and GOLD recommendations emphasize the importance of proper inhalation technique for the treatment of asthma and COPD. However, it has been shown that many patients tend to make errors when using inhaled medications. Errors made by patients depend on the type of the inhaler they use. Choosing the right inhaler is the key element in the treatment of patients with obstructive lung diseases. Providing patients with regular education on how to correctly use inhalers is a crucial component of the management of asthma or COPD.

Pismoennictwo

1. Stein SW, Thiel CG. The History of Therapeutic Aerosols: A Chronological Review. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv* 2017;30(1):20-41. doi: 10.1089/jamp.2016.1297
2. Global Strategy for Asthma Management and Prevention, 2023. www.ginaasthma.org
3. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Diseases. Report 2022. www.goldcopd.org
4. Bazzi AS, McDermott MA, Volkmann WM, et al. International variation in the prevalence of COPD (the BOLD Study): a population-based prevalence study [published correction appears in *Lancet* 2012;380(9844):806]. *Lancet* 2007;370(9585):741-50. doi: 10.1016/S0140-6736(07)61377-4
5. Pawankar R. Allergic diseases and asthma: a global public health concern and a call to action. *World Allergy Organ J* 2014;7:12
6. Winkler J, Hochhaus G, Derendorf H. How the lung handles drugs: pharmacokinetics and pharmacodynamics of inhaled corticosteroids. *Proc Am Thorac Soc* 2004;1(4):356-63. doi: 10.1513/pats.200403-025MS
7. Uemari OS, Lavorini F, Marshall J, et al. Critical inhaler errors in asthma and COPD: a systematic review of impact on health outcomes. *Respir Res* 2018;19(1):10. doi: 10.1186/s12931-017-0710-y
8. Klijn SL, Hüggenmaier M, Evera SMAA, et al. Effectiveness and success factors of educational inhaler technique interventions in asthma & COPD patients: a systematic review. *NPJ Prim Care Respir Med* 2017;27(1):24. doi: 10.1038/s41533-017-0022-1
9. Haidt P, Heindl S, Simon K, et al. Inhalation device requirements for patients' inhalation maneuvers. *Respir Med* 2016;118:65-75. doi: 10.1016/j.rmed.2016.07.013
10. Uemari OS. Choosing the right inhaler for your asthma or COPD patient. *The Clin Risk Manag* 2019;15:461-72. doi: 10.2147/TCRM.S160365
11. Emeryk A, Sosnowski T, Kupczyk M i wsp. Wpływ inhalatorów stosowanych w leczeniu chorób układu oddechowego na globalne ocieplenie. *Pneum (Pol)* 2021;2(3-4):137-48
12. Sanchez J, Gich I, Pedersen S. Aerosol Drug Management Improvement Team (ADMIT). Systematic review of errors in inhaler use: Has patient technique improved over time? *Chest* 2016;150(2):394-406. doi: 10.1016/j.chest.2016.03.041
13. Shealy KM, Parada VC, Sliemer ML, et al. Evaluation of the prevalence and effectiveness of education on Metered-Dose Inhaler technique. *Respir Care* 2017;62(7):882-7. doi: 10.4187/respcare.05246
14. Hua JL, Ye XF, Du CL, et al. Optimizing inhalation therapy in the aspect of peak inhalation flow rate in patients with chronic obstructive pulmonary disease or asthma. *BMC Pulm Med* 2021;21(1):302. doi: 10.1186/s12890-021-01674-5
15. Chrysalis H, van der Pelen J, Sharma R, et al. Device errors in asthma and COPD: systematic literature review and meta-analysis. *NPJ Prim Care Respir Med* 2017;27(1):22. doi: 10.1038/s41533-017-0018-z
16. Mulhali AM, Zafar MA, Record S, et al. A Tablet-Based multimedia education tool improves provider and subject knowledge of inhaler use techniques. *Respir Care* 2017;62(2):163-71. doi: 10.4187/respcare.05008
17. Inhaler Error Steering Committee, Price D, Boanic-Anticovich S, et al. Inhaler competence in asthma: common errors, barriers to use and recommended solutions. *Respir Med* 2013;107(1):37-46. doi: 10.1016/j.rmed.2012.09.017
18. Emeryk A, Pirożynski M, Emeryk-Makymiak J. Dry powder inhalers – between the doctor and the patient. *Adv Respir Med* 2018;85(1):44-52. doi: 10.5603/ARM.2017.0061
19. Navia M, Dembek C, Cho-Royas S, et al. Device use errors with soft mist inhalers: A global systematic literature review and meta-analysis. *Chron Respir Dis* 2020;17:1479973119901234. doi: 10.1177/1479973119901234

Article

Expectations Versus Reality in Inhalation Technique—A Case–Control Study of Inhalation Technique in Patients with Asthma or COPD

Izabela Domagała-Mańczyk ¹, Marta Miszczuk-Cieśla ¹, Marta Maskey-Warzęchowska ¹, Michał Zielecki ², Piotr Szczudlik ²  and Marta Dąbrowska ^{1,*} 

¹ Department of Internal Medicine, Pulmonary Diseases and Allergy, Medical University of Warsaw, Banacha 1A, 02-097 Warsaw, Poland; izabelamdomagala@gmail.com (I.D.-M.)

² Department of Neurology, Medical University of Warsaw, Banacha 1A, 02-097 Warsaw, Poland

* Correspondence: marta.dabrowska1@wum.edu.pl; Tel.: +48-22-5992562; Fax: +48-22-5991560

Abstract

Background/Objectives: Correct inhalation technique (IT) is crucial in the management of airway obstructive diseases. However, inhaler misuse among patients is frequent. The aim of the study was to assess IT and analyze factors influencing inhalation errors in adults with asthma and COPD. **Methods:** This single-center case–control study involved 180 adults with asthma or COPD. IT was evaluated using a checklist of common errors, a four-grade dedicated scale, and peak inspiratory flow. Patients with correct and incorrect IT were compared across multiple factors, including demographics, disease duration and severity, motivation for treatment, spirometry results, cognitive function, visual or hearing disorders and prior training in inhaler use. **Results:** A total of 115 patients with asthma and 65 patients with COPD were analyzed. Among them, only 59 patients (32.8%) were treated with 1 inhaler. Sixty-eight patients (37.8%) used all their inhalers properly. Correct IT was observed more frequently among DPI compared to MDI users ($p < 0.001$). Only 76 patients (42.2%) reported previous training in IT. No differences were found between correct and incorrect inhaler users (MDI or DPI) regarding age, gender, education, treatment motivation, visual or hearing impairments or cognitive disorders. Among MDI users, those with correct IT more often read the drug leaflet ($p = 0.015$). Among DPI users, proper technique was associated with better self-assessment ($p = 0.046$) and a higher rate of prior inhalation training ($p = 0.001$). **Conclusions:** Most adults with asthma or COPD do not use their inhalers properly, particularly patients using MDI. Insufficient education in the field of proper IT is still a burning issue.

Keywords: chronic obstructive pulmonary disease (COPD); asthma; inhaler technique; factors associated with poor inhaler technique



Academic Editor: Silvano Dragonieri

Received: 27 August 2025

Revised: 19 September 2025

Accepted: 22 September 2025

Published: 27 September 2025

Citation: Domagała-Mańczyk, I.; Miszczuk-Cieśla, M.; Maskey-Warzęchowska, M.; Zielecki, M.; Szczudlik, P.; Dąbrowska, M.

Expectations Versus Reality in Inhalation Technique—A Case–Control Study of Inhalation Technique in Patients with Asthma or COPD. *J. Clin. Med.* **2025**, *14*, 6848.

<https://doi.org/10.3390/jcm14196848>

jcm14196848

Copyright: © 2025 by the authors.

Licensee MDPI, Basel, Switzerland.

This article is an open access article

distributed under the terms and

conditions of the Creative Commons

Attribution (CC BY) license

(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Inhaled therapy is the cornerstone in the treatment of asthma and chronic obstructive pulmonary disease (COPD). Among the wide spectrum of inhalers, the oldest are pressurized metered dose inhalers (MDI), which deliver medication as an aerosol. They most frequently contain rescue medication but may also be used in the delivery of standard therapy in both asthma and COPD. Now, the most frequently used inhalers are dry powder inhalers (DPI), and there is a wide spectrum of different inhalers in this group. Soft mist inhalers (SMI) are used relatively rarely, and their inhalation technique is similar to MDI.

Despite the wide offer of inhaler devices and various solutions to facilitate correct inhaler use, the proportion of patients with improper inhalation technique (IT) is reported to range from 25% to 80% [1–4]. Improper IT is associated with increased symptom severity and increased risk of disease exacerbations, resulting in more frequent emergency visits and hospitalizations [5–7]. Poor disease control, incorrect IT results in lower quality of life, worse prognosis and high healthcare resource utilization [3,4,7–10]. Moreover, inhaler misuse may lead to reduced compliance and adherence because the patient may be discouraged by the difficulties encountered during medication intake [10–12]. Apart from the choice of the type of medication, the selection of the optimal inhaler device should also be carefully considered and be based on the measurement of peak inspiratory flow (PIF) [10,13], assessment of the patient's cognitive function, manual dexterity, vision acuity and patient preference.

Both the Global Initiative for Asthma (GINA) and the Global Initiative for Obstructive Lung Disease (GOLD) recommend monitoring inhalation technique on follow-up visits, particularly in patients with poor disease control, and emphasize the need to verify inhaler use in every patient who experiences a disease exacerbation [1,14–16]. Even as many as two-thirds (65.5%) of patients hospitalized due to COPD exacerbation make critical mistakes while using their inhalers [6]. When analyzing factors that increase the probability of worse inhalation technique, results of studies are not consistent, but some of them indicate that patients who make inhalation mistakes are more likely to be older, have cognitive impairment [17–20], more frequently use metered dose inhalers (MDI) or more than one type of inhaler and achieve lower PIF [2,4,10,13,16,21]. More frequent inhaler mishandling and lower adherence to treatment were reported for patients who did not receive instructions or an inhaler use demonstration [22–24]. Of note, patients who underwent IT training improved their inhaler use only temporarily [25], which supports the need for monitoring inhaler competence over time as recommended by GINA and GOLD [14,15].

The increasing awareness of the importance of competent inhaler use, clear recommendations for IT monitoring, user-friendly innovations introduced in inhaler devices, and the shift towards combined double and triple inhaled medications still have not significantly changed the incidence of inhaler misuse. In their systematic review, Sanchis et al. have shown that over the last 40 years, inhaler misuse remains at a relatively constant level of approximately 31% in patients with COPD [2]. These results point to the ongoing need to search for factors that influence improper inhaling techniques in patients with obstructive diseases.

The objective of the present study was to assess the proportion of patients with correct inhalation technique and to identify the factors influencing errors in IT in adults with asthma and COPD.

2. Materials and Methods

2.1. General Study Design

This single-center, case-control study was conducted between January 2021 and December 2023 on patients diagnosed with asthma or COPD, regularly taking inhaled medications. Inhalation technique was evaluated with the help of a checklist of the most common mistakes and rated on a 4-grade scale (1—very good, 2—good, 3—rather bad and 4—bad). IT was defined as correct when rated 1 or 2 in this 4-point scale or when a maximum of two mistakes were noted during inhalation, provided that neither of these mistakes was critical. Additionally, peak inspiratory flow (PIF) was assessed in every patient using In-Check Dial.

All patients who made any inhalation errors were offered IT training.

Patient analysis included clinical and demographic data, pulmonary function, education level, motivation for treatment, previous IT training, basic cognitive function and visual disorders.

The study was approved by the Institutional Review Board (KB/68/2019) and registered at ClinicalTrials.gov (NCT04203446). All patients signed an informed consent to participate.

2.2. Patients

This study included adults with asthma or COPD treated at the Department of Internal Medicine, Pulmonary Diseases and Allergy of the Medical University of Warsaw, who were admitted due to exacerbation of obstructive disease or remained under the care of the respiratory outpatient clinic. When hospitalization or a visit to the outpatient clinic was associated with obstructive disease exacerbation, IT was assessed at the end of hospitalization or during an additional follow-up visit, after the patient's condition stabilized and the symptoms of exacerbation resolved.

The study inclusion criteria were as follows: (1) age 18–85 years; (2) diagnosis of asthma or COPD at least 3 months prior to study inclusion; and (3) recommendations of regular daily intake of inhaled medication via at least one inhaler: metered dose inhaler (MDI), dry powder inhaler (DPI) or soft mist inhaler (SMI). Exclusion criteria comprised the following: (1) seasonal or only emergency use of inhaled medications; (2) symptoms of acute respiratory infection (within 5 days of infection symptoms onset); and (3) use of MDI with a spacer.

2.3. Methods

The correctness of IT was assessed with the help of a checklist of the most common inhalation errors described for MDI and DPI (Supplementary Table S1) [4,16,26]. For patients who used SMI, the list of errors elaborated for MDI was applied: SMI users were grouped with MDI users for analysis. IT was further rated on a 4-grade scale, as described above. Correct IT was defined as IT rated 1 or 2, and when a maximum of two mistakes occurred during inhalation, excluding critical errors. Critical errors were defined as mistakes resulting in failure to deliver the medication dose, based on the most common mistakes reported in previous studies [4,16,27]. Additionally, peak inspiratory flow was measured by means of In-Check Dial G16 (Clement Clarke International Ltd., Wales, UK). An adequate PIF for MDI was 30–60 L/min, while for DPI– 50–120 L/min, respectively [28,29].

As most patients used more than one type of inhaler, factors influencing correct IT were analyzed separately for MDI (MDI grouped with SMI) and DPI users.

The following data were collected in all patients:

- General demographic and education data;
- Clinical data on asthma or COPD, as well as comorbidities;
- Data on the duration of the disease, its previous course;
- Disease control assessed with the use of the asthma control test (ACT) or COPD Assessment Test (CAT), when appropriate [30,31];
- Spirometry results (Lung Test 1000 spirometer (MES, Kraków, Poland)) [32,33];
- Disease-related quality of life (St. George's Questionnaire for COPD and the AQLQ Quality of Life Questionnaire for Asthma, respectively) [34,35];
- Number of former IT training sessions and/or sources of information on proper IT via prescribed device;
- Motivation for treatment was evaluated with the use of a dedicated 8-item questionnaire created for the purpose of the study (Supplementary Table S2);

- Cognitive impairment assessed using the Short Mental Status Assessment Scale (MMSE) and Clock Drawing Test (CDT)—in the Polish population, with a score < 27 points suggestive of cognitive dysfunction [36–38];
- Potential visual or hearing impairment was evaluated in an indicative assessment using both questionnaires and ophthalmological Snellen charts.

2.4. Statistical Analysis

Statistical analysis was performed using the “R” programming language (Version 3, 2007; <https://www.R-project.org/Licenses/>) (accessed on 28 January 2025). The descriptive analysis of the survey questions was performed in the “Microsoft Excel” software. The normality of the distribution was assessed on the basis of qq charts (the “R Studio” program <https://www.R-project.org/Licenses/> (accessed on 28 January 2025)). The relationships between the variables were assessed by Student’s t-test for quantitative variables with a normal distribution and the Wilcoxon test for quantitative variables with a distribution other than normal, applying the p value of <0.050 as the significance limit.

Based on the results of our previous studies [25], we assumed that only 20% of subjects have proper IT, and we designed the current study to find differences in the proportion of any determinants, e.g., previous inhalation training of 30% between patients who inhale properly vs. those whose IT is poor. Power analysis and sample size calculations indicated that a sample size of 155 subjects would provide 90% statistical power to detect significant differences between the two groups ($\alpha = 0.05$, $\beta = 0.10$).

Univariate logistic regression models were performed. Among the variables that had a significant impact on the correctness of inhalation in these models, variables were selected and included in the multivariate model of logistic regression. Collinearity of the variables was excluded. The model was evaluated by checking the AUC, AIC (Akaike’s Information Criterion) and BIC (Bayesian Information Criterion) and performing model validation. For this purpose, the research group was divided into a training group and a test group in a ratio of 7:3. The model was trained on a training set and then evaluated on a test set.

3. Results

A total of 180 patients were enrolled in the study—115 (63.9%) patients with asthma and 65 (36.1%) patients with COPD. An amount of 59 patients (32.8%) were treated with only 1 inhaler, 67 patients (37.2%) used 2 inhalers, while 54 patients (30%) used 3 or more inhalers. The majority of patients used at least one MDI inhaler ($n = 135$; 75%), 5 patients were treated with SMI (2.8%) and 110 patients used DPI (61%).

Among all patients, there were 46 subjects (25.5%) with significant visual disorders and 5 patients (2.8%) with severe hand joint or muscle problems, which might have impacted their use of inhalers. Similarly, there were 16 patients (8.9%) with significant hearing loss, which might have hindered inhalation training. Based on MMSE (performed in 153 patients), in 29 subjects (18.9%) mild cognitive impairment and in 7 patients (4.6%) mild dementia were suspected. Based on the Clock Drawing Test in two patients (1.3%), dementia might have been suspected.

