

UTILIZACIÓN DE LOS NEBULIZADORES EN LA PRÁCTICA MÉDICA

F. Marín Sánchez.

Servicio de Neumología. Hospital Universitario "Virgen de la Victoria". Málaga.

Se define un aerosol como la suspensión de pequeñas partículas líquidas o sólidas en un gas. La inhalación de estas partículas con fines terapéuticos es lo que denominamos aerosolterapia.

El éxito de la vía inhalatoria en el tratamiento de las enfermedades respiratorias, en particular el asma y la EPOC, se fundamenta en ofrecer una velocidad de acción igual o superior a la de la vía intravenosa. Además los medicamentos inhalados producen mínimos efectos secundarios debido a los menores niveles plasmáticos que alcanzan.

La Encuesta Europea sobre Asma de 1992, mostró una amplia variación sobre el uso de nebulizadores en las enfermedades de la vía aérea. Estas variaciones reflejan probablemente, por un lado, una falta de datos sobre la idoneidad del tratamiento nebulizador en cada caso y por otro las escasez de publicaciones acerca de las indicaciones y forma de utilización de estos aparatos, que además son poco conocidos por los facultativos responsables de su prescripción.

DEPÓSITO DE PARTÍCULAS EN LA VÍA AÉREA

- Impactación por inercia: mecanismo básico de depósito de las partículas con diámetro superior a 5 micras, que lo hacen preferentemente en la tráquea, grandes bronquios y sus bifurcaciones (y la orofaringe).
- Sedimentación por gravedad: mecanismo por el que se depositan en la vía aérea pequeñas y en la región alveolar, las partículas cuyo tamaño está comprendido entre 1 y 5 micras.
- Difusión browniana: las partículas con diámetro inferior a una micra se mueven erráticamente por la vía aérea y muchas de ellas son exhaladas con la espiración. Son de escaso interés en el tema que nos ocupa.

DEPÓSITO DE UN AEROSOL EN EL ÁRBOL RESPIRATORIO: CONDICIONANTES PRINCIPALES

- Cantidad de "aerosol" que produce el generador de aerosoles y características de las partículas. El factor más influyente en el depósito de las partículas de un aerosol es su tamaño. Para el tratamiento tópico las partículas más interesantes son las que tienen un tamaño entre 0,5 y 5 micras. El rango respirable es el porcentaje de la masa de un aerosol contenida en partículas menores de 5 micras. Así cuanto mayor sea el rango respirable de un aerosol mayor será su eficacia.
- Patrón ventilatorio del paciente: ha sido demostrado que con una respiración lenta y profunda se alcanza un depósito mayor de partículas en las vías aéreas que con respiraciones forzadas o superficiales.
- Patología de la vía aérea: la EPOC es la patología que influye de forma más negativa en el depósito pulmonar de partículas de un aerosol, sobre todo si se asocia a neumonía.
- Técnica de inhalación por parte del enfermo: cuando el paciente no realiza adecuadamente la técnica completa de inhalación específica acorde con el sistema empleado, disminuyen las posibilidades de que se deposite suficiente cantidad de medicamento en su vía aérea y por tanto, el efecto terapéutico del fármaco.

NEBULIZADORES

Son aparatos que rompen la tensión superficial de los líquidos y generan partículas de aerosol de diferentes tamaños creando una "fina niebla". La función del nebulizador consiste en obtener partículas de tamaño inferior a 5 micras de diámetro, que se introducen lentamente en las zonas más distales de la vía aérea al ser aspirados.

Recibido: 30 de noviembre de 2004. Aceptado: 6 de diciembre de 2004.

Correspondencia:
Francisco Marín Sánchez
Avda. de la Solidaridad, 7
Alhaurín de la Torre
29130 Málaga
fran1283@separ.es

Aunque se emplea el término general de nebulizador, normalmente incluye la combinación de la cámara nebulizadora, el compresor, los tubos de conexión y la máscara facial o boquilla.

