

UNA GUIA DE DISPOSITIVOS PARA AEROSOLTERAPIA

Dean R Hess PhD RRT FAARC

Timothy Myers BS RRT-NPS

Joseph L Rau PhD RRT FAARC

Con un Prólogo de

Sam Giordano, Director Ejecutivo

American Association for Respiratory Care

Grupo de traducción al español

Gustavo Olguin PT, TRC, MHA. AARC International Fellow, Argentina

Jose Landeros, PT, TRC, AARC International Fellow, Chile

Gerardo Ferrero, PT, AARC International Fellow, Argentina

Alejandro Middley, PT, AARC International Fellow, Argentina

Horacio Abbona, PT, AARC International Fellow, Argentina

Daniel Arellano, PT, TRC, AARC International Fellow, Chile

Producido en colaboración con la Asociación Americana de Cuidados Respiratorios



Amparado por una subvención educacional de Respironics Inc.



La aerosolterapia es tanto un arte como una ciencia. Y para los terapeutas respiratorios, que son los expertos en aerosolterapia, los términos "ciencia" y "arte" son tomados en un significado práctico. Los terapeutas respiratorios son los únicos profesionales de la salud que reciben una extensa educación formal en aerosolterapia y quienes además son examinados en su capacidad en esta terapia. De hecho, la administración de las drogas prescritas para los pulmones es un componente importante de la práctica para todos los terapeutas respiratorios. Los terapeutas respiratorios son los expertos cuando llevan el arte y la ciencia a la aerosolterapia.

¿Cómo se combina el arte con ciencia en el contexto de la terapia de aerosol? La "ciencia" incluye farmacología, anatomía y fisiología cardiopulmonar, física, y matemáticas. Para demostrar maestría en terapia de aerosol y optimizar sus numerosas aplicaciones, uno debe tener una comprensión cuidadosa de la formulación de la droga, conocer su modo de acción, y comprender las condiciones en donde es eficaz.

Uno debe también saber las contraindicaciones para evitar daño y para influenciar en las decisiones relacionadas con el uso eficaz de los aerosoles. Las mismas 5 reglas que se aplican a toda entrega de medicación, se aplican también en la aerosolterapia: el paciente adecuado, la medicación correcta, tiempo correcto, la ruta apropiada, y la dosis correcta.

Para la aerosolterapia, la dosis correcta es técnica-dependiente. Uno puede seleccionar la droga adecuada y fallar en administrar la dosis correcta porque la medicación no fue entregada usando la técnica correcta. Aquí es donde el "arte" entra en el juego. Hay amplia evidencia científica sobre el uso ineficaz de aerosoles cuando son auto – administrados, porque el paciente carece de conocimiento sobre la técnica apropiada. La aerosolterapia no es una intervención clínica de "coloco y me olvido". Muchos pacientes se benefician con la aerosolterapia, especialmente en los hospitales, porque es administrado por terapeutas respiratorios. Millones de otros pacientes, sin embargo, no reciben el óptimo beneficio (o a veces algo) de sus inhaladores de dosis medida prescritos, inhaladores de polvo seco, y / o simplemente nebulizadores porque no están adecuadamente entrenados para utilizarlos.

Hay una línea crítica donde la ciencia se cruza con el arte. Para que la aerosolterapia sea eficaz, el sistema apropiado para la entrega de la medicación debe coincidir con la capacidad del paciente para utilizarlo correctamente. El arte de la terapia con aerosol se presenta de hecho desde la ciencia. Primero, debemos identificar la medicación apropiada, basada en diagnóstico médico. Después, debemos determinar la capacidad del paciente para utilizar correctamente el dispositivo de entrega de aerosol. Esta evaluación debe ser hecha por un terapeuta respiratorio, pero también puede ser realizada por un médico o por enfermeras que interactúan con el paciente. Esta evaluación no debe estar limitada a la función respiratoria ya que otros factores también contribuyen al uso eficaz de los sistemas de entrega de aerosol.

Por ejemplo, a todos los pacientes se les prescriben la medicación inhalada apropiada pero no siempre recibe la dosis prescrita porque el paciente no puede utilizar el dispositivo de entrega apropiadamente.

Mientras que los terapeutas respiratorios son los más capacitados para demostrar un completo y correcto conocimiento de los dispositivos de entrega de aerosol, esto sigue siendo un aspecto para mejorar. Puesto que la aerosolterapia es integral a nuestro propósito en la práctica, y porque nos consideran los expertos en esta área, tenemos una obligación profesional de continuar nuestro aprendizaje en esta área. Los terapeutas respiratorios tienen una oportunidad de reforzar su importancia como profesional poniendo al día su conocimiento de los sistemas de entrega de aerosol y combinando este conocimiento con la evaluación eficaz de los pacientes que requieren esta terapia. Parte de esta evaluación es recomendar un apropiado sistema de entrega adaptado específicamente a las habilidades del paciente.

Este cuadernillo proporciona información detallada y comprensible que, combinado con su dedicación y el compromiso a ser expertos profesionales en esta área importante, lo autorizará para proporcionar una guía tanto al médico, enfermera, y farmacéutico, pero lo más importante para sus pacientes.

Con una amplia selección de medicaciones inhaladas eficaces y con mil millones de dólares gastados en medicaciones para aerosolterapia, usted puede tener un impacto profundo a través de un apropiado equilibrio entre las medicaciones y el dispositivo de entrega a sus pacientes. Usted no sólo mejorará la condición del paciente, sino también contribuirá a un uso más rentable de los recursos de sistema del cuidado de la salud.

Aquí está su oportunidad de mejorar su maestría en esta área. Acepte el desafío y percátese de su potencial como terapeuta respiratorio.

Sam Giordano, MBA, RRT, FAARC
Director Ejecutivo
Asociación Americana de Cuidados Respiratorios

Educación Continua en Cuidados Respiratorios (CRCE)

Como parte de sus beneficios de su membresía en la Asociación Americana de Cuidados Respiratorios...

- Se le provee a usted con oportunidades de educación continua;
- Realiza un seguimiento de todas las horas CRCE que usted gana en los programas CRCE aprobados; y
- Le permite a usted imprimir online una transcripción de sus registros de CRCE

Estos servicios están disponible para usted las 24 horas al día, los 7 días a la semana en la página web (www.AARC.org).

Los procedimientos del simposio contenido en éste libro están aprobados para 4 horas CRCE, y por ser miembro de la AARC, no hay cargos para usted. Para conseguir esas horas CRCE, por favor diríjase a la página de la AARC:

http://www.AARC.org/aerosol_delivery

Más instrucciones le serán dadas en esa página web, incluyendo...

- Cómo se debe registrar para tomar un examen que evaluará su maestría en los objetivos del curso
- Como actualizar su dirección electrónica para que la confirmación de su registración le sea enviada

Objetivos de Aprendizaje

Se espera que al leer este material usted aprenda lo siguiente

1. Determinar una apropiada cantidad de aerosol depositado en la vía aérea baja a través de nebulizadores, inhaladores de dosis medida e inhaladores de polvo seco.
2. Enumerar las ventajas y desventajas de la inhalación comparada con otras rutas de administración de drogas
3. Comparar el principio de operación de un nebulizador jet, nebulizador de malla y nebulizador ultrasónico
4. Describir los métodos que son usados para disminuir la pérdida de aerosol de un nebulizador durante la espiración
5. Enumerar las ventajas y desventajas de los nebulizadores para la aerosolterapia
6. Describir los componentes básicos de un inhalador de dosis medida
7. Enumerar las ventajas y desventajas de los inhaladores de dosis medida
8. Comparar los propelentes HFA y CFC en los inhaladores de dosis medida
9. Explicar la importancia de la preparación y el seguimiento del número de dosis para un inhalador de dosis medida
10. Comparar el diseño de las aerocámaras y de los espaciadores
11. Describir los factores que afectan la dosis entregada por una aerocámara
12. Enumerar las ventajas y desventajas de los inhaladores de polvo seco
13. Describir el principio de operación de varios inhaladores de polvo seco comercialmente disponibles
14. Enumerar los pasos correctos para el uso de los nebulizadores, inhaladores de dosis medida e inhaladores de dosis medida con aerocámara y espaciador e inhaladores de polvo seco
15. Describir la técnica correcta para limpiar los dispositivos de entrega de aerosoles
16. Tener criterios para asistir a los médicos en la selección de un dispositivo de entrega de aerosoles
17. Enumerar los problemas habituales y errores con cada tipo de inhalador

Tabla De Contenidos

PRÓLOGO	2
LA CIENCIA DE LA ENTREGA DE DROGA EN AEROSOL	5
Tipos de inhaladores de aerosol	
Terminología	
A donde van las drogas en aerosol inhaladas?	
Tipos equivalencias en dispositivos de aerosol	
Ventajas y desventajas con las drogas en aerosol inhaladas	
Mecanismos de deposición del aerosol y tamaños de partículas	
Formulaciones de drogas en aerosoles habituales y disponibles	
Guías por edad para el uso de dispositivos de aerosol	
NEBULIZADORES DE PEQUEÑO VOLUMEN.....	12
Nebulizadores jet neumáticos	
Diseños para disminuir la pérdida de aerosol durante la exhalación	
Nebulizadores de malla	
Nebulizadores ultrasónicos	
Nebulizadores para aplicaciones específicas	
Entrega de aerosol continua	
Limpieza y desinfección de los nebulizadores	
INHALADORES DE DOSIS MEDIDA	23
Propelentes	
Preparación del IDM para su uso	
Técnica apropiada	
Limpieza del IDM	
Contador de dosis	
IDM accionado por respiración	
INHALADORES DE DOSIS MEDIDA ACCESORIOS Y DISPOSITIVOS	32
Espaciadores	
Aerocámaras valvuladas	
Técnica y entrega de droga	
Cuidados y limpieza	
INHALADORES DE POLVO SECO	36
Principio de operación	
Formulaciones y diseños de IPS actualmente disponibles	
Las mayores limitaciones de los IPS	
Uso correcto de un IPS	
CRITERIO DE SELECCIÓN DE UN DISPOSITIVO DE ENTREGA DE AEROSOL	43
EDUCACIÓN DEL PACIENTE EN EL CORRECTO USO DE UN DISPOSITIVO	45
Adherencia del paciente	
Errores comunes de los pacientes con los IDM	
Errores comunes de los pacientes con las cámaras y espaciadores	
Errores comunes de los pacientes con los IPS	
Errores comunes de los pacientes con los nebulizadores de pequeño volumen	
Instrucción y evaluación del paciente en el uso de los dispositivos de inhalación	
RESUMEN	51
REFERENCIAS	52
LECTURA ADICIONAL	54

La Ciencia de la Administración de Medicamentos en Aerosol

Tipos de Inhaladores de Aerosol

Existen 3 tipos comunes de generadores de aerosol para la administración de medicamentos inhalados: los nebulizadores de pequeño volumen (NPV), los inhaladores de dosis medida (IDM) y los inhaladores de polvo seco (IPS). Debido a la gran pérdida de medicamento en la orofaringe y los problemas en la coordinación mano-ventilación, las aerocámaras y espaciadores son usados a menudo como equipos auxiliares con un IDM.

Terminología

En la práctica diaria el término “aerosol” denota el uso de un nebulizador, mientras que el término inhalador, hace referencia un IDM, con o sin aerocámara o espaciador. En un contexto correcto, los 3 aparatos son inhaladores de aerosol. Un aerosol es una suspensión de líquido (nebulizador o IDM) o de partículas sólidas (IDM, IPS) en un gas transportador y no necesariamente un atomizador líquido solamente. Sugerimos que se utilice la terminología correcta, como “nebulizador” o “inhalador de dosis medida” o “inhalador de polvo seco” cuando nos referimos al sistema o a un equipo de entrega de aerosol. El término “aerosol” debe ser utilizado para referirse a la nube de partículas producidas por el generador de aerosol.

¿Dónde va el aerosol inhalado?

El depósito pulmonar es de un 10-20% para la mayoría de los sistemas de aerosol.¹⁻⁴ Por ejemplo, de 200 microgramos (μg) de albuterol en dos activaciones o puffs de un IDM, sólo cerca de 20-40 μg alcanzan a llegar a nivel pulmonar con la técnica correcta. El resto de la droga se pierde en la orofaringe, en el equipo, durante la espiración y en el ambiente. La figura 1 muestra el depósito para diferentes sistemas de aerosol, mostrando la pérdida en la orofaringe, en el equipo, la espiración y en el ambiente, mientras que el depósito pulmonar es similar para todos ellos.

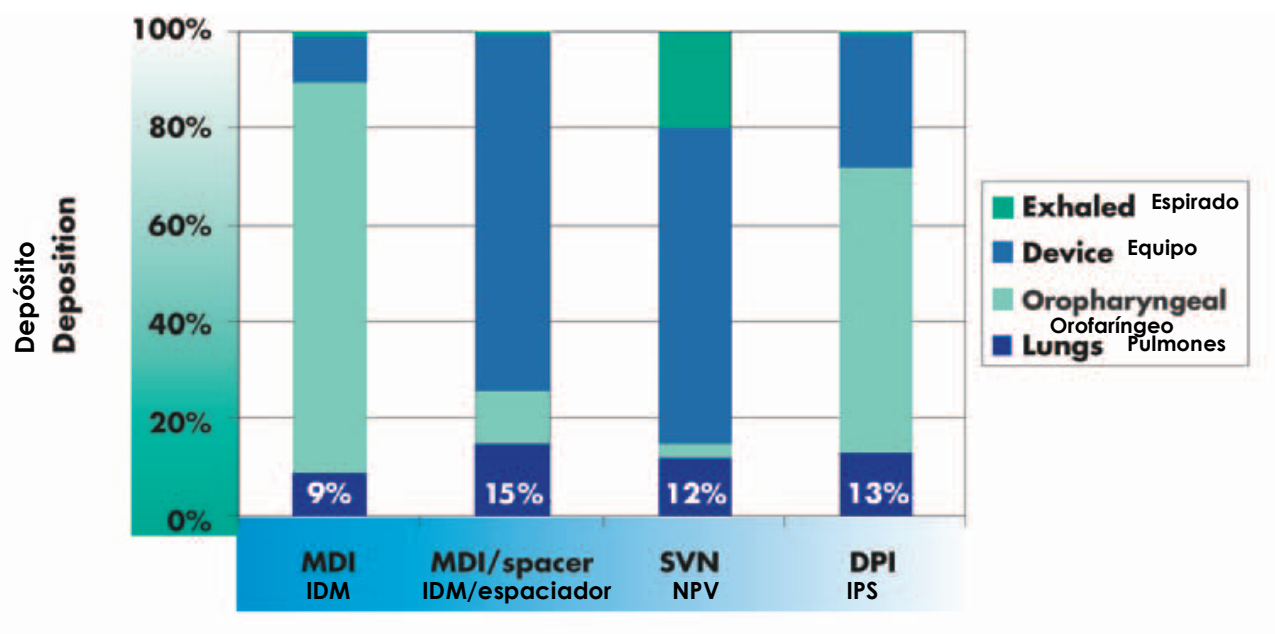


Figura 1. Depósito de la droga con 3 inhaladores de uso común, incluyendo un IDM con espaciador, mostrando un depósito pulmonar similar con una pérdida variable en la orofaringe, el equipo y la espiración. IDM – inhalador de dosis medida; NPV – nebulizador de pequeño volumen; IPS – inhalador de polvo seco (Modificado, con permiso, de Respir Care 2005; 50(3):367-382).

Es importante notar que diferentes tipos de aerosol depositan aproximadamente la misma fracción de la dosis total -también denominada dosis “nominal”- a nivel pulmonar. Sin embargo, diferentes tipos de aerosol, por ejemplo, un nebulizador y un IDM, no tienen la misma dosis nominal. Usando el albuterol como ejemplo, la dosis nominal típica de un IDM es de 2 activaciones, o alrededor de 200 µg, mientras que la dosis nominal típica para el nebulizador es de 2.5 mg, 12 veces más droga. Si el mismo porcentaje alcanza a los pulmones, y el IDM tiene una dosis nominal menor que el nebulizador, se deposita más droga a nivel pulmonar con el nebulizador. La tabla 1 enumera las dosis nominales para los IDM y los nebulizadores para algunas drogas, mostrando sus diferencias.

Tabla 1. Diferencia en la dosis nominal (total) entre un inhalador de dosis medida (IDM) y un nebulizador de pequeño volumen (NPV) para algunas formulaciones de medicamentos.

DROGA	DOSIS NOMINAL IDM	DOSIS NOMINAL NPV
Albuterol	0,2 mg (200 mg)	2,5 mg
Ipratropio	0,04 mg (49 mg)	0,5 mg
Cromolin	2 mg	20 mg

Equivalencia de los Tipos de Equipos de Aerosol

Clínicamente, a menudo se piensa que los nebulizadores son más efectivos que los IDM, especialmente para broncodilatadores de acción corta, durante las exacerbaciones de las enfermedades de obstrucción del flujo aéreo. Varios estudios han establecido que *cada equipo puede ser igualmente efectivo*, si la dosis nominal menor con un IDM es compensada incrementando el número de activaciones (puffs) a una dosis pulmonar equivalente.

En la figura 2 se muestra que la dosis menor del IDM puede lograr el mismo efecto clínico que los nebulizadores de dosis alta, mediante un incremento en el número de puffs del IDM.⁵ Otros estudios han mostrado resultados clínicos equivalentes sin importar si se utiliza un IDM, un nebulizador o un DPI, *después de demostrar que el paciente puede utilizar correctamente el equipo de aerosol*.⁶ Para los broncodilatadores, la misma respuesta clínica es obtenida a menudo con la dosis normal de IDM o de la nebulización, a pesar de la dosis nominal mayor que presenta el nebulizador.

