

# Évaluation des Pratiques d'Utilisation des Chambres d'Inhalation chez les Enfants Asthmatiques

## Evaluation of Inhalation Chamber Usage Practices in Asthmatic Children

Khadija Belcadi<sup>1</sup>, Sara Aminou<sup>1</sup>, Kaoutar Dib<sup>2</sup>, Fadoua Benbrahim<sup>1</sup>, Ghyslaine Jaabouti<sup>1</sup>, Soumaya Benchakroun<sup>1</sup>, Naima El Hafidi<sup>1</sup>, Chafik Mahraoui<sup>1</sup>

1. Service de pneumo-allergologie et d'infectiologie pédiatriques, Hôpital d'Enfants RABAT, université Mohamed V -Souissi
2. Laboratory of Biostatistics, Clinical Research and Epidemiology, Faculty of Medicine and Pharmacy of Rabat, Mohamed V University in Rabat, Morocco.

### RÉSUMÉ

**Introduction-Objectif :** L'asthme, première maladie chronique chez les enfants, nécessite une gestion précise pour prévenir les exacerbations. Cette étude examine les pratiques d'utilisation des chambres d'inhalation chez 402 enfants asthmatiques à l'hôpital d'enfants de Rabat, en identifiant les erreurs courantes et les facteurs de risque.

**Méthodes :** Une étude prospective a été menée auprès de 402 enfants de 2 à 16 ans avec un diagnostic d'asthme confirmé, utilisant une chambre d'inhalation et ayant participé à au moins une séance d'éducation thérapeutique. Les données recueillies ont été saisies dans Microsoft Office Excel 2019 et analysées à l'aide du logiciel JAMOV Project (version 2.5, 2024). Une valeur de  $p < 0,05$  a été considérée comme statistiquement significative.

**Résultats :** Parmi les 402 enfants inclus, environ 50 % ne maîtrisaient pas correctement la technique d'inhalation. Les erreurs les plus fréquentes étaient une respiration superficielle (38 %), un nombre insuffisant de cycles respiratoires (19 %) et l'absence d'agitation du spray (12 %). Une meilleure maîtrise était significativement associée à l'âge (meilleure chez les adolescents), au niveau d'éducation des parents, au nombre de séances d'éducation thérapeutique reçues, ainsi qu'au délai depuis la dernière consultation. Enfin, le contrôle de l'asthme était significativement meilleur chez les enfants ayant une bonne maîtrise de la technique d'inhalation.

**Conclusion :** Une bonne maîtrise des chambres d'inhalation est essentielle pour le contrôle de l'asthme. Les erreurs fréquentes identifiées appellent à renforcer l'éducation thérapeutique, en ciblant particulièrement les jeunes enfants et les familles avec un niveau d'éducation limité. Des interventions adaptées pourraient améliorer l'utilisation des dispositifs et les résultats cliniques chez les enfants asthmatiques.

**Mots clés :** Asthme pédiatrique – Éducation thérapeutique – Technique d'inhalation- contrôle de l'asthme

### ABSTRACT

**Introduction-Aim:** Asthma, the leading chronic illness among children, requires precise management to prevent exacerbations. This study examines the inhalation chamber usage practices among 402 asthmatic children at the Children's Hospital of Rabat, identifying common errors and risk factors.

**Methods:** A prospective study was conducted with 402 children aged 2 to 16, all with a confirmed asthma diagnosis, using an inhalation chamber and having attended at least one therapeutic education session. Data were entered into Microsoft Office Excel 2019 and analyzed using JAMOV Project. A  $p$ -value  $< 0.05$  was considered statistically significant.

**Results:** Among the 402 children included, approximately 50% did not correctly master the inhalation technique. The most common errors were shallow breathing (38%), an insufficient number of respiratory cycles (19%), and failure to shake the inhaler before use (12%). Better technique mastery was significantly associated with age (better in adolescents), parental education level, the number of therapeutic education sessions received, and the time since the last medical consultation. Finally, asthma control was significantly better in children who demonstrated good inhalation technique mastery.