Hay dos tipos de nebulizadores: Los neumáticos o de chorro (tipo yet) y los ultrasónicos. Los neumáticos precisan para su funcionamiento una fuente suministradora de gas (bombona de oxígeno ó de aire comprimido, ó un compresor eléctrico); y los ultrasónicos requieren electricidad, producen partículas más pequeñas, pero son más caros y menos robustos, por lo que apenas se utilizan en terapias domiciliarias.

Funcionamiento del nebulizador tipo neumático o de chorro

El gas de una bombona de oxígeno, un chorro continuo de aire o un compresor eléctrico, impacta a alta velocidad, con una fina capa de líquido y la fracciona en pequeñas gotas de diversos tamaños. Dicho gas penetra en la cámara del nebulizador (donde está el líquido a aerosolizar) y pasa por un orificio estrecho (Venturi), esto genera un vacío que hace que el líquido sea succionado hacia arriba (por el efecto Bernoulli) por un tubo capilar, que está cercano a la entrada del aire y que comunica con el líquido de la cámara del nebulizador. El líquido succionado se fracciona en gotitas de diferentes tamaños por la acción del gas y las partículas más pequeñas son liberadas de forma continua desde la cámara nebulizadora hacia el paciente.

Funcionamiento del nebulizador ultrasónico

Utilizan un cristal piezoeléctrico que vibra rápidamente para generar las partículas de aerosol. La vibración ultrasónica de alta frecuencia creada por el cristal, se transmite hacia la superficie de la solución del medicamento, donde se forman ondas que son las encargadas de producir el aerosol. El tamaño de las partículas obtenidas, es inversamente proporcional a la frecuencia de las vibraciones producidas por el transductor. No permiten nebulizar algunos fármacos, tales como antibióticos, Dnasa o corticoides.

Los nebulizadores generan aerosoles de forma continua, por ello al menos el 50% de la medicación se pierde durante la fase espiratoria. Se han desarrollado algunos sistemas con los que la nebulización sólo se produce durante la fase inspiratoria, con el consiguiente ahorro de medicamento.

¿CÓMO UTILIZAR UN NEBULIZADOR? FACTORES QUE AFECTAN A SU RENDIMIENTO

La liberación de partículas que produce un nebulizador está determinada por la combinación de una serie de factores:

- Diseño de la cámara de nebulización.
- Flujo del gas conductor y características del compresor.
- Volumen de llenado del medicamento al comienzo de la nebulización.
- Viscosidad y concentración de la solución del medicamento.
- Volumen residual de la solución.
- Tiempo de administración.

– No es aconsejable escoger una cámara y un compresor al azar. Lo que se intenta es acoplar un compresor y un nebulizador de manera que tengan un rendimiento lo más perfecto posible. Para facilitar dicha elección el fabricante del nebulizador debería aportar los siguientes datos: tasa de flujo en el nebulizador (que es la tasa de flujo de gas que activa la cámara nebulizadora); tasa de flujo del propio compresor (que a menudo es bastante alta); volumen residual; volumen máximo de llenado; volumen de salida del medicamento a los 5 y 10 minutos (es la cantidad real de medicamento que se libera durante la nebulización) y finalmente el porcentaje de partículas de aerosol menores de 5 micras que produce. Respecto al compresor, se debería dar información sobre su tamaño y peso, los niveles de ruido que genera, y las normas para su uso.

Por todo ello se recomienda que en la elección final del equipo compresor-nebulizador intervenga personal médico del servicio de neumología y no que tal decisión sea tomada aisladamente por el departamento de compras del hospital.

– El flujo de gas es el parámetro más importante en el funcionamiento de los nebulizadores. El aumento de flujo de gas o la amplitud de la vibración en los nebulizadores ultrasónicos, incrementa la salida de medicamento, reduce el tamaño de las partículas y disminuye el tiempo de nebulización. Aunque el flujo óptimo dependerá del nebulizador y del medicamento a administrar, se considera que se sitúa entre 6 y 10 litros/minuto; puesto que con ello se consigue que el 50% de las partículas aerosolizadas tengan un diámetro menor de 5 micras.