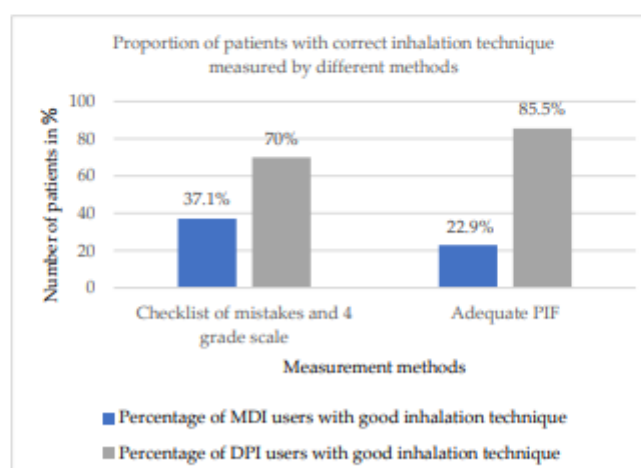
Patients with COPD were significantly older than patients with asthma ($p < 0.001$) and had a shorter disease duration ($p < 0.001$), were more likely to be active or ex-smokers ($p < 0.001$) and achieved significantly lower results in lung function tests ($p < 0.001$). The detailed characteristics of the investigated group are given in Table 1, while the comparison of asthma and COPD patients is shown in Table 3.

Table 1. Patients' characteristics.

	The Whole Group	Asthma	COPD
Number of patients	180	115	65
Age (years)	63.5 (52–71)	60 (44–66.5)	70 (64–76)
Sex F/M	104/76	76 (66.1%)/39 (33.9%)	28 (43.1%)/37 (56.9%)
Duration of the disease (years)	10 (6–20)	15 (7–26.5)	10 (5–15)
Number of used inhalers	2 (1–2)	2 (1–2)	2 (2–2)
Smoking history (NS/S/EX)	61/15/104	58/7/50	3/8/54
FEV ₁ % N	69% (45–88)	81% (61–95.5)	44.5% (37–65)
Education (primary/secondary/higher)	13/95/72	6/59/50	7/36/22
Number of comorbidities	1 (1–3)	1 (1–2)	2 (0–3)
Asthma Control Test (points)	X	20 (16–23.5)	X
Quality of Life—AQLQ (points)	X	5.48 (4.29–6.23)	X
COPD Assessment Test (points)	X	X	22 (16–26)
Quality of Life—SGRQ (points)	X	X	56.9 (35.9–70)

Data are presented as median and IQR or numbers of patients. Abbreviations: AQLQ, Asthma Quality of Life Questionnaire; EX, ex-smoker; F, female; FEV₁ %N, forced expiratory volume in 1st second expressed as percentage of predicted value; M, male; NS, never smoker; SGRQ, Saint George's Respiratory Questionnaire; S, smoker.

In the whole group, 68 patients (37.8%) used all their inhalers properly. The proportion of patients with very good or good IT was higher in DPI users than in MDI users (77/110 (70%) for DPI vs. 52/140 (37.1%) for MDI, $p < 0.001$) (Figure 1). Among patients using MDI, the median PIF with appropriate simulated resistance was 110 l/min (IQR 70–120), and, among patients taking DPI, it was 60 L/min (42.5–70). A PIF value required for proper inhaler use was documented in 94/110 (85.5%) in subjects using DPI and 32/140 (22.9%) in MDI users ($p < 0.001$) (Figure 1).

**Figure 1.** Proportion of patients with good inhalation technique.

The most common mistakes in MDI and DPI users are shown in Figures 2 and 3, respectively.

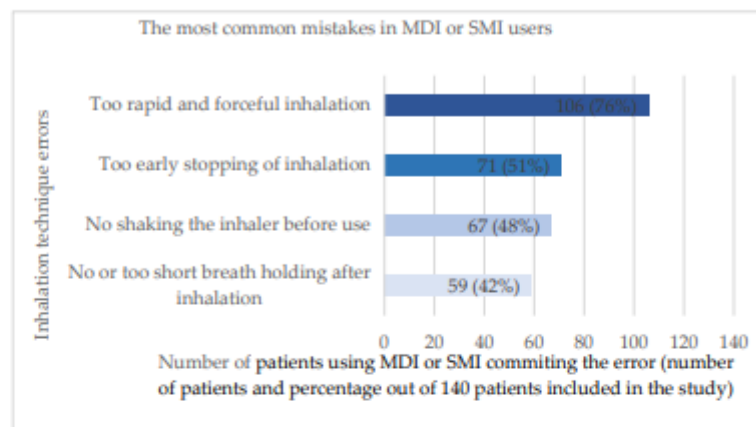


Figure 2. The most common mistakes made by patients using metered dose (MDI) or soft mist inhalers (SMI) (N = 140). Analysis based on 140 patients committing multiple errors.

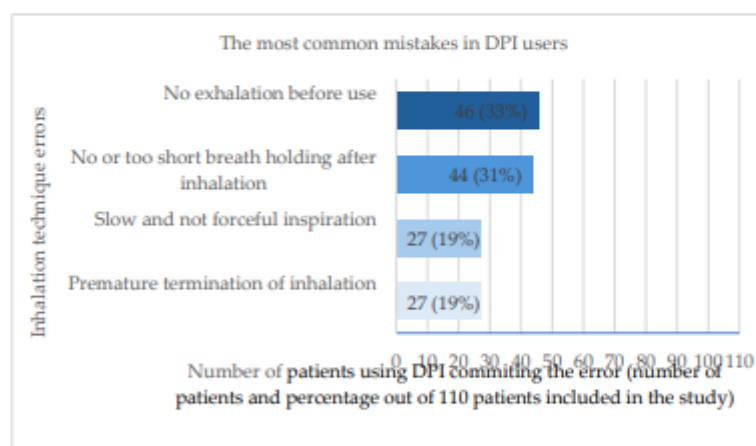


Figure 3. The most common mistakes made by patients using dry powder inhalers (DPI) (N = 110). Analysis based on 110 patients committing multiple errors.

In the pool, only 76 patients (42.2%) reported they had previously undergone any IT training. At the start of treatment, 61 patients (33.9%) were instructed how to use their new inhaler. Seventeen patients (9.4%) received IT training during treatment or when changing to a new inhaler, while nine (5%) patients declared that IT was checked at each visit (Figure 4).

No differences between patients who correctly and incorrectly used inhaled medication (both MDI and DPI) were identified in terms of age, gender, education level, motivation for treatment, coexistence of significant visual or hearing impairment, cognitive disorders or problems with hand joints that could potentially hinder the proper administration of inhaled drugs (Table 2).

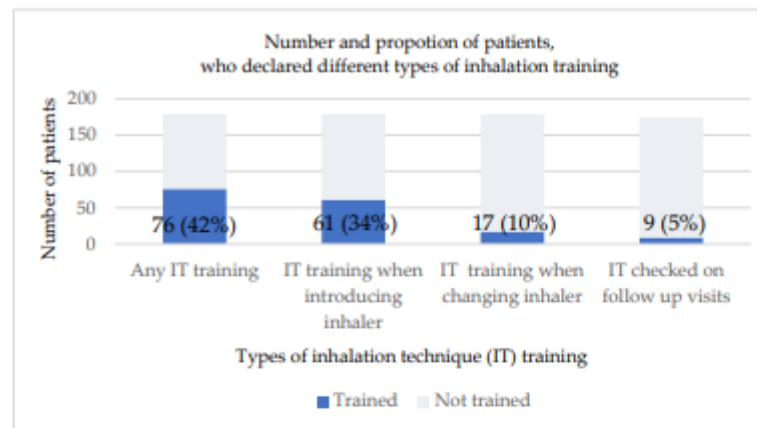


Figure 4. Number of patients who declared inhalation training.

Table 2. Comparison of patients with proper and incorrect inhalation technique.

	MDI/SMI N = 140			DPI N = 110		
	Proper Inhalation Technique N = 52	Incorrect Inhalation Technique N = 88	p Value	Proper Inhalation Technique N = 77	Incorrect Inhalation Technique N = 33	p Value
Age (years)	62.5 (51.8–70)	65.5 (55.8–71)	0.267	64 (55–71)	63 (54–70)	0.854
Asthma/COPD	35 (67.3%)/17 (32.7%)	56 (63.6%)/ 32 (26.4%)	0.797	45 (58.4%)/ 32 (41.6%)	18 (54.5%)/ 15 (45.4%)	0.866
Disease duration (years)	10 (6–22)	11 (6,8–20)	0.761	10 (7–20)	10 (5–20)	0.786
Gender (F/M)	32 (61.5%)/ 20 (38.5%)	48 (54.5%)/ 40 (45.5%)	0.528	40 (51.9%)/37 (48.1%)	20 (60.6%)/13 (39.4%)	0.531
Smoking history (S/ExS, NS)	3/38/11	10/47/31	0.103	7/43/27	4/18/11	0.887
Education (primary/ secondary/ higher)	5 (9.6%)/ 23 (46.2%)/ 24 (46.2%)	6 (6.8%)/ 55 (62.5%)/ 27 (30.7%)	0.109	4 (5.2%)/ 43 (55.8%)/ 30 (38.9%)	4 (12.1%)/ 19 (57.6%)/ 10 (30.3%)	0.366
Motivation for therapy (points)	10 (9–10)	10 (9–10)	0.484	10 (8–10)	10 (9–10)	0.640
Number of inhalers	2 (1–2)	2 (2–2)	0.063	2 (2–2)	2 (1.8–2)	0.753
FEV1%N z-score	−1.6 (−2.4; −0.5)	−2.4 (−2.4; −1.2)	0.109	−1.9 (−2.4; −1.3)	−2.4 (−2.4; −1.1)	0.534
Side effects of the inhalers	1 (1–3)	1 (0–2)	0.004	1 (0–2)	1 (0–2)	0.534
Significant visual disorders	12 (37.5%)	33 (29.7%)	0.897	24 (31.2%)	11 (33.3%)	0.823
Significant hearing loss	4 (7.7%)	8 (9.1%)	0.775	10 (13%)	0	0.089
Hand muscle/joint disorders	0	4 (4.5%)	0.408	3 (18.8%)	1 (33.3%)	0.597
Any cognitive disorders (MMSE)	6 (11.5%)	20 (22.7%)	0.099	14 (20.3%)	10 (35.7%)	0.158

Table 2. Cont.

	MDI/SMI N = 140			DPI N = 110		
	Proper Inhalation Technique N = 52	Incorrect Inhalation Technique N = 88	p Value	Proper Inhalation Technique N = 77	Incorrect Inhalation Technique N = 33	p Value
Regular use of inhalers in self-assessment ¹	51 (98.1%)	84 (95.4%)	0.736	73 (94.8%)	31 (93.9%)	0.854
Any deviations from regular use of inhalers during last 6 months ¹	6 (11.5%)	21 (23.9%)	0.118	11 (14.3%)	10 (30.3%)	0.090
Positive self-assessment of own inhalation technique ¹	50 (96.2%)	80 (90.9%)	0.410	76 (98.7%)	29 (87.9%)	0.046
Any IT before	23 (45.1%)	36 (40.9%)	0.761	38 (49.4%)	4 (12.1%)	0.001
IT when introducing treatment	12 (23.5%)	30 (34.1%)	0.265	32 (41.6%)	3 (9.1%)	0.002
IT when changing Inhaler	4 (7.8%)	8 (9.1%)	0.775	11 (14.3%)	0	0.052
Reading the drug leaflet	49 (96.1%)	70 (79.6%)	0.015	65 (84.4%)	28 (84.9%)	0.954

Data are given as median and interquartile range or number and percentages. Abbreviations: ExS, Ex-smoker; F, female; FEV₁%N, forced expiratory volume in 1st second expressed as z-score; IT, inhalation training; M, male; S, smoker; NS, never smoker. ¹ Questionnaire assessing motivation for treatment (Supplementary Table S2).

Among MDI users, subjects using MDI correctly read the drug leaflet more frequently than patients with incorrect IT ($p = 0.015$), but no difference was found for the frequency of previous inhalation training between these two groups. Patients who demonstrated correct technique for MDI declared more drug-related side effects ($p = 0.004$).

Patients who used DPI correctly had a better self-assessment of their IT ($p = 0.046$) and were more frequently trained how to use inhalers than patients who used DPI incorrectly ($p = 0.001$) (Table 2).

Patients with COPD significantly less often received IT training when starting treatment or when switching to a new inhaled drug when compared to patients with asthma ($p = 0.012$ and $p = 0.003$, respectively). However, we did not find differences in the proportion of patients with correct and incorrect inhaler use between subjects with asthma or COPD (Table 3).

Table 3. Comparison of patients with asthma and COPD.

	Asthma N = 115	COPD N = 65	p Value
Age	60 (44–66.5)	70 (64–76)	<0.001
Disease duration	15 (7–26.5)	10 (5–15)	<0.001
Motivation	10 (8–10)	10 (9–10)	0.443
Number of inhalers	2 (1–2)	2 (2–2)	0.652
Gender (F/M)	76 (66.1%)/39 (33.9%)	28 (43.1%)/37 (56.9%)	0.004
Number of comorbidities	1 (1–2)	2 (0–3)	0.264
Any inhalation training before	61 (53.5%)	15 (23.1%)	<0.001
Any inhalation training when starting treatment	47 (41.2%)	14 (21.5%)	0.012
Any inhalation training when switching the inhaler	17 (14.9%)	0	0.003
Reading the drug leaflet	100 (87.7%)	55 (84.6%)	0.720

Table 3. *Cont.*

	Asthma N = 115	COPD N = 65	p Value
Number of side effects related to inhalers	1 (0–2)	1 (0–2)	0.228
Proper inhalation technique for DPI	26 (41.3%)	21 (44.7%)	0.913
Proper inhalation technique for MDI	11 (12.1%)	5 (10.2%)	0.951
Proper peak inspiratory flow by In-Check Dial in DPI users	53 (86.9%)	41 (89.1%)	0.958
Proper peak inspiratory flow by In-Check Dial in MDI users	21 (22.6%)	11 (22.0%)	0.937

Univariate analysis revealed several factors that had a significant impact on proper inhalation technique (Supplementary Table S3). Further, multivariate logistic regression showed that treatment with MDI and deviations from regular use of inhalers promote poor IT, while higher self-assessment of good IT was related to correct inhaler use. The sensitivity of this logistic regression model was 0.66 (95% CI: 0.48–0.77), the specificity was 0.66 (95% CI: 0.50–0.78) and the internal accuracy AUC was 0.69 (95% CI: 0.61–0.77) (Table 4).

Table 4. Multivariate logistic regression analysis of factors related to proper inhalation technique.

Factor	OR	SE	p Value	95%CI
Good self-assessment of inhalation technique	1.50	0.15	0.08	1.12–2.02
Deviations from regular use of inhaler during last 6 months	0.83	0.09	0.03	0.70–0.98
Use of MDI	0.79	0.09	0.01	0.66–0.94
Use of both types of inhalers	1.00	0.01	0.99	0.84–1.20

4. Discussion

The results of the study indicate that a significant proportion of patients with asthma or COPD still use more than one type of inhaler, and only more than one-third of them can use their inhalers correctly. Next, improper IT is more common in patients using MDI and those who use inhalers irregularly, while age, gender, duration and the course of obstructive disorder and the coexistence of pattern disorders, hearing disorders, joint diseases or cognitive disorders are not associated with a higher risk of inhaler incompetence. Insufficient education of patients in the field of correct IT still seems to be a burning issue.

A low percentage of patients who correctly take inhaled medication was observed by many other authors, e.g., in the studies by Bao et al. (18.7%) [39] or Melzer et al. (34.5%) [40] and in our previous studies (20%) [25]. In this study, 37.8% of patients used all their inhalers properly, but this proportion differed significantly between MDI and DPI users. Interestingly, such disproportion was also observed for PIF measurements with predominance of adequate PIF in DPI users. This suggests that slow and steady inspiration is difficult for a substantial proportion of patients and points to a need for thorough and repeated instruction on inhalation speed, especially in MDI users. As a matter of fact, the range of adequate PIF for MDI has recently been reassessed since new studies documented that in new MDI, including HFA as propellant, a maximum flow rate of 120 L/min is defined as an upper limit for optimal PIF [41]. However, in our study, the optimal range of PIF 30–60 L/min was used based on earlier studies and statements [28,29], as most devices on the market are generic and product-specific data, including the range of optimal PIF, are not available.

Despite progress in improving inhalers and increasing interest in environmentally friendly inhalers [42–44], real-life research shows that we are not yet able to effectively improve IT. In this context, the identification of groups of patients who are at risk of improper inhaler use is necessary. Our study reveals that patients using MDI are more likely to make errors in IT than DPI users, which is consistent with the results of previous studies [45–48]. This indicates the need to focus on patients who inhale their medication via MDI. Based on the literature, if there is a persistent problem with proper IT via MDI, the solution is the use of MDI along with an inhalation chamber [49,50].

Additionally, both the GINA and GOLD and numerous studies [1,14,21,29] pointed to a higher risk of incorrect IT in patients using several types of inhalers. In our study, 67.2% of patients were still treated with two or more inhalers, undoubtedly contributing to the high percentage of patients whose IT was not optimal.

Surprisingly, we did not identify differences between patients who used inhaled medications correctly and incorrectly in terms of age, gender, education level, motivation for treatment, visual or hearing disorders, cognitive disorders or problems with dexterity due to hand disability. However, we observed that better self-assessment of IT and fewer deviations in inhaler use were associated with correct technique, which results in better adherence to treatment, reduces symptom intensity and improves patient quality of life [51]. Previous studies have also demonstrated that it increases patient satisfaction and motivation for treatment [10,52].

