



Usos Emergentes de la Capnometría en la Medicina de Urgencias



Introducción

La Fisiología Básica de la Capnometría

La capnometría se basa en un descubrimiento realizado por el químico Joseph Black, que en 1875 percibió las propiedades del gas liberado durante la espiración, que él denominó «aire fijo». Ese gas (el dióxido de carbono) se produce como consecuencia del metabolismo celular, un producto de desecho del proceso de la combinación del oxígeno y la glucosa para producir energía. El dióxido de carbono sale del cuerpo a través de los pulmones. La cantidad de CO_2 del aire espirado refleja el rendimiento cardíaco y el flujo sanguíneo pulmonar a medida que el gas se transporta a través del sistema venoso a la parte derecha del corazón y después se bombea a los pulmones mediante el ventrículo derecho.

El dióxido de carbono participa, no sólo en el metabolismo celular oxidativo sino también en el transporte del gas y en la ventilación. Los capnómetros miden la concentración del CO_2 espirado al final de la respiración, que habitualmente se conoce como CO_2 espiratorio al final de la respiración (ETCO_2). Si está fuera del límite normal, alto o bajo, indica que hay un problema con la ventilación que requiere una acción inmediata. Mientras el corazón late y la sangre fluye, el CO_2 llega continuamente a los pulmones para la espiración. Todo lo que interfiera con la ventilación normal cambia rápidamente el ETCO_2 , incluso mientras los niveles de SPO_2 (la medida indirecta de saturación de oxígeno en la sangre) permanezcan altos. Por lo tanto, el CO_2 constituye un indicador más rápido, más sensible y de mayor calidad de los problemas de ventilación que las mediciones de SPO_2 .¹

¿Por qué es Importante el Control del ETCO_2 ?

La capnometría puede constituir una modalidad para salvar vidas por que los cambios en los niveles del ETCO_2 constituyen un indicador temprano de varias afecciones potencialmente peligrosas. Por ejemplo, una disminución repentina puede indicar hiperventilación o amenaza de infarto; un incremento repentino puede indicar hipertermia maligna incluso aunque no haya cambios en la respiración. La ausencia de ETCO_2 en un paciente intubado es un indicador de que el tubo endotraqueal no está colocado correctamente, lo que representa un peligro de muerte. La espiración de demasiado o muy poco CO_2 anuncia, no sólo tendencias fisiológicas perjudiciales en pacientes gravemente enfermos y lesionados sino que una cantidad anómala de CO_2 en sangre puede provocar en sí misma consecuencias graves.

Generalmente se acepta que el control del CO_2 es la práctica habitual para determinar si los tubos endotraqueales están colocados correctamente. No obstante, hay otros indicadores importantes que también se pueden utilizar. El

control de la ventilación mediante la medición del ETCO_2 ha constituido durante mucho tiempo una práctica habitual en la cirugía y en las poblaciones de pacientes en cuidados intensivos. El control del dióxido de carbono debería tenerse en cuenta en los escenarios prehospitalarios de la misma forma que en el entorno quirúrgico: como un signo vital del estado ventilatorio del paciente, ayudando a indicar el tratamiento futuro e inmediato. Las organizaciones de Servicios Médicos de Urgencias (SMU) comprenden la importancia del control de la ventilación además de la oxigenación en los pacientes gravemente enfermos y lesionados y han empezado a introducir protocolos que incluyen este parámetro vital. Sin embargo, las aplicaciones del control del CO_2 en este escenario han sido limitadas a pesar de los datos que demuestran su valor². Este control del CO_2 no se utiliza con la frecuencia que debería en la medicina prehospitalaria, y es un tema que merece considerarse de nuevo.³

¿En qué casos el Control del CO_2 no se Utiliza Plenamente?

Todos los años en el escenario prehospitalario se intuba o se les proporciona ventilación con bolsa-mascarilla (BM) a miles de pacientes. Al contrario que en el entorno controlado del quirófano o de la UCI, las circunstancias en las que el personal del SMU trata a los pacientes son únicas. Con frecuencia los pacientes se encuentran en un entorno de mucha acción y físicamente retardador en el que los dispositivos de control pueden funcionar mal y en los que los aparatos grandes y voluminosos resultan poco prácticos. Sin embargo, el control y apoyo adecuado de la ventilación resultan decisivos para un resultado satisfactorio en estos pacientes gravemente enfermos. La saturación del oxígeno, o SPO_2 , puede medirse como indicador de la ventilación, sin embargo la saturación del oxígeno de la hemoglobina no es sensible con tanta rapidez a los cambios en el estado de ventilación como el ETCO_2 . Además, los estudios en los escenarios ambulatorios han demostrado que la hipotermia y la vasoconstricción podrían perjudicar la capacidad de los sensores oximétricos para detectar cambios en el SPO_2 incluso en presencia de dificultades respiratorias. La capnometría en el escenario de urgencias puede proporcionar los datos necesarios para controlar y ajustar correctamente los parámetros de ventilación con mucha más rapidez y sensibilidad.