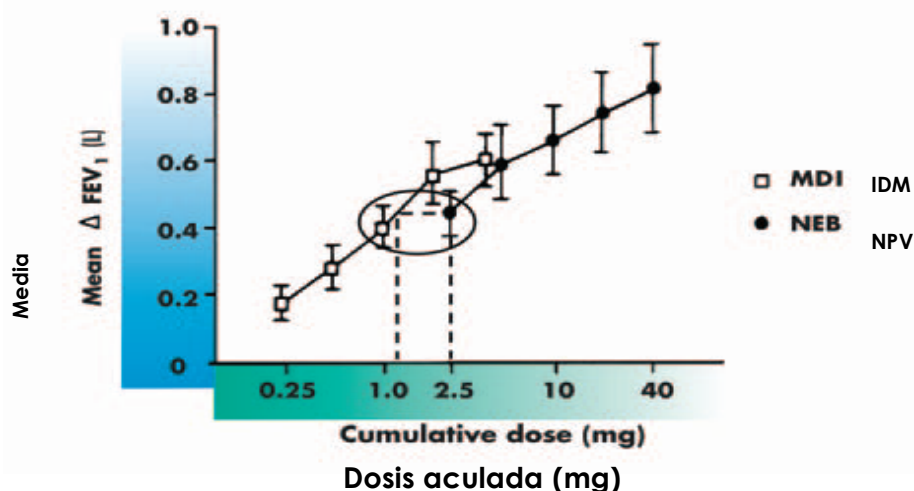


Figura 2. Cambio promedio en el VEF₁ versus la dosis acumulada de un IDM y un nebulizador. Cinco puffs del IDM (1.25 mg) de terbutalina entregan un efecto equivalente a la dosis habitual de 2.5 mg del nebulizador. (De la referencia 5, con autorización.)

Los nuevos equipos de aerosol y las nuevas formulaciones de las drogas están aumentando la eficiencia del depósito pulmonar, comparándolos con los equipos tradicionalmente utilizados. Por ejemplo, el depósito pulmonar para el dipropionato de beclometasona-HFA se encuentra en un rango entre el 40% y el 50% de la dosis nominal usando un IDM con hidrofluoroalcano (HFA) como propelente, en reemplazo del antiguo clorofluorocarbono (CFC). Equipos experimentales como el nebulizador Respimat y el IPS Spiros también muestran depósitos pulmonares del 40 % o más.

Ventajas y Desventajas de las Drogas Inhaladas

Existen algunas ventajas de las drogas inhaladas para el tratamiento de las enfermedades pulmonares (Tabla 2), pero también existen algunas desventajas para el uso de la entrega del aerosol inhalado y los clínicos deben estar al tanto de este

fenómeno, incluyendo la fracción de depósito pulmonar relativamente baja para todos los equipos de administración de aerosol.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de la vía de administración de los medicamentos aerosolizados inhalados en el tratamiento de las enfermedades pulmonares. IDM-inhalador de dosis medida; NPV-nebulizador de pequeño volumen; HPA-hipotalámico-pituitario-adrenérgico

Ventajas

Las dosis de aerosol son, por lo general, menores que las dosis sistémicas; por ejemplo, para el albuterol oral la dosis es de 0,2 mg (IDM) a 2,5 mg (NPV).

El inicio del efecto con las drogas inhaladas es más rápido que por la vía oral; por ejemplo, el albuterol por vía oral demora ≤ 30 minutos; el albuterol inhalado alrededor de 5 minutos.

La droga se administra directamente al órgano blanco (los pulmones), con una exposición sistémica mínima.

Los efectos sistémicos secundarios son menos frecuentes y severos con las inhalaciones que con la administración sistémica (endovenosa, oral); por ejemplo, temblores musculares, taquicardia con los beta dos agonistas; menor supresión del eje HPA con los corticoesteroides.

La terapia inhalatoria es menos dolorosa y relativamente más confortable.

Desventajas

El depósito pulmonar es relativamente menor del total de la dosis de aerosol.

Cierto número de variables (patrón respiratorio correcto, uso del equipo) pueden afectar el depósito pulmonar y la reproductibilidad de la droga.

Existe dificultad para coordinar la activación y la inhalación con los IDM.

Existe una falta de conocimiento del uso correcto u óptimo de los equipos de aerosol por parte de los pacientes y personal de la salud.

El número y la variabilidad de los equipos confunden a los pacientes y a los clínicos.

Existe una falta de información técnica de los inhaladores para los clínicos.

La ventaja primaria es tratar directamente al pulmón con menos dosis, resultando en menores efectos secundarios que la vía oral.⁷ Como se ve en la Figura 3, la inhalación de terbutalina, un beta dos-agonista de acción corta, de un IDM da como resultado un mejor flujo aéreo que con una gran dosis oral, o aún, que la dosis administrada por vía subcutánea.

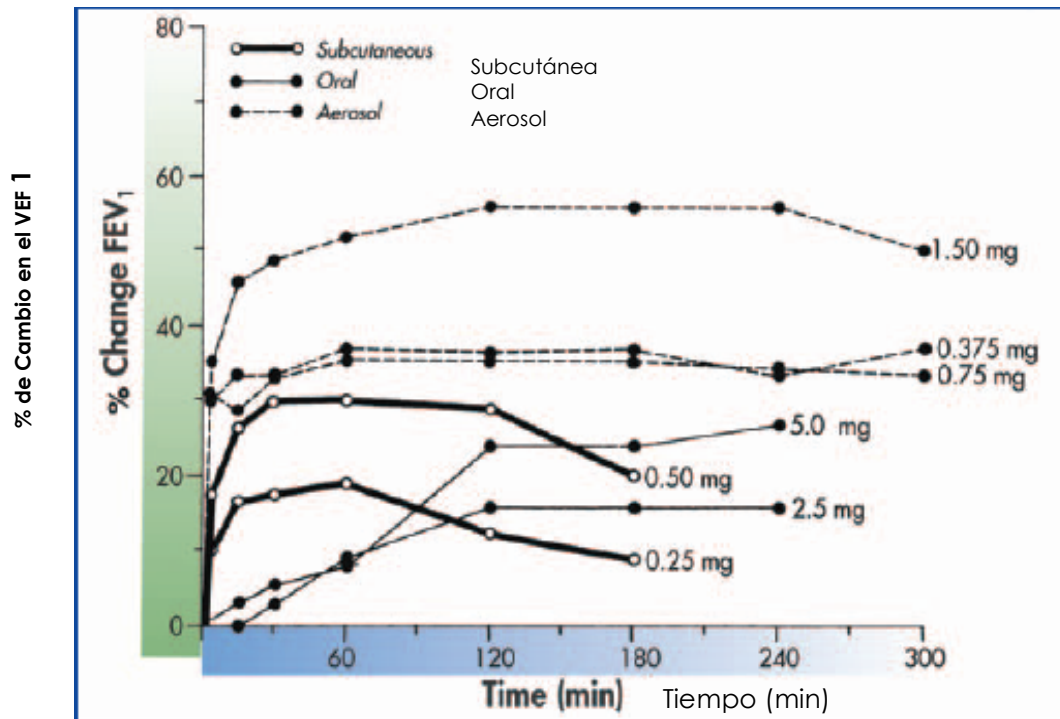


Figura 3. Cambios en el VEF₁ para tres vías de administración diferentes con terbutalina. El mayor efecto clínico fue observado con la droga entregada como aerosol inhalado de un IDM, comparado con dosis similares o mayores administradas por vía oral o por vía inyección subcutánea. (De la referencia 7, con autorización.)

Mecanismos de Depósito de Aerosol y el Tamaño de las Partículas

Hay tres mecanismos habitualmente citados por los cuales se deposita una partícula en aerosol: impactación inercial, caída gravitacional (sedimentación) y difusión. La *impactación inercial* ocurre con las partículas más grandes y veloces. La *caída gravitacional* es una función del tamaño particular y del tiempo, con una tasa de asentamiento proporcional al tamaño de la partícula. La *Difusión* ocurre con las partículas más pequeñas que 1 μm . Estos mecanismos entran en juego como partículas de aerosol y son inhalados oralmente o a través de la nariz. Las partículas $> 10 \mu\text{m}$ son filtradas por la nariz y/o la orofaringe, debido lo más probablemente a una impactación inercial; las partículas entre 5-10 μm generalmente alcanzan la generación proximal del tracto respiratorio inferior y las partículas de 1-5 μm alcanzan la periferia pulmonar (Fig. 4).⁸

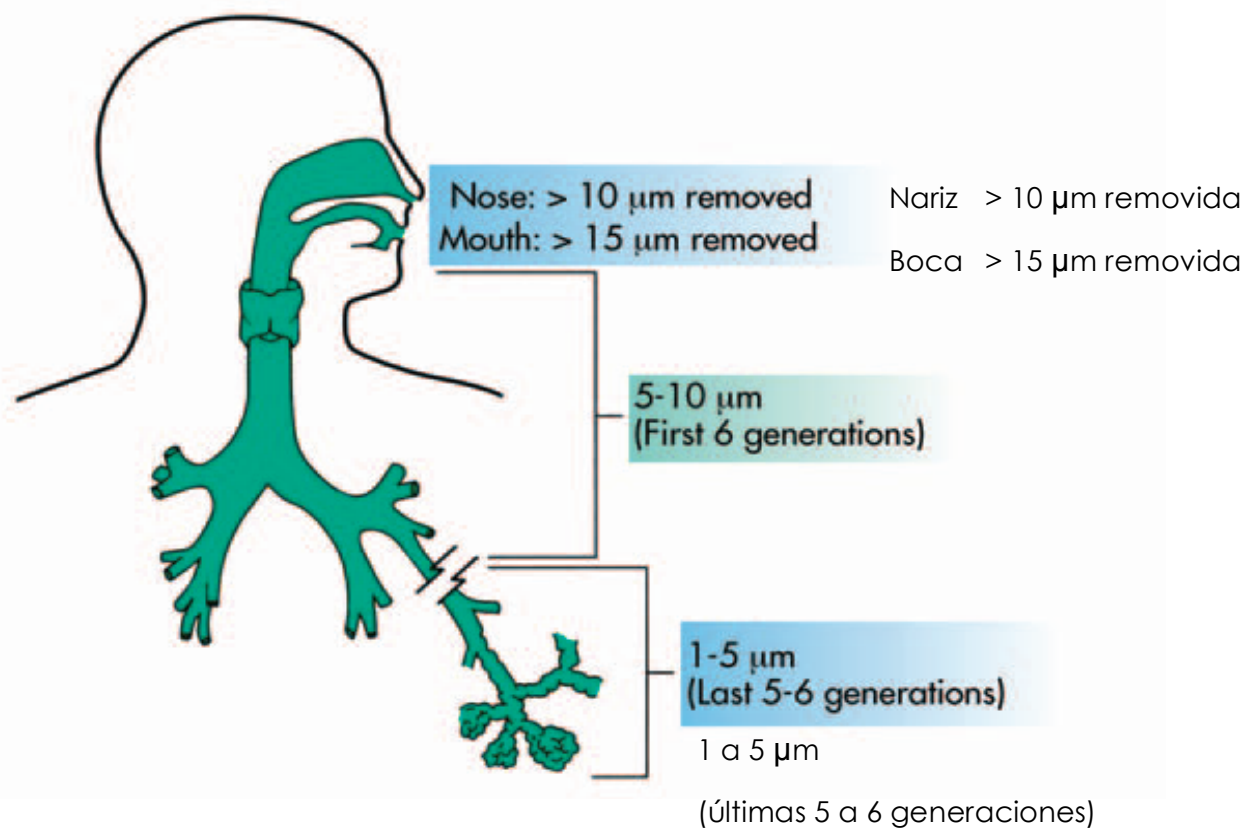


Figura 4. Una vista simplificada del efecto del tamaño de la partícula aerosolizada en el sitio preferente de depósito en las vías aéreas (De la referencia 8, con autorización.)

El tamaño de las partículas juega un importante papel en el depósito pulmonar, junto con la velocidad de la partícula y el tiempo de sedimentación.⁹ A medida que el tamaño de la partícula aumenta por encima de 3 µm, ocurre un cambio en el depósito del aerosol que se traslada desde la periferia hacia la vía aérea de conducción. Si la partícula aumenta su tamaño por encima de 6 µm, se incrementa el depósito orofaríngeo. La pérdida durante la espiración es elevada con partículas de tamaño igual o inferior a 1 µm. Esta información apoya el punto de vista que las partículas de tamaño comprendido entre 1-5 µm son las que logran alcanzar la periferia pulmonar, mientras que partículas de 5-10 µm, se depositan preferentemente en la vía aérea de conducción.

Los equipos de aerosol utilizados en la clínica producen partículas *heterodispersas* (también llamadas *polidispersas*), lo que significa que existe una mezcla de tamaños en el aerosol. En contraste, los aerosoles *monodispersos*, consisten de un solo tamaño particular. Una medición que puede ser útil para describir un aerosol es el *diámetro de masa mediano* (DMM), el cual se define como el tamaño de la partícula (en µm) por encima y por debajo del cual se encuentra el 50 % de la masa de partículas. Este es el tamaño particular que, eventualmente, divide la masa o cantidad de la droga en la distribución del tamaño de las partículas. Esto, usualmente, se conoce como el diámetro de masa mediana aerodinámico, o DMMA, debido a la manera como se miden los tamaños de las partículas. A mayor DMMA, más tamaños particulares corresponden a diámetros mayores.

Formulaciones Actualmente Disponibles de Aerosol

Algunas drogas aerosolizadas están disponibles en más de una formulación y otras están disponibles en una sola (a menudo se trata de drogas nuevas). La tabla 3 enumera una lista de drogas actuales y los equipos aprobados por la FDA para su administración. Como los propelentes de CFC usados en los IDM son ahora obsoletos, algunos medicamentos más antiguos están realizando la transición a los nuevos IDM con HFA como propelente. Los nuevos medicamentos aerosolizados están siendo formulados como IDM-HFA (por ejemplo, IDM de levoalbuterol), o más comúnmente, los IPS (por ejemplo, formoterol, tiotropio, mometasona).

Guías de Edad para la Utilización de Equipos de Aerosol

En el año 1997, las guías del Programa Nacional de Educación y Prevención del Asma (NAEPP) recomendaron las edades límites para la utilización efectiva de los diferentes equipos de administración de aerosol.¹⁰

Estas recomendaciones se muestran en la Tabla 4. Dichas guías son sugerencias generales, y toman en cuenta la madurez y coordinación esperadas para una edad determinada. El uso de un equipo de aerosol, para pacientes de cualquier edad, necesita ser evaluado apropiadamente para que se realice la técnica correcta y que ésta se adapte a las habilidades del paciente para utilizar correctamente el equipo.

Tabla 4. Guías de acuerdo a la edad para el uso de los diferentes equipos de administración de aerosol. Basado en las guías de la NAEPP.¹⁰

Sistema de Aerosol	Edad
Nebulizador de Pequeño volumen	≤ 2 años
Inhalador de Dosis Medida	> 5 años
IDM con espaciador/aerocámara	> 4 años
IDM con espaciador/aerocámara y máscara	≤ 4 años
IDM activado por la respiración (ej., Autohaler)	> 5 años
Inhalador de Polvo Seco	≥ 5 años

NEBULIZADORES DE PEQUEÑO VOLUMEN (NPV)

Los Nebulizadores convierten soluciones o suspensiones en aerosoles de un tamaño tal que éstos puedan ser inhalados y depositados en la zona respiratoria más baja. Los nebulizadores neumáticos o también llamados jets, son la más vieja forma de generadores del aerosol, y su diseño y funcionamiento básicos no han cambiado demasiado en los últimos 30 años.

Los nebulizadores ultrasónicos, han estado disponibles por muchos años pero no son de uso corriente para la entrega de droga inhalada, éstos utilizan la electricidad para convertir un líquido en gotitas respirables. La más nueva generación de nebulizadores utiliza tecnología de acoplamiento.

Las ventajas y desventajas generales en uso de los NPV se enumeran en la tabla 5.

Tabla 5. Ventajas y desventajas de los nebulizadores de pequeño volumen (NPV)

VENTAJAS

Capacidad de aerosolizar muchas drogas en solución.

Capacidad de aerosolizar mezclas de drogas (>1 droga), si las drogas son compatibles

Pueden ser utilizados con patrón respiratorio normal.

Útiles en todo tipo de pacientes, a cualquier edad, debilitados, o distresados.

