



Sistemas de inhalación en el asma infantil

SANTIAGO RUEDA ESTEBAN

Servicio de Pediatría. Hospital Universitario Clínico San Carlos. Madrid. España.
rblazquezruiz@yahoo.es

Puntos clave

La terapia inhalada facilita el acceso directo de la medicación al pulmón, consiguiendo el efecto deseado con menor dosis y con menos efectos secundarios.

Es necesario conocer los diferentes dispositivos de inhalación para individualizar la prescripción en cada paciente.

Los inhaladores presurizados de dosis medida (pMDI) deben utilizarse con cámara espaciadora. Las cámaras espaciadoras requieren de los cuidados adecuados para que mantengan sus características ideales en cuanto a la disponibilidad de la medicación.

Los inhaladores de polvo seco (DPI) son unos dispositivos excelentes para mayores de 6 años y fáciles de utilizar.

Los nebulizadores, en general, deben restringirse para aquellos pacientes cuya situación clínica no les permite la adecuada utilización de otros dispositivos de inhalación.

Se deben facilitar al paciente y a la familia las instrucciones de uso del dispositivo de inhalación prescrito y comprobar, en cada revisión, que la técnica inhalatoria es correcta.

Introducción

La vía inhalatoria es la preferible y la más utilizada para la administración de fármacos en el asma. Aporta notables beneficios frente a otras vías de administración: permite una mejor distribución del fármaco dentro de las vías aéreas; el fármaco actúa directamente sobre el lugar deseado de forma más rápida; al conseguir una distribución y penetración del medicamento más eficaz, las dosis que se deben utilizar son inferiores y con menos efectos secundarios; comodidad, en general, en el transporte y utilización de los aerosoles^{1,2}.

El estudio del comportamiento físico de las partículas de las diferentes sustancias inhaladas ha permitido el perfeccionamiento de los diversos sistemas de inhalación y la fabricación de aparatos cada vez más sencillos y eficaces que favorecen el cumplimiento del tratamiento, a la vez que incrementan el depósito del fármaco en las zonas tributarias de tratamiento^{3,4}.

Aspectos que se deben considerar en la prescripción de un inhalador

Obtener una buena ratio terapéutica

La ratio terapéutica es el cociente que se obtiene al relacionar el efecto clínico y el efecto sistémico⁵. El efecto clínico se debe al depósito del medicamento en las vías aéreas intrapulmonares. El efecto sistémico depende del medicamento depositado en la vía aérea y el que ha pasado a la vía

digestiva, desde donde se absorbe. Por ello nos interesa conseguir un gran depósito en las vías respiratorias y poco depósito en la región orofaríngea.

Conseguir un buen depósito del fármaco en las vías intrapulmonares⁶

Los factores que influyen en el depósito de los fármacos son:

1. *Tamaño, forma y densidad de las partículas*¹. Los aerosoles forman partículas de distintos tamaños, clasificándose en función del diámetro de masa media aerodinámica (DMMA). Las partículas con un DMMA superior a 5 μ se depositarán en la orofaringe y las vías aéreas superiores y las de 1-5 μ en la región alveolar y pequeñas vías. Las partículas menores de 1 μ de diámetro se expulsan con la espiración.

2. *Calibre y anatomía de la vía aérea*. Según el tamaño de la garganta y la vía aérea del paciente el paso de la medicación va a ser diferente⁷. En los lactantes la respiración a través de la nariz se comporta como un filtro de partículas grandes. En los pacientes con asma grave el calibre basal de la vía aérea altera profundamente el perfil de absorción temprana.

3. *Factores funcionales*:

— Velocidad de emisión de las partículas: a mayor velocidad, mayor impacto en las vías aéreas superiores.

— Patrón ventilatorio, volumen de aire inhalado: cuanto más profunda y homogénea sea la inspiración, mayor será la penetración de las partículas.

— Flujo inspiratorio: el flujo ideal es entre 30-60 l/min. Un flujo inspiratorio lento (20-40 l/min) mejora el depósito pulmonar

cuando se inhala con un inhalador presurizado porque el flujo laminar que se genera facilita la entrada del medicamento a las vías más distales.

— Apnea postinspiración de unos 10 s: es necesaria para una correcta sedimentación de las partículas en las vías aéreas.

— Técnica de inhalación: la biodisponibilidad de medicamento en los pulmones es mayor realizando la técnica inhalatoria en las condiciones adecuadas según el tipo de dispositivo utilizado⁸.

Sistemas de inhalación

Un aerosol es una suspensión de pequeñas partículas líquidas o sólidas en un gas. Los inhaladores son los dispositivos utilizados para generar aerosoles de partículas sólidas y los nebulizadores de partículas líquidas. Disponemos de 3 sistemas diferentes de inhalación⁹:

— Inhaladores presurizados de dosis medida (pMDI) con cámara espaciadora con mascarilla o con boquilla.

— Nebulizadores.

— Inhaladores de polvo seco o *dry powder inhalers* (DPI).