La razón más habitual en el escenario de urgencias prehospitalarias para utilizar la capnometría es la de garantizar que los tubos endotraqueales están colocados correctamente, un problema importante en el escenario extrahospitalario. Un estudio demostró que la intubación esofágica no reconocida alcanza el 25%.⁴ Otro estudio demostró que la mala colocación del tubo endotraqueal no reconocida está presente en el 3% de los pacientes con paro cardíaco y en el 17% de los pacientes que se transportan a un centro de traumatología de nivel 1.

Se puede aducir que incluso deberían controlarse los niveles de CO_2 de los pacientes a los que no se intuba sino que reciben una BM. Aunque no están supeditados al posible desastre que implica la colocación incorrecta de un tubo endotraqueal son vulnerables a las consecuencias de la hiperventilación o hipoventilación. Además, el seguimiento de la concentración de ETCO_2 de un paciente que recibe ventilación artificial tiene un valor predictivo a la hora de determinar la eficacia de la reanimación cardiopulmonar.^{5,6,7,8}

El uso de la capnometría podría prevenir problemas graves en la gestión de pacientes prehospitalarios además de ayudar en la selección posterior a la llegada de los pacientes al departamento de urgencias del hospital, pero no se utiliza de forma universal. El director del SMU de una gran ciudad de los EE.UU. estima que solo el 75% de los sistemas de servicios de urgencias cuentan con alguna forma de control del ETCO_2 , lo que quiere decir que un 25% no cuentan con ella.⁹ Un estudio llevado a cabo en 2005 en Alemania demostró que los capnómetros únicamente estaban disponibles para un 66% del personal médico de urgencias¹⁰ y aunque este porcentaje ha aumentado ligeramente durante los últimos años, el control del ETCO_2 dista mucho de ser universal en los SMU.

Métodos Actuales para Medir el ETCO_2

En estos momentos, existen tres tecnologías disponibles para el control del CO_2 : dispositivos colorimétricos, tecnología *mainstream/sidestream* conectada por cable y *mainstream* autónoma. Esta última categoría constituye el artículo más novedoso dentro de los recursos terapéuticos de aparatos disponibles. En los aparatos *mainstream* o *sidestream* se puede visualizar el CO_2 como lectura digital (capnómetro) o en forma de ondas (capnógrafo).

Los dispositivos *colorimétricos* detectan y presentan una variedad de ETCO_2 en formato cualitativo en lugar de mediante un número específico. Muestran cambios de color que indican la presencia de CO_2 . Este tipo de dispositivo cuenta con un indicador químico sensible al pH visible mediante una clara cúpula que cambia de morado a amarillo cuando se conecta a un paciente correctamente intubado, indicando que hay CO_2 en el aire espirado y que por lo tanto el tubo está en la tráquea. Si se conecta a un paciente con el tubo en el esófago, se queda de color morado. Aunque es fácil de usar, puede dar lecturas positivas falsas causadas por la presencia de CO_2 en el esófago, provenientes de bebidas carbonatadas ingeridas por los pacientes justo antes de su aplicación, o si ciertos contenidos gástricos o drogas están presentes.¹¹ Además, su sensibilidad se reduce notablemente en pacientes con paro cardíaco y baja perfusión¹², que puede llegar hasta un índice de fallos del 13%.¹³ Finalmente, para facilitar una lectura precisa con los indicadores colorimétricos los pacientes tienen que respirar seis veces. Los dispositivos





colorimétricos se colocan en las ambulancias en la bolsa de intubación de la vía respiratoria y son utilizados por personal formado de SVA (*Soporte Vital Avanzado*) cuando hace falta realizar una intubación. También se utilizan mucho en carritos de emergencias hospitalarias por que son fáciles y prácticos de usar. No obstante, debido a su falta de fiabilidad, algunos países europeos han prohibido su uso tanto en escenarios hospitalarios como prehospitalarios.¹⁴

