



Cámaras de inhalación para el niño asmático. Una actualización desde el punto de vista práctico.

Andrés Martín A., Pérez Pérez G., Navarro Merino M.
Sección de Neumología Pediátrica. Servicio
UGC de Pediatría. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla.
Dir. corresp.: anselmo.andres@gmail.com

Resumen: La vía inhalada es la preferible y la más utilizada para la administración de fármacos en los niños asmáticos. Tiene unas evidentes ventajas, como el permitir una mejor distribución del fármaco dentro de la vía aérea, una actuación del fármaco más rápida y directamente sobre el lugar deseado, necesidad de menor dosis, menos efectos secundarios, etc. También tiene algunos inconvenientes, fundamentalmente centrados en la cumplimentación y la técnica adecuada, necesaria para que la medicación se deposite en el pulmón. La terapia inhalada solo cumple su fin cuando el fármaco se deposita en el bronquio.

Realizamos una revisión de las cámaras más empleadas, sus características y los distintos estudios comparativos. Es necesario conocer los distintos sistemas que actualmente existen para aplicar la medicación y, en función de la edad del niño, utilizar el que se adapte mejor a sus necesidades. Una de las formas habituales de aplicar los fármacos en niños pequeños, es el uso de los inhaladores con cámaras de inhalación. No todas sirven para todas las edades, y no todas son iguales en lo referente a eficacia. Es muy importante conocer la técnica a utilizar, explicarla a la familia y no asumir que el niño y los padres saben realizar la técnica de inhalación correcta.

Palabras clave: Inhalación; Asma; Cámaras de inhalación; mascarillas faciales.

Abstract: The inhaled route is the preferred and most used for drug administration in asthmatic children. Has obvious advantages, such as allowing a better distribution of the drug within the airway, a performance and faster drug directly to the desired location, need lower doses, fewer side effects, etc. It also has some drawbacks, mainly focused on the completion and the proper technique required for the medication is deposited in the lung. Inhaled therapy only meets its end when the drug is deposited in the bronchi.

We review the most used cameras, their features and the various comparative studies. You need to know the different systems currently exist to apply medication and, depending on the age of the child, use the one that suits your needs best. One of the common ways to apply drugs in young children, is the use of inhalers inhalation chambers. Not all are for all ages, and not all are equal in terms of effectiveness. It is very important to know the technique to use, explain to the family and not assume that the child and parents know to perform the correct inhalation technique.

Keywords: Inhalation; asthma; Inhalation chambers; face masks.

Recibido: 27-09-2014 Aceptado: 01-10-2014

Introducción

La Terapia inhalada se ha convertido en la forma de elección para la administración de fármacos que actúan directamente en el árbol bronquial y lecho pulmonar⁽¹⁾, bien sean broncodilatadores, corticoides o antibióticos. Hasta finales de los años ochenta, para el tratamiento del niño asmático sólo disponíamos de nebulizadores, que no eran lo más adecuado para el niño pequeño. Al empezar a desarrollar aparatos para lactantes y niños preescolares, se vio que la administración pulmonar de fármacos en este grupo de edad presentaba muchas dificultades⁽²⁾. Hoy en día, la administración de fármacos mediante la vía inhalada es considerada como la moderna línea terapéutica, recogida en las diferentes guías y consensos nacionales e internacionales⁽³⁻¹³⁾.

Entre las principales ventajas de la vía inhalada frente a la vía oral tenemos^(14,15):

- El fármaco actúa directamente sobre el lugar que se desea.
- La distribución y penetración del fármaco en la vía aérea es mejor.
- El medicamento actúa más rápidamente.
- Dada la mejor distribución y penetración, la dosis necesaria para obtener el efecto deseado, son menores.
- Por este motivo, los efectos secundarios son menores frente a la vía oral o parenteral.
- No se produce metabolismo o inactivación pulmonar.

Para administrar fármacos inhalados son necesarios dispositivos especiales que requieren ciertas habilidades por parte de los pacientes⁽¹⁶⁾. Existe una amplia oferta de sistemas de inhalación, cada uno con características diferentes, lo que provoca que, no sólo los pacientes, sino también los profesionales de la salud, encuentren dificultades para el conocimiento del correcto funcionamiento de estos sistemas.

Por todo esto es muy importante que el personal sanitario tenga los conocimientos adecuados para poder adiestrar a la familia y al paciente con asma en la adquisición de estas habilidades. Es necesario que el pediatra reciba durante su formación, un entrenamiento del uso del dispositivo y demostrar que saben realizar la técnica correctamente⁽¹³⁾ y en la consulta⁽¹⁷⁾ para corregir posibles errores⁽¹⁸⁾.

Quien desee profundizar en los aspectos históricos de la evolución de las cámaras de evolución puede consultar el reciente artículo de Kikander y colaboradores⁽¹⁹⁾

Conceptos físicos

El sistema respiratorio está especialmente diseñado, tanto anatómicamente como funcionalmente, para que el aire llegue a los territorios más distantes en las mejores condiciones de limpieza. Un sistema tan eficaz, diseñado para evitar que ciertas partículas penetren en el pulmón, es a la vez utilizado para depositar intencionadamente fármacos en las vías aéreas e incluso para que lleguen hasta los alvéolos en las mejores condiciones posibles⁽²⁰⁾

Un aerosol es una suspensión de partículas de un sólido o de un líquido en aire⁽¹⁴⁾. La efectividad del mismo está en función de la dosis útil (*relación entre la dosis depositada y del correcto lugar de actuación en los pulmones*) y el efecto sistémico (*que depende de la cantidad de fármaco depositado en la vía aérea superior y orofaringe, que pasa a la vía digestiva y de ahí a sangre*). El fármaco y el sistema de inhalación ideal es aquel que consigue un gran depósito pulmonar y poco depósito en orofaringe (*y por tanto poco efecto sistémico*).

El depósito de un fármaco está directamente relacionado con:

1) Tamaño y forma de las partículas.

Los aerosoles forman partículas de distintos tamaños, clasificándose en función del diámetro de masa media aerodinámica (*DMMA*) y se miden en micras. Si tienen > 8 a 10 micras se impactan en la orofaringe^(15,21) y el 90% de ellas se absorben por vía sistémica y no son capaces de seguir el curso del aire inspirado. Las que tienen entre 5 y 8 micras se depositan en las grandes vías aéreas. Las que tienen entre 0,5 y 5 micras se depositan por sedimentación gravitacional en las pequeñas vías aéreas⁽²¹⁾, con un máximo depósito en las vías aéreas más estrechas (*región alveolar y pequeña vía aérea*). Son las comprendidas entre 3 y 4 micras las que en mayor proporción pueden llegar a tráquea, bronquios y alvéolos. Las partículas menores de 1 micra se expulsan con la espiración.

2) Aspectos funcionales. Patrón de ventilación.

Es muy importante la velocidad de emisión de las partículas. Así, a mayor velocidad de salida, como sucede con los inhaladores presurizados (MDI), mayor es el impacto en las vías aéreas superiores y mayor es el depósito en la orofaringe, con un menor depósito pulmonar.

El flujo inspiratorio del niño es, probablemente, el factor más importante en lo que condiciona el depósito pulmonar del fármaco. Una inhalación rápida (*por ejemplo con el llanto*) aumenta el depósito en la orofaringe y vías aéreas centrales, al provocar turbulencias que facilitan la impactación de partículas en vías aéreas dada la división y subdivisión múltiple del árbol bronquial. Un flujo inspiratorio lento y constante (*respiración tranquila*), aumenta el depósito pulmonar. Se admite que un flujo inspiratorio de 20 a 40 litros/minuto es el ideal para conseguir una deposición de aerosoles líquidos. Se necesitan flujos más elevados (*30 a 60 litros/minuto*) para conseguir la generación y dispersión cuando empleamos aerosoles de polvo seco (*PDI*). La respiración sostenida al final de la inspiración (*apnea final*), aumenta el depósito de las partículas en la vía aérea, por efecto de la gravedad.

La biodisponibilidad del medicamento en los pulmones es mayor si se realiza la técnica inhalatoria en las siguientes condiciones⁽²²⁾: exhalación suave antes de la inhalación hasta el volumen residual (*mejor que hasta la capacidad residual funcional*), seguido de una inhalación lenta (*10 litros / minuto*) (*mejor que una inhalación rápida a 50 litros / minuto*). Contener la respiración unos 10 segundos tras la inhalación.

3) Anatomía y geometría (calibre) de la vía aérea.

El estrechamiento de la vía aérea disminuye el depósito del aerosol en el ámbito periférico (*esto sucede, por ejemplo, en una crisis de asma*). Así mismo, la liberación de aerosol disminuye substancialmente ante la presencia de vías aéreas artificiales (*intubación*).⁽²³⁾

El tamaño de la vía aérea tiene una especial relevancia en el niño, en el que si se quiere conseguir un depósito aceptable intrapulmonar, debe utilizarse dosis similares a las del adulto, pues la retención de aerosoles en el pulmón del niño es más traqueo bronquial y menos broncoalveolar que en el adulto.

Incluso hay diferencias entre un preescolar y un niño mayor⁽²⁴⁾. En los lactantes la respiración a través de la nariz se comporta como un filtro de partículas e incrementa el depósito de fármaco en las vías superiores con disminución del depósito pulmonar. Se considera que en niños pequeños el depósito pulmonar de la medicación es aproximadamente la décima parte del adulto⁽¹¹⁾.

Sistemas de administración de la medicación al niño asmático.

La administración de la medicación en el niño asmático puede realizarse por diferentes vías:

- Vía oral.
- Vía inhalada.
- Vía nebulizada.
- Vía inyectable.

1. Vía oral.

Indudablemente, la vía oral es mucho más fácil de emplear y el índice de cumplimentación del tratamiento es mayor, pero tiene ciertos inconvenientes, como la necesidad de dar concentraciones de fármacos más altas que si empleamos la vía inhalada. Al usar la vía oral, el fármaco se absorbe por vía digestiva, entra en el sistema hepato-portal y pasa a través del hígado antes de llegar a los pulmones, por lo tanto, sufre una metabolización precoz (*efecto primer paso*).

Las altas concentraciones sanguíneas y tisulares, conllevan una mayor incidencia de efectos secundarios, cuando se comparan con los mismos efectos terapéuticos obtenidos mediante tratamiento inhalado: por ejemplo Beta 2, corticoides, etc.

2. Vía inhalada.

La vía inhalada se ha convertido en la vía de administración preferida de los diversos fármacos empleados en el tratamiento del asma en la infancia⁽²⁵⁻³⁰⁾, independientemente de la edad, desde que en 1956 apareció el cartucho presurizado de dosis controlada (*metered dose inhaler, MDI*).

A pesar de las innumerables ventajas de la vía inhalada, hay que tener en cuenta que la elección del sistema de inhalación debe adecuarse a la edad del niño, siendo necesaria una especial colaboración del mismo, y una enseñanza adecuada si queremos que la terapéutica tenga éxito^(31,32). Este conocimiento teórico y práctico, que mu-

chas veces asumimos que el niño y la familia lo tiene adquirido, es una de las principales causas de fracaso de la medicación aplicada por esta vía. En muchas ocasiones, el propio personal sanitario desconoce el uso correcto de los diversos sistemas de inhalación.

Los diferentes tipos de sistemas de aplicación de medicación mediante la vía inhalada están reflejados en la **tabla I**. Esta revisión se centra fundamentalmente en el uso de las cámaras de inhalación o sistemas espaciadores, que por otra parte, son necesarias para aplicar la medicación inhalada en niños con el sistema de inhalador presurizado de dosis medida (*MDI*). Para entender bien el porqué del uso de estas cámaras espaciadoras, se hace necesaria, previamente una breve introducción sobre los MDI.

Tabla I. Diferentes dispositivos para el suministro de terapia inhalada.

