



TÍTULO

**”USO DE LA CAPNOGRAFÍA EN URGENCIAS”
MONITORIZACIÓN EN EL PACIENTE CRÍTICO**

AUTORA

María Angustias Morales Carbonell

Esta edición electrónica ha sido realizada en 2015

Director/Tutor	Francisco Domínguez Picón
Curso	<i>Curso Experto Universitario en Atención al Trauma Grave (2012/13)</i>
ISBN	978-84-7993-820-8
©	María Angustias Morales Carbonell
©	De esta edición: Universidad Internacional de Andalucía
Fecha documento	2014



Reconocimiento-No comercial-Sin obras derivadas

Usted es libre de:

- Copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra.

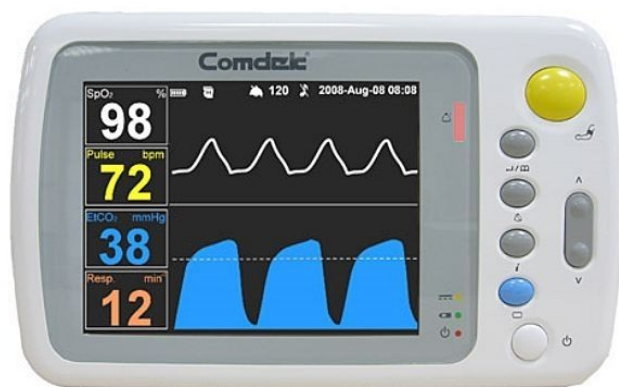
Bajo las condiciones siguientes:

- **Reconocimiento.** Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciadore (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).
- **No comercial.** No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
- **Sin obras derivadas.** No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

- *Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra.*
- *Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor.*
- *Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos morales del autor.*

“Uso de la capnografía en Urgencias”

Monitorización en el paciente crítico



Autor: Angustias Morales Carbonell

30/09/2014

Tutor: Francisco Domínguez Picón

“Uso de la capnografía en Urgencias”





INDICE:	Páginas:
Resumen/objetivos	4
Introducción	5
Conceptos básicos	6
Tecnología	7
Fisiología de la respiración	9
Descripción del capnograma	12
Factores que modifican el capnograma	13
Indicaciones/Aplicación clínica	14
Limitaciones	20
Complicaciones	20
Ideas claves	21
Bibliografía	23



RESUMEN/OBJETIVO:

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 permitiendo añadir una mayor objetividad, fiabilidad y rapidez diagnóstica a la atención del paciente crítico.

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 pudiendo valorar de forma continua y no invasiva el metabolismo, la perfusión y la ventilación de los pacientes a tiempo real. Estos capnógrafos se están empezando a emplear en los servicios de emergencia médica de España en los últimos años.

El objetivo de la presente revisión bibliográfica es ofrecer 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 Servicios de emergencia médica españoles.



INTRODUCCIÓN:

La capnografía es la medición continua y no invasiva del anhídrido carbónico o dióxido de carbono (CO2), exhalado a lo largo del tiempo.

Desde hace más de 40 años, se ha utilizado para monitorizar a pacientes intubados en las salas de quirófano, inicialmente en Europa y, posteriormente, en Estados Unidos, como estándar en la atención, junto con la oximetría de pulso (comúnmente conocida como pulsioximetría), y se encuentra presente en todos los nuevos respiradores como monitorización complementaria a la del patrón respiratorio. En la actualidad, sociedades científicas de categoría internacional, como la American Heart Association, la American Society of Anesthesiologists, la Intensive Care Society o el European Resuscitation Council (ERC), consideran imprescindible emplear la capnografía durante la asistencia al paciente crítico.

EVENTOS CLINICOS QUE PUEDEN SER DETECTADOS PRECOZMENTE MEDIANTE PULSIOXIMETRIA, CAPNOGRAFIA O AMBOS.

EVENTO CLINICO	PULSIOXIMETRIA	CAPNOGRAFIA
ATELECTASIAS SEVERAS	SI	NO
PEEP INADECUADA	SI	NO
INTUBACIÓN BRONQUIAL	CON RETRASO	SI
BRONCOESPASMO	SÍ	SÍ
PARO CARDÍACO	SI	SI
EMBOLISMO PULMONAR	SI	SI
HIPERTERMIA MALIGNA	QUIZAS	SI
COMBINACIÓN GASEOSA HIPÓXICA	SI	NO
LARINGOESPASMO	QUIZAS	SI
OBSTRUCCIÓN AÉREA PARCIAL	QUIZAS	SI
INTUBACIÓN ESOFÁGICA	CON RETRASO	SI
DESCONEXIÓN CIRCUITO	CON RETRASO	SI
EXTUBACIÓN ACCIDENTAL	CON RETRASO	SI
FUGA EN EL CIRCUITO	CON RETRASO	SI
RE-RESPIRACIÓN PARCIAL	NO	SI
HIPOVENTILACIÓN	NO	SI



CONCEPTOS BÁSICOS:

La capnografía es la monitorización continua no invasiva de la presión parcial de dióxido de carbono (CO₂) 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 CO₂ 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 CO₂ exhalado por el paciente, ofrece el registro gráfico de la eliminación de dicho CO₂ 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 CO₂ exhalado (capnometría), el registro gráfico de la eliminación del mismo (llamado capnograma) y la frecuencia respiratoria del paciente.