Los monitores *mainstream* o *sidestream* conectados por cables miden la cantidad de CO_2 utilizando un sensor que cuenta con una fuente de luz infrarroja, una cámara que contiene la muestra del gas y un detector fotográfico. Cuando el CO_2 espirado pasa entre el rayo de luz infrarroja y el detector fotográfico, la luz absorbida es proporcional a la concentración de CO_2 en la muestra de gas. La respuesta del detector fotográfico se calibra con concentraciones conocidas de CO_2 y se graba en la memoria del monitor. En los modelos *sidestream*, una parte de los gases espirados por el paciente se transporta desde la vía respiratoria mediante un tubo de muestreo al sensor. No obstante, la medición de la concentración de un gas que está lejos del sitio de muestreo es problemática, ya que las condiciones bajo las cuales se toma la muestra podrían variar según el contenido de agua, humedad, presión y temperatura. Por el contrario en los modelos *mainstream* la fuente de luz infrarroja y el detector fotográfico se encuentran situados justo en las vías respiratorias. Esta disposición da como resultado una medición inmediata sin retrasos y una forma de onda precisa de CO_2 .

La medición de CO_2 *mainstream* o *sidestream* conectada a cables es una característica opcional de los desfibriladores de los monitores de pacientes «todo en uno» que utiliza el personal paramédico formado de SVA, logrado por la incorporación de un sensor añadido a otros indicadores como los electrocardiogramas, el SPO_2 y la presión sanguínea no invasiva. La información del CO_2 queda registrada y se muestra en la pantalla del dispositivo.

La innovación más reciente en la tecnología de control de ETCO_2 es un aparato de *mainstream autónomo* que funciona con pilas, portátil manualmente cuyo nombre es EMMA (PHASEIN AB, Suecia). El monitor EMMA detecta los valores de ETCO_2 de cada respiración a la vez que muestra la frecuencia respiratoria. EMMA es muy ligero, sólo pesa unas 2 onzas (56 gramos) y no hace falta calibrarlo. Funciona con dos pilas estándar AAA y tarda menos de un segundo en registrar mediciones precisas, que se muestran en el visualizador LED.

Los dos aparatos *mainstream* o *sidestream* conectados por cables y los aparatos de *mainstream autónomos* facilitan muestras cuantitativas de ETCO_2 . Los resultados se pueden visualizar en forma de lecturas digitales continuas que varían o en forma de onda continua.

A diferencia de los dispositivos colorimétricos, los *capnómetros cuantitativos* muestran lecturas fieles de dióxido de carbono normalmente expresadas como una presión parcial de CO_2 en unidades de mmHg, cuyo valor normal está entre 35 y 45 mmHg. El uso de capnómetros cuantitativos constituye una ventaja en la medicina prehospitalaria ya que permite una visión rápida y fiable de la ventilación, la circulación y el metabolismo. La disponibilidad de esta tecnología podría permitir una mayor utilización de la capnometría en los servicios de urgencias debido a que es fácil de usar y a su rentabilidad. Asimismo, podría llevar a una expansión de aplicaciones dentro del espectro de la medicina de urgencias que en estos momentos no son frecuentes pero que podrían considerarse a medida que el valor del control del CO_2 se reconoce más allá de las fronteras de su aplicación estándar como verificador de la colocación del tubo endotraqueal. La capnografía hace referencia a la visualización en forma de onda del CO_2 continua, moderna y en tiempo real. Estas señales tienen patrones reconocibles que resultan útiles para el análisis avanzado de la respiración, la ventilación y la perfusión. La capnografía es considerada como la forma última del control de CO_2 , incluye un número importante de parámetros y puede resultar útil en los diagnósticos diferenciales de una serie de afecciones graves.

La gran disponibilidad de dispositivos para el control del CO_2 sugiere que no hay impedimentos tecnológicos para que se utilice con más frecuencia. Algunos de los usos más novedosos de la capnometría se están desarrollando a medida que se reconocen en los pacientes gravemente enfermos y lesionados.