Inhaladores presurizados de dosis medida

Son inhaladores con dosificación presurizada de un principio activo envasado, que libera una dosis fija de medicamento en cada activación o puff. Están constituidos por 3 elementos⁵:

— Un cartucho o dispositivo cilíndrico metálico, con capacidad en torno a 10 ml, que contiene el medicamento activo en suspensión en un gas propelente y a una presión de entre 3 y 4 atmósferas. La necesidad de propelentes y tensioactivos en cualquier pMDI hace imposible la administración de fármaco puro mediante este método. Con los nuevos propelentes (hidrofluoroalcanos), los efectos clínicos adversos (tos y broncoespasmo) se han reducido de forma considerable ya que están libres de cloro, su temperatura de salida del pMDI es mayor y la velocidad es inferior.

— La válvula dosificadora permite liberar en cada pulsación una dosis controlada y reproducible del fármaco micronizado.

— Envase externo de plástico en el que se encaja el cartucho. La presión ejercida sobre

el cartucho acciona la válvula que permite la salida del aerosol a través de un orificio.

Inmediatamente después de la liberación de la dosis, el diámetro de las partículas es de 30-40 μ y la velocidad de 100 km/h, lo que implica un impacto orofaríngeo importante cuando se aplica directamente en la boca y que tan sólo el 10-20% alcance el territorio pulmonar. La velocidad disminuye debido a la resistencia del aire y por la evaporación de las gotitas del gas propelente. Si el cartucho se separa unos 4-5 cm de la boca, se disminuye el depósito faríngeo y se favorece la penetración bronquial. El diámetro de las partículas oscila entre 2,3 y 4,3 μ cuando llegan a las vías aéreas inferiores.

Los pMDI son inhaladores cómodos pero difíciles de utilizar correctamente, debido principalmente a la alta velocidad que tienen las partículas del aerosol cuando salen de la boquilla. Este aspecto plantea 2 problemas: una incorrecta coordinación de la activación y la inhalación y el stop de la inhalación cuando el frío de las partículas de aerosol alcanza el velo del paladar. Más del 50% de los niños cometen alguno de estos errores al utilizar un pMDI. Esto conlleva un reducido efecto clínico de las medicaciones prescritas cuando se compara con las cámaras espaciadoras o los inhaladores de polvo seco. Los pMDI no son la mejor elección para niños si se dispone de otros dispositivos alternativos.

El uso de un MDI activado por la respiración (Autohaler[®]) puede reducir el tiempo de aprendizaje y abolir las dificultades de coordinación. Tiene el inconveniente del aumento de la impactación orofaríngea y, por tanto, mayores efectos secundarios.

Los aerosoles presurizados contienen múltiples dosis de fármaco y no precisan ser cargados con cada nueva inhalación. El frasco debe ser agitado con energía antes de aplicarlo para asegurar el adecuado llenado de la cámara medidora con una mezcla homogénea del contenido. Debe guardarse a temperatura ambiente.

Cámaras espaciadoras

Las cámaras espaciadoras simplifican la técnica de inhalación y mejoran la eficiencia de los pMDI. No es necesaria la coordinación entre el disparo del cartucho y la inhalación y permite al paciente inspirar la medicación tranquilamente en varias respiraciones. Recibe la dosis de aerosol generada por el disparo del cartucho, y las

Lectura rápida



Introducción

La vía inhalatoria permite una mejor distribución del fármaco dentro de las vías aéreas; el fármaco actúa directamente sobre el pulmón de forma más rápida, al conseguir una distribución y penetración del medicamento más eficaz, las dosis que se deben utilizar del mismo son inferiores y con menos efectos secundarios.



Lectura rápida



Aspectos que se deben considerar en la prescripción de un inhalador

Los factores que influyen en el depósito de los fármacos en las vías intrapulmonares son: tamaño, forma y densidad de las partículas, calibre y anatomía de la vía aérea y determinados factores funcionales (velocidad de emisión de las partículas, patrón ventilatorio, volumen de aire inhalado, flujo inspiratorio y apnea postinspiración de unos 10 s).



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. 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.

La dosis de fármaco que llega a las vías aéreas varía en función de una serie de factores, dependientes tanto del paciente como de la cámara:

— Desaparición pasiva del aerosol: se reduce la velocidad de salida debido a que el gas propelente se evapora, las partículas son de menor tamaño, y se mueven más lentamente al ser inhaladas. Así disminuye el depósito orofaríngeo y los efectos secundarios locales (candidiasis, disfonía), y aumenta la sedimentación pulmonar.

— Cooperación del niño y 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. Utilizar la cámara con mascarilla con el niño durmiendo suele despertar al niño y se administra una dosis sensiblemente menor¹⁰.

— Material de la cámara¹¹: la vida media de las partículas depende del volumen y, especialmente, del material de la cámara. Las cámaras de plástico ejercen un efecto electrostático sobre el aerosol que atrae las partículas del medicamento, disminuyendo su vida media. Con el uso y el lavado con agua jabonosa dejándolas secar sin frotar, se disminuye dicho efecto. Existen cámaras metálicas (Pulmichamber®, llamada previamente Nebuchamber®) sin carga electrostática que prolongan la vida media de las partículas.

