

ARTÍCULOS DE REVISIÓN

## AUTO PEEP: PUNTOS DE VISTA FISIOLÓGICOS

William Cristancho Gómez \*

La unidad pulmonar conformada por un alvéolo bien ventilado y bien perfundido es el elemento funcional básico para el intercambio gaseoso, una de las funciones más importantes del sistema respiratorio. Por tal razón, el mantenimiento de la apertura alveolar es indispensable para los procesos de intercambio. Fisiológicamente la apertura alveolar es mantenida mediante la combinación de diversos factores tales como la interdependencia alveolar, el surfactante, el volumen residual y la presión alveolar de nitrógeno.

Los alvéolos son estructuras poliédricas que se comportan físicamente como esferas elásticas. Su tendencia al colapso está mediada por las fuerzas de tensión superficial pero factores no fisiológicos como la disminución del volumen corriente, el decúbito prolongado y la acumulación de secreciones potencian la posibilidad de colapso. El cierre alveolar se relaciona en forma inversa con su diámetro (Ley de Laplace). Por esto, la disfunción de alguno de los factores favorecedores del mantenimiento de la apertura junto a los factores mencionados como no fisiológicos facilitarían el colapso de unidades alveolares puesto que el diámetro alveolar promedio no sobrepasa las 0.5 micras.

En presencia de colapso alveolar, se impone como tratamiento inicial la apertura. Esta se consigue con la aplicación de patrones de presión positiva en fase inspiratoria. El mantenimiento de la apertura lograda en esta fase se man-

tiene con la instauración de presión positiva al final de la espiración (PEEP: Positive End Expiratory Pressure).

El supuesto teórico de que el cierre de la glotis al final de la espiración promueve la aparición de PEEP fisiológica es difícil de sostener. Las curvas de presión-tiempo y presión-volumen demuestran que al final de la fase espiratoria y comienzo de la inspiratoria existe en el alvéolo una presión de «reposo» igual a la presión atmosférica (1).

En 1971, Petty y Ashbaugh (2) publican su clásico informe acerca del «síndrome de dificultad respiratoria del adulto» (SDRA) en el cual describen un grupo de doce pacientes con un cuadro de intensa dificultad respiratoria, radiografías del tórax similares y en los casos letales hallazgos patológicos idénticos. Simultáneamente se valida la PEEP - utilizada previamente en el manejo de la enfermedad de membrana hialina del recién nacido (3), pero propuesta por Barach en 1938 (4) - como herramienta terapéutica básica en el cuadro caracterizado por disminución de la distensibilidad pulmonar y la Capacidad Funcional Residual (CFR) acompañadas de severa hipoxemia secundaria al edema pulmonar no cardiogénico producido por un daño variable de la membrana alvéolo capilar.

Los efectos benéficos de la PEEP han sido suficientemente descritos: aumento de la CFR, aumento de la presión arterial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>), disminución del shunt intrapulmonar,

\* Fisioterapeuta U.N. Profesor Asociado Departamento de Ciencias Fisiológicas. Facultad de Ciencias de la Salud Universidad del Cauca.

aumento de la distensibilidad pulmonar, conservación variable del volumen residual conseguido en fase inspiratoria, reclutamiento alveolar y disminución del riesgo potencial de toxicidad por oxígeno (5). Los efectos adversos pueden ser hemodinámicos y/o pulmonares. Los primeros están relacionados con la disminución del retorno venoso provocado por la inversión de las relaciones normales de presión dentro del tórax y con el aumento de la resistencia vascular pulmonar derivada de la exposición de los capilares pulmonares a alvéolos sobredistendidos. Esto causa aumento de la presión y dilatación del ventrículo derecho con desviación del septum interventricular hacia la izquierda, lo cual disminuye la compliancia diastólica del ventrículo izquierdo con la consiguiente disminución del llenado ventricular, produciéndose como última consecuencia disminución del gasto cardíaco (Q) agravado por la disminución del retorno venoso (6).

Los efectos pulmonares están relacionados con el aumento de la presión inspiratoria máxima y la presión media en la vía aérea, con el consiguiente incremento del riesgo de barotrauma. Además, la sobredistensión alveolar puede ser el punto de partida del trauma asociado a volumen (volutrauma).