Usos Emergentes de la Capnometría en la Medicina Prehospitalaria

Control del ETCO_2 durante la ventilación con bolsa-mascarilla

La ventilación con bolsa-mascarilla (BM) es uno de los métodos más habituales de ventilar a los pacientes durante un paro cardíaco, una insuficiencia respiratoria y un traumatismo y es un procedimiento utilizado frecuentemente por el personal de Soporte Vital Básico (BLS) ya que no cuentan con la titulación necesaria para utilizar dispositivos que invadan las vías respiratorias. Aunque pueda parecer que otras tecnologías lo han sustituido, hay médicos que afirman que la BM es, como mínimo, tan eficiente en la ventilación de los pacientes como la intubación endotraqueal, tal como demuestran los índices de supervivencia. De hecho, un amplio estudio llegó a la conclusión de que este último lleva a periodos prehospitalarios de mayor duración.¹⁵ No obstante, se piensa que la BM es un procedimiento difícil de llevar a cabo, ya que en algunas ocasio-

nes requiere la participación de dos individuos que deben permanecer concentrados en mantener un sello en la boca del paciente mientras le administran la ventilación. Algunos estudios han demostrado que las diferencias en la destreza para administrar la BM entre el personal de los SMU ha llevado a resultados insatisfactorios entre los pacientes.^{16,17} La utilización de la capnometría podría mejorar dichos resultados ya que proporcionaría una retroalimentación continua en tiempo real sobre la idoneidad de la ventilación. No obstante, la segmentación de niveles en el cuidado de urgencias prehospitalarias que el personal de los servicios de urgencia puede facilitar según su titulación ha limitado su uso por parte del personal de nivel más básico. En los Estados Unidos, los niveles son los siguientes: (1) Asistente de Primeros Auxilios Avanzados, (2) Técnico en Urgencias Médicas - Básico (TUM-B), (3) Técnico en Urgencias Médicas - Intermedio (TUM-I) y Técnico en Urgencias Médicas - Paramédico (TUM-P). Las dos últimas categorías, que incluyen a más de 200.000 TMU a partir de 2006,¹⁸ de los cuales el 25% son paramédicos están formados en Soporte Vital Avanzado (SVA), lo que incluye el uso de la capnometría. Los niveles 1 y 2 - Asistentes en Primeros Auxilios y TMU - Básico utilizan aparatos médicos avanzados tales como reanimadores de máscara de bolso, máscaras faciales, monitores y máquinas de oxígeno, respiradores y, más recientemente, el desfibrilador externo automático (DEA). Podrían utilizar monitores *mainstream* portátiles con una pequeña formación pero en estos momentos no cuentan con la titulación necesaria para hacerlo.

Control del ETCO₂ durante el transporte al hospital y dentro del mismo

Varios estudios publicados han documentado la importancia del control del CO₂ durante el transporte de pacientes gravemente enfermos y lesionados,^{19,20,21} bien desde la ambulancia o el helicóptero hasta el departamento de urgencias o desde el departamento de urgencias a otras zonas del hospital. Generalmente, dichos pacientes están intubados y algunos de ellos están conectados a respiradores artificiales. Las pautas de soporte vital avanzado tanto en adultos como en niños exigen el control del ETCO₂ durante el transporte.²² Un cambio repentino en los niveles de CO₂ podría indicar afecciones graves tales como el desplazamiento del tubo endotraqueal, el mal funcionamiento del respirador artificial o una pérdida de flujo sanguíneo pulmonar. No obstante, incluso los pacientes que no están intubados podrían beneficiarse del control del CO₂, que quizá constituyan una población aún más vulnerable ya que no tienen un tubo endotraqueal y su estado respiratorio puede sufrir cambios rápidos. En dos estudios, la capnometría facilitó datos más fiables que la oximetría en pacientes durante el transporte,^{23,1} lo que llevó a los autores a recomendar el uso de control de CO₂ para víctimas de traumatismos incluso menores durante el transporte al departamento de urgencias.

A menudo, la portabilidad es un factor decisivo en la elección de capnómetros, especialmente cuando los pacientes están conectados a otros monitores que ocupan espacio. En algunos casos, el tiempo de transporte de los pacientes para el tratamiento dentro del hospital constituye un factor decisivo y, por lo tanto, un aparato portátil y fiable que no necesite calibración constituye una ventaja.

