



## Terapia inhalada en los niños

JAVIER KORTA MURUA, ANE ALDASORO RUIZ

### Resumen

La vía inhalada de administración de fármacos es la de elección en diversas enfermedades respiratorias de los niños. Ello es debido a que permite una mejor distribución del fármaco, ejerciendo su efecto directo en el lugar preciso, permitiendo así el uso de dosis menores y con menos efectos secundarios. Estas ventajas no están exentas de dificultades, sobre todo en los niños más pequeños. Sus peculiaridades anatomofisiológicas y del desarrollo psicomotor, hacen que tanto los dispositivos como la propia técnica de administración deban ser adaptados a cada paciente con el fin de conseguir un efecto óptimo.

De la amplia gama de sistemas de inhalación existentes, los más utilizados en la edad pediátrica son los inhaladores presurizados de dosis medida combinados con cámaras espaciadoras, con o sin mascarilla facial según el rango de edad. Su uso

requiere formación y adiestramiento ya que una técnica de inhalación inapropiada conduce, con mucha frecuencia, al fracaso terapéutico.

En este capítulo se exponen los fundamentos que justifican la elección del sistema de inhalación más apropiado en los niños, los diferentes dispositivos y cámaras espaciadoras disponibles así como la técnica de inhalación más adecuada. También se hace una mención expresa a los errores más frecuentes que se cometen en torno a esta forma de administración de fármacos, y, finalmente, a la limpieza y mantenimiento de los sistemas que se utilizan.

### Introducción

La vía inhalada es la de elección en el tratamiento de diversas enfermedades respiratorias que padecen los niños. Aunque quizás sea el asma la más

representativa de ellas, la importancia de esta vía de administración de fármacos se amplía a otros trastornos como pueden ser la displasia broncopulmonar (DBP), la fibrosis quística (FQ), la traqueobroncomalacia, bronquiectasias no FQ, la discinesia ciliar primaria (DCP), atelectasias y las enfermedades neuromusculares, entre otras.

Las razones por las que en la actualidad esta vía se ha convertido en la más importante son diversas: permite una mejor distribución del fármaco, ejerce su efecto directamente en la vía aérea, permite el uso de dosis menores y por tanto con menos efectos sistémicos, siendo además cómodo para el transporte y utilización<sup>1,2</sup>. Sin embargo no está exenta de dificultades, la principal de las cuales sería el empleo incorrecto de los dispositivos y, como consecuencia de ello, un control inadecuado de la enfermedad. De hecho, en el caso del asma, la técnica de inhalación inadecuada junto con la falta de adherencia constituyen la primera causa de fracaso terapéutico. De ahí que la formación y adiestramiento de los sanitarios, por un lado, y de los pacientes (niños y padres/tutores), por otro, en este tipo de técnicas sea algo absolutamente prioritario. En este sentido, aun disponiendo de documentos de referencia importantes al respecto<sup>3</sup>, y aunque se han promovido muchas iniciativas para la formación, tanto de profesionales sanitarios como de pacientes, el nivel de conocimientos y competencias en esta materia sigue siendo deficiente.

Todo lo anterior es aplicable a cualquier edad, pero en el niño pequeño hay que tener en consideración, además, otras circunstancias. Una de ellas es que alrededor de un tercio de los niños menores de 2 años de edad se sienten angustiados durante la administración de la medicación inhalada<sup>4</sup>. Otra es que el método de administración ha de ser apto para una

inhalación a respiración corriente. Además, si se tiene en cuenta que los más pequeños tienen una respiración preferentemente nasal, el método a utilizar habrá de adaptarse igualmente a esta circunstancia. La mayoría de ellos no son capaces de respirar por la boca de forma coordinada.

Aunque hay una amplia diversidad de dispositivos en el mercado, no todos han sido testados clínicamente en niños.

De forma genérica, cuando se hace referencia a la vía inhalada, los elementos más importantes a considerar son: la propia enfermedad, el tipo de fármaco, el depósito pulmonar, el dispositivo y la capacidad o no del paciente para el uso correcto de los dispositivos.

## Fundamentos básicos

Cuando se afronta la cuestión de la vía inhalada, uno de los primeros aspectos que se deben tener en cuenta es la necesidad de obtener una buena razón o *ratio terapéutica*, definida como el cociente entre el efecto clínico y el efecto sistémico<sup>5</sup>. El primero se produce gracias al depósito del medicamento en las vías respiratorias intrapulmonares, mientras que el efecto sistémico depende del fármaco depositado en la vía aérea más el que ha pasado a la vía digestiva desde donde se absorbe. Lo que realmente interesa es conseguir un gran depósito en las vías respiratorias y poco en la región orofaríngea.

Teniendo en cuenta que un aerosol es una suspensión (nube) de partículas microscópicas en el aire o en otro gas, hay que tener presente los factores que influyen en el depósito de los fármacos en el tracto respiratorio, a saber: tamaño, forma y

densidad de las partículas, la anatomía de la vía aérea y el patrón respiratorio.

Las partículas de mayor tamaño (mayores de 5  $\mu$  de diámetro de masa media aerodinámico, DMMA) tienden a depositarse por impacto a nivel orofaríngeo, mientras que las más pequeñas (1-5  $\mu$ ) lo hacen en las vías más periféricas y a nivel alveolar por sedimentación; las que tienen un DMMA menor de 1  $\mu$  suelen ser expulsadas con la espiración. El mecanismo de depósito más importante es por difusión mediante el movimiento browniano de las moléculas. Estos rangos de DMMA provienen de estudios realizados en adultos sanos por lo que su extrapolación a los niños pequeños o lactantes puede que no sea superponible. Sin embargo, en estudios realizados en modelos experimentales<sup>6,7</sup> y en pacientes asmáticos se ha visto que las partículas más pequeñas llegan a la vía aérea más periférica<sup>8,9</sup>.