**Conclusion:** Proper inhalation chamber technique is essential for effective asthma control. The frequent errors observed highlight the need to strengthen therapeutic education, particularly for younger children and families with limited educational backgrounds. Targeted interventions could enhance device usage and improve clinical

**Keywords:** Pediatric asthma - Therapeutic education- Inhalation technique-Asthma control

### Correspondance

Khadija Belcadi

Service de pneumo allergologie et d'infectiologie pédiatriques, Hôpital d'Enfants RABAT, université Mohamed V -Souissi

Email: kbelcadi@gmail.com

## INTRODUCTION

L'asthme est la première maladie chronique chez l'enfant, affectant des millions de personnes à travers le monde et causant entre 455 000 à 461 000 décès par an [1]. Cette pathologie nécessite une gestion continue et précise pour prévenir les exacerbations et maintenir un bon contrôle des symptômes. Les directives internationales encouragent l'utilisation de médicaments inhalés comme traitement de choix pour l'asthme [2], considérée comme la voie qui permet une délivrance optimale du médicament. Cette méthode pourrait réduire les hospitalisations dues à l'asthme jusqu'à 80% [3].

Cependant, une mauvaise manipulation des chambres d'inhalation et une technique d'inhalation incorrecte entraînent une faible déposition bronchique du médicament, ce qui peut compromettre le contrôle de l'asthme. Des études ont montré que les erreurs d'utilisation de ces dispositifs sont fréquentes et peuvent considérablement compromettre l'efficacité du traitement [4][5][6]. Les conséquences de ces erreurs incluent un contrôle insuffisant de l'asthme, une augmentation des consultations non programmées, des admissions fréquentes aux urgences et, dans les cas les plus graves, des hospitalisations prolongées. De plus, l'impact économique de ces erreurs est considérable, engendrant des coûts supplémentaires pour le système de santé.

Cette étude vise à déterminer les caractéristiques des patients pédiatriques les plus à risque de mauvaise utilisation des chambres d'inhalation et à dresser une liste des types d'erreurs courantes associées à leur utilisation. En identifiant ces facteurs de risque et en cataloguant les erreurs les plus fréquentes, il est possible de développer des stratégies éducatives et des interventions ciblées pour améliorer l'utilisation des dispositifs d'inhalation et, par conséquent, le contrôle global de l'asthme chez les enfants.

## METHODES

Nous avons mené une étude prospective monocentrique au sein du service de pneumo-allergologie pédiatrique de l'Hôpital d'Enfants de Rabat, entre juillet 2022 et juillet 2024. Ont été inclus les enfants âgés de 2 à 16 ans, suivis pour un asthme confirmé selon les critères diagnostiques définis par la GINA 2024 [2]. Selon ces recommandations, le diagnostic repose sur l'association de symptômes respiratoires typiques (sifflements, toux, dyspnée ou oppression thoracique, survenant de manière récurrente, notamment la nuit ou au petit matin) et sur la mise en évidence d'une variabilité de l'obstruction bronchique. Cette variabilité était objectivée, conformément aux critères GINA 2024, par au moins l'un des éléments suivants : amélioration du VEMS  $\geq 12\%$  et  $\geq 200$  mL après bronchodilatateur, variabilité diurne du débit expiratoire de pointe (DEP)  $> 10\%$ , ou réponse clinique favorable à un traitement d'épreuve par corticostéroïdes inhalés.

Les enfants traités par corticostéroïdes inhalés via une chambre d'inhalation ont été inclus. Ont été exclus ceux

dont les représentants légaux ont refusé de participer, ceux atteints de pathologies respiratoires chroniques non asthmatiques, de pathologies neurologiques sévères, d'immunodéficiences ou de cardiopathies chroniques. Étaient également exclus les enfants dont le contrôle de l'asthme était difficile à interpréter en raison de facteurs confondants tels qu'un environnement non maîtrisé, une mauvaise observance thérapeutique ou la présence de comorbidités sévères non stabilisées (obésité morbide, reflux gastro-œsophagien non traité, rhinite allergique non contrôlée, dermatite atopique étendue).