No se requiere una pausa inspiratoria para mejorar la eficacia

Es posible modificar las concentraciones de las drogas

DESVENTAJAS

Los tiempos del tratamiento con los nebulizadores neumáticos son muy largos

El equipo requerido puede ser grande e incómodo

Necesidad de fuente de energía (electricidad, batería, gas comprimido)

Variabilidad en características de funcionamiento entre diversas marcas de fábrica

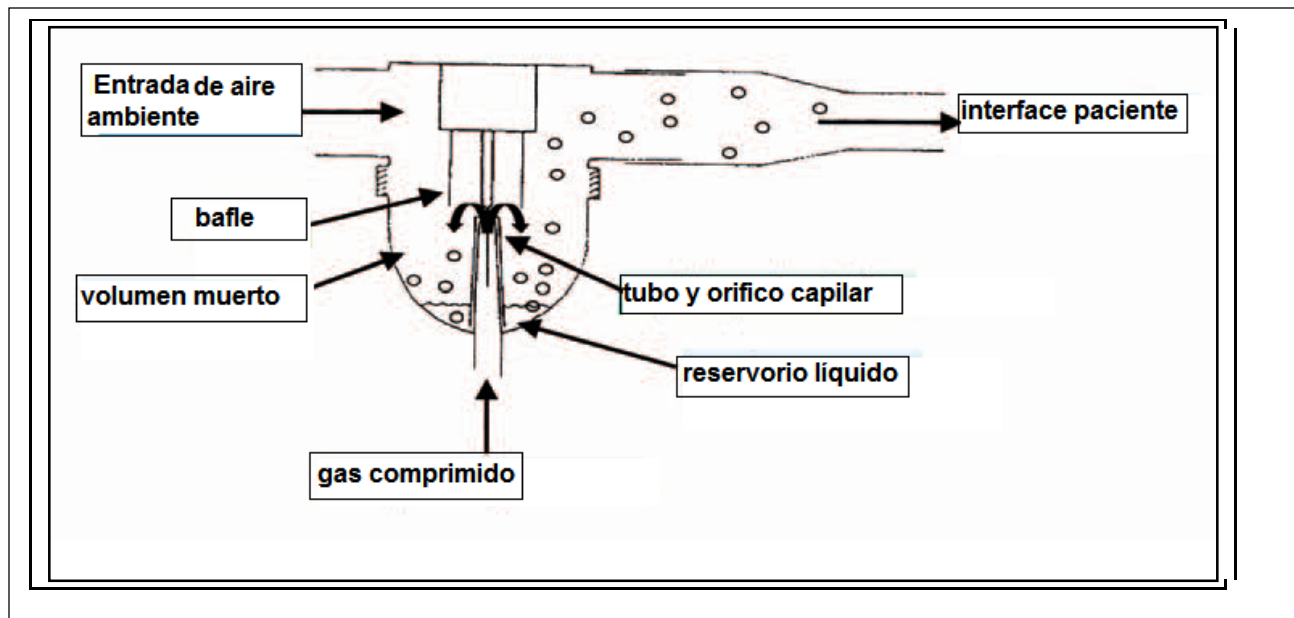
Posible contaminación con limpieza inadecuada

El uso de máscara facial produce entrega de aerosol frío y húmedo.

Entrega potencial de droga en los ojos con uso de máscara facial

Nebulizadores neumáticos, jet

Un nebulizador neumático entrega gas comprimido a través de un jet, causando una región de presión negativa (Fig. 5). La solución a ser aerosolizada es arrastrada hacia la corriente del gas y es disuelta en una película líquida. Esta película es inestable y se rompe en gotitas debido a las fuerzas de tensión superficial. Un baffle o deflector en la corriente del aerosol produce partículas más pequeñas. El aerosol está condicionado por factores ambientales, tales como la humedad relativa del gas.



Cuadro 5. Ilustración de la función de un nebulizador Jet neumático.

El funcionamiento del nebulizador es afectado por los factores técnicos y factores en relación a los pacientes (tabla 6).

Tabla 6. Factores que afectan la penetración y la deposición de los aerosoles terapéuticos entregados por los nebulizadores jet.

Factores técnicos

Fabricante del nebulizador
 Flujo usado para accionar el nebulizador
 Volumen de llenado del nebulizador
 Características de la solución
 Composición del conductor
 Diseños para mejorar la producción de aerosol
 Nebulizador continuo versus activado por respiración

Factores relacionados con pacientes

Patrón respiratorio
 Respiración nasal versus respiración bucal
 Composición del gas inspirado
 Obstrucción de vía aérea
 Presión positiva
 Vía aérea artificial y ventilación mecánica

El volumen muerto se refiere a la solución que queda atrapada dentro del nebulizador y que no está disponible para la inhalación. Por lo general el volumen muerto está en el rango de 0.5-1 ml. Con la intención de reducir la pérdida de la medicación debido al volumen muerto, los médicos y los pacientes golpean el nebulizador periódicamente durante terapia en un esfuerzo de aumentar la producción del nebulizador. La terapia puede también intentar continuarse más allá del punto de chisporroteo en un intento por entregar la medicación del volumen muerto, pero esto es improductivo y no recomendado. Debido a las pérdidas por evaporación dentro del nebulizador, la solución se concentra cada vez más y se enfría durante la nebulización.

La temperatura de la solución afecta directamente la producción y el tamaño de la gotita.

La característica más importante del funcionamiento del nebulizador es la dosis respirable proporcionada al paciente. La dosis respirable se conoce a veces como masa respirable, que es la producción de gotitas de un nebulizador en la gama respirable (1-5 μm). Otras características importantes de

funcionamiento incluyen, al tiempo de nebulización, facilidad de empleo, facilidad de limpieza y esterilización, y costo. La duración de la nebulización es importante tanto para la conformidad del paciente no internado, como para el médico quien supervisa el tratamiento para los pacientes hospitalizados. Siempre es deseable una nebulización corta en tiempo que entregue una dosis efectiva. Muchos nebulizadores son de bajo costo, producidos en cantidad, y de utilización personal para cada paciente. Existen nebulizadores más nuevos y más eficientes, sin embargo, son más costosos (tabla 7).

Tabla 7. Costos aproximados de nebulizadores (en dólares)

Nebulizador neumático de uso personal	\$1 - \$3
Nebulizador reutilizable con compresor	\$50 - \$150
Nebulizador con el filtro para pentamidina	\$10 - \$12
Nebulizador con bolsa reservorio	\$5 - \$6
Nebulizador a respiración mejorada reutilizable	\$15 - \$20
Nebulizador activado por respiración	\$4 - \$5
Nebulizador de malla o de acoplamiento	\$250 - \$350
Nebulizador ultrasónico	\$100 - \$150

Se recomienda un volumen de llenado de 4-5 ml¹¹ a menos que el nebulizador esté diseñado específicamente para un volumen de llenado más pequeño. El volumen de algunas dosis unitarias de medicamentos es sub-óptima. Idealmente, se debe agregar solución salina al nebulizador para llegar al volumen de llenado de 4-5 ml, pero esto podría no ser práctico. El aumento del tiempo de nebulización con un mayor volumen de llenado, puede ser reducido aumentando el flujo usado para accionar el nebulizador. El aumento de flujo también disminuye el tamaño de la gotita producida; se recomienda un flujo de 6-8 l./min. ¹¹ El flujo de muchos compresores es desafortunadamente demasiado bajo para un óptimo funcionamiento. Varios estudios han demostrado diferencias de funcionamiento entre los nebulizadores de diversos fabricantes e inclusive entre los nebulizadores de un mismo fabricante. Debido los costos, los nebulizadores descartables de un solo uso se utilizan generalmente varias veces.

Los nebulizadores neumáticos son los apropiados para ser usados en aplicaciones repetidas a condición de que sean lavados, enjuagados, y secados al aire después de cada uso.

El Recuadro Técnico 1 enumera los pasos genéricos en el correcto uso de los nebulizadores neumáticos. Debido a que nuevos diseños de nebulizadores se están incorporando al mercado clínico, los terapistas respiratorios deben modificar estas instrucciones.

Recuadro Técnico 1. *Pasos para el uso correcto de nebulizadores.*

Técnica de uso para nebulizador jet

1. Ensamble la tubuladura, el reservorio del nebulizador y la boquilla (o máscara).
2. Ponga la medicina en el reservorio del nebulizador; utilice un volumen de llenado de 4-5 ml.
3. El paciente debe estar sentado, con el tronco en posición vertical.
4. Conecte la fuente de energía; flujo de 6-8 L/min de pared o tubo o compresor.
5. Respire normalmente intercalando respiraciones profundas ocasionales, hasta que se produzca el chisporroteo o que no se genere más aerosol.
6. Mantenga el nebulizador vertical durante el tratamiento.
7. Enjuague el nebulizador con agua estéril o agua destilada y deje secar al aire.

Con las tecnologías diferentes a la de un nebulizador tradicional jet, el personal de salud debe revisar y conocer a fondo las instrucciones, antes de instruir y aplicar la técnica a los pacientes

Limpiando el nebulizador jet (uso casero)

Después de cada uso:

1. Quite la tubuladura del compresor y déjela a un lado, ésta no debe ser lavada o enjuagada.
2. Remueva la solución restante del reservorio del nebulizador, sacudiéndolo.
3. Desarme el reservorio y la boquilla del nebulizador del equipo y enjuague con agua estéril o agua destilada.
4. Remueva de exceso de agua, sacudiendo las piezas y deje secar al aire sobre una toalla absorbente.
5. Almacene el nebulizador en una bolsa con sellado hermético.

Una vez o dos veces por semana:

1. Desarme el nebulizador y lávelo en una mezcla con agua caliente desde la llave de paso del agua y jabón.
2. Sumerja el reservorio y la boquilla del nebulizador durante 1 hora en una solución de vinagre blanco destilado (5%) y tres porciones de agua caliente (ácido acético 1.25%). Una alternativa es utilizar un compuesto cuaternario de amoníaco (QAC) en una dilución de una onza (casi 30 gr) a un galón (casi 4 litros) de agua estéril o agua destilada por lo menos por 10 minutos.
3. Deseche la solución del vinagre una vez utilizada, éste no puede ser reutilizada. El QAC se puede reutilizar, tiene una duración efectiva de hasta una semana.
4. Enjuague las piezas del nebulizador con agua estéril o agua destilada.
5. Remueva de exceso del agua sacudiendo las piezas.
6. Seque al aire sobre una toalla absorbente.
7. Almacene el nebulizador en una bolsa de sellado hermético.
8. Limpie la superficie del compresor con un paño o una esponja húmeda. Puede utilizar alcohol o un desinfectante. Nunca ponga el compresor en el agua.

Técnica del nebulizador por acoplamiento

1. Arme correctamente el equipo.
2. Siga las instrucciones del fabricante para realizar una prueba de la funcionalidad antes del primer uso, si es un dispositivo nuevo y también después de cada desinfección para verificar que funciona correctamente.
3. Vierta la solución medicamentosa en el reservorio para tal fin. No exceda el volumen recomendado por el fabricante.
4. Encienda el dispositivo.
5. Sostenga el nebulizador en la posición recomendada por el fabricante.
6. Respire normalmente y realice respiraciones profundas ocasionales.
7. Si el tratamiento debe ser interrumpido, apague la unidad y descarte el sobrante.
8. Al final del tratamiento, desarme y limpie según lo recomendado por el fabricante.
9. Tenga cuidado de no tocar el acoplamiento durante la limpieza, pues esto dañará la unidad.
10. Una o dos veces por semana, desinfecte el nebulizador según las instrucciones del fabricante.

La formulación de la droga puede afectar el funcionamiento del nebulizador, en algunos casos existen nebulizadores especiales para el uso con formulaciones específicas (tabla 8). La densidad del gas que acciona el nebulizador también afecta el funcionamiento del dispositivo, como en el caso de accionar el nebulizador con heliox, donde el flujo del nebulizador debe ser aumentado en 1.5-2 veces cuando se utiliza este gas.

El patrón respiratorio afecta a la cantidad de aerosol depositada en tracto respiratorio bajo.

Los pacientes utilizan generalmente el nebulizador con la respiración a volumen corriente. Para mejorar la penetración del aerosol y la deposición de partículas en los pulmones, el paciente debe realizar respiraciones periódicas más profundas durante el tratamiento. Los aerosoles se pueden entregar usando o una boquilla o una mascarilla. La boquilla es la más recomendada. El uso de una máscara aumenta la cantidad de aerosol depositado en la cara, en los ojos, y en las fosas nasales. Tanto si se utiliza una boquilla o una mascarilla, es importante indicar al paciente inhalar a través de la boca durante todo el tratamiento. La terapia Blow – By (aplicación del aerosol, directamente desde la salida del reservorio, sin máscara o dispositivo bucal) es utilizada a veces para los pacientes tales como infantes quienes no toleran una boquilla o una mascarilla. Sin embargo, es muy ineficaz y por lo tanto casi no se usa. Es también importante observar que la dosis entregada disminuye considerablemente en un niño que está llorando durante el tratamiento.

Tabla 8. Formulaciones y nebulizadores aprobados para esa formulación.

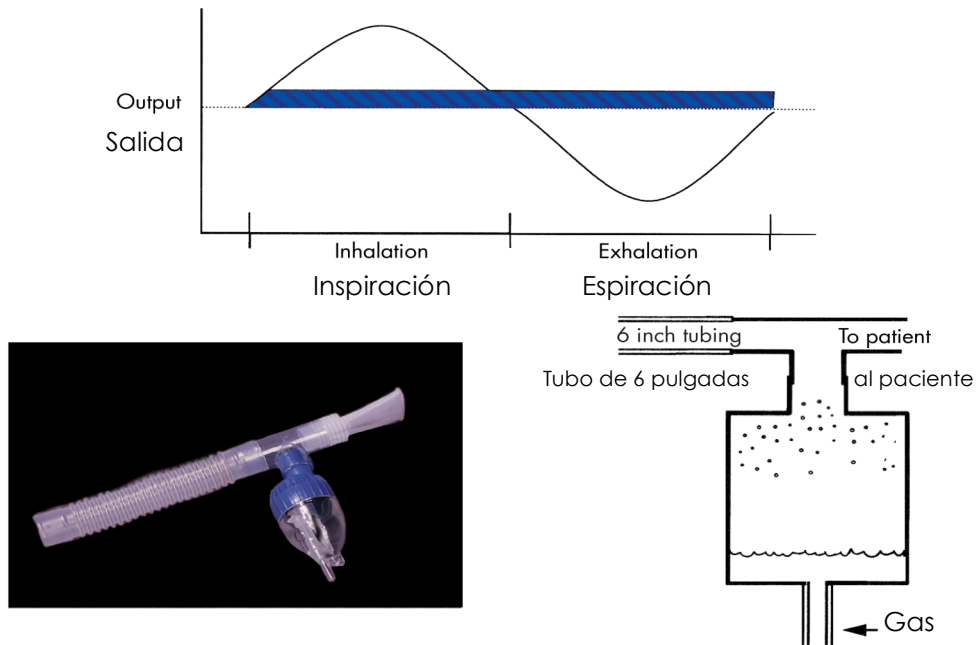
Formulaciones	Nebulizadores aprobados
Broncodilatadores:	Ninguna formula broncodilatadora se han aprobado para un nebulizador específico
Budesonide (Pulmicort):	No se debe utilizar con nebulizador ultrasónico Respules
Tobramicina (TOBI):	Pari LC
Dornasa Alfa:	Hudson T Up-draft II, Marquest Acorn II, Pari LC, Durable Sidestream
(Pulmozyme):	Pari Baby
Pentamidina (NebuPent):	Marquest Respirgard II
Ribavirina (Virazole):	(SPAG) Generador del aerosol de partícula pequeña
Iloprost (Ventavis):	ProDose o I-neb
Solución Hipertónica:	Ensayos controlados seleccionados al azar fueron realizados usando el Pari LC

Diseños para disminuir la pérdida de aerosol durante la exhalación

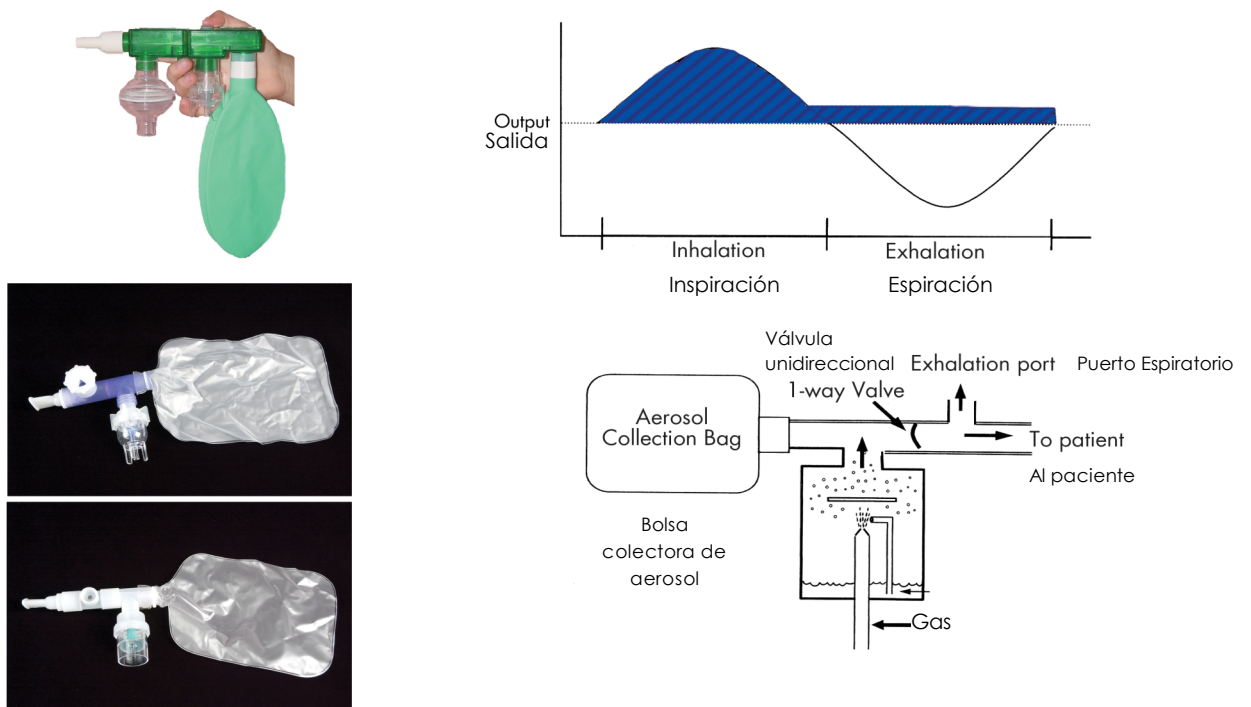
Existen varios diseños que se pueden utilizar para reducir la cantidad de pérdida del aerosol durante la exhalación con un nebulizador neumático (cuadro 6). Es práctica común utilizar una pieza en T y un tubo corrugado como depósito para los nebulizadores a pequeño volumen. Este concepto puede ser mejorado por medio de una bolsa para contener el aerosol durante la

exhalación. Con el nebulizador a respiración mejorada, se utiliza un diseño con válvulas colocadas en el dispositivo por donde pasa la corriente principal de aire, de modo que el paciente respire a través del nebulizador durante la inspiración, lo que provoca una mejor producción de aerosol. La pérdida de aerosol durante la fase espiratoria puede ser eliminada si el nebulizador está activo solamente durante la fase inspiratoria, algo que se consigue cuando se utilizan los nebulizadores activados por la respiración de uso doméstico.