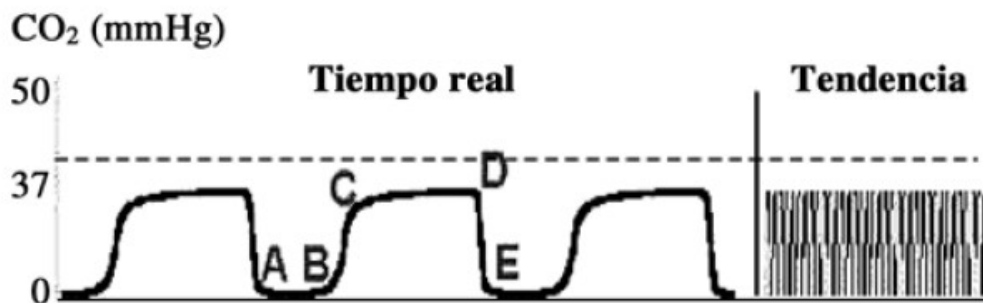


FIG. 1 CURVA NORMAL DE CAPNOGRAFIA

TECNOLOGIA:

Existen diferentes métodos no invasivos capaces de medir el CO₂ eliminado por el organismo, mediante tecnologías como la estimación del pH, la luz infrarroja, la cromatografía, la espectrofotometría, la espectroscopia de correlación molecular, etc.

Alguno de estos instrumentos, como por ejemplo los sensores tipo Severinghaus (fig. 2, A), que se colocan sobre la mucosa o la epidermis, capnómetros sublinguales y transcutáneos, respectivamente, presentan importantes limitaciones de empleo:

- Tiempos de equilibrado elevados tras la colocación del sensor.
- Requieren de calibraciones frecuentes.
- Precisan cambiar la posición del sensor a menudo.
- Puede provocar deterioro de la piel y el tejido subcutáneo debido a la elevada temperatura que adquiere el sensor.
- Zonas poco perfundidas y/o problemas hemodinámicos que den lugar a una infraestimación de los valores de PtcCO₂.
- Funcionamiento afectable adversamente si la temperatura del electrodo es insuficiente.
- Altos costes en el mantenimiento y fungibles del equipo.

Por otro lados, los capnógrafos de flujo principal o *MainStream* y los de flujo lateral, *SideStream* y *MicroStream* (fig. 2, B-D), gracias a la evolución tecnológica han sido capaces de superar gran parte de estos inconvenientes.

El capnómetro “mainstream” tiene un sensor incluido en el circuito ventilatorio del paciente; en el “sidestream”, se aspira una muestra gaseosa que es llevada a un sensor remoto. Los analizadores emplearán tecnología infrarroja, espectrometría de masas, espectrometría de Raman o fotoacústica fundamentalmente, siendo la infrarroja la más comúnmente empleada.

El sistema “mainstream” tiene un sensor incorporado al circuito respiratorio, de tal modo que la fuente de infrarrojos y los detectores están en lados opuestos del circuito principal, a través del cual pasan los rayos; tienen una respuesta más rápida y no precisa retirar muestra de gas de la vía aérea. El sistema “sidestream”, aspira de forma continua una pequeña cantidad de gas exhalado, a través de un tubo fino que es trasladada la cámara de medida. Sus principales ventajas son la utilización de material fungible desechable, la ausencia de un sensor intercalado en la vía aérea, y la posibilidad de ser utilizado en pacientes no intubados con sondas nasales.

Un problema fundamental con los sistemas “sidestream” es la condensación de agua y secreciones que pueden ocluir la tubuladura de medición y ocasionar medidas erróneas. Algunas unidades contienen un adaptador especial con trampa de agua para minimizar este problema.

Los primeros, encargados de la medición transcutánea, no han cosechado demasiado éxito comercial y no se emplean habitualmente en el medio extrahospitalario, a diferencia de los segundos, que controlan el CO₂ exhalado y suelen encontrarse incluidos en la mayoría de los monitores utilizados por los servicios de emergencias internacionales.

Es importante destacar que el CO₂ exhalado se puede medir de dos formas diferentes: *a)* como volumen (capnografía volumétrica), típico de pacientes intubados en unidades de cuidados intensivos y/o quirófanos, y *b)* como presión parcial del gas respecto a una línea de tiempo (capnografía temporal).

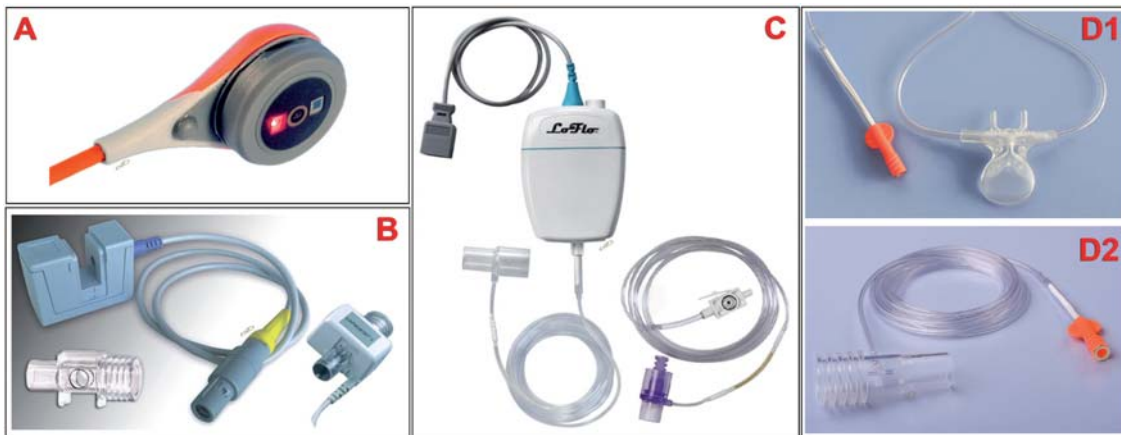


Figura 2¹. Sensores de medición del dióxido de carbono (CO₂): **A.** Transcutáneo tipo Severinghaus. **B.** *MainStream* o flujo principal. **C.** *SideStream* o flujo lateral. **D.** *MicroStream* o microcorriente de flujo lateral. **D1.** Sonda para pacientes no intubados. **D2.** Sonda para pacientes intubados o con ventilación manual tipo Ambu.