While previous studies [4,18,39,47,53–56] show that older people are more likely to make mistakes in IT, we found no significant effect of age on proper IT in our study. Some researchers suggest that a higher number of mistakes made in the elderly may be related to cognitive impairment [18,47], but patients with mild cognitive impairment can still take inhaled medications properly [53]. Most studies on IT exclude patients with severe cognitive impairment. Although severe cognitive impairment was not an exclusion criterion in our study, only seven subjects were preliminarily diagnosed with mild dementia based on MMSE assessment, and, in 2 patients, dementia was suspected based on neurological assessment of CDT. We may assume that due to the small number of people with cognitive impairments in our study, we did not find a relationship between the occurrence of neurological disorders and the number of errors made in IT. We observed a higher incidence of cognitive impairment in the group of patients who took their inhaled medication incorrectly ($p = 0.090$). This only indicates that this group should be frequently checked and trained in the scope of IT.

Another factor that may affect IT in elderly patients is degenerative joint disease [39,55]. According to Usmani et al. [21], in the elderly, common challenges in proper inhalation include difficulty manipulating the device due to dexterity, osteoarthritis or hand joint pain, which may hinder inhaled therapy. In our study, osteoarthritis was diagnosed in 27 subjects, but only 5 of them declared dexterity or problems with using inhalers due to a hand disability. Such a low number of subjects might have been insufficient to identify a relationship between dexterity and improper IT.

Our study included adults with a median age of 63.5 years, but inhalation mistakes are also common in younger groups [57–59]. In the study by Almomani et al., including children and adolescents with asthma aged 7 to 17 years, more than half of the patients used more than one type of inhaler, and more mistakes were noted in MDI users. Moreover, worse IT was associated with a lower level of parental education [58,60]. Correct IT and good adherence were found to be positively associated with disease control, as well as in children [60]. It has been documented that repeated training of proper IT is of great importance in all patients, independent of their age [57]. The results of our study did not demonstrate the predisposition of any gender to inferior IT. Previous studies showed

that women may be more susceptible to inhaler incompetence [54,61,62], but other studies demonstrated that errors in inhaling were similarly common in both sexes [46,56,63,64], or more errors were made by men [47].

Selected previous studies indicate that lower educational attainment was associated with increased odds of poor IT for nearly all devices [4,40], but in our study, we did not observe differences in the frequency of incorrect inhalation of medications depending on education.

A key modifiable factor influencing IT is education and training, which has been demonstrated in many previous studies [2,4,25,65]. There is an increasing number of studies on different methods of inhalation training [65–69]. All of the above studies prove that IT training leads only to a temporary IT improvement; it has not been determined which type of training is the most effective, and, by consequence, no standard method of IT training has been established so far [11]. In the recently published review and meta-analysis by Marko and Pawliczak, the authors did not identify an educational approach resulting in improved patients' inhalation skills [11].

According to previous research, training in IT should be repeated at least every 3 months in each patient [25,65]. Yet, there is a high discrepancy between the recommendations and everyday practice. In our study, only 42.2% of patients had been previously trained, of which only 5.2% declared that their IT was checked at each medical visit. It clearly points to a high discrepancy between recommendations and real-life practice. We cannot exclude that such an assessment may be burdened with the recall bias, but similar results were published by Bao et al., who found that only 41.8% of elderly patients with COPD were instructed in IT [39]. In our study, we observed that patients with COPD were significantly less likely to be trained in IT compared to patients with asthma. When inhaler type was considered, patients using DPI correctly were significantly more often trained compared to patients taking DPI incorrectly, and patients using MDI correctly were significantly more likely than patients incorrectly using MDI to read drug leaflets before and during treatment.

Several limitations should be considered in the analysis of our study. First, it was a single-center study with a limited number of patients. Second, IT was evaluated by one investigator only; however, this was a respiratory physician with experience in IT evaluation and training, and the agreement of this investigator's assessment with that of other investigators has been documented in a different study (Miszczuk-Ciesla et al., in press). The application of a dedicated four-grade scale for IT evaluation may raise doubts about some subjectiveness in the assessment, but similar scales (three- or five-grade) were used in some earlier studies [70,71]. Next, the preliminary results of the comparison of this scale with the checklist of inhalation mistakes suggest that the four-grade scale was more reliable than the checklist of mistakes [72]. To the best of our knowledge, there is no validated scale for IT evaluation to date. Moreover, we also applied the list of the most common inhaler mistakes described in the literature to increase the credibility of our rating. Such a mistake checklist is the most popular method of IT assessment, but with the development of new inhalers, the perception of inhalation errors is evolving. A good example would be the issue of shaking MDI before use. With the introduction of new propellants in MDI, shaking the inhaler became a negligible maneuver, but such information is not clearly visible in many drug leaflets, which may be misleading for patients. Thus, in this study, we decided to include the lack of inhaler shaking before use as a mistake; however, it was not labeled as a critical one.

Finally, visual, hearing or mental disorders were relatively rare in our investigated population, which might have had an impact on related results. On the other hand, the upper age limit for enrolment in the study was 85 years, to exclude selection bias. Perhaps,

with the aging of the population, there is a need for studies in even older age groups and studies focused on patients with such disabilities.

5. Conclusions

The results of this real-life study confirm that the majority of adults with asthma or COPD do not use their inhalers properly, particularly patients using MDI or those who tend to use inhalers irregularly. Insufficient education in the field of proper inhalation technique seems to be a major obstacle in the improvement of inhalation technique in patients with obstructive lung diseases.

Supplementary Materials: The following supporting information can be downloaded at: <https://www.mdpi.com/article/10.3390/jcm14196848/s1>; Table S1: checklist of the potential mistakes during inhalation; Table S2: questionnaire assessing motivation for treatment. Table S3: Factors that impact on proper inhalation technique- univariate analysis.

Author Contributions: I.D.-M. and M.D. conceived the concept of the study. I.D.-M., M.D., M.M.-C. and M.M.-W. contributed to the design of the research. All authors were involved in data collection. I.D.-M., M.M.-C., M.D. and M.M.-W. analyzed the data. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and approved by the Institutional Review Board of Medical Warsaw University (KB/68/2019), approval date 15 April 2019.

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data Availability Statement: The datasets analyzed during the current study contain sensitive patient information and are therefore not publicly available. Anonymized data are available from the corresponding author on request and subject to institutional and ethical approvals.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

Abbreviations

The following abbreviations are used in this manuscript:

MDI	Metered Dose Inhaler
DPI	Dry Powder Inhaler
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease
IT	Inhalation Technique
PIF	Peak Inspiratory Flow

References

1. Skolnik, N.; Yawn, B.P.; de Sousa, J.C.; Vázquez, M.M.M.; Barnard, A.; Wright, W.L.; Ulrich, A.; Winders, T.; Brunton, S. Best practice advice for asthma exacerbation prevention and management in primary care: An international expert consensus. *npj Prim. Care Respir. Med.* **2024**, *34*, 39. [\[CrossRef\]](#)
2. Sanchis, J.; Gich, I.; Pedersen, S. Systematic Review of Errors in Inhaler Use: Has Patient Technique Improved Over Time? *Chest* **2016**, *150*, 394–406. [\[CrossRef\]](#)
3. Molimard, M.; Raherison, C.; Lignot, S.; Balestra, A.; Lamarque, S.; Chartier, A.; Droz-Perroteau, C.; Lassalle, R.; Moore, N.; Girodet, P.-O. Chronic obstructive pulmonary disease exacerbation and inhaler device handling: Real-life assessment of 2935 patients. *Eur. Respir. J.* **2017**, *49*, 1601794. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
4. Usmani, O.S.; Lavorini, F.; Marshall, J.; Dunlop, W.C.N.; Heron, L.; Farrington, E.; Dekhuijzen, R. Critical inhaler errors in asthma and COPD: A systematic review of impact on health outcomes. *Respir. Res.* **2018**, *19*, 10. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)

5. Melani, A.S.; Bonavia, M.; Cilenti, V.; Cinti, C.; Lodi, M.; Martucci, P.; Serra, M.; Scichilone, N.; Sestini, P.; Aliani, M.; et al. Inhaler mishandling remains common in real life and is associated with reduced disease control. *Respir. Med.* **2011**, *105*, 930–938. [CrossRef] [PubMed]
6. Grandmaison, G.; Grobety, T.; Vaucher, J.; Hayoz, D.; Suter, P. Prevalence of Critical Errors and Insufficient Peak Inspiratory Flow in Patients Hospitalized with COPD in a Department of General Internal Medicine: A Cross-Sectional Study. *Chronic Obstr. Pulm. Dis.* **2024**, *11*, 406–415. [CrossRef]
7. Halpin, D.M.G.; Mahler, D.A. Systematic review of the effects of patient errors using inhaled delivery systems on clinical outcomes in COPD. *BMJ Open Respir. Res.* **2024**, *11*, e002211. [CrossRef]
8. Leving, M.T.; van Boven, J.F.M.; Bosnic-Anticevich, S.Z.; van Cooten, J.; de Sousa, J.C.; Cvetkovski, B.; Dekhuijzen, R.; Dijk, L.; Pardo, M.G.; Gardev, A.; et al. Suboptimal Peak Inspiratory Flow and Critical Inhalation Errors are Associated with Higher COPD-Related Healthcare Costs. *Int. J. Chronic Obstruct. Pulmon. Dis.* **2022**, *17*, 2401–2415. [CrossRef]
9. Kocks, J.; Bosnic-Anticevich, S.; van Cooten, J.; de Sousa, J.C.; Cvetkovski, B.; Dekhuijzen, R.; Dijk, L.; Pardo, M.G.; Gardev, A.; Gawlik, 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*, 302. [CrossRef]
10. Calle Rubio, M.; Adami Teppa, P.J.; Rodríguez Hermosa, J.L.; García Carro, M.; Tallón Martínez, J.C.; Riesco Rubio, C.; Fernández Cortés, L.; Morales Dueñas, M.; Chamorro del Barrio, V.; Sánchez-del Hoyo, R.; et al. Insights from Real-World Evidence on the Use of Inhalers in Clinical Practice. *J. Clin. Med.* **2025**, *14*, 1217. [CrossRef]
11. Marko, M.; Pawliczak, R. Inhalation technique-related errors after education among asthma and COPD patients using different types of inhalers—Systematic review and meta-analysis. *npj Prim. Care Respir. Med.* **2025**, *35*, 15. [CrossRef] [PubMed]
12. Marko, M.; Klimczak, M.; Sobczak, M.; Wojakiewicz, M.; Dębowski, T.; Emeryk, A.; Pawliczak, R. Effective inhaler technique education is achievable—Assessment and comparison of five inhaler devices errors. *Front. Pharmacol.* **2025**, *16*, 1538283. [CrossRef] [PubMed]
13. Pankovitch, S.; Frohlich, M.; AlOthman, B.; Marciniuk, J.; Bernier, J.; Paul-Emile, D.; Bourbeau, J.; Ross, B.A. Peak Inspiratory Flow and Inhaler Prescription Strategies in a Specialized COPD Clinical Program: A Real-World Observational Study. *Chest* **2025**, *167*, 736–745. [CrossRef] [PubMed]
14. Global Initiative for Asthma (GINA). Global Strategy for Asthma Management and Prevention. 2024 Report. Available online: <https://ginasthma.org/2024-report/> (accessed on 14 August 2025).
15. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). Global Strategy for Prevention, Diagnosis and Management of COPD. 2025 Report. Available online: <https://goldcopd.org/2025-gold-report/> (accessed on 14 August 2025).
16. Kocks, J.W.H.; Chrystyn, H.; van der Palen, J.; Thomas, M.; Yates, L.; Landis, S.H.; Driessen, M.T.; Gokhale, M.; Sharma, R.; Molimard, M. Systematic review of association between critical errors in inhalation and health outcomes in asthma and COPD. *npj Prim. Care Respir. Med.* **2018**, *28*, 43. [CrossRef]
17. Bohadana, A.; Jarjoui, A.; Lujan, R.; Jaffal, S.; Rokach, A.; Izbicki, G. Inhaler Technique, Critical Errors, and Effective Inspiratory Flow in COPD Patients: A Prospective Study Comparing Patients Over and Under 65 Years of Age. *J. Aerosol Med. Pulm. Drug Deliv.* **2025**, ahead of print. [CrossRef]
18. Allen, S.C.; Ragab, S. Ability to learn inhaler technique in relation to cognitive scores and tests of praxis in old age. *Postgrad. Med. J.* **2002**, *78*, 37–39. [CrossRef]
19. Song, M.J.; Kim, S.Y.; Kang, Y.A.; Kim, Y.S.; Park, M.S.; Ye, B.S.; Jung, J.Y. The relationship between cognitive function and competence in inhaler technique in older adults with airway disease. *Geriatr. Nurs.* **2022**, *43*, 15–20. [CrossRef]
20. Elander, A.; Gustafsson, M. Inhaler Technique and Self-reported Adherence to Medications Among Hospitalised People with Asthma and COPD. *Drugs Real World Outcomes* **2020**, *7*, 317–323. [CrossRef]
21. Usmani, O.S. Choosing the right inhaler for your asthma or COPD patient. *Ther. Clin. Risk Manag.* **2019**, *15*, 461–472. [CrossRef]
22. Matsuyama, T.; Machida, K.; Hamu, A.; Takagi, K.; Momi, H.; Higashimoto, I.; Inoue, H. Effects of instructional materials on the proper techniques of inhaler device use. *Respir. Investig.* **2022**, *60*, 633–639. [CrossRef]
23. Marando, M.; Tamburello, A.; Diedrich, J.P.; Valenti, A.; Gianella, P. Effectiveness of an Educational Intervention on Inhaler Technique Proficiency in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Single-Center Quality Improvement Study. *J. Respir.* **2022**, *2*, 139–146. [CrossRef]
24. Basheti, I.A.; Obeidat, N.M.; Reddel, H.K. Effect of novel inhaler technique reminder labels on the retention of inhaler technique skills in asthma: A single-blind randomized controlled trial. *npj Prim. Care Respir. Med.* **2017**, *27*, 9. [CrossRef]
25. Dąbrowska, M.; Łuczak-Wozniak, K.; Miszczuk, M.; Domagała, I.; Lubanski, W.; Leszczynski, A.; Maskey-Warzechowska, M.; Rubinsztajn, R.; Hermanowicz-Salamon, J.; Krenke, R. Impact of a Single Session of Inhalation Technique Training on Inhalation Skills and the Course of Asthma and COPD. *Respir. Care* **2019**, *64*, 1250–1260. [CrossRef] [PubMed]

26. Bosnic-Anticevich, S.; Bender, B.G.; Shuler, M.T.; Hess, M.; Kocks, J.W. Recognizing and Tackling Inhaler Technique Decay in Asthma and Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) Clinical Practice. *J. Allergy Clin. Immunol. Pract.* **2023**, *11*, 2355–2364.e5. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
27. Price, D.B.; Román-Rodríguez, M.; McQueen, R.B.; Bosnic-Anticevich, S.; Carter, V.; Gruffydd-Jones, K.; Haughney, J.; Henrichsen, S.; Hutton, C.; Infantino, A.; et al. Inhaler Errors in the CRITIKAL Study: Type, Frequency, and Association with Asthma Outcomes. *J. Allergy Clin. Immunol. Pract.* **2017**, *5*, 1071–1081.e9. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
28. Chrystyn, H.; Price, D. Not all asthma inhalers are the same: Factors to consider when prescribing an inhaler. *Prim. Care Respir. J.* **2009**, *18*, 243–249. [\[CrossRef\]](#)
29. Laube, B.L.; Janssens, H.M.; de Jongh, F.H.; Devadason, S.G.; Dhand, R.; Diot, P.; Everard, M.L.; Horvath, I.; Navales, P.; Voshaar, T.; et al. What the pulmonary specialist should know about the new inhalation therapies. *Eur. Respir. J.* **2011**, *37*, 1308–1331. [\[CrossRef\]](#)
30. Gupta, N.; Pinto, L.M.; Morogan, A.; Bourbeau, J. The COPD assessment test: A systematic review. *Eur. Respir. J.* **2014**, *44*, 873–884. [\[CrossRef\]](#)
31. Nathan, R.A.; Sorkness, C.A.; Kosinski, M.; Schatz, M.; Li, J.T.; Marcus, P.; Murray, J.J.; Pendergraft, T.B. Development of the asthma control test: A survey for assessing asthma control. *J. Allergy Clin. Immunol.* **2004**, *113*, 59–65. [\[CrossRef\]](#)
32. Quanjer, P.H.; Stanojevic, S.; Cole, T.J.; Baur, X.; Hall, G.L.; Culver, B.H.; Enright, P.L.; Hankinson, J.L.; Ip, M.S.M.; Zheng, J.; et al. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95-yr age range: The global lung function 2012 equations. *Eur. Respir. J.* **2012**, *40*, 1324–1343. [\[CrossRef\]](#)
33. Stanojevic, S.; Kaminsky, D.A.; Miller, M.R.; Thompson, B.; Aliverti, A.; Barjaktarevic, I.; Cooper, B.G.; Culver, B.; Derom, E.; Hall, G.L.; et al. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *Eur. Respir. J.* **2022**, *60*, 2101499. [\[CrossRef\]](#)
34. Juniper, E.F.; Buist, A.S.; Cox, F.M.; Ferrie, P.J.; King, D.R. Validation of a standardized version of the Asthma Quality of Life Questionnaire. *Chest* **1999**, *115*, 1265–1270. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
35. Jones, P.W.; Quirk, F.H.; Baveystock, C.M.; Littlejohns, P. A self-complete measure of health status for chronic airflow limitation: The St. George's Respiratory Questionnaire. *Am. Rev. Respir. Dis.* **1992**, *145*, 1321–1327. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
36. Folstein, M.F.; Folstein, S.E.; McHugh, P.R. "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J. Psychiatr. Res.* **1975**, *12*, 189–198. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
37. Pracownia Testów Psychologicznych PTP MMSE—Mini Mental State Examination: Polska Adaptacja i Normalizacja Testu. Podręcznik Użytkownika; Pracownia Testów Psychologicznych PTP: Warsaw, Poland, 2025.
38. Mossakowska, M.; Więcek, A.; Będowski, P. *Aspekty Medyczne, Psychologiczne, Socjologiczne i Ekonomiczne Starzenia się Ludzi w Polsce*; Termedia Wydawnictwa Medyczne: Poznań, Poland, 2020; pp. 293–327.
39. Bao, L.K.; Khoa, N.D.; Chi, L.T.K.; Anh, N.T. Prevalence and Factors Affecting Appropriate Inhaler Use in Elderly Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Prospective Study. *J. Clin. Med.* **2023**, *12*, 4420. [\[CrossRef\]](#)
40. Melzer, A.C.; Ghassemieh, B.J.; Gillespie, S.E.; Lindenauer, P.K.; McBurnie, M.A.; Mularski, R.A.; Naureckas, E.T.; Vollmer, W.M.; Au, D.H. Patient characteristics associated with poor inhaler technique among a cohort of patients with COPD. *Respir. Med.* **2017**, *123*, 124–130. [\[CrossRef\]](#)
41. Mahler, D.A. The role of inspiratory flow in selection and use of inhaled therapy for patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respir. Med.* **2020**, *161*, 105857. [\[CrossRef\]](#)
42. Usmani, O.S.; Levy, M.L. Effective respiratory management of asthma and COPD and the environmental impacts of inhalers. *npj Prim. Care Respir. Med.* **2023**, *33*, 24. [\[CrossRef\]](#)
43. Janson, C.; Henderson, R.; Löfdahl, M.; Hedberg, M.; Sharma, R.; Wilkinson, A.J.K. Carbon footprint impact of the choice of inhalers for asthma and COPD. *Thorax* **2020**, *75*, 82–84. [\[CrossRef\]](#)
44. Vartiainen, V.; Woodcock, A.A.; Wilkinson, A.; Janson, C.; Björnsdóttir, U.; Haahtela, T.; Lehtimäki, L. Thoughtful prescription of inhaled medication has the potential to reduce inhaler-related greenhouse gas emissions by 85. *BMJ Open Respir. Res.* **2024**, *11*, e001782. [\[CrossRef\]](#)
45. Molimard, M.; Raherson, C.; Lignot, S.; Depont, F.; Abouelfath, A.; Moore, N. Assessment of handling of inhaler devices in real life: An observational study in 3811 patients in primary care. *J. Aerosol Med.* **2003**, *16*, 249–254. [\[CrossRef\]](#)
46. Alotaibi, M.M.; Hughes, L.; Ford, W.R. Assessing Inhaler Techniques of Asthma Patients Using Aerosol Inhalation Monitors (AIM): A Cross-Sectional Study. *Healthcare* **2023**, *11*, 1125. [\[CrossRef\]](#)
47. Iamthanaporn, C.; Wisitsartkul, A.; Chuaychoo, B. Cognitive impairment according to Montreal Cognitive Assessment independently predicts the ability of chronic obstructive pulmonary disease patients to maintain proper inhaler technique. *BMC Pulm. Med.* **2023**, *23*, 144. [\[CrossRef\]](#)