En los pacientes con crisis severa de asma se aconseja utilizar el oxígeno como fuente de gas para nebulizar, si existe hipoxemia. En el resto de los pacientes con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas debe usarse aire comprimido, pues el oxígeno podría facilitar la retención de dióxido de carbono.

– El volumen mínimo inicial de llenado (volumen de solución de medicamento que se pone inicialmente en la cámara nebulizadora) está determinado por la cantidad de volumen residual de la cámara del nebulizador (volumen de solución que queda en la cámara del nebulizador, una vez que ha cesado la nebulización), que varía según el fabricante. Así mientras mayor sea el volumen residual, mayor será el volumen de llenado inicial. Para nebulizadores con un volumen residual (VR) de 1 ml (suele ser el VR de las cámaras nebulizadoras modernas)

es suficiente un volumen de llenado inicial de 2,5 ml. Para nebulizadores con un volumen residual mayor de 1 ml, se aconsejan volúmenes iniciales de 4 ml. Volúmenes menores aumentarían la viscosidad de la solución, lo que dificulta la nebulización. Volúmenes mayores prolongan el tiempo de nebulización sin mejorar mucho el rendimiento, con el riesgo adicional de un menor cumplimiento por parte del paciente.

– El volumen de llenado inicial y la concentración de la solución en el nebulizador están relacionados, de manera que la evaporación del solvente (puede usarse agua bidestilada o suero salino fisiológico, evitando las soluciones que no sean isotónicas) durante la nebulización lleva a un aumento gradual de la concentración del medicamento al avanzar el proceso. Así al comienzo se están produciendo concentraciones menores del fármaco, que al final de la nebulización. De manera que si un nebulizador tiene un VR de 1ml y ponemos 2 ml de una solución de medicamento, se aerosolizará un máximo del 50% de este medicamento (porque un ml de solución de fármaco permanecerá en la cámara). Si se pone una solución de 4 ml de medicamento en la cámara, podrá aerosolizarse un máximo del 75%.

– Es conveniente destacar que el término de volumen residual de medicamento a menudo se utiliza para inferir el desperdicio del medicamento, pero en realidad lo importante es la “masa residual” de medicamento, que no es exactamente lo mismo que el volumen residual de líquido. Son preferibles los nebulizadores que dejan una “masa residual” pequeña de medicamento. Las soluciones muy viscosas como las de algunos antibióticos, se nebulizan muy lentamente y requieren compresores más potentes para evitar un tiempo excesivamente largo de nebulización que podría favorecer el mal cumplimiento por parte del enfermo.

– El tiempo de nebulización depende del nebulizador, del compresor, del volumen y de la viscosidad de la solución. El tiempo óptimo de nebulización oscila entre 5 y 10 minutos para la mayor parte de los medicamentos, y entre 15 y 25 minutos para los antibióticos. Se aconseja que después de que aparezca un “aleteo” característico durante la nebulización (momento en que el volumen de llenado alcanza el volumen residual), se continúe aplicando el nebulizador un minuto más.

¿CUÁNDO UTILIZAR UN NEBULIZADOR? INDICACIONES

En los hospitales, los nebulizadores se usan frecuentemente en el tratamiento de la obstrucción aguda al flujo aéreo moderada o grave, a pesar de que ha sido demostrado que los cartuchos presurizados (MDI) con cámaras espaciadoras son iguales de efectivos. A nivel extrahospitalario los MDI con cámaras espaciadoras y los inhaladores de polvo seco son los sistemas de elec-

ción para el tratamiento por vía inhalatoria porque son iguales de eficaces y más económicos.