— Volumen de la cámara: a mayor volumen, mayor dificultad para niños pequeños. Si va a inhalar a volumen corriente, el número de respiraciones a realizar son el volumen de la cámara en centímetros cúbicos dividido por el volumen corriente (10 x kg de peso). La impactación de las partículas en las paredes de la cámara es menor en aquellas de mayor volumen.

— Longitud de la cámara: 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 μ) es entre 18 y 28 cm.

— Calidad de las válvulas¹²: la cámara ha de disponer de una válvula unidireccional sensible que se abra con flujos inspiratorios bajos. 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.

— Espacio muerto: cuanto mayor sea el espacio muerto entre la cara del paciente y la cámara, menor será la cantidad de fármaco disponible para inhalar¹³. La mascarilla facial en niños pequeños y lactantes facilita la inhalación en niños que respiran la medicación a través de boca-nariz (lactantes y niños pequeños), pero aportan espacio muerto¹⁴. 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.

— Número de disparos: sólo debe efectuarse una pulsación para cada inhalación y realizar las respiraciones tras cada disparo, espaciando éstos de 30 s a 1 min. Varias pulsaciones seguidas en la misma dosis de inhalación no incrementan el depósito pulmonar del fármaco, y puede perderse hasta un 30% de la dosis administrada.

Tipos de cámaras espaciadoras

Existen una gran variedad de cámaras en función de su volumen, longitud (10-25 cm) y forma (cilíndricas, cónicas y plegables) (fig. 1). Se pueden dividir en 2 grupos¹⁵ (tabla 1):

— 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 son capaces de colaborar de forma adecuada e inhalar a partir de una boquilla. Se precisa un esfuerzo determinado y flujo inspiratorio para abrir la válvula unidireccional. Las más utilizadas son: Volumatic®, Nebuhaler®,

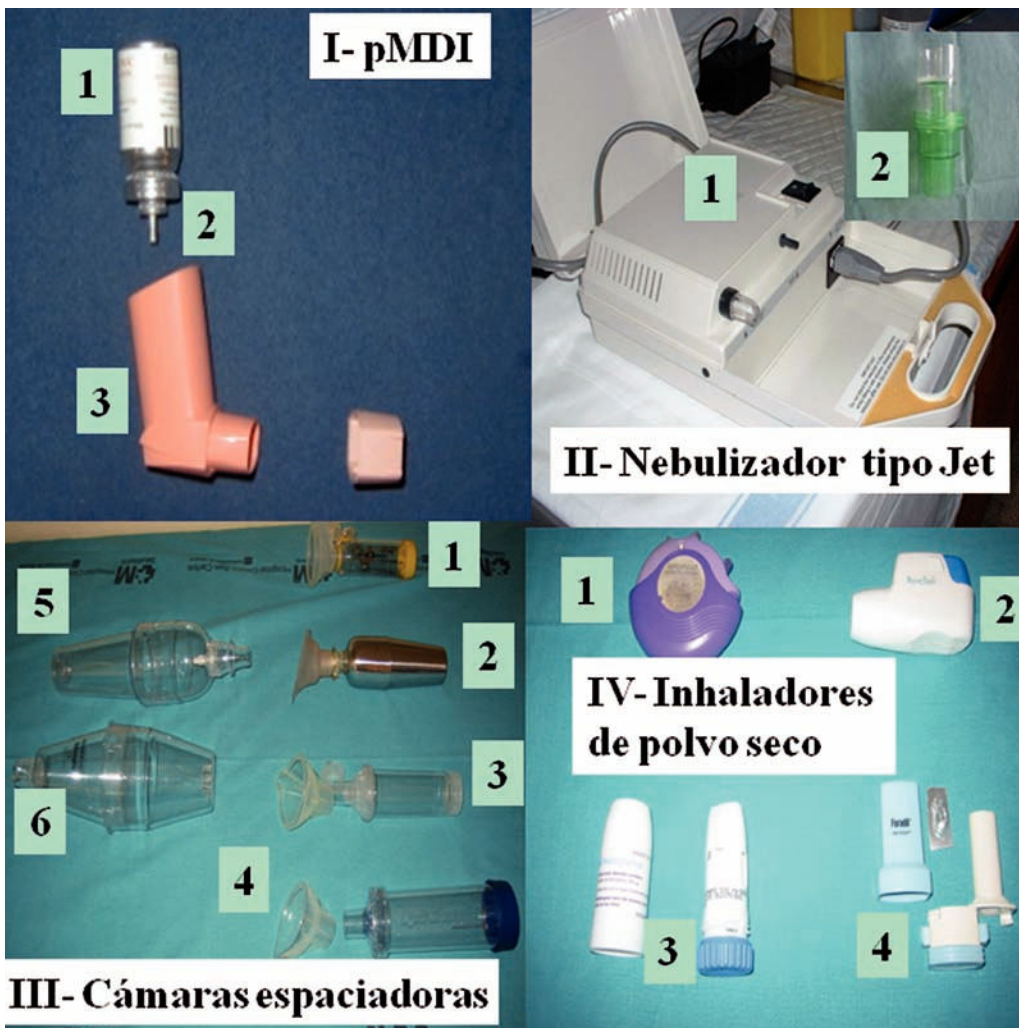


Figura 1. Sistemas de inhalación. I) Inhaladores presurizados de dosis medida (pMDI): 1) cartucho cilíndrico metálico; 2) válvula dosificadora; 3) envase externo de plástico. II) Nebulizador tipo jet: 1) compresor mecánico; 2) nebulizador. III) Cámaras espaciadoras: 1) Aerochamber®; 2) Pulmichamber® (previamente Nebuchamber®); 3) Prochamber®; 4) Optichamber®. 5) Nebuhaler; 6) Volumatic. IV) Inhaladores de polvo seco: 1) Accuhaler®; 2) Novolizer®; 3) Turbuhaler®; 4) Aerolizer®.