48. Zhou, L.-J.; Wen, X.-X.; Jiang, R.; Zhou, H.-Y.; Li, Y.; Mao, X.-R.; Lan, M. Inhaler use in chronic obstructive pulmonary disease patients: A meta-analysis. *Front. Nurs.* **2022**, *9*, 343–352. [\[CrossRef\]](#)
49. Nicola, M.; Soliman, Y.M.A.; Hussein, R.; Saeed, H.; Abdelrahman, M. Comparison between traditional and nontraditional add-on devices used with pressurised metered-dose inhalers. *ERJ Open Res.* **2020**, *6*, 00073–2020. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
50. Abdelfattah, A.M.; Sarhan, R.M.; Madney, Y.M.; Mady, A.F.; Abdelrahman, M.E.A.; Harb, H.S. User-Friendliness Evaluation of Handling pMDI with Various Add-on Devices in Asthmatic Patients. *AAPS PharmSciTech* **2024**, *25*, 274. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
51. Göriş, S.; Taşci, S.; Elmali, F. The effects of training on inhaler technique and quality of life in patients with COPD. *J. Aerosol Med. Pulm. Drug Deliv.* **2013**, *26*, 336–344. [\[CrossRef\]](#)
52. Cushen, B.; Sulaiman, L.; Greene, G.; MacHale, E.; Mokoka, M.; Reilly, R.B.; Bennett, K.; Doyle, F.; van Boven, J.F.M.; Costello, R.W. The Clinical Impact of Different Adherence Behaviors in Patients with Severe Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* **2018**, *197*, 1630–1633. [\[CrossRef\]](#)
53. Maricoto, T.; Santos, D.; Carvalho, C.; Teles, I.; Correia-de-Sousa, J.; Taborda-Barata, L. Assessment of Poor Inhaler Technique in Older Patients with Asthma or COPD: A Predictive Tool for Clinical Risk and Inhaler Performance. *Drugs Aging* **2020**, *37*, 605–616. [\[CrossRef\]](#)
54. Chorão, P.; Pereira, A.M.; Fonseca, J.A. Inhaler devices in asthma and COPD—An assessment of inhaler technique and patient preferences. *Respir. Med.* **2014**, *108*, 968–975. [\[CrossRef\]](#)
55. Usami, O. Improved inhaler handling after repeated inhalation guidance for elderly patients with bronchial asthma and chronic obstructive pulmonary disease. *Medicine* **2022**, *101*, e30238. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
56. Schreiber, J.; Sonnenburg, T.; Luecke, E. Inhaler devices in asthma and COPD patients—A prospective cross-sectional study on inhaler preferences and error rates. *BMC Pulm. Med.* **2020**, *20*, 222. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
57. Kamps, A.W.; van Ewijk, B.; Roorda, R.J.; Brand, P.L.P. Poor inhalation technique, even after inhalation instructions, in children with asthma. *Pediatr. Pulmonol.* **2000**, *29*, 39–42. [\[CrossRef\]](#)
58. Almomani, B.A.; Al-Qawasmeh, B.S.; Al-Shatnawi, S.F.; Awad, S.; Alzoubi, S.A. Predictors of proper inhaler technique and asthma control in pediatric patients with asthma. *Pediatr. Pulmonol.* **2021**, *56*, 866–874. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
59. Volerman, A.; Balachandran, U.; Zhu, M.; Akel, M.; Hull, A.; Siros, M.; Luna, V.; Xu, I.; Press, V.G. Evaluating inhaler education interventions for hospitalized children with asthma: A randomized controlled trial. *Ann. Allergy Asthma Immunol.* **2023**, *131*, 217–223.e1. [\[CrossRef\]](#)
60. Capanoglu, M.; Dibek Misirlioglu, E.; Toyran, M.; Civelek, E.; Kocabas, C.N. Evaluation of inhaler technique, adherence to therapy and their effect on disease control among children with asthma using metered dose or dry powder inhalers. *J. Asthma* **2015**, *52*, 838–845. [\[CrossRef\]](#)
61. Chrystyn, H.; van der Palen, J.; Sharma, R.; Barnes, N.; Delafont, B.; Mahajan, A.; Thomas, M. Device errors in asthma and COPD: Systematic literature review and meta-analysis. *npj Prim. Care Respir. Med.* **2017**, *27*, 22. [\[CrossRef\]](#)
62. Calzetta, L.; Aiello, M.; Frizzelli, A.; Ritondo, B.L.; Pistocchini, E.; Rogliani, P.; Chetta, A. Impact of Sex on Proper Use of Inhaler Devices in Asthma and COPD: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pharmaceutics* **2022**, *14*, 1565. [\[CrossRef\]](#)
63. Ocakli, B.; Ozmen, I.; Tuncay, E.A.; Gungor, S.; Ozalp, A.; Yasin, Y.; Adiguzel, N.; Gungor, G.; Karakurt, Z. Influence of Gender on Inhaler Technique. *Respir. Care* **2020**, *65*, 1470–1477. [\[CrossRef\]](#)
64. Wieshammer, S.; Dreyhaupt, J. Dry powder inhalers: Which factors determine the frequency of handling errors? *Respiration* **2008**, *75*, 18–25. [\[CrossRef\]](#)
65. Barnestein-Fonseca, P.; Cotta-Luque, V.M.; Aguiar-Leiva, V.P.; Leiva-Fernández, J.; Martos-Crespo, F.; Leiva-Fernández, F. The importance of reminders and patient preferences to improve inhaler technique in older adults with COPD. *Front. Pharmacol.* **2022**, *13*, 989362. [\[CrossRef\]](#)
66. Press, V.G.; Arora, V.M.; Kelly, C.A.; Carey, K.A.; White, S.R.; Wan, W. Effectiveness of Virtual vs In-Person Inhaler Education for Hospitalized Patients with Obstructive Lung Disease: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Netw. Open* **2020**, *3*, e1918205. [\[CrossRef\]](#)
67. Al-Kharouf, M.S.; Abdeljalil, M.H.; Obeidat, N.M.; Al Oweidat, K.; Awwad, O.; Rababa, M.J. Video-based teach-to-goal intervention on inhaler technique on adults with asthma and COPD: A randomized controlled trial. *PLoS ONE* **2023**, *18*, e0286870. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
68. Imanipour, M.; Molazem, Z.; Rakhshan, M.; Fallahi, M.J. Evaluation of the Effectiveness of Teach-back Training on Asthma Control Indicators. *Tanaffos* **2022**, *21*, 230–238. [\[PubMed\]](#)
69. Abbas, M.A.; Tariq, O.; Bin Zafar, S.; Jamil, M.I.; Hamid, K.; Iqbal, A.; Ahmed, A.; Naeem, I. Improvement in Inhaler Techniques After Training and Counseling in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease or Asthma. *Cureus* **2024**, *16*, e62255. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
70. Sadowski, C.A.; Cor, K.; Cave, A.; Banh, H.L. Administration Technique and Acceptance of Inhaler Devices in Patients with Asthma or COPD. *Ann. Pharmacother.* **2015**, *49*, 639–648. [\[CrossRef\]](#)

71. Lenney, J.; Innes, J.A.; Crompton, G.K. Inappropriate inhaler use: Assessment of use and patient preference of seven inhalation devices. *Respir. Med.* **2000**, *94*, 496–500. [[CrossRef](#)]
72. Miszczuk, M.; Domagała, L.; Dąbrowska, M.; Maskey-Warzęchowska, M.; Krenke, R. How to assess inhalation technique in patients with asthma and COPD—Comparison of three different methods. *Eur. Respir. J.* **2020**, *56* (Suppl. 64), 3180. [[CrossRef](#)]

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

8.3 Publikacja nr 3

Respiratory Medicine 251 (2026) 108603

Contents lists available at ScienceDirect

Respiratory Medicine

journal homepage: www.elsevier.com/locate/rmed

Original Research

Limitation of the effectiveness of inhalation training in patients with asthma and COPD

Izabela Domagala-Manczyk^a, Marta Miszczuk-Ciesla^a, Marta Maskey-Warzechowska^a,
Michał Zielecki^b, Piotr Szczudlik^b, Marta Dąbrowska^{a,*}

^a Department of Internal Medicine, Pulmonary Diseases and Allergy, Medical University of Warsaw, Warsaw, Poland
^b Department of Neurology, Medical University of Warsaw, Warsaw, Poland

ARTICLE INFO

Keywords:
Asthma
Chronic obstructive pulmonary disease (COPD)
Inhaler technique
The effectiveness of inhaler technique training

ABSTRACT

Introduction: Knowledge of factors impacting the effectiveness of training of correct inhalation technique could increase the effectiveness of inhalation technique.

Objectives: The aim of the study was to assess the effectiveness of inhalation technique training and to identify factors impacting the effectiveness of training.

Patients and methods: This single centre, interventional, non-randomized study involved 180 adult patients with asthma or COPD. Inhalation technique was evaluated using a checklist of common errors and peak inspiratory flow (PIF). Patients who made any mistakes during inhalation were trained. We searched for factors which may have impacted the effectiveness of inhalation training.

Results: A total of 115 asthma and 65 COPD patients were analyzed. In 140 patients using either metered-dose inhalers (MDI) or soft mist inhalers (SMI; SMI users were grouped with MDI users for analysis), only 9 patients (6.4 %) used inhalers correctly, for dry-powder inhalers (DPI) only 31 (28.2 %). The training of inhalation technique was successful in 112/131 MDI users (85.5 %) and 67/79 DPI users (84.8 %).

Among MDI users, patients who achieved short term improvement in inhalation technique were more likely to have asthma (68.8 % vs. 42.1 %, $p = 0.047$), be non-smokers (33 % vs 5.3 %, $p = 0.039$) and younger (64 vs. 66 years, $p = 0.028$) vs. patients without improvement; respectively among DPI users: cognitive disorders were less often found (0 % vs. 16.7 %, $p = 0.018$), patients more often read drug leaflets (80.6 % vs 50 %, $p = 0.022$) and had good self-esteem of inhalation skills (97 % vs. 75 %, $p = 0.025$).

Conclusions: Training in inhalation leads to short term improvement of inhalation technique for most trainees. As different factors are important for efficacy of training in inhalation skills for MDI and DPI, an individual approach for training is important.

1. Introduction

Asthma and chronic obstructive pulmonary disease (COPD) are a major health problem worldwide. Both diseases are well described, widely investigated and are treated in accordance with dedicated recommendations which are updated annually [1,2]. Nevertheless, despite a proper diagnosis and treatment based on current management guidelines, treatment efficacy may be hindered by a seemingly simple technical issue, i.e. improper inhaled medication intake as a result of inhaler incompetence [3,4]. The rate of inhaler mishandling in patients with obstructive lung diseases remains relatively high despite the increasing awareness of this problem and a considerable development both in drug formulations and in the field of inhaler devices [3–6]. Regular monitoring and repeated training of correct inhalation technique are key elements necessary to improve patients' inhalation skills [7–9], as the effect of single inhalation technique training is short-lasting [4,10]. Knowledge of the factors that affect the effectiveness of inhalation technique training could have a positive impact on inhalation technique and thereby on treatment efficacy. Earlier studies proved that physical demonstration with the use of inhalers containing placebo is essential to improve inhalation technique [11–13]. There is also growing use of purpose-designed devices that support inhalation technique, such as In-Check Dial G16 for peak inspiratory flow (PIF) assessment or Aerosol Inhalation Monitor (AIM) for inhalation

* Corresponding author. Department of Internal Medicine, Pulmonary Diseases and Allergy, Medical University of Warsaw, Banacha 1A, 02-097, Warsaw, Poland.
E-mail address: marta.dabrowska1@wum.edu.pl (M. Dąbrowska).

<https://doi.org/10.1016/j.rmed.2025.108603>
Received 12 September 2025; Received in revised form 15 December 2025; Accepted 18 December 2025
Available online 19 December 2025
0954-6111/© 2025 Elsevier Ltd. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

technique training in conditions corresponding to inhaled medication intake via pressurised metered dose inhalers (MDI) or dry powder inhalers (DPI) [14,15].

Poor initial inhalation technique, outpatient setting and short follow up after inhalation technique training have an impact on effectiveness of the training, while the type of the disease (asthma vs. COPD), education group size (individual vs. group training) and type of the inhaler (DPI vs. MDI) do not seem to play a significant role [16].

The aim of this study was to assess the effectiveness of a single individual training with the use of own inhaler and the support of PIF measurement and to search for factors that may lead to failure of such training.

2. Methods

2.1. General study design

This single centre, interventional, non-randomized study (NCT04203446) was performed between January 2021 and December 2023. Patients with asthma or COPD, who had used inhaled medications on regular basis were invited to participate. Patients who used inhalers with any mistakes were trained in inhalation skills. Training was individual, led by a physician with experience in inhalation technique training, with the support of PIF measurement. The effectiveness of training was assessed by an independent observer with use of a checklist of inhalation steps specific for the type of inhaler used immediately after the intervention. Next, the technique of inhaled medication intake was re-evaluated 30 min after completion of the training.

Among the analyzed factors that could potentially affect the effectiveness of inhalation training were patients' demographic data, data on the duration and course of obstructive disease, level of education, motivation for treatment, spirometry results, comorbidities with emphasis on concomitant visual, hearing, neurological and small joint disorders.

The study was approved by the Institutional Review Board (KB/68/2019) and all patients signed an informed consent to participate.

2.2. Patients

The patients were recruited among adults with asthma or COPD treated at the Department of Internal Medicine, Pulmonary Diseases and Allergy, Medical University of Warsaw or at the local respiratory outpatient clinic.

Study inclusion criteria were as follows: 1. Age 18–85 years; 2. Asthma or COPD diagnosed for at least 3 months before the study onset; 3. recommendations of regular daily intake of at least one inhaled medication via: metered dose inhaler (MDI), dry powder inhaler (DPI) or soft mist inhaler (SMI). Exclusion criteria comprised: 1. irregular or only emergency use of inhaled medications; 2. symptoms of acute respiratory infection (up to day 5 from the onset of infection). If hospitalization or a visit to the outpatient clinic was associated with an exacerbation of asthma or COPD, inhalation technique was assessed at the end of hospitalization or during an additional follow up visit, after the patient's condition stabilized and the symptoms of exacerbation resolved.