Les données recueillies comprenaient les caractéristiques sociodémographiques, l'identité de la personne administrant le traitement, le niveau d'éducation des parents, la régularité du suivi, le nombre de séances d'éducation thérapeutique reçues, et la présence de comorbidités (rhinite allergique, dermatite atopique, reflux gastro-œsophagien, obésité). L'éducation thérapeutique, assurée au sein du service, visait à améliorer la compréhension de la maladie, l'adhésion au traitement et la maîtrise des dispositifs d'inhalation.

La technique d'utilisation de la chambre a été évaluée par l'observation des étapes clés : retrait du capuchon, agitation du dispositif, bonne insertion du spray, étanchéité du masque ou bonne utilisation de l'embout buccal selon l'âge, respiration lente et profonde, et réalisation d'un nombre adéquat de cycles respiratoires (cinq au-delà de 4 ans, dix en dessous). Toute erreur dans ces étapes définissait une mauvaise utilisation.

Le contrôle de l'asthme a été évalué selon la classification de la GINA 2024, qui distingue trois niveaux : bien contrôlé, partiellement contrôlé, ou non contrôlé, en fonction de quatre critères au cours des quatre semaines précédentes : symptômes diurnes  $> 2$  fois/semaine, réveils nocturnes, besoin fréquent de traitement de secours, et limitation des activités. La présence de 0, 1–2 ou  $\geq 3$  critères correspondait respectivement à un bon, partiel ou mauvais contrôle.

Les données ont été saisies dans Excel 2019 et analysées via le logiciel JAMOVI (version 2.5, 2024). Une valeur de  $p < 0,05$  était considérée comme statistiquement significative.

## RÉSULTATS

Parmi les 402 enfants inclus, 55 % étaient de sexe masculin. L'âge moyen était de 7 ans. La majorité des traitements étaient administrés par la mère (62 %), et seuls 24 % des enfants ne bénéficiaient pas d'une vérification systématique de leur technique d'inhalation en consultation. Le contrôle de l'asthme était jugé bon dans 63 % des cas.

L'ensemble des caractéristiques démographiques, éducatives et cliniques est présenté dans le Tableau 1.

**Tableau 1.** Caractéristiques démographiques et cliniques de 402 enfants asthmatiques recrutés au service de pneumo-allergologie et infectiologie pédiatrique de l'Hôpital d'Enfants de Rabat, entre juillet 2022 et juillet 2024.

Variable	Frequence	Pourcentage
<b>Sexe</b>		
Feminin	179	45%
Masculin	223	55%
<b>Age</b>	M= 7 ans ( min =2 ans , max=16 ans)	
<b>Niveau d'éducation des parents</b>		
Pas d'éducation	90	22%
Éducation primaire	155	39%
Éducation secondaire	72	18%
Éducation universitaire	85	21%
<b>Personne qui administre le traitement</b>		
Les deux parents	25	6%
Le père	16	4%
La mère	249	62%
L'enfant seul	84	21%
Autre	28	7%
<b>Vérification de la technique d'inhalation à chaque consultation</b>		
Oui	304	76%
Non	98	24%
<b>Perception d'une bonne maîtrise de la technique d'inhalation</b>		
Oui	323	80%
Non	79	20%
<b>Nombre de séances d'éducation thérapeutique</b>		
1	27	7%
2	62	15%
3	92	23%
4	55	14%
5	61	15%
6 ou plus	105	26%
<b>Délai depuis la dernière consultation</b>		
Mois de 3 mois	136	34%
Entre 3 et 6 mois	213	53%
Entre 6 et 12 mois	36	9%
Plus de 12 mois	17	4%
<b>Respect de la technique d'inhalation</b>		
Oui	202	50,2%
Non	200	49,8%
<b>Contrôle de l'asthme</b>		
Bien contrôlé	254	63%
Non contrôlé	110	27%
Partiellement contrôlé	38	10%

Dans notre série, il a été observé que la moitié des patients commettent des erreurs lors de l'utilisation du système d'inhalation. Les différentes erreurs relevées lors de l'évaluation objective de la technique d'inhalation sont détaillées dans le tableau 2.