Respecto a la anatomía de la vía aérea, el paso y depósito pulmonar del fármaco será diferente según el tamaño de misma, habiendo diferencias entre el preescolar y el niño mayor<sup>10</sup>. Además, en los lactantes la respiración a través de la nariz ejerce como filtro de partículas grandes. La eficiencia en términos de dosis pulmonar es baja durante la respiración nasal, en comparación con la respiración bucal. La dosis inhalada total por kilogramo de peso corporal es relativamente más alta en la respiración nasal en niños, en comparación con los pacientes de edad avanzada que usan boquillas. Por lo tanto, la dosis pulmonar por kilogramo de peso corporal en niños con respiración nasal es probablemente similar a la alcanzada por la respiración bucal en mayores de edad<sup>3</sup>.

El patrón respiratorio también es un factor determinante, de tal forma que cuanto más profunda y

homogénea sea la inspiración mayor será la penetración de las partículas. En el niño pequeño, la respiración además de ser más superficial, el llanto y/o la falta de colaboración mientras inhalan hacen que el depósito pulmonar sea menor. Con el llanto, gran parte del fármaco se deposita en la vía aérea superior. Además, cuando el niño se opone a la administración de la medicación, suele producirse un inadecuado sellado de la mascarilla en la cara, lo que conduce a una reducción de la dosis inhalada<sup>11,12</sup>.

Otros factores importantes como el flujo inspiratorio (ideal entre 30-60 l/min) o la apnea postinspiración (10 segundos) son claves a la hora de conseguir una técnica inhalatoria correcta y por tanto la eficacia adecuada. En los niños más pequeños son muy difíciles o imposibles de conseguir, lo que conviene tener muy presente a la hora de evaluar la eficacia del tratamiento prescrito.

Por tanto, a la hora de elegir el dispositivo a utilizar para la administración, además del fármaco, hay que considerar la edad del paciente, su desarrollo cognitivo y sus preferencias.

## Sistemas de inhalación

Los inhaladores son los dispositivos que se utilizan para generar aerosoles de partículas sólidas y los nebulizadores de partículas líquidas. Se pueden clasificar en tres categorías: nebulizadores, inhaladores presurizados de dosis medida (pMDI), activados por presión o activados con la inspiración, con o sin cámara espaciadora, e inhaladores de polvo seco o *dry powder inhalers* (PDI).

Dado que las características de todos ellos han sido descritas en capítulos anteriores, señalaremos únicamente los elementos diferenciales en los niños.

## NEBULIZADORES

En general, no constituyen el sistema de elección y su uso viene determinado por la imposibilidad de administrar la medicación por otro sistema (pMDI-cámara, pMDI-autohaler o DPI). Es lo que ocurre, por ejemplo, con algunos fármacos utilizados en la FQ, como la rhDNasa recombinante, la tobramicina, la colimicina o el suero salino hipertónico. Hay que tener presente que algunos de estos fármacos están diseñados, y así han sido evaluados, para ser utilizados con un nebulizador determinado, no siendo intercambiables.

Siempre que sea posible, es mejor utilizar sistemas como pMDI/cámara que nebulizadores, incluso en las reagudizaciones por asma<sup>13,14</sup>.

De los existentes, los nebulizadores tipo jet son los más utilizados. Una de las ventajas sobre los inhaladores es la posibilidad de administrar oxígeno durante la nebulización si fuera preciso. También es una ventaja el que pueden ser utilizados en todas las edades y diferentes enfermedades. Sin embargo presentan claras desventajas. La duración de la nebulización suele ser excesiva, lo cual, cuando se utiliza a nivel domiciliario, no ayuda a la adherencia. En ese caso, además, requiere una limpieza regular con elevado riesgo de contaminación si no se cumplen estrictamente las instrucciones<sup>15</sup>. Por todo ello su uso domiciliario es poco factible.

Por otra parte, hay aspectos técnicos que afectan al aerosol que se genera, al tamaño de la partícula y a su distribución. Incluyen el volumen de llenado, el flujo que se genera, la viscosidad, la concentración y la temperatura de la solución o suspensión, el diseño del aparato y el patrón respiratorio<sup>16</sup>. El volumen de llenado condiciona la concentración, el tamaño de la partícula y la dosis. Se recomienda un determinado volumen de llenado para cada nebulizador y fármaco. Si se usa un volumen bajo puede liberarse menos

dosis total, en parte porque puede quedar un volumen residual de hasta 1-1,5 ml. El flujo generado por el compresor es también un elemento importante. Usualmente se utilizan 6-8 l/minuto. Flujos bajos generan partículas de mayor tamaño y prolongan el tiempo de nebulización. En general, generan partículas heterodispersas con una gran variabilidad de su tamaño. Además, la velocidad de inhalación modifica el depósito de las partículas (a más velocidad mayor depósito central), que también varía con la edad del paciente así como por la propia anatomía de las vías respiratorias<sup>17</sup>.