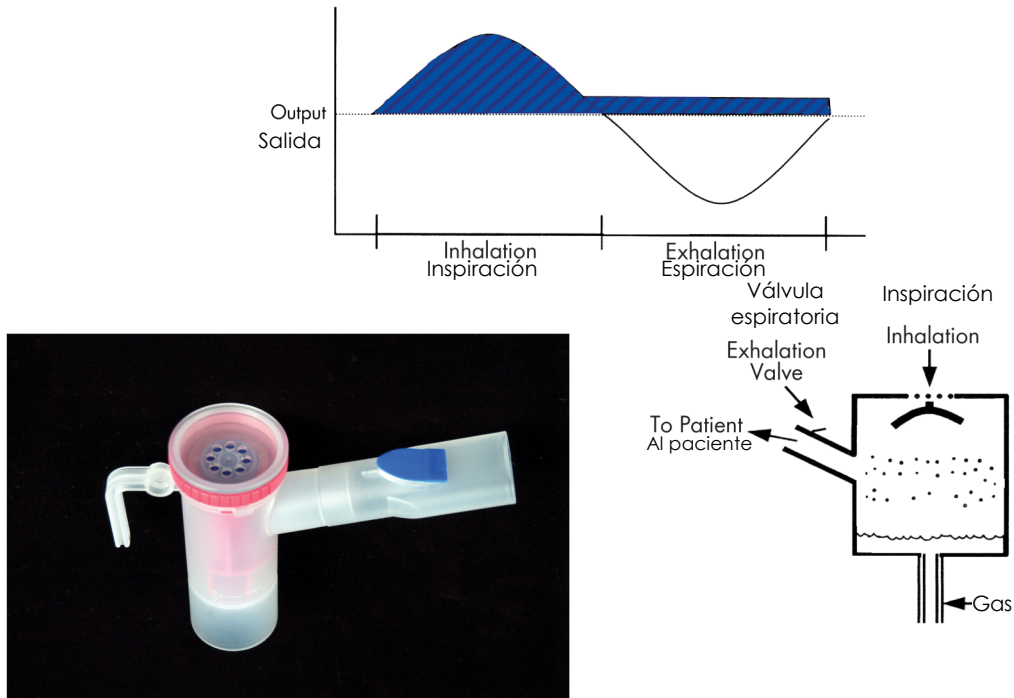
A



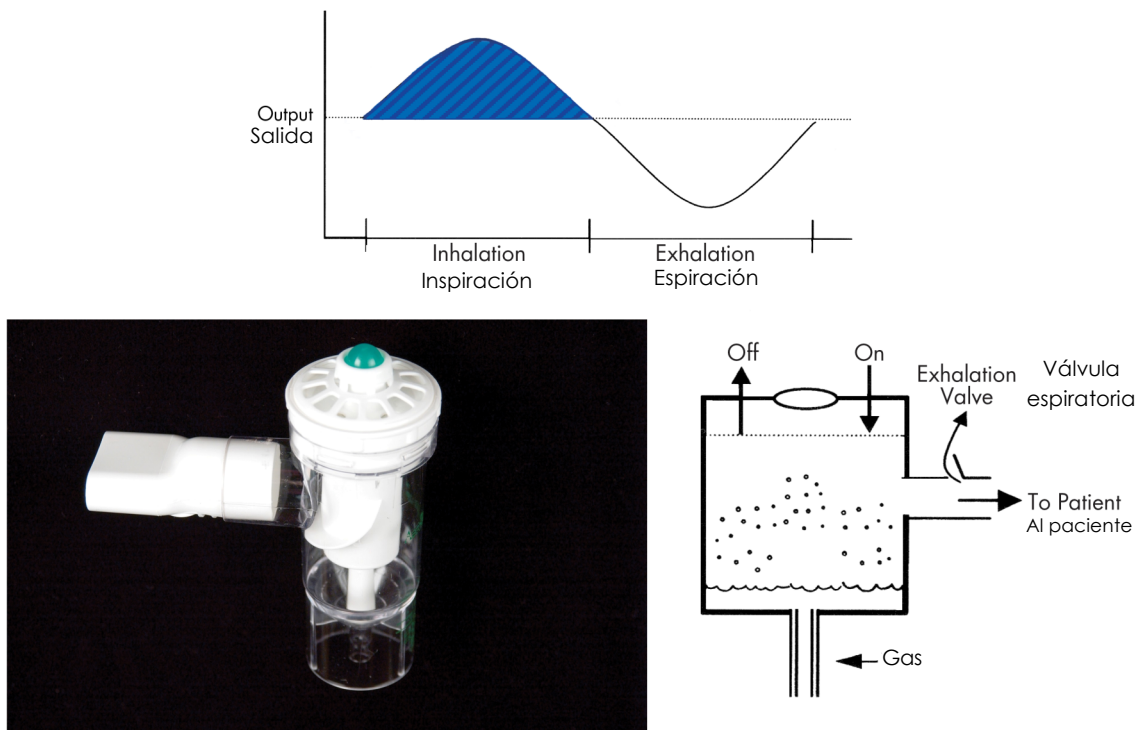
B



C



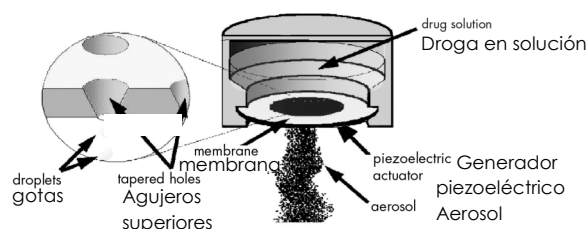
D



Cuadro 6. Diseños de Nebulizadores. A. Nebulizador jet con tubo corrugado. B. Nebulizador con bolsa reservorio. C. Nebulizador a Respiración mejorada. D. Nebulizador activado por Respiración. En cada caso, la producción del aerosol está indicada por el área sombreada.

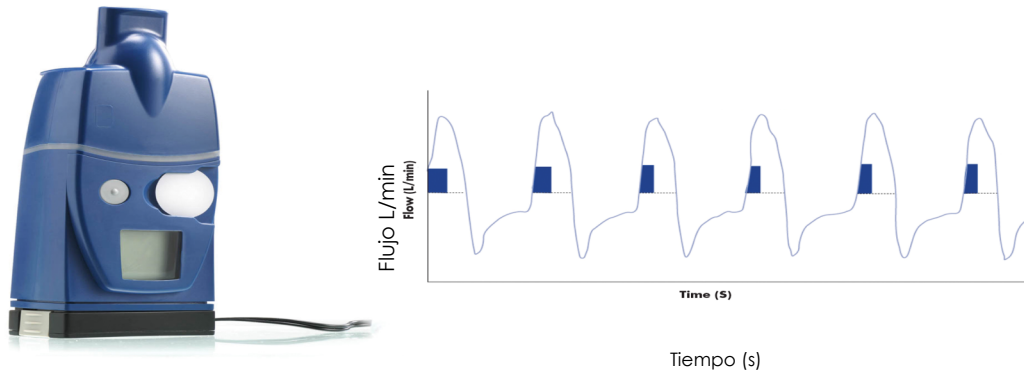
Nebulizadores Mesh (Malla) o de acoplamiento

Varios fabricantes han desarrollado dispositivos de aerosol que utilizan un acoplamiento o una placa con múltiple aberturas para producir un aerosol líquido (cuadro 7). Este principio de funcionamiento utiliza una placa de abertura unida a un material piezoeléctrico que vibra a alta frecuencia.



Cuadro 7. Nebulizador por acoplamiento. Teoría de operación del dispositivo (arriba). Dispositivos disponibles en el comercio (abajo)

Esta vibración a alta velocidad crea una acción de bombeo para producir el aerosol desde la solución líquida. Alternativamente, la solución puede ser forzada a través del acoplamiento para crear aerosol. Estos dispositivos pueden generar aerosoles con una fracción de partícula altamente fina, que puede resultar en una entrega más eficiente de la droga comparada con los nebulizadores convencionales. El aerosol es generado como una niebla fina, y no se requiere ningún sistema de baffle o distorsionador interno. Tienen un alto índice de producción de aerosol, son portátiles y funcionan con batería propia. Tienen un volumen muerto mínimo y algunos son activados por respiración. Este diseño puede ser incluido dentro del concepto de *entrega adaptada de aerosol*, según lo utilizado por el I-neb (Respironics, Inc.) en el cual el nebulizador detecta el patrón de respiratorio del paciente sobre varias respiraciones y entonces lanza los pulsos del aerosol durante una determinada porción en la fase inspiratoria (cuadro 8).

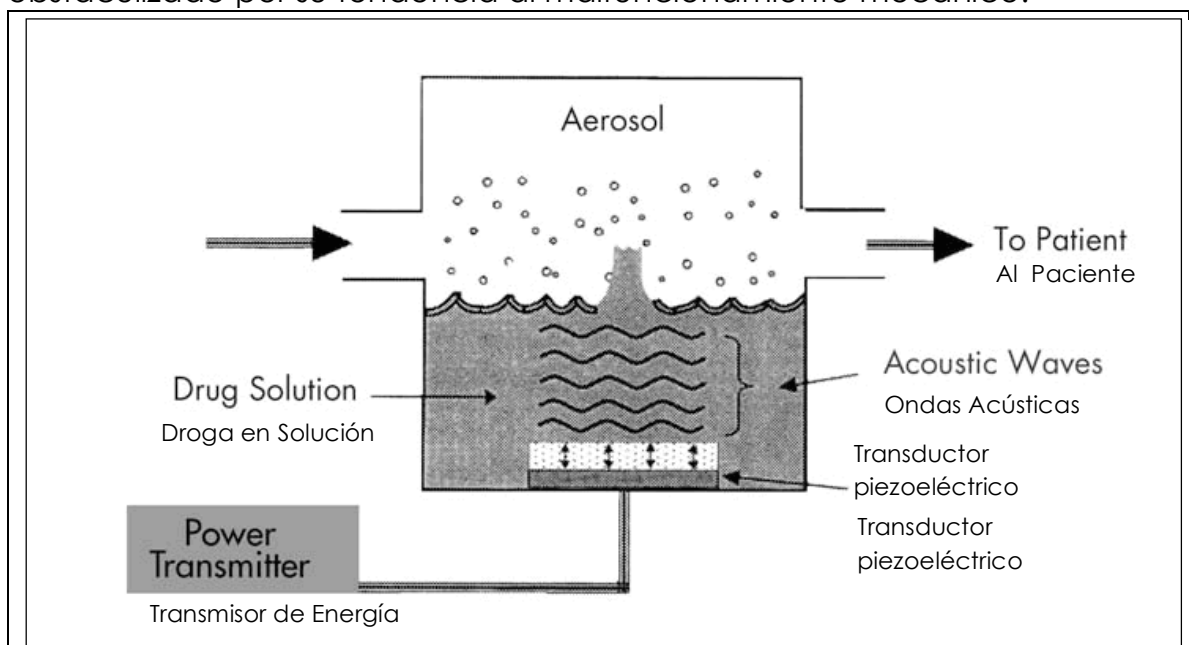


Cuadro 8. Entrega adaptativa de aerosol, provista en el nebulizador Respironics I-neb. Como se observa, el aerosol se inyecta en la respiración al principio de la inhalación.

Nebulizadores ultrasónicos

El nebulizador ultrasónico convierte energía eléctrica en ondas ultrasónicas de la alta frecuencia.

El transductor vibra en la frecuencia de las ondas ultrasónicas aplicadas a él (efecto piezoeléctrico). Las ondas ultrasónicas se transmiten a la superficie de la solución para crear un aerosol (Cuadro 9). Los nebulizadores ultrasónicos de pequeño volumen están comercialmente disponibles para administrar broncodilatadores inhalados. Una característica potencial con el uso de estos dispositivos, es la posibilidad de inactivación de la droga por las ondas ultrasónicas, aunque esto no se ha demostrado que ocurra con las medicaciones comunmente utilizadas en aerosolterapia. El uso de estos dispositivos ha sido obstaculizado por su tendencia al malfuncionamiento mecánico.



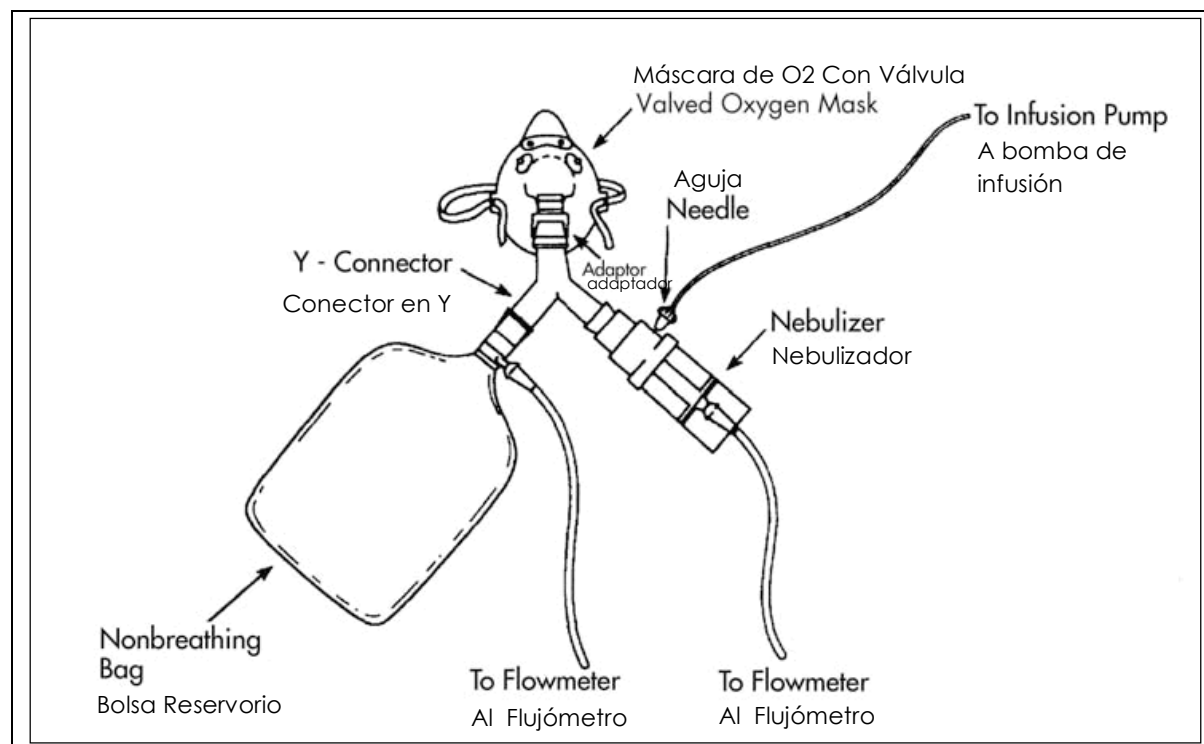
Cuadro 9. Componentes de un nebulizador ultrasónico.

Nebulizadores para usos específicos

Los nebulizadores especialmente contruidos para pequeños volúmenes, tales como los que se usan con pentamidina aerosolizada, se utilizan cuando se debe evitar la contaminación del ambiente con la droga aerosolizada. A este nebulizador se le colocan válvulas unidireccionales y filtros para prevenir la contaminación del ambiente. El generador de aerosol de partícula pequeña (SPAG), se utiliza específicamente para aerosolizar ribavirina. Consiste en un nebulizador y con un compartimiento de secado que reduce la MMAD a casi 1.3 μm . La ribavirina es potencialmente teratogénica, por lo tanto cuando se administra esta droga, se debe utilizar un sistema de barrera.

Entrega continua de aerosol

La terapia continua con broncodilatadores se utiliza de vez en cuando en el tratamiento del asma agudo. La evidencia disponible sugiere que esta terapia no es peligrosa y que es, al menos, tan eficaz como la nebulización intermitente y puede ser superior a esta técnica en pacientes con una alteración más severa de la función pulmonar. Varias configuraciones se han descrito para la nebulización continua, incluyendo rellenar frecuentemente el nebulizador, el uso de un nebulizador y una bomba de infusión (cuadro 10) y el uso de un nebulizador de gran capacidad.



Cuadro 10. Armado de los dispositivos para aerosolterapia continua con bomba de infusión.

Limpieza y desinfección de los Nebulizadores

Los pacientes que utilizan un nebulizador en sus casas, necesitan estar seguros que los dispositivos serán limpiados y desinfectados periódicamente. Mientras no exista un estándar universal aceptado, los pacientes que utilizan rutinariamente un nebulizador en el hogar deben seguir los pasos siguientes para

mantener un mínimo nivel de desinfección.¹² Después de cada tratamiento, el paciente debe descartar el restante de solución sacudiendo el dispositivo, luego enjuagarlo con agua estéril o agua destilada y se debe dejar secar al aire sobre en una toalla absorbente.