En 1996 la Asociación Nacional para la Dirección Médica de Cuidados Respiratorios, organizó una Conferencia de Consenso en Virginia (EEUU) para establecer las directrices sobre el uso de los nebulizadores en domicilio, donde participaron las principales organizaciones médicas implicadas en el seguimiento de cuidados respiratorios. Propusieron las siguientes recomendaciones:

1.º Cuando un medicamento esté disponible en forma de MDI o en polvo seco y pueda ser utilizado de forma eficaz por el paciente, estas formas de administración deben usarse preferentemente.

2.º Si después de una instrucción y demostración adecuadas, el paciente es incapaz de realizar una maniobra correcta con el sistema MDI o con los dispositivos de polvo seco, porque concurren factores que impidan su uso correcto tales como: Incapacidad de las extremidades superiores, por contracturas, debilidad de brazos o manos, falta de coordinación, etc; trastornos mentales, como desorientación, confusión, déficit de capacidad cognitiva, demencia, etc o alteraciones visuales severas, se recomienda añadir una cámara expansora de volumen y si con ello no se obtiene buen resultado, se planteará la necesidad de un nebulizador.

3.º En adultos con una capacidad vital inspiratoria menor de 10,5 ml/Kg, un flujo inspiratorio menor de 30 litros/minuto o un tiempo de apnea menor de cuatro segundos, es aconsejable utilizar nebulizadores.

4.º En pacientes con episodios recurrentes de obstrucción bronquial aguda que comprometan su capacidad para utilizar inhaladores, se recomienda reforzar el tratamiento con un nebulizador durante las fases agudas, sólo en los casos en que la terapia máxima con los sistemas de inhalación convencionales se haya mostrado insuficiente. Esta situación representa pues, un uso simultáneo de ambos sistemas.

5.º Cuando la terapia con los sistemas de inhalación convencionales sea clínicamente subóptima, habrá que revisar el tratamiento (valorar aumentar la dosis de su medicación habitual, añadir otra medicación para estabilizar la enfermedad, por ejemplo un ciclo corto de corticoides orales) y la técnica de inhalación. Si después de ello la situación no mejora se podrá realizar un tratamiento de prueba durante tres semanas con un nebulizador, si se documenta la mejoría clínica y funcional estaría indicado continuarlo con revisión en la Unidad en 2-3 meses para decidir si se debe continuar de forma indefinida con el nebulizador.

En 1997 la Sociedad Torácica Británica publica las recomendaciones para el uso de los nebulizadores en domicilio, resaltando que cuando haya medicamentos disponibles, en ambas modalidades, inhaladores de mano y soluciones nebulizadas, debería comprobarse cuidadosamente en cada paciente su adhesión al trata-

miento y la técnica que emplea con el inhalador convencional, mejorarla si es preciso, antes de aconsejar un tratamiento regular con nebulizadores por la complejidad y coste que ello conlleva.

Indicaciones absolutas:

- Cuando el medicamento que se desea utilizar no esté disponible en MDI o en polvo seco.
- Cuando el paciente esté demasiado enfermo para usar un MDI o polvo seco.
- Cuando se necesite dirigir un medicamento específicamente a determinadas generaciones de bronquios o a los sacos alveolares (por ejemplo la pentamidina en el tratamiento de la neumonía por *Pneumocystis carinii*).

Indicaciones relativas:

- Cuando se precisa aplicar una gran dosis de medicamento.
- Cuando el paciente prefiere su uso durante los episodios de agudización.

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS NEBULIZADORES

Entre las ventajas se reconocen las siguientes:

- No precisan de coordinación por parte del paciente.
- Permiten la administración conjunta de oxígeno y diferentes fármacos broncodilatadores a dosis elevadas.
- No contienen propelentes clorofluorcarbonados ni aditivos que pudieran provocar broncoespasmo.
- En situaciones agudas requieren una escasa supervisión por parte del personal sanitario.