2.3. Methods

The evaluation of inhalation technique was performed with the use of a checklist of the most common inhalation errors for MDI and DPI (Table 1, Supplementary Materials) by one of the observers (ID or MM) [17,18] with PIF measurement by In-Check Dial G16 [14]. Correct inhalation technique was defined as absence of any mistake during inhalation and adequate PIF (30–60 l/min for MDI and higher than 60 l/min for DPI l/min) [19]. For patients who used SMI, the list of inhalation errors for MDI and a PIF value of 15–30 l/min were applied.

Patients who made any mistakes during inhalation were trained in

Table 1
Patients' characteristics.

	All N = 180	Asthma N = 115	COPD N = 65	P value
Age (years)	63.5 (52–71)	60 (44–66.5)	70 (64–76)	p < 0.001
Sex F/M	104/76	76(66.1 %)/39 (33.9 %)	28(43.1 %)/37 (56.9 %)	p = 0.004
Disease duration (years)	10 (5–20)	15 (7–26.5)	10 (5–15)	p < 0.001
Smoking history (NS/S/EX)	61/104/15	54/7/54	3/8/54	p < 0.001
Education (primary/secondary/higher)	13/95/72	6/59/50	7/36/22	0.238
Asthma Control Test (points)	X	20 (16–23.5)	X	–
COPD Assessment Test (points)	X	X	22 (16–26)	–
Number of comorbidities	1 (1–2)	1(1–2)	2(0–3)	0.264
Number of used inhalers	2 (1–2)	2 (1–2)	2 (2–2)	0.652
Any earlier TI training (%)	76 (42.2 %)	61 (53.5 %)	15 (23.1 %)	p < 0.001
FEV1 %N	69 % (45–88)	81 % (61–95.5)	44.5 % (37–65)	p < 0.001

Data are presented as median and IQR or numbers and proportion of patients. P-value refers to comparison between patients with asthma and COPD.

F-female, M-male, NS-never smoker, S-smoker, EX-ex-smoker, TI- inhalation technique, FEV1%N – forced expiratory volume in 1st second expressed as percentage of predicted value.

inhalation skills by a physician with an at least 5-year experience in inhalation technique training (ID). A single, individualized training with the use of placebo containing inhalers and In-Check Dial G16 was conducted. The training lasted from 2 to 15 min depending on patient's need and abilities. The training was defined as effective when the patient could inhale his/her inhaler without any mistakes (according to a checklist of the most common inhalation errors) as assessed by the observer and achieved an appropriate PIF on In-Check Dial G16.

Patient evaluation also included demographic, clinical and spirometric data, quality of life using the St. George's Questionnaire for COPD (SGRQ) and using the Quality of Life Questionnaire for Asthma (AQLQ) respectively [20,21]. A self-constructed 8-item questionnaire (Table 2, Supplementary Materials) was applied to assess motivation for treatment. Cognitive status was evaluated using the Short Mental Status Assessment Scale (MMSE) and Clock Drawing Test (CDT) in the Polish population, a threshold of <27 points constitutes a suspicion of cognitive dysfunction [22]. Additionally, evaluation of visual and hearing disorders using both questionnaires and assessment by investigators with ophthalmological Snellen charts and authoritative subjective assessment of hearing was performed.

2.4. Statistical analysis

The descriptive analysis of the survey questions was performed in the "Microsoft Excel" software. The statistical analysis was performed using the "r" programming language (Version 3, 2007; <https://www.R-project.org/licenses/>). The differences between patients who improved inhalation technique after training and those who failed to improve inhalation technique were assessed by student t-tests for quantitative variables with a normal distribution or Mann-Whitney U test for quantitative variables with a distribution other than normal, or chi square test for nominal data. Value of p < 0.05 was noted as the significance limit. Single-variate logistic regression models were performed, on the basis of which variables included in multivariate logistic regression models were extracted.

Based on the results of our previous studies, we assumed that only 20

Table 2
Comparison of patients with successful and ineffective training of inhalation technique.

	MDI N = 131			DPI N = 79		
	Successful training N = 112	Training failure N = 19	P value	Successful training N = 67	Training failure N = 12	P value
Age (years)	64 (53.5–70.3)	66 (62–80)	0.028	65 (56–70.5)	65 (62.8–73.5)	0.521
Asthma/COPD	77 (68.8 %)/35 (31.2 %)	8 (42.1 %)/11 (57.9 %)	0.047	39 (58.2 %)/28 (41.8 %)	6 (50 %)/6 (50 %)	0.832
Disease duration (years)	10 (6.5–20.5)	15 (5.5–20)	0.921	10 (6–20)	13 (4.8–20)	0.790
Gender (F/M)	62 (55.4 %)/50 (44.6 %)	12 (63.2 %)/7 (36.8 %)	0.701	41 (61.2 %)/26 (38.8 %)	5 (41.7 %)/7 (58.3 %)	0.344
Smoking history (S/ExS/NS)	9 (8 %)/66 (59 %)/37 (33 %)	3 (15.8 %)/15 (78.9 %)/1 (5.3 %)	0.039	5 (7.5 %)/39 (58.2 %)/23 (34.3 %)	2 (16.7 %)/6 (50 %)/4 (33.3 %)	0.578
Education (primary/secondary/higher)	7 (6.3 %)/65 (58.1 %)/40 (35.7 %)	3 (15.8 %)/8 (42.1 %)/8 (42.1 %)	0.240	5 (7.5 %)/41 (61.2 %)/21 (31.3 %)	0/8 (67.7 %)/4 (33.3 %)	0.628
Motivation (points)	10 (9–10)	10 (10–10)	0.302	10 (8–10)	10 (6.3–10)	0.587
Number of inhalers	2 (1–2)	2 (1–2)	0.537	2 (2–2)	2 (1–2)	0.678
FEV1 z-score	−1.9 (−2.4; −0.6)	−2.4 (−2.4; −0.7)	0.357	−2.3 (−2.4; −1.4)	−1.6 (−2.4; −0.4)	0.449
Significant visual disorders	35 (31.3 %)	7 (36.8 %)	0.828	20 (29.9 %)	3 (25 %)	0.923
Significant hearing disorders	7 (6.25 %)	2 (10.5 %)	0.621	7 (10.5 %)	0	0.503
Hand muscle/joint disorders	4 (3.6 %)	1 (5.3 %)	0.721	2 (3 %)	1 (8.3 %)	0.372
Any cognitive impairment (MMSE)	23 (20.5 %)	3 (15.8 %)	0.095	20 (29.8 %)	2 (16.7 %)	0.348
Any cognitive disorder (CTD)	2 (2 %)	0	0.988	0	2 (16.7 %)	0.018
Any TI training before	47 (42.3 %)	6 (31.6 %)	0.529	22 (32.8 %)	2 (16.7 %)	0.435
Reading the drug leaflet	90 (81.1 %)	14 (73.7 %)	0.664	54 (80.6 %)	6 (50 %)	0.022
Good self-esteem of TI	105 (93.8 %)	16 (84.2 %)	0.327	65 (97 %)	9 (75 %)	0.025
Taking medications regularly	91 (81.3 %)	14 (73.7 %)	0.650	54 (80.6 %)	8 (66.7 %)	0.484

Data are given as median and interquartile range or number and percentages.

F- female, M – male, TI- inhalation technique, S- smokers, ExS- Ex-smoker, NS- Never smoker, FEV1- forced expiratory volume in first second, MMSE – minimal mental state examination, CTD - Clock Drawing Test.

% of subjects could initially use their inhalers correctly and training will be successful in 80 % of them [12]. We designed the current study assuming identification of 3 predictor variables with small to medium expected effect size ($\beta = 0.1$). Power analysis and sample size calculations indicated that a sample size of 145 subjects would provide 90 % statistical power to detect significant differences between the two groups (p value = 0.05, $\beta = 0.10$).

3. Results

The investigated group comprised 180 patients (104/57.8 % women and 76/42.2 % men, median age 63.5 years; IQR (52–71)). Asthma was diagnosed in 115 patients while COPD in 65 subjects. Fifty-nine patients (32.8 %) were treated with only 1 inhaler, 67 patients (37.2 %) used 2 inhalers, while 54 patients (30 %) used 3 or more inhalers. Most patients used at least one MDI ($n = 135$; 75 %), 5 people used SMI, and 110 patients used DPI. Detailed characteristics of patients are presented in Table 1.

Among the 140 patients using either MDI or SMI, only 9 (6.4 %) patients inhaled their medication without any errors, while in 110 patients treated with DPI a correct inhalation technique was noted in 31 (28.2 %) subjects. The remaining patients were qualified for inhalation technique training; thus inhalation technique training was carried out in 131 patients using MDI and 79 patients using DPI. The training of inhalation technique was equally successful in 112/131 MDI users (85.5 %) and 67/79 DPI users (84.8 %), respectively ($p = 0.892$).

3.1. Factors limiting the effect of inhalation skills training in patients using MDI

Among MDI users, patients who achieved improvement in inhalation technique were more likely to have asthma (68.8 % vs. 42.1 %, $p = 0.047$), more likely to be non-smokers (33 % vs 5.3 %, $p = 0.039$) and younger (64 vs. 66 years, $p = 0.028$) compared to patients who had no improvement after training (Table 2).

Univariate regression models showed that the improvement in inhalation from MDI was influenced by the type of disease and age of patients (Table 2). Based on these results, a multivariate model was

created, which showed that only older age significantly reduced the chance of successful training in inhalation skills (Tables 3 and 4).

3.2. Factors limiting the effect of inhalation skills training in patients using DPI

Among patients who improved their DPI inhalation technique after training, cognitive disorders were less often found in the neurological assessment of clock drawing test (0 % vs. 16.7 %, $p = 0.018$), more often read drug leaflets (80.6 % vs 50 %, $p = 0.022$) and more often had good self-reported inhalation skills (97 vs. 75 %, $p = 0.025$) in comparison to patients in whom inhalation training failed (Table 2).

In one-way regression analysis reading the drug leaflet and good self-reported inhalation skills proved to increase the chance of successful training among DPI users (Table 5). In the multivariate logistic regression model, the impact of both variables was preserved (Table 6).

4. Discussion

The results of this study confirm that training in inhalation leads to a short-term improvement of inhalation technique for most trainees and that there are differences in the factors affecting the result of such training between types of inhalers (MDI vs DPI). Older age of the patient may hinder the effect of inhalation technique training in MDI users, while not reading the drug leaflet and low patient self-reported inhalation skills may be predictors of training failure in DPI users. We did not find other factors limiting the effectiveness of inhalation training in the short-term evaluation in our investigated group.

Systematic reviews and meta-analyses of the studies in the field emphasize that any intervention aimed at inhalation technique training

Table 3
One-way logistic regression models assessing the effect of the studied variables on the effect of training of inhalation skills in MDI users.

Factor	Odds Ratio	Standard error	P value	95 %CI
Type of disease: COPD	0.331	0.507	0.029	0.118–0.887
Age (years)	0.935	0.025	0.008	0.886–0.979

Table 4

A multivariate logistic regression model assessing the effect of the studied variables on the effect of training of inhalation skills in MDI users.

Factor	Odds Ratio	Standard error	P value	95 %CI
Type of disease: COPD	0.487	0.527	0.173	0.169–1.365
Age (years)	0.941	0.027	0.023	0.89–0.988

Table 5

One-way logistic regression model assessing the effect of the studied variables on the effect of training of inhalation skills in DPI users.

Factor	Odds ratio	Standard error	P value	95 %CI
Reading the drug leaflet	4.15	0.66	0.03	1.134–15.444
Good self-reported inhalation skills	10.83	0.98	0.015	1.597–91.385

Table 6

A multivariate logistic regression model assessing the effect of the studied variables on the effect of training of inhalation skills in DPI users.

Factor	Odds ratio	Standard error	P value	95 %CI
Reading the drug leaflet	4.04	0.69	0.04	1.019–16.411
Good self-reported inhalation skills	10.42	1.03	0.02	1.394–96.034

leads to an improvement in inhalation skills among patients [4,16]. However, this does not mean that the training will lead to ideal inhalation technique for all trainees even in short-term assessment, what was also documented in this study as only approximately 85 % of trainees managed to achieve optimal inhalation technique. In this context, knowledge about factors hindering effective inhalation technique training could help improve its effectiveness.

It is important to distinguish groups of patients who require personalized training in inhalation skills. The effectiveness of inhalation technique training decreases with age, what was also confirmed in our study. This may probably be a result of an increased incidence of motor coordination disorders and degenerative joint lesions affecting dexterity [23]. Furthermore, advanced age may also affect lung function and reduce ability to generate an adequate PIF [19,24]. Studies have also documented that cognitive impairment is an independent predictor of incorrect inhalation technique [23,25–28]. Although in our investigated group, there was a lower incidence of cognitive disorders among patients with a positive effect of inhalation technique training, this finding applied only to DPI users and was not supported by univariate analysis due to low numbers of cognitive disorders in our group of subjects. In study by Luley et al., patients with severe cognitive deficits were unable to reduce the number of inhalation mistakes despite inhalation training [26]. Thus, it may be postulated that such patients require a special, personalized, simplified training which should be repeated many times [29].

Interestingly, in a univariate logistic regression model, we found that COPD may hinder the efficacy of inhalation training in MDI users, but it was not validated in a multivariate regression model. In a systemic review by Klijn et al., the type of obstructive lung disease (asthma vs COPD) was not associated with inhalation technique effectiveness [16]. Neither obstructive disease had been identified as risk factor for failure in inhalation technique so far [13], although some differences in non-adherence patterns such as sociodemographic characteristics were identified between asthmatics and patients with COPD [30].

Inhalation technique training was shown to be beneficial both for patients using MDI and DPI [4,16,31,32]. However, a meta-analysis by Marko and Pawliczak [4] showed that the effect of education in patients

using MDI depended on the type of educational approach - face-to-face vs. demonstration/training - with better response after the latter. This finding had not been demonstrated for DPI. Other differences between MDI and DPI in the effects of inhalation technique training were also documented. Melani et al. showed that the time necessary to achieve correct inhaler technique was shorter for DPI than MDI [33]. Improvement in inhalation technique in patients using MDI proved to be more difficult to achieve than in DPI users [31,34]. Our study also showed differences between MDI and DPI in the factors affecting the result of inhalation technique training although the efficacy of training was similar in MDI and DPI users. Older age and diagnosis of COPD were found as predictors of ineffective inhalation education in MDI users, but not in DPI users. Moreover, we found that not reading the drug leaflet and low self-reported inhalation skill might indicate training failure in patients using DPI, but not in patients treated via MDI.

Inhalation training by one educator only in our study may be viewed as a limitation. It must be emphasized that this educator had an at least 5-year experience in inhalation technique training and demonstrated a good interobserver agreement in assessment of inhalation skills (Miszcuk-Ciesla et al., in press). Moreover, this reflects a real-life setting, as the availability of inhalation technique education still seems to be limited [4,16]. Nevertheless, not only patients, but also healthcare providers staff make inhalation mistakes and require training of inhalation technique [35–37]. Medical staff often overestimate their own inhalation skills what indicates the need for standardization in inhalation technique education and calls for prior assessment of the competence of staff involved in inhalation technique training. Inhalation training may be provided by pharmacists, physiotherapists, nurses or physicians. Studies emphasize the role of pharmacists, who see patients more often and therefore may provide repeated training which allows to maintain inhalation technique improvement [38–42]. Another study showed an improvement in inhalation technique among patients trained by pulmonary nurses [31]. However, no significant differences in the effectiveness of treatment were found between different groups of educators [16].

Besides the issue discussed above, other limitations of the study need to be considered in the analysis of our results. First, this was a single centre study with a limited number of patients. Second, the assessment of the effect of training was performed only once, immediately after the training, so the long-term efficacy of this intervention cannot be assessed. However, this was beyond the scope of this study, as our aim was focused on the short-term effects of a single inhalation technique training and the factors that influence the effects of such a training. Our earlier study showed that inhalation skills after a single inhalation technique training decrease with time [13]. Despite these limitations, we believe that the results of this study add value to the discussion on optimal training of inhalation skills.

In conclusion, training in inhalation skills leads to improvement in inhaler competence in most trainees, but even short-term effect of training in inhalation skills is limited. As different factors are important for efficacy of training in inhalation skills for MDI and DPI, an individual approach in inhalation technique training may improve its effect.

CRediT authorship contribution statement

Izabela Domagala-Manczyk: Writing – original draft, Visualization, Resources, Project administration, Methodology, Investigation, Formal analysis, Data curation, Conceptualization. **Marta Miszcuk-Ciesla:** Writing – review & editing, Methodology, Investigation, Formal analysis, Data curation. **Marta Maskey-Warzechowska:** Writing – review & editing, Supervision, Methodology, Formal analysis, Data curation. **Michał Zielecki:** Writing – review & editing, Investigation, Formal analysis. **Piotr Szczudlik:** Writing – review & editing, Formal analysis. **Marta Dabrowska:** Writing – review & editing, Validation, Supervision, Project administration, Methodology, Investigation, Formal analysis, Data curation, Conceptualization.

Informed consent statement

Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Institutional review board statement

The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki, and approved by the Institutional Review Board of Medical Warsaw University (KB/68/2019).

Data availability statement

The datasets analyzed during the current study contain sensitive patient information and are therefore not publicly available. Anonymized data are available from the corresponding author on request and subject to institutional and ethical approvals.

Funding sources

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Declaration of competing interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Abbreviations

MDI	Metered Dose Inhaler
DPI	Dry Powder Inhaler
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease
PIF	Peak inspiratory flow

Appendix A. Supplementary data

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2025.108603>.