Los más usados son dispositivos para nebulización continua, que presentan algunas limitaciones. Pueden ser menos eficaces debido a la pérdida del aerosol durante la exhalación y, no pocas veces, al ajuste inadecuado de la mascarilla. Las mejoras en el diseño de la misma proporcionan una mayor masa inhalada y una reducción de la deposición facial y ocular. Se han desarrollado otros dispositivos que minimizan la pérdida durante la fase espiratoria, ya sea mediante reservorio, válvula espiratoria o mediante sistemas que se activan solo con la inspiración.

Estos últimos liberan el fármaco con la inspiración, bien cuando se alcanza un flujo inspiratorio determinado, o electrónicamente según el patrón respiratorio del paciente. Este tipo de nebulizadores proporcionan una mayor cantidad del fármaco y mayor depósito pulmonar, pudiéndose utilizar a partir de los 4 años de edad<sup>3,18</sup>.

Los nebulizadores ultrasónicos se utilizan menos ya que son más caros y generan partículas mayores cuando comparamos con los de tipo jet<sup>3</sup>. Se estima que solo un 5-10% de la dosis nominal es depositada a nivel pulmonar<sup>19</sup>.

Recientemente han surgido los nebulizadores de malla vibrante (*mesh nebulizers*) y los *smart nebuli-*

zers, utilizados sobre todo en la fibrosis quística que aportan ventajas considerables<sup>20</sup>, que van desde un mayor depósito pulmonar total y de la vía aérea más periférica<sup>21</sup> hasta una mayor adherencia<sup>22</sup>.

### **INHALADORES PRESURIZADOS DE DOSIS MEDIDA (PMDI)**

Sus características ya han sido descritas previamente, pero es preciso subrayar que no deben ser utilizados sin una cámara espaciadora, incluso en niños mayores<sup>23</sup> (GINA 2014), ya que la mayor parte de ellos no son capaces de realizar la coordinación activación/inhalación necesaria para una maniobra correcta y provocan un gran impacto orofaríngeo. Además, en muchos casos, se produce una interrupción de la inhalación por el efecto freón o frío cuando las partículas de aerosol alcanzan el velo del paladar. Ambos efectos conducen a una reducción del efecto clínico cuando se comparan con las cámaras de inhalación<sup>9</sup>.

### **CÁMARAS DE INHALACIÓN**

Con independencia de la edad, en el niño se recomienda siempre el uso de cámara espaciadora cuando se administran fármacos con pMDI.

Desde que se empezaron a utilizar los primeros espaciadores (dispositivos que separan la boquilla del cartucho presurizado de la boca del paciente) hasta la actualidad, el desarrollo de cámaras de inhalación (incluyen una o dos válvulas en el lado de la boca), con diversos diseños y complejidad, han sufrido una gran transformación<sup>24</sup>. De forma genérica, se puede afirmar que las cámaras de inhalación simplifican la técnica de inhalación y mejoran la eficiencia de los pMDI. Hacen innecesaria la coordinación entre el disparo del cartucho y la inhalación y permiten al paciente inspirar la medicación tranquilamente en varias respiraciones<sup>25,26</sup>.

La cámara recibe la dosis de aerosol generada por el disparo del cartucho, y las moléculas, enlentecidas en su velocidad de salida, son más fácilmente incorporadas al flujo inspiratorio del paciente. De esta forma se consigue favorecer la evaporación del propelente, disminuir la masa media aerodinámica de las partículas generadas, reducir la impactación orofaríngea y aumentar el depósito bronquial del fármaco<sup>27</sup>. Además, las partículas de mayor tamaño sedimentan por gravedad en el suelo de la cámara, evitando su depósito bucal y su absorción por la mucosa digestiva. Todo ello hace que la eficacia sea mayor y menores los efectos secundarios de los GC<sup>28,29</sup>. La utilización de mascarillas faciales permite que las cámaras sean utilizadas en los niños más pequeños<sup>3,11</sup>.

El depósito pulmonar del fármaco y por tanto, de la razón terapéutica, varía en función de una serie de factores dependientes tanto del paciente como de las características de la cámara.

En relación a la cooperación del niño y el patrón ventilatorio, a menor edad, menor rendimiento de la técnica por falta de colaboración. El lactante y niño pequeño deben respirar tranquilamente, a volumen corriente, y con la mascarilla bien adaptada a la cara. Si el niño llora o habla mientras inhala, la dosis que llega al pulmón es mínima<sup>30</sup>. La utilización de la cámara con mascarilla con el niño durmiendo puede ser una alternativa válida<sup>31</sup>, aunque es cierto que suele despertar al niño en no pocos casos, disminuyendo así su efectividad al lograrse un menor depósito del fármaco<sup>32</sup>. Un estudio más reciente obtiene resultados mucho más satisfactorios en términos de aceptabilidad y depósito pulmonar<sup>33</sup>.

En cuanto al aerosol, ocurre que se reduce la velocidad, el gas propelente se evapora lo que reduce el tamaño de las partículas haciendo que se muevan más lentamente al ser inhaladas. De esta forma disminuye el depósito orofaríngeo y los efectos secundarios locales (candidiasis, disfonía), aumentando la sedimentación pulmonar.

Respecto al tipo de material de la cámara, hay que recordar que es diferente de unas a otras siendo un elemento determinante por su influencia en la vida media de las

partículas<sup>34</sup>. Las cámaras de plástico ejercen un efecto electrostático sobre el aerosol que atrae las partículas del medicamento a las paredes, disminuyendo su vida media y por tanto el depósito pulmonar<sup>35</sup>. Este efecto se puede minimizar con el uso y el lavado con agua jabonosa dejándolas secar sin frotar<sup>36,37,38</sup>. Para solucionar este problema se han diseñado cámaras, como las metálicas y algunas de plástico fabricadas con material antiestático, sin carga electrostática, que prolongan la vida media de las partículas<sup>3</sup>, eliminando así la influencia de este factor en el depósito pulmonar del fármaco<sup>39</sup>.