¹ Luis Barrado Muñoz, Santiago Barroso Matilla, Gregorio Patón Morales y Jorge Sánchez Carro: “Capnografía, la evolución en la monitorización del paciente crítico”. ZONA TES, Vol 2, Núm. 1 (enero-marzo 2013). Ver: <http://www.zonates.com/es/revista-zona-tes/menu-revista/numeros-anteriores/vol-2--num-1--enero-marzo-2013/articulos/capnografia,-la-evolucion-en-la-monitorizacion-del-paciente-critico.aspx>



FISIOLOGIA DE LA RESPIRACION. INTERCAMBIO ALVEOLO-CAPILAR:

Inicialmente conviene recordar brevemente el ciclo respiratorio (fig.3) 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. A nivel celular, el oxígeno y la glucosa se convierten en energía (ATP) y CO₂ mediante el ciclo de Krebs. El CO₂ 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 capnografía.

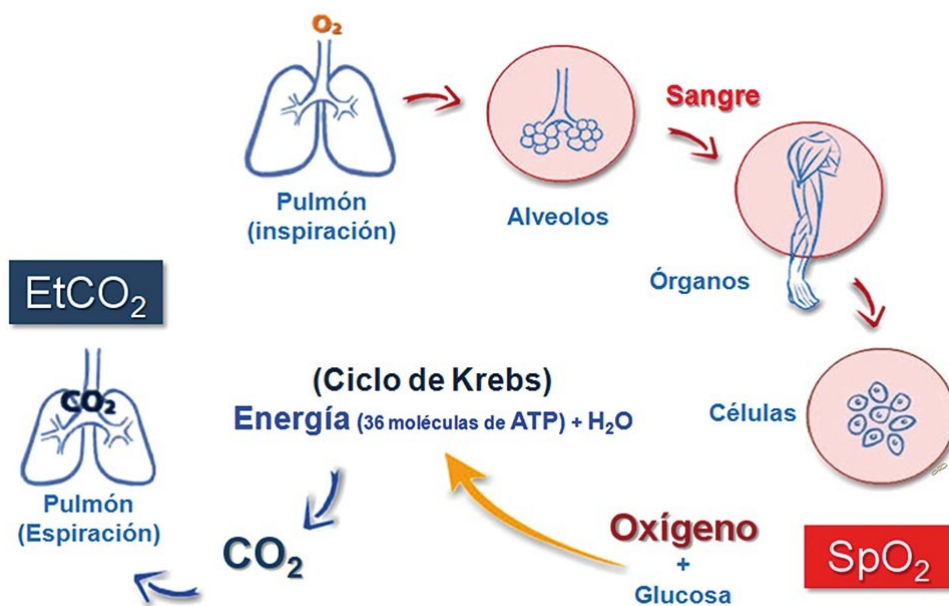


Figura 3². Fisiología del ciclo respiratorio. La oxigenación comprende desde la entrada de oxígeno en los pulmones hasta su llegada a todos los órganos. Este proceso (color gris claro) es monitorizado por pulsioximetría. El ciclo se completa con la ventilación o eliminación pulmonar del CO₂ producido 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.

2 Luis Barrado Muñoz, Santiago Barroso Matilla, Gregorio Patón Morales y Jorge Sánchez Carro: “Capnografía, la evolución en la monitorización del paciente crítico”. ZONA TES, Vol 2, Núm. 1 (enero-marzo 2013). Ver: <http://www.zonates.com/es/revista-zona-tes/menu-revista/numeros-anteriores/vol-2--num-1--enero-marzo-2013/articulos/capnografia.-la-evolucion-en-la-monitorizacion-del-paciente-critico.aspx>



Tras esta descripción del ciclo respiratorio se entiende con claridad 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 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.

Por otro lado, de la descripción del ciclo respiratorio, resumido gráficamente en la figura 3, 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 paciente.

Por consiguiente, y a modo de ejemplo, algunos cuadros clínicos que pueden provocar aumento del EtCO_2 a lo largo del tiempo pueden deberse a alteraciones en:

- Metabolismo: aumento del metabolismo y del consumo de O_2 , por ejemplo, en cuadros infecciosos/sepsis, estados iniciales de shock, hipertermia maligna, dolor, temblores/convulsiones (aumento de la actividad muscular). Administración intravenosa de bicarbonato sódico.
- Perfusión: aumento del gasto cardíaco, alteraciones de los mecanismos de autorregulación (por ejemplo, en pacientes con hipertensión intracraneal).
- Ventilación: insuficiencia respiratoria, depresión respiratoria, procesos de sedación y/o analgesia, cualquier estado clínico que provoque una disminución de la FR y/o del volumen corriente. Leve obstrucción de la vía aérea.
- Secundarias a fallos del equipo: válvula de inhalación y/o exhalación defectuosa, excesivo espacio muerto (tubuladuras demasiado largas, colocación de dispositivos intermedios).

Por el contrario, una disminución progresiva del EtCO_2 a lo largo del tiempo puede deberse a alteraciones en:

- Metabolismo: disminución del metabolismo y del consumo de O_2 como ocurre durante la hipertermia. Cetoacidosis.

- Perfusión: disminución del gasto cardíaco, por ejemplo en cuadros de hipotensión arterial, hipovolemia, parada cardiorrespiratoria (PCR), tromboembolia pulmonar.
- Ventilación: cualquier estado clínico que provoque un aumento de la FR y/o del volumen corriente, es decir, hiperventilación, presencia de importante acumulación de mucosidad bronquial, obstrucción del flujo aéreo, aumento fisiológico del espacio muerto, presencia de presión positiva al final de la espiración.
- Secundarias a fallos del equipo: fugas del sistema, colocación inadecuada de la cánula, tamaño y posición del tubo endotraqueal (TET), desconexión del respirador, fallo en el flujo del aire/oxígeno.

DESCRIPCIÓN DEL CAPNOGRAMA:

El registro capnográfico o capnograma (fig. 4) 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:

D: EtCO_2 (CO_2 tele-espiratorio o *end-tidal* CO_2). D-E: fase IV (inspiración).

