



## Avances en el uso de la capnografía en pacientes no intubados durante anestesia

Dr. Hugo Martínez E\*

\* Servicio Anestesia Hospital General de Mexicali.

La capnografía, medición del CO<sub>2</sub> en los gases respiratorios, ha venido a ser parte integral del monitoreo en anestesia. En 1943, Luft desarrolló el principio de la capnografía, pero es hasta 1978 que se adopta primero como un estándar en la monitorización de la anestesia en Holanda y en los 80 es adoptada por los Estados Unidos. Desde 1991, la Sociedad Americana de Anestesiología (ASA) considera que el estándar de atención en el quirófano es la monitorización conjunta de la capnografía y la pulsioximetría<sup>(1)</sup>. La American Heart Association (AHA) recomienda su uso desde el año 2000 durante las maniobras de resucitación cardiopulmonar (RCP).

La capnografía es la monitorización continua no invasiva de la presión parcial de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) exhalado por el paciente a lo largo del tiempo. Es importante conocer la diferencia entre los términos capnometría y capnografía. El primero se refiere a la medición del nivel de CO<sub>2</sub> exhalado, el monitor utilizado se conoce como capnómetro y muestra un valor numérico en la pantalla. La capnografía, además del valor numérico del CO<sub>2</sub> exhalado por el paciente, ofrece el registro gráfico de la eliminación de dicho CO<sub>2</sub> a tiempo real y la frecuencia respiratoria, el monitor empleado en este caso se llama capnógrafo. Así, un capnógrafo nos ofrece de forma continua el CO<sub>2</sub> exhalado (capnometría), el registro gráfico de la eliminación del mismo (llamado capnograma) y la frecuencia respiratoria.

El ciclo respiratorio comienza con la entrada de oxígeno en los pulmones, éste llega a los alvéolos y pasa a la sangre. Desde allí es transportado, unido a la hemoglobina y a los diferentes órganos. Esta primera fase se conoce como oxigenación y es monitorizada mediante la pulsioximetría. A nivel celular, el oxígeno y la glucosa se convierten en energía (ATP) y CO<sub>2</sub> mediante el ciclo de Krebs. El CO<sub>2</sub> difunde a la sangre, donde circula en equilibrio con bicarbonato, sin

necesidad de transportador, y es eliminado por el pulmón mediante el proceso denominado ventilación, el cual es monitorizado mediante la capnografía, es por esto que es necesario emplear la capnografía junto con la pulsioximetría para monitorizar de forma completa la función respiratoria del paciente. Esta monitorización conjunta nos permitirá detectar precozmente los problemas ventilatorios graves que surjan durante la anestesia como la apnea, la obstrucción de la vía aérea o los problemas hipoventilatorios para así comenzar de manera temprana su tratamiento, ya que si utilizamos sólo la pulsioximetría su detección puede demorarse entre 2 a 4 minutos<sup>(3)</sup>. Ahora bien, la ventilación que es la eliminación pulmonar de CO<sub>2</sub>, depende de los dos procesos del ciclo respiratorio que se producen con anterioridad, que son la producción celular de CO<sub>2</sub> (metabolismo) y su transporte por el torrente sanguíneo hasta el pulmón (perfusión). Estos tres factores influirán siempre en la medida de ETCO<sub>2</sub> y, además de valorar la ventilación, en algunos pacientes (cuando los otros dos factores permanezcan estables) la monitorización capnográfica podrá emplearse para estimar la perfusión y el metabolismo del paciente.

En cada capnograma podemos distinguir las siguientes fases:

1. Fase I: período comprendido entre el final de la inspiración y el comienzo de la siguiente espiración, durante el cual se ventila el espacio muerto.
2. Fase II: rápida subida de CO<sub>2</sub> al inicio de la espiración por la eliminación de CO<sub>2</sub> del espacio muerto mezclado con CO<sub>2</sub> alveolar.
3. Fase III: o meseta alveolar corresponde a la exhalación del CO<sub>2</sub> del aire procedente de los alvéolos, observándose un ascenso lento y progresivo hasta alcanzar el punto donde la

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

presión parcial de CO<sub>2</sub> es máxima. El valor de esta presión parcial de CO<sub>2</sub> al final de la espiración donde la presión es el CO<sub>2</sub> teleespiratorio o EtCO<sub>2</sub>.