El volumen de la cámara es otra característica a tener en consideración. A mayor volumen, mayor dificultad para los niños pequeños para inhalar el contenido debido a su volumen corriente. Si va a inhalar a volumen corriente, el número de respiraciones a realizar se calcula dividiendo el volumen de la cámara en centímetros cúbicos por el volumen corriente (10 x kg de peso). Dos respiraciones lentas son adecuadas para cámaras de pequeño volumen y 3 para las cámaras de mayor volumen en niños mayores de 2 años<sup>40</sup>. La impactación de las partículas en las paredes de la cámara es menor en aquellas de mayor volumen.

También la longitud de la cámara es importante ya que la distancia entre la boca del paciente y el inhalador influye en el tamaño de las partículas que se generan. La distancia ideal que genera una distribución óptima de partículas (DMMA entre 1-5  $\mu$ ) es entre 18 y 28 cm.<sup>41</sup>

La calidad de las válvulas es otro factor relevante. La cámara ha de disponer de una válvula unidireccional sensible y que se abra con flujos inspiratorios bajos con el fin de permitir su movimiento con el volumen corriente y bajo flujo inspiratorio de los niños<sup>42</sup>. Siempre es preferible que disponga de válvula inspiratoria y espiratoria. La válvula inspiratoria permite el paso de aire hacia la vía aérea del niño y nos asegura que se está tomando la medicación porque podemos ver su movimiento. La válvula espiratoria permite que exhale el aire sin volver a reintroducirlo en la cámara, evitando el desplazamiento del medicamento<sup>43</sup>.

Otro elemento importante a considerar es el espacio muerto. La mascarilla facial en niños pequeños y lactan-

tes facilita la inhalación en niños que respiran la medicación a través de boca-nariz (lactantes y niños pequeños), pero aumentan el espacio muerto. Cuanto mayor sea el espacio muerto entre la cara del paciente y la cámara, menor será la cantidad de fármaco disponible para inhalar. En los niños más pequeños (menores de 2 años) puede ser muy difícil de obtener un adecuado sellado entre la cara y la cámara<sup>4</sup>. Pequeñas fugas en el sellado pueden tener una gran repercusión en la salida del fármaco<sup>44</sup>, de ahí que el diseño de las cámaras y las mascarillas faciales tengan una gran importancia<sup>45,46</sup>.

Así mismo, la respiración nasal durante la inhalación en cámara con mascarilla facial disminuye de forma importante el depósito pulmonar. Por todo ello, en cuanto el niño sea capaz de inhalar a través de boquilla se eliminará.

El retraso del inicio de la respiración tras la pulsación disminuye la cantidad de fármaco disponible ya que se deposita en las paredes de la cámara.

En cuanto al número de disparos, sólo debe efectuarse una pulsación para cada inhalación y realizar las respiraciones tras cada disparo, espaciando éstos un tiempo que puede oscilar entre 30 y 60 segundos. Cargar varias dosis a la vez en la cámara no incrementa el depósito pulmonar del fármaco, y puede perderse hasta un 30% de la dosis administrada<sup>47</sup>. Si hay que administrar más de una dosis, volver a agitar el dispositivo antes de realizar el disparo.

### Tipos de cámaras

Existen una gran variedad de cámaras en función de su volumen, longitud (10-25 cm) y forma (cilíndricas, cónicas y plegables)<sup>3,24,25</sup>. Se pueden dividir en 2 grupos (tabla I)<sup>48</sup>:

- Cámaras para niños mayores de 4 años: son cámaras convencionales, de mayor volumen (700-800 ml), con boquilla y con una sola válvula unidireccional. Se pueden emplear en niños a partir de 4 años que sean capaces de colaborar de forma adecuada e inhalar a través de una boquilla. Se precisa un esfuerzo determinado y flujo inspiratorio para abrir la válvula unidireccional. Las más utilizadas son: Volumatic<sup>®</sup>, Nebuhaler<sup>®</sup>, Fisonair<sup>®</sup>, Inalventus<sup>®</sup>, Ildor<sup>®</sup>, Aeroscopic<sup>®</sup> (única que trae incorporada

TABLA I. Cámaras de inhalación en pediatría

Cámara	Volumen (ml)	Válvula	Mascarilla	Compatibilidad
<b>Aerochamber®</b> (Palex)	150	Dos unidireccionales de baja resistencia	Neonato Infantil Adulto	Universal
<b>DosiVent®</b> (Palex)	150	Unidireccional	Pequeña Mediana Grande	Universal
<b>Babyhaler®</b> (GSK)	350	Dos unidireccionales de baja resistencia	Sí	Propia
<b>Pulmichamber®</b> (Astra-Zeneca)	250	Unidireccional de baja resistencia	Sí	Propia
<b>Optichamber®</b> (Respironics)	218	Unidireccional	Neonatos Infantil Adulto	Universal
<b>Optichamber Diamond®</b> (Respironics)	140	Dos unidireccionales de baja resistencia (sonora)	Sí	Universal
<b>Prochamber®</b> (Respironics)	145	Unidireccional	Neonatos Infantil Adultos	Universal
<b>Vortex®</b> (Medical Premium)	193	Dos unidireccionales de baja resistencia	Infantil Pediátrica Adulto	Universal
<b>Nebulfarma®</b> (Nebulfarma)	250	Unidireccional	Sí	Universal
<b>Volumatic®</b> (GSK)	750	Unidireccional	No	Propia
<b>Fisonair®</b> (Sanofi-Aventis)	800	Unidireccional	No	Universal
<b>Nebuhaler®</b> (Astra Zeneca)	750	Unidireccional	No	Propia
<b>Aeroscopic®</b> (Boehringer Ingelheim)	750	Unidireccional	Sí	Universal
<b>Inhalventus®</b> (Ado Union)	750	No	No	Propia