Entre sus inconvenientes destacan:

- Posibilidad de contaminación bacteriana del sistema, durante la manipulación continuada en el domicilio. Para evitarlo deben mantenerse estrictas normas de higiene (como se especifica en el apartado cuidados del sistema). La normativa SEPAR establece los métodos adecuados para el control y la limpieza de estos aparatos. De forma resumida consisten en: separar todos los elementos constituyentes para facilitar su limpieza; usar agua corriente (a chorro), a ser posible caliente, utilizando un detergente habitual; y personalizar al máximo el uso de estos equipos para cada paciente. Es recomendable utilizar material desechable (jeringa y agujas) para preparar la medicación, así como lavar y secar el nebulizador después de cada sesión.)
- La prescripción de un nebulizador en domicilio requiere de un mantenimiento periódico por parte de la empresa suministradora, lo que contribuye a encarecer el tratamiento.

- Para hacer las nebulizaciones, hay que dedicar un tiempo mayor que para usar los sistemas convencionales de inhalación, lo que puede favorecer el incumplimiento.
- Precisan de energía eléctrica y algunos modelos son ruidosos.

ERRORES FRECUENTES EN EL MANEJO DE LOS NEBULIZADORES

- Prescribir un nebulizador en situación de inestabilidad clínica, antes de haber revisado la técnica de inhalación usada por el paciente y realizado el ajuste adecuado de la medicación.
- Prescripción del aparato inadecuado para la indicación que se precisa. No es correcto la utilización sistemática de un nebulizador accionado por oxígeno o de un ultrasónico, excepto en algunas de las situaciones comentadas anteriormente. Lo habitual es prescribir un nebulizador accionado por un compresor.
- Emplear diluciones y dosis de medicación incorrectas.
- Mantener un tiempo de nebulización exagerado (Es una idea errónea el mantener la nebulización hasta que se haya consumido toda la solución, puesto que es normal que quede un cierto volumen residual que debe desecharse).
- Inexistencia de protocolos básicos de utilización de los nebulizadores tanto a nivel hospitalario como extrahospitalario.

CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LOS PACIENTES CON NEBULIZADORES EN DOMICILIO

Teniendo en cuenta el elevado número de prescripciones inadecuadas y la inexistencia de un control de los pacientes con nebulizadores en domicilio, pensamos que se deben promover Unidades de Control y Seguimiento de Terapias Respiratorias en Domicilio (UCTR).

Estas unidades deberían funcionar como una consulta externa del hospital, adscrita al servicio de neumología y en ellas además se controlarían los pacientes con oxigenoterapia en domicilio. Su actividad abarcaría la revisión de todos los pacientes que tuvieran un nebulizador en domicilio antes de la creación de la unidad y la evaluación de los pacientes que sean remitidos a la UCTR, para una posible indicación de un nebulizador. Sería recomendable que la dirección del hospital ordenara la limitación de la prescripción de nebulizadores domiciliarios exclusivamente a dicha unidad.

Completada la evaluación del enfermo en dicha unidad, se debería emitir un informe clínico que incluiría: diagnóstico, enseñanza sobre el manejo adecuado de los

inhaladores convencionales, resultado de las pruebas complementarias, tratamiento, tipo de terapia respiratoria aconsejada en domicilio (en caso de que proceda) incluyendo todas las especificaciones que faciliten su uso, es decir, tipo de nebulizador, dosis, dilución y pauta horaria de la medicación a nebulizar y por último, tiempo en que debe ser revisado en la unidad. El documento emitido sobre una prescripción realizada en la UCTR, debería anular a cualquier otro realizado por un facultativo de nuestra área sanitaria.

Es conveniente destacar que en la mayoría de los pacientes los inhaladores presurizados de dosis controladas (MDI) con cámaras de inhalación, producen resultados clínicos al menos equivalentes a los nebulizadores cuando se administran broncodilatadores. Sin embargo en un grupo reducido de pacientes la utilización habitual de un nebulizador puede reducir los ingresos hospitalarios y el número de consultas médicas, disminuyendo así el gasto total de la asistencia sanitaria a estos pacientes.

