



Guía Práctica de Entrega de Aerosoles durante la Ventilación Mecánica:

DESARROLLO DE TEMAS DE LA GUIA PRACTICA

Entrega de Aerosoles en ventilación mecánica

Existen diversos factores que inciden en la entrega del aerosol en un paciente ventilado. Factores relacionados al paciente, a los parámetros de ventilación y a los dispositivos empleados. Algunos pueden ser controlados por el terapeuta y van a incidir en la cantidad efectiva de droga entregada. Aunque los rangos son muy variables con métodos estandarizados se puede llegar a una entrega cercana al 15 % de la dosis administrada tanto para nebulizadores como para MDI.

- **Factores que inciden en el depósito de aerosol durante ventilación mecánica**

-
- Propiedades Físico-Químicas de la medicación
 - Características del dispositivo generador del aerosol
 - Posición del dispositivo generador del aerosol en el circuito del ventilador
 - Parámetros ventilatorios
 - Características del circuito del ventilador y del tubo endotraqueal
 - Humedad y densidad del aire inspirado
 - Anatomía del las vías aéreas y presencia de secreciones.
-

1) Dispositivos para generar aerosoles

- Inhalador de Dosis Medida (M.D.I)

Son dispositivos presurizados que contienen drogas disueltas o en suspensión junto a una mezcla de propelentes y agentes dispersantes. Estos envases o “cánister” tienen una válvula que se inserta en los conectores o espaciadores a



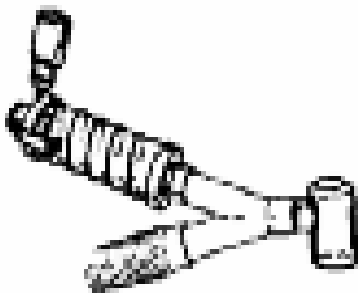
Comité de Neumonología Crítica de la S.A.T.I

través de los que se realiza el disparo. En cada disparo se libera una dosis que es de la misma magnitud (dosis medida), con un tamaño de partículas de 3 a 6 micrones. Para lograr una mezcla mas homogénea de los componentes es necesario agitar el envase y mantenerlo a temperatura corporal.

El agregado de una cámara espaciadora aumenta la dosis entregada, actuando como reservorio donde se disminuye la velocidad de las partículas y se evapora parcialmente el propelente, logrando un menor tamaño de las mismas con menor impacto en el circuito.

Técnica para utilizar MDI en ARM

- 1- Aspirar secreciones de la vía aérea
 - 2- Agitar MDI y mantenerlo a la temperatura de la mano
 - 3- Colocar el MDI en la cámara espaciadora ubicada entre la conexión en "Y" y la rama inspiratoria.
 - 4- Retirar el HME. No desconectar el humidificador activo
 - 5- Si es posible, programar VT mayor a 500 ml. y flujo menor a 60 l/min
 - 6- Coordinar el disparo con el comienzo de la inspiración
 - 7- Esperar por lo menos 15 segundos entre cada disparo, administrar la dosis total
 - 8- Reconectar HME y volver a la programación original.
-



Dhand R. Am J Respir Care Med 1997



Comité de Neumonología Crítica de la S.A.T.I

- Nebulizadores Jet

Los nebulizadores Jet o Neumáticos utilizan una fuente de gas comprimido que atraviesa un orificio a alta velocidad y mediante el efecto Venturi, arrastra las partículas produciendo el aerosol.

En ventilación mecánica la fuente de gas que acciona el nebulizador puede generarse en el respirador o con los gases de pared.

Tanto la presión de la fuente de gas como el flujo del mismo pueden determinar el tamaño de las partículas, que van a ser menores a mayor flujo empleado.

Utilizando un flujo de 10 l/min se encontró un mayor porcentaje de partículas de 1 a 5 micrones.