Les principales erreurs identifiées incluent une respiration superficielle, des cycles respiratoires insuffisants et le spray n'ont agité avant l'utilisation

Nous avons comparé deux groupes en fonction de la maîtrise de la technique d'inhalation, plusieurs corrélations statistiquement significatives ont été observées. Le Tableau III ci-dessous détaille ces résultats.

**Tableau 2.** Types et fréquences des erreurs observées lors de l'utilisation de la chambre d'inhalation chez les enfants asthmatiques entre juillet 2022 et juillet 2024 (n = 200 enfants ayant présenté au moins une erreur).

Erreurs	Nombre	Pourcentage
Respiration superficielle	180	38 %
Cycles insuffisants	89	19%
Spray non agité	56	12%
Plusieurs bouffées simultanées	47	10%
Chambre d'inhalation non adaptée	32	6 %
Masque non adapté	28	6 %
Pleurs	25	5%
Capuchon non retiré	17	3%

**Tableau 3.** Associations entre la bonne maîtrise de la technique d'inhalation et les paramètres démographiques, éducatifs et cliniques chez 402 enfants asthmatiques évalués entre juillet 2022 et juillet 2024 à l'Hôpital d'Enfants de Rabat.

		Maitrise ( n=202)	Non maitrise P (n=200)	
Sexe	Féminin	86 (48%)	93 (52%)	0.428
	Masculin	116 (52%)	107 (48%)	
Age	2-6	56 (32,6%)	116(67,4%)	<0,001
	7-10	55 (61,8%)	34(38,2%)	
	11-14	62(63,3%)	36(36,7%)	
	>=15	29(67,4%)	14(32,6%)	
Personne qui administre le traitement	2 parents	14(56%)	11(44%)	<0,001
	Adulte	5(17.9%)	23(82.1%)	
	Enfant	56(66.7%)	28(33.3%)	
	Père	7(43.8%)	9(56.3%)	
Niveau d'études	Mère	120(48.2%)	129(51.8%)	0.016
	Aucune instruction	36 (40%)	54(60%)	
	Primaire	74(47.7%)	81(52.3%)	
	Secondaire	38(52.8%)	34(47.2%)	
Fréquence de suivi	Supérieure	54(63.5%)	31(36.5%)	0.056
	>= 1 an	3 (100%)	0(0.0)	
	CHAQUE 3 MOIS	195 (50.8%)	189(49.2%)	
	CHAQUE 6 MOIS	4(26.7 %)	11(73.3%)	
Nombre de séances	1	4(14.8%)	23(85.2%)	<0,001
	2	6(9.7% )	56(90.3%)	
	4	26(28.3%)	66(71.7%)	
	3	12(21.8%)	43(78.2%)	
	5	51(83.6 %)	10(16.4%)	
	>6	103(98.1%)	2(1.9%)	
Délai de la dernière consultation	Moins de 3 mois	100 (73%)	36 (27%)	<0,001
	Entre 3 et 6 mois	90 (42%)	123 (58%)	
	Entre 6 et 12 mois	10 (28%)	26 (72%)	
	>12 mois	4 (23%)	13 (77%)	
Asthme contrôlé	Non	16(14.5%)	94(85.5%)	<0,001
	Partiellement	5(13.2%)	33(86.8%)	
	Oui	181(71.3%)	73(28.7%)	

• **Âge** ( $p < 0,001$ ) : La maîtrise de la technique d'inhalation est étroitement liée à l'âge de l'enfant. Les enfants âgés de 2 à 6 ans montrent la plus faible maîtrise de cette technique, avec 67% d'entre eux n'ayant pas réussi à l'exécuter correctement. À mesure que les enfants grandissent, leur capacité à utiliser correctement l'inhalateur s'améliore. Chez les enfants de plus de 15 ans, seuls 23% commettent des erreurs, démontrant une amélioration notable de la maîtrise de la technique avec l'âge.

• **Niveau d'éducation des parents** ( $p = 0,016$ ) : Il a été observé que le niveau d'éducation des parents joue un rôle significatif dans la maîtrise de la technique d'inhalation. Les enfants dont les parents n'ont jamais fait d'études présentent un taux plus élevé de mauvaise technique.