MEDICACIÓN UTILIZADA PARA NEBULIZAR

- Salbutamol (Ventolín®): frasco de 20 ml para nebulizador (1 ml = 5 mg).
Pauta habitual: 5-10 gotas más 3-4 cc de suero fisiológico cada 6-8 horas. En las exacerbaciones agudas del Asma o la EPOC, pueden darse varias dosis cada 30-60 minutos hasta la mejoría del paciente.
- Bromuro de ipratropio (Atrovent®): ampollas monodosis de 250 microgramos diluidos en 2 ml de suero.
- Dosis: 1 ampolla más 3-4 cc de suero fisiológico cada 6-8 horas.
- Fenoterol (Berotec®): de uso muy limitado.
- Budesonida (Pulmicort®): ampollas de 0,25/ml y de 0,50 mg/ml.

- Mesna (Mucofluid®): ampollas de 600 mg/3 ml. Dosis: 3-6 ml cada 6-8 horas diluidas a partes iguales con suero fisiológico.
- N-acetil cisteína (Fluimucil®): ampollas de 300mg / 3 ml. Puede producir broncoespasmo, por lo que se aconseja administrarla junto con un agonista beta 2-adrenérgico. Dosis: 1 ampolla cada 12 –24 horas.
- Ambroxol (Mucosan®): ampollas de 15 mg/2 ml. Dosis: 2ml, 1-2 veces al día diluidas a partes iguales con suero fisiológico.
- Las soluciones salinas estériles deberían utilizarse solo como diluyentes.

Pueden combinarse salbutamol con bromuro de ipratropio o con budesonida. En todo caso al combinar cualquier medicación debemos desecharla si se produjera precipitación o algún cambio de color en la solución.

CUIDADOS DEL SISTEMA

No existe evidencia de que los nebulizadores sean responsables de la contaminación por organismos infecciosos, aunque se han publicado estudios donde se han aislado organismos no patógenos. Por lo tanto debemos insistir en una práctica de higiene que reduzca cualquier riesgo de infección dentro de la cámara nebulizadora.

Se recomienda desechar el volumen residual que queda en la cámara después de cada nebulización (al menos diariamente), desmontar las piezas de la cámara nebulizadora y lavarlas con agua caliente y jabón; aclarar con agua y secar.

Los elementos accesorios deben ser repuestos por otros nuevos cada 4-6 meses y anualmente los componentes ser revisados por la empresa suministradora.

En el ámbito hospitalario se debe insistir en el lavado de manos previo a la preparación de la medicación nebulizada y en el uso de guantes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Clarke SW, Newman SP. Therapeutic aerosols. *Thorax* 1983; 38: 881-886.
2. Brain JD, Valverge PA. Deposition of aerosol in the respiratory tract. *Am Rev Respir Dis* 1979; 120: 1325-1373.
3. Vermiere P. European trends in inhalation therapy. *Eur Respir Rev* 1994; 4 (Supl 18): 89-91.
4. Current best practice for nebuliser treatment. The Nebuliser Project Group of the British Thoracic Society Standards of Care Committee. *BMJ* 1997; 32 (Supl 2): 1-106.
5. Vendrel M, De Gracia J. Antibioterapia inhalada. *Arch Bronconeumol* 1997; 33: 41-48.
6. Giner J, Basualdo LV, Casan P et al. Normativa sobre la utilización de los fármacos inhalados. *SEPAR. Arch Bronconeumol* 2000; 36:34-43.
7. O "Donohue WJ and The National Association for Medical Direction of Respiratory Care Consensus Group. Guidelines for the use of nebulizers in the home and domiciliary sites. *Chest* 1996; 109: 814-820.
8. European Respiratory Society Guidelines on the use of nebulizers. *Eur Respir J* 2001; 18: 228-242.