Control del ETCO₂ para indicar los parámetros de ventilación

Se ha publicado mucho sobre la importancia del control de la ventilación a fin de evitar, concretamente, la hiperventilación. Se reconoce ampliamente que la hiperventilación es perjudicial para los pacientes, aunque continúa dándose en los escenarios prehospitalarios. Los excesivos índices de ventilación dan como resultado un incremento significativo de la presión intratorácica y una disminución de las presiones de perfusión coronarias y de los índices de supervivencia.^{24, 25} Los objetivos para los pacientes que reciben respiración asistida son el control de la ventilación, un tiempo de inspiración optimizado y la circulación del aire.²⁶

El problema de la hiperventilación es particularmente relevante en pacientes con graves heridas en la cabeza en quienes sus efectos negativos se han estudiado profundamente. De hecho, el uso de intubación prehospitalaria se ha visto cuestionado basándose en que predispone a la hiperventilación.²⁷ El meticuloso control del CO₂ y de la frecuencia respiratoria son necesarios para prevenir la hiperventilación y son de importancia fundamental para conseguir una mejora de los resultados en este campo.²⁸

La hiperventilación es una cuestión, además del uso de secuencia rápida de intubación (SRI) paramédica, que se da en pacientes con heridas graves en la cabeza. Hay informes con opiniones diversas sobre si los protocolos de SRI incrementan o no el éxito en la intubación de los pacientes a los que no se pueden intubar fácilmente sin el uso de medicación.^{29,30} Se llevaron a cabo dos estudios en San Diego a fin de investigar específicamente la población con daños cerebrales traumáticos en quienes los riesgos de hiperventilación son de sobra conocidos. El primero se trató de un estudio de transporte terrestre de varias instituciones destinado a explorar el impacto de la hipoxia y la hiperventilación en el desenlace clínico. Uno de los participantes del estudio utilizó monitores de CO₂ digitales portátiles con parámetros de ventilación modificados a fin de dirigir los valores de ETCO₂ de 30 a 35 mmHg. En los pacientes del grupo controlado de ETCO₂ hubo una menor incidencia de hiperventilación grave involuntaria que en los que no tenían control de ETCO₂; los que estuvieron bajo control tuvieron un índice de mortalidad reducido. Los autores llegaron a la conclusión de que la utilización del control de ETCO₂ está asociada a una reducción en la hiperventilación grave involuntaria y los pacientes a los que no se hiperventiló tuvieron una menor incidencia de mortalidad.³¹





El segundo estudio se llevó a cabo en un escenario de transporte médico aéreo. Mostró un resultado diferente: los parámetros clínicos de los pacientes mejoraron con la SRI paramédica. Estadísticamente, hubo una reducción significativa en la mortalidad de los pacientes de transporte aéreo comparados con los de transporte terrestre. Los equipos médicos aéreos utilizaron la capnometría para guiar la ventilación en todos los pacientes del estudio. Los autores llegaron a la conclusión de que los mejores resultados podrían atribuirse a la utilización de la capnometría para guiar la ventilación.³²

la utilización del control de ETCO₂ está asociada a una reducción en la hiperventilación grave involuntaria y los pacientes a los que no se hiperventiló tuvieron una menor incidencia de mortalidad.³¹

El segundo estudio se llevó a cabo en un escenario de transporte médico aéreo. Mostró un resultado diferente: los parámetros clínicos de los pacientes mejoraron con la SRI paramédica. Estadísticamente, hubo una reducción significativa en la mortalidad de los pacientes de transporte aéreo comparados con los de transporte terrestre. Los equipos médicos aéreos utilizaron la capnometría para guiar la ventilación en todos los pacientes del estudio. Los autores llegaron a la conclusión de que los mejores resultados podrían atribuirse a la utilización de la capnometría para guiar la ventilación.³²

Comprobación específica del ETCO₂ en todo el espectro del cuidado de urgencias

Otra aplicación de la capnometría es la de la comprobación específica de los niveles de ETCO₂ y las frecuencias respiratorias en pacientes a medida que avanzan a través del sistema de gestión de urgencias. Prácticamente, la comprobación específica no puede llevarse a cabo con maquinaria que requiera una configuración o calibración lentas. Con un capnómetro portátil conectado a una máscara facial sellada correctamente, un TMU o un Asistente de Primeros Auxilios podría determinar la frecuencia respiratoria. Los resultados de la comprobación específica podrían indicar un cambio en la gestión médica o verificar que los procedimientos utilizados en este momento funcionan.

