

La capnografía en los servicios de emergencia médica

L.D. Díez-Picazo^a, L. Barrado-Muñoz^a, P. Blanco-Hermo^a, S. Barroso-Matilla^a
y S. Espinosa Ramírez^b

^aGrupo de Investigación sobre Capnografía. Servicio de Urgencia Médica de Madrid (SUMMA) 112. Madrid. España.

^bDirector Médico. Gerencia de Urgencias Emergencias y Transporte Sanitario. Servicio de Salud de Castilla-La Mancha (SESCAM). Toledo. España.

La capnografía es una monitorización no invasiva complementaria a la pulsioximetría, ya que esta valora la oxigenación, y mediante la capnografía se analiza la ventilación del paciente, midiendo el dióxido de carbono exhalado. Además, puede valorar la perfusión y el metabolismo del paciente en algunos casos. La capnografía se emplea desde hace más de 30 años para monitorizar al paciente intubado en el quirófano, donde es estándar de atención. El avance tecnológico ha permitido desarrollar capnógrafos portátiles fáciles de usar que ofrecen lecturas precisas tanto en pacientes intubados como con ventilación espontánea. Estos capnógrafos se están empezando a emplear en los servicios de emergencia médica (SEM) de España en los últimos años. La presente revisión bibliográfica ofrece una visión actual de la capnografía para colaborar en la formación de los profesionales sanitarios en esta monitorización de la ventilación que se encuentra en pleno surgimiento en los SEM españoles.

Palabras clave: capnografía, dióxido de carbono, CO₂, EtCO₂, servicios de emergencia médica.

Capnography is a non-invasive monitoring technique used in conjunction with pulse oximetry since the latter measures oxygenation whereas capnography is used to assess the patient's ventilation by measuring exhaled carbon dioxide. In some cases, it can also be used to measure the patient's perfusion and metabolism. Capnography has been used for over 30 years to monitor intubated patients during surgery where it is seen as a standard of care. Technological advances have led to the development of easy-to-use, portable capnographs that provide accurate readings both for intubated and spontaneously breathing patients. Over recent years, Emergency Medical Services (EMS) in Spain have begun using these capnographs. This bibliographical review offers a current overview of capnography that can be used to train healthcare professionals in the use of this ventilation monitoring technique, which is rapidly emerging in Spanish EMS.

Key words: capnography, carbon dioxide, CO₂, EtCO₂, emergency medical services.

¿POR QUÉ CAPNOGRAFÍA?

La capnografía es una monitorización no invasiva de la ventilación que mide el dióxido de carbono (CO₂) exhalado por el paciente. Desde los primeros estudios clínicos realizados por Smallhout y Kalenda en los comienzos de los años 70, se ha venido empleando para monitorizar a pacientes intubados en el medio hospitalario, primero en Europa y posteriormente, en los años 80, en Estados Unidos¹⁻³. Desde 1991, la *American Society of Anesthesiologists*

(ASA) considera que el estándar de atención en el quirófano es la monitorización conjunta de la capnografía y la pulsioximetría⁴. Desde 1995, el *American College of Emergency Physicians (ACEP)* indica el uso de rutina de la capnografía en el paciente intubado, tanto en el medio hospitalario como extrahospitalario⁵. La *American Heart Association (AHA)* recomienda su uso desde el año 2000 durante la parada cardiorrespiratoria y el tratamiento cardiovascular urgente, tanto intra como extrahospitalario⁶. En Europa, desde el 2002, la *Intensive Care Society* considera que la capnografía es un estándar de atención en el transporte del paciente crítico adulto en el Reino Unido⁷. Desde el 2005, el *European Resuscitation Council (ERC)* recomienda su uso para verificar la correcta colocación del tubo endotraqueal (TET) durante la parada cardiorrespiratoria⁸. Finalmente, en el año 2007 el *European Committee*

Correspondencia: L.D. Díez-Picazo.
C/ Soeve 19.
Ciudad Residencial La Berzosa.
28248 Hoyo de Manzanares. Madrid.
Correo electrónico: doclddp@gmail.com

Recibido el 06-08-2008; aceptado para su publicación el 31-10-2008.

for Standardization elaboró los estándares europeos para las ambulancias terrestres, incluyendo un capnómetro dentro del equipamiento necesario de las ambulancias tipo C (unidades móviles de emergencia o UVI móviles)⁹.