una mascarilla facial). En algunos casos, utilizar la cámara espaciadora con boquilla puede ser un paso intermedio del sistema pMDI al mecanismo de polvo seco.

- Cámaras para lactantes y niños pequeños o mayores no colaboradores: son de pequeño volumen (150 a 350 ml) con mascarilla facial y una o dos válvulas unidireccionales de baja resistencia. Todas incorporan una mascarilla facial: Babyhaler<sup>®</sup>, Pulmichamber<sup>®</sup>, Aerochamber<sup>®</sup>, Optichamber<sup>®</sup> y Prochamber<sup>®</sup> (las 3 últimas son universales pudiendo ser utilizadas con cualquier producto). Son fáciles de usar y basta con adaptar bien la mascarilla a la cara del niño y dejarle respirar a volumen corriente.
- El sistema Jet (Ribujet<sup>®</sup>) incorpora una pequeña cámara (espaciador) de plástico con boquilla, sin válvula, y un MDI capaz de emitir un flujo de micropartículas en torbellino para ser inhaladas.

### DISPOSITIVOS DE POLVO SECO (DPI)

Descritos en otro capítulo, se trata de dispositivos pequeños, portátiles, en los que el fármaco se encuentra en forma de polvo micronizado y el aerosol se genera con la inspiración activa del paciente. No contienen propelentes, no se requiere coordinación alguna y el depósito pulmonar del fármaco es mayor (25-35% de la dosis administrada). Son los preferidos por los adultos y los niños mayores y adolescentes. Su empleo en pediatría es a partir de los 6-8 años, siempre y cuando el niño o niña colabore y sea capaz de realizarlo correctamente, ya que requieren un flujo inspiratorio mínimo de 30 L/min. Este hecho es especialmente relevante ya que en situaciones de obstrucción bronquial, independientemente de la edad, el flujo inspiratorio puede ser insuficiente y por tanto ineficaz el uso de estos dispositivos.

Recientemente se han incorporado DPIs para la administración de antibióticos por vía inhalada, como la tobramicina<sup>49</sup> y la colimicina<sup>50</sup>, especialmente indicados para pacientes con Fibrosis Quística crónicamente colonizados por *Pseudomonas aeruginosa*. Por medio de la medicación inhalada se puede conseguir concen-

traciones más altas en su lugar de acción, y además el tiempo que se necesita para su uso es mucho menor que el empleado para la nebulización.

Puesto que los fármacos administrados por vía inhalada a pacientes con FQ requieren concentraciones más altas (no alcanzadas con DPI convencionales), se ha desarrollado un sistema (PulmoSphere<sup>®</sup>) que permite inhalar grandes dosis de medicación<sup>51</sup>. A través de este sistema, el fármaco está incluido en un solvente y precipitado para producir partículas finas. De esta forma se consigue que la medicación no necesite un "carrier" y se logren depósitos pulmonares de hasta el 60% de la dosis nominal. Las pulmoesferas tienen un tamaño óptimo para llegar a los sitios donde se encuentra la infección y son estables a temperatura y humedad dentro de un amplio rango. La resistencia del sistema es intermedia entre el accuhaler y el turbuhaler.

### Elección del tipo de inhalador

La elección del dispositivo dependerá, además de los factores previamente señalados, de la disponibilidad del fármaco específico y de la capacidad o habilidad del niño para realizar una maniobra de inhalación correcta. Es indispensable corroborar que el paciente sea capaz de realizar correctamente la técnica de inhalación. No existe el inhalador ideal por lo que debe recomendarse el dispositivo que mejor se adapte a las necesidades individuales del paciente. En pediatría, probablemente sea la edad el factor más determinante a la hora de elegir un dispositivo u otro. Por tanto, la elección deberá adecuarse a ella sobre todo en los primeros años. En edades posteriores, también hay que considerar las preferencias y aptitudes de niño, acordando con él y la familia.

En el niño mayor y/o adolescente, deberá tomarse en consideración, además, las preferencias del paciente ya que si no se encuentra cómodo o rechaza un dispositivo la adherencia será menor o muy baja.



A la vista de estudios previos y las recomendaciones de las sociedades científicas<sup>43</sup>, (GINA, GEMA 2015), se considera razonable recomendar:

- Menores de 4 años de edad: inhalador presurizado con cámara espaciadora de pequeño tamaño con mascarilla facial. Como alternativa se puede utilizar nebulizador con mascarilla facial. Muchas veces, a partir de los 3 años ya son capaces de realizar una técnica correcta sin necesidad de mascarilla facial. Algunos, incluso son capaces de realizar una maniobra de inspiración máxima<sup>40</sup>. Se recomienda utilizar cámaras con válvulas de baja resistencia y bivalvulares.