- Fase I: período comprendido entre el final de la inspiración y el comienzo de la siguiente espiración (fig. 4, A-B), durante el cual se ventila el espacio muerto formado por la vía aérea superior y parte del árbol bronquial que no tienen capacidad de intercambiar gases. 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 “autocero”, creando una línea isoelectrónica en el gráfico.
- Fase II: se inicia una 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. 4, B-C).
- Fase III: o meseta alveolar (fig. 4, 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. 4, 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).
- Fase IV: comienza la fase inspiratoria en la que la presión parcial de CO_2 decrece rápidamente hasta quedarse a cero (fig. 4, D-E).

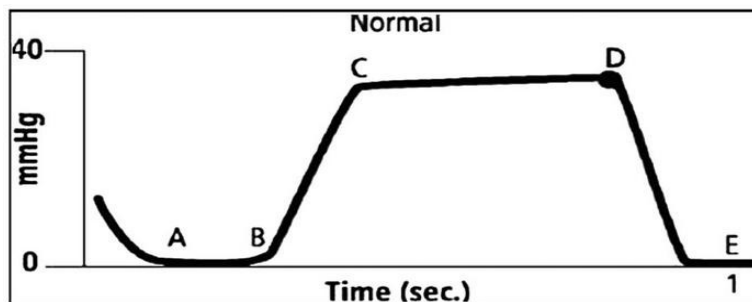
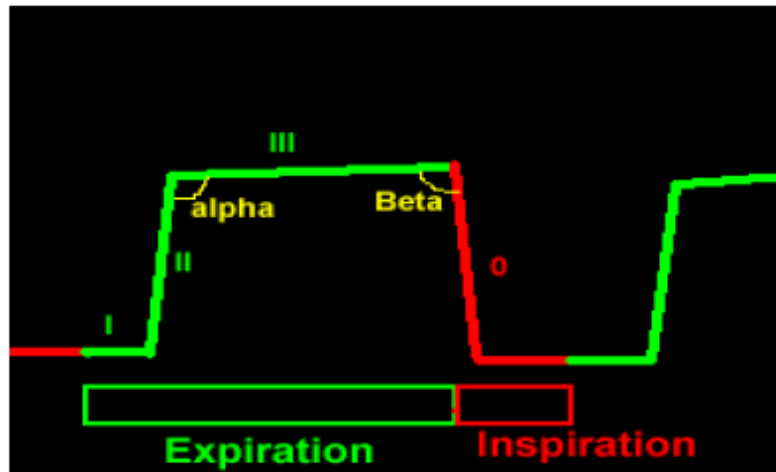


Figura 4³. Descripción de un capnograma normal. A-B: fase I (ventilación del espacio muerto, $\text{CO}_2 = 0$). B-C: fase II (incremento rápido de CO_2). C-D: fase III o meseta alveolar.

3 LD. Díez-Picazo, L. Barrado-Muñoz, P. Blanco-Hermo, S. Barroso-Matilla, S. Espinosa Ramírez. “La capnografía en los servicios de emergencia médica”. Medicina de familia. SEMERGEN. Vol. 35, Núm. 3, Marzo 2009. Ver: <http://www.elsevier.es/es-revista-semergen-medicina-familia-40-articulo-la-capnografia-los-servicios-emergencia-13135238>

FACTORES QUE MODIFICAN EL CAPNOGRAMA:

FACTORES QUE MODIFICAN LAS DIFERENTES FASES



FASE I (Reinhalación CO₂)

- Sonda acodada
- Fallo válvula espiratoria
- Característica inherente al sistema Mapleson D

FASE II

- Prolongaciones o inclinaciones: flujo gas espirado obstruido
- Tubo acodado
- Broncoespasmo
- Fugas del circuito
- Tubo de muestreo

FASE III: fisiología ventilatoria y hemodinámica

- Alteraciones V/Q
- Alteración GC
- Variación en la producción CO₂
- Altura: metabolismo
- Hendiduras: esfuerzos respiratorios espontáneos

FASE 0: pendiente

- Obstrucción flujo aéreo o flujos muy bajos (pequeñas oscilaciones)
- Latidos cardiacos



EVENTOS CLINICOS Y MECÁNICOS ASOCIADOS CON ALTERACIONES EN LA ETCO2

ETCO2 AUMENTADA	ETCO2 DISMINUIDA	ETCO2 AUSENTE
Hipoventilación	Disminución de actividad muscular (relajante muscular)	Intubación esofágica, extubación
Hipertermia maligna	Hipotermia	
Aumento de la actividad muscular (temblor, convulsión)	Hiperventilación	
Aumento producción CO2	Descenso GC (PCR)	
Aumento GC (durante resucitación cardiopulmonar)	Disminución perfusión pulmonar	
Inyección bicarbonato sódico	Broncoespasmo	
Efecto de brondodilatadores	Obstrucción vía aérea, TET	
Liberación de torniquete	Embolismo pulmonar	
Intubación bronquial	Embolismo aéreo	
EPOC	Fuga en circuito, desconexión del ventilador	
Parálisis muscular	Hipotensión	
Depresión respiratoria	Hipovolemia	
Obstrucción parcial vía aérea	Hiperventilación	
Reinhalación	Apnea	
	Extubación	
FACTOR TÉCNICO O FALLA LA MAQUINA: Absorbedor de CO2 saturado Flujo de gas fresco inadecuado Fugas en el sistema Ventilación defectuosa Válvulas defectuosas	ERRORES TÉCNICOS: Desconexión del circuito Fuga Mal funcionamiento del ventilador	

INDICACIONES/APLICACIÓN CLÍNICA:

Los capnógrafos comúnmente empleados en los servicios de emergencias médicas (SEM) disponen de dispositivos capaces de monitorizar a todo tipo de pacientes, desde neonatos a adultos, con respiración espontánea o con ventilación asistida, y a pesar de ser una monitorización no invasiva, tiene muchas utilidades clínicas de entre las cuales podemos destacar las siguientes.