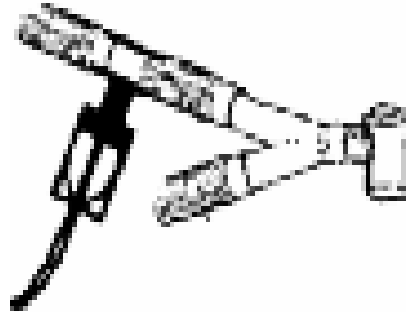
También la fase del ciclo respiratorio afecta la cantidad de droga entregada, mientras que la nebulización intermitente, generada solo en la fase inspiratoria disminuye la pérdida de droga durante la exhalación, la nebulización continua es menos eficiente.

- Nebulizador ultrasónico

Utilizan un cristal piezoeléctrico que vibra alta frecuencia generando ondas constantes en la superficie del líquido y creando pequeñas gotas que son desplazadas por el flujo de aire. No son muy usados en nuestro medio, como ventajas cuentan con un espacio muerto pequeño, son silenciosos, no incrementan el volumen corriente y requieren menor tiempo de nebulización para la misma dosis. Como contrapartida son más costosos que los nebulizadores Jet, producen partículas en un rango más heterogéneo de tamaño (entre 2 y 12 micrones) y aumentan la temperatura del fluido con su uso, lo que puede deteriorar a algunas drogas. Por último no son recomendados para nebulizar suspensiones ya que la cantidad de droga entregada es considerablemente inferior que con nebulizadores tipo Jet

- **Técnica para realizar nebulizaciones en ARM**

- 1- Aspirar secreciones de la vía aérea
 - 2- Asegurar un volumen de llenado del nebulizador de 4 a 6 ml.
 - 3- Colocar el nebulizador por lo menos a 30 cm de la conexión en "Y"
 - 4- Retirar el HME. No desconectar el humidificador activo
 - 5- Apagar el flow-by o el flujo continuo durante la nebulización
 - 6- Si se usa una fuente externa, asegurar un flujo de 6 a 8 l/min
 - 7- Si es posible, programar VT mayor a 500 ml. y flujo menor a 60 l/min.
 - 8- Si fue empleado un flujo adicional, ajustar alarmas del ventilador
 - 9- Al finalizar la nebulización, retirar NBZ, lavarlo con agua estéril y secarlo
 - 10-Reconectar HME y volver a la programación original.
-



Dhand R. Am J Respir Care Med 1997

2) Influencia de la Vía Aérea Artificial, la humidificación y la densidad de los gases

La vía aérea artificial actúa como una barrera para el ingreso del aerosol a los pulmones. Al disminuir el calibre del TET la pérdida de droga por impactación es mayor. Esto se hace más evidente con tubos de diámetro menor de 7 mm..

Contrariamente a lo que se piensa, disparar un MDI lejos del TET, aumenta el depósito pulmonar por menor pérdida de droga por impactación inercial.

El calor y la humedad del aire inspirado disminuyen el depósito pulmonar de droga al aumentar el tamaño de las partículas, mejorando la entrega con un circuito seco (19). Esta recomendación no puede ser practicada por los efectos deletéreos de inspirar un gas frío y seco sobre las vías respiratorias.

3) Posición del nebulizador en el circuito

Para lograr mayor entrega de aerosol se recomienda ubicar el nebulizador a 30 cm. del TET, lo que ha demostrado ser mas efectivo que colocarlo entre el TET y la "Y", debido a que la tubuladura actúa como espaciador donde se acumula el aerosol entre cada inspiración.

4) Programación de los parámetros del respirador

El disparo del MDI debe coordinarse con el comienzo de la inspiración.

La prolongación del tiempo inspiratorio también aumenta la entrega, un flujo menor a 40 L/min o una relación I:E mayor al 30% han demostrado ser beneficiosos (30).

Así mismo un volumen corriente de 500 ml. o mayor, produjo una entrega de aerosol aceptable.