El avance tecnológico ha permitido obtener medidas de CO_2 exhalado fiables, tanto en pacientes intubados como no intubados, y se han desarrollado monitores portátiles especialmente indicados para los servicios de emergencia médica (SEM)¹⁰, que se han ido incorporando en los diferentes SEM de España.

El presente trabajo es una revisión bibliográfica sobre la capnografía en los SEM en la que se han consultado las bases de datos MedLine y el Índice Médico Español. En la primera se emplearon los siguientes términos MeSH como estrategia de búsqueda: “Capnography/instrumentation/methods; carbon dioxide; emergencies; emergency medical service, hospital; Primary Health Care; Physicians, Family”. En el Índice Médico Español se realizó una búsqueda por campos [título en español] con los términos: “Capnografía/dióxido de carbono”.

TERMINOLOGÍA

La capnografía es la monitorización continua no invasiva de la presión parcial de dióxido de carbono (CO_2) exhalado por el paciente a lo largo del tiempo.

Para evitar errores de comprensión es muy importante conocer la diferencia entre los términos capnometría y capnografía. El primero se refiere a la medición del nivel de CO_2 exhalado, el monitor utilizado para ello se conoce como capnómetro y muestra un valor numérico en la pantalla. La capnografía, además del valor numérico del CO_2 exhalado por el paciente, ofrece el registro gráfico de la eliminación de dicho CO_2 a tiempo real y la frecuencia respiratoria, el monitor empleado en este caso se llama capnógrafo¹⁰. Así, un capnógrafo nos ofrece de forma continua el CO_2 exhalado (capnometría), el registro gráfico de la eliminación del mismo (llamado capnograma) y la frecuencia respiratoria del paciente.

FISIOLOGÍA

Inicialmente conviene recordar brevemente el ciclo respiratorio (fig. 1) para comprender los diferentes procesos fisiológicos y fisiopatológicos relacionados con la monitorización capnográfica, necesarios para poder interpretarla en la práctica clínica.

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, a los diferentes órganos. Esta primera fase se conoce como oxigenación y es monitorizada mediante la pulsioximetría (fig. 1). A nivel celular, el oxígeno y la glucosa se convierten en energía (ATP) y CO_2 mediante el ciclo de Krebs. El CO_2 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. La ventilación es monitorizada mediante la capnografía¹¹.

Tras esta descripción del ciclo respiratorio se entiende con claridad que es necesario emplear la capnografía junto

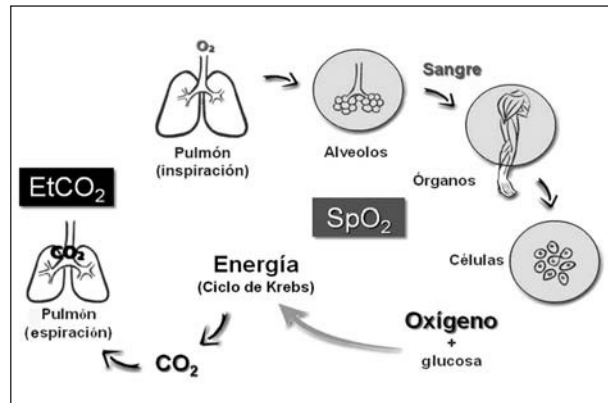


Figura 1. Fisiología del ciclo respiratorio. La oxigenación comprende desde la entrada de oxígeno en los pulmones hasta su llegada a todos los órganos. Este proceso (color gris claro) es monitorizado por pulsioximetría. El ciclo se completa con la ventilación o eliminación pulmonar del CO_2 producido en el metabolismo celular, proceso monitorizado por capnografía. Por tanto, para monitorizar el ciclo respiratorio en su totalidad es necesario emplear capnografía junto con pulsioximetría.

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 asistencia, como la apnea, la obstrucción de la vía aérea o los problemas hipoventilatorios, y así comenzar antes su tratamiento. La detección de estos eventos graves puede demorarse (incluso entre 2-4 minutos) cuando se emplea únicamente pulsioximetría^{12,13}.

