

La curva de capnografía y la boa que se comió al elefante

Dr. Raúl Carrillo-Esper,* Dr. Jorge Raúl Carrillo-Córdova,** Dr. Luis Daniel Carrillo-Córdova***

* Academia Nacional de Medicina. Academia Mexicana de Cirugía.
Jefe del Servicio de Terapia Intensiva del Hospital de La Fundación
Clínica Médica Sur.

** Residente de Cirugía.

*** Interno de Pregrado. Facultad de Medicina. Grupo NUCE. UNAM.

Solicitud de sobretiros:

Dr. Raúl Carrillo Esper
Hospital de la Fundación Clínica Médica Sur.
Puente de Piedra 150 Col. Toriello Guerra. Tlalpan.
E-mail: lastmaclein@hotmail.com

Recibido para publicación: 12-06-10.

Aceptado para publicación: 30-08-10.

Este artículo puede ser consultado en versión completa en
<http://www.medigraphic.com/rma>

«... Como nunca había dibujado un cordero, rehice para él, uno de los dos únicos dibujos que yo era capaz de realizar: el de una serpiente boa cerrada».

El Principito

Antoine de Saint-Exupéry

La monitorización de la concentración de dióxido de carbono (CO_2) es un procedimiento no invasivo que proporciona información en tiempo real del estado ventilatorio del enfermo crítico. Se desarrolló en los años 50 y fue utilizada inicialmente como una herramienta de investigación. Da información de la concentración de CO_2 al final de la espiración, frecuencia y ritmo respiratorio, cálculo del espacio muerto, gasto cardíaco, confirmación en la colocación y obstrucción del tubo endotraqueal y presencia de enfermedad obstructiva de las vías aéreas⁽¹⁾. La detección de CO_2 se basa principalmente en espectroscopía infrarroja. El CO_2 espirado puede ser graficado como función de tiempo o de volumen⁽²⁾.

La curva de capnografía en función de tiempo (Figura 1) se divide en una fase inspiratoria (fase 0) y en fases espiratorias (I, II, III) así como en ángulos alfa y beta y ocasionalmente

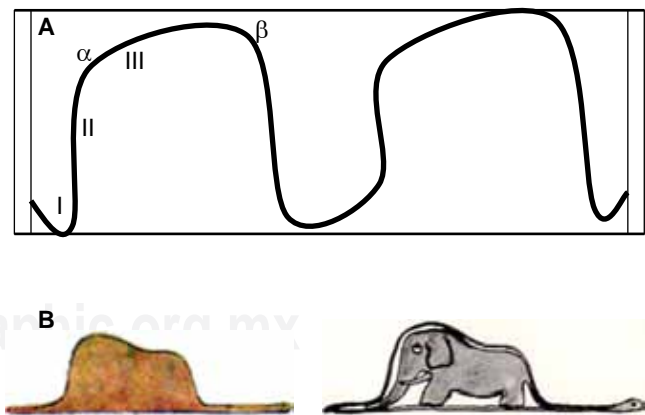


Figura 1. A: Esquema de curva de capnografía en función de tiempo normal. **B:** Boceto en donde se muestra la representación de la boa que se comió un elefante y su analogía con la morfología de la curva de monitoreo de EtCO_2 .

en fase IV que corresponde al incremento final en la concentración de CO₂. Las diferentes fases representan momentos específicos en el proceso ventilatorio.

- **Fase I:** Representa el espacio muerto anatómico (gas libre de CO₂ de las vías respiratorias)
- **Fase II:** Representa la mezcla de gas del espacio muerto con el gas alveolar
- **Fase III:** Representa la alveolar, con una mezcla de gases rica en CO₂ del alvéolo.
- **Ángulo alfa:** Se inscribe entre la fase II y III. Normalmente este ángulo se encuentra entre 100 y 110 grados y se hace prominente con el incremento de la pendiente de la fase III la cual es dependiente del estado de la ventilación/perfusión.
- **Ángulo Beta:** Se inscribe después de la fase III y antes de la rama descendente. Se utiliza para valorar el fenómeno de re-respiración incrementándose desde 90 a 180 grados.

Existe una gran cantidad de información que puede ser obtenida de la monitorización del CO₂. El valor de EtCO₂ detectado durante la fase III se acerca al valor de PaCO₂

(presión parcial de dióxido de carbono). Un incremento en el gradiente entre el CO₂ al final de la espiración (EtCO₂) y la PaCO₂ indica incremento en el espacio muerto, lo que traduce deterioro de la enfermedad de base, anomalías de la vasculatura pulmonar, caída del gasto cardíaco o sobre-distensión pulmonar⁽³⁾.

El cálculo del espacio muerto puede ser calculado a través de la siguiente fórmula:

$$Vd/Vt = [PaCO_2 - EtCO_2] / PaCO_2$$

En donde: EtCO₂ = CO₂ espirado promedio, representado gráficamente como el área bajo la curva en la capnografía en función de tiempo⁽⁴⁾ el cual puede ser estimado de manera rápida de la diferencia entre EtCO₂ y PaCO₂.