- Niños de 4-6 años de edad: inhalador presurizado con cámara espaciadora con boquilla. Como alternativa se puede utilizar inhalador presurizado con mascarilla facial o nebulizador con mascarilla facial
- Niños mayores de 6 años: inhalador presurizado con cámara espaciadora con boquilla o inhalador de polvo seco. Como alternativa se puede utilizar un inhalador presurizado activado por inspiración o nebulizador con boquilla.

**CRITERIOS GENERALES DE MANEJO E INSTRUCCIONES DE USO DE LOS PMDI CON CÁMARA** (Tabla II).

**TABLA II. Instrucciones de uso de pMDI con cámaras de inhalación)**

**Niños < 4 años: pMDI+cámara con mascarilla facial**

- Retirar la tapa del pMDI
- Agitar bien el pMDI antes de cada pulsación
- Insertarlo en el extremo de la cámara
- Colocar la mascarilla sobre la boca y nariz del paciente, con el inhalador en posición vertical, manteniendo la máscara sellada sobre la cara
- Presionar el envase para liberar un puff del medicamento
- Dejar que respire tranquilamente unas 3-6 veces comprobando que la válvula de la cámara se mueve con cada respiración
- Repetir nuevamente los pasos para cada inhalación

**Niños > 4 años: pMDI+cámara con boquilla (sin mascarilla facial)**

- Retirar la tapa del pMDI
- Agitar bien el pMDI antes de cada pulsación
- Insertarlo en el extremo de la cámara
- Echar el aire
- Colocar la boquilla en la boca entre los dientes, manteniendo el inhalador en posición vertical y cerrando los labios alrededor de la boquilla
- Presionar el envase para liberar un puff del medicamento
- Respirar de forma suave, lenta y profundamente
- Mantener la respiración unos diez segundos
- Retirar la boquilla de la boca y exhalar suavemente. Esperar 30-60" segundos y repetir los pasos para cada inhalación
- En situación de reagudización, respirar tranquilamente a volumen corriente.

Como norma general, en niños, el inhalador con cartucho presurizado (MDI) se debe utilizar siempre con cámara. Los niños mayores suelen preferir inhaladores de polvo seco ya que, entre otras cosas, son más fáciles de transportar. El uso del nebulizador se ceñirá a casos muy concretos (básicamente en el ámbito de la urgencia).

No se deben descargar múltiples pulsaciones a la vez y la inhalación debe realizarse inmediatamente después de la pulsación ya que el retraso disminuye la cantidad de fármaco disponible.

Hay que recordar que si el niño está llorando o agitado el depósito pulmonar es dos tercios inferior que si realiza la inhalación estando tranquilo.

Debe vigilarse periódicamente el buen estado del dispositivo y de la cámara, así como comprobar la técnica de inhalación. Es imprescindible hacerlo siempre, con independencia de la situación clínica.

## Errores más frecuentes

Conviene conocerlos y tenerlos presente para evitar caer en los mismos y, en su caso, corregirlos. (Tabla III)

## Limpieza y mantenimiento de los sistemas de inhalación<sup>53</sup>

Habitualmente, los inhaladores presurizados, si el paciente es cuidadoso no precisan limpieza especial.

Conviene conservarlos protegidos de la luz solar directa y no ser expuestos a temperaturas superiores a 50 °C. La limpieza se debe realizar extrayendo el cartucho y lavando con agua y jabón la carcasa de plástico, con un aclarado posterior con agua corriente, secándolo bien para evitar que quede agua en la base de la válvula. Hay que tener cierto cuidado para evitar que se obstruya el orificio de salida, hecho que ocurre con frecuencia.

Las cámaras de inhalación deben desmontarse, lavando todas sus piezas con agua templada y un detergente suave o jabón y dejándolas secar al aire sin frotar para disminuir así la carga electrostática. La frecuencia de lavado puede ser semanalmente o cada 15 días, dependiendo de su uso. Es importante vigilar el funcionamiento correcto de las válvulas y cambiar la cámara si se deteriora o no se encuentra en buen estado.

Han de ser de uso individual pero en caso de reutilización es preciso un proceso de limpieza y alta desinfección. Tras desmontar la cámara se limpian las distintas componentes sumergiéndolas en agua que contenga un detergente enzimático y realizando un aclarado posterior. A continuación se sumergen en solución desinfectante, se aclara bien con agua destilada o del grifo (sobre todo si tiene filtro de retención de partículas y microorganismos) y se dejan secar al aire.

Los inhaladores de polvo seco nunca deben mojarse y se deben limpiar, si fuera necesario, frotando con un paño o servilleta de papel, guardándolos posteriormente en un lugar seco.