Fisonair®, Inalventus®, Ildor®, Aeroscopic® (única que trae incorporada una mascarilla facial). Las cámaras tipo Aeroscopic®, por su calidad y características, no se deben utilizar en el paciente pediátrico. En algunos casos, utilizar la cámara espaciadora con boquilla puede ser un paso intermedio del sistema pMDI al mecanismo de polvo seco¹⁶.

— Cámaras para lactantes y niños pequeños o mayores no colaboradores¹⁷: son de pequeño volumen (150 a 350 ml) con mascarilla facial y una o 2 válvulas unidireccionales de baja resistencia. Todas incorporan una mascarilla facial: Babyhaler®, Pulmichamber® (llamada previamente Nebuchamber®), Aerochamber®, Optichamber® y Prochamber® (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®) 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.

Inhaladores de polvo seco o *dry powder inhalers*¹⁸

En estos dispositivos el fármaco está en forma de polvo micronizado y el aerosol es generado con la propia maniobra de inhalación. No precisan coordinación especial para su uso, no contienen propelentes (evitan el daño medioambiental) y obtienen un buen depósito pulmonar (25-35% de la dosis administrada). Es importante ajustar la dosis cuando se cambia de un inhalador presurizado a un inhalador de polvo seco. Precisan ser cargados para cada dosis que

Lectura rápida



Sistemas de inhalación

Los inhaladores presurizados de dosis medida (pMDI) son inhaladores con dosificación presurizada de un principio activo envasado, que libera una dosis fija de medicamento en cada activación o puff. Están constituidos por 3 elementos: a) un cartucho cilíndrico metálico, que contiene el medicamento activo en suspensión en un gas propelente; b) la válvula dosificadora permite liberar en cada pulsación una dosis controlada y reproducible del fármaco, y c) envase externo de plástico en el que se encaja el cartucho. Son inhaladores cómodos pero difíciles de utilizar correctamente, debido principalmente a la alta velocidad que tienen las partículas cuando salen de la boquilla.



Lectura rápida



Las cámaras espaciadoras simplifican la técnica de inhalación. No es necesaria la coordinación entre el disparo del cartucho y la inhalación y permiten al paciente inspirar la medicación tranquilamente en varias respiraciones reduciendo la impactación orofaríngea y aumentando el depósito bronquial del fármaco. La cámara ha de disponer de una válvula unidireccional sensible que se abra con flujos inspiratorios bajos. Siempre es preferible que disponga de válvula inspiratoria y espiratoria. La inspiratoria permite el paso de aire hacia la vía aérea del niño. La espiratoria permite que exhale el aire sin volver a reintroducirlo en la cámara, evitando así el desplazamiento del medicamento.



Tabla 1. Cámaras espaciadoras más utilizadas en pediatría

Cámara	Volumen (ml)	Válvula	Mascarilla	Compatibilidad
Aerochamber® Dos unidireccionales de baja resistencia	150	Sí	Sí	Universal
Babyhaler® Dos unidireccionales de baja resistencia	350	Sí	Sí	Propia
Pulmichamber (Nebuchamber®) Unidireccional de baja resistencia	250	Sí	Sí	Propia
Prochamber® Unidireccional de baja resistencia	146	Sí	Sí	Universal
			Independientes: – Pequeña (0-12 meses) – Mediana (12 meses-6 años) – Grande (> 6 años)	
Optichamber® Válvula sonora	350	Sí	Sí	Universal
			Independientes: – Pequeña (0-12 meses) – Mediana (12 meses-6 años) – Grande (> 6 años)	
Aeroscopic® Unidireccional	700	Sí	Sí	Universal
Nebuhaler® Unidireccional	750	Sí	No	Propia
Fisonair® Unidireccional	750	Sí, de goma	No	Universal
Inhalventus® Unidireccional	750	Sí	No	Propia
Ildor® Unidireccional	750	Sí	No	Universal
Volumatic® Unidireccional	750	Sí	No	Propia

están todas contenidas dentro del dispositivo. Pero para ser eficaces necesitan que el paciente realice un flujo inspiratorio suficiente (entre 35-70 l/min según el tipo de dispositivo), lo que no es factible en niños menores de 5-6 años. Se puede usar a partir de los 5-6 años tras una evaluación minuciosa de la técnica inhalatoria (en pacientes con obstrucción bronquial importante o niños demasiado pequeños puede no existir un flujo inspiratorio adecuado). El tamaño de las partículas que producen estos sistemas oscila entre 1 y 2 μm con un elevado impacto orofaríngeo.