Control del ETCO₂ durante los retrasos en el departamento de urgencias

Debido al congestionamiento de los departamentos de urgencias, especialmente durante varios incidentes traumáticos, los pacientes del departamento de urgencias podrían experimentar retrasos hasta que se encuentra a los especialistas adecuados para decidir el diagnóstico y/o el tratamiento. En dichos casos, es fundamental para el cuidado apropiado de dichos pacientes el uso de aparatos de control a fin de garantizar que dichos pacientes permanecerán estables hasta que se decida el tratamiento

definitivo. Además de controlar la oxigenación, el rendimiento cardíaco, la presión de la perfusión arterial, el volumen intravascular y los marcadores de hipoxia histórica, la ventilación debería controlarse también mediante la capnometría.³³

Control del ETCO₂ para la evolución de la eficacia de la reanimación cardiopulmonar y para la predicción de la supervivencia

Varios estudios en animales y en seres humanos han demostrado una excelente correlación entre el ETCO₂ y el rendimiento cardíaco durante la reanimación cardiopulmonar durante situaciones de bajo flujo sanguíneo,³⁴ haciendo que la capnometría sea una herramienta eficiente para ayudar en la evaluación de la eficacia de los esfuerzos de reanimación cardiopulmonar. Las reducciones en el ETCO₂ están asociadas a las reducciones comparables del rendimiento cardíaco, los aumentos en el ETCO₂ están relacionados con la recuperación de la circulación espontánea (RDCE). La interpretación de ETCO₂ en el campo tiene que tener en cuenta que las ventilaciones controladas pueden ser difíciles o imposibles de realizar si la reanimación cardiopulmonar manual se ve interrumpida por un movimiento del paciente o un cambio en la posición del rescatador. No obstante, varios estudios han llegado a la conclusión de que ciertos cambios en los niveles de ETCO₂ están relacionados con una reanimación cardiopulmonar positiva. Un estudio clave demostró que un incremento rápido en los niveles de CO₂ treinta segundos después de la RDCE, seguido por una reducción cuatro minutos después que permaneció estable, es un indicador prácticamente inmediato de que la reanimación ha tenido buenos resultados.⁵

Asimismo, el control del dióxido de carbono se ha utilizado para predecir la supervivencia de los paros cardíacos extrahospitalarios. Un estudio de 1985 estudió esta cuestión en 34 pacientes, de los cuales 9 sobrevivieron a la reanimación. Esos 9 pacientes tuvieron una media superior de niveles de ETCO₂ durante la reanimación cardiopulmonar que los otros 25 que no la tuvieron.⁵ Otros estudios confirmaron dichos resultados a través de diferentes metodologías.³⁴ Uno de ellos se llevó a cabo en 150 víctimas consecutivas de paros cardíacos extrahospitalarios que tenían actividad eléctrica pero no pulso. Se entubó a los pacientes y se les evaluó por medio del control *mainstream* de ETCO₂. La hipótesis de los autores era que un nivel de ETCO₂ de 10mm Hg o inferior después de 20 minutos de reanimación cardiopulmonar predeciría el fallecimiento. De los 150 pacientes, 35 pacientes sobrevivieron después de ser admitidos en el hospital, y de hecho, el estudio mostró que después de 20 minutos de reanimación cardiopulmonar, un valor de ETCO₂ 10mmHg o inferior predecía el fallecimiento.⁵

Otros estudios confirman el umbral de 10mmHg. Uno de ellos observó que los valores iniciales, finales, máximos, mínimos y medios de ETCO₂ eran más altos en pacientes

que eran reanimados que en los que no lo eran. Ningún paciente con una lectura inferior a 10 mmHg sobrevivió.⁷

Los datos de varios estudios confirman que la capnometría parece ofrecer una herramienta eficiente para evaluar el rendimiento y los resultados de la reanimación cardiopulmonar y el personal de SVA y SVB debería utilizarlo con más frecuencia para este fin.

El Futuro de la Capnometría en la Medicina de Urgencias

Basándose en la abundancia de estudios publicados, el valor del control del ETCO₂ en la medicina de urgencias está cada vez más claro. Principalmente utilizada en el pasado para la verificación de la correcta colocación del tubo endotraqueal, queda reconocida su utilidad a fin de controlar la ventilación en pacientes intubados y pacientes no intubados gravemente enfermos. Es especialmente eficiente en pacientes en los cuales la hiperventilación involuntaria puede provocar daños secundarios y para evaluar la eficacia de la reanimación cardiopulmonar. Su valor en el control de pacientes gravemente enfermos y lesionados durante el transporte no solo con ambulancias o helicópteros a los hospitales, sino también dentro del hospital ha dado como resultado una serie de prácticas comunes que han sido adoptadas por numerosas organizaciones profesionales en el mundo entero.