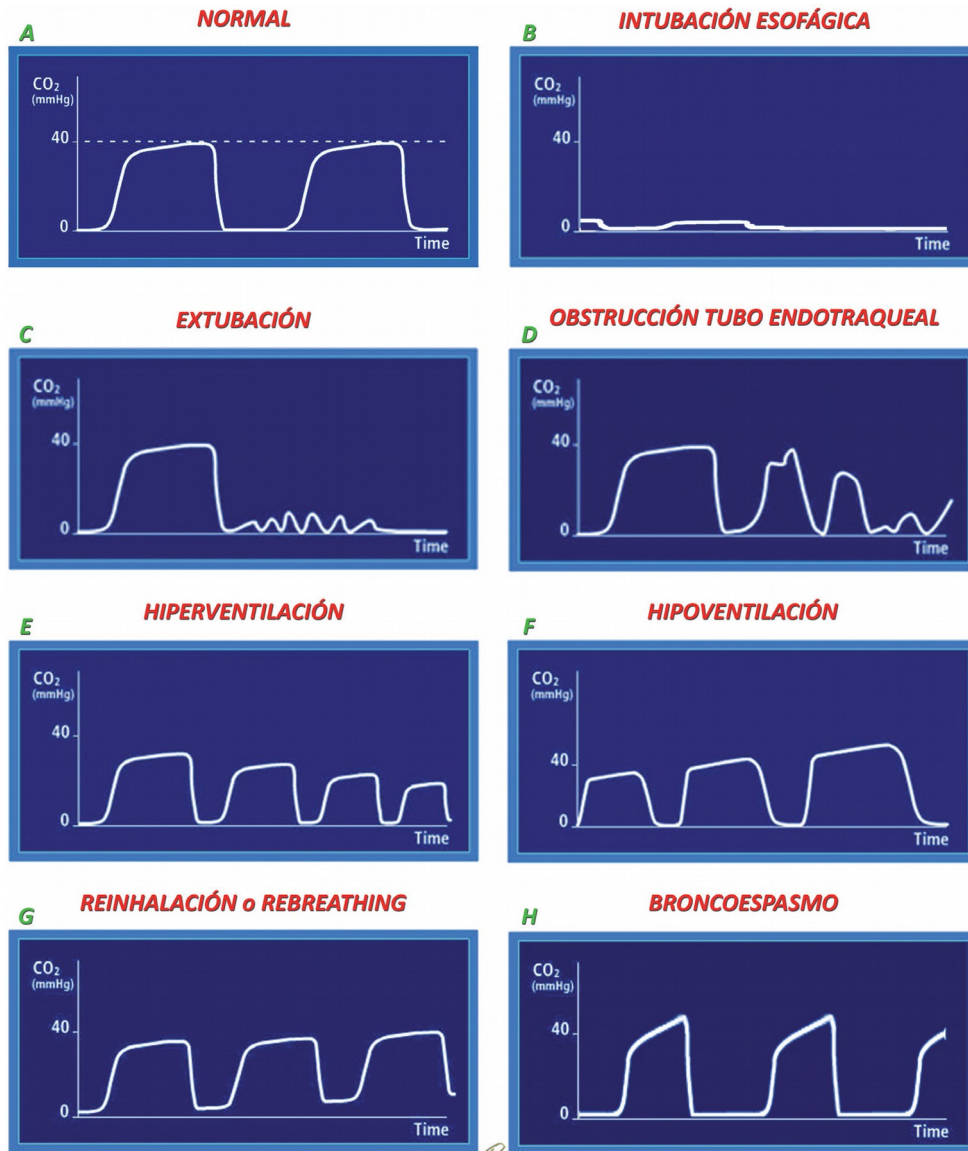


Figura 5⁴. Capnograma fisiológico y sus variaciones más frecuentes. CO₂: dióxido de carbono.

4 Luis Barrado Muñoz, Santiago Barroso Matilla, Gregorio Patón Morales y Jorge Sánchez Carro: “Capnografía, la evolución en la monitorización del paciente crítico”. ZONA TES, Vol 2, Núm. 1 (enero-marzo 2013). Ver: <http://www.zonates.com/es/revista-zona-tes/menu-revista/numeros-anteriores/vol-2--num-1--enero-marzo-2013/articulos/capnografia,-la-evolucion-en-la-monitorizacion-del-paciente-critico.aspx>

Confirmación y control de la adecuada posición del tubo endotraqueal

Posiblemente es la indicación más empleada, fundamentalmente por su relevancia y evidencia científica.

Cualquier conocedor de la técnica de intubación, sabe que uno de los principales problemas es la *intubación esofágica*, error con una incidencia aproximada del 15%. En diferentes estudios publicados en los últimos años se asegura que la metodología clínica habitualmente empleada para confirmar la posición del TET (es decir, la auscultación epigástrica y pulmonar, la observación de movimientos torácicos o la presencia de vaho en el interior del tubo) deben complementarse con métodos más objetivos, como la capnografía, donde la correcta colocación del TET, se constata por el mantenimiento de los niveles capnométricos y un capnograma normal a lo largo del tiempo (fig. 5, A).

Por el contrario, si se realizase una intubación esofágica, el escaso CO₂ residual, incluso a veces inexistente, en el tracto digestivo alto provocaría la aparición de valores capnométricos y curvas capnográficas muy bajos y decrecientes hasta llegar a cero en un intervalo muy corto de tiempo (fig. 5, B).