Dependiendo del número de dosis del fármaco que proporcionan, pueden dividirse en 2 grupos: inhaladores de polvo monodosis (Aerolizer[®]) y multidosis (Turbuhaler[®], Accuhaler[®] o Novolizer[®]).

Inhaladores de polvo monodosis

El más utilizado en pediatría es el Aerolizer[®] (fig. 1). Se trata de cápsulas con una sola dosis del fármaco. Consiste en un dispositivo de plástico, con una cubierta externa del mismo material, formado por una base unida a una boquilla que al girarla muestra un compartimento situado en la base del inhalador, donde se deposita la cápsula con la medicación. Estas cápsulas son perforadas por agujas antes de iniciar la inhalación. Tienen la ventaja que el paciente ve si el medicamento desaparece de la cápsula con la inhalación asegurando que lo ha recibido. Otros, con mecanismos semejantes, son Spinhaler[®], Rotahaler[®], Inhalador Frenal[®], Atrovent inhaletas[®].

Inhaladores de polvo multidosis

Con los sistemas multidosis, existe el inconveniente de que algunos pacientes no aprecian si la inhalación se ha hecho adecuadamente y además tienen un precio más elevado. Sin embargo, son más sencillos de utilizar que los presurizados, son de pequeño tamaño, bien aceptados por el paciente y posibilitan la combinación de fármacos: Accuhaler[®], Turbuhaler[®], Novolizer[®] (fig. 1).

Turbuhaler[®]. Contiene 200 dosis de medicación. No contiene aditivos ni propelentes, por lo que la percepción por parte del paciente es escasa. Está formado por fármaco (terbutalina, budesonida, formoterol) micronizado, y un depósito de partículas desecantes para evitar la humedad.

Con el giro de la rueda inferior se rellenan unos agujeros cónicos de un disco giratorio dosificador y posteriormente unos engrasadores arrastran el fármaco sobrante con el

fin de dejar preparada la dosis exacta para su inhalación. Cuando es inhalado, la medicación se fragmenta en un aerosol de partículas pequeñas a gran velocidad, gracias a las turbulencias creadas al pasar el aire por unos conductos en forma helicoidal, con el que se dota al dispositivo y por el cual recibe el nombre.

La cantidad de partículas menores de 5 μm que genera es aceptable pero es dependiente de flujo y, por lo tanto, a flujos inspiratorios bajos será menor la cantidad de partículas dentro del rango que pasa a vías intrapulmonares. Por este motivo la inspiración ha de hacerse brusca y enérgicamente para conseguir flujos inspiratorios algo mayores (alrededor de 60-70 l/min) que los requeridos por otros sistemas y obtener un mejor rendimiento.

Dispone de una ventana indicadora de las dosis que faltan. Se dispone de dispositivos auditivos o luminosos para adiestrar a los pacientes en la técnica inhalatoria y confirmar que ésta es adecuada.

Accuhaler[®]. Es un sistema de plástico de forma circular embutido en una carcasa sobre la que gira para mostrar la palanca de paso de dosis y la boquilla para efectuar la inhalación. El fármaco (fluticasona y/o salmeterol) viene dispuesto en una tira de aluminio tipo blíster (protección frente a la humedad) colocada dentro del dispositivo. Contiene 60 dosis selladas y protegidas. Cada vez que se acciona el gatillo del dispositivo, un óvulo es desplazado hacia la zona de inhalación y agujereado, cargándose automáticamente la dosis. Tiene un contador, que muestra el número de dosis que aún quedan. Las partículas de medicamento de 3-5 μm van adheridas a partículas de lactosa como aditivo por lo que la percepción del medicamento al ser inhalado es mayor, pero puede producir mayor irritación faríngea.

El tamaño de las partículas liberado es más consistente, independientemente de la edad del paciente y del flujo inspiratorio. Se precisan flujos inspiratorios de alrededor de 50 l/min.

Novolizer[®]. Se activa por la inspiración incluso a flujos bajos (35 l/min). Tiene un reservorio recargable de polvo seco. En su interior se genera un «efecto remolino» que desaglomera las partículas, disminuyendo el depósito orofaríngeo y proporcionando un alto depósito pulmonar. Incorpora una combinación de mecanismos que permiten saber si la inhalación se ha realizado correctamente. Al cargarlo aparece una ventana

Lectura rápida



Las cámaras se dividen en 2 grupos: cámaras para niños mayores de 4 años: de mayor volumen, con boquilla y con una sola válvula unidireccional. Cámaras para lactantes y niños pequeños o mayores no colaboradores: son de pequeño volumen, con mascarilla facial y una o 2 válvulas unidireccionales de baja resistencia. En los inhaladores de polvo seco (DPI), el fármaco está en forma de polvo micronizado y el aerosol es generado con la propia maniobra de inhalación. No precisan coordinación especial para su uso, no contienen propelentes y obtienen un buen depósito pulmonar (25-35% de la dosis administrada). Necesitan un flujo inspiratorio suficiente (35-70 l/min según el tipo de dispositivo), lo que no es factible en niños menores de 5-6 años. Dependiendo del número de dosis del fármaco que proporcionan, pueden dividirse en inhaladores de polvo monodosis (Aerolizer[®]) y multidosis (Turbuhaler[®], Accuhaler[®] o Novolizer[®]). Estos últimos son los más utilizados.