• **Personne administrant le traitement** ( $p < 0,001$ ) : Les enfants qui s'administrent eux-mêmes le traitement, dont 95% étaient âgés de plus de 12 ans, ont tendance à mieux maîtriser la technique d'inhalation. En revanche, les erreurs étaient plus fréquentes lorsque l'administration était effectuée par un parent ou un adulte. Les mères, ont été impliquées dans des erreurs dans 52% des cas, contre 48% pour les pères.

• **Nombre de séances d'éducation** ( $p < 0,001$ ) : Le nombre de séances d'éducation thérapeutique auxquelles les parents et les enfants ont participé est directement associé à une meilleure maîtrise de la technique d'inhalation. Une participation à plusieurs séances, en particulier plus de six, est fortement liée à une réduction significative des erreurs.

• **Délai de la dernière consultation** ( $p < 0,001$ ) : Une consultation récente est fortement corrélée à une meilleure maîtrise de la technique d'inhalation. Les enfants ayant consulté il y a moins de trois mois montrent une meilleure compréhension et application des techniques appropriées, tandis que ceux dont la dernière consultation remonte à plus de trois mois présentent une maîtrise déclinante.

• **Impact sur le contrôle de l'asthme** ( $p < 0,001$ ) : La maîtrise de la technique d'inhalation a un impact significatif sur le contrôle de l'asthme. En effet, 85,5% de ceux ne maîtrisant pas la technique avaient un asthme non contrôlé, tandis que 71,3% de ceux ayant une bonne maîtrise avaient un asthme contrôlé.

Nous avons observé une utilisation incorrecte des dispositifs d'inhalation chez 200 patients asthmatiques, soit 49,8% de l'échantillon. Cette mauvaise utilisation est significativement associée à plusieurs facteurs, notamment l'âge des enfants, le niveau d'éducation des parents responsables, l'identité de la personne administrant le traitement, le nombre de séances d'éducation thérapeutique reçues, le délai depuis la dernière consultation ainsi que le degré de contrôle de l'asthme.

## DISCUSSION

Notre étude prospective, menée auprès de 402 enfants asthmatiques, a mis en évidence une mauvaise maîtrise de la technique d'utilisation des chambres d'inhalation chez près de la moitié des patients (49,8 %). Les erreurs les plus fréquentes étaient une respiration superficielle, un nombre insuffisant de cycles respiratoires, et l'omission de l'agitation du spray avant utilisation. Plusieurs facteurs ont été significativement associés à une meilleure maîtrise de la technique : un âge plus avancé, un niveau d'éducation parental élevé, l'auto-administration du traitement par l'enfant, la participation à un plus grand nombre de séances d'éducation thérapeutique, la régularité du suivi médical et un bon contrôle de l'asthme. Parmi les forces de cette étude, on peut souligner son caractère prospectif, la taille importante de l'échantillon et la durée de la période d'inclusion (deux ans), garantissant une meilleure représentativité des résultats. L'identification systématique des erreurs techniques, couplée à une analyse statistique rigoureuse, permet de formuler des recommandations concrètes, applicables en pratique clinique, en vue d'optimiser l'usage des dispositifs d'inhalation.

Cependant, certaines limites doivent être mentionnées. L'étude s'est focalisée exclusivement sur les chambres d'inhalation, sans comparaison avec d'autres systèmes tels que les inhalateurs à poudre sèche ou les aérosols doseurs sans chambre. Par ailleurs, l'évaluation du maintien à long terme des acquis éducatifs n'a pas été réalisée, et les consignes données lors des consultations n'ont pas été standardisées, ce qui peut introduire une variabilité inter-évaluateurs. Les facteurs sociaux et économiques influençant potentiellement l'adhésion thérapeutique n'ont pas été explorés. Enfin, l'étude ne s'est pas appuyée sur des outils numériques ou audiovisuels, pourtant reconnus comme efficaces dans l'éducation thérapeutique.