<p>Inhalador presurizado de dosis medida (pMDI)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inhalador en cartucho presurizado sólo - Inhalador en cartucho presurizado con cámara espaciadora <ul style="list-style-type: none"> » Con mascarilla » Sin mascarilla - Sistema Jet (Ribujet) - Inhalador en cartucho presurizado activado por la inspiración <ul style="list-style-type: none"> » Sistema Autohaler » Easy Breathe
<p>Inhaladores de polvo seco (DPI)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistemas unidosis <ul style="list-style-type: none"> » Aerolizer » Inhalador de Frenal » Inhalator Ingelheim » Spinhaler » Handhaler - Sistemas multidosis <ul style="list-style-type: none"> » Turbuhaler » Accuhaler » Easyhaler » Novolizer
<p>Nebulizadores</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tipo Jet o con chorro de aire - Ultrasónicos.

3. Inhalador presurizado de dosis media (pMDI).

Son inhaladores con dosificación presurizada de un principio activo envasado (*beta adrenérgico, corticoide inhalado, etc*), que libera una dosis fija de medicamento en cada activación o "puff". Está constituido por tres elementos⁽³¹⁾.

- Un cartucho o dispositivo cilíndrico metálico, con una capacidad en torno a los 10 ml, que contiene el medicamento activo en solución o suspensión en un gas propelente clorofluorocarbonado (*CFC*) (*con efecto nocivo sobre la capa de ozono*) o actualmente los hidrofluoroalcanos (HFA), y a una presión de entre 3 y 4 atmósferas.

- Una válvula dosificadora, pieza clave, que libera con cada pulsación una cantidad constante de medicamento y reproducible

- Un envase externo de plástico con un orificio en el que se encaja dicho cilindro, de tal forma que, al presionar sobre el cartucho, se acciona la válvula y se libera la medicación, a través de un orificio.

El dispositivo, antes de ser empleado, debe ser agitado suavemente para hacer que el fármaco quede en suspensión en cada inhalación. Una válvula dosificadora regula la cantidad de fármaco que se libera con cada descarga. Al salir tan rápidamente (*30 metros / segundo o 100 Km. / hora*) y al tener un tamaño de partícula de 30 a 40 micras, el 80 % de la dosis se impacta en la faringe^(14,15,33,34), y sólo el 10 – 20 % de la dosis total administrada alcanza el territorio pulmonar. Este sistema de inhalación es capaz de producir, tras su uso directo, tos y broncoespasmo en algunos pacientes sensibles^(35,36).

Los pMDI son cómodos, pero difíciles de utilizar correctamente y se calcula que más del 50 % de los niños que utilizan el pMDI directo sin cámara de inhalación, no realizan la técnica correcta⁽³⁷⁾. Por tanto, los inhaladores presurizados con aplicación directa a la boca no se deben utilizar durante la infancia. Deben utilizarse siempre con cámaras espaciadoras⁽¹⁰⁾.

Para utilizar el MDI es necesario que el paciente tenga una buena coordinación mano pulmón. La técnica para realizar la inhalación correcta con el MDI queda reflejada en la **tabla II**.

Tabla II. Técnica de uso del MDI directo (no aconsejable usar en niños).

1. Abrir el inhalador y agitarlo suavemente, sujetándolo entre el índice y el pulgar.
2. Efectuar una espiración completa y colocar el inhalador a 4 cms de la boca (posición ideal) o dentro de ella, con los labios cerrados y bien apretados a su alrededor.
3. Comenzar a inspirar lenta y profundamente por la boca evitando que la lengua interfiera la salida del medicamento.
4. Apretar el pulsador una sola vez mientras se sigue inspirando profundamente.
5. Retirar el inhalador de la boca, y mantener el aire en los pulmones el máximo posible, hasta 10 segundos.
6. Espirar el aire lentamente.
7. Repetir el procedimiento para cada dosis administrada de fármaco, esperando unos 30 segundos

Los inconvenientes del uso del MDI de forma directa son:

* **Falta de coordinación.** Desgraciadamente, se calcula que cerca de un 30 % de los adultos es incapaz de realizar la técnica correcta⁽³³⁾. La mayoría de los niños menores de 8 años no emplean correctamente el **MDI**, y dado que el fármaco que sale a gran velocidad se impacta en la parte posterior de la boca y la orofaringe⁽³⁶⁾. Esto condiciona que, además de disminuir la cantidad de fármaco disponible para su distribución en los pulmones, el depósito orofaríngeo y gastrointestinal facilita la

aparición de candidiasis bucal en caso de uso de corticoides. Por todo esto, el uso del MDI directo no es la técnica ideal para el niño.

Está demostrado que con respiraciones rápidas de 80 litros / minuto se deposita menos aerosol en el tracto respiratorio inferior que con respiraciones lentas de 30 litros / minuto⁽³⁶⁾. Así mismo, está demostrado que aguantar la respiración al final de la inspiración, durante 10 segundos consigue mayor broncodilatación que aguantar 4 segundos, y que 20 segundos no es más eficaz que los 10 segundos⁽³⁶⁾. Cuando el aerosol toca la faringe, el niño deja de inhalar en un acto reflejo o bien el niño comienza a toser⁽²⁾.

* Otro inconveniente es su contenido en compuestos fluorocarbonados y frenón, que además de influir sobre la capa de ozono, pueden inducir broncoespasmo en algunos niños⁽²⁸⁾.

* Antiguamente los MDI no disponen de contadores de dosis, por lo cual, determinar que cantidad de medicamento queda en el envase, era complicado. Esto puede condicionar que el 25 % de los pacientes que necesitaron el MDI en una crisis asmática aguda, tenían el envase vacío⁽³⁸⁾. Actualmente algunos MDI ya incorporan un contador de dosis.

Una forma casera para valorar la cantidad de medicamento que queda en el MDI es llenar un recipiente con agua y colocar dentro el cartucho del inhalador sin carcasa. Según la posición del inhalador, se sabe la cantidad de producto que queda. Así, si se va al fondo, estará lleno; si queda flotando con la base hacia arriba (*posición vertical*) esta medio lleno, y si está flotando en posición horizontal está vacío. Sin embargo, esta técnica no es correcta ni válida y además reduce la llegada de medicamento por obstrucción de la válvula⁽³⁹⁾. No es un método muy científico, pero ante la ausencia de contador de dosis de los MDI puede servirnos.

Valorar la dosis que queda de medicación en el MDI mediante la agitación del mismo, no es una técnica válida ya que muchas veces al agitar el cartucho suena y da la sensación de tener aún contenido. Esto es debido a que el propelente persiste un tiempo aunque el dispositivo se halle vacío del medicamento, y por eso suena y puede parecernos que aún está lleno.

Dispositivos espaciadores (cámaras de inhalación). Aspectos físicos.

Los pMDI no son la mejor elección para los niños, ya que la mayoría cometen errores en su uso. Los dispositivos espaciadores se idearon en un intento de disminuir el efecto chorro, que impactaba la medicación en la orofaringe, y para evitar los problemas resultantes de la mala coordinación entre la salida del fármaco y la inhalación. El paso de aerosol a través de la cámara espaciadora proporciona una nube de partículas de un tamaño adecuado, durante un tiempo suficiente para que se produzca la evaporación del excipiente gaseoso, y de esta manera disminuye la velocidad del aerosol. Esto determina una disminución de la sedimentación del aerosol

en orofaringe, y así aumenta su sedimentación pulmonar^(36,37,40,41). El uso de cámaras espaciadoras con corticoides inhalados disminuye su biodisponibilidad y el riesgo de efectos sistémicos^(37,42).

Los primeros dispositivos espaciadores eran simples vasos de cartón, colocados entre la boca del niño y el MDI, con lo cual, aunque la distribución del fármaco en los pulmones era desigual, al menos era mejor que con el MDI sólo⁽⁴³⁾. Posteriormente se demuestra que el uso de estas cámaras de inhalación disminuye la morbilidad en urgencias⁽⁴⁴⁾ e incluso se utilizan en prematuros con problemas respiratorios⁽⁴⁵⁾. Al dispersar la descarga del MDI en la cámara, la distribución posterior del fármaco en los pulmones es más uniforme y se deposita en mayor cantidad; hasta un 20 % de la dosis administrada⁽⁴⁶⁾. El depósito en orofaringe pasa de ser del 81 % con el MDI directo al 17 %, con las cámaras de inhalación, consiguiendo un mayor depósito pulmonar⁽⁴⁷⁾.

La cantidad del fármaco disponible para la inhalación en la cámara y su depósito pulmonar, va a depender de múltiples factores.

1.- Desaparición pasiva del aerosol.

Una vez que el fármaco pasa del pMDI a la cámara de inhalación, se reduce la velocidad de las partículas, debido a la evaporación del gas propelente. Las partículas son de menor tamaño y se mueven más lentamente. Está demostrado que un retraso de 20 segundos entre el disparo del fármaco y el comienzo de la inhalación provoca una reducción del 80% en la dosis del fármaco disponible de aerosol⁽⁴⁸⁾.

2.- Edad del niño.

Cuanto menor es la edad del niño, el rendimiento de estos sistemas es menor, debido a la falta de colaboración (llanto), y a una vía aérea más pequeña que la del adulto. El lactante y niño pequeño respiran a volumen corriente mientras que el niño mayor puede colaborar con una técnica adecuada.

3.- Aspectos mecánicos de la propia cámara de inhalación: Volumen, longitud y sistema de válvulas de la cámara.

El volumen y la longitud de la cámara son factores muy importantes. La distancia ideal entre el pMDI y la cara del niño es de 18 a 28 centímetros, pues genera una partículas de 1 a 5 micras de DMMA. El espacio muerto, sobre todo si se utiliza mascarilla condiciona la cantidad de aerosol disponible.

Respecto al volumen, existen cámaras de unos 750 cc y unos 20 cmts. de longitud (**Tabla III y figura 1**). Estas cámaras, de plástico, tienen un extremo en el cual se aloja el MDI y en el otro existe una válvula unidireccional, son voluminosas, y no todos los niños admiten su uso en el colegio o en la casa. Junto a estas, existen otras de un tamaño menor, unos 150 a 300 cc, con o sin mascarilla facial (**Tabla IV y figura 2**), más adaptadas al niño menor de 3 a 4 años⁽⁴⁹⁻⁵³⁾. En cualquier caso la respiración nasal en estos niños pequeños disminuye de forma importante el depósito pulmonar⁽⁵⁴⁾ y por ello en cuanto sea posible y colaboren de forma adecuada hay que pasar a una cámara con pieza bucal.

TABLA III. Características de las diversas cámaras espaciadoras para niños mayores.

	Volumen (ml)	Válvula	Tipo válvula	Mascarilla	Características	Compatibilidad con pMDI
Volumatic (GSK)	750	Si	Unidireccional	No	Financiada	Ventolin, Flixotide, Seretide,, Serevent, Becotide, Becloforte, Atrovent, Combivent, Inalacor, Beglan, Inaladuo, Flusonal, Inaspir, Plus Vent, Trialona, Betamican, Broncivent, Betsuril, Foradil, Neblik, Pulmictan
Nebuhaler (Astra Zeneca)	750	Si	Unidireccional	No	Financiada	Pulmicort, Terbasmin, Pulmictan, Olfex, Brionil, Cetimil, Cromoasma, Butoasma
Fisonair (Aventis Pharma)	800	Si	Unidireccional	No	Financiada	Fisonair, Cetimil
Inhalventus	750	Si	Unidireccional	No		Becloasma, Olfex, Pulmicort, Terbasmin, Alergocrom, Butozol, Budesonida Aldo Union, Brionil, Butoasma, Cetimil, Cromoasma,
Aeroscopic (Boehringer Ingelheim)	700	Si	Unidireccional	Si	Plegable Financiada	Universal

TABLA IV. Características de las diversas cámaras espaciadoras para lactantes y niños pequeños.