Sutter (1975) propone el concepto de PEEP óptima (7) partiendo de la ecuación fisiológica del transporte de oxígeno ( $TO_2 = CaO_2 \times Q$ ). Afirmó que si bien el aumento de la CFR y la  $PaO_2$  se relacionan directamente con incrementos en los rangos de PEEP, niveles excesivos comprometen el transporte a la periferia y la convierten en un arma deletérea.

Bancarali (1986) describe la aparición de «PEEP inadvertida» en recién nacidos ventilados mecánicamente en los cuales se observaron respuestas hiperoxémicas cuando se utilizaban frecuencias respiratorias elevadas (8).

Fisiológicamente, la explicación a la respuesta hiperoxémica es relativamente sencilla. Según la ecuación de gas alveolar ( $PAO_2 = (PB - PH_2O)FiO_2 - PACO_2/R$ ) los incrementos en la presión alveolar de oxígeno ( $PAO_2$ ) siempre se presentarán como respuesta a la hiperventilación si se mantienen constantes los demás parámetros. Ahora bien, el incremento en la  $PAO_2$  no garantiza un aumento en la  $PaO_2$  si coexisten trastornos en la difusión, desequilibrio en la relación V/Q y corto circuito elevado, pero es posible elevar la  $PaO_2$  en respuesta a la PEEP o a la PEEP inadvertida.

La PEEP inadvertida ocurre en cualquier circunstancia en la cual la presión alveolar sea superior a la presión

barométrica o al nivel prefijado de PEEP o CPAP (presión positiva continua en las vías aéreas). Este efecto puede ser resultado de la utilización de altos volúmenes corrientes, frecuencias respiratorias elevadas y disminución del tiempo espiratorio con respecto al tiempo inspiratorio. Una causa adicional está relacionada con el retardo espiratorio durante la ventilación mecánica, puesto que la fase inspiratoria puede desencadenarse antes que finalice la espiración precedente, lo cual desplaza la curva de presión-tiempo hacia zonas de baja complacencia con riesgo de baro o volutrauma.

Otros términos utilizados para describir la PEEP inadvertida son PEEP automática, PEEP intrínseca, PEEP endógena, PEEP inaparente, auto PEEP e hiperinflación dinámica.

La auto PEEP no se relaciona exclusivamente con la ventilación mecánica, sino que también está asociada a la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y al asma bronquial (9). En estos casos, la auto PEEP cursa con hiperinflación y obstrucción de la vía aérea.

La hiperinflación puede presentarse sin obstrucción de la vía aérea debido a la utilización de un tubo endotraqueal inadecuado, una ventilación minuto alta, e incluso asociada a las características de los circuitos del ventilador (10). Otra posibilidad es la auto PEEP presente en los casos de espiración activa por intervención muscular, en la cual el volumen pulmonar de fin de espiración estará por encima del volumen de reposo normal.

## EFFECTOS ADVERSOS DE LA AUTO PEEP

1. Se pueden observar los mismos efectos adversos descritos con la instauración de PEEP extrínseca excesiva.
2. La auto PEEP está asociada a la disociación electromecánica durante las maniobras de reanimación cerebrocardiopulmonar (11).
3. Aumenta el riesgo de volutrauma y barotrauma por sobredistensión alveolar.
4. La auto PEEP aumenta las presiones inspiratoria máxima y de plateau. Cuando no se detecta la auto PEEP el aumento de la presión de plateau puede ser malinterpretado como disminución en la distensibilidad dinámica y estática.
5. Aumenta el trabajo necesario para el disparo del ventilador en modo asistido, puesto que el paciente debe realizar un esfuerzo para vencer la auto PEEP sumado al esfuerzo para alcanzar el nivel de sensibilidad del aparato. Esto puede conducir a fatiga muscular.

6. La auto PEEP puede comprometer el éxito de la desconexión del ventilador en el paciente portador de EPOC pues la capacidad para generar presión por los músculos inspiratorios esta profundamente comprometida por la hiperinflación dinámica (12).