Comité de Neumonología Crítica de la S.A.T.I

Los modos ventilatorios fueron evaluados en modelos experimentales; Con ventilación espontánea en CPAP, se consiguió mayor entrega que en un modo ciclado por volumen con un volumen corriente equivalente.

Estos cambios en los parámetros ventilatorios se contradicen con las estrategias de ventilación de pacientes con obstrucción severa, por lo que deben ser evaluados en pacientes con dificultad de adaptación o elevada Autopeep. En esos casos se recomienda minimizar el tiempo de duración de la terapia broncodilatadora.

5) Ventilación no invasiva:

Algunos pacientes que son tratados con VNI requieren aerosolterapia. Sin necesidad de discontinuar la ventilación se puede lograr una buena respuesta broncodilatadora, ésta fue demostrada usando nebulizadores colocados entre la máscara y el puerto exhalatorio con presiones inspiratorias de 20cm de H₂O y presiones espiratorias de 5 cm de H₂O.

Dosis y consideraciones generales

La dosis recomendada para broncodilatadores tipo β agonistas es de 2,5 mg. en solución para nebulizar o 4 puff (400 mcg.) para MDI.

La respuesta broncodilatadora puede ser evaluada considerando la resistencia de las vías aéreas y el nivel de Autopeep; Una disminución en la RiMax. mayor al 10% indica una respuesta broncodilatadora significativa.

Si bien los nebulizadores tipo Jet y los MDI han demostrado ser similares en la cantidad de droga entregada, algunos aspectos prácticos benefician el uso de MDI en pacientes ventilados. La falta de información acerca del rendimiento del nebulizador (tamaño de partículas generadas), la necesidad de retirarlo del circuito y de limpiarlo luego de cada uso y la duración de la terapia durante la cual se deben modificar las variables de ventilación, hacen preferible el uso de MDI en los pacientes ventilados.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Gross NJ. Bronchodilator Therapy. In: M.J. Tobin editor. Principles and Practice of Mechanical Ventilation. Mc Graw Hill Publishing Co., New York 1994:1077-1123.
2. Manthous CA. Metered-dose inhaler versus nebulized albuterol in mechanically ventilated patients. Am Rev Respir Dis 1993; 148:1567-1570.
3. Dhand R. Dose response to bronchodilator delivered by metered-dose inhaler in ventilator-supported patients. Am J Respir Crit Care Med 1996;154:388-393.



4. Fresoli RP. Use of aerosol isoproterenol in an anesthesia circuit. *Anesth Analg* 1968; 47:127-132
5. Gold MI. Treatment of bronchospasm during anesthesia. *Anesth Analg* 1975;54:783-786.
6. Sprague DH. Treatment of intraoperative bronchospasm with nebulized isoetharine. *Anesthesiology* 1977;46:222-224.
7. Bernasconi M. Dose-response effects and time course of effects of inhaled fenoterol on respiratory mechanics and arterial oxygen tension in mechanically ventilated patients with chronic airflow obstruction. *Intensive Care Med* 1990;16:108-114.
8. Denjean A. Dose-related bronchodilator response to aerosolized salbutamol in ventilator-dependent premature infants. *J Pediatr* 1992;120:974-979.
9. Fuller HD. Pressurized aerosol versus jet aerosol delivery to mechanically ventilated patients: comparison of dose to the lungs. *Am Rev Respir Dis* 1990;141:440-444.
10. Thomas SHL. Pulmonary desposition of a nebulized aerosol during mechanical ventilation. *Thorax* 1993;48:154-159.
11. O'Riordan TG. Aerosol deposition in mechanically ventilated patients: optimized nebulizer delivery. *Am Respir Crit Care Med* 1994;149:214-219.
12. Fok TF. Efficiency of aerosol medication delivery from metered dose inhaler versus jet nebulizer in infants with bronchopulmonary dysplasia. *Pediatric Pulmonol* 1996;21:301-309.
13. Fuller HD. Efficiency of bronchodilator aerosol delivery to the lungs from metered dose inhaler in mechanically ventilated patients: a study comparing four different actuator devices. *Chest* 1994;105:214-218.
14. Crogan SJ. Delivery efficiency of metered dose aerosols given via endotracheal tubes. *Anesthesiology* 1989;70:1008-1010.
15. O'Riordan TG. Nebulizer function during mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1992;145:1117-1122.
16. O'Doherty MJ. Delivery of a nebulized aerosol to a lung model during mechanical ventilation: effect of ventilator settings and nebulizer type, position, and volume of fill. *Am Rev Respir Dis* 1992;146:383-388.
17. Diot P. **Albuterol delivery in a model of mechanical ventilation: comparison of meterd-dose inhaler and nebulizer efficiency. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;152:1391-1394. (*)**
18. Hughes JM. Effects of nebulizer mode and position in a mechanical ventilator cicuit on dose efficiency. *Respir Care* 1987;32:1131-1135.
19. Fink JB. **Deposition of aerosol from meterd-dose inhaler during mechanical ventilation: an in vitro model. *Am J Respir Care Med* 1996;154:382-387. (*)**
20. Bishop MJ. Metered dose inhaler aerosol characteristics are affected by the endotracheal tube actuator/adapter use. *Anesthesiology* 1990;73:1263-1265.