	Volumen (ml)	Válvula	Tipo válvula	Mascarilla	Características	Compatibilidad con MDI
Aerochamber Plus Flow-Vu Neonatal (naranja) Lactantes (amarillo) Niños/adultos (azul) (Palex)	145	Si	Unidireccional de baja resistencia	Si, incorporada a la cámara (neonatos y lactantes y niños). Existe cámara para niños y adultos con o sin mascarilla	No financiada	Universal
Prochamber (Respironic)	145	Si	Unidireccional	Boquilla. Se adaptan mascarillas para neonatos, lactantes y niños	Financiada solo la cámara, No las mascarillas	Universal
Optichamber (Respironic)	218	Si	Válvula unidireccional sonora	Boquilla. Se adaptan mascarillas para neonatos, lactantes y niños	No financiada	Universal
Optichamber Diamond (Respironic)	142	Si	2 válvulas direccionales de baja resistencia sonoras	Boquilla. Se adaptan mascarillas para neonatos, lactantes y niños	No financiada	Universal
Babyhaler (GSK)	350	Si	Dos unidireccional de baja resistencia	Si	No financiada	Productos GSK o licencias
Nebuchamber (Astra Zeneca)	250	Si	Unidireccional de baja resistencia	Si	No financiada Metálica.	Productos Astra-Zéneca o licencias

Figura 1: Tres cámaras de inhalación de mayor tamaño.



De izquierda a derecha AeroscopicR, VolumaticR y NebuhalerR. La cámara Aeroscopic se vende con mascarilla facial. Las otras dos son sin mascarilla facial.

Respecto al tamaño ideal (*volumen*) de las cámaras de inhalación se considera que, en la actualidad la longitud ideal de las mismas es de 13 a 20 cmts con un diámetro de 3 a 10 cmts, es decir un volumen de 150-200 ml⁽⁵⁵⁻⁵⁷⁾. Algunos trabajos^(58,59) consideran que las cámaras de mayor volumen son superiores a las de menor volumen, pero estas supuestas ventajas se pierden por la menor adherencia a estos dispositivos más voluminosos^(60,61), con lo que en la vida real, esas teóricas diferencias se pierden, tendiendo en la actualidad al uso de cámaras de menor volumen incluso en niños mayores⁽¹⁹⁾.

Figura 2: Cinco de las cámaras de inhalación de pequeño volumen más empleadas.



De izquierda a derecha: Optichamber DiamondR, ProchamberR, AerochamberR para adultos sin mascarilla (existen también con mascarilla), AerochamberR para lactantes y AerochamberR neonatal. Las cámaras OptichamberR y ProchamberR pueden usarse con boquilla o con mascarilla facial. Las cámaras AerochamberR para lactantes y AerochamberR neonatal sólo pueden emplearse con mascarilla facial.

Material de la cámara espaciadora: Carga aerostática.

La carga aerostática de la cámara es esa cualidad, por la cual el plástico de la misma tiende a atraer las partículas del fármaco hacia sus paredes, depositándose en ellas y disminuyendo la cantidad del fármaco circulante en el aire, afectando notablemente al depósito pulmonar del fármaco^(2,49). En las cámaras espaciadoras de plástico, el fármaco en suspensión en el aire tienen una vida media de unos 9 segundos, frente a los 30 segundos de

las cámaras metálicas (*Nebuchamber*)⁽⁴⁹⁾. Se ha comprobado que en una cámara espaciadora de plástico (*con carga electrostática*) si se vaporiza fluticasona, sólo se obtiene alrededor del 10 % de la dosis nominal con la primera vaporización. Con las sucesivas repeticiones la salida del fármaco aumenta progresivamente. Con una cámara espaciadora sin carga electrostática, la dosis es más elevada y constante.

Desde hace muchos años se ha demostrado que las cámaras realizadas con material electrostático permiten partículas más finas de medicación^(62,63), mejor depósito pulmonar del fármaco y mejores resultados clínicos. Las cámaras de plástico modernas como la *Aerochamber plus Z starR*, *Aerochamber plus flow-VuR* y la *Optichamber DiamondR*, están elaboradas con un plástico que evita esa carga electrostática, de manera que el fármaco permanece circulando en el aire, mejorando el depósito pulmonar^(62,63).

Existe un estudio realizado en sujetos de 18 a 40 años, que compara el efecto clínico del salbutamol usando la cámara *Aerochamber plus Z stanR (sin carga prostática) frente a la Aerochamber plusR convencional (con carga aerostática)*. Se ha demostrado mediante la medición del FEV1 una respuesta significativamente mejor con la primera cámara que con la segunda⁽⁶⁴⁾.

Otro estudio realizado en niños de 1 a 6 años comparando la cámara *Aerochamber PlusR (convencional)* frente a la *Aerochamber MaxR (antiestática)*, ha demostrado un mayor nivel de propionato de fluticasona en sangre usando la cámara antiestática frente a la cámara convencional⁽⁶⁵⁾. Esto indica un mayor depósito pulmonar del corticoide.

En base a estos datos, con el uso de cámaras de plástico antiestáticas conseguimos un mejor depósito pulmonar, tanto de fármacos broncodilatadores como de corticoides inhalados, lo cual puede permitirnos el uso de dosis más bajas de los mismos.

Las cámaras de plástico antiguas, elaboradas con un material electrostático, pueden ir perdiendo la carga electrostática con el uso de los fármacos inhalados, al pegarse los mismos a las paredes de la cámara. Hay que tener en cuenta que el lavado de las cámaras de plástico que han perdido su carga electrostática las devuelve al estado original. Para evitar esto podemos usar un detergente iónico⁽⁶⁶⁾.

Cámaras de inhalación. ¿Con válvula o sin válvula?

Las cámaras han de disponer de una válvula unidireccional sensible, que se abra a flujos inspiratorios bajos. Lo ideal es disponer de una válvula inspiratoria (*que nos permita ver su movimiento y comprobar que se toma la medicación*) y una espiratoria (*permite exhalar el aire sin que éste penetre de nuevo en la cámara*). Sin embargo hay diversos artículos, que indican que los resultados son similares empleando cámara sin válvulas que con válvulas⁽⁶⁷⁻⁷⁰⁾. En uno de ellos⁽⁷⁰⁾ realizado en niños de 6 a 18 años, con cámaras de 500 ml, que no están comercializadas en nuestro país, el parámetro primario analizado fue cambios en el FEV1 antes y después del

uso de salbutamol con cámara de inhalación con o sin válvula, en niños asmáticos controlados y asintomáticos en ese momento, sin diferencias significativas entre los dos grupos de niños. A pesar de estos datos, creemos que en nuestro medio, es necesario insistir en el uso de cámaras de inhalación con válvulas, para que sólo circule aire en la dirección de la inhalación, cerrándose cuando el individuo espira y desviando así el aire espiratorio fuera de la cámara.

¿Es importante la mascarilla facial?. ¿Son todas iguales?

La mascarilla facial, necesaria para niños pequeños y lactantes, debe cubrir la boca y la nariz. El inconveniente es que aportan un cierto espacio muerto, por lo que cuando tengan la edad adecuada, deberán comenzar el uso de cámaras sin mascarilla. Ya en el año 2001, en un estudio realizado comparando la mascarilla facial usada en la anestesia, con las cámaras *NebuchamberR*, *AerochamberR* y *BabyhalerR*, se observó que la estanqueidad puede ser defectuosa en su contacto con la cara, con estas mascarillas acopladas a las cámaras⁽⁵⁰⁾. La estanqueidad de las mismas es importante para que las dosis lleguen de forma adecuada al pulmón de los lactantes y para que las dosis sean lo más uniformemente posible. La importancia de la estanqueidad de la mascarilla facial se ha demostrado en estudios posteriores⁽⁷¹⁻⁷³⁾.

Xu et al.⁽⁷⁴⁾ estudian in vitro, seis cámaras de inhalación con mascarillas (*OptiChamber Diamond con la mascarilla LiteTouch*, *AeroChamber Z-Stat* y *AeroChamber Plus* ambos con mascarilla *ComfortSeal*, *Pocket Chamber antiestática* y *Pocket Chamber con mascarilla facial* y *Volumatic con máscara de silicona*). Este estudio presenta un nuevo enfoque para la evaluación de las cámaras de inhalación, que tiene en cuenta un área relativamente descuidada: la máscara facial empleada con la cámara de inhalación. Como señalan los autores, el interés en la mascarilla facial y sus propiedades es relativamente reciente. Es muy importante tener en cuenta que, en la práctica, las mascarillas se debe adaptar a la cara del niño. Por lo tanto, cuando se administra el inhalador, es crucial que esta se adapte al rostro del niño y selle lo mejor posible.

Además del ajuste de la máscara facial, la fuerza aplicada sobre la mascarilla facial, con el fin para lograr un sello correcto, es un factor sumamente que debemos valorar en el diseño de la máscara facial. La fuerza aplicada sobre la mascarilla influirá en el sellado correcto de la misma, pero cuando la morfología de la mascarilla sea la correcta. La aplicación de una fuerza demasiado grande sobre la cara puede condicionar molestias, miedo y llanto en el niño, provocando el rechazo de la máscara. Ese llanto disminuye en gran medida la administración en aerosol como veremos posteriormente.

La importancia de las diferencias en la fuerza de sellado y su efecto sobre el depósito pulmonar del fármaco será importante en un futuro, a la hora de comprar diversas mascarillas faciales. Minh et al⁽⁷⁵⁾ evaluaron un nuevo dispositivo para medir el flujo y fuerza durante la aplicación de pMDI + cámara con mascarilla en 30 niños de

1-4 años de edad. Este enfoque innovador utiliza un dispositivo electrónico (a Facemask Datalogger- para medir la fuerza aplicada al colocar la cámara OptiChamber DiamondR con la máscara facial LiteTouch. Sus resultados juntos con los de otros autores⁽⁷⁶⁾ sugiere que las fuerzas necesarias para sellar las mascarillas puede ser menor que lo que antes asumíamos⁽⁷⁶⁾. Sin duda, el tema de la fuerza aplicada, su medición, y su incorporación en el diseño de la máscara facial u su evaluación recibirán más atención en el futuro cercano. Otro factor importante que deberá ser considerado en la evaluación futura de las nuevas cámaras y máscaras asociadas es como evitar el espacio muerto, en particular en el niño^(77,78).

Otros aspectos a destacar.

La técnica para aplicar las inhalaciones también es importante y varía según la edad del niño (tabla V). Las pulsaciones deben realizarse de una en una, agitando antes el presurizador. Las pulsaciones múltiples antes de inhalar disminuyen la cantidad de aerosol disponible debido a las turbulencias que se producen⁽¹⁰⁾.

Un aspecto importante es la limpieza de las cámaras. Debe desmontarse las partes que lo sean (*en caso de la cámara Aerochamber se recomienda no separar la mascarilla ni la válvula unidireccional del diafragma*), y sumergirlas en agua tibia jabonosa, durante 20 minutos, para luego aclarar en un recipiente con agua tibia limpia y dejar secar al aire sin frotar⁽¹⁾.

Estas cámaras de expansión no requieren una buena coordinación mano/respiración. Deben depositarse una o dos pulsaciones en el interior de los dispositivos, y el niño inhala del mismo a volumen corriente normal, sin pausa intermedia, habitualmente unas 8 a 10 respiraciones⁽⁷⁹⁾. La demora entre la pulsación del aerosol e inhalación de la dosis puede alcanzar hasta 5 segundos, sin pérdida significativa del poder broncodilatador⁽²¹⁾. La apnea post inspiratoria de unos 5 a 10 segundos mejora el depósito intrapulmonar.

La técnica de inhalación depende de la edad del niño, ya que sabemos que el niño pequeño no vacía la cámara espaciadora en una sola inhalación, sino en varias. En el niño pequeño es suficiente (*en teoría*) dejarlo respirar un número de veces igual al resultado de dividir el volumen de la cámara utilizada entre el volumen corriente del niño (*6-10 ml/Kg.*), descargando un puff en el aerosol cada vez. En la práctica, lo mejor es optar porque respire un número elevado de respiraciones (*durante 15 a 20 segundos*), de ahí que sea importante una cámara espaciadora que permita que las partículas floten en la cámara y no se peguen a las paredes de la misma. En el niño mayor se le puede explicar que respire 2-3 veces lenta y profundamente con pausa antes de la espiración (*cuenta hasta 10 y expulsa el aire*).