Por otro lado, de la descripción del ciclo respiratorio, resumido gráficamente en la figura 1, puede obtenerse la siguiente observación, que es esencial para comprender los factores que influyen en la interpretación práctica del capnograma: con la capnografía monitorizamos de forma continua la eliminación pulmonar de CO_2 (ventilación), pero esta depende de los dos procesos del ciclo respiratorio que se producen con anterioridad, que son la producción celular de CO_2 (metabolismo) y su transporte por el torrente sanguíneo hasta el pulmón (perfusión). Estos tres factores influirán siempre en la medida del EtCO_2 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 paciente¹⁰.

DESCRIPCIÓN DEL CAPNOGRAMA

El registro capnográfico o capnograma (fig. 2) es la representación gráfica de la ventilación del paciente a lo largo del tiempo, registrándose en el eje vertical la presión parcial del CO_2 (en mmHg) y en el eje horizontal el tiempo (en segundos). Si se cambia el eje horizontal a minutos obtenemos las tendencias de la capnografía durante la asistencia del paciente, muy útiles para analizar la evolución del mismo o para la interpretación de sucesos clínicos puntuales.

En cada capnograma podemos distinguir las siguientes fases:

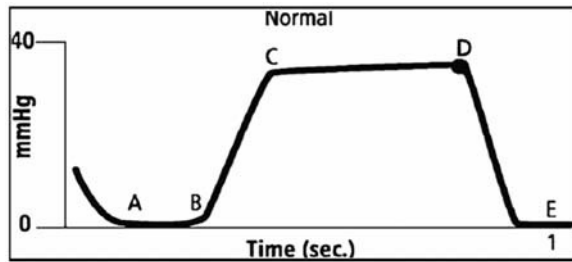


Figura 2. Descripción de un capnograma normal.
 A-B: fase I (ventilación del espacio muerto, $\text{CO}_2 = 0$).
 B-C: fase II (incremento rápido de CO_2).
 C-D: fase III o meseta alveolar.
 D: EtCO_2 (CO_2 tele-espiratorio o *end-tidal* CO_2).
 D-E: fase IV (inspiración).

1. Fase I: período comprendido entre el final de la inspiración y el comienzo de la siguiente espiración (fig. 2, A-B), durante el cual se ventila el espacio muerto. En esta fase la presión parcial de CO_2 es la ambiental. Al conectarse el capnógrafo reconoce esta presión de CO_2 ambiental y la asimila al valor cero, proceso conocido como “autoce-ro”.

2. Fase II: rápida subida de CO_2 al inicio de la espiración por la eliminación de CO_2 del espacio muerto mezclado con CO_2 alveolar (fig. 2, B-C).

3. Fase III: o meseta alveolar (fig. 2, C-D): corresponde a la exhalación del CO_2 del aire procedente de los alvéolos, observándose un ascenso lento y progresivo hasta alcanzar el punto donde la presión parcial de CO_2 es máxima (fig. 2, punto D). El valor de esta presión parcial de CO_2 al final de la espiración es el CO_2 tele-espiratorio o EtCO_2 (en inglés, *end-tidal* CO_2).

4. Fase IV: en la que la presión parcial de CO_2 decrece rápidamente al inicio de la inspiración (fig. 2, D-E)¹²⁻¹⁴.

TECNOLOGÍA

Al adentrarse en la literatura, inicialmente puede observarse que existen distintos métodos no invasivos de medida de la eliminación corporal del CO_2 . Por un lado, se han desarrollado diferentes técnicas para medir el CO_2 transcutáneo con el fin de estimar el CO_2 arterial sin realizar gasometrías¹⁴. Estas técnicas no han tenido gran difusión clínica y no están presentes en el medio extrahospitalario. Asimismo, se han desarrollado distintos métodos de medida del CO_2 exhalado que difieren en la forma de medirlo. La monitorización del volumen del CO_2 se conoce como “capnografía volumétrica”, empleándose en el paciente intubado en las unidades de cuidados intensivos¹⁵. La medición de la presión parcial del CO_2 respecto al tiempo se conoce como “capnografía temporal”. El término “capnografía” (sin calificativo) en la literatura se refiere a esta última¹⁵.