## DETECCIÓN DE LA AUTO PEEP

Los ventiladores modernos poseen sofisticados sistemas electrónicos de detección de la auto PEEP. En aquellos aparatos que carezcan de esta habilidad puede detectarse el efecto a través de tres formas:

1. La oclusión de la línea espiratoria al final de la espiración permite conseguir un equilibrio instantáneo de las presiones al cerrarse el sistema y el valor de auto PEEP puede leerse en el manómetro de presiones del ventilador.
2. Normalmente la PEEP extrínseca aumenta la presión pico. En presencia de auto PEEP, la presión pico no aumenta al instaurar PEEP extrínseca.
3. Al finalizar un ciclo ventilatorio se registra la presión de plateau y se desconecta el paciente del ventilador para permitir un completo vaciamiento alveolar. Posteriormente se reconecta el ventilador y se registra la presión de plateau en el primer ciclo post-reconexión. La diferencia entre las dos presiones de plateau da un valor aproximado de la magnitud de la auto PEEP. Siempre que se intente esta sencilla maniobra, el clínico debe asegurarse que la saturación de hemoglobina sea superior a 90 % durante su ejecución.

## FORMAS DE ELIMINAR LA AUTO PEEP

1. Instaurar PEEP extrínseca de valor equivalente a la auto PEEP.
2. Aumentar el tiempo espiratorio mediante el aumento del caudal de flujo o utilizar un patrón de onda cuadrada siempre y cuando no se excedan los valores permisibles de presión pico.
3. Disminuir el volumen corriente y/o la frecuencia respiratoria siempre y cuando la PaCO<sub>2</sub> se conserve dentro de rangos permitidos.
4. Disminuir la resistencia a la espiración con broncodilatadores en caso de espasmo bronquial o con maniobra de Terapia Respiratoria en caso de aumento de secreciones.

## CONCLUSIONES

En el soporte ventilatorio convencional la auto PEEP debería ser eliminada pues esta debe ser compensada por la contracción de los músculos inspiratorios para desencadenar el ciclo del ventilador y, bajo condiciones de carga es probable llegar a la fatiga muscular.

En algunas situaciones es inevitable la aparición de auto PEEP (ventilación con inversión de la relación I:E y ventilación de alta frecuencia).

La instauración de PEEP extrínseca reemplaza la auto PEEP sin sumarse a esta. Por lo tanto la posibilidad real de manipular un parámetro racionalmente es un buen argumento para eliminar la auto PEEP.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **West, J.** Fisiología Respiratoria. 5 edición. Editorial médica Panamericana. B. Aires, 1996
2. **Ashbaugh, DG. Petty, TL.** The adult respiratory distress syndrome. *Chest* 1971; 60. p.233,
3. **Swyer, PR.** An assesment of artificial respiratory of the newborn. Citado en Ventilación Mandatoria Intermitente, p. 36 Salvat Editores, Barcelona, 1982.
4. **Barach, AL. Martin, J. Eckman, M.** Positive pressure respiration and its application to the treatment of acute pulmonary edema. *Ann Intern Med.* 1938; 12: 754.
5. **Cristancho, W.** Soporte Ventilatorio. Editorial Universidad del Cauca, Popayán 1991.
6. **Harrison's.** Principles of internal medicine Tenth edition. Mac Graw Hill Company, 1984
7. **Sutter, PM. Fairley, HB. Iseberg, M.** Optimun end expiratory Pressure in patients with acute pulmonary failure. *N Eng J Med* 1975; 292: 284-289.
8. **Bancalari, E.** Inadvertent positive end expiratory pressure during mechanical ventilation. *J Pediatrics* 1986; 108: 567.
9. **Marino, PL.** The ICU Book. Williams and Wilkins. Second edition. Baltimore, 1998.
10. **Hall, J. Schmidt, GA. Wood, LD.** Principles of critical care. MacGraw Hill Company. Second edition. New York, 1998.
11. **Rogers, PL. et al.** Auto PEEP during CPR. An "occult" cause of electromechanical dissociation. *Chest* 1991; 99: 492-493.
12. **Poggi, et al.** Autopeep durante la desconexión de la ventilación mecánica. Springer Verlag Iberica. p, 59. Barcelona, 1995.