References

- [1] GINA, Global strategy for asthma management and prevention [Available from: <https://ginasthma.org/2024-report/>, 2024 2024.
- [2] GOLD, Global Strategy For Prevention, Diagnosis And Management Of COPD (2025) [Available from: <https://goldcopd.org/2025-gold-report/>.
- [3] J. Sanchis, I. Gich, S. Pedersen, Systematic review of errors in inhaler use: has patient technique improved over time? *Chest* 150 (2) (2016) 394–406, <https://doi.org/10.1016/j.chest.2016.03.041>.
- [4] M. Marko, R. Powliczak, Inhalation technique-related errors after education among asthma and COPD patients using different types of inhalers - systematic review and meta-analysis, *NPJ Prim Care Respir Med* 35 (1) (2025) 15, <https://doi.org/10.1038/s41533-025-00422-0>.
- [5] A.S. Melani, M. Bonavia, V. Clementi, C. Cinti, M. Lodi, P. Maestucci, et al., Inhaler mishandling remains common in real life and is associated with reduced disease control, *Respir. Med.* 105 (6) (2011) 930–938, <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2011.01.005>.
- [6] Rubio M. Calle, P.J. Adamí Teppa, J.L. Rodríguez Hermosa, M. García Carro, J. C. Yáñez Martínez, C. Biesco Rubio, et al., Insights from real-world evidence on the use of inhalers in clinical practice, *J. Clin. Med.* 14 (4) (2025), <https://doi.org/10.3390/jcm14041217>.
- [7] P. Barnstein-Fonseca, V.M. Cotta-Lasque, V.P. Aguiar-Leiva, J. Leiva-Fernández, F. Muñoz-Croipo, F. Leiva-Fernández, The importance of reminders and patient preferences to improve inhaler technique in older adults with COPD, *Front. Pharmacol.* 13 (2022) 989362, <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.989362>.
- [8] X. Huang, Z. Jiang, Y. Dai, Y. Liu, Z. Dai, J. Wang, et al., Effect of gamification on improved adherence to inhaled medications in chronic obstructive pulmonary disease: randomized controlled trial, *J. Med. Internet Res.* 27 (2025) e65309, <https://doi.org/10.2196/65309>.
- [9] A. Lindh, K. Theander, M. Arne, K. Lisspers, L. Lindh, H. Sandelowsky, et al., One additional educational session in inhaler use to patients with COPD in primary health care - a controlled clinical trial, *Patient Educ. Counsel.* 105 (9) (2022) 2969–2975, <https://doi.org/10.1016/j.perc.2022.05.013>.
- [10] M. Dubrowska, K. Lurczak-Wozniak, M. Miszczyk, I. Domagała, W. Lisowski, A. Leszczynski, et al., Impact of a single session of inhalation technique training on inhalation skills and the course of asthma and COPD, *Respir. Care* 64 (10) (2019) 1250–1260, <https://doi.org/10.4187/respcare.06740>.
- [11] S. O'Dwyer, G. Gereve, E. MacHale, B. Crohen, I. Sulaiman, F. Boland, et al., Personalized biofeedback on inhaler adherence and technique by community pharmacists: a cluster randomized clinical trial, *J. Allergy Clin. Immunol. Pract.* 8 (2) (2020) 635–644, <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2019.09.008>.
- [12] V. Rossi, J. Salimaki, C. Sandler, M. Airaksinen, P. Kouspi, Effectiveness of inhalation technique assessment service for patients with respiratory inhaler, *Pulm. Pharmacol. Ther.* 71 (2021) 102077, <https://doi.org/10.1016/j.pupt.2021.102077>.
- [13] J.M. Sánchez-Nieto, R. Bernabeu-Mora, I. Fernández-Muñoz, A. Carrillo-Alcaraz, J. Alcántara-Fructuoso, J. Fernández-Álvarez, et al., Effectiveness of individualized inhaler technique training on low adherence (LowAd) in ambulatory patients with COPD and asthma, *NPJ Prim Care Respir Med* 32 (1) (2022) 1, <https://doi.org/10.1038/s41533-021-00262-8>.
- [14] M.J. Sanders, Guiding inspiratory flow: development of the In-Check DIAL G16, a tool for improving inhaler technique, *Pulm. Med.* 2017 (2017) 1495867, <https://doi.org/10.1155/2017/1495867>.
- [15] B. Nixon, S. Astell, Effectiveness of an aerosol inhalation monitor in an ambulatory primary care pharmacy clinic, *J. Pharm. Technol.* 40 (4) (2024) 178–185, <https://doi.org/10.1177/87551225241258873>.
- [16] S.L. Klijn, M. Hilgsmann, S. Evers, M. Román-Rodríguez, T. van der Molén, J.F. M. van Boven, Effectiveness and success factors of educational inhaler technique interventions in asthma & COPD patients: a systematic review, *NPJ Prim Care Respir Med* 27 (1) (2017) 24, <https://doi.org/10.1038/s41533-017-0022-1>.
- [17] O.S. Usmani, F. Lavorini, J. Marshall, W.C.N. Dunlop, L. Heron, E. Farrington, et al., Critical inhaler errors in asthma and COPD: a systematic review of impact on health outcomes, *Respir. Res.* 19 (1) (2018) 10, <https://doi.org/10.1186/s12931-017-0710-y>.
- [18] S. Bonic-Anticevich, B.G. Bender, M.T. Shuler, M. Hess, J.W.H. Kocks, Recognizing and tackling inhaler technique decay in asthma and chronic obstructive pulmonary disease (COPD) clinical practice, *J. Allergy Clin. Immunol. Pract.* 11 (8) (2023) 2355, <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2023.04.031>, 64.e5.
- [19] D.A. Mahler, The role of inspiratory flow in selection and use of inhaled therapy for patients with chronic obstructive pulmonary disease, *Respir. Med.* 161 (2020) 105857, <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2019.105857>.
- [20] E.F. Juniper, A.S. Buist, F.M. Cox, P.J. Ferris, D.R. King, Validation of a standardized version of the asthma quality of life questionnaire, *Chest* 115 (5) (1999) 1265–1270, <https://doi.org/10.1378/chest.115.5.1265>.
- [21] P.W. Jones, F.H. Quirk, C.M. Baveystock, P. Littlejohns, A self-complete measure of health status for chronic airflow limitation. The St. George's respiratory questionnaire, *Am. Rev. Respir. Dis.* 145 (6) (1992) 1321–1327, <https://doi.org/10.1164/ajrccm.145.6.1321>.
- [22] M.F. Folstein, S.E. Folstein, P.R. McHugh, "Mini-mental state": A practical method for grading the clinician, *J. Psychiatr. Res.* 12 (3) (1975) 189–198, [https://doi.org/10.1016/0022-3956\(75\)90026-5](https://doi.org/10.1016/0022-3956(75)90026-5).
- [23] L. Hagmeyer, S. van Koningbeuggen-Rietchel, S. Mathies, E. Rietchel, W. Randerath, From the infant to the geriatric patient-strategies for inhalation therapy in asthma and chronic obstructive pulmonary disease, *Clin. Res. J* 17 (6) (2023) 487–498, <https://doi.org/10.1111/crj.13610>.
- [24] H. Frohnhofer, O. Hagen, Handgrip strength measurement as a predictor for successful dry powder inhaler treatment: application in older individuals with COPD, *Z. Gerontol. Geriatr.* 44 (4) (2011) 245–249, <https://doi.org/10.1007/s00391-011-0222-1>.
- [25] T. Maricatos, D. Santos, C. Carvalho, I. Teles, J. Correia-de-Sousa, L. Taborda-Bastos, Assessment of poor inhaler technique in older patients with asthma or COPD: a predictive tool for clinical risk and inhaler performance, *Drugs Aging* 39 (8) (2020) 605–616, <https://doi.org/10.1007/s40266-020-00779-5>.
- [26] M.C. Luley, T. Luleit, E. Knopf, M. Dyjak, C.P. Crise, R. Nan, Training improves the handling of inhaler devices and reduces the severity of symptoms in geriatric patients suffering from chronic-obstructive pulmonary disease, *BMC Geriatr.* 20 (1) (2020) 398, <https://doi.org/10.1186/s12877-020-01804-4>.
- [27] Addressing inhaler technique challenges in cognitively impaired chronic obstructive pulmonary disease patients: the impact of customized training programs, *Monaldi Arch. Chest Dis.* (2025), <https://doi.org/10.4061/monaldi.2025.3213>.
- [28] J.S. Kim, N. Hashweh, H. Li, S. Choudhary, S. Santosh, E. Charbek, Effectiveness of one-on-one coaching in improving pressurized metered dose inhaler (pMDI) technique among COPD patients: a prospective clinical study, *BMC Pulm. Med.* 21 (1) (2021) 286, <https://doi.org/10.1186/s12890-021-01627-y>.
- [29] F. Lavorini, C. Mannini, E. Chellai, G.A. Fontana, Optimizing inhaled pharmacotherapy for elderly patients with chronic obstructive pulmonary disease: the importance of delivery devices, *Drugs Aging* 33 (7) (2016) 461–473, <https://doi.org/10.1007/s40266-016-0377-y>.
- [30] V. Plaza, A. López-Viña, L.M. Estrenas, C. Fernández-Rodríguez, C. Melero, L. Pérez-Llana, et al., Differences in adherence and non-adherence behaviour patterns to inhaler devices between COPD and asthma patients, *COPD J. Chronic Obstr. Pulm. Dis.* 13 (5) (2016) 547–554, <https://doi.org/10.3109/15412555.2015.1118449>.
- [31] M. Mielko, M. Klimczak, M. Sołczak, M. Wojakiewicz, T. Dębowski, A. Emeryk, et al., Effective inhaler technique education is achievable - assessment and

- comparison of five inhaler devices errors, *Front. Pharmacol.* 16 (2025) 1538283, <https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1538283>.
- [32] Y. Takoku, K. Kurohama, C. Ohta, T. Ishiguro, N. Kagiya, T. Yanagisawa, et al., How many instructions are required to correct inhalation errors in patients with asthma and chronic obstructive pulmonary disease? *Respir. Med.* 123 (2017) 110–115, <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2016.12.012>.
- [33] A.S. Melani, M. Bonavia, E. Mastropasqua, A. Zandorlin, M. Lodi, P. Martucci, et al., Time required to rectify inhaler errors among experienced subjects with faulty technique, *Respir. Care* 62 (4) (2017) 400–414, <https://doi.org/10.4187/respcare.05117>.
- [34] Y. Aydemir, Assessment of the factors affecting the failure to use inhaler devices before and after training, *Respir. Med.* 109 (4) (2015) 451–458, <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2015.02.011>.
- [35] V. Swami, J.G. Chu, T. Smith, J. Wheatley, M. Roberts, Confidence of nurses with inhaler device education and competency of device use in a specialised respiratory inpatient unit, *Chron. Respir. Dis.* 18 (2021) 14799751211002241, <https://doi.org/10.1177/14799751211002241>.
- [36] K. De Tratto, C. Gomez, C.J. Ryan, N. Bracken, A. Steffen, S.J. Corbridge, Nurses' knowledge of inhaler technique in the inpatient hospital setting, *Clin. Nurse Spec.* 28 (3) (2014) 156–160, <https://doi.org/10.1097/nur.0000000000000047>.
- [37] Abdul M. Muhammad, A study of knowledge about metered-dose inhaler technique among health care providers in a tertiary-level hospital, *Am. J. Clin. Exp. Med.* 13 (1) (2025) 8–13, <https://doi.org/10.11648/j.ajcem.20251301.12>.
- [38] B. Mayzel, S. Muench, C. Leuster, Impact of pharmacist education on inhaler technique and adherence in an outpatient clinic, *Hosp. Pharm.* 57 (3) (2022) 402–407, <https://doi.org/10.1177/00185787211046883>.
- [39] T. Makhinova, E.L. Walker, M. Gokort, L. Kalvi, L.M. Guiguis, Checking inhaler technique in the community pharmacy: predictors of critical errors, *Pharmacy (Basel)* 8 (1) (2020), <https://doi.org/10.3390/pharmacy8010006>.
- [40] A.T. Rodrigues, S. Romano, M. Romão, D. Figueira, C. Bulhosa, A. Madeira, et al., Effectiveness of a pharmacist-led intervention on inhalation technique for asthma and COPD patients: the INSPIRA pilot cluster-randomized controlled trial, *Respir. Med.* 185 (2021) 1065041, <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2021.106507>.
- [41] X. Jia, S. Zhou, D. Luo, X. Zhao, Y. Zhou, Y.M. Cui, Effect of pharmacist-led interventions on medication adherence and inhalation technique in adult patients with asthma or COPD: a systematic review and meta-analysis, *J. Clin. Pharm. Therapeut.* 45 (5) (2020) 904–917, <https://doi.org/10.1111/jcpt.13126>.
- [42] S.E. Pettie, M.W. Hess, H. Wachtel, The role of the pharmacist in inhaler selection and education in chronic obstructive pulmonary disease, *J. Pharm. Technol.* 37 (2) (2021) 95–106, <https://doi.org/10.1177/8755122520937649>.

9 Podsumowanie wyników

Przedstawiony w rozprawie cykl publikacji zawiera omówienie dotychczasowego stanu wiedzy na temat błędów popełnianych podczas inhalowania leków wziewnych, czynników wpływających na popełnianie błędów podczas przyjmowania leków wziewnych oraz czynników wpływających na efektywność szkolenia techniki inhalacji leków wziewnych.

Praca nr 1

W pracy pogładowej pt. „*Najczęstsze błędy popełniane przez chorych w technice inhalacji leków wziewnych*” omówiono na podstawie dostępnej literatury najczęściej popełniane błędy przy stosowaniu leków wziewnych, prawidłową technikę inhalacji oraz czynniki wpływające na wybór odpowiedniego inhalatora dla pacjenta.

Do kolejnych badań oryginalnych włączono 180 chorych na astmę (115 chorych) i POChP (65 chorych) stosujących przewlekle leki wziewne.

Praca nr 2

“Expectations versus reality in inhalation technique. A case -control study of inhalation technique in patients with asthma or COPD”

Wśród 180 chorych włączonych do badania 59 pacjentów (32,8%) stosowało leki wziewne w 1 typie inhalatora, podczas gdy 67 chorych (37,2%) stosowało 2 inhalatory oraz 54 (30%) 3 lub więcej inhalatorów. Większość pacjentów stosowała leki w inhalatorach typu MDI (n=135; 75%). W grupie badanej znajdowało się 46 pacjentów (25,5%) z istotnymi chorobami wzroku, 16 pacjentów (8,9%) z istotnym upośledzeniem słuchu oraz 5 chorych (2,8%) z zaawansowanymi zmianami zwyrodnieniowymi dłoni. Na podstawie oceny neurologicznej opartej o MMSE u 29 pacjentów (18,9%) stwierdzono łagodne zaburzenia funkcji poznawczych, a u 7 chorych (4,6%) łagodne otępienie.

W całej grupie badanej tylko 68 pacjentów (37,8%) przyjmowało leki wziewne prawidłowo. Jedynie 76 pacjentów (42,2%) zgłosiło, iż przebyło wcześniej jakiekolwiek szkolenie z prawidłowej techniki inhalacji leków wziewnych.

Odsetek pacjentów, którzy prawidłowo inhalowali leki wziewne był wyższy w grupie pacjentów stosujących inhalatory typu DPI 77/110 (70%) w stosunku do pacjentów stosujących inhalatory typu MDI 52/140 (37,1%); ($p < 0,001$). U chorych stosujących leki typu MDI,

mediana osiąganego PIF przez pacjentów wynosiła 110 l/min (IQR 70-120), a wśród pacjentów stosujących DPI 60 l/min (IQR 42,5-70). W grupie badanej prawidłowy PIF w celu przyjęcia leku wziewnego generowało 94/110 chorych przyjmujących DPI (85,5%) oraz 32/140 chorych przyjmujących MDI (22,9%); ($p < 0,001$).

Wśród pacjentów przyjmujących prawidłowo leki typu MDI stwierdzono częstsze czytanie ulotek informacyjnych załączonych do leków wziewnych ($p = 0,015$). Natomiast chorzy stosujący prawidłowo leki w inhalatorach typu DPI mieli wyższą samoocenę odnośnie prawidłowego stosowania leków ($p = 0,046$) oraz częściej byli szkoleni jak prawidłowo stosować leki w stosunku do chorych z nieprawidłową techniką inhalacji ($p = 0,001$).

W modelu wieloczynnikowym regresji logistycznej stwierdzono, iż leczenie lekami wziewnymi typu MDI oraz przerwy w regularnym przyjmowaniu leków zwiększają ryzyko nieprawidłowej techniki inhalacji leków wziewnych, podczas gdy wyższa samoocena umiejętności prawidłowego stosowania inhalatorów jest związana z prawidłowym stosowaniem leków wziewnych.

Podsumowując, wyniki pracy nr 2 potwierdziły, że większość chorych na astmę i POChP przyjmuje leki wziewne nieprawidłowo, zwłaszcza pacjenci stosujący inhalatory ciśnieniowe (MDI), oraz ci, którzy czasem przerywają stosowanie leków wbrew zaleceniom. Ponadto, niewystarczająca edukacja w zakresie techniki inhalowania leków wziewnych jest jednym z głównych czynników wpływających na niski odsetek chorych prawidłowo stosujących leki wziewne.

Praca nr 3

“Limitation of the effectiveness of inhalation training in patients with asthma and COPD”.