Otros de los errores típicamente cometidos es la *intubación selectiva*, que consiste en la exagerada introducción del TET, generalmente en el bronquio principal derecho, dado su abierta angulación respecto a la tráquea, con lo que se deja sin ventilar el pulmón contralateral. Se ha confirmado que, en este tipo de fallo, la capnometría no es un signo predictivo de corta latencia, ya que en más del 80% de los casos se mantiene estable o con alteraciones escasamente notables; por otro lado, el capnograma a veces puede presentar un cierto patrón obstructivo en las Fases II y III, muy probablemente debido a que se encuentra apoyado contra la pared del bronquio. Sin embargo, y a pesar de sus múltiples limitaciones, la oximetría de pulso (SpO₂) ha demostrado su eficacia en este tipo de sucesos, ya que suele presentar descensos bruscos en más del 50% de los casos.

Control de la terapia respiratoria

Es imprescindible que todo paciente sometido a ventilación mecánica invasiva (VMI) o no invasiva (VMNI) se mantenga atentamente monitorizado, pues son múltiples los efectos adversos que se pueden presentar en los ámbitos respiratorio, cardiovascular, neurológico, renal, digestivo, etc., atribuibles en gran parte a la presión positiva intratorácica que ejerce el soporte ventilatorio mecánico.

En el caso de la VMI, la capnografía permite no sólo confirmar el posicionamiento adecuado del TET o dispositivo alternativo a la intubación (mascarilla laríngea, Fastrach, tubo laríngeo, etc.) durante todo el proceso ventilatorio, sino que además los parámetros pautados por el especialista son correctos y el paciente se encuentra perfectamente adaptado a la modalidad ventilatoria seleccionada, lo que facilitaría la posibilidad de modificarlos rápidamente si fuera

necesario y asegurar el nivel adecuado de sedación-relajación-analgésia del paciente (fig. 5, B,C,D,G).

Del mismo modo, el paciente que mantiene respiración espontánea, pero precisa de un apoyo ventilatorio (VMNI) mediante sistemas de presión positiva tipo CPAP (del inglés *Continuous Sositive Airway Pressure*) o BiPAP (del inglés *Biphasic Positive Airway Pressure*), debe estar monitorizado con oximetría de pulso y capnografía, permitiendo controlar en todo momento el adecuado estado de la función pulmonar.

No debemos olvidar que la monitorización capnográfica también debe emplearse durante la ventilación manual con mascarilla más bolsa autohinchable con reservorio, es decir, con dispositivos tipo Ambu®, para asegurar que la técnica de sellado de la mascarilla es correcta y no hay pérdidas de aire, al igual que el volumen empleado en cada embolada es el que precisa el paciente, evitando la hiperventilación, la hipoventilación, e incluso en ocasiones la apnea accidental.

Control, progreso y pronóstico de la reanimación cardiopulmonar

Desde 2005, el European Resuscitation Council (ERC), en sus recomendaciones sobre reanimación cardiopulmonar (RCP), recomienda el empleo sistemático de la monitorización capnográfica para verificar la adecuada colocación del TET, a pesar de la posibilidad de falsos negativos secundarios a la baja perfusión existente.

En 2010, las guías internacionales en RCP la consideran como monitorización imprescindible para:

a) Confirmación de la correcta colocación del TET: a pesar de lo advertido por el ERC en sus Guías 2005, en los últimos estudios realizados se resalta la importancia del mantenimiento de un capnograma después de la intubación y a lo largo del tiempo, asegurando de esta forma y al 100% la no intubación esofágica del paciente.

b) Valoración de la calidad del masaje cardíaco: como se ha comprobado en estudios previos, el masaje cardíaco óptimo no logra alcanzar un gasto cardíaco (GC) superior al 30%, por ello se suelen observar valores relativamente bajos de EtCO₂ durante las maniobras de RCP. En 2009, Díaz Díez-Picazo et al confirmaron que pueden presentarse fluctuaciones de hasta 10 mmHg a lo largo de una RCP, debidas a la ineficacia de las compresiones torácicas, bien por desconocimiento de la técnica, bien por cansancio del propio rescatador, y en la mayoría de las ocasiones se recuperan los niveles de EtCO₂ previos con una sencilla corrección o un simple cambio de reanimador.

c) Indicador temprano de la recuperación de la circulación espontánea o ROSC (del inglés *Return Of Spontaneous Circulation*): la detección de una elevación capnométrica mantenida por encima de los 20 mmHg podría ser un indicador de la recuperación de

la circulación, incluso previa a la aparición de un registro electrocardiográfico acompañado de pulso carotideo.

d) Pronóstico de la reanimación: aunque al inicio de las maniobras los valores capnométricos sean muy aproximados en la mayoría de las PCR, en diferentes estudios se indica que valores de EtCO₂ mantenidos durante los 30 minutos iniciales de RCP por debajo de los 20 mmHg, pronostican un resultado infausto.

A pesar de los resultados expuestos, es necesario actuar con cautela y continuar investigando acerca del empleo de la monitorización capnográfica en la PCR, con el fin de conseguir una mayor fiabilidad clínica.

Monitorización diagnóstica y terapéutica del asma y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica reagudizada

Sin lugar a dudas, por el momento es la aplicación más relevante de la capnografía en pacientes con respiración espontánea.

Durante una crisis de broncoespasmo, se puede observar que la meseta alveolar o Fase III (fig.4) comienza a convertirse en una pendiente cuyo ángulo de inclinación será directamente proporcional a la gravedad del cuadro clínico (fig. 5, H). Esto se debe al entretimiento en la salida del aire desde las zonas broncoespásticas.

Gracias al estudio de las tendencias capnométricas/capnográficas, se puede valorar en tiempo real los cambios ventilatorios que presenta el paciente durante la asistencia médica, es decir, confirmar la eficacia o no del tratamiento pautado.