4. Fase IV: en la que la presión parcial de CO<sub>2</sub> decrece rápidamente al inicio de la inspiración.

Existen dos tipos de capnógrafos según la manera de medir el CO<sub>2</sub>: de flujo principal (o mainstream) y lateral (sidestream). Inicialmente se diseñaron los de flujo principal, que miden el CO<sub>2</sub> directamente en la vía aérea, colocando el sensor en el tubo endotraqueal (TET), por lo que sólo son útiles para pacientes intubados. Al estar el sensor en la vía aérea, la lectura se alteraba a menudo por secreciones, requiriendo calibraciones y reposiciones frecuentes. Posteriormente se desarrollan los de corriente lateral, en los que el sensor se encuentra dentro del monitor y se mide el CO<sub>2</sub> mediante pequeños volúmenes de muestra aspirada de la vía aérea de forma continua, tanto en el paciente intubado (empleando un adaptador entre el TET y el circuito del respirador), como en el no intubado (empleando una cánula oral-nasal que mide el CO<sub>2</sub> exhalado y que permite la administración simultánea de O<sub>2</sub>)<sup>(4)</sup>.

Las aplicaciones clínicas de la capnografía son varias y podemos dividirlas de acuerdo al cuadro 1<sup>(5)</sup>.

Por otro lado, para el uso adecuado de nuestro monitor debemos saber primero cuáles son algunas de las causas de que nuestro ETCO<sub>2</sub> se vea incrementado o disminuido<sup>(6)</sup>.

#### Cuadro I.

##### Quirófano

Monitorización del paciente durante y después de la anestesia

##### Unidad de Cuidados Intensivos

Monitorización del paciente en ventilación no invasiva

Monitorización del paciente en ventilación mecánica

Monitorización del paciente después de la extubación

##### Sedación consciente en la endoscopía

Broncoscopia

Toracoscopía

Gastroscopía/Colonoscopía

Colangiopancreatoduodenoscopía

##### Sedación consciente en radiología

##### Laboratorio de estudio del sueño

Valoración de la hipoventilación alveolar

Evaluación de la ventilación no invasiva

##### Pruebas funcionales pulmonares

Titulación del O<sub>2</sub> en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva

Diagnóstico de hiperventilación

Valoración de la respuesta hiperventilatoria en pacientes con hipercapnia

##### Causas de incremento de CO<sub>2</sub>

Hipo ventilación

Hipertiroidismo/Tormenta tiroidea

Hipertermia maligna

Fiebre/Sepsis

Reinspiración

Otros estados hipermetabólicos

##### Causas de disminución de CO<sub>2</sub>

Hiperventilación

Hipotermia

Embolismo pulmonar

Embolismo venoso

Disminución del gasto cardíaco

Hipoperfusión

Son muchos los estudios que han demostrado que la capnografía es un mejor método para detectar cambios en la respiración que la pulsioximetría. En una serie de 634 pacientes postoperatorios que se encontraban recibiendo analgesia controlada por el paciente (PCA) se comparó la capnografía y la pulsioximetría y su eficacia en detectar parámetros respiratorios anormales. Se detectaron 9 casos con bradipnea < 6 respiraciones por minuto, todos mediante capnografía no así con pulsioximetría.

Una detección temprana de la obstrucción de la vía aérea, depresión respiratoria y apnea (las cuales son las complicaciones más comunes durante la sedación) podrían prevenir la hipoxia e hipercarbia evitando complicaciones como daño axonal difusos por hipoxia y muerte. Debido a que los procedimientos realizados bajo sedoanalgesia son mínimamente invasivos (o relativamente no invasivos), nos hace caer en confianza y menospreciar su monitorización y por años ha provocado que nuestro único monitor sea la pulsioximetría, sin embargo, hay un considerable retraso entre el inicio de la hipoxemia y la detección de la saturación por este método. Esto es particularmente cierto en pacientes que reciben oxígeno suplementario, lo cual ha sido el estándar del cuidado en la sedación. En un análisis de muertes durante la gastroscopía (n = 153) reveló que el 88% ocurrió durante la sedación, en tanto que únicamente el 56% fueron monitorizados con pulsioximetría, ninguno con capnografía. En un estudio por Soto y colegas, la apnea por más de 20 segundos se detectaba mediante capnografía, pero no por signos clínicos de obstrucción y pulsioximetría, por lo que la monitorización con capnografía debería ser rutinaria durante la sedación profunda.