**TABLA III**  
**Errores más frecuentes del uso de las cámaras de inhalación**

- No asegurar que la cámara está en perfecto estado y que no tiene piezas defectuosas, válvulas, o grietas en el plástico
- Secarla con paños o frotándola, tras haber lavado el dispositivo con jabón / agua detergente,
- No comprobar la caducidad del pMDI y su contenido
- No agitar bien el MDI. La diferencia de densidad entre las partículas de fármaco y los propelentes harán que aquellas se mantengan en suspensión o en el fondo del cartucho bajo la influencia de la gravedad. Es preciso agitar para homogeneizar el contenido y siempre antes de accionar cada dosis.
- No retirar la tapa del MDI
- No ajustar herméticamente el cartucho en el orificio
- No poner el cartucho en posición vertical, esto es 90°
- Accionar más de una dosis

**pMDI + Cámara con mascarilla facial**

- Falta de correspondencia entre el tamaño de la mascarilla y la cara del niño
- No comprobar la integridad de la mascarilla
- No ajustar correctamente la mascarilla a la cara-nariz del niño, haciendo buen sello
- Llorar, hablar, contar números...
- Mantener la mascarilla ajustada a la cara del niño durante un tiempo excesivo

**pMDI + Cámara con boquilla (sin mascarilla facial)**

- No sellar bien los labios alrededor de la boquilla, mordiéndola con los dientes
- No comenzar a inhalar inmediatamente después de cargar la cámara (antes de 2 segundos)
- No hacer respiraciones lentas y profundas. Se recomienda hacer pequeñas apneas (3s) tras cada respiración
- Respirar por la nariz en vez de por la boca

## Bibliografía

1. Lo Valvo L, Leonardi S, Marseglia GL et al. Inhalation therapy in asthmatic and no asthmatic children. *Int J Immunopathol Pharmacol* 2011;24(Suppl 4) 61-7
2. Janssens HM, Tiddens HA. Aerosol therapy: the special needs of young children. *Paediatric Respir Rev* 2006;7 (Suppl 1):S83-5
3. Laube BL, Janssens HM, de Jongh FHC et al. What the pulmonary specialist should know about the new inhalation therapies. *Eur Respir J* 2011;37:1308-1331
4. Janssens HM, Heijnen EM, de Jong VM et al. Aerosol delivery from spacers in wheezy infants: a daily life study. *Eur Respir J* 2000;16:850-856
5. Gillies J. Overview of delivery systems issues in pediatric asthma. *Pediatr Pulmonol* 1997;15:55-8
6. Schüepf KG, Jauernig J, Janssens HM et al. In vitro determination of the optimal particle size for nebulized aerosol delivery to infants. *J Aerosol Med* 2005;18:225-235
7. Janssens HM, De Jongste JC, Hop WC, Tiddens HA. Extra-fine particles improve lung delivery of inhaled steroids in infants: a study in an upper airway model *Chest* 2003;123:2083-2088
8. Laube BL, Edwards AM, Dalby RN, Creticos PS, Norman PS. The efficacy of slow versus faster inhalation of cromolyn sodium in protecting against allergen challenge in patients with asthma *J Allerg Clin Immunol* 1998;101:475-4
9. Roller CM, Zhang G, Troedson RG, Leach CL, Le Souëf PN, Devadason SG. Spacer-inhalation technique and deposition of extrafine aerosol in asthmatic children. *Eur Respir J* 2007;29:299-306
10. Onhoj J, Thorsson L, Bisgaard H. Lung deposition of inhaled drug increases with age. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;162:1819-1822
11. Everard ML. Aerosol delivery to children. *Pediatr Ann* 2006;35:630-636
12. Schuepp KG, Devadason S, Roller C, Wildhaber JH. A complementary combination of delivery device and drug formulation for inhalation therapy in preschool children. *Swiss Med Wkly.* 2004;134(13-14):198-200.
13. Cates CJ, Welsh EJ, Rowe BH. Holding chambers (spacers) versus nebulisers for beta-agonist treatment of acute asthma. *Cochrane Database Syst Rev*; 2:CD000052
14. Castro-Rodríguez JA, Rodrigo GJ. Beta-agonists through metered-dose inhaler with valved holding chamber versus nebulizer for acute exacerbation of wheezing or asthma in children under 5 years of age: a systematic review with meta-analysis. *J Pediatr* 2004;145:172-177
15. Vassal S. Microbiologic contamination study of nebulizers after aerosol therapy in patients with cystic fibrosis. *Am J Infect Control*; 2000;28:347-351