En consecuencia, al inicio del broncoespasmo (crisis leve), el paciente mantendrá una taquipnea compensadora que provocará una hiperventilación y, por tanto, niveles bajos de EtCO₂. Pero si la obstrucción no se resuelve, la taquipnea se mantendrá durante una segunda fase (crisis moderada), mientras el EtCO₂ comienza a subir, para finalmente desembocar en una tercera fase (crisis grave), en la que la taquipnea posiblemente haya desaparecido para dar paso a una bradipnea por agotamiento, lo que unido al cuadro de broncoespasmo grave provoca una hipoventilación y una elevación desmesurada del EtCO₂. Finalmente, si el tratamiento no ha llegado a tiempo o no ha resultado eficaz, los valores de EtCO₂ caerán progresivamente hasta llegar incluso a límites normales o más bajos inclusive, debido simplemente a la respiración superficial (tipo *gasping*), por extremo agotamiento que pronostica una parada respiratoria inminente.

Monitorización de las alteraciones del patrón respiratorio

Cuando se emplea de forma concomitante con la oximetría de pulso, la capnografía nos permite valorar de forma continua la función y el patrón respiratorio del paciente (fig. 4), con lo que resulta extremadamente útil para descubrir cuadros de hipoventilación, por ejemplo,

secundarios a procesos pseudoanalgésicos mal controlados o a intoxicaciones por alcohol, drogas, fármacos, etc. (fig. 5, F), lo cual orienta al especialista en el tratamiento médico que debe emplear.

Monitorización complementaria en estados de baja perfusión

Recordando lo descrito anteriormente, uno de los factores que puede alterar los niveles de EtCO₂ es el estado hemodinámico; así pues, si empleamos la capnometría conjuntamente con la monitorización de la presión arterial y la frecuencia cardíaca, observaremos un descenso brusco de los valores registrados en casos de hipovolemias súbitas (rotura de aneurisma, rotura esplénica, etc.) o tromboembolia pulmonar.

Estados metabólicos alterados

La capnografía permite valorar la respuesta al tratamiento de la hipotermia, tanto accidental, como terapéutica, detectar de forma temprana acidosis metabólicas en pacientes con gastroenteritis aguda, fundamentalmente en niños, así como cuadros de deshidratación y cetoacidosis diabética.

LIMITACIONES:

La capnografía, utilizada siguiendo las recomendaciones del fabricante y con una calibración previa adecuada, presenta pocas limitaciones, y constituye un sistema valioso de información de la eficiencia de la ventilación, así como de la perfusión pulmonar y coronaria. El gradiente con la PaCO₂ aumenta con el incremento del volumen del espacio muerto.

La composición de la mezcla del gas respiratorio puede afectar el capnograma, por las similitudes en el espectro infrarrojo con el O₂ y el NO₂, aunque durante la calibración se pueden incluir factores de corrección que compensan los errores derivados de la exposición a niveles altos de estos gases. La precisión de la medida puede verse afectada también por la contaminación del monitor o del sistema de muestreo por secreciones o condensación, la utilización de un tubo de muestreo excesivamente largo, frecuencias de muestreo demasiado rápidas (contaminación con aire fresco) o lentas (retraso en medición), o la obstrucción de la cámara de muestreo y análisis.

La utilización de capnometría en la población pediátrica tiene sus propias dificultades, derivadas de los volúmenes corrientes pequeños y las frecuencias respiratorias rápidas, comunes entre los lactantes. Múltiples estudios han demostrado que la capnografía infraestima significativamente la tensión arterial de CO₂ en lactantes y que los niveles del etCO₂ están significativamente aumentados si el muestreo de gas se realiza en el extremo distal del tubo endotraqueal en vez de la apertura proximal de la vía aérea. Otros problemas incluye la introducción del espacio muerto excesivo con los capnómetros mainstream y la posibilidad de muestreo impreciso del CO₂ utilizado capnómetros sidestream.

Cuando el capnograma es anormal, la etCO₂ no debe emplearse como un reflejo fiable de la PaCO₂, pero si su morfología permanece estable, puede emplearse como un control de su tendencia, asumiendo que la situación cardiovascular es estable. Por lo general, si el capnograma es anormal, es un indicador más fiable de alteraciones en la relación ventilación/perfusión, que como reflejo de la PaCO₂.

COMPLICACIONES:

Es una técnica segura, carente prácticamente de complicaciones. De forma particular en los pacientes más pequeños, debe prestarse atención al peso adicional que supone en la vía aérea artificial la inclusión del sensor o la línea de muestreo, y a la posibilidad de introducir un espacio muerto excesivo en el circuito del ventilador. Los dispositivos actuales han minimizado este problema, existiendo sensores neonatales que suponen menos de 2 mL de espacio muerto.

IDEAS CLAVES:

El manejo de la vía aérea en un Servicio de Urgencias debería estar basada en los conceptos de persona correcta, lugar correcto, equipo correcto y preparación correcta.

Una buena y fluida comunicación entre los clínicos del Servicio de Urgencias, Anestesiólogos, Intensivistas y otros especialistas es esencial en la planificación y el manejo de los problemas de la vía aérea que puedan presentarse.

La capnografía es la medición continua y no invasiva de la presión parcial del anhídrido carbónico o dióxido de carbono (CO₂), exhalado a lo largo del tiempo.

Puede emplearse en todo tipo de pacientes, desde neonatos hasta adultos, con respiración espontánea o en aquéllos que precisen de un apoyo ventilatorio mecánico invasivo o no invasivo.

El empleo concomitante de la capnografía con otras monitorizaciones no invasivas – como la oximetría de pulso, la presión arterial o la electrocardiografía– aporta gran información sobre el estado metabólico, hemodinámico y respiratorio del paciente, y permite identificar de forma más temprana cualquier anomalía clínica que aparezca.