La capnografía es el único instrumento de valoración de la vía aérea, respiración y circulación al mismo tiempo. La presencia de una onda adecuada nos demuestra que la vía aérea está presente y el paciente se encuentra respirando. Un ETCO<sub>2</sub> normal (35-45 mmHg), en ausencia de una enfermedad pulmonar obstructiva crónica, nos refleja una adecuada perfusión. A diferencia

de la pulsioximetría, la capnografía permanece estable durante el movimiento y es confiable en estados de hipoperfusión. La capnografía es un indicador temprano de compromiso de la vía aérea o compromiso respiratorio y puede identificar rápidamente los efectos adversos asociados a sedación y/o analgesia, incluyendo apnea, obstrucción de la vía aérea, laringoespasmo, broncoespasmo, e insuficiencia respiratoria<sup>(7)</sup>.

Overdyk et al. monitorizaron a pacientes en tanto manejaban analgesia controlada, con pulsioximetría y capnografía, obteniendo frecuentemente registros de frecuencia cardíaca, saturación de O<sub>2</sub>, frecuencia respiratoria y ETCO<sub>2</sub> mediante el cual median la incidencia de depresión respiratoria. Incluyeron un total de 178 pacientes de los cuales un 12% presentaron saturación < 90% y 41% presentaron bradipnea < 10 respiraciones por minuto. Los pacientes mayores de 65 años fueron más propensos a bradipnea, los cuales fueron detectados mediante la capnografía.

Además el registro cuantitativo de la onda de capnografía se recomienda a partir del 2010 durante la reanimación cardio-pulmonar ya que nos puede servir como un monitor fisiológico de la eficacia de las compresiones torácicas y para detectar el

restablecimiento de la circulación espontánea. Las compresiones torácicas ineficaces estarán asociadas a un bajo nivel de PetCO<sub>2</sub>. La reducción del gasto cardíaco o de un nuevo paro en un paciente que se le ha restablecido la circulación espontánea también provoca disminución del PetCO<sub>2</sub> y en contraposición, un restablecimiento de la circulación puede provocar un aumento repentino de la misma.

Dentro de los estándares de monitorizaciones por la Asociación Americana de Anestesia, aprobadas en 2010 recomiendan el uso de la capnografía durante anestesia regional y sedación moderada a profunda.

La capnografía es en la actualidad un método de monitorización cada vez con mayor auge y debe formar parte importante en nuestra práctica diaria, y no únicamente en el paciente orointubado, el anestesiólogo frecuentemente se enfrenta a los retos del manejo en procedimientos fuera del quirófano, llámese estudios endoscópicos, procedimientos de intervencionismo radiológico y cardiológico, tomando en cuenta que no sólo monitorizamos adecuadamente nuestra vía aérea si no podemos inferir en ocasiones el estado hemodinámico de nuestro paciente.

## REFERENCIAS

1. American Society of Anaesthesiologists. Standard for basic anaesthetic monitoring: approved October 21, 1986 and last amended October 25, 2011.
2. Krauss B. Capnography: an emerging standard of care in EMS. Today's Emerg 2006;12:38-42.
3. Burton JH, Harrah JD, Germann CA, et al. Does end tidal carbon dioxide monitoring detect respiratory events prior to current sedation monitoring practice? Acad Emerg Med 2006;13:500-4.
4. Krauss B, Hess DR. Capnography for procedural sedation and analgesia in the emergency department. Ann Emerg Med 2007;50:172-181.
5. Prashant N, Chhajed, Heuss LT, Michael. Transcutaneous carbon dioxide monitoring in adults. Curr Opin Anaesthesiol 2004;17: 521-525.
6. Samuel M, Galvagno DO, Bhravans-Shankar Kodals. Critical monitoring issues outside the operating room > A Q°. Anesthesiology Clin 2009;27:141-156.