Dispositivos espaciadores (cámaras de inhalación). Aspectos clínicos.

5.1. Conocimiento de los sistemas de inhalación.

Todo el arsenal terapéutico para el asma, así como la existencia de sistemas de inhalación adaptados para

Tabla V: Técnicas de uso de los diferentes inhaladores con cámaras de inhalación.

Niños de 0 a 3 años. Técnica de inhalación pMDI con cámara y mascarilla facial.

- Retirar la tapa del inhalador y agitar el pMDI en posición vertical antes de conectarlo a la cámara.
- Colocar la mascarilla alrededor de la boca y nariz del niño, apretando ligeramente.
- Apretar el pulsador una vez con la cámara horizontal.
- Mantener la posición de la mascarilla mientras el niño respira, observando la movilidad de la válvula. Habitualmente basta con 5 respiraciones o 10 segundos (en cámaras pequeñas puede bastar con 2-3 respiraciones).
- Si precisa nuevas dosis, con un intervalo de 30 a 60 segundos, repetir los pasos 1 a 4 el número de veces que se haya indicado por su médico.
- Retirar el inhalador de la cámara y taparlo.
- Dar algo de líquido y lavar la cara en contacto con la mascarilla.

Niños a partir de los 4 años. MDI con cámara sin mascarilla (con boquilla).

- Retirar la tapa del inhalador y agitar el pMDI en posición vertical antes de conectarlo a la cámara.
- Expulsar el aire de los pulmones (soplar)
- Colocar la boquilla de la cámara en la boca del niño, cerrando bien los labios sin que la lengua obstruya la salida de la boquilla.
- Apretar el pulsador una vez con la cámara horizontal.
- Mantener la posición de la cámara mientras el niño respira, observando la movilidad de la válvula.
- La respiración debe ser con inspiración lenta, suave y profunda, de unos 5 segundos y aguantar la respiración (apnea) unos 10 segundos, con posterior expulsión por la nariz, lenta del mismo. Repetir este paso 2-5 veces
- (en niños pequeños o que no puedan realizar esta técnica, basta con respirar con normalidad unas 5 veces o durante 10 segundos).
- Si precisa nuevas dosis, con un intervalo de 30 a 60 segundos, repetir los pasos 1 a 6 el número de veces que se haya indicado por su médico.
- Retirar el inhalador y taparlo.
- Enjuagarse la boca con agua.

cada edad, han mejorado, sin lugar a dudas, el tratamiento del asma. No obstante, existen numerosas evidencias de que no se están obteniendo un óptimo beneficio de la terapia inhalada, debido fundamentalmente a la incorrecta utilización de los inhaladores⁽⁸⁰⁾.

Existen múltiples trabajos que demuestran el desconocimiento de la técnica correcta de estos sistemas de inhalación, incluso entre el personal sanitario⁽⁸¹⁾. El estudio multicéntrico CESEA⁽⁸²⁾ evalúa la correcta realización de la técnica inhalatoria usando pMDI en 1.640 voluntarios entre pacientes, médicos y enfermeras. Baste decir que el 91 % de los pacientes usaban de forma incorrecta el pMDI, pero es que el 85 % de los ATS tampoco lo manejaban correctamente y lo mismo sucedía con el 72 % de los médicos. O dicho de otra forma: sólo el 9% de los pacientes, el 15 % de las enfermeras y el 28 % de los médicos sabían realizar correctamente la técnica inhalatoria. En las diferentes recomendaciones nacionales e internacionales⁽³⁻¹⁰⁾ se hace hincapié en la importancia de la educación como instrumento básico para mejorar el cumplimiento y la correcta realización de la técnica de inhalación.

Si referimos los datos a nuestro país, se ha comprobado que aunque la mayoría de los sanitarios conocen la Guía para el manejo del asma (*GEMA*), el grado de conocimiento real de las recomendaciones y el tratamiento es alarmantemente bajo⁽⁸³⁾.

La importancia de la educación en el manejo correcto de los sistemas de inhalación en pacientes ha sido demostrada por varios autores^(84,85). El estudio de Giner y cols⁽⁸⁴⁾ estudia una amplia muestra de España (*14 centro en 12 ciudades*) y analiza cinco dispositivos de inhalación, lo que viene a cubrir la mayoría de los sistemas actuales. Está realizado en adultos (*18 a 86 años*). Se realizó la intervención educativa basada en la normativa **SEPAR**⁽³¹⁾, con ayuda del material educativo diseñado por el mismo grupo y que se puede ver en la página web del Área de Enfermería y Fisioterapia de la **SEPAR**⁽⁸⁶⁾. Se mantiene el mismo dispositivo que utilizaba habitualmente, observando un impacto altamente positivo de la intervención educativa en todos los sistemas de inhalación, mejorando los conocimientos teóricos y prácticos.

Por ello es necesario una orientación a los padres sobre el tipo de sistema de inhalación a emplear según la edad del niño, así como el adiestramiento del mismo y/o de su familia en el manejo de los inhaladores, lo que constituye un objetivo de educación básico para el control de la enfermedad^(87,88). Aunque existen diversos consensos sobre el tipo de sistema de inhalación que es mejor para cada edad⁽⁴⁻¹¹⁾ no existe inconveniente en emplear el que el niño prefiera, con tal que lo realice correctamente⁽⁸⁹⁾, sobre todo porque esto puede facilitar la cumplimentación del tratamiento.

5.2. MDI con cámara de inhalación. ¿El niño dormido o despierto?

Sabemos que el uso del MDI con cámara espaciadora se utiliza con mucha frecuencia para suministrar la medicación inhalatoria a lactantes y niños pequeños^(2,90-92). Ahora bien, la eficacia de este sistema depende de la cámara de inhalación y del niño⁽²⁾. Sabemos que un factor muy importante en los niños pequeños es el patrón respiratorio, determinado por la cooperación del mismo^(93,94). Si el niño colabora y mantiene una respiración co-

rriente y tranquila, presenta volúmenes respiratorios y flujos inspiratorios bajos. En este caso aspiran de forma eficiente la nube de aerosol de una pequeña cámara y el depósito pulmonar del fármaco es adecuado⁽⁹¹⁾. Sin embargo, sabemos que el 30 % de los niños no colaboran durante esta maniobra^(95,96). Al llorar el niño aumentan los flujos inspiratorios y se establecen pausas de apnea prolongadas, entre las respiraciones, con lo que el depósito pulmonar disminuye y se eleva el orofaríngeo⁽⁹¹⁾. Por este motivo, sabemos que el llanto durante la inhalación, probablemente disminuya la eficacia del tratamiento anti-asmático, tanto si usamos broncodilatadores como corticoides inhalados.

Se ha propuesto, como alternativa en estos niños no colaboradores, administrar los aerosoles durante el sueño^(97,98), mediante modelos y tan sólo a partir del 2006 se presenta un estudio en la vida real⁽⁹⁹⁾. Para ello se reclutaron a 30 niños con edades entre los 6 y 30 meses, para administrar 200 microgrs de Budesonida mediante la cámara Nebuchamber con mascarilla facial de reanimación (*no la que traer la propia cámara de inhalación*). El motivo de usa esta mascarilla de reanimación, es, según los autores del trabajo, porque se liberan mejor los aerosoles que con la propia mascarilla de la cámara⁽⁹⁶⁾. Se colocó un filtro entre la cámara y la mascarilla para atrapar el aerosol. El estudio lo terminaron 21 niños y en total se recogieron y analizaron 350 muestras administradas durante la vigilia y 331 durante el sueño.

Se registró una mala colaboración en el 29 % de las administraciones durante la vigilia. Los niños se despertaron en el 69% de las administraciones durante el sueño, y de ellos, el 75% estaban agitados. Estos datos confirman los de estudios anteriores^(95,96). Esta falta de colaboración sabemos que motiva un depósito pulmonar bajo⁽⁹¹⁾. Por ello, la alternativa propuesta era utilizar este sistema durante el sueño^(4,98). Incluso un trabajo en el laboratorio, realizado por este mismo grupo⁽⁹⁷⁾ registrando el patrón respiratorio en 18 niños pequeños durante el sueño y la vigilia, demostró en un modelo anatómico, que las dosis administradas durante el sueño permitían alcanzar dosis pulmonares significativamente mayores que durante la vigilia⁽⁹⁷⁾. Sin embargo, en el estudio en la vida real no ha sido así⁽⁹⁹⁾.

¿Cómo se puede explicar esa discrepancia entre los datos del estudio de laboratorio⁽⁹⁷⁾ y los del estudio en la vida real⁽⁹⁹⁾? Los mismos autores indican dos posibles explicaciones. La primera es una cuestión técnica. En el estudio realizado en el laboratorio se consigue un ajuste hermético de la mascarilla al modelo anatómico nariz-garganta. De esta forma el estudio se realizaba en condiciones óptimas. El estudio en la vida real no garantizaba el ajuste hermético de la mascarilla sobre la cara del niño. El miedo de los padres a despertar al niño pudo hacer que no apretaran la mascarilla a la cara del pequeño, y no ajustara herméticamente. De hecho, una quinta parte de los padres dijeron que les costaba trabajo ajustar la mascarilla de forma correcta, a la cara del pequeño. Sabemos que hasta la fuga más pequeña reduce considerablemente la cantidad de medicamento que se inhala

de la cámara espaciadora⁽¹⁰⁰⁾. La importancia de las diversas máscaras adaptadas a las cámaras de inhalación ha sido puesta de relieve, también, por otros autores⁽¹⁰¹⁾.

El segundo motivo se debe a los patrones respiratorios de los niños. En el estudio realizado en el laboratorio⁽⁹⁷⁾ el patrón respiratorio en vigilia, obtenido antes de realizar una prueba de función pulmonar, era irregular, mientras que el obtenido en el sueño (*inducido con hidrato de cloral*) era regular. El registro de los niños sedados (*simulando el sueño natural*) se obtuvo en la fase no REM mientras que con el aerosol en la vida real⁽⁹⁹⁾ es muy posible que los niños estuvieran en una fase del sueño REM, con un patrón respiratorio irregular.

A pesar de estos resultados, los niños que no colaboran durante el tratamiento inhalatorio constituyen el grupo más idóneo para la administración de aerosoles durante el sueño, a pesar de saber que la tasa de tratamientos inhalatorios satisfactorios durante el sueño es baja⁽⁹⁹⁾.

5.3. Diferentes cámaras de inhalación. ¿Son todas iguales?.

Son numerosos los estudios que comparan las diversas cámaras de inhalación entre sí^(50,91,102-106) y diferentes aspectos, con distintos resultados. Ahora bien, cuando se realizan estos estudios comparativos, antes de sacar conclusiones, debemos considerar siempre varios aspectos: la mascarilla facial usada, el sistema valvular, el tamaño de la cámara con su espacio muerto y la naturaleza de la misma (*carga electrostática*).

La mascarilla facial, necesaria para niños pequeños y lactantes, debe cubrir la boca y la nariz. El inconveniente es que aportan un cierto espacio muerto, por lo que cuando tengan edad deberán pasar a la cámara sin mascarilla. En un estudio realizado⁽⁵⁰⁾ comparando la mascarilla facial usada en anestesia, con las cámaras **Nebuchamber, Aerochamber y Babyhaler**, se observó que la estanqueidad puede ser defectuosa en su contacto con la cara, con estas mascarillas acopladas a las cámaras. La estanqueidad de las mismas es importante para que las dosis lleguen de forma adecuada al pulmón de los lactantes y para que las dosis sean lo más uniformemente posible. Este aspecto ha sido corroborado por trabajos posteriores⁽⁹⁶⁾.

Respecto a la naturaleza de la cámara, metálica frente al plástico, Janssens y cols⁽⁹⁵⁾ realizan un estudio comparativo entre la cámara Nebuchamber y la Babyhaler con o sin recubrimiento de detergente (*para perder parte de la carga electrostática de la cámara*). Se usó budesonida con la cámara Nebuchamber y fluticasona con la Babyhaler. El fármaco quedaba atrapado en los filtros colocados entre el espaciador y la máscara facial. La distribución de dosis de los filtros expresada en porcentaje de la dosis nominal fue: 34 % para la Nebuchamber; 23% para la Babyhaler sin detergente y 41 % para la Babyhaler con recubrimiento de detergente.