El patrón gráfico ofrece información en tiempo real en pacientes con enfermedades obstructivas de la vía aérea, mostrándose como un incremento en la pendiente de fase III que representa la restricción del flujo espiratorio (Figura 2). De tal manera que el incremento en la pendiente de esta fase se correlaciona con la gravedad de la obstrucción⁽⁵⁾.

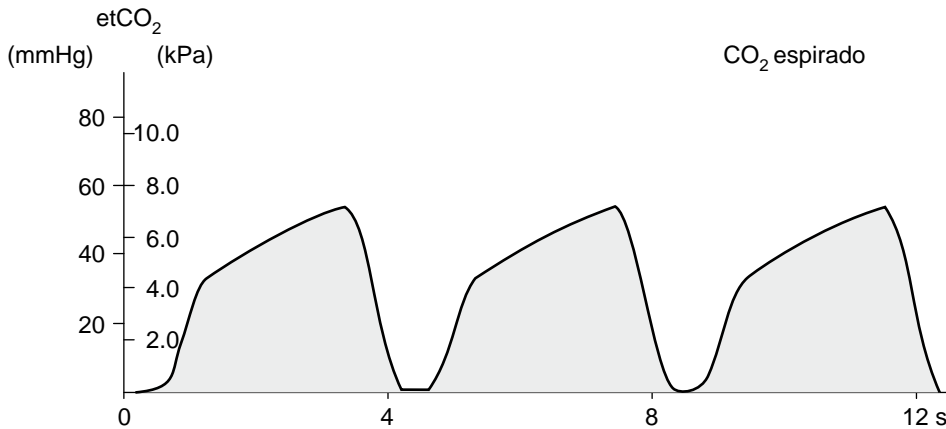


Figura 2. Capnografía en función de tiempo. Incremento de la inclinación de la pendiente de fase III en donde se observa restricción al flujo espiratorio.

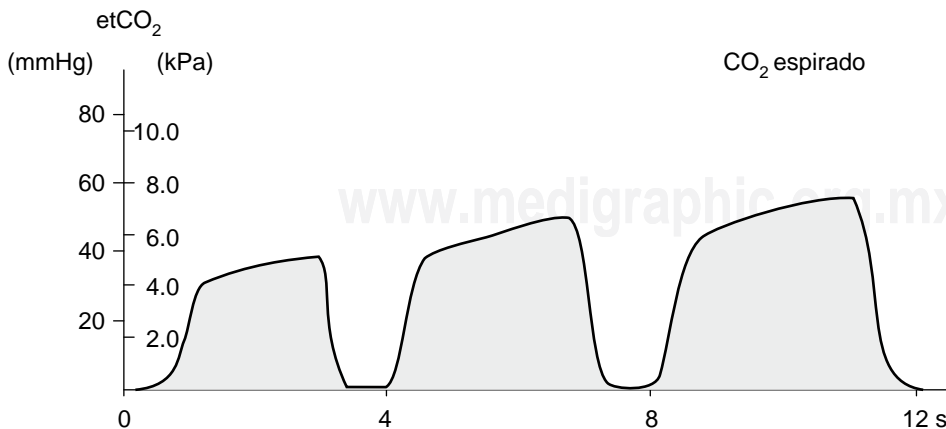


Figura 3. Curva capnográfica en función de tiempo. Fenómeno de re-respiración.

El aumento progresivo de los valores basales de CO_2 en la capnografía puede representar el fenómeno de re-respiración que se ve principalmente en soporte mecánico ventilatorio inadecuado, inadecuado tiempo espiratorio ventilación de espacio muerto (Figura 3)⁽⁶⁾. La caída súbita de la concentración de EtCO_2 a la basal indica que no se puede medir el aire alveolar, por

lo que el sistema de ventilación deberá de revisarse inmediatamente para resolver obstrucciones o desconexión del circuito (Figura 4). En cambio, el descenso sobre el nivel de cero o la disminución exponencial del tamaño de la curva indica obstrucción parcial en el circuito o mala posición del tubo endotraqueal de su lugar (Figuras 5 y 6).

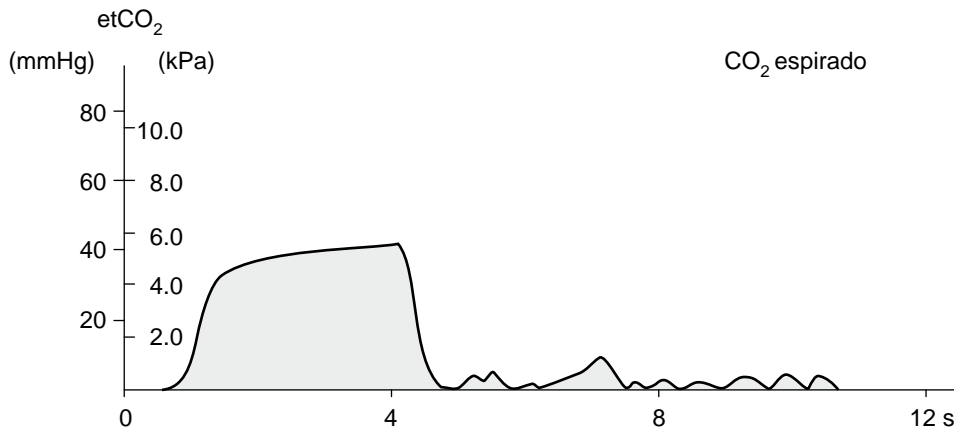


Figura 4. Curva capnográfica en función de tiempo. Muestra la caída a cero de la concentración de CO_2 .