Praca nr 3 to kontynuacja badania poprzedniego, w której oceniono skuteczność szkolenia prawidłowej techniki inhalowania. Wśród 180 chorych jedynie 9 chorych (6,4%) stosujących inhalatory typu MDI oraz 31 pacjentów (28,2%) stosujących inhalatory typu DPI nie popełniało żadnego błędu podczas inhalowania. Pozostali pacjenci zostali zakwalifikowani do szkolenia prawidłowej techniki inhalacji leków (131 osób stosujący inhalatory MDI oraz 79 - DPI). Szkolenie poprawiło technikę inhalacji leków u 112/131 chorych stosujących MDI (85,5%) oraz 67/79 przyjmujących leki w inhalatorach DPI (84,8%); ($p = 0,892$).

Wśród pacjentów stosujących inhalatory typu MDI częściej poprawę po szkoleniu uzyskiwali pacjenci młodszy, chorujący na astmę oraz niepalący papierosów (Praca 3 Tabela 2).

W jednowymiarowym modelu regresji stwierdzono, iż poprawa techniki inhalacji leków wziewnych chorych stosujących inhalatory typu MDI była zależna od wieku oraz choroby przewlekłej pacjentów. W modelu wieloczynnikowym regresji, stwierdzono, że starszy wiek zmniejsza szansę na powodzenie szkolenia techniki inhalacji leków wziewnych.

Wśród chorych stosujących DPI u których szkolenie techniki inhalacji było skuteczne stwierdzono, rzadsze występowanie łagodnych zaburzeń poznawczych (0% vs 16,7%, $p=0,018$), pacjenci częściej czytali dołączone ulotki informacyjne (80,6% vs 50%, $p=0,022$) oraz częściej mieli wyższą samoocenę w zakresie brania leków wziewnych (97 vs 75%, $p=0,025$) niż pacjenci, którzy nie poprawili techniki inhalacji po szkoleniu. W jednoczynnikowym modelu regresji potwierdzono, iż czytanie dołączonych ulotek informacyjnych (80,6% vs 50%, $p=0,022$) oraz posiadanie wyższej samooceny odnośnie brania leków wziewnych zwiększa szansę na efektywność szkolenia techniki inhalacji leków wziewnych wśród pacjentów stosujących inhalatory typu DPI. Powyższa zależność została potwierdzona również w modelu wieloczynnikowym regresji.

10 Wnioski

Przeprowadzone badania pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków.

1. Badania wykazały, iż większość chorych na astmę i POCHP popełnia błędy w technice inhalacji leków wziewnych. Ponadto stwierdzono, iż nadal większość pacjentów nie jest szkolona jak prawidłowo przyjmować leki wziewne.
2. Do czynników wpływających na nieprawidłową technikę inhalacji leków wziewnych należą stosowanie leków w inhalatorach typu MDI oraz nieregularne stosowanie leków wziewnych. Wysoka samoocena umiejętności przyjmowania leków wziewnych jest związana z poprawną techniką inhalowania leków. Natomiast czynniki takie jak wiek, płeć, poziom edukacji, motywacja do leczenia, współwystępowanie chorób wzroku, słuchu, zaburzeń poznawczych oraz zaawansowanych zmian zwyrodnieniowych stawów rąk nie były istotnie związane z nieprawidłową techniką inhalacji w badanej przez nas grupie chorych.
3. Szkolenie prawidłowej techniki inhalacji leków wziewnych u większości chorych prowadzi do krótkotrwałej poprawy techniki inhalacji leków wziewnych.
4. Pacjenci w starszym wieku oraz chorzy na POCHP pomimo szkolenia techniki inhalacji leków wziewnych osiągają gorsze efekty stosując inhalator typu MDI w stosunku do osób młodszych oraz chorych na astmę. U chorych stosujących inhalatory typu DPI brak czytania ulotek informacyjnych leków oraz niższa ocena własnej techniki inhalacji leków są predyktorami gorszej odpowiedzi na szkolenie prawidłowej techniki inhalacji leków wziewnych.

11 Opinia Komisji Bioetycznej



Komisja Bioetyczna przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym

Tel.: 022/ 57 - 20 -303
Fax: 022/ 57 - 20 -165

ul. Żwirki i Wigury nr 61
02-091 Warszawa

e-mail: komisja.bioetyczna@wum.edu.pl
www.komisja-bioetyczna.wum.edu.pl

KB/.../2019

Komisja Bioetyczna przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym
w dniu 15 kwietnia 2019 r. po zapoznaniu się z wnioskiem:

Lek. Izabela Domagała
Katedra i Klinika Chorób Wewnętrznych, Pneumonologii i Alergologii
ul. Banacha 1a, 02-097 Warszawa

dotyczącym: wyrażenia opinii w sprawie badania pt.: „Czynniki wpływające na poprawność techniki inhalacji leków wziewnych u chorych na astmę lub POChP”.

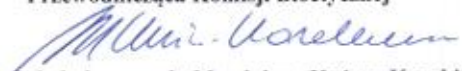
wyraża następującą opinię

- stwierdza, że jest ono dopuszczalne i zgodne z zasadami naukowo-etycznymi*.
- ~~— stwierdza, że jest ono niedopuszczalne i niezgodne z zasadami naukowo-etycznymi.*~~

Uwagi Komisji – *verte*

Komisja działa na podstawie art.29 ustawy z dnia 5.12.1996r. o zawodzie lekarza /Dz.U.nr 28/97 poz.152 wraz z późn.zm./, zarządzenia MZiOŚ z dn.11.05.1999r. w sprawie szczegółowych zasad powoływania i finansowania oraz trybu działania komisji bioetycznych /Dz.U.nr 47 poz.480/, Ustawy prawo farmaceutyczne z dnia 6 września 2001r. (Dz.U.Nr 126, poz. 1381 z późn. zm.) oraz Zarządzenie nr 56/2007 z dnia 15 października 2007r. w sprawie działania Komisji Bioetycznej przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym /Regulamin Komisji Bioetycznej przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym/.
Komisja działa zgodnie z zasadami GCP .
W załączeniu: skład komisji oraz lista obecności

Przewodnicząca Komisji Bioetycznej


Prof. dr hab. n. med. Magdalena Kuźma-Kozakiewicz

*niepotrzebne skreślić

strona podpisowa do uchwały Komisji Bioetycznej przy Warszawskim
Uniwersytecie Medycznym nr KB/.....68..... z dnia 15 kwietnia 2019r.

1. Prof. dr hab. n.med. Magdalena Kuźma –Kozakiewicz

2. Dr hab. n. med. Tomasz Grzela

3. Dr hab. n. med. Andrea Horvath-Stolarczyk

4. Prof. dr hab. n. med. Paweł Piątkiewicz

5. Dr hab. n. med. Marek Postuła

6. Prof. dr hab. n. med. Marcin Ufnal

7. Dr hab. n. med. Katarzyna Kosińska-Kaczyńska

8. Dr hab. n. farm. Sylwia Flis

9. Dr n. med. Agnieszka Serafin

10. Ks. Paweł Śmierzchalski

11. Prof. dr hab. Maria Boratyńska

12. Prof. Joanna Domagała-Kulawik



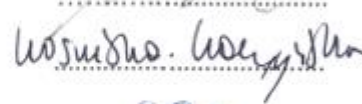










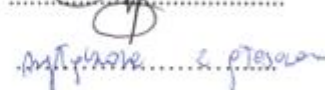












12 Oświadczenia współautorów publikacji

Lek. Izabela Domagała-Mańczyk

Warszawa, 22.09.2025

Lek. Izabela Domagała - Mańczyk

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *"Najczęstsze błędy popełniane przez chorych w technice inhalacji leków wziewnych"* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi: przygotowanie koncepcji pracy, zbieranie, analiza i interpretacja danych, przygotowanie zarysu manuskryptu, analiza statystyczna danych, ostateczne poprawki pracy. Mój udział procentowy w przygotowaniu pracy określam jako 60%.

Jako współautor pracy pt. *"Expectations versus reality in inhalation technique. A case-control study of inhalation technique in patients with asthma or COPD"* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi: przygotowanie koncepcji pracy, zbieranie, analiza i interpretacja danych, przygotowanie zarysu manuskryptu, analiza statystyczna danych, ostateczne poprawki pracy. Mój udział procentowy w przygotowaniu pracy określam jako 50%.

Jako współautor pracy pt. *"Limitation of the effectiveness of inhalation training in patients with asthma and COPD"* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi: przygotowanie koncepcji pracy, zbieranie, analiza i interpretacja danych, przygotowanie zarysu manuskryptu, analiza statystyczna danych, ostateczne poprawki pracy. Mój udział procentowy w przygotowaniu pracy określam jako 50%.

I. Domagała - Mańczyk

(podpis oświadczającego)

Warszawa, 22.09.2025

dr hab. n. med. Marta Dąbrowska

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *"Najczęstsze błędy popełniane przez chorych w technice inhalacji leków wziewnych"* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi: przygotowanie koncepcji pracy, analiza i interpretacja danych ostateczne poprawki pracy. Mój udział procentowy w przygotowaniu pracy określam jako 20%. Wkład lek. Izabeli Domagały-Mańczyk określam jako 60% w zakresie przygotowania koncepcji pracy, zbierania oraz analizy i interpretacji danych, przygotowania zarysu manuskryptu, analizy statystycznej danych oraz ostatecznych poprawek pracy.

Jako współautor pracy pt. *"Expectations versus reality in inhalation technique. A case - control study of inhalation technique in patients with asthma or COPD"* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi: przygotowanie koncepcji pracy, zbieranie, analiza i interpretacja danych, analiza statystyczna danych, ostateczne poprawki pracy. Mój udział procentowy w przygotowaniu pracy określam jako 20%. Wkład lek. Izabeli Domagały-Mańczyk określam jako 50% w zakresie przygotowania koncepcji pracy, zbierania oraz analizy i interpretacji danych, przygotowania zarysu manuskryptu, analizy statystycznej danych oraz ostatecznych poprawek pracy.

Jako współautor pracy pt. *"Limitation of the effectiveness of inhalation training in patients with asthma and COPD"* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi: przygotowanie koncepcji pracy, zbieranie, analiza i interpretacja danych, analiza statystyczna danych, ostateczne poprawki pracy. Mój udział procentowy w przygotowaniu pracy określam jako 20%. Wkład lek. Izabeli Domagały-Mańczyk określam jako 50% w zakresie przygotowania koncepcji pracy, zbierania oraz analizy i interpretacji danych, przygotowania zarysu manuskryptu, analizy statystycznej danych oraz ostatecznych poprawek pracy.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Izabeli Domagały-Mańczyk


.....
(podpis oświadczającego)

dr n. med. M. Dąbrowska
specjalist-
spec.
4280976

MAJ 2025
MARTYNA DOMAŁA-MANCIK
specjalist-
spec.
4280976

Warszawa, 22.09.2025

Lek. Marta Miszczuk-Cieśla

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *"Najczęstsze błędy popełniane przez chorych w technice inhalacji leków wziewnych"* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi: przygotowanie koncepcji pracy, zbieranie danych, ostateczne poprawki pracy. Mój udział procentowy w przygotowaniu pracy określam jako 20%. Wkład lek. Izabeli Domagały-Mańczyk określam jako 60% w zakresie przygotowania koncepcji pracy, zbierania oraz analizy i interpretacji danych, przygotowania zarysu manuskryptu, analizy statystycznej danych oraz ostatecznych poprawek pracy.

Jako współautor pracy pt. *"Expectations versus reality in inhalation technique. A case-control study of inhalation technique in patients with asthma or COPD"* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi: zbieranie, analiza danych, ostateczne poprawki pracy. Mój udział procentowy w przygotowaniu pracy określam jako 14%. Wkład lek. Izabeli Domagały-Mańczyk określam jako 50% w zakresie przygotowania koncepcji pracy, zbierania oraz analizy i interpretacji danych, przygotowania zarysu manuskryptu, analizy statystycznej danych oraz ostatecznych poprawek pracy.

Jako współautor pracy pt. *"Limitation of the effectiveness of inhalation training in patients with asthma and COPD"* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi: zbieranie i analiza danych, ostateczne poprawki pracy. Mój udział procentowy w przygotowaniu pracy określam jako 14%. Wkład lek. Izabeli Domagały-Mańczyk określam jako 50% w zakresie przygotowania koncepcji pracy, zbierania oraz analizy i interpretacji danych, przygotowania zarysu manuskryptu, analizy statystycznej danych oraz ostatecznych poprawek pracy.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w prac jako część rozprawy doktorskiej lek. Izabeli Domagały-Mańczyk


(podpis oświadczającego)

Warszawa, 22.09.2025

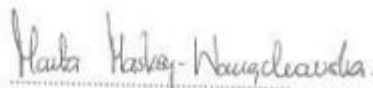
dr hab. n. med. Maskey-Warzęchowska

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *"Expectations versus reality in inhalation technique. A case - control study of inhalation technique in patients with asthma or COPD"* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi: zbieranie, analiza danych, ostateczne poprawki pracy. Mój udział procentowy w przygotowaniu pracy określam jako 10%. Wkład lek. Izabeli Domagały-Mańczyk określam jako 50% w zakresie przygotowania koncepcji pracy, zbierania oraz analizy i interpretacji danych, przygotowania zarysu manuskryptu, analizy statystycznej danych oraz ostatecznych poprawek pracy.

Jako współautor pracy pt. *"Limitation of the effectiveness of inhalation training in patients with asthma and COPD"* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi: zbieranie i analiza danych, ostateczne poprawki pracy. Mój udział procentowy w przygotowaniu pracy określam jako 10%. Wkład lek. Izabeli Domagały-Mańczyk określam jako 50% w zakresie przygotowania koncepcji pracy, zbierania oraz analizy i interpretacji danych, przygotowania zarysu manuskryptu, analizy statystycznej danych oraz ostatecznych poprawek pracy.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w prac jako część rozprawy doktorskiej lek. Izabeli Domagały-Mańczyk


(podpis oświadczającego)

Warszawa, 22.09.2025

Lek. Michał Zielecki

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *“Expectations versus reality in inhalation technique. A case - control study of inhalation technique in patients with asthma or COPD”* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi: zbieranie, analiza danych, ostateczne poprawki pracy. Mój udział procentowy w przygotowaniu pracy określam jako 3%. Wkład lek. Izabeli Domagały-Mańczyk określam jako 50% w zakresie przygotowania koncepcji pracy, zbierania oraz analizy i interpretacji danych, przygotowania zarysu manuskryptu, analizy statystycznej danych oraz ostatecznych poprawek pracy.

Jako współautor pracy pt. *“Limitation of the effectiveness of inhalation training in patients with asthma and COPD”* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi: zbieranie i analiza danych, ostateczne poprawki pracy. Mój udział procentowy w przygotowaniu pracy określam jako 3%. Wkład lek. Izabeli Domagały-Mańczyk określam jako 50% w zakresie przygotowania koncepcji pracy, zbierania oraz analizy i interpretacji danych, przygotowania zarysu manuskryptu, analizy statystycznej danych oraz ostatecznych poprawek pracy.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w prac jako część rozprawy doktorskiej lek. Izabeli Domagały-Mańczyk

Michał Zielecki

(podpis oświadczającego)

Warszawa, 22.09.2025

dr n. med. Piotr Szczudlik

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *"Expectations versus reality in inhalation technique. A case - control study of inhalation technique in patients with asthma or COPD"* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi: zbieranie, analiza danych, ostateczne poprawki pracy. Mój udział procentowy w przygotowaniu pracy określam jako 3%. Wkład lek. Izabeli Domagały-Mańczyk określam jako 50% w zakresie przygotowania koncepcji pracy, zbierania oraz analizy i interpretacji danych, przygotowania zarysu manuskryptu, analizy statystycznej danych oraz ostatecznych poprawek pracy.

Jako współautor pracy pt. *"Limitation of the effectiveness of inhalation training in patients with asthma and COPD"* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi: zbieranie i analiza danych, ostateczne poprawki pracy. Mój udział procentowy w przygotowaniu pracy określam jako 3%. Wkład lek. Izabeli Domagały-Mańczyk określam jako 50% w zakresie przygotowania koncepcji pracy, zbierania oraz analizy i interpretacji danych, przygotowania zarysu manuskryptu, analizy statystycznej danych oraz ostatecznych poprawek pracy.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w prac jako część rozprawy doktorskiej lek. Izabeli Domagały-Mańczyk

Piotr Szczudlik
.....
(podpis oświadczającego)

13 Piśmiennictwo

1. (GINA) GIfA. Global Strategy for Asthma Management and Prevention. 2024.
2. Porsbjerg C, Melén E, Lehtimäki L, Shaw D. Asthma. *The Lancet*. 2023;401(10379):858-73.
3. Pawliczak R, Emeryk A, Barczyk A, Majak P, Kupczyk M, Chorostowska-Wynimko J, et al. Guidelines for the diagnosis and management of asthma by the Polish Society of Allergology, Polish Society of Lung Diseases, Polish Society of Pediatric Pneumology, and Polish Society of Family Medicine (STAN4T). *Alergologia Polska - Polish Journal of Allergology*. 2025;12(1):1-13.
4. Juniper EF, Buist AS, Cox FM, Ferrie PJ, King DR. Validation of a standardized version of the Asthma Quality of Life Questionnaire. *Chest*. 1999;115(5):1265-70.
5. Nathan RA, Sorkness CA, Kosinski M, Schatz M, Li JT, Marcus P, et al. Development of the asthma control test: a survey for assessing asthma control. *J Allergy Clin Immunol*. 2004;113(1):59-65.
6. Rogala B, Kupczyk M, Bochenek G, Śliwiński P, Moniuszko M, Kuna P, et al. Biological therapy of severe asthma – Position of Polish Society of Allergology and Polish Society of Respiratory Diseases. *Alergologia Polska - Polish Journal of Allergology*. 2023;10(2):77-99.
7. Adeloye D, Song P, Zhu Y, Campbell H, Sheikh A, Rudan I. Global, regional, and national prevalence of, and risk factors for, chronic obstructive pulmonary disease (COPD) in 2019: a systematic review and modelling analysis. *Lancet Respir Med*. 2022;10(5):447-58.
8. Wang Z, Lin J, Liang L, Huang F, Yao X, Peng K, et al. Global, regional, and national burden of chronic obstructive pulmonary disease and its attributable risk factors from 1990 to 2021: an analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *Respir Res*. 2025;26(1):2.
9. Boers E, Barrett M, Su JG, Benjafield AV, Sinha S, Kaye L, et al. Global Burden of Chronic Obstructive Pulmonary Disease Through 2050. *JAMA Netw Open*. 2023;6(12):e2346598.
10. (GOLD) GIfCOLD. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of COPD: 2024 Report. 2024.
11. Santos NCD, Miravittles M, Camelier AA, Almeida VDC, Maciel R, Camelier FWR. Prevalence and Impact of Comorbidities in Individuals with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Systematic Review. *Tuberc Respir Dis (Seoul)*. 2022;85(3):205-20.