Otro estudio realizado en niños de 1 a 4 años, comparando el mismo fármaco, la fluticasona, aplicado con dos cámaras distintas, (*pero de la misma naturaleza; el plás-*

tico): Aerochamber plusR frente a BabyhalerR, analizando la concentración del fármaco en plasma (*área bajo la curva*) llegando a la conclusión que con la cámara Aerochamber plus se produce un 53% más de concentración plasmática de fluticasona que usando la Babyhaer⁽¹⁰⁴⁾. Para los autores, el motivo de esta diferencia entre las dos cámaras radica en el tamaño de las mismas. La cámara BabyhalerR es más larga y tiene un mayor espacio muerto lo que indica que requiere de 4 a 6 respiraciones para movilizar el aire, frente a las 2 respiraciones de media que se necesitan con la Aerochamber plusR. Esto quiere decir que no todas las cámaras van condicionar el mismo depósito pulmonar bien de corticoides, bien de broncodilatadores lo cual tendrá importante implicaciones clínicas. Por ello lo ideal es utilizar aquellas cámaras que no tengan efecto electrostático (*o que este sea el mínimo*), para garantizar una mejor eficacia del tratamiento. Estas diferencias encontradas con distintas cámaras de inhalación de plástico, no se han evidenciado comparando la cámara FunhalerR con la AerochamberR⁽¹⁰⁵⁾.

Un artículo reciente compara, in vitro, 3 cámaras de inhalación de pequeño volumen, las más usadas en nuestro medio geográfico: Optichamber DiamondR (*antielectrostática de 140 ml de volumen y 14,2 cmt de longitud*), **Aerochamber Plus Z-StarR** (*antielectrostática*) y **Aerochamber PlusR** (*con carga electrostática*)⁽¹⁰⁷⁾. El estudio comparativo se realiza a dos velocidades de flujo (*15 litros/minuto y 30 litros/minuto*), comparando el tamaño de la partícula de dos fármacos: salbutamol y beclometasona. El estudio, bien diseñado, confirma numerosos estudios anteriores que demuestra que las cámaras reducen el depósito en la boca al eliminar entre el 80-90% de las partículas más grandes, de diámetro mayor de 10,5 μ m. Estos resultados son más pronunciados a flujos bajos. Ambas cámaras anti-estáticas (*Optichamber DiamondR y Aerochamber Plus Z-StarR*) tuvieron resultados comparables para las dos velocidades de flujo, así como para los dos fármacos empleados. Ambas cámaras obtuvieron resultados superiores a usar en MDI sólo o con la cámara no anti-estática (*Aerochamber PlusR*). Además, comprobaron que lavar la cámara Optichamber recién sacada del embalaje original, antes de usarla por primera vez, no tenía influencia en las características del tamaño del aerosol.

Un aspecto muy importante es correlacionar la forma, el tipo de respiración de niño pequeño y el tamaño de la cámara y como ello afecta al depósito pulmonar del medicamento. Debido a la falta de datos, las guías sobre el asma no dan instrucciones específicas sobre el método correcto de respiración a través las cámaras espaciadoras con válvula.

Schultz y cols⁽¹⁰⁸⁾, en un artículo sumamente interesante, realizan un estudio en niños de 2 a 7 años, inhalando placebo con 4 cámaras de inhalación distintas: 2 de volumen pequeño, (*FunhalerR de 225 ml y Aerochamber PlusR de 149 ml*) y 2 de mayor volumen, una la VolumaticR de 750ml y otra de 500ml. Además, analizan el depósito pulmonar con diversas respiraciones; 2,3,5 y 9 respiraciones. De esta manera se realizan todas las di-

versas combinaciones posibles respecto al volumen de la cámara y el número de respiraciones, en un intento de relacionar lo que sucede en la vida real. Las conclusiones a las que llegan los autores del estudio⁽¹⁰⁸⁾ indica que los patrones de respiración del niño pequeño difieren notablemente de los patrones habituales cuando utilizan espaciadores / cámaras de retención con válvula. Cuando se utilizan estos dispositivos, 2 respiraciones con una cámara de pequeño volumen (*incluida la de 500 ml*) o 3 respiraciones para las cámaras de mayor volumen, son adecuadas y suficientes para la administración de fármacos en niños de esta edad, asegurando un buen depósito pulmonar.

El análisis del depósito pulmonar de salbutamol marcado con tecnecio 99 mediante gammagrafía es la técnica empleada por Ditchman et al⁽¹⁰⁹⁾ para comparar el uso de la cámara OptiChamber DiamondR con la mascarilla LiteTouch o con una pieza bucal. Las conclusiones a las que llegan los autores es que el depósito pulmonar fue mayor de lo previsto para los niños de este grupo de edad y, de manera interesante, la deposición con la máscara parecía ser similar a la obtenida con el uso de la boquilla. Esto fue debido al hecho de que algunos de los niños más pequeños, no emplearon la cámara con boquilla (*aunque se proporcionó a la familia el entrenamiento adecuado durante la investigación*). Posiblemente para estos niños era más cómodo el uso de la mascarilla facial que la pieza bucal. Sin embargo, en los niños que emplearon mascarilla facial hubo un aumento del depósito nasal (*debido a la respiración por la nariz*) y a nivel facial, cosa que no se produjo con la boquilla. Este depósito extra-pulmonar no es preocupante con el uso normal de salbutamol, pero debe ser valorado si se administran corticosteroides. En base a estos datos, estos autores aconsejan permitir a niños pequeños usar la mascarilla mientras estén incómodos con una boquilla, para garantizar la eficacia terapéutica, pero hay que tratar de enseñarles el uso de una boquilla, siempre que sea posible, porque la técnica de inhalación mediante la boquilla tiene el mismo efecto terapéutico y al mismo tiempo se reduce el depósito extra-pulmonar de los fármacos.

Todos los datos analizados hasta ahora, vienen a sugerir un aspecto clínico importante en el manejo del niño asmático; la mayor parte del depósito pulmonar del fármaco, si la técnica es la adecuada (*respiración lenta y profunda*) se realiza en los primeros segundos, con lo cual no tiene sentido mantener al niño respirando de la cámara, 20 a 30 segundos.

La relación e importancia del tamaño de la cámara con el depósito pulmonar del fármaco, y por tanto con su efecto terapéutico, bien sea un corticoide o un broncodilatador, también preocupa a los adultos. Así, el estudio de Fahimi y cols⁽¹¹⁰⁾ realizado en adultos de 18 a 60 años, valorando el salbutamol urinario en este grupo de edad, comparando una cámara de inhalación de 750 ml con otra de 140 ml, llega a la conclusión que aunque los resultados indicaron que la biodisponibilidad relativa (medida exclusivamente mediante espirometría forzada) en los pulmones después de la inhalación con la cámara

de 750 ml era significativamente mayor que después de la inhalación con la de 140 ml, al igual que la eliminación urinaria de salbutamol, la importancia clínica de estos dos aspectos aún está por demostrar.

Un aspecto muy importante en la técnica de la cámara de inhalación es el retardo en el inicio de la respiración del niño, una vez aplicada la medicación tras pulsar el MDI. Slator y cols⁽¹¹¹⁾ evalúan *in vitro*, mediante un sistema complejo, el impacto de la demora de 0,5 a 10 segundos y de la velocidad del flujo de aire de inhalación en la entrega del aerosol, empleando cuatro cámaras diferentes (*OptiChamber DiamondR, AeroChamber Z-StatR, AeroChamberR y VolumaticR*).

Todas las cámaras estudiadas mostraron una reducción en la dosis total depositada cuando la duración de la demora entre la descarga de aerosol en la cámara y el inicio de las **“respiraciones”** aumentaba. Esto indica la necesidad de un cierto grado de cooperación por parte del paciente o cuidador. En promedio, hubo una reducción estadísticamente significativa de la dosis total depositada después de un retardo de 10 segundos. Este efecto fue significativamente mayor con cámaras no estáticas en comparación con las estáticas.

5.4 pMDI con mascarilla frente al nebulizador en las crisis asmática y en niños ingresados por broncoespasmo.

En la crisis asmática los agonistas beta 2 inhalador se emplean, por lo general, con nebulizadores, para aliviar la sintomatología. Hay autores que consideran de los pMDI con cámara espaciadora pueden ser una alternativa igualmente válida⁽¹¹²⁻¹¹⁶⁾. Aunque no todos los autores están de acuerdo y algunos consideran al nebulizador superior al pMDI en urgencias⁽¹¹⁷⁾, máxime cuando el uso del primero por los niños, en situaciones de ataque agudo, no se realiza con la técnica correcta⁽¹¹⁸⁾.

Una revisión Cochrane⁽¹¹⁹⁾ sobre un total de 2066 niños a partir de los dos años de edad y 614 adultos en 25 ensayos clínicos realizados en servicios de urgencias y en la comunidad, junto con otros 6 ensayos de pacientes hospitalizados con asma aguda (*213 niños y 28 adultos*) concluye que en niños, la duración de la estancia en el servicio de urgencias fue significativamente más corta cuando se utilizó la cámara espaciadora frente a la nebulización, con una diferencia de -0,47 horas (IC del 95 %). Sin embargo, en los adultos, la duración de la estancia en el servicio de urgencias fue similar con los dos métodos. La frecuencia de pulso fue inferior con la cámara espaciadora en niños, con una diferencia de medias de -7,6 % con relación al valor inicial (IC del 95%). Estos datos son confirmados de nuevo en una revisión realizada en el 2013⁽¹²⁰⁾ indicando que, en niños, el uso de los betadrenérgicos inhalados frente a los nebulizados suponen una mejoría de estancia en urgencias de unos 33 minutos menos que con la nebulización.

Las implicaciones prácticas que esta revisión tiene para los autores^(119,120) son las siguientes:

1. En la mayoría de los casos el uso de pMDI con cámara espaciadora puede sustituir a los nebulizadores para administrar agonista beta 2 en la crisis asmática.

Esto condiciona estancias más cortas en el servicio de urgencias, menos hipoxia y frecuencia de pulso más baja en comparación con los pacientes que reciben nebulizaciones.

2. En la práctica clínica, la dosis de agonista beta 2 que se administra a las vías respiratorias varía según el tipo de nebulizador o cámara espaciadora utilizada y las características individuales de las vías respiratorias del paciente en ese momento. Sin embargo, el método aportado en la mayoría de los trabajos era repetir el tratamiento a intervalos cortos o cuatro accionamientos de un inhalador de dosis fijas mediante la cámara espaciadora cada 10 a 15 minutos.

3. Los diversos estudios excluyeron los pacientes con asma potencialmente mortal, por lo que los resultados de este metanálisis no son extrapolables a esta población.

4. Las tasas de ingreso no difirieron significativamente con los dos métodos.

El metanálisis de Cates sobre el uso de cámaras espaciadoras frente a las nebulizaciones, para el asma crónica tratado con corticoides inhalados⁽¹²¹⁾ no arroja el mismo resultado, concluyendo que sólo existen tres estudios que pudieron ser incluidos en esta revisión, dos en adultos^(122,123) y uno en 14 niños⁽¹²⁴⁾, los cuales no permiten afirmar que existan evidencias de que los nebulizadores sean mejores para inhalar esteroides en el asma que el inhalador estándar (*con cámara o espaciador*) y además son más costosos.

Además del uso de los beta adrenérgicos con cámara de inhalación frente a la nebulización en la crisis asmática en urgencias, se ha comparado su uso en niños hospitalizados con broncoespasmo por asma o bronquiolitis⁽¹²⁵⁾ sin diferencias clínicas y con un menor costo de salbutamol inhalado frente al nebulizado. La dosis equivalente sería 2,5 mg de salbutamol nebulizado con 4 puffs de salbutamol en MDI con cámara de inhalación antiestática Aerochamber MaxR y 5 mg nebulizado equivaldrían a 8 puffs de salbutamol inhalado.