Por otro lado, al clínico le conviene conocer unos conceptos básicos sobre la tecnología de esta monitorización y los cambios que se han introducido en la misma hasta la

actualidad. Los capnógrafos emplean técnicas espectroscópicas de medida del CO_2 basadas en su absorción de la radiación infrarroja a una longitud de onda determinada ($4,26 \mu\text{m}$) y su emisión posterior que es captada por un fotodetector. Los dos principales problemas que condicionan la fiabilidad de la medida del CO_2 son: la especificidad de la lectura (que depende de la calidad del rayo infrarrojo, que sea lo más próximo posible a $4,26 \mu\text{m}$) y el volumen de muestra necesario. Inicialmente, la lectura no era muy específica para CO_2 , midiendo también gases anestésicos y oxígeno (O_2) a altas concentraciones. Esto obligaba a hacer unas correcciones para obtener el CO_2 y, para ello, a requerir un volumen mínimo de muestra que imposibilitaba su uso en pacientes no intubados (volumenes corrientes - V_T -variables), niños (V_T pequeños) y pacientes críticos (altas frecuencias respiratorias, V_T pequeños). Los monitores de capnografía actuales, diseñados para los servicios de emergencia, realizan una lectura específica de CO_2 que no se altera con altas concentraciones de O_2 ni con otros gases y, por tanto, requieren un volumen de muestra bajo y pueden emplearse en los pacientes anteriormente citados^{10,12}.

Finalmente, existen dos tipos de capnógrafos según la manera de medir el CO_2 : de flujo principal (o *mainstream* en inglés) y lateral (*sidestream*). Inicialmente, se diseñaron los de flujo principal, que miden el CO_2 directamente en la vía aérea, colando el sensor en el 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 desarrollaron los de corriente lateral, en los que el sensor se encuentra dentro del monitor y se mide el CO_2 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) (fig. 3, A) como en el no intubado (empleando una cánula oral-nasal que mide el CO_2 exhalado y que permite la administración simultánea de O_2) (fig. 3, B). Estos capnógrafos proporcionan lecturas fiables del CO_2 exhalado en todo tipo de pacientes, desde neonatos hasta adultos, sin ser calibrados por el personal sanitario (requieren una revisión cada 1-2 años realizada por personal técnico), lo que los hace idóneos para su uso en el medio extrahospitalario^{10,12}.

APLICACIONES CLÍNICAS

Vamos a describir las diferentes situaciones clínicas cuyo manejo puede mejorar empleando la capnografía en los SEM, distinguiendo entre el paciente intubado y el no intubado.

La capnografía en el paciente intubado

Actualmente, los profesionales sanitarios de los SEM pueden emplear la capnografía tras intubar a un paciente para confirmar la colocación correcta del TET, monitorizar la calidad de la reanimación cardiopulmonar (RCP) y controlar la ventilación durante la asistencia al paciente con sospecha de hipertensión intracraneal (HTIC).