Les résultats de notre étude rejoignent ceux de nombreuses publications internationales. Des taux de mauvaise maîtrise oscillant entre 31,9 % et 86 % ont été rapportés selon les populations étudiées et les critères d'évaluation utilisés [5,7–11]. Mohamed et al. ont observé un taux de mauvaise technique de 88,9 % [12], tandis que l'étude de Coelho et al., menée dans un centre bénéficiant d'un programme d'éducation structuré, a montré que plus de 75 % des enfants utilisaient correctement leur dispositif [13]. Ces écarts s'expliquent essentiellement par les différences dans la qualité et la fréquence de l'éducation thérapeutique dispensée.

Les erreurs relevées dans notre série sont également rapportées dans la littérature. L'agitation omise du spray est classiquement décrite comme l'une des erreurs les plus fréquentes [4,14,15]. D'autres études, comme celle de Hesselink et al. [22], identifient la respiration inadéquate comme cause principale. Ces erreurs ont un impact direct sur le dépôt pulmonaire du médicament, avec des conséquences cliniques potentiellement importantes : un dépôt oropharyngé excessif, une moindre pénétration pulmonaire, ou une distribution inhomogène du principe



actif [16–20]. L'agitation préalable du spray est essentielle pour homogénéiser le mélange propulseur/médicament ; son omission peut réduire l'efficacité thérapeutique de près de 50 % [21–23].

L'un des enseignements les plus importants de notre étude concerne l'impact du nombre de séances d'éducation thérapeutique. Nous avons observé une amélioration significative et progressive de la maîtrise technique à partir de trois séances, avec un effet maximal au-delà de cinq. Ces résultats confirment la nécessité d'une approche éducative répétée, permettant non seulement l'apprentissage initial mais aussi la consolidation des connaissances et des compétences. En effet, plusieurs études ont démontré que les effets bénéfiques d'une éducation unique s'amenuisent rapidement avec le temps. L'étude ELIOT a par exemple révélé que seulement 58,9 % des patients conservaient une technique correcte trois mois après la première formation [24]. D'autres travaux insistent sur l'intérêt d'un renforcement périodique, avec des rappels réguliers [25,26], et suggèrent qu'un rythme trimestriel de séances éducatives serait optimal pour maintenir la qualité de l'inhalation dans la durée [11,15,27–29].

L'usage d'outils visuels et numériques, bien que non inclus dans notre protocole, constitue une perspective d'amélioration. Des études ont montré que les supports audiovisuels augmentent significativement la mémorisation et la reproduction correcte des gestes techniques [30–32]. Rodrigues et al. [31] ont démontré dans un essai contrôlé randomisé que les vidéos pédagogiques structurant les démonstrations techniques étaient plus efficaces que l'enseignement classique en face-à-face. Les approches hybrides, combinant supports visuels et interactions humaines, semblent offrir les meilleurs résultats, tant en termes de compréhension que de réduction des recours aux soins non programmés [33]. Enfin, l'émergence de nouvelles solutions éducatives, telles que les applications mobiles et les jeux interactifs, ouvre des perspectives intéressantes dans la prise en charge pédiatrique [34].

Il convient également de souligner que la compétence des professionnels de santé dans l'utilisation des dispositifs constitue un prérequis fondamental à une éducation de qualité. Or, plusieurs travaux ont mis en évidence la persistance d'erreurs techniques même chez les internes en pédiatrie [35], ou les médecins généralistes et hospitaliers [36]. Cela souligne la nécessité de renforcer la formation initiale et continue des soignants, afin d'assurer une transmission homogène et correcte des techniques d'inhalation aux familles.

## CONCLUSION

Notre étude montre que près de la moitié des enfants asthmatiques utilisent mal leur chambre d'inhalation, compromettant ainsi le contrôle de la maladie. Cette mauvaise maîtrise est liée à plusieurs facteurs, dont un jeune âge, un faible niveau d'éducation des parents et une éducation thérapeutique insuffisante ou ancienne. Les erreurs les plus fréquentes concernent la

respiration, le nombre de cycles et l'agitation du spray. La perte des acquis dès trois mois souligne la nécessité d'un apprentissage répété. Ces résultats soulignent l'importance d'une éducation thérapeutique continue, structurée et individualisée, à renforcer lors de chaque consultation, pour garantir une bonne technique d'inhalation et améliorer le contrôle de l'asthme chez l'enfant.