La función del control del ETCO₂ está desarrollándose también dentro del hospital. Cada vez hay más pruebas de que no se utiliza plenamente en este escenario, quizá debido a que su importancia fundamental a la hora de verificar la colocación correcta del tubo endotraqueal ha limitado el reconocimiento de su utilidad en otras circunstancias clínicas. Se reconoce que los valores oximétricos del pulso pueden permanecer altos durante un periodo considerable mientras que las dificultades respiratorias pasan inadvertidas: únicamente el control del ETCO₂ indicará rápidamente un inminente deterioro del sistema respiratorio. La comprobación de los niveles de ETCO₂ cuando se sospechan dificultades ventilatorias o respiratorias debería formar parte de los protocolos del departamento de urgencias. La comprobación específica del ETCO₂ en pacientes tanto intubados como no intubados representa otro uso importante de la capnometría, que se ha hecho más práctica gracias a la disponibilidad de los nuevos capnómetros de *mainstream* portátiles.

Por último, el hacer que el personal de SVB utilice la capnometría de forma regular es el próximo paso positivo en el cuidado de los pacientes. La dificultad de la ventilación BM y los estudios que confirman los malos resultados del personal de SVB atribuidos a las diferencias en su habilidad abogan por el uso de la capnometría en los casos en que se lleve a cabo la ventilación con bolsa-mascarilla.

De forma universal, el coste constituye una consideración a tener en cuenta cuando se considera la adopción de una nueva tecnología. Recientemente, los avances en el diseño de sensores y en la miniaturización han provocado que el control del ETCO₂ resulte más económico. A menudo, los pacientes se encuentran en lugares físicamente inaccesibles, el tiempo es siempre fundamental y el bajo nivel de iluminación a menudo provoca que resulte difícil conectar los monitores a los pacientes y leer el visualizador. El hecho de contar con un capnómetro *mainstream* resistente y portátil que pueda facilitar tanto las lecturas de CO₂ como el ritmo respiratorio accesible en un «cajón de sastre» de los servicios médicos de urgencias constituye una ventaja clínica.

La medicina prehospitalaria se encuentra en un momento fascinante en su desarrollo como especialidad. No solo atrae a personas cuya dedicación al cuidado del paciente de calidad es superior, sino que es innovadora a la hora de adoptar nuevas tecnologías de campos clínicos que están fuera del SMU debido a la singularidad de su población de pacientes. La capnometría, establecida hace mucho tiempo como pieza fundamental en los quirófanos y en los cuidados intensivos está aterrizando por sí misma en la medicina prehospitalaria. Los datos demuestran claramente³⁶ que debería aplicarse mucho más. La disponibilidad de capnómetros cuantitativos y portátiles hace que ponerla en práctica resulte rentable y cómodo en un campo de la medicina que es sensible al tiempo y geográficamente desafiante.