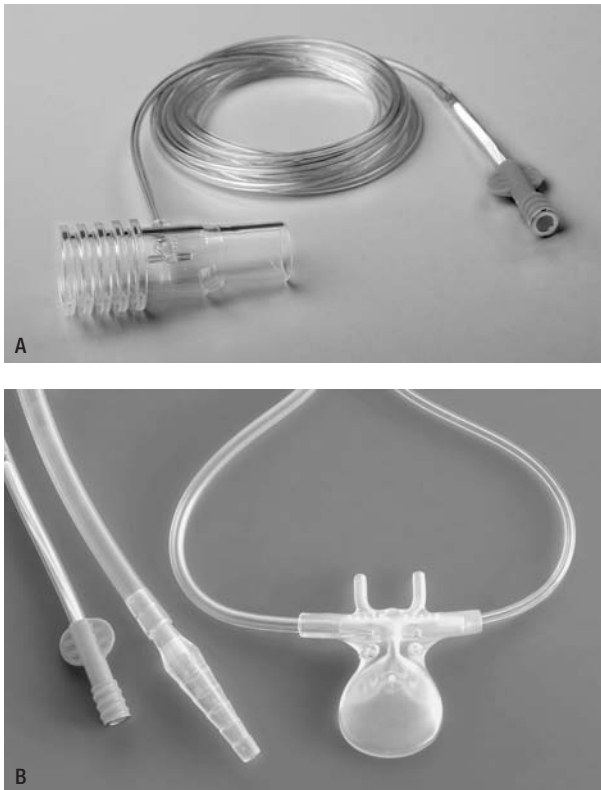


Figura 3. Dispositivos de capnografía de flujo lateral. A: capnografía para pacientes intubados. B: capnografía para pacientes con ventilación espontánea*.
*El tubo estrecho (derecha) vehicula el CO_2 exhalado por nariz y boca hacia el monitor para su medida. Por el tubo ancho (izquierda) puede administrarse O_2 sin que interfiera en la lectura del CO_2 .

De las tres, la indicación más relevante y con mayor evidencia científica es, sin duda, la confirmación de la correcta colocación del TET. Es bien conocido que la intubación esofágica no reconocida es una complicación potencialmente fatal si no se solventa rápidamente. En nuestro medio, su incidencia se estima en torno al 15%¹⁶. Diferentes estudios publicados en los últimos años concluyen que los métodos clínicos empleados para la confirmación de la posición del TET (auscultación pulmonar y en el estómago, movimientos torácicos, vapor en el tubo, etc.) deben complementarse con un método objetivo, como es la capnografía, para reducir la incidencia de intubaciones esofágicas^{16,17}. Además, monitorizar la ventilación del paciente intubado de forma continua alerta de forma inmediata de la extubación accidental durante el traslado al hospital¹⁸. Por estas razones, como hemos indicado en la introducción, diferentes sociedades médicas vienen recomendando que el uso sistemático de la capnografía sea un estándar de atención del paciente intubado por los SEM⁴⁻⁸.

Por otro lado, la capnografía puede emplearse para estimar la perfusión del paciente de forma continua durante la RCP, dado que tanto el metabolismo como la ventilación permanecen constantes¹⁷. En diferentes estudios se ha descrito que el masaje cardíaco óptimo no logra más del

30% del gasto cardíaco del paciente¹⁹, por lo que con frecuencia observaremos valores bajos de EtCO_2 durante la RCP y las fluctuaciones que observemos en la tendencia del EtCO_2 serán útiles para valorar la calidad del masaje cardíaco realizado, al estimar de forma no invasiva el gasto cardíaco logrado con la RCP. Asimismo, la elevación súbita y sostenida del EtCO_2 es una alerta precoz de recuperación de la circulación espontánea, debida a un aumento de perfusión no relacionada con el masaje cardíaco, que se produce antes que la recuperación del ritmo (aparición de QRS estrecho en el monitor) y la recuperación del pulso arterial^{17,19,20}. Algunos estudios indican que el EtCO_2 inicial está elevado en las paradas de origen respiratorio respecto a las primariamente cardíacas (por fibrilación ventricular u otras arritmias) pudiendo ayudar en la valoración del mecanismo subyacente^{21,22}. Además, puede aplicarse la capnografía como valoración pronóstica, habiéndose descrito que la persistencia de valores muy bajos de capnografía (EtCO_2 inferior o igual a 10 mmHg) en la RCP prolongada es un indicador de la imposibilidad de recuperación del paciente²³ y que niveles altos de EtCO_2 se asocian a una mayor supervivencia²¹.

Finalmente, la capnografía también puede emplearse para controlar más estrechamente la ventilación mecánica de los pacientes intubados, lo que es especialmente relevante en aquellos pacientes que son especialmente sensibles a las fluctuaciones de CO_2 , como los neonatos o los pacientes con sospecha de HTIC (secundaria a traumatismo craneoencefálico o accidente cerebrovascular), evitando tanto la hipoventilación como la hiperventilación que agravaría su situación clínica^{17,24}.

La capnografía en el paciente no intubado

En el medio extrahospitalario, al atender al paciente que conserva la ventilación espontánea la aplicación más relevante de la capnografía es la monitorización diagnóstico-terapéutica del broncospasmo, tanto la crisis asmática como la reagudización de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).