12. Almagro P, Soler-Cataluña JJ, Huerta A, González-Segura D, Cosío BG, on behalf of the CSI. Impact of comorbidities in COPD clinical control criteria. The CLAVE study. *BMC Pulmonary Medicine*. 2024;24(1):6.
13. Vogelmeier CF, Román-Rodríguez M, Singh D, Han MK, Rodríguez-Roisin R, Ferguson GT. Goals of COPD treatment: Focus on symptoms and exacerbations. *Respir Med*. 2020;166:105938.
14. Christenson SA, Smith BM, Bafadhel M, Putcha N. Chronic obstructive pulmonary disease. *Lancet*. 2022;399(10342):2227-42.
15. Pitre T, Lupas D, Mah J, Stanbrook M, Blazer A, Zeraatkar D, et al. Biologic Therapies for Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Systematic Review and Network Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Copd*. 2025;22(1):2449889.
16. Ghosh S, Ohar JA, Drummond MB. Peak Inspiratory Flow Rate in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Implications for Dry Powder Inhalers. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv*. 2017;30(6):381-7.
17. Hira D, Koide H, Nakamura S, Okada T, Ishizeki K, Yamaguchi M, et al. Assessment of inhalation flow patterns of soft mist inhaler co-prescribed with dry powder inhaler using inspiratory flow meter for multi inhalation devices. *PLoS One*. 2018;13(2):e0193082.
18. Mahler DA. The role of inspiratory flow in selection and use of inhaled therapy for patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Med*. 2020;161:105857.
19. Tirumalasetty J, Miller SA, Prescott HC, DeTata S, Arroyo AC, Wilkinson AJK, et al. Greenhouse Gas Emissions and Costs of Inhaler Devices in the US. *Jama*. 2024;332(12):1017-9.
20. Vartiainen V, Woodcock AA, Wilkinson A, Janson C, Björnsdóttir U, Haahtela T, et al. Thoughtful prescription of inhaled medication has the potential to reduce inhaler-related greenhouse gas emissions by 85. *BMJ Open Respir Res*. 2024;11(1).
21. Balaira A, Abad A, Fuster A, García Rivero JL, García-Sidro P, Márquez-Martín E, et al. Lung Deposition and Inspiratory Flow Rate in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease Using Different Inhalation Devices: A Systematic Literature Review and Expert Opinion. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2021;16:1021-33.
22. Kawamatawong T, Khiawwan S, Pornsuriyasak P. Peak inspiratory flow rate measurement by using In-Check DIAL for the different inhaler devices in elderly with obstructive airway diseases. *Journal of Asthma and Allergy*. 2017;10(null):17-21.

23. 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):2395-401.
24. Levy ML, Carroll W, Izquierdo Alonso JL, Keller C, Lavorini F, Lehtimäki L. Understanding Dry Powder Inhalers: Key Technical and Patient Preference Attributes. *Adv Ther.* 2019;36(10):2547-57.
25. Sanders MJ. Guiding Inspiratory Flow: Development of the In-Check DIAL G16, a Tool for Improving Inhaler Technique. *Pulm Med.* 2017;2017:1495867.
26. Leving MT, Kocks J, Bosnic-Anticevich S, Dekhuijzen R, Usmani OS. Relationship between Peak Inspiratory Flow and Patient and Disease Characteristics in Individuals with COPD-A Systematic Scoping Review. *Biomedicines.* 2022;10(2).
27. Bosnic-Anticevich S, Bender BG, Shuler MT, Hess M, Kocks JWH. Recognizing and Tackling Inhaler Technique Decay in Asthma and Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) Clinical Practice. *J Allergy Clin Immunol Pract.* 2023;11(8):2355-64.e5.
28. Usmani OS, Lavorini F, Marshall J, Dunlop WCN, Heron L, Farrington E, et al. Critical inhaler errors in asthma and COPD: a systematic review of impact on health outcomes. *Respir Res.* 2018;19(1):10.
29. Skolnik N, Yawn BP, Correia de Sousa J, Vázquez MMM, Barnard A, Wright WL, et al. Best practice advice for asthma exacerbation prevention and management in primary care: an international expert consensus. *NPJ Prim Care Respir Med.* 2024;34(1):39.
30. Sanchis J, Gich I, Pedersen S. Systematic Review of Errors in Inhaler Use: Has Patient Technique Improved Over Time? *Chest.* 2016;150(2):394-406.
31. Bao LK, Khoa ND, Chi LTK, Anh NT. Prevalence and Factors Affecting Appropriate Inhaler Use in Elderly Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Prospective Study. *J Clin Med.* 2023;12(13).
32. Halpin DMG, Mahler DA. Systematic review of the effects of patient errors using inhaled delivery systems on clinical outcomes in COPD. *BMJ Open Respir Res.* 2024;11(1).
33. Price DB, Román-Rodríguez M, McQueen RB, Bosnic-Anticevich S, Carter V, Gruffydd-Jones K, et al. Inhaler Errors in the CRITIKAL Study: Type, Frequency, and Association with Asthma Outcomes. *J Allergy Clin Immunol Pract.* 2017;5(4):1071-81.e9.
34. Melani AS, Bonavia M, Cilenti V, Cinti C, Lodi M, Martucci P, et al. Inhaler mishandling remains common in real life and is associated with reduced disease control. *Respir Med.* 2011;105(6):930-8.

35. Lavorini F, Magnan A, Dubus JC, Voshaar T, Corbetta L, Broeders M, et al. Effect of incorrect use of dry powder inhalers on management of patients with asthma and COPD. *Respir Med.* 2008;102(4):593-604.
36. Ocakli B, Ozmen I, Tunçay EA, Gungor S, Altinoz H, Adiguzel N, et al. A comparative analysis of errors in inhaler technique among COPD versus asthma patients. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2018;13:2941-7.
37. Dabrowska M, Luczak-Wozniak K, Miszczuk M, Domagala I, Lubanski W, Leszczynski A, et al. Impact of a Single Session of Inhalation Technique Training on Inhalation Skills and the Course of Asthma and COPD. *Respir Care.* 2019;64(10):1250-60.
38. Navaie M, Dembek C, Cho-Reyes S, Yeh K, Celli BR. Device use errors with soft mist inhalers: A global systematic literature review and meta-analysis. *Chron Respir Dis.* 2020;17:1479973119901234.
39. Göriş S, Taşci S, Elmali F. The effects of training on inhaler technique and quality of life in patients with COPD. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv.* 2013;26(6):336-44.
40. 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.
41. Gregoriano C, Dieterle T, Breitenstein AL, Dürr S, Baum A, Maier S, et al. Use and inhalation technique of inhaled medication in patients with asthma and COPD: data from a randomized controlled trial. *Respir Res.* 2018;19(1):237.
42. Grandmaison G, Grobéty T, Vaucher J, Hayoz D, Suter P. Prevalence of Critical Errors and Insufficient Peak Inspiratory Flow in Patients Hospitalized with COPD in a Department of General Internal Medicine: A Cross-Sectional Study. *Chronic Obstr Pulm Dis.* 2024;11(4):406-15.
43. Calle Rubio M, Adami Teppa PJ, Rodríguez Hermosa JL, García Carro M, Tallón Martínez JC, Riesco Rubio C, et al. Insights from Real-World Evidence on the Use of Inhalers in Clinical Practice. *J Clin Med.* 2025;14(4).
44. Marko M, Pawliczak R. Inhalation technique-related errors after education among asthma and COPD patients using different types of inhalers - systematic review and meta-analysis. *NPJ Prim Care Respir Med.* 2025;35(1):15.

45. Cushen B, Sulaiman I, Greene G, MacHale E, Mokoka M, Reilly RB, et al. The Clinical Impact of Different Adherence Behaviors in Patients with Severe Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 2018;197(12):1630-3.
46. Bijos P, Kaczynski J, Torvinen S, Lenarczyk E, Wrona W, Plich A, et al. Clinical And Economic Burden Of Asthma And Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) In Poland: Estimated Impact Of Poor Inhalation Technique With Inhaled Corticosteroid And Long-Acting Beta Agonist Fixed-Dose Combinations. *Value in Health*. 2015;18(7):A499.
47. Amegadzie JE, Mehareen J, Khakban A, Joshi P, Carlsten C, Sadatsafavi M. 20-year trends in excess costs of COPD. *Eur Respir J*. 2025;65(1).
48. Iamthanaporn C, Wisitsartkul A, Chuaychoo B. Cognitive impairment according to Montreal Cognitive Assessment independently predicts the ability of chronic obstructive pulmonary disease patients to maintain proper inhaler technique. *BMC Pulm Med*. 2023;23(1):144.
49. Maricoto T, Santos D, Carvalho C, Teles I, Correia-de-Sousa J, Taborda-Barata L. Assessment of Poor Inhaler Technique in Older Patients with Asthma or COPD: A Predictive Tool for Clinical Risk and Inhaler Performance. *Drugs Aging*. 2020;37(8):605-16.
50. Usami O. Improved inhaler handling after repeated inhalation guidance for elderly patients with bronchial asthma and chronic obstructive pulmonary disease. *Medicine (Baltimore)*. 2022;101(35):e30238.
51. Calzetta L, Aiello M, Frizzelli A, Ritondo BL, Pistocchini E, Rogliani P, et al. Impact of Sex on Proper Use of Inhaler Devices in Asthma and COPD: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pharmaceutics*. 2022;14(8):1565.
52. Alotaibi MM, Hughes L, Ford WR. Assessing Inhaler Techniques of Asthma Patients Using Aerosol Inhalation Monitors (AIM): A Cross-Sectional Study. *Healthcare (Basel)*. 2023;11(8).
53. Ocakli B, Ozmen I, Tuncay EA, Gungor S, Ozalp A, Yasin Y, et al. Influence of Gender on Inhaler Technique. *Respir Care*. 2020;65(10):1470-7.
54. Melzer AC, Ghassemieh BJ, Gillespie SE, Lindenauer PK, McBurnie MA, Mularski RA, et al. Patient characteristics associated with poor inhaler technique among a cohort of patients with COPD. *Respir Med*. 2017;123:124-30.
55. Zhou L-J, Wen X-X, Jiang R, Zhou H-Y, Li Y, Mao X-R, et al. Inhaler use in chronic obstructive pulmonary disease patients: a meta-analysis †. *Frontiers of Nursing*. 2022;9:343-52.

56. Molimard M, Raherison C, Lignot S, Depont F, Abouelfath A, Moore N. Assessment of handling of inhaler devices in real life: an observational study in 3811 patients in primary care. *J Aerosol Med.* 2003;16(3):249-54.
57. Lindh A, Theander K, Arne M, Lisspers K, Lundh L, Sandelowsky H, et al. One additional educational session in inhaler use to patients with COPD in primary health care – A controlled clinical trial. *Patient Education and Counseling.* 2022;105(9):2969-75.
58. Al-Jahdali H, Ahmed A, Al-Harbi A, Khan M, Baharoon S, Bin Salih S, et al. Improper inhaler technique is associated with poor asthma control and frequent emergency department visits. *Allergy Asthma Clin Immunol.* 2013;9(1):8.
59. Barnestein-Fonseca P, Cotta-Luque VM, Aguiar-Leiva VP, Leiva-Fernández J, Martos-Crespo F, Leiva-Fernández F. The importance of reminders and patient preferences to improve inhaler technique in older adults with COPD. *Front Pharmacol.* 2022;13:989362.
60. Press VG, Arora VM, Kelly CA, Carey KA, White SR, Wan W. Effectiveness of Virtual vs In-Person Inhaler Education for Hospitalized Patients With Obstructive Lung Disease: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Netw Open.* 2020;3(1):e1918205.
61. Al-Kharouf MS, Abdeljalil MH, Obeidat NM, Oweidat KA, Awwad O. Video-based teach-to-goal intervention on inhaler technique on adults with asthma and COPD: A randomized controlled trial. *PLoS One.* 2023;18(6):e0286870.
62. Klijn SL, Hiligsmann M, Evers S, Román-Rodríguez M, van der Molen T, van Boven JFM. Effectiveness and success factors of educational inhaler technique interventions in asthma & COPD patients: a systematic review. *NPJ Prim Care Respir Med.* 2017;27(1):24.
63. Bosnic-Anticevich S, Callan C, Chrystyn H, Lavorini F, Nikolaou V, Kritikos V, et al. Inhaler technique mastery and maintenance in healthcare professionals trained on different devices. *J Asthma.* 2018;55(1):79-88.
64. Takaku Y, Kurashima K, Ohta C, Ishiguro T, Kagiya N, Yanagisawa T, et al. How many instructions are required to correct inhalation errors in patients with asthma and chronic obstructive pulmonary disease? *Respir Med.* 2017;123:110-5.
65. De Vos R, Hicks A, Lomax M, Mackenzie H, Fox L, Brown TP, et al. A systematic review of methods of scoring inhaler technique. *Respiratory Medicine.* 2023;219:107430.
66. Dhruve H, Jackson DJ. Assessing adherence to inhaled therapies in asthma and the emergence of electronic monitoring devices. *Eur Respir Rev.* 2022;31(164).
67. van de Hei SJ, Kim CH, Honkoop PJ, Sont JK, Schermer TRJ, MacHale E, et al. Long-Term Cost-Effectiveness of Digital Inhaler Adherence Technologies in Difficult-to-Treat Asthma. *J Allergy Clin Immunol Pract.* 2023;11(10):3064-73.e15.

68. Carpenter DM, Roberts CA, Sage AJ, George J, Horne R. A Review of Electronic Devices to Assess Inhaler Technique. *Curr Allergy Asthma Rep.* 2017;17(3):17.
69. Press VG, Arora VM, Shah LM, Lewis SL, Ivy K, Charbeneau J, et al. Misuse of respiratory inhalers in hospitalized patients with asthma or COPD. *J Gen Intern Med.* 2011;26(6):635-42.
70. Amini S, Ghasemi A, Solduzian M, Rahimi B, Heidari K, Hadjibabaie M, et al. Is Inhaler Technique Associated with Quality of Life in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease? *Curr Ther Res Clin Exp.* 2020;93:100608.
71. Sánchez-Nieto JM, Bernabeu-Mora R, Fernández-Muñoz I, Carrillo-Alcaraz A, Alcántara-Fructuoso J, Fernández-Alvarez J, et al. Effectiveness of individualized inhaler technique training on low adherence (LowAd) in ambulatory patients with COPD and asthma. *NPJ Prim Care Respir Med.* 2022;32(1):1.
72. Jardim JR, Nascimento OA. The Importance of Inhaler Adherence to Prevent COPD Exacerbations. *Medical Sciences [Internet].* 2019; 7(4).
73. Roche N, Aggarwal B, Boucot I, Mittal L, Martin A, Chrystyn H. The impact of inhaler technique on clinical outcomes in adolescents and adults with asthma: A systematic review. *Respiratory Medicine.* 2022;202:106949.
74. Turégano-Yedro M, Trillo-Calvo E, Navarro IRF, Maya-Viejo JD, González Villaescusa C, Echave Sustaeta JM, et al. Inhaler Adherence in COPD: A Crucial Step Towards the Correct Treatment. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2023;18:2887-93.
75. Plaza V, Fernández-Rodríguez C, Melero C, Cosío BG, Entrenas LM, de Llano LP, 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.
76. Achterbosch M, van de Hei SJ, Dierick BJH, Kocks JWH, van den Berge M, Kerstjens HAM, et al. Usability and feasibility of the Test of Adherence to Inhalers (TAI) Toolkit in daily clinical practice: The BANANA study. *NPJ Prim Care Respir Med.* 2024;34(1):13.
77. 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).
78. Mohammad Abdul M. A Study of Knowledge About Metered-Dose Inhaler Technique Among Health Care Providers in a Tertiary-Level Hospital. *American Journal of Clinical and Experimental Medicine.* 2025;13(1):8-13.

79. Swami V, Cho JG, Smith T, Wheatley J, Roberts M. Confidence of nurses with inhaler device education and competency of device use in a specialised respiratory inpatient unit. *Chron Respir Dis*. 2021;18:14799731211002241.
80. De Tratto K, Gomez C, Ryan CJ, Bracken N, Steffen A, Corbridge SJ. Nurses' knowledge of inhaler technique in the inpatient hospital setting. *Clin Nurse Spec*. 2014;28(3):156-60.