5.5 Adherencia y cumplimentación del tratamiento inhalado.

De acuerdo con las guías nacionales e internacionales^(3-10,87,89) sobre el manejo del niño asmático, éstos precisan frecuentemente un tratamiento a diario y continuo con fármacos controladores durante largos periodos de tiempo. Además, cada vez disponemos de tratamientos más eficaces que permiten controlar la enfermedad. Sin embargo, la realidad, como han demostrado diversos estudios, es distinta.

Uno de los primeros estudios que demostraron esta realidad fue el estudio Aire⁽¹²⁶⁾. Si se observa la misma se comprueba que se está muy lejos de obtener los objetivos que marcan los consensos sobre el asma.

Otros estudios han demostrado que la mala adherencia reconocida por el paciente se asocia a mayor morbilidad⁽¹²⁷⁾ y a un mal control del asma⁽¹²⁸⁾. Una revisión sistemática de la literatura⁽¹²⁹⁾ y de otros estudios^(130,131) han revelado que la adherencia al tratamiento diario con corticoides inhalados es baja, oscilando del 20% al 73 %

y que solo entre el 46 % y 59 % de los pacientes utilizan correctamente los inhaladores prescritos.

Todos estos datos indican una magnitud importante del problema, que contrasta con el poco espacio que le dedican las diversas guías para el manejo del asma. A nadie escapa la importancia de la adherencia y cumplimentación del paciente, pues ante un mal control del asma, y un buen cumplimiento del tratamiento está indicado el aumento de la medicación, pasando al escalón siguiente. Si por el contrario, el mal control del asma se debe a una falta de cumplimentación (*o a una técnica incorrecta*) no se debe aumentar la medicación, sino enseñar la técnica correcta y mejorar la cumplimentación. Aunque adherencia y técnica son problemas distintos, suelen ir muy unidos.

En un estudio presentado por Vázquez⁽¹³²⁾ realizado en la consulta de asma de un hospital, sobre adherencia a dos sistemas de inhalación en polvo seco (*Accuhaler y Novolizer*), clasificó el grado de adherencia en: excelente > 90%; buena < 80%; regular > 70 % y mala < 70 %. El grado de adherencia global fue de: 59%, 29%, 8% y 4% respectivamente, es decir que en el 88 % la adherencia fue buena o excelente. No encontró diferencia entre los dos sistemas de inhalación.

5.5. Limpieza de las cámaras de inhalación

Las cámaras espaciadoras se desmontan según las instrucciones del fabricante y se recomienda limpiarlas al menos una vez/mes. De forma general se recomienda seguir los siguientes pasos.

1.- Desmontar los diversos componentes de la cámara, si ello es posible, y dependiendo de cada modelo.

2.- Sumergir las diversas piezas de la cámara, incluida la mascarilla, en agua caliente con un detergente líquido, y agitarlas suavemente durante un minuto aproximadamente. Mantener unos 15 minutos.

3.- Aclarar las diversas piezas con agua limpia de grifo y posteriormente sacudir para evitar la humedad.

4.- Dejar secar al aire libre sin frotar. De este modo se evita la carga electrostática, que disminuiría la cantidad de fármaco disponible⁽¹³³⁾.

5.- Una vez secas las piezas, volver a montarlas de forma correcta.

Es importante vigilar el funcionamiento correcto de las válvulas y cambiar la cámara si no están en buen estado. Las cámaras de plástico deberían cambiarse al menos cada 12 meses⁽¹³⁾.

Aunque se aconseja que las cámaras sean de uso individual, en caso de reutilizarlas en la consulta está indicada la limpieza y desinfección de alto nivel después de cada uso^(134,135). Para ello hay que desmontar las distintas partes de la cámara, limpiarlas sumergiendo las piezas con agua que contenga un detergente enzimático (*compatible con el desinfectante*) y aclarar con agua tibia. A continuación sumergirlas en la solución desinfectante, siguiendo las recomendaciones del fabricante, aclarar bien con agua destilada o agua del grifo (*mejor si éste contiene filtro de retención de partículas y microorganismos*) y dejar secar al aire.

Ejemplos de productos de limpieza son los detergentes enzimáticos Instrunet EZ+T® o Prolystica®. De desinfección: Instrunet Anyoxide 1000®, Resert XL HD®, PeraSafe®, o Instrunet FA Concentrado®.

Como conclusiones podríamos decir que en niños por debajo de los 4-6 años la forma de aplicar los inhaladores es con cámara de inhalación antiestática, con mas-

carilla (pequeños) o boquilla (mayorcitos). Es importante una técnica correcta, con una mascarilla facial anatómica adecuada y el tamaño de la cámara no parece ser tan importante (pueden usarse cámaras de < 200 ml en niños mayores). Evitar el retraso entre la aplicación de la medicación y el inicio de las respiraciones. Un resumen de las diversas cámaras se refleja en la **tabla VI**.

Tabla VI. Ventajas e inconvenientes de las diversas cámaras espaciadoras.

	VENTAJAS	INCONVENIENTES
AEROCHAMBER Plus	Se adapta a todos los MDI Es manejable Válvula inspiratoria de baja resistencia. Válvula espiratoria en la máscara Apta para neonatos y lactantes	Vida media corta de la válvula (ahora duran más) No posee recambio No efecto electrostático No financiadas por la Sanidad Pública
OPTICHAMBER Diamond	Se adapta a todos los MDI Se puede utilizar en lactantes Dispone de mascarilla de varios tamaños Es manejable	No efecto electrostático Posee válvula inspiratoria estándar No posee válvula de exhalación en la máscara Espacio muerto entre al boca y la válvula que puede reinspirarse
BABYHALER	Dispone de recambios de válvula Apta para lactantes	Adaptable únicamente a productos GSK o con licencia Efecto electrostático Poco manejable
NEBUCHAMBER	Dispone de recambios para válvula y mascarilla. Es metálica: más duradera y sin efecto electrostático Apta para lactantes Escasa variabilidad entre las dosis	Adaptable únicamente a productos Astra Séneca Mascarilla demasiado flexible Mascarilla pequeña en algunos niños
VOLUMATIC NEBUHALER	Económicas Financiadas por Sanidad Pública Se puede adaptar mascarillas de reanimación Aptas para pre escolares y escolares Recambio fácil de la cámara	Escaso depósito pulmonar en < 6 meses El niño pequeño debe permanecer en decúbito durante su administración (para que se abra la válvula) Efecto electrostático No adaptable a todos los MDI Poco manejables

Bibliografía.

1.- Fraga Fuentes M^a D. Guía para la administración de fármacos por vía inhalatoria. 2º Ed. Madrid 2002. Ed Laboratorios GSK. Pág 9-16.

2.- Bisgaard H. A metal aerosol holding chamber devised for young children with asthma. Eur Respir J 1995;8:856-860.

3.- Becker A, Iemiere C, Berube D, Boulet LP, Ducharme FM, FitzGerald M, Kovsi T on behalf of the asthma guidelines working group of the Canadian Network for asthma care and the Canadian thoracic society. Summary of recommendations from the Canadian Asthma Consensus Guidelines, 2003. CMA 2005;173 (6 suppl): S1-S56.

4.- Warner JO, Naspitz CK, Cropp GJA. Tird international pediatric consensus statement on the management of childhood asthma. Pediatric Pulmonology 1998;25:1-17.

5.- Britis guideline on the management of asthma.

Disponible en [http://www sign ac uk/guidelines/published/support/guideline63/download.html](http://www.sign.ac.uk/guidelines/published/support/guideline63/download.html); 2005. Consultado 18 septiembre 2014.

6.- Global strategy for asthma management and prevention (updated 2014: Global Initiative for Asthma (GINA). Disponible en http://www.ginasthma.org/local/uploads/files/GINA_Spanish_2014_Jun12.pdf. Consultado 18 septiembre 2014

7.- Comité de asma de la SEICAP. Guía para la atención del niño asmático. Protocolo diagnóstico y terapéutico del asma infantil. Allergol Immunopathol (Madr) 2000;11:1-63.

8.- Guía española para el manejo del asma (GEMA) 2009. <http://www.gemasma.com/images/stories/GEMASMA/Documentos/GEMA%202009/index.html>. Consultado 13 septiembre 2014

10.- Busquets Monge RM, Escribano Montaner A, Fernández Benítez M, García Marcos L, Garde Garde L, Ibero Iborra M et al. Consensus statement on the mana-

gement of paediatric asthma. *Allergol Immunopathol (Madr)* 2006;34:88-101

10.- Castillo Laita JA, De Benito Fernández J, Escribano Montaner A, Fernández Benítez M, García de la Rubia S, Garde Garde J et al. Consenso sobre tratamiento del asma en pediatría. *An Pediatr (Barc)* 2007;67:253-73.

11.- The Asthma Guidelines Working Group of the Canadian Network for Asthma Care. Canadian Pediatric Asthma Consensus Guidelines, 2003 (Actualizado en diciembre 2004). *CMAJ*.2005; 173 (Suppl 6): S1-S56.

12.- Takemura M, Kobayashi M, Kimura K, Mitsui K, Masui H, Koyama M, et al. Repeated instruction on inhalation technique improves adherence to the therapeutic regimen in asthma. *J Asthma*. 2010; 47:202-208.

13.- British Thoracic Society, Scottish Intercollegiate Guidelines Network. British Guideline on the Management of Asthma. 2008 (Actualizada en enero de 2012). [Consultado 29/enero/2014]. Disponible en: <http://www.brit-thoracic.org.uk>

14.- Liñan Cortes S. Avances en neumología infantil. Aspectos prácticos en el asma: Terapia inhalatoria. *An Esp Pediatr* 1994;Supl60:131-134.

15.- Nieto García A, Nieto García A. Bases para un uso correcto de la terapéutica inhalatoria en el asma infantil. *Act Ped Esp* 1996;54:541-552.

16.- De la Hija Díaz MB, Tofiño González MI, Arroyo Pineda V. Dispositivos de inhalación para Asma y EPOC. *Boletín Farmacoterapéutico de Castilla-La Mancha*. Sescam. 2007, 8:1-8.

17.- Rodríguez Fernández-Oliva CR, Pardos Martínez C, García Merino A, Úbeda Sansano MI, Callén Blecua MT, Praena Crespo M. Recursos para la puesta en marcha de un programa de Atención al niño con asma. Documentos del GVR (DT-GVR-5) [Consultado 29/enero/2014]. Disponible en: <http://www.aepap.org/grupos/grupo-de-viasrespiratorias>

18.- Sleath B, Ayala GX, Gillette C, Williams D, Davis S, Tudor G, Yeatts K, Washington D. Provider demonstration and assessment of child device technique during pediatric asthma visits. *Pediatrics*. 2011; 127:642-648.

19.- Nikander K, Nicholls C, Denyer J, Pritchard J. The Evolution of Spacers and Valved Holding Chambers. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv*. 2014;27:S4-S-23.

20.- Fernández Tena A, Casan Clara P. Depósito pulmonar de partículas inhaladas. *Arch Bronconeumol* 2012;48:240-6.

21.- Martín Escribano P, Martínez Sanz I, Gallardo Marmol F. Inhaloterapia. En *Pautas de Práctica clínica en neumología (Algoritmos clínicos y procedimientos)*. Editor P. Martín Escribano y A. López Encuentra. Ed. Idepsa. 1996 p. 254-260.

22.- Hindle M, Newton DA, Chystyn H. Investigation of an optimal inhaler technique with the use of urinary salbutamol excretion as a measure of relative bioavailability to the lung. *Thorax* 1993; 48(6):607-10.

23.- DiBlasi RM, Coppola DP, Nagel MW, Doyle CC, Avvakoumova VI, Ali RS et al. A novel, versatile valved holding chamber for delivering inhaled medications to

neonates and small children: laboratory simulation of delivery options. *Respir Care* 2010;55:419-26.

24.- Anhoj J, Thorsson L, Bisgaard H. Lung deposition of inhaled drugs increases with age. *AJRCCM* 2000; 162 (5):1819-22.