En la crisis de broncospasmo se produce un aumento de la pendiente de la meseta alveolar del capnograma (fase III) (fig. 2), que es mayor cuanto mayor es la severidad de la crisis. Esto es debido a que el vaciado alveolar es asimétrico, produciéndose más lentamente en las zonas broncoespásticas. Este aumento de la pendiente de la fase III hace que la forma del capnograma cambie, dándole una apariencia de aleta de tiburón y, por tanto, el capnograma puede emplearse como una herramienta diagnóstica en estos casos (fig. 4)^{25,26}.

Además, dado que la capnografía es una monitorización continua, puede valorar a tiempo real los cambios ventilatorios producidos durante la asistencia. Así, en la fase inicial del broncospasmo, observaremos cómo el paciente realiza una hiperventilación compensadora para mantener su oxigenación y, por tanto, el EtCO_2 será bajo. Si la obstrucción no se resuelve con el tratamiento broncodilatador y el paciente empieza a cansarse, comienza a hipoventilar y las tendencias del EtCO_2

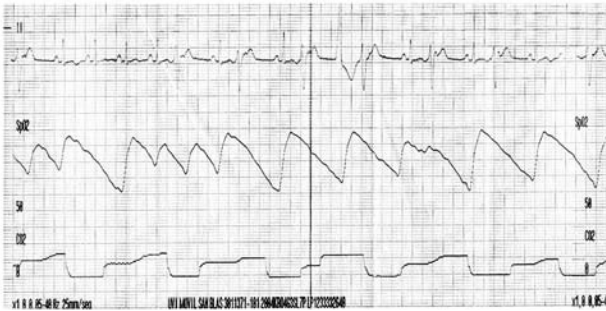


Figura 4. Monitorización de un paciente con broncospasmo. Monitorización multiparamétrica de 3 canales: derivación II electrocardiográfica (canal superior), pulsioximetría (canal intermedio) y capnografía (canal inferior). Obsérvese el capnograma típico con una meseta alveolar con pendiente aumentada (reflejado a menudo en el monitor como “meseta en escalones”) que le confiere una forma de “aleta de tiburón”.

serán ascendentes, pasando por valores falsamente normales, hasta que la situación no se revierta con un tratamiento eficaz. Por tanto, las tendencias del EtCO₂ nos indican a tiempo real el estado del paciente y su respuesta al tratamiento aplicado^{10,26,27}.

Otra aplicación de la capnografía en el paciente no intubado a tener en cuenta en los SEM es la valoración de los estados de hipoventilación (sedoanalgesia, intoxicaciones por drogas y/o alcohol, accidente cerebrovascular, convulsiones, etc.). En estos casos, aporta una información continua de la ventilación del paciente que ayuda a optimizar el tratamiento^{10,12,13}.

Por otro lado, como monitor de perfusión (complementando de forma continua a la tensión arterial) se emplea la capnografía en estados de shock, donde pueden observarse caídas del EtCO₂ en caso de hipovolemias súbitas (rotura de aneurisma de aorta, rotura esplénica, etc.) o al producirse un tromboembolismo pulmonar²⁸. Asimismo, como monitor de metabolismo se ha utilizado la capnografía para valorar la respuesta a la hipotermia, la presencia y gravedad de la cetoacidosis diabética²⁹ y la gastroenteritis aguda³⁰.

Finalmente, debe tenerse en cuenta que la trayectoria de la capnografía en el medio extrahospitalario es aún corta, siendo de algo más de 10 años en los SEM americanos y de unos pocos años en los SEM europeos, entre los que nos encontramos. Por tanto, la mayoría de la evidencia científica que manejamos en la actualidad sobre esta monitorización proviene de estudios realizados en el medio hospitalario. Los estudios de investigación que aportan evidencias sobre su uso en los SEM son aún pequeños y escasos, por lo que es necesaria la investigación en el medio extrahospitalario para mejorar el conocimiento y manejo práctico de la capnografía en el futuro próximo.

CONCLUSIONES RELEVANTES

1. La capnografía es la monitorización continua no invasiva de la presión parcial de CO₂ exhalado por el paciente a lo largo del tiempo que puede emplearse en los SEM en todo tipo de pacientes, desde neonatos hasta adultos, tanto intubados como no intubados.