Lectura rápida



Turbuhaler® está formado por fármaco micronizado. Cuando la medicación es inhalada, se fragmenta en un aerosol de partículas pequeñas a gran velocidad, gracias a las turbulencias creadas al pasar el aire por un sistema de conductos en forma helicoidal, por el cual recibe el nombre. Precisa flujos inspiratorios mayores (60-70 l/min) que los requeridos por otros sistemas.

Accuhaler® es un sistema de plástico de forma circular embutido en una carcasa sobre la que gira para mostrar la palanca de paso de dosis y la boquilla para efectuar la inhalación. Se precisan flujos inspiratorios de alrededor de 50 l/min.



Tabla 2. Ventajas e inconvenientes de los diferentes sistemas de inhalación

Sistema	Ventajas	Inconvenientes
Inhaladores presurizados de dosis medida (pMDI)	Evitan el problema de la coordinación disparo-inhalación	Sin cámara escasa eficacia
	Obtienen un depósito pulmonar mayor (20-25%) que en los pMDI sin cámara: enlentecen el flujo y disminuyen el tamaño de las partículas	Los propelentes pueden provocar broncoespasmo
	+ cámara espaciadora	La temperatura puede modificar el tamaño de las partículas
	No precisa de flujos inspiratorios altos	Gran tamaño y poca manejabilidad de las cámaras
	Disminuye el impacto orofaríngeo: menos efectos secundarios locales	Incompatibilidad entre algunas cámaras y dispositivos
	La reproducibilidad de la dosis es elevada	Necesidad de limpieza periódica
	Facilidad de empleo	
Inhaladores de polvo seco	Activado con la respiración	Precisan flujos inspiratorios altos (35-70 l/min), limitando su uso en menores de 6 años y pacientes con grado grave de obstrucción
	Dosis administrada del fármaco uniforme	No se pueden utilizar en pacientes inconscientes o ventilados
	Eficacia clínica superior a los pMDI con cámara espaciadora (depósito pulmonar: 30-35%)	Elevado impacto orofaríngeo
	Pequeños, ligeros y de fácil manejo	Escasa percepción del fármaco (puede disminuir la adherencia al tratamiento)
	No usan gases propelentes contaminantes (ecológico)	La espiración en la boquilla dispersa la dosis precargada
	Informan de las dosis disponibles	La humedad afecta su rendimiento
		No todos los medicamentos están disponibles
		Mayor coste que los inhaladores presurizados
Nebulizadores	Posibilidad de administrar fármacos en dosis altas o en combinación	Escaso control de la dosis del fármaco inhalado: más efectos secundarios por mayores concentraciones plasmáticas
	Pueden utilizarse con oxígeno	Riesgo de hiperreactividad bronquial (broncoconstricción paradójica) por soluciones hipotónicas o frías
	Facilidad de inhalación: el paciente respira a volumen corriente y flujos bajos. No requiere coordinación	Menor depósito pulmonar que en los otros dispositivos (< 10%)
	Compatible con distintas formas de oxigenoterapia y ventilación asistida	Requiere más tiempo para su administración (10 min/dosis)
	Humidificación de las vías aéreas	No todas las medicaciones están disponibles en solución. No aerosoliza bien suspensiones
	No utilizan propelentes	Poco transportable y precisa fuente de gas presurizado
	Coste elevado	
	Limpieza y mantenimiento adecuados	

pMDI: inhalador presurizado de dosis medida.

verde que indica que está listo para su uso. Cuando se realiza una inhalación correcta el indicador pasa a color rojo. Además el dispositivo emite un click cuando la inhalación es correcta y debido a la lactosa que lleva el producto, como excipiente, el paciente nota un cierto sabor dulce tras la inhalación. El inhalador lleva incorporado un contador de las dosis que van quedando, así como un sistema de bloqueo del mecanismo que lo protege de múltiples dosis en una sola inhalación. Cada cartucho estanco, que asegura la esterilidad y estabilidad del polvo seco, contiene 200 dosis del principio activo.

Nebulizadores¹⁹

Son aparatos que se emplean para administrar fármacos en forma de una fina niebla, para que puedan ser inhalados fácilmente a través de una mascarilla facial o de una boquilla. El tiempo de administración no debe ser superior a 10 min.

En el asma infantil se utilizan 2 tipos de forma preferente:

Sistema de nebulización a chorro o tipo jet

Está compuesto por una fuente de aire u oxígeno a presión (compresor mecánico, bombona o sistema central con toma periférica) y un nebulizador. El compresor produce una fuente de gas que penetra a presión en el nebulizador produciendo una aspiración del líquido introducido en dicha cámara hacia el chorro de gas a presión realizando una fragmentación del líquido en pequeñas gotas que, si tienen un tamaño determinado, son expulsadas al exterior donde, a través de una mascarilla o boquilla, van a ser inhaladas por el paciente. Su inconveniente es la pérdida de medicamento durante la espiración, que se corrige en parte en algunos casos con un control manual.