Se debe desinfectar el nebulizador una a dos veces vez por semana, debe desarmarse completamente y ser lavado, sumergido en una mezcla del agua y jabón (detergente acuoso). El reservorio debe ser desinfectado usando una mezcla del ácido acético 1.25% (vinagre blanco) o un compuesto cuaternario de amonio en una dilución de 1 onza a un galón de estéril o de agua destilada. Si se usa el ácido acético el dispositivo debe estar sumergido en él no menos de una hora, pero si se utiliza un compuesto de amonio cuaternario, se necesitan sólo 10 minutos de inmersión. Es también importante recordar que el ácido acético no debe ser reutilizado, pero la solución cuaternaria puede ser reutilizada por lo menos durante una semana.¹³

La desinfección de los nebulizadores en los hospitales no se practica. Sin embargo, hay algunas consideraciones higiénicas importantes. Los nebulizadores están disponibles para ser utilizados por un solo paciente y no deben ser utilizados por más de uno. No deben ser enjuagados con agua corriente entre tratamientos, pero pueden ser enjuagados con agua estéril y deben secarse antes de ser usados en el siguiente tratamiento. El secado puede ser mejorado conectando el flujo de gas al nebulizador por un tiempo corto después de ser enjuagado.

La frecuencia con la cual se cambian los nebulizadores disponibles se debe determinar a través de la colaboración entre los departamentos de cuidados respiratorios y el de control de infecciones.

INHALADORES DE DOSIS MEDIDA (IDM)

El inhalador de dosis medida (IDM) está diseñado para proporcionar una dosis precisa (medida) de medicamento, en una fina neblina, para ser inhalado directamente en las vías aéreas, para el tratamiento de enfermedades respiratorias tales como asma y EPOC. El IDM original fué concebido en 1955 por el doctor George Maison, presidente de Riker Labs (ahora 3M Farmacéutica, St Paul, Minnesota) en respuesta a la solicitud de su joven hija asmática para mejorar el sistema de entrega del medicamento¹⁴. Un año más tarde, fueron aprobados por la FDA el Medihaler-Iso (Isoproterenol) y el Medihaler-Epi (Epinefrina) como una nueva forma de aplicación de drogas. Actualmente existe un gran número de formulaciones disponibles para su uso con IDMs (Figura 11). Las ventajas y desventajas generales con el uso de los IDMs son mencionadas en la Tabla 9.

Tabla 9. Ventajas y Desventajas de los Inhaladores de Dosis Medida.

VENTAJAS

- Portátil y compacto
- Tiempo de tratamiento corto
- Dosis emitidas reproducibles

DESVENTAJAS

- La coordinación mano-respiración es difícil para algunos pacientes.
- Requiere un patrón de inhalación apropiado (inspiración lenta a capacidad pulmonar total) y sostener la respiración, lo cual puede ser difícil para algunos pacientes.
- Es difícil determinar cuando la canastilla está vacía (sin contador)
- Alta impactación orofaríngea, a menos que sea usada una aerocámara o un espaciador
- El hecho de no agitar el IDM puede alterar la dosis de droga
- Entrega sólo concentraciones fijas de droga
- Ha ocurrido reacción a propelentes o excipientes en algunos pacientes
- Aspiración de cuerpos extraños desde la boquilla llena de residuos
- Rango limitado de drogas

El IDM accionado por propelente es el equipo más comúnmente usado para el tratamiento del asma y el EPOC. Dado que el IDM está presurizado, los componentes del equipo están protegidos de la contaminación por parte de patógenos y de la humedad. Así como ocurre con otros sistemas de liberación de drogas respiratorias, incluso cuando son usados correctamente, el IDM sólo entrega aproximadamente un 10-20% de la dosis nominal por cada activación o puff ¹⁵⁻¹⁷. El depósito puede ser bajo en niños, debido a las diferencias en el patrón ventilatorio o cuando la técnica utilizada no es la más óptima. La necesidad básica de algunas formulaciones de drogas para IDM es que el equipo libere una dosis de aerosol exacta y reproducible, que contenga una fracción significativa de partículas de medicamento en un rango estrecho de fracción de partícula (diámetro aerodinámico < 5 µm)

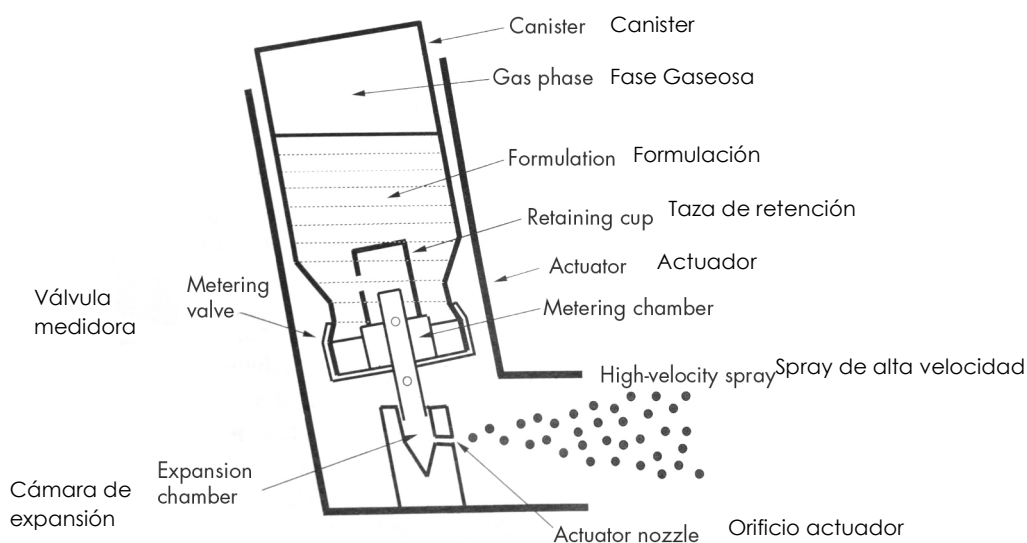
La mayoría de los IDM están diseñados para entregar una dosis de medicamento en un rango de 100-200 µg por cada activación.

Los IDMs, independiente del fabricante o del ingrediente activo (droga) generalmente están conformados por algunos elementos estándares (Tabla 10 y figura 12) que tienen funciones muy específicas en el sistema de liberación de drogas.

Tabla 10. Componentes básicos de los inhaladores de dosis medida (IDM).

Componentes Particulares

Contenedor	Inerte, capaz de resistir altas presiones internas y de utilizar un revestimiento para prevenir la adherencia de la droga
Propelente	Gas comprimido licuado en el cual la droga está disuelta o en suspensión
Droga	Partículas en suspensión o en solución, en la presencia de surfactantes o alcohol, que determina la dosis de droga y el tamaño específico de la partícula
Válvula Dosificadora	Componente más crítico, que está enrizado dentro del contenedor y es responsable de dosificar un volumen o dosis reproducible. Las válvulas elastoméricas son responsables del sello y la prevención de pérdida o fuga de la droga
Actuador	Frecuentemente referido como el arrancador o activador, parcialmente responsable del tamaño de la partícula, basado en la longitud y el diámetro de la boquilla de los diferentes IDMs.
Contador de Dosis	Nuevo componente que proporciona un seguimiento visual del número de dosis remanentes en el IDM.



Los componentes de los IDMs incluyen el contenedor (usualmente de aluminio), el propelente (CFC o HFA), la formulación (suspensión o solución), la válvula dosificadora, y el activador ("presione y respire" o "respire y active"). La boquilla activadora es específica para cada IDM y es un elemento determinante de la dosis de aerosol y el tamaño de la partícula. La cantidad de medicamento liberado está relacionado con el tamaño de la boquilla, su limpieza y falta de humedad.

Propelentes:

Las canastillas del IDM contienen propelentes, surfactantes y el medicamento. Las drogas del IDM pueden estar disueltas, ya sea en propelente (o un co-solvente como el etanol) o como suspensión en el propelente. Ocasionalmente es necesario utilizar un agente tenso-activo para asegurar que la droga activa se encuentre bien suspendida, además actúa como lubricante para la válvula dosificadora. Con base en el peso, los propelentes de un IDM representan alrededor del 80% del contenido, comparado con el 1% del medicamento activo. Por años, los IDM usaron CFC como propelentes y suspensiones de drogas. Los CFCs tienen un efecto dañino sobre la capa de Ozono del planeta por lo que el Protocolo de Montreal sobre Sustancias que Destruyen la Capa de Ozono (Enero de 1989) estableció un plazo para la eliminación del uso de CFC, el cual tendrá efecto desde Enero de 2009. Esto llevó al desarrollo de investigación en propelentes que podrían ser usados como alternativa y que tengan menos efecto sobre el ambiente. Como resultado, los HFAs se han vuelto más comunes y sus formulaciones en solución son ampliamente usadas. Los HFAs son farmacológicamente inertes y tienen propiedades similares a los propelentes de CFC que ellos reemplazaron. Los IDMs-HFA no contienen o no usan surfactantes para la dispersión, sin embargo usan alcohol para este propósito. Interesantemente, el uso de HFA como propelente es capaz de superar alguno de los aspectos de los IDMs-CFC, incluyendo el cebado, efectos de la temperatura, del residuo, y de la geometría de la columna de aerosol. Los HFA-IDMs son efectivos y seguros, pero los clínicos deben estar atentos a las características y diferencias entre IDM con CFC y HFA. (Tabla 11). Para los pacientes que se están cambiando de IDM-CFC a IDM-HFA, es importante que ellos entiendan que el gusto y la sensación de la columna de aerosol en la boca serán diferentes.

Tabla 11. Diferencias de características entre IDMs CFC y HFA.

Físico	CFC	HFA
Administración de la dosis		
Desde una canastilla casi llena	Variable	Consistente
Con temperatura ambiental variable	Variable	Consistente (a -20°C)
Spray		
Fuerza	Alta impactación	Baja (3 veces menos)
Temperatura	Frío	Más cálido (aprox. 30°C)
Volumen	Alto	Bajo
Gusto	Diferente al HFA	Diferente al CFC
Mantención de la Respiración	Menos importante con CFC	Más importante con HFA
Cebado	Importante después de un corto periodo de no uso	Mayor tiempo de no uso permitido sin cebado

Con los IDM-HFA, el diseño del actuador (por ejemplo arrancador) se hace mucho más crítico en determinar el tamaño correcto de la partícula y la geometría de la columna de aerosol. Los inhaladores esteroidales con HFA liberan partículas más pequeñas que proporcionan una mayor distribución del medicamento en los pulmones, con menor depósito en la orofaringe. Las partículas de tamaño más pequeño generadas con los esteroides propulsados con HFA también reducen la dependencia al tiempo de activación-respiración y a altos flujos inspiratorios^{18,19}. Estas diferencias en los sistemas de liberación con HFA hacen extremadamente importante el actuador de los diferentes IDM-HFA y el utilizar actuadores genéricos para liberación de droga.

Preparación del IDM para su uso:

La dosis de IDM-CFC ha mostrado estar significativamente disminuida cuando la canastilla está más fría que a temperatura ambiental estándar. Esto puede ser muy problemático en climas helados durante los meses de invierno para pacientes que necesitan llevar un inhalador de rescate, como el albuterol. Los IDM-HFA liberan una dosis más consistente a temperaturas tan bajas como -20°C. Los IDMs en los cuales la droga está en suspensión (por ejemplo, CFC y algunas formulaciones de HFA) sufren una separación de la droga y el propelente cuando no son usados. Esta separación requiere que el IDM sea agitado para volver a dejar en suspensión la droga previa a su uso. El no agitar la canastilla puede disminuir en más de un 33% la cantidad de medicamento entregado. Por otra parte, la aplicación de múltiples inhalaciones sin agitar el IDM-CFC, produce una disminución en la dosis, debido a que el propelente CFC congela la válvula. El IDM requiere un cebado inicial y frecuente para asegurar que el equipo administre y libere la dosis apropiada. El cebado libera uno o más sprays al aire. Cuando el IDM es nuevo o no ha sido usado por algún tiempo, el medicamento puede separarse de los otros ingredientes en la canastilla y la cámara dosificadora. Las guías recomendadas para el cebado de los diversos IDMs son descritos en la Tabla 12.

Tabla 12. Requerimientos de Cebado para IDMs comercialmente disponibles.

Medicamento	Propelente	Tiempo para Prime	N° de Puffs
Albuteroles			
Albuterol (Warrick genéricos)	CFC	Previo al primer uso	4
		Con 4 días sin usar	2
Albuterol sulfato (IVAX)	HFA	Previo al primer uso	3
		Con 3 días sin usar	3
Levalbuterol	HFA	Previo al primer uso	4
		Con 3 días sin usar	4
Maxair® Autohaler	CFC	Previo al primer uso	2
		Con 2 días sin usar	2
Proventil®	CFC	Previo al primer uso	4
		Con 4 días sin usar	2
Proventil®	HFA	Previo al primer uso	4
		Con 2 semanas sin usar	4
Ventolin®	HFA	Previo al primer uso	4
		Con 2 semanas sin usar	4
Esteroides			
Azmacort®	CFC	Previo al primer uso	2
		Con 3 días sin usar	2
Flovent®	HFA	Previo al primer uso	4
		Con < 3 semanas sin usar	1
		Con > 3 semanas sin usar	4
QVAR®	HFA	Previo al primer uso	2
		Con 10 días sin usar	2
AeroSpan™	HFA	Previo al primer uso	2
		Con > 2 semanas sin usar	2
Otros			
Atrovent®	CFC	Previo al primer uso	3
		Con 1 día sin usar	3
Atrovent®	HFA	Previo al primer uso	2
		Con 3 días sin usar	2
Combivent®	CFC	Previo al primer uso	3
		Con 1 día sin usar	3
Intal®	CFC	Previo al primer uso	1

Técnica Apropriadada

La mayor limitación para la entrega óptima de medicamento con un IDM está relacionada con una técnica deficiente. Una técnica deficiente o inapropiada puede generar una entrega pequeña o nula de medicamento, lo cual puede impactar la adherencia. La educación de la técnica óptima para el uso de IDM, tanto a los pacientes como al equipo de salud, es primordial para sus resultados clínicos. El incumplimiento de las medidas óptimas en la técnica de inhalación apropiada puede llevar finalmente a una reducción de la efectividad clínica total del medicamento. La técnica apropiada se centra en una óptima coordinación disparo – inspiración. El disparo del IDM debe ocurrir al comienzo de la respiración y continuar durante el resto de la inhalación a un flujo relativamente bajo. Esta técnica es difícil de realizar y puede ser casi imposible para pacientes pediátricos, geriátricos o con dificultad respiratoria. Existe considerable evidencia de que los pacientes tienen dificultades para realizar correctamente todos los pasos que implica una técnica apropiada de administración del IDM²⁰. Para empeorar las cosas, los clínicos a menudo hacen un pobre trabajo en proporcionar una correcta instrucción y demostración en el uso de IDM^{21,22}. Los pasos correctos para una aplicación correcta del IDM son mencionadas en el Recuadro Técnico 2.

RECUADRO TECNICO 2. Pasos para un correcto uso de los Inhaladores de Dosis Medida (IDM) y IDM activados por respiración (Autohaler).

Técnica MDI

1. Mantenga el IDM tibio o a temperatura ambiente.
2. Remueva la tapa de la boquilla.
3. Inspeccione la boquilla si existen objetos extraños.
4. Agite bien el IDM (3 o 4 veces).
5. Si el IDM es nuevo o no ha sido usado recientemente, cebelo agitando y presionando la canastilla para liberar una dosis al ambiente. Repita varias veces.
6. Respire normalmente, lejos del IDM.
7. Abra la boca y mantenga la lengua de tal manera que no obstruya la pieza bucal.
8. Mantenga el IDM en posición vertical, con la boquilla apuntando a la boca.
9. Ubique la boquilla entre los labios o al frente de la boca abierta a 4 cm. (2 dedos).
10. Respire lentamente y presionar el canister del IDM una vez al comienzo de la inhalación.
11. Continúe inhalando hasta capacidad pulmonar total.
12. Retire la boquilla de la boca y mantener la respiración por 5 a 10 segundos (o lo más largo que se tolere)
13. Espere al menos unos 15 – 30 segundos entre cada dosis.
14. Repita según el número de dosis prescrita.
15. Vuelva a tapar la boquilla.
16. Si está usando IDM de corticoides, haga gárgaras y enjuague su boca con agua o enjuague bucal después de completar la dosis.

Técnica Autohaler

1. Mantenga el IDM entibado.
2. Remueva la tapa de la boquilla.
3. Inspeccione la boquilla si existen objetos extraños.
4. Mantenga el IDM en posición vertical; la flecha a debe apuntar hacia arriba; no bloquear las ventanas de aire.
5. Si el IDM es nuevo o no ha sido usado recientemente, cebelo usando la siguiente técnica:
 - a. Remueva la cubierta de la boquilla.
 - b. Presione la palanca hasta que esta quede hacia arriba.
 - c. Empuje la lamina blanca de test de disparo sobre el botón de la boquilla para liberar un puff de cebado.

RECUADRO TECNICO 2. CONTINUACIÓN

- d. Gatille un segundo puff de cebado, regreses la palanca a su posición hacia abajo original y repita los pasos previos.
- e. Regrese la palanca a su posición inicial hacia abajo.
6. Levante la palanca para que esta quede en su sitio.
7. Agite el Autohaler (3 o 4 veces).
8. Respire normalmente, lejos del IDM.
9. Abra la boca y mantenga la lengua de tal manera que no obstruya la pieza bucal.
10. Selle fuertemente los labios alrededor de la boquilla.
11. Inhale profundamente a través de la boquilla con fuerza moderada y constante.
12. Cuando el equipo gatilla la liberación de medicamento se siente un suave flujo y se escucha un click.
13. Continúe inhalando hasta capacidad pulmonar total.
14. Retire la boquilla de la boca y sostenga la respiración por 10 segundos (o lo más largo que se tolere)
15. Mantenga el Autohaler en posición vertical y baje la palanca después de cada inhalación.
16. Repita según el número de dosis prescrita.
17. Vuelva a tapar la boquilla.
18. Asegúrese que la palanca quede hacia abajo.