## RÉFÉRENCES

1. The Global Asthma Report. *Int J Tuberc Lung Dis.* 2022;26:S1–S102. ISBN: 978-0-473-63703-3.
2. Global Initiative for Asthma. *Global strategy for asthma management and prevention.* Bethesda: National Institutes of Health; 2024.
3. Blais L, Suissa S, Boivin JF, Ernst P. First treatment with inhaled corticosteroids and the prevention of admissions to hospital for asthma. *Thorax.* 1998;53(12):1025–9.
4. Gillette C, Rockich-Winston N, Kuhn JA, Flesher S, Shepherd M. Inhaler technique in children with asthma: A systematic review. *Acad Pediatr.* 2016. doi:10.1016/j.acap.2016.04.006.
5. Dalcin Pde T, Grutcki DM, Laporte PP, Lima PB, Menegotto SM, Pereira RP. Factors related to the incorrect use of inhalers by asthma patients. *J Bras Pneumol.* 2014;40(1):13–20. doi:10.1590/S1806-37132014000100003. PMID: 24626265; PMCID: PMC4075912.
6. 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. doi:10.1186/1710-1492-9-8. PMID: 23510684; PMCID: PMC3605255.
7. Sleath B, Ayala GX, Gillette C, et al. Provider demonstration and assessment of child device technique during pediatric asthma visits. *Pediatrics.* 2011;127(4):642–8.
8. Carpenter DM, Ayala GX, et al. Communication during pediatric asthma visits and child asthma medication device technique 1 month later. *J Asthma.* 2012;49(9):918–25.
9. Scarfone RJ, Capraro GA, Zorc JJ, Zhao H. Demonstrated use of metered-dose inhalers and peak flow meters by children and adolescents with acute asthma exacerbations. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2002;156(4):378–83.
10. Hagmolen of Ten Have W, Van De Berg NJ, Bindels PJE, Van Aaldered WMC, Van Der Palen J. Assessment of inhalation technique in children in general practice: Increased risk of incorrect performance with new device. *J Asthma.* 2008;45:67–71.
11. Capanoglu M, Misirlioglu ED, Toyran M, Civelek E, Kocabas CN. Evaluation of inhaler technique, adherence to therapy and their effect on disease control among children using metered dose or dry powder inhalers. *J Asthma.* 2015;52(8):838–45.
12. van Beerendonk I, Mesters I, Mudde AN, Tan TD. Assessment of the inhalation technique in outpatients with asthma or chronic obstructive pulmonary disease using a metered-dose inhaler or dry powder device. *J Asthma.* 1998;35:273–9.
13. van Beerendonk I, Mesters I, Mudde AN, Tan TD. Assessment of the inhalation technique in outpatients with asthma or chronic obstructive pulmonary disease using a metered-dose inhaler or dry powder device. *J Asthma.* 1998;35:273–9.
14. Warner JO, Naspitz CK, Cropp GJA. Third international pediatric consensus statement on the management of childhood asthma. *Pediatr Pulmonol.* 1998;25:1–17.
15. Kamps AWA, Brand PLP, Roorda RJ. Determinants of correct inhalation technique in children attending a hospital-based asthma clinic. *Acta Paediatr.* 2002;91:159–63.
16. Hesselink AE, Penninx BW, Wijnhoven HA, Kriegsman DM, van Eijk JT. Determinants of an incorrect inhalation technique in patients with asthma or COPD. *Scand J Prim Health Care.* 2001;19(4):255–60. doi:10.1080/02813430152706792. PMID: 11822651.
17. Kraemer R, Birrer P, Modelska K, Casaulta Aebischer C, Schöni