Nebulizadores ultrasónicos

Las gotitas son producidas por ondas de sonido de alta frecuencia generadas por un cristal piezoeléctrico. Son más silenciosos y rápidos que los nebulizadores mecánicos aunque no se pueden utilizar para aerosolizar sustancias en forma de suspensión como los corticoides o la mayoría de los antibióticos. Sí se pueden utilizar para nebulizar soluciones como los broncodilatadores.

Se estima que sólo un 5-10% de la dosis nominal es depositada a nivel pulmonar²⁰. Su empleo ha quedado reducido a los servicios de urgencias para tratar crisis asmáticas

moderadas o graves que requieren nebulización continua^{21,22}.

Existen otros tipos (sistemas de nebulización dosimétricos, sistema de nebulización electrónico eFlow, sistemas de nebulización adaptables [AAD, del inglés *adaptive aerosol delivery*] o sistemas de producción de aerosol adaptables) que no se emplean habitualmente en el asma infantil.

En la tabla 2 se detallan las ventajas e inconvenientes de los diferentes sistemas de inhalación.

Tabla 3. Instrucciones para usar un inhalador presurizado de dosis medida con cámara, en menores y mayores de 4 años

Niños < 4 años: pMDI + cámara con mascarilla facial

- Retirar la tapa del pMDI
- Insertar el pMDI en el extremo de la cámara espaciadora
- Agitar bien el pMDI antes de cada aspiración para mezclar el gas con el medicamento
- 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 del pMDI para liberar un puff de medicamento
- Dejar que respire tranquilamente unas 3-6 veces comprobando que la válvula de la cámara se mueve ese número de veces
- Repetir nuevamente los pasos para cada inhalación

Niños > 4 años: pMDI + cámara con boquilla

- Retirar la tapa del pMDI
- Insertar el pMDI en el extremo de la cámara espaciadora
- Agitar bien el pMDI antes de cada aspiración para mezclar el gas con el medicamento
- Exhalar
- 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 del pMDI para liberar un puff de medicamento
- Respirar suavemente y en profundidad hasta llenar los pulmones
- Mantener la respiración 10 s
- Retirar la boquilla de la boca y exhalar suavemente. Esperar un minuto y repetir los pasos para cada inhalación

pMDI: inhalador presurizado de dosis medida.

Lectura rápida



Novolizer® se activa por la inspiración incluso a flujos bajos (35 l/min). Incorpora una combinación de mecanismos que permiten saber si la inhalación se ha realizado correctamente.

Los nebulizadores son aparatos que se emplean para administrar fármacos en forma de una fina niebla, para que puedan ser inhalados fácilmente a través de una mascarilla facial o de una boquilla. Se utilizan 2 tipos preferentemente: sistema de nebulización a chorro o tipo jet y nebulizadores ultrasónicos. De un 5-10% de la dosis nominal es depositada en el pulmón. El sistema de inhalación se elegirá en función de la edad, sobre todo en los primeros años, y en las preferencias y aptitudes del niño en edades posteriores, de común acuerdo con él y su familia.



Bibliografía recomendada

Atkins PJ. Dry Powder inhalers: an overview. *Respir Care*. 2005;50:1304-12.

Se analizan los diferentes sistemas de inhalación y las diferencias entre aerosoles dosificadores y dispositivos de polvo seco unidos o multidosis. Se expone la importancia del desarrollo de la llamada «ingeniería de las partículas» entroncada con nuevas tecnologías que permitan la generación de nuevos sistemas de polvo seco más eficaces y eficientes.

Boe J, Dennis JH, O'Driscoll BR, Bauer TT, Carone M, Dautzenberg B, et al. European Respiratory Society Task Force on the use of nebulizers. *European Respiratory Society Guidelines on the use of nebulizers*. *Eur Respir J*. 2001;18:228-42.

Se dan recomendaciones para la mejora del uso de nebulizadores en diferentes enfermedades en niños y adultos relacionadas con el grado de evidencia científica.

Tabla 4. Instrucciones para usar un dispositivo de polvo seco

Dispositivos de polvo seco: Turbuhaler®, Accuhaler®, Novolizer®, Aerolizer®

- Cargar el dispositivo según las instrucciones del fabricante
- Espirar profundamente, con el inhalador alejado de la boca
- Colocar la boquilla entre los labios
- Inspirar fuerte y sostenidamente
- Retirar el inhalador de la boca, aguantar la inspiración durante 10 s y espirar lentamente
- Cerrar el inhalador y enjuagar la boca al finalizar la inhalación

Elección del tipo de inhalador^{8,23}

No existe el inhalador y/o cámara ideal, por lo que se debe recomendar el dispositivo de inhalación que mejor se adapte a las necesidades individuales del paciente. El sistema de inhalación ha de ser elegido en función de la edad, sobre todo en los primeros años, y en las preferencias y aptitudes del niño en edades posteriores, de común acuerdo con él y su familia²⁴. Es preciso enseñarles las diferentes técnicas de inhalación con los diversos sistemas, haciendo demostraciones, dando instrucciones claras acompañadas de dibujos explicativos y evaluando su adecuada ejecución en cada visita.

Se considera razonable recomendar²⁵, según la edad, los siguientes sistemas de inhalación:

— Niños de menos 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.