2. Es necesario emplear la capnografía (monitor de ventilación) junto con la pulsioximetría (monitor de oxigenación) para valorar de forma completa la función respiratoria del paciente. Esta monitorización conjunta nos permitirá detectar más precozmente los problemas ventilatorios graves que surjan durante la asistencia (como apnea, intubación esofágica, extubación accidental, obstrucción de la vía aérea, hipoventilación, etc.) y así comenzar antes su tratamiento.

3. Para interpretar correctamente la monitorización capnográfica hay que tener en cuenta que la eliminación pulmonar de CO₂ (ventilación) está influida en todo momento por la producción celular de CO₂ (metabolismo) y su transporte por el torrente sanguíneo hasta el pulmón (perfusión). Por tanto, hay que valorar los tres procesos en cada paciente concreto para interpretar las tendencias del EtCO₂. Además, en algunos pacientes (cuando los otros dos procesos permanezcan estables), la capnografía podrá emplearse para estimar la perfusión y el metabolismo del paciente.

4. La aplicación clínica de la capnografía en los SEM más relevante y con mayor evidencia científica hasta la actualidad es la confirmación de la correcta colocación del TET, así como la detección precoz de la extubación accidental durante el traslado.

5. En el paciente intubado puede emplearse la capnografía para mejorar el control de la ventilación mecánica durante el traslado, lo que es especialmente importante en los pacientes sensibles a las fluctuaciones de CO₂, como los neonatos, o en caso de sospecha de HTIC, en los que se debe evitar tanto la hipoventilación como la hiperventilación que agravaría su situación clínica. Además, diferentes estudios sugieren su uso como monitor de perfusión durante la RCP.

6. En el paciente no intubado, la aplicación más interesante de la capnografía es la monitorización diagnóstico-terapéutica del broncospasmo, tanto en la crisis asmática como en la reagudización de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Además, puede ser empleada en otros casos, como en los estados de hipoventilación (sedoanalgesia, intoxicaciones por drogas y/o alcohol, accidente cerebrovascular, convulsiones, etc.), donde valora de forma objetiva la ventilación del paciente.

AGRADECIMIENTOS

A Sonia Delgado Gallego por su ayuda en la búsqueda bibliográfica.

CONFLICTO DE INTERESES

Luis D. Díez-Picazo y Luis Barrado-Muñoz son consultores de Oridion Medical Ltd, empresa fabricante de capnografía. El resto de los autores declaran no tener conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

1. Smalhout B, Kalenda Z. An atlas of capnography. Utrecht, The Netherlands: Kerckebusch-Zeist; 1975.
2. Tremper KK. Non-invasive monitoring of oxygenation and ventilation. 40 years in development. West J Med. 1992;156:662-3.