Limpieza del IDM (una vez por semana o cuando sea necesario)

1. Observe el agujero por donde se libera el medicamento desde el inhalador. Limpie el inhalador si se observa polvo dentro o alrededor del agujero.
2. Remueva la canastilla de metal desde la boquilla.
3. Sostenga la canastilla de manera que no se moje.
4. Limpie las partes plásticas del equipo utilizando jabón neutro y agua. (Nunca enjuague el canister metálico o lo ponga en agua)
5. Deje que las partes plásticas se sequen al aire (por ejemplo, durante la noche).
6. Vuelva a colocar el canister dentro de la boquilla y vuelva a colocar la tapa.
7. Evalúe el IDM, realizando un puff al aire.

Lavado del Autohaler (una vez a la semana o cuando sea necesario)

1. Remueva la cubierta de la boquilla.
2. Gire el Autohaler a la posición inversa.
3. Limpie la pieza bucal con un paño limpio.
4. Golpee gentilmente la parte posterior del Autohaler de manera tal que la lengüeta caiga y se visualice el orificio del spray.
5. Limpie la superficie de la lengüeta con un hisopo de algodón seco.
6. Tape nuevamente la pieza bucal y asegúrese que la palanca está hacia abajo.

Limpieza del IDM

La dosis apropiada puede ser influenciada por la limpieza del actuador o por el número de dosis remanentes en la canastilla. Generalmente el orificio del actuador estará rodeado por un residuo blanquecino causado por cristalización del medicamento. Los pacientes deben inspeccionar y limpiar el actuador como está descrito en la Caja Técnica 2. Los IDMs deben ser inspeccionados diariamente y limpiados por lo menos una vez a la semana, o más a menudo si es necesario. La limpieza es particularmente importante para los IDM-HFA, debido a que el residuo de medicamento puede bloquear el spray si el inhalador no es mantenido limpio.

Conteo de la Dosis

La falta de un mecanismo de conteo de dosis es un serio inconveniente para el IDM y sitúa al paciente al riesgo potencial de continuar usando un inhalador

vacío. Las instrucciones insertadas por las empresas farmacéuticas enseñan a los pacientes a contar las dosis inhaladas durante la vida útil del canister. El mantener un recuento actualizado de las dosis usadas es inviable, poco práctico y poco seguro para los pacientes, especialmente con los medicamentos de alivio.

Las recomendaciones de hacer flotar la canastilla (sin el gatillador) en agua son inexactas para determinar el contenido remanente. Además, el agua que entra a la válvula dosificadora puede disminuir la dosis subsiguiente u ocluir completamente el inhalador. Ventolin HFA (GlaxoSmithKline) tiene un contador de dosis incorporado, el cual es el método ideal para rastrear las dosis del IDM (Figura 13). Los equipos con conteo de dosis están comercialmente disponibles, pero el costo adicional ha limitado su amplia aceptación. La tabla 13 muestra los métodos para cuantificar la dosis para los controladores y los medicamentos usados ocasionalmente como aliviadores.

Tabla 13. Cuantificando la Dosis Remanente en el IDM.

- El número de puffs contenidos en el inhalador está impreso en la cara lateral del canister. (Nota: el número de puffs en los inhaladores puede variar). Después de que el IDM ha sido usado para ese número de inhalaciones, debe ser descartado aunque continúe liberando aerosol.
- Mantenga un registro de cuantas inhalaciones se han realizado.
- El Ventolin HFA tiene un contador de dosis incorporado en el actuador plástico.
- Un equipo puede ser usado y que descuenta el número de puff cada vez que se presiona el inhalador.

Los ejemplos incluyen: el DOSER (MediTrack Products, Hudson, MA) y el MD TurboTM (TEAMM Pharmaceuticals). Este último también considera la respiración de actuación para el MDI.

- También se puede calcular el tiempo que durará el IDM dividiendo el número total de puffs en el IDM por el total de puffs usados por día. Por ejemplo, el IDM tiene 200 puffs, y se usa un total de 8 puff diarios. Este canister durará 25 días (200 dividido por 8= 25 días). Determinar cuándo se acabará el medicamento y marcar esa fecha en el calendario y en el canister. Si el inhalador se usa con más frecuencia de lo previsto, el medicamento se agotará antes. Reemplace el inhalador por uno nuevo antes de la fecha calculada.

- Puede ser usada una "hoja de recuento" o un Post-it® para registrar el número de inhalaciones en un día determinado para un conteo más fácil. Mantener la hoja de recuento en un sitio adecuado, como el espejo del baño.



IDM activado por respiración:

Los IDMs activados por respiración detectan el comienzo de la inhalación del paciente y gatilla el inhalador en ese momento para asegurar la sincronía. Como estos equipos requieren un gatillaje mecánico para activar el equipo durante la inspiración, es necesario un flujo de aproximadamente 30 L/min, lo cual puede ser una limitación para este equipo en algunos pacientes. Los pasos correctos para el Autohaler activado por respiración se encuentran en el RECUADRO TECNICO 2.

Accesorios para Dispositivos Inhalatorio de Dosis Medida:

Estos equipos logran superar algunas de las limitaciones más comunes de los IDMs. El depósito orofaríngeo puede ser reducido agregando un espacio entre la válvula dosificadora y la boca del paciente. Esto también reduce la necesidad de coordinación de la activación del inhalador y la inspiración del paciente, superando así los problemas de coordinación mano-respiración. La Tabla 14 muestra tanto las ventajas como las desventajas observadas con el uso de aerocámaras y espaciadores. Mientras el término *espaciador* es usado en ámbito clínico para referirse a todo tipo de equipo que le agregue extensión, estos equipos son categorizados como *espaciadores* o *aerocámaras* (o aerocámaras con válvulas) basado en su diseño. Un espaciador es un tubo simple o una extensión con una válvula unidireccional para contener la nube de aerosol después de la aplicación de aerosol; y su propósito es simplemente permitir un espacio o una distancia entre la boca y la boquilla del IDM. Una aerocámara (o aerocámara con válvula) es un equipo de extensión adicionado a la pieza bucal del IDM o canastilla que contiene una o más válvulas unidireccionales para contener el aerosol hasta que ocurra la inhalación. En suma a la mayor diferencia de diseño que define a los espaciadores (con válvula) versus las aerocámaras, hay otras diferencias de diseño entre marcas comerciales de aerocámaras y espaciadores. El *Volumen* puede variar, aunque en Estados Unidos la mayoría de las aerocámaras y espaciadores son de menos de 200 ml. La *dirección del spray* puede variar entre a favor (hacia la boca) y en contra del flujo (alejándose de la boca, spray inverso). El AeroChamber (Monaghan) y el OptiChamber (Respironics) son ejemplos de equipos con spray en dirección del flujo, y el OptiHaler (Respironics), ACE (Aerosol Cloud Enhancer, DHD) y el InspirEase son ejemplos de equipos de spray inverso. Algunas aerocámaras y espaciadores se adaptan a la boquilla y al activador del fabricante, mientras que otros tienen un adaptador diseñado para admitir sólo la canastilla. Por ejemplo, el ACE y el OptiHaler tienen un receptáculo para la canastilla, mientras que el AeroChamber y el OptiChamber tienen aperturas amoldables para adaptarse a la boquilla del IDM. La Figura 14 muestra algunos ejemplos de espaciadores y aerocámaras.

Tabla 14. Ventajas y desventajas de las aerocámaras y espaciadores (equipos "add-on") usadas con los Inhaladores de Dosis Medida.

VENTAJAS

Reduce la impactación orofaríngea y la pérdida del medicamento
Simplifica la coordinación entre la activación del IDM y la inhalación
Permite el uso del IDM durante un proceso de obstrucción aguda del flujo aéreo con disnea

DESVENTAJAS

Grande y engorroso, comparado con el IDM solo
Requiere un gasto económico adicional
Puede requerir ensamblar algunas piezas
Los errores del paciente incluyen gatillar múltiples puffs en la aerocámara previo a la inhalación, o retraso entre la activación del IDM y la inhalación
Posible contaminación cuando no se realiza una limpieza adecuada



Espaciadores

El uso de un espaciador con IDMs-CFC produce al menos un efecto clínico equivalente al que ocurre al usar sólo el IDM de manera correcta. Un espaciador proporciona un volumen adicional que enlentece la velocidad del aerosol que sale del IDM, permitiendo disminuir el tamaño de la partícula. La retención del aerosol y la dosis entregada depende del tamaño y tipo de espaciador y de la carga electrostática de las paredes internas de los espaciadores plásticos. Los espaciadores disminuyen el depósito oral, pero sólo proporcionan protección limitada contra una mala coordinación mano-respiración. Cuando se usa un espaciador, es importante para el paciente coordinar su inhalación para que ocurra antes de la activación del inhalador. Los espaciadores pueden ser una parte integral de la pieza bucal del IDM (por ejemplo, Azmacort), mientras que

otros requieren la remoción de la canastilla del inhalador desde el activador del fabricante y ubicarlo en un orificio especialmente diseñado en el espaciador (por ejemplo, InspirEase u OptiHaler). Es importante entender que la dosis liberada puede ser afectada en algunos espaciadores si este equipo no es instalado apropiadamente en el IDM o si el espaciador usa un orificio especial o el activador está incorporado en el mismo espaciador. Ocasionalmente, los clínicos o los pacientes fabrican aerocámaras caseras con contenedores plásticos (por ejemplo, una botella de soda) u otros elementos (por ejemplo, rollo de papel higiénico). Estos elementos pueden funcionar como espaciadores, pero su desempeño es variable y no deberían ser considerados como un reemplazo adecuado para un espaciador comercialmente disponible.

Aerocámara con Válvulas:

Una aerocámara con válvula tiene una válvula unidireccional de baja resistencia que le permite a las partículas de aerosol estar contenidas dentro de una cámara por un período de tiempo corto, hasta que un esfuerzo inspiratorio abre la válvula. Aunque la presencia de una válvula unidireccional previene el escape de las partículas de aerosol hasta que comience la inspiración, la dosis de aerosol *óptima* dependerá de si la inhalación se realiza sincronizada con la activación del IDM dentro de la cámara. El tiempo de retraso puede reducir significativamente la dosis disponible para la inhalación desde una aerocámara con válvula. La válvula unidireccional tiene una baja resistencia para que se abra fácilmente con un esfuerzo inspiratorio mínimo. Idealmente, debería haber una señal que proporcione un feedback de si el flujo inspiratorio es (también) alto. Los niños con bajo volumen corriente (menor al espacio muerto del equipo) podrían necesitar realizar varias respiraciones en la aerocámara, a través de una mascarilla facial, para realizar una activación única del IDM. En este caso, la aerocámara con válvula debería incorporar una válvula espiratoria unidireccional para disminuir la re-inhalación. Una aerocámara con válvula y pieza bucal tiene un costo entre US\$15 - US\$20, y un equipo libre de estática con máscara puede llegar a costar más de US\$50- US\$60.

Entrega de medicamento y Técnica:

A pesar que los espaciadores y aerocámaras proporcionan algunos efectos beneficiosos para una entrega óptima del fármaco con un IDM, también hay problemas con el uso de estos equipos (Tabla 14). Una técnica inapropiada puede disminuir la liberación de medicamento o, en algunos casos, causar la pérdida de la dosis. Las posibles causas de disminución de liberación de medicamento incluyen: activaciones múltiples del equipo, carga electrostática, inhalación antes de activar el IDM, o retrasos entre la activación y la inhalación de la dosis. En niños, genera problemas la falta de una máscara apropiada, un espaciador con un volumen mayor al volumen corriente del paciente (espacio muerto) o el llanto. La técnica apropiada se muestra en el RECUADRO TÉCNICO 3.

Cuidados y Limpieza

Las aerocámaras deben ser reemplazadas cuando están dañadas o en mal estado. Esto implica que deben ser inspeccionadas periódicamente por el paciente o el clínico. Los espaciadores plásticos nuevos pueden tener carga

electrostática. Las fuerzas electrostáticas en las paredes del espaciador pueden causar que las partículas se adhieran, disminuyendo la dosis liberada a los pulmones, especialmente cuando hay retraso en la inhalación. El problema de la carga electrostática puede ser generado por una limpieza inadecuada del equipo. La carga electrostática puede reducirse cebando la aerocámara con diversas activaciones del aerosol desde el IDM. Otra forma es lavarlo en una solución diluida en detergente casero (Recuadro técnico 3). El permitir que la aerocámara se seque al aire sin lavar o secar con toalla crea una fina película de detergente que se adhiere a las paredes de la aerocámara, lo que reduce la carga electrostática producida. Actualmente hay comercialmente disponible diversas aerocámaras, con válvulas, plásticas o metálicas, tales como la Vortex (PARI Respiratory Equipment) y la AeroChamber Max (Monaghan Medical).

RECUADRO TÉCNICO 3. *Pasos para el uso correcto del IDM con aerocámara/espaciador.*

Técnica para AeroCámara con Válvulas

1. Calentar el IDM (con la mano).
2. Ensamblar el aparato y chequear si hay objetos extraños.
3. Sacar la tapa de la boquilla del inhalador.
4. Ajustar el IDM al espaciador /aerocámara.
5. Agitar el IDM (3 a 4 veces).
6. Mantener el canister en la posición vertical.
7. Respirar normalmente.
8. Abrir la boca y mantener la lengua obstruyendo la boquilla.
9. Ubicar la boquilla en la boca (o colocar la máscara completamente sobre la nariz y boca).
10. Presionar el canister del IDM una vez y, simultáneamente, respirar lentamente por la boca.
11. Si el equipo produce un "pitido", la inspiración también es rápida.
12. Permitir 15 - 30 segundos entre cada puff.
13. Retirar la boquilla de la boca y mantener la respiración por 10 segundos (o el mayor tiempo que sea confortable)
14. La técnica es levemente distinta para un equipo con bolsa colapsable: Abra la bolsa a su tamaño. Presione el canister del IDM inmediatamente antes de la inhalación e inhale hasta que la bolsa esté completamente colapsada (puede realizar varias respiraciones dentro de la bolsa para consumir el medicamento).
15. La técnica es levemente diferente si se usa una máscara con un paciente pediátrico. Coloque la máscara sobre la nariz y la boca del niño, asegurándose que la máscara se fije cómodamente contra la cara, manteniéndose a nivel de la cabeza del paciente. Mantenga la máscara en su sitio, y presione el inhalador una vez. Mantenga la máscara en su sitio mientras el niño realiza 6 respiraciones normales (6 inhalaciones y exhalaciones). Remover la máscara de la cara del niño.
16. Repetir el procedimiento según el número de dosis prescritas.
17. Lavar la boca si se aplicaron esteroides inhalados.

Limpieza de la Aerocámara (cada 2 semanas o cuando sea necesario)

Equipo rígido:

1. Desarme el equipo para su limpieza.
2. Lave en una solución jabonosa tibia, el enjuague es opcional.
3. Deje secar durante la noche.
4. No seque el espaciador con papel o toalla, ya que esto disminuiría la dosis liberada por efecto de la carga estática.
5. Re-ensamble el espaciador una vez seco.

Equipo de bolsa o colapsable:

1. Desarme el equipo para su limpieza.
2. Remueva la bolsa plástica de la boquilla.
3. La boquilla puede ser lavada con agua tibia.
4. Deje secar durante la noche.
5. Re-ensamble el espaciador una vez seco.
6. La bolsa plástica no debe ser lavada, pero debe ser reemplazada cada 4 semanas o cuando sea necesario.

Inhaladores De Polvo Seco

El primer reporte sobre un inhalador de polvo seco (IPS) es previo a la introducción de los aerosoles presurizados de dosis medida. En 1949, Krasno y Rhoads describen la administración de penicilina en polvo utilizando un dispositivo denominado "Aerohaler" para el tratamiento de infecciones respiratorias particularmente sinusitis. La introducción del "Spinhaler" por la compañía Fisons para la inhalación oral de cromogilcato sódico, tal como la describieran en 1971 Bell, Hartley y Cox, es usualmente citada como el primer IPS de uso clínico y ciertamente puede ser considerado como el primero de toda una sucesión de IPS introducidos hasta la actualidad. La figura 11 enumera los IPS que actualmente están disponibles en el mercado americano. Existen varias revisiones excelentes sobre la evolución de los IPS. (23-25)

La introducción del Spinhaler respondió fundamentalmente a los problemas de coordinación entre el disparo y la inhalación frecuentemente observados con el uso incorrecto de los aerosoles presurizados de dosis medida. Los IPS son activados mediante la inhalación del paciente, lo que asegura una adecuada coordinación entre la liberación de la droga y la inspiración. El Protocolo de Montreal y la discontinuación en los aerosoles presurizados de dosis medida de propelentes fluorocarbonados (CFC) que destruyen la capa de ozono fue otro motivo que impulsó el desarrollo de aerosoles con formulaciones en polvo seco. Las ventajas y desventajas de los IPS se encuentran listadas en la Tabla 15: Estos pro y contra, además de aquellos referidos al diseño de cada dispositivo de inhalación en particular, deben ser considerados cuando se prescribe un IPS a cada paciente en particular y también cuando se evalúa el resultado de su utilización en el tratamiento.