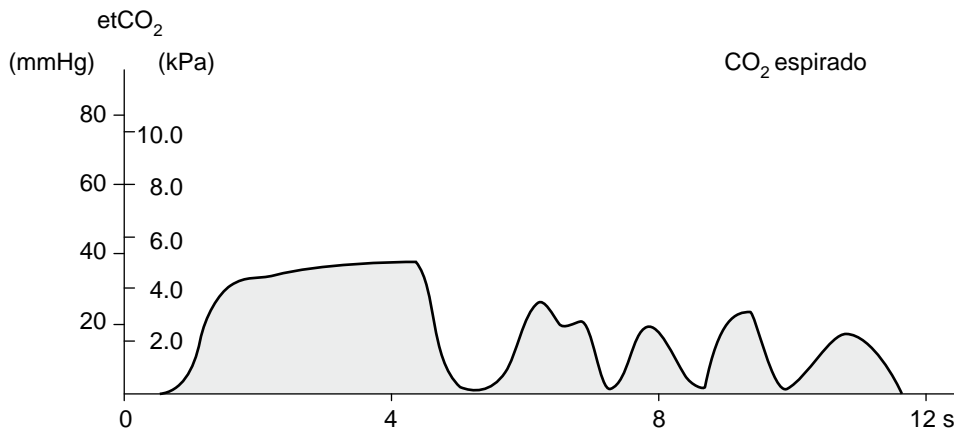


Figura 5. Curva capnográfica. Caída sobre cero de la concentración de CO_2 .

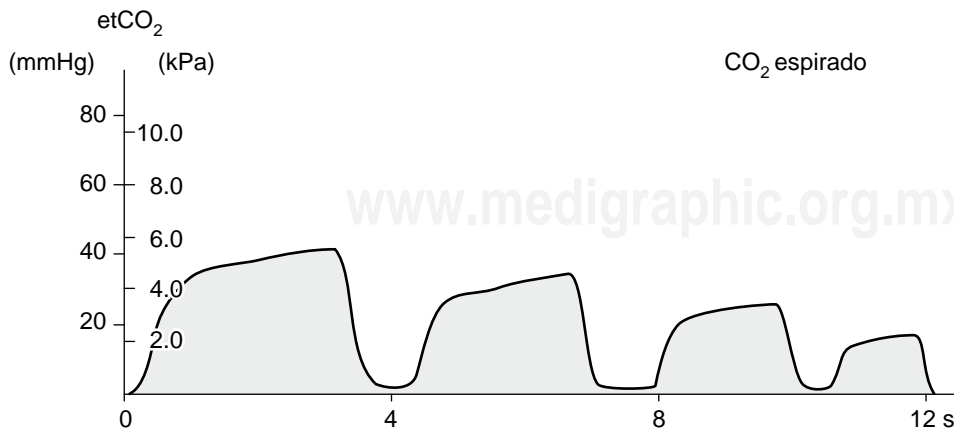


Figura 6. Curva capnográfica. Disminución exponencial del tamaño de la curva.

CONCLUSIONES

Una adecuada interpretación de la curva capnográfica en relación al estado pulmonar y hemodinámico del enfermo

grave es una herramienta de gran utilidad para el diagnóstico integral y un abordaje terapéutico racional, por este motivo es recomendable el empleo de este sistema de monitoreo en la UTI.

REFERENCIAS

1. Dantzker DR, Brook CJ, Dehart P. Ventilation perfusion distribution in the adult respiratory distress syndrome. *Am Rev Respir Dis* 1979;120:1039-1052.
2. Khemani RG, Bart RD, Newth CHJ. Respiratory monitoring during mechanical ventilation. *Pediatrics and Child Health* 2007;17:193-201.
3. Sivan Y, Eldadah MK, Cheah TE. Estimation of arterial carbon dioxide by end tidal and transcutaneous PCO₂ measurements in ventilated children. *Pediatric Pulmonol* 1992;12:153-157.
4. Martin L. Mechanical ventilation, respiratory monitoring and the basics of pulmonary physiology. In: Tobias JD. *Paediatric critical care: The essentials* 1999:57-105.
5. Krauss B, Deykin A, Lam A. Capnogram shape in obstructive lung disease. *Anesth Analg* 2005;100: 884-888.
6. Thompson JE, Jaffe MB. Capnographic wave forms in the mechanically ventilated patient. *Respir Care* 2005;50:100-109.