— Niños de 4-6 años 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 inhalador presurizado activado por inspiración o nebulizador con boquilla.

Limpieza y mantenimiento de los sistemas de inhalación

Habitualmente, los inhaladores presurizados y el Autohaler®, si el paciente es cuidadoso, no precisan limpieza. No se deben exponer a temperaturas superiores a 50 °C. 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. 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.

Instrucciones de utilización de los inhaladores

Cada uno de los inhaladores posee unas instrucciones específicas para su uso que deben ser seguidas para asegurarse de recibir el máximo beneficio del fármaco (tablas 3 y 4).

Bibliografía



- Importante ●● Muy importante
- Metanálisis
- Ensayo clínico controlado

- Lo Valvo L, Leonardi S, Marseglia GL, Miraglia Del Giudice M, Salpietro C, Ciprandi G, et al. Inhalation therapy in asthmatic and not asthmatic children. *Int J Immunopathol Pharmacol*. 2011;24 (Suppl 4):61-7.
- Janssens HM, Tiddens HA. Aerosol therapy: the special needs of young children. *Paediatr Respir Rev*. 2006;7 (Suppl 1):S83-5.
- Devadason SG. Recent advances in aerosol therapy for children with asthma. *J Aerosol Med*. 2006;19:61-6.
- Rubin BK. Pediatric aerosol therapy: new devices and new drugs. *Respir Care*. 2011;56:1411-21.
- Gillies J. Overview of delivery systems issues in pediatric asthma. *Pediatr Pulmonol*. 1997;15:55-8.
- Everard ML. Aerosol delivery to children. *Pediatr Ann*. 2006;35:630-6.
- Onhoj J, Thorsson L, Bisgaard H. Lung deposition of inhaled drugs increases with age. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;162:1819-22.

8. Hindle M, Newton DA, Chrystyn H. Investigations of an optimal inhaler technique with the use of urinary salbutamol excretion as a measure of relative bioavailability to the lung. *Thorax*. 1993;48:607-10.
9. Giner J, Basualdo LV, Casan P, Hernández C, Macian V, Martínez I, et al. Normativa sobre la utilización de fármacos inhalados. Recomendaciones SEPAR. *Arch Bronconeumol*. 2000;36:34-43.
10. 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.
11. 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.
12. Amirav I, Newhouse MT. Aerosol therapy with valved holding chambers in young children importance of the facemask seal. *Pediatrics*. 2001;108:389-94.
13. Grupo de Trabajo para el estudio de la enfermedad asmática en el niño. Síndrome de obstrucción bronquial en la infancia. *An Esp Pediatr*. 2002;56 (Suppl 7):44-52.
14. Esposito-Festen J, 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.
15. Fink JB. Aerosol device selection: evidence to practice. *Respir Care*. 2000;45:874-85.
16. ● Fink JB. Metered-dose inhalers, dry powder inhalers, and transitions. *Respir Care*. 2000;45:623-35.
17. Bisgaard H. Demands on spacer devices for young children. *Pediatr Pulmonol*. 1997;16:188-9.
18. ●● Atkins PJ. Dry Powder inhalers: an overview. *Respir Care*. 2005;50:1304-12.
19. ● Boe J, Dennis JH, O'Driscoll BR, Bauer TT, Carone M, Dautzenberg B, et al. European Respiratory Society Task Force on the use of nebulizers. *European Respiratory Society Guidelines on the use of nebulizers*. *Eur Respir J*. 2001;18:228-42.
20. Silkstone VL, Corlett SA, Chrystyn H. Determination of the relative bioavailability of salbutamol to the lungs and systemic circulation following nebulization. *Br J Clin Pharmacol*. 2002;54:115-119.
21. Cates CJ, Bestall NJ, Adams N. Holding chambers versus nebulisers for inhaled steroids in chronic asthma. *Cochrane Database Syst Rev*. 2006;CD001491.
22. Cates CJ, Crilly JA, Rowe BH. Holding chambers (spacers) versus nebulisers for beta-agonist treatment of acute asthma. *Cochrane Database Syst Rev*. 2006;CD000052.
23. Child F, Davies S, Clayton S, Fryer A, Lenney W. Inhaler devices for asthma: do we follow the guidelines? *Arch Dis Child*. 2002;86:176-9.
24. Pedersen S. Inhalers and nebulisers: which to choose and why. *Respir Med*. 1996;90:69-77.
25. Castillo Laita JA, De Benito FJ, Escribano MA, Fernández Benítez M, García de la Rubida S, Garde Garde J, et al. Consenso de tratamiento del asma en pediatría. *An Pediatr (Barc)*. 2007;67:253-73.

Bibliografía recomendada

Everard ML. Aerosol delivery to children. *Pediatr Ann*. 2006;35:630-6.

Revisión global de la terapia inhalada, principios físicos de liberación de la medicación y generación de aerosoles. Se analizan los diferentes sistemas de inhalación facilitando la elección de dispositivo según la edad y medicación suministrada.

Fink JB. Aerosol device selection: evidence to practice. *Respir Care*. 2000;45:874-85.

Se revisan los factores que se deben tener en cuenta en la selección de un buen sistema de inhalación resaltando la importancia de la educación del paciente y sus cuidadores.