TABLA 15. Ventajas y desventajas de los IPS

VENTAJAS

- Pequeño y portátil
- Contador de dosis incorporado
- No utiliza propelentes
- Activado por la inhalación
- Rápido para preparar y administrar

DESVENTAJAS

- Dependiente del flujo inspiratorio del paciente
- El paciente advierte menos la entrega de la dosis
- Impactación oro-faríngea relativamente alta

Sensible a la humedad

Rango limitado de drogas utilizables

Principios de operación

Los IPS no contienen propelentes y todos los dispositivos actuales son activados con la inspiración del paciente. El esfuerzo inspiratorio del paciente, tanto el flujo como el volumen, son los que proveen la energía para dispersar y entregar la droga en polvo. Todos los IPS tienen una resistencia intrínseca al flujo inspiratorio que difiere entre dispositivos. Por ejemplo, el HandiHaler tiene una resistencia mas elevada que el Turbohaler y ambos poseen una resistencia superior a la del Diskus. La resistencia es la que determina la magnitud del flujo inspiratorio que podrá ser generado a través del dispositivo con un determinado esfuerzo inspiratorio. El flujo inspiratorio genera una caída de presión entre la entrada del dispositivo y la boquilla lo que produce el arrastre del polvo desde el reservorio de la droga (blister o cápsula). El esfuerzo inspiratorio del paciente también disgrega el polvo en partículas finas. Generalmente los flujos inspiratorios altos mejoran el efecto de disgregación, la producción de partículas finas y la entrega de droga al pulmón. No obstante, flujos inspiratorios excesivos pueden incrementar la impactación en la cavidad oral y teóricamente disminuir el depósito pulmonar, aunque para los IPS actuales esto ocurriría a niveles que exceden la capacidad del paciente. (26)

Formulaciones y diseño de los IPS actuales

La tabla 16 es una lista de las formulaciones disponibles en forma de polvo seco. El diseño del dispositivo determinara si este es un IPS de dosis única (cada dosis debe cargarse antes del uso) o multidosis (contiene el total de dosis mensual). La desventaja principal de los IPS de dosis única es la necesidad de cargar la dosis previa a cada uso. Todos los IPS son potencialmente vulnerables a la humedad, la cual puede causar aglomeración del polvo y reducir la disgregación y generación de partículas finas durante la inhalación. No obstante las capsulas y blister generalmente ofrecen una mayor protección contra la humedad respecto a las cámaras reservorio que contienen dosis múltiples. Se ha demostrado que la masa de partículas finas generadas por el Turbohaler (dispositivo con reservorio multidosis) se reduce en presencia de humedad, mientras que la dosis del Diskus (dispositivo multidosis con blister) permanece relativamente sin cambios (27).

TABLA 16 Formulaciones en aerosol de polvo seco disponibles actualmente en los Estados Unidos categorizadas según diseño. Ver texto para la descripción del diseño

Diseño	Dispositivo	Droga	Dosis
Dosis única	Aerolizer	formoterol	cápsula
	HandiHaler	tiotropio	cápsula
Multidosis	Diskus	salmeterol y fluticasona	blister
		salmeterol	
		fluticasona	
	Turbohaler	Budesonida	Reservorio
	Twisthaler	Mometasona	reservorio

Principales limitaciones de los IPS

Dos de las más importantes limitaciones de los IPS son: exposición a la *humedad* y dependencia del *flujo inspiratorio del paciente*. Los IPS deben ser mantenidos secos. Las capsulas ofrecen una mejor protección de la humedad ambiente que puede existir en ambientes tales como la costa marina o los baños de vapor. Diseños como los de Turbohaler o Twisthaler deberían evitarse en tales ambientes o al menos protegerlos de alguna forma. Es fácil mantener al Turbohaler (AstraZeneca) fuera del baño, pero es mas difícil evitar la humedad ambiente si se lo lleva a la playa, se lo mantiene en una casa sin aire acondicionado o se lo deja en el automóvil. Para tales alternativas debería considerarse un IPS con diseño diferente, pero la disponibilidad limitada de drogas en IPS hace difícil la elección. Una de las soluciones podría ser cambiar por algún sistema de aerosol presurizado en dosis medida... Todos los IPS son vulnerables a la introducción de aire exhalado por la boquilla, especialmente cuando el dispositivo ha sido cargado y está listo para ser activado, es decir en el momento en que el polvo está expuesto al ambiente. A los pacientes se les debe advertir que deben primero exhalar fuera del IPS previo a la inhalación del mismo.

Debido a que los IPS dependen de la energía creada a partir de una inspiración forzada, existe la preocupación de que algunos pacientes no sean capaces de generar un adecuado flujo inspiratorio. Esto incluye a niños pequeños y pacientes con obstrucción aguda del flujo aéreo (asma o EPOC). Los IPS no son generalmente recomendados para niños menores a 5 años de edad. Aunque los pacientes con obstrucción aguda al flujo aéreo, incluyendo aquellos con exacerbadón aguda de EPOC, pueden no ser capaces de generar un flujo *óptimo*, por lo general suelen producir flujos *adecuados*. Por ejemplo, se ha visto que un flujo inspiratorio tan bajo como 30 L/min. en niños que utilizan un Turbohaler produce una respuesta broncodilatadora equivalente a la que suele obtenerse con un flujo de 60 L/min. (28). No obstante, flujos inspiratorios muy

bajos resultan en una reducción de la droga entregada, alterando especialmente la generación de partículas finas. En caso de indicarse un IPS, cada paciente debería ser evaluado en función de determinar su capacidad para generar un flujo inspiratorio suficiente.

Uso correcto de un IPS

Los IPS disponibles en los Estados Unidos difieren en su mecanismo de carga y preparación previa a la inhalación. Una excepción son el Turbohaler y el Twisthaler los que tienen similar sistema de operación. Desafortunadamente estas variaciones pueden confundir al paciente respecto al correcto uso de un IPS. El RECUADRO TECNICO 4 describe la técnica correcta para el uso de cada uno de los modelos de IPS. En razón de los parecidos existentes entre las capsulas de los IPS y las de uso oral, deberá instruirse al paciente para que no ingiera cápsulas de IPS.

RECUADRO TECNICO 4. Pasos para el correcto uso de un IPS

Diskus

1. Abra el dispositivo.
2. Mueva la palanca de izquierda a derecha.
3. Exhale normalmente; no hacerlo dentro del dispositivo.
4. Coloque la boquilla en la boca y cierre los labios firmemente alrededor de la misma.
5. Inhale con un flujo rápido y constante mientras se mantiene el dispositivo en posición horizontal.
6. Retire la boquilla de la boca y retenga la inspiración por 10 segundos (o tan largo como resulte cómodo).
7. Exhale fuera del dispositivo.
8. Guarde el dispositivo en un lugar fresco y seco.
9. Observe en el contador las dosis que quedan y reemplacelo cuando no queden.

Turbohaler

1. Quite la tapa
2. Mantenga el inhalador en posición vertical (boquilla hacia arriba).
3. Gire la base hacia la derecha y luego a la izquierda hasta escuchar el klik.
4. Exhale normalmente; no hacerlo dentro del dispositivo.
5. Coloque la boquilla en la boca y cierre los labios firmemente alrededor de la misma.

6. Inhale con un flujo rápido y constante mientras se mantiene el dispositivo en posición horizontal.
7. Retire la boquilla de la boca y retenga la inspiración por 10 segundos (o tan largo como resulte cómodo).
8. Exhale fuera del dispositivo.
9. Coloque nuevamente la tapa
10. Guarde el dispositivo en un lugar fresco y seco.
11. Cuando aparezca la marca roja en la parte superior de la ventana de indicador de dosis, esto estará indicando que quedan 20 dosis.
12. Cuando la marca roja alcance la parte inferior de la ventana el Turbohaler estará vacío y deberá ser reemplazado.

Aerolizer

1. Quite la tapa
2. Tome la base del inhalador y gire la boquilla en sentido antihorario
3. Retire una capsula del blister inmediatamente antes de usarla; no guardar cápsulas dentro del Aerolizer.
4. Coloque la cápsula en la cámara de la base del inhalador
5. Tome la base del inhalador y gírelo en sentido horario para cerrar.
6. Oprima simultáneamente ambos botones para perforar la cápsula.
7. Mantenga la cabeza en posición erguida.
8. Exhale normalmente; no hacerlo dentro del dispositivo.
9. Mantenga el dispositivo horizontal, con los botones a derecha e izquierda.
10. Coloque la boquilla en la boca y cierr los labios firmemente alrededor de la misma.
11. Inhale tan rápido y profundo como sea posible.
12. Retire la boquilla de la boca y retenga la inspiración por 10 segundos (o tan largo como resulte cómodo).
13. No exhale dentro del dispositivo.
14. Abra la cámara y examine la cápsula; en caso de que quede polvo remanente se deberá repetir el proceso de inhalación.
15. Luego de usar, retire la cápsula y descártela.
16. Cierre la boquilla y coloque la tapa
17. Guarde el dispositivo en un lugar fresco y seco.

HandiHaler

1. Abra el blister de aluminio y retire la cápsula inmediatamente antes de usar el HandiHaler, no guarde cápsulas en el dispositivo.
2. Abra la tapa tirando de la misma hacia arriba.
3. Abra la boquilla.
4. Coloque la cápsula en la cámara central.
5. Cierre firmemente la boquilla hasta escuchar un clic; Deje la tapa abierta.
6. Tome el HandiHaler con la boquilla hacia arriba.
7. Presione el botón perforador una vez y suelte; esto producirá orificios en la capsula y permitirá que la medicación sea liberada cuando se la inhale.
8. Exhale normalmente; no hacerlo dentro de los labios firmemente alrededor de la misma.
9. Mantenga la cabeza en posición erguida.
10. Inspire con un flujo suficiente como para escuchar la cápsula vibrar hasta que los pulmones estén llenos.
11. Retire la boquilla de la boca y retenga la inspiración por 10 segundos (o tan largo como resulte cómodo).
12. No exhale dentro del dispositivo.
13. Repita otra inhalación con el HandiHaler.
14. Abra la boquilla y descarte la cápsula utilizada
15. Cerrar la boquilla y la tapa.

Twisthaler

1. Mantenga el inhalador derecho con la porción rosa (base) hacia abajo
2. Retire la tapa manteniendo la posición anterior para asegurarse que sea dispensada la dosis correcta.
3. Tome la base rosa y rote la tapa en sentido antihorario para retirarla.
4. Al retirar la tapa, el contador de dosis en la base contabilizará una menos: Esta acción cargará la dosis
5. Controle que la flecha ubicada en la porción blanca (directamente encima de la base rosa) apunte al contador de dosis.
6. Exhale normalmente; no hacerlo dentro del dispositivo.
7. Coloque la boquilla en la boca y cierre los labios firmemente alrededor de la misma.
8. Inhale la dosis con un flujo rápido y estable manteniendo el Twisthaler horizontal.

9. Retire la boquilla de la boca y retenga la inspiración por 5 a 10 segundos (o tan largo como resulte cómodo).
10. No exhale dentro del dispositivo
11. Coloque la tapa en forma inmediata y rote en sentido horario, presionar levemente hasta escuchar un clic.
12. Cierre firmemente el Twisthaler para asegurar que la siguiente dosis se haya cargado apropiadamente
13. Controle que la flecha esté alineada con la ventana del contador de dosis.
14. Guarde en un sitio fresco y seco.
15. El contador de dosis muestra la cantidad de dosis remanentes. Cuando la unidad muestre 01, estará indicando la última dosis disponible. Cuando el contador muestre 00 el inhalador deberá ser descartado.

No limpiar el IPS

El inhalador de polvo seco no debe ser limpiado.

Es importante mantener el dispositivo seco, ya que la humedad disminuye la entrega de droga. Si fuese necesario, la boquilla puede ser limpiada con un paño seco.

CRITERIO DE SELECCIÓN DE UN DISPOSITIVO DE AEROSOL TERAPIA

Se ha demostrado que los tres tipos de dispositivos de aerosol tienen efectos clínicos equivalentes, si son utilizados correctamente por el paciente.

Las siguientes preguntas pueden ser usadas para ayudar en la selección un inhalador para la entrega de medicamentos en aerosol.²⁹

1. ¿En qué dispositivos está disponible la droga deseada? Una lista de formulaciones comunes, está disponible actualmente en varios inhaladores de los Estados Unidos, se muestra en la Tabla 3. Desgraciadamente, en algunos casos, la formulación se encuentra disponible únicamente con un tipo de inhalador. Por ejemplo, un broncodilatador de acción prolongada no está disponible como una solución nebulizadora y un broncodilatador de acción corta está disponible como un IPS. Cuando hay una elección de un inhalador, el médico debería tratar de coincidir con la droga y el dispositivo con las necesidades del paciente.
2. ¿Qué dispositivo puede ser capaz de utilizar el paciente correctamente, dada la edad del paciente y el ámbito clínico? El Dispositivo de selección debe estar guiada por la edad del paciente (Tabla 4) y su habilidad.
3. Para cual dispositivo y combinación de drogas existe disponible un reembolso? Esto se convierte en una cuestión importante, especialmente para los pacientes con un ingreso fijo. Con todos los demás factores iguales, una combinación de fármaco / dispositivo, debe seleccionarse la que produce menos gasto de bolsillo para el paciente.
4. Que Dispositivos son los menos costosos? Los costos de los medicamentos inhalados varían ampliamente (Tabla 3). Con la igualdad de todos los demás factores, un combinación de fármaco / dispositivo debe seleccionarse el menos costoso.
5. ¿Todos los tipos de fármacos inhalados que se prescriben para el paciente en el asma y EPOC (por ejemplo, β -agonistas de acción corta, corticosteroides, anticolinérgicos, y β -agonistas de acción prolongada) pueden ser entregados con el mismo tipo de dispositivo (por ejemplo, con nebulizador, IDM accionado manualmente, IDM con espaciador / aerocámara, o con un dispositivo accionado por la respiración (MDI- accionado por respiración o IPS])? Utilizando el mismo tipo de dispositivo para todos los medicamentos inhalados pueden facilitar la enseñanza de los pacientes y y disminuir la posibilidad de confusión entre los dispositivos que requieren diferentes técnicas de inhalación.

6. ¿Qué dispositivos son los más convenientes para el paciente, para la familia (uso ambulatorio), o para el personal médico (cuidos de pacientes agudos) a utilizar, dado el tiempo necesario para la administración de fármacos y la limpieza del dispositivo, y la portabilidad del dispositivo? Con todos los demás factores constantes, se debe seleccionar el dispositivo más conveniente. La portabilidad del dispositivo es importante para pacientes ambulatorios, y el tiempo para la administración de los medicamentos es importante tanto para los pacientes ambulatorios y hospitalizados.

7. ¿Cuánto de duradero es el dispositivo? El dispositivo debe ser suficientemente robusto para soportar los rigores de tratamiento y limpieza diaria.

8. ¿El paciente o el médico tiene ningún dispositivo específico de preferencias? Todo lo demás igual, la preferencia del paciente y el médico deben guiar la selección de dispositivo.

EDUCACIÓN AL PACIENTE

Son varios los problemas que ocurren con los pacientes que usan dispositivos de aerosoles y conocerlos puede ayudar al terapeuta respiratorio para instruir mejor al paciente, y pueden también conducir al terapeuta en la evaluación de un paciente, quien no maneja las enfermedades de las vías aéreas. Tanto la pobre *adherencia* a la prescripción de la aerosolterapia o los *errores en el uso de los dispositivos de aerosoles* pueden reducir la efectividad de la terapia inhalatoria. Ambas áreas problemáticas deberían ser evaluadas y si es posible, descartadas en un paciente antes que se realicen otros cambios en el manejo de su enfermedad.

Adherencia del paciente

Un problema general con el uso de medicamentos inhalados es la adherencia del paciente con su prescripción, aunque este problema no solo es para las drogas inhaladas. La adherencia está referida a la elección del paciente a seguir la terapia prescrita, mientras que “complacencia”, implica el seguimiento de las indicaciones y pasividad por parte del paciente.

Hay distintos caminos para monitorear la adherencia del paciente con prescripción de aerosolterapia, tales como una entrevista del proveedor, reportes hechos por el paciente, conteo de las dosis y dispositivos electrónicos de monitoreo adjuntos a los inhaladores. Los dispositivos de monitoreo adjuntos a los equipos para inhalación son considerados los más seguros y objetivos. En un estudio, los reportes diarios de pacientes, mostraron una media de uso de β agonistas del 78%, mientras que los datos reportados desde un monitor electrónico de IDM reportó solo el 48% ⁽³⁰⁾. Los terapeutas deben estar atentos debido a que los pacientes tienden a sobreestimar el uso de drogas inhaladas comparado con los datos obtenidos de los dispositivos de monitoreo. El fallo en la adherencia a la terapia prescrita se puede categorizar como “no intencional” o “intencional”. La tabla 17 muestra una lista de ambos tipos de no-adherencia con definiciones y ejemplos ⁽³¹⁾.

Tabla 17. Tipos generales de no adherencia a la prescripción de aerosolterapia y factores potenciales que pueden predisponer en cada tipo. (De la referencia 31, con permiso).

No intencional – no haber entendido la terapia correctamente.-

Régimen de drogas prescrito malentendido (pobre comunicación doctor – paciente).

Técnica incorrecta de dispositivo de aerosol.

Barreras idiomáticas.

Intencional – Entendimiento de la terapia sin adherencia correcta-

Creencias del paciente:

Realmente no requiere medicación regularmente.

No está realmente enfermo.

Llamar la atención de los padres, quedarse en el hogar (niños).

Medicación demasiado costosa.

Preocupación por los efectos colaterales.

Percibir que la medición carece de efecto.

Olvido

Estilo de vida ocupado y estresado.

Régimen de aerosoles exigente, complejo.

Factores psicológicos, Ej.: depresión.