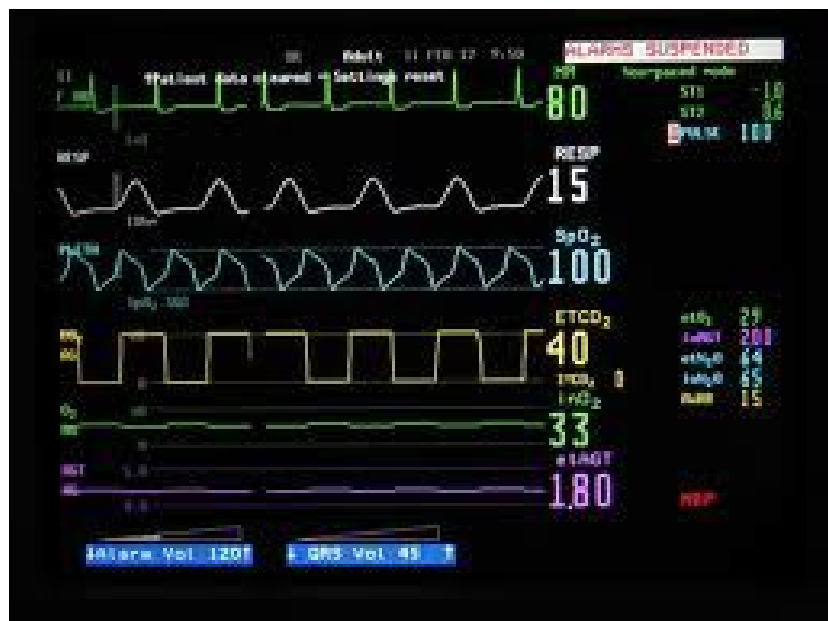
Para interpretar correctamente la monitorización capnográfica hay que tener en cuenta que la eliminación pulmonar de CO₂ (ventilación) está influida en todo momento por la producción celular de CO₂ (metabolismo) y su transporte por el torrente sanguíneo hasta el pulmón (perfusión). Por tanto, hay que 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.

Aunque las indicaciones clínicas de la capnográfica son múltiples y variadas, las más relevantes y con mayor evidencia científica son: el control de la colocación correcta del TET, la monitorización de la RCP y la clasificación, la valoración y el control del tratamiento en las crisis de broncoespasmo.

La capnografía debe usarse rutinariamente en todas a intubaciones en los Servicios de urgencias. Una capnografía un tanto atenuada, pero típica, estará presente en caso de

parada cardiaca si el tubo endotraqueal está correctamente colocado y se están llevando a cabo maniobras de reanimación cardiopulmonar.

El hecho de ser una monitorización no invasiva permite que cualquier categoría profesional dentro del ámbito de la asistencia sanitaria pueda emplearla sin problema alguno, pues no conlleva para su manejo la necesidad de amplios conocimientos médicos ni técnicas complejas.



BIBLIOGRAFIA:

1. Capnography for monitoring response to care after out-of-hospital cardiac arrest. Díaz Díez-Picazo L, Barroso Matilla S, Chico Córdoba R, Gómez Muñoz A. 2010. Ver: http://emergencias.portalsemes.org/descargar/capnography-for-monitoring-response-to-care-after-out-of-hospital-cardiac-arrest/force_download/
2. Capnografía, la evolución en la monitorización del paciente crítico. *ZONA TES*, Vol 2, Núm. 1 (enero-marzo 2013). Luis Barrado Muñoz, Santiago Barroso Matilla, Gregorio Patón Morales y Jorge Sánchez Carro: Ver: <http://www.zonates.com/es/revista-zonates/menu-revista/numeros-anteriores/vol-2--num-1--enero-marzo-2013/articulos/capnografia,-la-evolucion-en-la-monitorizacion-del-paciente-critico.aspx>
3. La capnografía en los servicios de emergencia médica. L.D. Díez-Picazo, L. Barrado-Muñoz, P. Blanco-Hermo, S. Barroso-Matilla y S. Espinosa Ramírez. *Medicina de familia. SEMERGEN*. Vol. 35, Núm. 3, Marzo 2009. Ver: <http://www.elsevier.es/es-revista-semergen-medicina-familia-40-articulo-la-capnografia-los-servicios-emergencia-13135238>
4. La capnografía para el paciente no intubado en el servicio de urgencias. Colector CA1, Davids N, Villers LC, Wampler DA.
5. Monitoreo de la función respiratoria: oximetría, capnografía, monitoreo gráfico ventilatorio. Tr. Martha Yolanda Velásquez Moreno. Especialista docencia universitaria e investigación directora académica MIE.
6. Manejo vía aérea en el Servicio de Urgencias y en Áreas fuera de quirófano. Werner Engel Espinosa, Yaiza Lorenzo del Pie, Any Minerva Sakae Yonamine. Hospital Universitario Severo Ochoa (Leganés). Ver: <https://anestesiario.org/2012/manejo-de-la-via-aerea-en-el-servicio-de-urgencias-y-en-areas-fuera-de-quirofano/>
7. Utilidad del empleo de la capnografía en la gastroenteritis aguda. M.ª J. Solana García, R. López López, J. Adrián Gutiérrez, A. Peñalba Cítores, M. Guerrero Soler y R. Marañón Pardo. *Anales de Pediatría* (An Pediatr (Barc) 2008;68:342-5 - Vol. 68 Núm.4 DOI: 10.1157/13117704). Ver: <http://www.analesdepediatría.org/es/utilidad-del-empleo-capnografia-gastroenteritis/articulo/S1695403308700900/>
8. ¿Cuál es la evidencia científica del uso de la capnografía en pacientes sometidos tanto a ventilación mecánica invasiva como no invasiva? Biblioteca virtual de Murciasalud. Ver: http://www.murciasalud.es/preevid.php?op=mostrar_pregunta&id=19566&idsec=453
9. La curva de capnografía y la boa que se comió al elefante. Dr Raúl Carrillo-Esper, Dr Jorge Raúl Carrillo-Córdova, Dr Luis Daniel Carillo-Córdova. *Revista Mexicana de Anestesiología*, Vol. 34, Núm. 1. Enero-Marzo 2001. Ver: <http://www.medigraphic.com/pdfs/rma/cma-2011/cma111g.pdf>

“Uso de la capnografía en Urgencias”