16. O'Callaghan C. Delivery systems: the science. *Pediatr Pulmonol* 1997;15:51-54
17. Janssens HM. Aerosol therapy. In: *ERS/Handbook. Paediatric Respiratory Medicine* E.Eber, Midulla F Editors. 2013 European Respiratory Society (ERS), p198-206.
18. Geller DE. The science of aerosol delivery in cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol* 2008;49 Suppl 9:S5-S17
19. Silkstone VL, Corlett SA, Chrystin H. Determination of the relative bioavailability of salbutamol to the lungs and systemic circulation following nebulization. *Br J Clin Pharmacol* 2002;54:115-119
20. Waldrep JC, Berlinski A, Dhand R Comparative analysis of methods to measure aerosols generated by a vibrating mesh nebulizer. *J Aerosol Med* 2007;20: 310-319
21. Bakker EM Volpi S, Salonini E et al. Improved treatment response to dornase alfa in cystic fibrosis patients using controlled inhalation. *Eur Respir J* 2011;38:1328-1335
22. Dhand R Intelligent nebulizers in the age of the internet: the I-neb Adaptive Aerosol Delivery (AAD) system: *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv* 2010;23: Suppl 1, 3-5
23. Global Initiative for Asthma. [www.ginasthma.org](http://www.ginasthma.org)
24. Nikander K, Niccholls C, Denyer J, Pritchard J. The evolution of spacers and valved holding chambers *J Aer Med and Pulm Drug Deliv* 2014; 27:Suppl 1 S4-S23
25. Fink JB. Aerosol device selection: evidence to practice. *Respir Care* 2000; 45:874-885
26. Lavorini F, Fontana GA. Targeting drugs to the airways: the role of spacer devices. *Expert Opin Drug Deliv* 2009;6:91-102
27. Tal A, Golan H, Grauer N, Aviram M, Albin D, Quastel MR. Deposition pattern of radiolabeled salbutamol inhaled from a metered-dose inhaler by means of a spacer with mask in young children with airway obstruction. *J Pediatr* 1996; 128 479-84
28. Salzman GA, Pyszczynski DR Oropharyngeal candidiasis in patient treated with beclomethasone dipropionate delivered by metered-dose inhaler alone with aerochamber. *J Allergy Clin Immunol* 1998;81:424-428
29. Thogood JH, Baskerville J, Jennings B, Lefcoe NM, Johansson SA. Use of spacers to facilitate inhaled corticosteroid treatment of asthma. *Am Rev Respir Dis* 1984;129:723-729
30. Illes R, Lister P, Edmunds T. Crying significantly reduces absorption of aerosolised drug in infants. *Arch Dis Child* 1999;81:163-165
31. Janssens HM, van de Weil EC, Verbraak AF et al. Aerosol therapy in the fighting toddler: is administration during sleep an alternative? *J Aerosol Med* 2003;16:395-400
32. Esposito-Festen J, Ijsselstijn H, Hop W, Van Vliet F, De Jongste, Tiddens H. Aerosol therapy by pressured metered-dose inhaler-spacer in sleeping young children: to do or not to do? *Chest*. 2006;130:487-92
33. Amirav I, Newhouse MT, Luder A, Halamish A, Omar H, Gorenberg M. Feasibility of aerosol drug delivery to sleeping infants: a prospective observational study. *BMJ Open* 2014;4:e004124
34. Dubus JC, Dolovich M. Emitted doses of salbutamol pressurized metered-dose inhaler from five different plastic spacer devices. *Fundam Clin Pharmacol*. 2000;14:219-24

35. Widhaber JH, Devadason SG, Hayden MJ, et al. Electrostatic charge on a plastic spacer device influences the delivery of salbutamol. *Eur Respir J* 1996;9:1843-1946
36. Pierart F, Wildhaber JH, Vrancken I., Devadason S.G., Le Souef P.N.. Washing plastic spacers in household detergent reduces electrostatic charge and greatly improves delivery. *Eur Respir J* 1999; 13: 673-678
37. Widhaber JH High percentage lung delivery in children from detergent-treated spacers. *Pediatr Pulmonol* 2000; 29:389-393
38. Mitchell JP, Coppolo DP, Nagel MW. Electrostatics and inhaled medications: influence on delivery via pressurized metered-dose inhalers and add-on devices. *Respir Care*. 2007 Mar;52:283-30
39. Janssens HM, Krijgsman A, Verbraak TF, Hop WC, de Jongste JC, Tiddens HA. Determining factors of aerosol deposition for four pMDI spacer combinations in an infant upper airway model. *J aerosol Med* 2004;17:51-61
40. Schultz A. Le Souëf T.J, Venter A, Zhang G, Devadason SG, LeSouëfPN. Aerosol inhalation from spacers and valved holding chambers requires few tidal breaths for children. *Pediatrics*. 2010 126:e1493-8
41. Russi E, Pedrocchi L, Marquardt K. Size distribution of metered-dose inhaler aerosols. *Eur Respir Dis* 1998;2(suppl):211s
42. Dolovich M, Dhand R. Aerosol drug delivery: developments in device design and clinical use. *Lancet*. 2011; 377:1032-1045)
43. Amirav I, Newhouse MT. Aerosol therapy with valved holding chambers in young children importance of the facemask seal. *Pediatrics* 2001;108:389-94
44. Esposito-Festen JE, Ates B, van Vliet FJ, Verbraak AF, de Jongste JC, Tiddens HA. Effect of a facemask leak on aerosol delivery from a pMDI-spacer system. *J Aerosol Med* 2004;17:1-6
45. Esposito-Festen JE, Ates B, Van Vliet F, Hop W, Tiddens H. Aerosol delivery to Young children by pMDI-spacer: is facemask design important? *Pediatr Allergy Immunol* 2005;16:348-53
46. Shah Sa, Berlinski AB, Rubin bk. Force-Dependent static dead space of face masks used with holding chambers. *Respir Care* 2006 51;2:140-144
47. Barry P.W., O' Callaghan C. The effect of delay, multiple actuations and spacer static charge on the in vitro delivery of budesonide from the Nebuhaler. *Br J Clin Pharmacol* 1995; 40: 76-78
48. Rueda Esteban S. Sistema de inhalación en el asma infantil. *An Pediatr Contin* 2012;10:148-157
49. Konstan MW, Flume PA, Kappler M, Safety, efficacy and convenience of tobramycin inhalation powder in cystic fibrosis patients: the EAGER trial. *J Cyst Fibros* 2011;10:54-61
50. Schuster A, Haliburn C, Döring G, Goldman MH; Freedom Study Group. Safety, efficacy and convenience of colistimethate sodium dry power for inhalation (Colobreathe DPI) in patients with cystic fibrosis: a randomised study *Thorax* 2013;68:344-350
51. Geller DE Development of an inhaled dry-power formulation of tobramycin using PulmoSphere technology. *J Aerosol Med Pulm* 2011;24:175-182
52. Guía Española de ASMA (GEMA 2015). [www.gemasma.com](http://www.gemasma.com)
53. Consenso SEPAR-ALAT sobre terapia inhalada. *Arch Bronconeumol* 2013;49(Supl 1):2-14)