- MH. A new baby-spacer device for aerosolized bronchodilator administration in infants with bronchopulmonary disease. *Eur J Pediatr*. 1992;151:57-60.
18. Dessanges JF, Rivoal V. Les chambres d'inhalation. *Rev Fr Allergol*. 1998;38:103-8.
  19. Bisgaard H, Anhoj J, Klug B, Berg E. A non-electrostatic spacer for aerosol delivery. *Arch Dis Child*. 1995;73:226-30.
  20. de Blic J. Particularités d'utilisation des chambres d'inhalation chez le nourrisson. *Rev Fr Allergol*. 1998;38:99-102.
  21. Gillies J. Overview of delivery system issues in pediatric asthma. *Pediatr Pulmonol*. 1997;15 Suppl:55-8.
  22. Berg E. In vitro properties of pressurized metered dose inhalers with and without spacer devices. *J Aerosol Med*. 1995;8 Suppl:3-10.
  23. Janssens HM, Devadason SG, Hop WCJ, Le Souëf PN, De Jongste JC, Tiddens HAWM. Variability of aerosol delivery via spacer devices in young asthmatic children in daily life. *Eur Respir J*. 1999;13:787-91.
  24. Price DB, Thomas V, Dekhuijzen PN, et al. Evaluation of inhaler technique and achievement and maintenance of mastery of budesonide/formoterol Spiromax® compared with budesonide/formoterol Turbuhaler® in adult patients with asthma: The Easy Low Instruction Over Time (ELIOT) study. *BMC Pulm Med*. 2018;18:107.
  25. Gregoriano C, Dieterle T, Breitenstein AL, et al. Use and inhalation technique of inhaled medication in patients with asthma and COPD: Data from a randomized controlled trial. *Respir Res*. 2018;19:237. doi:10.1186/s12931-018-0936-3.
  26. Maricoto T, Correia-de-Sousa J, Taborda-Barata J. Inhaler technique education in elderly patients with asthma or COPD: Impact on disease exacerbations—a protocol for a single-blinded randomized controlled trial. *BMJ Open*. 2019;9:e022685. doi:10.1136/bmjopen-2018-022685.
  27. Foland AP, Stern T, Ramacciotti T, et al. Improvement of metered-dose inhaler administration technique: The effect of training sessions at a specialized pediatric asthma compliance and technique clinic. *Curr Ther Res Clin Exp*. 2002;63:142-47.
  28. Chan DS, Callahan CW, Hatch-Pigott VB, et al. Internet-based home monitoring and education of children with asthma is comparable to ideal office-based care: Results of a 1-year asthma in-home monitoring trial. *Pediatrics*. 2007;119(3):569-78.
  29. Kamps AWA, van Ewijk B, Roorda RJ, Brand PLP. Poor inhalation technique, even after inhalation instructions, in children with asthma. *Pediatr Pulmonol*. 2000;29:39-42.
  30. Veylon P, Rochoy M, Gautier S, et al. Évaluation théorique et pratique de la connaissance d'utilisation des dispositifs inhalés dans l'asthme chez les internes en médecine générale et les étudiants en pharmacie de Lille. *Rev Pneumol Clin*. 2018;74(2):67-75.
  31. Rodriguez-Garcia C, Barreiro E, Muñoz-Gall X, et al. Common errors in inhalation therapy: Impact and solutions. *Clin Respir J*. 2020;14(11):1001-1010.
  32. Liu W, Jiesibieke ZL, Tung T. Effect of asthma education on health outcomes in children: a systematic review. *Arch Dis Child*. 2022;107:1100-1105.
  33. Alatawi A. The effectiveness of asthma education approaches for children: group versus individual education. *Biomed J Sci Tech Res*. 2017.
  34. Drummond D. Outils connectés pour la télésurveillance des patients asthmatiques : gadgets ou révolution? *Rev Mal Respir*. 2022;39(3):241-257.
  35. Benjaponpitak S, Direkwattanachai C, Kraissarin C, Sasisakunporn C. Incorrect use of metered dose inhaler by pediatric residents. *J Med Assoc Thai*. 1996;79:122-125.
  36. Self TH, Brooks JB, Lieberman P, Ryan MR. The value of demonstration and role of the pharmacist in teaching the correct use of pressurized bronchodilators. *Can Med Assoc J*. 1983;128:129-131.