References

1. Kober A, Schubert B, et al. Capnography in non-tracheally intubated emergency patients as an additional tool in pulse oximetry for prehospital monitoring of respiration. *Anesth Analg* 2004; 98: 206-210.
2. Kupnik D, Skok P. Capnometry in the prehospital setting: are we using its potential? *Emergency Medicine Journal* 2007; 24, 614-617.
3. Knor J, Pokorna M. The importance of measurement of end-tidal CO₂ in prehospital care. Presentation at the 11th World Congress of the Disaster and Emergency Medicine Federation, 2001.
4. Katz SH, Falk JL. Misplaced endotracheal tubes by paramedics in an urban emergency medical services system. *Annals of Emergency Medicine* 2001; 37(1), 32-37.
5. Sanders AB, Ewy GA, et al. Expired CO₂ as a prognostic indicator of successful resuscitation from cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1985; 3(2), 147-149.
6. Callahan M, Barton C. Prediction of outcome of cardiopulmonary resuscitation from end-tidal carbon dioxide concentration. *Crit Care Med* 1990; 18(4), 358-362.
7. Grmec S, Klemen P. Does the end-tidal carbon dioxide concentration have prognostic value during out-of-hospital cardiac arrest? *European J Emerg Med* 2001; 8(4), 263-269.
8. Levine RL, Wayne MA, Miller CC. End-tidal carbon dioxide and outcome of out-of-hospital cardiac arrest. *NEJM* 1997; 337(5), 301-306.
9. Personal communication, Dr. Jeffrey Goodloe.
10. Genzwuerker HV. Unavailability of capnometry: a legal issue. *Anesth Analg* 2007, 105, 1167.
11. Vargese JH. Use of disposable end tidal carbon dioxide detector device for checking endotracheal tube placement. *Journal of Clinical and Diagnostic Research* (serial online) 2007, 1:204-209.
12. Srinivasa V, Kodali BS. Caution when using colorimetry to confirm endotracheal intubation. (Letter to the editor) *Anesth Analg* 2007; 104, 738.
13. Maleck WH, Koeltter KP. Esophageal-tracheal Combitube. colorimetric carbon dioxide detection, and the esophageal detection device. Letter to the editor. *Journal of Clinical Monitoring* 1996; 12, 203-204.
14. Bertac PK, Hyldmo P, et al. Prehospital airway management: guidelines from a task force from the Scandinavian Society for Anaesthesiology and Intensive Care Medicine. *Acta Anaesthesiol Scand* 2008; 52: 897-907.
15. Stockinger ZT, McSwain NE, Jr. Prehospital endotracheal intubation for trauma does not improve survival over bag-valve-mask ventilation. *Journal of Trauma-Injury Infection & Critical Care* 2004; 56(3): 531-536.
16. Younquist ST, Henderson DP, et al. Paramedic self-sufficiency and skill retention in pediatric airway management. *Acad. Emerg Med.* 2008; 15: 1-9.
17. Simpson HK, Smith GB. Survey of paramedic skills in the United Kingdom and Channel Islands. *BMJ* 1996; 313: 1052-1053.
18. US Bureau of Labor Statistics, 2009.
19. Braman SS, Dunn MD, et al. Complications of intrahospital transport in critically ill patients. *Annals of Internal Medicine* 1987; 107(4), 409-421.
20. Singh S, Allen WD Jr., et al. Utility of a novel quantitative handheld microstream capnometer during transport of critically ill children. *Am J Emerg Med* 2006, 24(3), 302-307.
21. Runcie CJ, Reeve W. Is portable capnometry useful during transport of the critically ill? *Journal of Clinical Monitoring and Computing* 1992; 8(3), 1387-1307.
22. Bhende MA. End tidal monitoring in pediatrics – clinical applications. *J Postgrad Med* 2001; 47: 215.
23. Joldzo A, Bertalanffy P, et al. Capnometry in non-intubated emergency patients improves pre-hospital monitoring quality compared to pulse oximetry. *Anesthesiology* 2003; 99: A395.
24. Aufderheide TP, Lurie KG. Death by hyperventilation: a common and life-threatening problem during cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med* 2004; 32(9) Suppl, S345-S351.
25. Aufderheide TP, Sigurdsson G, et al. Hyperventilation-induced hypotension during cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 2004; 1980-1985.
26. Wayne MA, Delbridge TR, et al. Concepts and application of prehospital ventilation. *Prehosp Emerg Care* 2001; 5 (1), 73-78.
27. Warner KL, Bulger EM. Does pre-hospital ventilation affect outcome after significant brain injury? *Trauma* 2007; 9(4), 283-289.
28. Wang HE, Peitzman AB, et al. Out-of-hospital endotracheal intubation and outcome after traumatic brain injury. *Ann Emerg Med.* 2004; 44(5), 439-450.
29. Warner KJ, Cuschieri J, et al. Emergency department ventilation effects outcome in severe traumatic brain injury. *Journal of Trauma-Injury Infection & Critical Care* 2008; 64(2), 341-347.
30. Davis DP, Ochs M, et al. Paramedic-administered neuromuscular blockade improves prehospital intubation success in severe head-injured patients. *J Trauma* 2003; 55:713-719.
31. Davis DP, Dunford JV, et al. The impact of hypoxia and hyperventilation on outcome after paramedic rapid sequence intubation of severely head-injured patients. *Journal of Trauma* 2004; 57(1), 1-10.
32. Poste JC, Davis DP, et al. Air medical transport of severely head-injured patients undergoing paramedic rapid sequence intubation. *Air Med J* 2003; 23: 36-40.
33. Sanders AB. Capnometry in Emergency Medicine. *Ann Emerg Med* 1989; 18(12), 1287-1290.
34. Cone DC, Cahill JC, Wayne MA. Cardiopulmonary resuscitation. In Gravenstein JS, ed. *Capnography: Clinical Aspects* 2004. Cambridge University Press.