21. Garner SS. Albuterol delivery by meter-dose inhaler with a pediatric mechanical ventilatory circuit model. *Pharmacotherapy* 1994;14:210-214.
22. Beaty CD. Continuous in-line nebulizers complicate pressure support ventilation. *Chest* 1989;96:1360-1363.
23. AARC Clinical practice guideline: humidification during mechanical ventilation. *Respire Care* 1992;37(8):887-890.
24. Taylor RH. Dosing efficiency and particle-size characteristics of pressurized meter-dose inhaler aerosols in narrow catheters. *Chest* 1993;103:920-924.
25. Rau JL. Evaluation of a reservoir device for meter-dose bronchodilator delivery to intubated adults: an in vitro study. *Chest* 1992;102:924-930.
26. Nerbrink O. Why do medical nebulizers differ in their output and particle characteristics? *J Aerosol Med* 1994;7:259-276.
27. Ballard RD. Assessment of bronchodilator response to a beta-adrenergic delivered from an ultrasonic nebulizer. *Chest* 1991;100(2):410-415.
28. Patters DE. A comparison of bronchodilator response to albuterol delivered by ultrasonic versus jet nebulization in moderate to severe asthma. *Ann Allergy Asthma Immunol* 1996;77(4):292-297.
29. Iotti GA. Unfavorable mechanical effects of heat and moisture exchangers in ventilated patients. *Intensive Care Med* 1997; 23 (4):399-405
- 30. Dhand R. Basic Techniques for Aerosol Delivery During Mechanical Ventilation. *Resp Care* 2004; 49(6):611-622 (*)**
31. Dolovich MB, Fink JB. Aerosol and Devices in *Resp Care Clinics of North America* Vol 7 N° 2 June 2001.
32. Howarth PH. Why Particle Size Should Affect Clinical Response to Inhaled Therapy. *J Aerosol Med* 2001;(14), S1: 27-34
- 33. Duarte AG, Inhaled Bronchodilator Administration During Mechanical Ventilation. *Resp Care* 2004; 49(6):623-634(*)**
34. 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(2):498-505.
35. Manthous CA, Hall JB, Schmidt GA, Wood LDH. Metered-dose inhaler vs. nebulized albuterol in mechanically ventilated patients. *Am Rev Respir Dis* 1993; 148(6 pt 1):1567-1570.
- 36. Dhand R. Inhalation therapy with metered – dose inhalers and dry powder inhalers in mechanically ventilated patients. *Resp Care* 2005;50:1331-1342 (*)**
- 37. Dhand R. Inhaled Bronchodilator therapy in mechanically-ventilated patients. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 156(1):3 (*)**

(*) Lecturas recomendadas.