3. Swedlow DB. Capnometry and capnography: the anesthesia disaster early warning system. *Semin Anesth*. 1986;3:194-205.
4. American Society of Anesthesiologists. Standards for basic anesthetic monitoring; approved October 21, 1986 and last amended October 25, 2005. Disponible en: <http://www.asahq.org/publicationsAndServices/standards/02.pdf>
5. American College of Emergency Physicians. Expired carbon dioxide monitoring. *Ann Emerg Med*. 1995;25:441. Disponible en: <http://www.acep.org/1,4924,0.html>
6. The American Heart Association. Guidelines 2000 for Cardiopulmonary and Emergency Cardiovascular Care. Part 6: Advanced cardiovascular life support. Section 3: Adjuncts for oxygenation, ventilation and airway control. *Circulation*. 2000;102Suppl8:195-1104.
7. The Intensive Care Society. Guidelines for the transport of the critically ill adult; 20002. Disponible en: <http://www.ics.ac.uk/downloads/icstransport2002mem.pdf>
8. Nolan JP, Deakin CD, Soar J, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2005. Section 4. Adult advanced life support. *Resuscitation*. 2005;67S1:S39-86. Disponible en: http://www.erc.edu/index.php/guidelines_download_2005/en/
9. European Standard EN 1789:2007 (E). Medical vehicles and their equipment – Road ambulances. CEN European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, aprobado el 27 Febrero 2007.
10. Krauss B. Canography: an emerging standard of care in EMS. *Today's Emerg*. 2006;12(2):38-42.
11. Lumb AB, Pear RG. Diffusion of respiratory gases. En: Falm P, Andjelkovic N, editors. *Nunn's Applied Respiratory Physiology*. 6th ed. Philadelphia, USA: Elsevier Ltd; 2005.
12. Krauss B, Hess DR. Capnography for procedural sedation and analgesia in the emergency department. *Ann Emerg Med*. 2007;50(2):172-81.
13. Burton JH, Harrah JD, Germann CA, et al. Does end-tidal carbon dioxide monitoring detect respiratory events prior to current sedation monitoring practices? *Acad Emerg Med*. 2006;13:500-4.
14. Lumb AB, Pear RG. Carbon dioxide. En: Falm P, Andjelkovic N, editors. *Nunn's Applied Respiratory Physiology*. 6th ed. Philadelphia, USA: Elsevier Ltd; 2005.
15. Cheifetz I, Myers TR. Should every mechanically ventilated patient be monitored with capnography from intubation to extubation? *Respir Care*. 2007;52:423-38.
16. Timmermann A, Russo SG, Eich C, et al. The out-of-hospital esophageal and endobronchial intubations performed by emergency physicians. *Anesth Analg*. 2007;104:619-23.
17. Donald MJ, Paterson B. End tidal carbon dioxide monitoring in prehospital and retrieval medicine: a review. *Emerg Med J*. 2006;23:728-30.
18. Silvestri S, Ralls GA, Krauss B, et al. The effectiveness of prehospital use of continuous end-tidal carbon dioxide monitoring on the rate of unrecognized misplaced intubation within a regional emergency medical services system. *Ann Emerg Med*. 2005;45:497-503.
19. Falk JL, Rackow EC, Weil MH. End-tidal carbon dioxide concentration during cardiopulmonary resuscitation. *N Eng J Med*. 1988;318:607-11.
20. Gudipati CV, Weil MH, Bisera J, et al. Expired carbon dioxide: a non-invasive monitor of cardiopulmonary resuscitation. *Circulation*. 1988;77:234-9.
21. Gmec S, Lah K, Tusek-Bunc K. Difference in end-tidal CO₂ between asphyxia cardiac arrest and ventricular fibrillation/pulseless ventricular tachycardia cardiac arrest in the prehospital setting. *Crit Care*. 2003;7:R139-44.
22. Berg RA, Henry C, Otto CW, et al. Initial end-tidal CO₂ is markedly elevated during cardiopulmonary resuscitation after asphyxial cardiac arrest. *Pediatr Emerg Care*. 1996;12:245-8.
23. Levine RL, Wayne MA, Miller CL. End-tidal carbon dioxide and outcome of out of hospital cardiac arrest. *N Eng J Med*. 1997;337:301-6.
24. Helm M, Schuster R, Hauke J, et al. Tight control of prehospital ventilation by capnography in major trauma victims. *Br J Anaesth*. 2003;90:327-32.
25. Krauss B, Deykin A, Lam A, et al. Capnogram shape in obstructive lung disease. *Anesth Analg* 2005; 100: 884-8.
26. Yaron M, Padyk P, Hutsiniller M, et al. Utility of the expiratory capnogram in the assessment of bronchospasm. *Ann Emerg Med*. 1996;28:403-7.
27. Langhan M, Zonfrillo MR, Spiro DM. Quantitative end-tidal carbon dioxide in acute exacerbations of asthma. *J Pediatric*. 2008;152:829-32.
28. Anderson CT, Breen PH. Carbon dioxide kinetics and capnography during critical care. *Crit Care*. 2000;4:207-15.
29. Fearon DM, Steele DW. End-tidal carbon dioxide predicts the presence and severity of acidosis in children with diabetes. *Acad Emerg Med*. 2002;9:1373-8.
30. Nagler J, Wright RO, Krauss B. End-tidal carbon dioxide as a measure of acidosis among children with gastroenteritis. *Pediatrics*. 2006;118:260-7.