25.- Bisgaard H. Aerosol treatment of children. *An Esp Ped* 1999 (S 123):49-52.

26.- Warner JO. Asthma: a follow up statement from an international paediatric asthma consensus group. *Arch. Dis. Child* 1992;67:240-248.

27.- Villa Asensi JR. Nuevos aspectos en el tratamiento del asma infantil. *An Esp Pediatr* 1994;40:79-85.

28.- Sadaba O, Villa Asensi JR, Rueda Esteban S. Aerosolterapia en el asma. *Monografías de pediatría* (ed. Jarpyo) 1996;102:29-40.

29.- Newman SP, Clarke SW. Therapeutic aerosols 1 – physical and practical considerations. *Thorax* 1983;38:881-6.

30.- Clarke SW, Newman SP. Therapeutic aerosols 2 – Drugs available by the inhaled route. *Thorax* 1983;39:1-7.

31.- Giner J, Basualdo LV, Casan P, Hernández C, Macián V, Martínez I, Mengíbar A. Grupo de Trabajo de la SEPAR. Normativa sobre la utilización de fármacos inhalados. *Arch Bronconeumol* 2000; 36: 34-43.

32.- O'Callaghan C, Barry PW. How to choose delivery devices for asthma. *Arch Dis Child* 2000;82:185-7.

33.- Pearson R. Asma. Tratamiento en atención primaria. Ed. Mayo. Barcelona 1990. P.93-103.

34.- Barner PJ, Pedersen S. Efficacy and safety of inhaled corticosteroids in asthma. *Am Rev Respir Dis* 1993,148 (suppl):1-26.

35.- Perez Yarza EG, Mintegui J, Garmendia A, Albisu Y, Callen MT. Antiinflamatorios inhalados en el asma infantil. *Inf. Ter. Sist Nac Salud* 1993;17:25-32.

36.- Aparicio Español S. Mecanismos de liberación de principios activos para el tratamiento del asma. *Act Ped Esp* 1995;53:18-21.

37.- Pedersen S, Frost L, Arnfred T. Errors in inhalation technique and efficiency in inhaler use in asthmatic children. *Allergy* 1986;41:118-24.

38.- Sander N, Fusco-Walker SJ, Harder JM, Chipps BE. Dose counting and the use of pressurized metered dose inhaler: running on empty. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2006;97:34-8.

39.- Rubin BK, Durotoye L. How do patients determine that their metered dose inhaler is empty?. *Chest* 2004;126:1134-7.

40.- Hardy JG, Jasuja AK, Frier M, Perkins AC. A small volume spacer for use with a breath-operated pressurized metered dose inhaler. *Inter J Pharmaceutics* 1996; 142:129-133.

41.- Pauwels R, Newman S, Borgstrom L. Airway deposition and airway effects of antiasthma drugs delivered from metered-dose-inhalers. *Eur Respir J* 1997;10:2127-38.

- 42.-** Brown PH, Greening AP, Crompton GK. Large volume spacer devices and the influence of high dose beclomethasone dipropionate on hypothalamo pituitary adrenal axis function. *Thorax* 1993;48:233-8.
- 43.-** Henry RL, Milner AD, Davis JG. Simple drug delivery system for use by young asthmatic. *BJM* 1983;286:2021.
- 44.-** Cunningham SJ, Crain EF. Reduction of morbidity in asthmatic children given a spacer device. *Chest* 1994;106:753-7.
- 45.-** Lee H, Arnon S, Silverman M. Broncodilatador aerosol administrado por inhalador de dosis espaciada en subaguda respiratoria neonatal. *Arch Dis Child* 1994;70:F218-F222.
- 46.-** Grupo de trabajo en asma infantil de la Sociedad Española de Neumología pediátrica. Protocolo de tratamiento del asma infantil. *An Esp Pediatr* 1995;43:439-446.
- 47.-** Barry PW, Robertson CF, O'Callaghan C. Optimum use of a spacer device. *Arch Dis Child* 1993;69:693-694.
- 48.-** Sánchez Agudo L. ¿Mejoran el tratamiento los nuevos fármacos y sistemas de inhalación?. Controversias en Neumología. Simposio de Neumología. Burgos. Editor JL Viejo Bañuelos. Ed. Glaxo. 1997. p.135-143.
- 49.-** Bisgaard H, Anhoj J, Klung B, Berg E. A non electrostatic spacer for aerosol delivery. *Arch Dis Child* 1995;73:226-230.
- 50.-** Amirav I, Newhouse MT. Aerosol therapy with valved holding chambers in young children: importance of the facemask seal. *Pediatrics* 2001;108:389-394.
- 51.-** Kraemer R, Birrer P, Modelska K, Casaulta Aebisaker C, Schöni MM. A new baby spacer device for aerosolized bronchodilator administration in infants with bronchopulmonary disease. *Eur J Pediatr* 1992;151:57-60.
- 52.-** Kraemer R, Frey U, Sommer CW, Russi E. Short-term effect of albuterol, delivered via a new auxiliary device, in wheezy infants. *Am Rev Respir Dis* 1991;144:347-351.
- 53.-** Avital A, Godfrey S, Schachter J, Springer C. Protective effect of albuterol delivered via a spacer device (Babyhaler) against methacholine induced bronchoconstriction in young wheezy children. *Pediatr Pulmonol* 1994;17:281-284.
- 54.-** Lowenthal D, Catan M. Facemasks versus mouthpieces for aerosol treatment of asthmatic children. *Pediatr Pulmonol* 1992;14:192-6.
- 55.-** Bisgaard H: Delivery options for inhaled therapy in children under the age of 6 years. *J Aerosol Med.* 1997;10(S1):37-40.
- 56.-** Nikander K: Challenges and opportunities in respiratory drug delivery devices. *Expert Opin Drug Deliv.* 2010;7:1235-1238.
- 57.-** Mitchell JP, and Nagel MW: Valved holding chambers (VHCs) for use with pressurised metered-dose inhalers (pMDIs): a review of the causes of inconsistent medication delivery. *Prim Care Respir J.* 2007;16:207-214.
- 58.-** Hess D: Aerosol delivery devices in the treatment of asthma. *Respir Care.* 2008;53:699-723.
- 59.-** Lavorini F, and Fontana GA: Targeting drugs to the airways: the role of spacer devices. *Expert Opin Drug Deliv.* 2009;6:91-102.
- 60.-** Shim C: Spacer disuse. *Am J Respir Crit Care Med.* 2000;161:A320.
- 61.-** Brennan VK, Osman LM, Graham H, Critchlow A, and Everard ML: True device compliance: the need to consider both competence and contrivance. *Resp Med.* 2005;99:97-102.
- 62.-** Rau JL, Coppola DP, Nagel MW, Awakoumova VI, Doyle CC, Wiersema KJ et al. The Importance of Nonelectrostatic Materials in Holding Chambers for Delivery of Hydrofluoroalkane Albuterol. *Respir Care* 2006;51:503-10.
- 63.-** Coppola DP, Mitchell JP, Nagel MW. Levalbuterol Aerosol Delivery With a Nonelectrostatic Versus a Nonconducting Valved Holding Chamber. *Respir Care* 2006;51:511-4.
- 64.-** Prabhakaran S, Shuster J, Chesrown S, Hendeles L. Response to albuterol MDI delivered through an antistatic chamber during nocturnal bronchoconstriction. *Respir Care* 2012;58:1291-6.
- 65.-** Khan Y, Tang Y, Hochhaus G, Shuster JJ, Spencer T, Chesrown S et al. Lung bioavailability of hydrofluoroalkane fluticasone in young children when delivered by an antistatic chamber/mask. *J Pediatr* 2006;149:793-7.
- 66.-** Piérat F, Wildhaber JH, Vrancken I, Devadason SG, Le Souëf PN. Washing plastic spaces in household detergent reduces electrostatic charge and greatly improves delivery. *Eur Respir J* 1999;13:673-8.
- 67.-** Zar HJ, Streun S, Levin M, Weinberg EG, Swingle GH. Randomised controlled trial of the efficacy of a metered dose inhaler with bottle spacer for bronchodilator treatment in acute lower airway obstruction. *Arch Dis Child* 2007; 92: 142-6.
- 68.-** Dahiya B, Mathew JL, Singh M. Randomized trial of spacers in asthma. *Indian J Pediatr* 2007; 74: 631-5.
- 69.-** Rodriguez C, Sossa M, Lozano JM. Commercial versus home-made spacers in delivering bronchodilator therapy for acute therapy in children. *Cochrane Database Syst Rev* 2008. Art No.: CD005536. DOI:10.1002/14651858.CD005536.pub2.
- 70.-** Rodriguez-Martinez CE, Sossa-Briceño MP, Castro-Rodriguez JA. Comparison of the bronchodilating effects of albuterol delivered by valved vs. non-valved spacers in pediatric asthma. *Pediatr Allergy Immunol* 2012;23:629-35.
- 71.-** Hayden JT, Smith N, Woolf DA, Barry PW, and O'Callaghan C: A randomized crossover trial of facemask efficacy. *Arch Dis Child.* 2004;89:72-73.
- 72.-** Smaldone GC, Berg E, and Nikander K: Variation in pediatric aerosol delivery: importance of facemask. *J Aerosol Med.* 2005;18:354-363.
- 73.-** Amirav I, Mansour Y, Mandelberg A, Bar-Ilan I, and Newhouse MT: Redesigned face mask improves

“real life” aerosol delivery for Nebuchamber. *Pediatr Pulmonol.* 2004;37:172-177.

74.- Xu Z, Hsu W, von Hollen D, Viswanath A, Nikander K, and Dalby R. Methodology for the in vitro evaluation of the delivery efficiency from valved holding chambers with facemasks. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv.* 2014;27:S-44-S-54.

75.- Minh T, von Hollen D, von Königslo'w AJ, Nikander K, and Janssens HM. An instrumented valved holding chamber with facemask to measure application forces and flow in young asthmatic children. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv.* 2014;27:S-55-S-62.

76.- Shah SA, Berlinski AB, and Rubin BK. Force-dependent static dead space of face masks used with holding chambers. *Respir Care.* 2006;51:140-144.

77.- Amirav I, and Newhouse MT. Dead space variability of face masks for valved-holding chambers (VHCs). *Isr Med Asso. J* 2008;10:24-26.

78.- Newhouse M, Amirav I, Halamish A, and Marzuk C. Computerized dead space volume measurement of facemasks applied to simulated faces. *Am J Respir Crit Care Med.* 2014;189:A5692.

79.- Pedersen S. Administración de corticoides por inhalación en el lactante y en el preescolar. V Forum Internacional de Alergología y Asmología Pediátricas. Ed. Prous Barcelona 1994 p.17-27.

80.- Burgos F. Terapia inhalada sin educación, un fracaso anunciado. *Arch Bronconeumol* 2002;38:297-9.

81.- Everard ML. Aerosol therapy: regimen and device compliance in daily practice. *Paed Respir Rev* 2006;7S:S80-S82

82.- Plaza V, Sanchis J. Medical persoel and patient skill in the use of metered dose inhalers: a multicentric study CESEA Group. *Respiraton* 1998; 65:195-8.

83.- Plaza V, Bolivar I, Giner J, Llangrer MA, López Viña A, Quintana JA et al. Encuesta de opinión, conocimiento y niveles de seguimiento de los profesionales sanitarios españoles de la Guía Española para el manejo del Asma (GEMA). *Arch. Bronconeumol* 2006; 42 (es congr): 3.

84.- Giner J, Macián V, Hernández C y grupo EDEN. Estudio multicéntrico y prospectivo de “educación y enseñanza” del procedimiento de inhalación en pacientes respiratorios (Estudio Eden). *Arch Bronconeumol* 2002;38:306-10.

85.- Haro M, Lázaro C, Marín-Barnuevo C, Andicoberry MJ, Martínez MD. Utilidad de la enseñanza de manejo del cartucho presurizado y el sistema Turbuhaler en pacientes hospitalizados. *Arch Bronconeumol* 2002;38:306-10.