Nótese que uno de los ejemplos de no-adherencia no intencional es la técnica incorrecta en el uso del dispositivo, la cual puede ser corregida a través del entrenamiento del paciente. Hoy en día, no hay inhaladores perfectos, a prueba de fallas o a prueba de errores. El IDM es reconocido como un inhalador dificultoso para el uso de los pacientes y las aerocámaras y los espaciadores fueron introducidos para intentar minimizar este problema. Los IPS fueron introducidos también, en parte, con la finalidad de que su uso sería más simple que con los IDM.

Los nebulizadores son probablemente el tipo de inhaladores más simples para ser utilizados por el paciente, si nosotros asumimos que el montaje no es un problema. Sin embargo puede haber dificultades con todos los tipos de dispositivos para inhalar. En la tabla 18 hay una lista de los errores comunes que pueden ocurrir con cada tipo de dispositivo.

Tabla 18. Problemas comunes, desventajas y errores con cada tipo de inhalador.

Inhaladores de dosis medida

Errores en la técnica

Fallo en coordinar la aplicación del IDM durante la inhalación.

Mantener la respiración durante un periodo demasiado corto después de la inhalación.

Un flujo inspiratorio demasiado rápido.

Agitación inadecuada / mezclar antes de usar.

Discontinuación abrupta de la inspiración cuando el aerosol impacta la faringe (efecto Freón frío).

Aplicación del IDM a capacidad pulmonar total.

Disparar el IDM varias veces durante una misma respiración.

Disparar el IDM dentro de la boca pero inspirando por la nariz.

Exhalar durante la aplicación.

Poner inadecuadamente el inhalador en la boca.

Sostener el dispositivo (*canister*) en la posición equivocada.

Fallo al remover la tapa antes del uso.

Uso excesivo del IDM más allá de la capacidad nominal. (Pérdida del conteo de la dosis).

Desperdicio de dosis restantes.

Que el paciente carezca del adecuado entrenamiento para el uso de IDM.

Deterioro cognitivo de los usuarios.

Carecer de la adecuada fuerza o flexibilidad para activar el IDM.

Dispraxia ideomotora.

Aerocámaras / Espaciadores

Ensamble incorrecto del dispositivo.

Falla al remover la carga electrostática en muchas aerocámaras y espaciadores, las cuales pueden disminuir la dosis emitida en nuevas aerocámaras y espaciadores.

Demora prolongada entre la activación del IDM y la inhalación desde la aerocámara o el espaciador.

Inhalar demasiado rápido.

Disparos múltiples dentro de la aerocámara / espaciador antes de inhalar.

Que el paciente carezca de instrucciones para el armado o el uso.

Inhaladores de polvo seco

Errores en la técnica

No sostener correctamente el dispositivo, mientras se carga la dosis.

Exhalar a través de la pieza bucal.

No exhalar el volumen residual antes de inhalar.

No inhalar fuertemente.

No realizar o realizar inadecuadamente la pausa inspiratoria.

Exhalar dentro de la pieza bucal después de inhalar.

Usar un diseño de reservorio de dosis múltiples (ej: Turbuhaler) en un ambiente muy húmedo, lo cual reduce la dosis de partícula fina.

Que el paciente carezca de instrucciones para el armado o el uso.

Nebulizadores

Falla en armar apropiadamente el equipo.

Derrame de la dosis por inclinación en algunos nebulizadores.

Falla en mantener la pieza bucal en la boca durante la nebulización.

Falla en respirar por la boca.

Errores comunes del paciente con los IDM.

Aunque la coordinación mano – respiración con un IDM, ha sido largamente reconocida como un problema, hay un número de otros potenciales errores que un paciente puede cometer cuando usa un IDM. (Tabla 18).

El fallo en agitar un IDM antes de cada uso puede interferir en la correcta liberación de la droga. Fallar en cebar un IDM también puede afectar la correcta liberación de la droga. Un problema muy práctico y un inconveniente real para los usuarios es carecer de un contador de dosis que indique cuando el IDM está vacío. Los contadores de dosis están disponibles comercialmente, pero esto involucra la compra adicional de otro elemento. En una encuesta, el 72% dijo que ellos continuaban usando su IDM hasta que no hubiese sonido cuando éste era aplicado. Un IDM puede continuar produciendo aerosol con el propelente, con poca o ninguna droga, si este es aplicado más allá de su capacidad nominal, si es de 120 o 200 disparos. Los terapeutas deben instruir a los pacientes en el seguimiento del número de dosis restantes en el IDM. (Tabla 13).

Errores comunes del paciente con aerocámaras / espaciadores.

Los errores comunes que pueden ocurrir con aerocámaras / espaciadores también están enlistados en la Tabla 18. El incorrecto armado de aerocámaras / espaciadores es un problema potencial. Muchos pacientes creen erróneamente que la pausa antes de inhalar desde la aerocámara/espaciador después que el IDM es disparado no tiene efecto sobre la entrega de la dosis. Esta técnica puede causar una reducción en la disponibilidad de la droga. La técnica ideal es colocar la pieza bucal entre los labios y tomar una inhalación lenta y profunda comenzando cuando el IDM es disparado. La dosis disponible también puede reducirse si se realizan múltiples disparos dentro de la aerocámara/ espaciador durante una misma inhalación. La carga electroestática está presente sobre las paredes de una nueva aerocámara/espaciador plástica, la cual puede ser removida por un prelavado con un detergente iónico o por la aplicación de 10 0 20 disparos del IDM a través de la cámara. Una alternativa es la compra de una aerocámara/ espaciador no electroestática.

Errores comunes del paciente con inhaladores de polvo seco

Han sido identificados también, problemas en pacientes con el uso de IPS (Tabla 18). La cantidad de errores, definidos como la falla al realizar correctamente algún paso esencial, han mostrado ser similares para IDM y para IPS (Aerolizer, Turbuhaler y Diskus).³⁴ Uno de los aspectos desafortunados de los IPS es que los modelos disponibles actualmente en los Estados Unidos, tienen todos algún diseño diferente. Ellos lucen diferentes y hay diferencias en los detalles de disparo y carga de los IPS. Uno de los errores principales radica en la falla en sostener el dispositivo correctamente, lo cual es un aspecto de la carga y del disparo del dispositivo para su uso.

Errores comunes del paciente con nebulizadores de pequeño volumen.

Los problemas usuales citados con los NVP no son problemas del uso del paciente, sino más bien desventajas generales con este tipo de dispositivo para aerosol (Tabla 18). Las desventajas incluyen el tamaño del equipo, la necesidad de una fuente externa de energía (gas comprimido o electricidad) y tiempos prolongados de tratamiento. Sin embargo, de todos los dispositivos para inhalación, los nebulizadores son los más simples para el uso del paciente. Una respiración corriente normal y 60 – 90 inhalaciones (con la mayoría de los dispositivos) para inhalar el aerosol. La nueva tecnología de los nebulizadores esta dirigida a reducir el tamaño de estos dispositivos, eliminar la necesidad de una fuente externa de energía, proveer tiempos más cortos de tratamiento y eliminar la pérdida de droga durante la exhalación.

Instruyendo y evaluando al paciente en el uso de los inhaladores

Actualmente existe una gran variedad de dispositivos de inhalación de aerosoles y modos de operarlos, incluso dentro de una misma categoría (ej.: inhaladores de polvo seco). Es por esta razón que pueden generarse una serie de errores y confusión respecto a su correcta utilización.

Con el fin de asegurar un uso correcto de estos dispositivos se recomienda seguir los siguientes pasos:

El terapeuta deberá revisar cuidadosamente las instrucciones y practicar en sí mismo con un dispositivo placebo antes de enseñar la técnica a otros.

Demostrar al paciente el ensamblaje y el uso correcto del dispositivo usando una lista de cotejo.

Entregar al paciente instrucciones por escrito sobre cómo usar el dispositivo incluyendo un plan, también escrito, sobre el uso de la medicación con una frecuencia de administración basada en síntomas.

Hacer practicar al paciente con el dispositivo y observar como lo hace.

Controlar el uso del dispositivo cada vez que el paciente regrese a una visita.

Controlar en cada visita que el paciente comprenda correctamente las instrucciones sobre la medicación inhalada (cuándo usarla, propósito de la droga, frecuencia de administración).

Sospechar uso incorrecto del dispositivo o poca adherencia al tratamiento en caso de falta de control de los síntomas.

Los terapeutas respiratorios son los únicos profesionales de la salud que reciben educación formal sobre el uso de aerosolterapia y a quienes se evalúa respecto a su competencia en la materia. Por lo tanto le incumbe totalmente a un terapeuta respiratorio tener un sólido conocimiento sobre el uso de los muchos dispositivos para aerosolterapia disponibles en la actualidad. El terapeuta deberá también ser capaz de enseñar al paciente como utilizar estos dispositivos correctamente. Una correcta instrucción del paciente en el uso de estos dispositivos agrega valor al terapeuta respiratorio y mejora los resultados del tratamiento.

Resumen

Los terapeutas respiratorios son los únicos profesionales de la salud que reciben extensa enseñanza convencional en aerosolterapia y quienes son evaluados por su competencia en esta terapia. Así corresponde a los terapeutas respiratorios tener el conocimiento sobre el uso de los muchos dispositivos de entrega de aerosol disponibles hoy. Por otra parte, el terapeuta respiratorio debe poder enseñar a pacientes cómo utilizar estos dispositivos correctamente. La instrucción correcta del paciente en el uso de estos dispositivos agrega valor para el terapeuta respiratorio y mejora los resultados en los pacientes.

Referencias

1. Newman SP, Pavia D, Morén F, Sheahan NF, Clarke SW. Deposition of pressurized aerosols in the human respiratory tract. *Thorax* 1981;36:52-55.
2. Newman SP, Woodman G, Clarke SW, Sackner MA. Effect of InspirEase on the deposition of metered-dose aerosols in the human respiratory tract. *Chest* 1986;89:551-556.
3. Lewis RA, Fleming JS. Fractional deposition from a jet nebulizer: how it differs from a metered-dose inhaler. *Br J Dis Chest* 1985;79:361-367.
4. Newman SP, Hollingworth A, Clark AR. Effect of different modes of inhalation on drug delivery from a dry powder inhaler. *Int J Pharm* 1994;102:127-132.
5. Mestitz H, Copland JM, McDonald CF. Comparison of outpatient nebulized vs metered-dose inhaler terbutaline in chronic airflow obstruction. *Chest* 1989;96:1237-1240.
6. Raimondi AC, Schottlender J, Lombardi D, Molfino NA. Treatment of acute severe asthma with inhaled albuterol delivered via jet nebulizer, metered-dose inhaler with spacer, or dry powder. *Chest* 1997;112:24-28.
7. Dulfano MJ, Glass P. The bronchodilator effects of terbutaline: route of administration and patterns of response. *Ann Allergy* 1976;37:357-366.
8. Rau JL Jr. Respiratory care pharmacology, 6th ed. St. Louis: Mosby; 2002: 39; Fig. 3-3.
9. Stahlhofen W, Gebhart J, Heyder J. Experimental determination of the regional deposition of aerosol particles in the human respiratory tract. *Am Ind Hyg Assoc J* 1960;41:385-396.
10. National Asthma Education and Prevention Program, Expert Panel II: Guidelines for the diagnosis and management of asthma, Bethesda, MD; 1997. National Institutes of Health.
11. Hess D, Fisher D, Williams P, Pooler S, Kacmarek RM. Medication nebulizer performance. Effects of diluent volume, nebulizer flow, and nebulizer brand. *Chest* 1996;110:498-505.
12. American Association for Respiratory Care. AARC Clinical Practice Guideline: Selection of a device for delivery of aerosol to the lung parenchyma. *Respir Care* 1996;41:647-653.
13. Chatburn RL, Kallstrom TJ, Bajaksouzian S. A comparison of acetic acid with a quaternary ammonium compound for disinfection of hand-held nebulizers. *Respir Care* 1988;88:179-187.
14. Freedman T. Medihaler therapy for bronchial asthma: a new type of aerosol therapy. *Postgrad Med* 1956;20:667-673.
15. Newman SP. Aerosol deposition considerations in inhalation therapy. *Chest* 1985;88(Suppl):152S-160S.
16. Melchor R, Biddiscombe MF, Mak VHF, Short MD, Spiro SG. Lung deposition patterns of directly labelled salbutamol in normal subjects and in patients with reversible airflow obstruction. *Thorax* 1993;48:506-511.
17. Farr SJ, Rowe AM, Rubsamen R, Taylor G. Aerosol deposition in the human lung following administration from a microprocessor controlled pressurized metered-dose inhaler. *Thorax* 1995;50:639-644.
18. Leach CL. The CFC to HFA transition and its impact on pulmonary drug development. *Respir Care* 2005;50:1201-1206.
19. Busse WW, Brazinsky S, Jacobson K, Stricker W, Schmitt K, Vanden Burgt J, et al. Efficacy response of inhaled beclomethasone dipropionate in asthma is proportional to dose and is improved by formulation with a new propellant. *J Allergy Clin Immunol* 1999;104:1215-1222.

20. Fink JB, Rubin BK. Problems with inhaler use: a call for improved clinician and patient education. *Respir Care* 2005;50:1360-1374.
21. Hanania NA, Wittman R, Kesten S, Chapman KR. Medical personnel's knowledge of and ability to use inhaling devices: metered-dose inhalers, spacing chambers, and breathactuated dry powder inhalers. *Chest* 1994;105:111-116.
22. Lee-Wong M, Mayo PH. Results of a programme to improve house staff use of metered-dose inhalers and spacers. *Postmed Grad J* 2003;79:221-225.
23. Newman SP. Dry powder inhalers for optimal drug delivery. *Expert Opin Biol Ther* 2004;4:23-33.
24. Newman SP, Busse WW. Evolution of dry powder inhaler design, formulation, and performance. *Respir Med* 2002;96:293-304.
25. Chan H. Dry powder aerosol delivery systems: current and future research directions. *J Aerosol Med* 2006; 19:21-27.
26. Borgström L. On the use of dry powder inhalers in situations perceived as constrained. *J Aerosol Med* 2001;14:281-287.
27. Fuller R. The Diskus: a new multi-dose powder device—efficacy and comparison with Turbuhaler. *J Aerosol Med* 1995;8 Suppl 2:S11-S17.
28. Pedersen S, Hansen OR, Fuglsang G. Influence of inspiratory flow rate upon the effect of a Turbuhaler. *Arch Dis Child* 1990;65:308-310.
29. Dolovich MB, Ahrens RC, Hess DR, Anderson P, Dhand R, Rau JL, Smaldone GC, Guyatt G. Device selection and outcomes of aerosol therapy: evidence-based guidelines. *Chest* 2005;127:335-371.
30. Milgrom H, Bender B, Ackerson L, Bowry P, Smith B, Rand C. Noncompliance and treatment failure in children with asthma. *J Allergy Clin Immunol* 1996;98:1051-1057.
31. Rau JL. Determinants of patient adherence to an aerosol regimen. *Respir Care* 2005;50:1346-1356.
32. McFadden ER Jr. Improper patient techniques with metered-dose inhalers: clinical consequences and solutions to misuse. *J Allergy Clin Immunol* 1995;96:278-283.
33. Wildhaber JH, Devadason SG, Eber E, Hayden MJ, Everard ML, Summers QA, LeSouëf PN. Effect of electrostatic charge, flow, delay and multiple actuations on the in vitro delivery of salbutamol from different small volume spacers for infants. *Thorax* 1996;51:985-988.
34. Melani AS, Zanchetta D, Barbato N, Sestini P, Cinti C, Canessa PA, Aiolfi S, Neri M. Inhalation technique and variables associated with misuse of conventional metered-dose inhalers and newer dry powder inhalers in experienced adults. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2004;93:439-446.
35. Rubin BK. What does it mean when a patient says, "My asthma medication is not working?" *Chest* 2004;126:972-981.

Lectura Adicional

Lo último que ha sido publicado sobre conferencias de procedimientos en dispositivos y equipamiento de aerosol en la RESPIRATORY CARE en los últimos 5 años:

Liquid Nebulization: Respiratory Care, November and December, 2002.

Metered-Dose Inhalers and Dry Powder Inhalers: Respiratory Care, September and October, 2005.

Otros artículos de revisión de la RESPIRATORY CARE:

Rau JL. Inhaled adrenergic bronchodilators: historical development and clinical application. *Respir Care* 2000;45(7):854-863.

Rau JL. Practical problems with aerosol therapy in COPD. *Respir Care* 2006;51(2):158-172.

Rau JL. The inhalation of drugs: advantages and problems. *Respir Care* 2005;50(3):367-382.

Guías Basadas en Evidencia:

Dolovich MB, Ahrens RC, Hess DR, Anderson P, Dhand R, Rau JL, Smaildone GC, Guyatt G; American College of Chest Physicians; American College of Asthma, Allergy, and Immunology. Device selection and outcomes of aerosol therapy: Evidence-based guidelines: American College of Chest Physicians/American College of Asthma, Allergy, and Immunology. *Chest* 2005; 127(1):335-371.

Ram FSF, Wright J, Brocklebank D, et al. Systematic review of clinical effectiveness of pressurised metered-dose inhalers versus other hand held inhaler devices for delivering beta2-agonists bronchodilators in asthma. *BMJ* 2001;323:901-905.

Ram FS, Brocklebank DM, Muers M, et al. Pressurised metered-dose inhalers versus all other hand-held inhalers devices to deliver bronchodilators for chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev* (database online). Issue 1, 2002.

Ram FS, Brocklebank DM, White J, et al. Pressurised metered-dose inhalers versus all other hand-held inhaler devices to deliver beta2 agonist bronchodilators for non-acute asthma. *Cochrane Database Syst Rev* (database online). Issue 1, 2002.