86.- Educa y Enseña Sistemas de Inhalación (Area de Enfermería y Fisioterapia). Disponible en: [http:// www.separ.es/](http://www.separ.es/)

87.- Global Initiative for asthma. Global strategy for asthma management and prevention. NHLBI/WHO Workshop Report. National Heart, Lung nad Blood Institute. NIH Publication N° 95-3659 January, 1995.

88.- Garcia Antequera M, Morales Suárez-Varela MM, Taberner Pedrós R, Ferrer Sánchez F, Tio Guillamón MD. Valoración del tratamiento inhalatoria del asma infantil. *An Esp Pediatr* 1997;46:13-19.

89.- Grupo de trabajo de la SEPAR. Normativa sobre el diagnóstico y tratamiento del asma aguda y crónica. Recomendaciones SEPAR. Sociedad Española de Neumología y Cirugía torácica. Ediciones Doyma SA. Barcelona. 1996.

90.- Conner WT, Dolovich MB, Frame RA,ewhouse MT. Reliable salbutamol administration in 6 to 36 month old children by means of metered dose inhaler and Aerochamber with mask. *Pediatr Pulmonol* 1989;6:263-7.

91.- Wildhaber JH, Devadason SG, Hayden MJ; Eber E, Summers QA, LeSouef PN. Aerosol delivery to wheezy infants: a comparison between a nebulizer and two small volume spacer. *Pediatr Puulmonol* 1997;23:212-6

92.- Fok TF, Lam K, Ng PC, Leung TF, So HK, Cheung KL et al. Delivery of salbutamol to nonventilated preterm infants by metered dose inhaler, jet nebulizer, and ultrasonic nebulizer. *Eur Respir J* 1998;12:159-164.

93.- Tal A, Golan H, Grauner N, Aviram M, Albin D, Quastel MR. Deposition patter 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.

94.- 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;123:2083-88.

95.- Janssens HM, Heijnen EMEW, de Jong VM, Hop WCJ, Holland WPJ, de Jongste JC, Tiddens HAWM. Aerosol delivery from spacers in wheezy infants:a daily life study. *Eur Respir J* 2000;16:850-6.

96.- Esposito-Festen JE, Ates B, van Vliet F, Hop W, Tiddens H. Aerosol delivery to young children by pMDI spacer: is facemask desing important?. *Pediatr Allergy Immunol* 2005;16:348-353.

97.- Janssens HM, van der Wiel EC, Verbraak AF, de Jongste JC, Merkens PJ, Tiddens HA. Aerosol therapy and the fighting toddler: is administration during sleep an alternative?. *J Aerosol Med* 2003;16:395-400.

98.- Murakami G, Igarashi T, Adachi Y , Matsuno M, Adachi Y, Sawai M et al. Measurement of bronchial hyperreactivity in infants and preschool children using a new method. *Ann Allergy* 1990;64:383-387.

99.- Esposito-Festen J, Ijsselstijn H, Hop W, van Vliet F, de Jongste J, Tiddens H. Tratamiento con aerosol mediante inhalador dotado con dosímetro presurizado y cámara espaciadora de niños pequeños durante el sueño. ¿Dar o no dar?. *Chest* 2006;130:487-492.

100.- Esposito-Festen JE, Ates B, van Vliet F, Verbraak AF, de Jongste JC, Tiddens HA. Effect of a facemasck leak on aerosol delivery from a pMDI spacer system. *J Aersol Med* 2004;17:1-6.

101.- Shah SA, Berlinski AB, Rubin BK. Force dependent static dead space of face masks used with holding chambers. *Respir Care* 2006;51:140-4.

- 102.-** Agertoft L, Pedersen S. Influence of spacer device on drug delivery to young children with asthma. *Arch Dis Child* 1994;71:217-220.
- 103.-** Liljas B, Bisgaard H. The economic impact of the use of different inhalation devices in childhood asthma. *British J Medical Economics* 1997;11:113-119.
- 104.-** Blake K, Mehta R, Spencer T, Kunka RL y Hendeles L. Bioavailability of inhaled fluticasone propionate via chambers/masks in young children. *Eur Respir J* 2012;39:97-103
- 105.-** Schultz A, Sly PD, Zhang G, Venter A, le Souëf PN, Devadason SG. Incentive device improves spacer technique but not clinical outcome in preschool children asthma. *J Paediatr Child Health* 2012;48:52-56.
- 106.-** Elmallah MK, Khan Y, Hochhaus G, Shuster JJ, Hendeles L. Systemic exposure to fluticasone MDI delivered through antistatic chamber. *J Allergy Clin Immunol* 2011;128:1113-1115.
- 107.-** Hatley RHM, von Hollen D, Sandell D, and Slator L. In vitro characterization of the OptiChamber Diamond valved holding chamber. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv.* 2014;27:S-24-S-36.
- 108.-** Schultz A, Le Souëf TJ, BSc B, Venter A, Zhang G, Devadason SG, Le Souëf PN. Aerosol Inhalation From Spacers and Valved Holding Chambers Requires Few Tidal Breaths for Children. *Pediatrics* 2010;126:e1493-e1498
- 109.-** Ditcham W, Murdzoska J, Zhang G, Roller C, von Hollen D, Nikander K, and Devadason S. Lung deposition of 99mTc-radiolabeled albuterol delivered through a pressurized metered dose inhaler and spacer with facemask or mouthpiece in children with asthma. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv.* 2014;27:S-63-S-75.
- 110.-** Fahimi F, Kobarfard F, Salamzadeh J, Fakharian A, Abdolahi P, Talasaz AZ, et al. The Bioavailability of Salbutamol in Urine via Volumatic and Nonvolumatic Valved Holding Chambers. *WAO J* 2011;4:179-183
- 111.-** Slator L, von Hollen D, Sandell D, and Hatley RHM. In vitro comparison of the effect of inhalation delay and flow rate on the emitted dose from 3 valved holding chambers. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv.* 2014;27:S-37-S-43.
- 112.-** Vázquez Cordero C, Correa Sánchez M, Moli-nuevo Alvaro J. Comparación del tratamiento con salbutamol mediante volumatic vs nebulizador en niños con ataque agudo de asma. *An Esp Pediatr* 1992;36:359-362.
- 113.-** Closa RM, Maixe Ceballos J, Gómez-Papí A, Sánchez Galiana A, Gutiérrez C, Martí-Henneber C. Efficacy of bronchodilators administered by nebulizers versus spacer devices in infants with acute wheezing. *Pediatr Pulmonol* 1998;26:344-8.
- 114.-** Leversha AM, Campanella SG, Aickin RP, Asher MI. Cost and effectiveness of spacer versus nebulizer in young children with moderate and severe acute asthma. *J Pediatr* 2000;136:497-502.
- 115.-** Mandelberg A, Tsehorí S, Hourí S, Gilad E, Morag B, Priel IE. Is nebulized aerosol treatment necessary in the pediatrics emergency department?. Comparison with a metal spacer device for metered dose inhaler. *Chest* 2000;117:1309-1313
- 116.-** Delgado A, Chou KJ, Silver EJ, Crain EF. Nebulizers vs metered dose inhaler with spacers for bronchodilator therapy to treat wheezing in children aged 2 to 24 months in a pediatric emergency department. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2003; 157:76-80.
- 117.-** Tien I, Dorfman D, Kastner B, Bauchner H. Metered dose inhaler. The emergency department orphan. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2001;155:1335-1339.
- 118.-** Scarfone RJ, Caprano 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;156:378-383.
- 119.-** Cates CJ, Crilly JA, Rowe BH. Cámaras espaciadoras versus nebulizadores para el tratamiento del asma aguda con betaagonistas (Revision Cochrane traducida). EN: La Biblioteca Cochrane Plus 2007 Número 1. Oxford: Update software Ltd. Disponible en: <http://www.update-software.com>. (Traducida de The Cochrane Library, 2007 Issue 1. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd).
- 120.-** Cates CJ, Welsh EJ, Rowe BH. Holding chambers (spacers) versus nebulisers for beta-agonist treatment of acute asthma. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2013, Issue 9. Art. No.: CD000052. DOI:10.1002/14651858.CD000052.pub3.
- 121.-** Cates CJ, Bestall J, Adams N. Cámaras espaciadoras versus nebulizadores para los esteroides inhalados en el asma crónica. (Revision Cochrane traducida). EN: La Biblioteca Cochrane Plus 2007 Número 1. Oxford: Update software Ltd. Disponible en: <http://www.update-software.com>. (Traducida de The Cochrane Library, 2007 Issue 1. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd).
- 122.-** Bisgaard H, Nikander K, Munich E. Comparative study of budesonide as a nebulized suspension vs pressurized metered dose inhaler in adult asthmatics. *Respiratory Medicine* 1998;92:44-9.
- 123.-** O'Reilly JF, Weir DC, Banham S, Basran GS, Boyd G, Patel KR. Is high dose fluticasone propionate via metered dose inhaler and volumatic as efficacious as nebulized budesonide in adult asthmatic?. *Respiratory Medicine* 1998;92:111-7.
- 124.-** Iqbal S, Ritson S, Prince I, Denyer J, Everad M. Drug delivery and adherence in young children. *Pediatric Pulmonology* 2004 ;37:311-7
- 125.-** Salyer WJ, DiBlasi RM, Crotwell DN, Cowan CA, Carter ER. The Conversion to Metered-Dose Inhaler With Valved Holding Chamber to Administer Inhaled Albuterol: A Pediatric Hospital Experience. *Resp Care* 2008;53:338-345.
- 126.-** Rabke KF, Vermeire PA, Soriano JB, Maier WC. Clinical management of asthma in 1999. The asthma insight, and reality in Europe (AIRE) study. *Eur Respir J* 2000;16:802-7.

127.- Bauman LJ, Wright E, Leickly FE, Crain E, Kruszon-Moran D, Wade SL et al. Relationship of adherence to pediatric asthma morbidity among inner city children. *Pediatrics* 2002;110:321-8.

128.- Milgron H, Bender B, Ackerson L, Bowry P, Smith B, Rand C. Non-compliance and treatment failure in children with asthma. *J Allergy Clin Immunol* 1996; 98 (6pt I):1051-7.

129.- Cochrane MG, Bala MV, Downs KE, Mauskopf J, Ben-Joseph RH. Inhaled corticosteroid for asthma therapy. Patient compliance, devices, and inhalation technique. *Chest* 2000 ;117 :542-550.

130.- Cotts GA, Gibson NA, Paton JY. Measuring compliance with inhaled medication in asthma. *Arch Dis Child* 1992;67:332-3.

131.- Bender B, Wamboldt FS, O'Connell SL, Rand C, Szeffler S, Milgron H et al. Measurement of children asthma medication adherence by self report, mother report, canister weight, and doser CR. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2000;85:416-21.

132.- Vázquez Cordero C. Adherencia al tratamiento de mantenimiento en el asma. IV Curso para educadores en Asma. Tenerife 2007. p. 13-18.

133.- Dolovich M, Dhand R. Aerosol drug delivery: developments in device design and clinical use. *Lancet*. 2011; 377:1032-1045.

134.- Grupo de trabajo Guía de desinfección y esterilización en Atención Primaria de Asturias. Guía Técnica: Limpieza, desinfección, esterilización. Atención Primaria. 2011. Servicio de Salud del Principado de Asturias. [Consultada 29/enero/2014] Disponible en: http://www.asturias.es/Astursalud/Articulos/AS_SESPA/AS_Gestion%20Clinica/AS_Seguridad%20Paciente/PDF%20LIMPIEZA.pdf. Consultado 13 septiembre 2014

135.- Ontario Provincial Infectious Diseases Advisory Committee (PIDAC). Best Practice Guidelines for Cleaning, Disinfection and Sterilization of Critical and Semi-Critical Medical Devices. 2007. Canada. (Actualizada en diciembre de 2011) [Consultada 29/enero/2014] disponible en: <http://www.health.gov.bc.ca/library/publications/year/2011/Best-practice-guidelinescleaning.pdf>. Consultado 13 septiembre 2014