

6

CAPNOGRAFIA

* Gustavo Adolfo Lopera G.

RESUMEN

La capnografía es un método de monitoreo no invasivo de pacientes que se encuentran en las Unidades de Cuidado Intensivo (UCI) o en las salas de cirugía. El capnograma proporcionará al médico, particularmente al anestesiólogo, importante información sobre el estado cardiovascular, pulmonar y metabólico del paciente. Con esta información el médico podrá detectar rápidamente errores que lleven a resultados catastróficos, como la intubación esofágica; controlar la ventilación del paciente, de modo que la PCO_2 se mantenga lo más cercano a lo normal; monitorizar a un paciente que se está "destetando" de un ventilador y aun predecir el resultado de una reanimación cardiopulmonar. Además, del análisis de las alteraciones en la presión al final de la espiración ($PetCO_2$), el médico podrá sospechar una serie de patologías como la hipertermia maligna, el embolismo pulmonar, hipotermia, etc.

Palabras clave: Capnografía, monitoreo no invasivo, anestesiología.

SUMMARY

Capnography is a noninvasive monitoring method for patients in Intensive Care Units or Intraoperative. The capnogram provides the physician, particularly the anaesthesiologist, with important information about the patient's cardiovascular, pulmonary

* Médico egresado U.P.B.

Separatas: Cra. 41 No. 46-00 Medellín

and metabolic status. With this information the physician will be able to: detect critical incidents, such as esophageal intubation; control patient's ventilation, so the PCO₂ will be the nearest to normal values; guide weaning from mechanical ventilation, and predict outcome from cardiopulmonary resuscitation (CPR). Moreover, from analysis of alteration of end tidal carbon dioxide (PetCO₂), the physician could suspect numerous pathologies, such as malignant hyperthermia, pulmonary embolism, hypothermia, and others.

Key words: Capnography, noninvasive monitoring, anesthesiology.

PRINCIPIOS GENERALES

La capnometría es la determinación numérica de la concentración o de la presión parcial de CO₂, en la vía aérea del paciente. La capnografía es el gráfico que representa la concentración o la presión parcial de CO₂ en relación con el tiempo del ciclo respiratorio. Los dos métodos no son equivalentes, pero con un aparato calibrado la capnografía incluye la capnometría (1).

CLASIFICACION

1. Según el tipo de muestreo:

1.1 Método Aspirativo: El equipo toma una muestra del gas a una determinada rata (ej. 240 ml/min.). Su principal desventaja radica en que la línea que aspira el gas puede contaminarse con agua y secreciones o puede presentar fugas, factores que favorecen falsas lecturas y retardos en la determinación de la concentración de CO₂ en cada ciclo respiratorio.

1.2 Método con sensor: Un sensor, en contacto directo con el gas, hace una determinación directa de la concentración de CO₂. Su principal problema es que son sensores grandes que aumentan el espacio muerto en 8-15 ml y dificultan el manejo del circuito ventilatorio por su peso (60-100 g).

2. Según el tipo de medición:

2.1 Absorción de rayos Infrarrojos: El rayo Infrarrojo pasa a través del gas muestreado y las moléculas de CO₂ presentes absorben fácilmente la luz infrarroja con una longitud de onda de 4260nm, el sistema determina la cantidad de CO₂ comparando la cantidad de luz Infrarroja absorbida por el gas muestreado y un gas de referencia, que

carece de CO₂; para el cálculo de la PetCO₂ el sistema toma en cuenta la cantidad de gas muestreado, la rata de aspiración del gas, la longitud y el calibre del tubo, razones por las cuales este capnógrafo no puede adaptarse a cualquier máquina de anestesia. Este es el método más utilizado por los capnógrafos.

2.2 Espectrometría de Masa: Con este método se aspira gas continuamente y este es llevado a una cámara al vacío donde es sometido a un rayo de electrones, lo que produce un fraccionamiento de las moléculas del gas, luego estos fragmentos son acelerados a través de un campo eléctrico, donde entran en una cámara de dispersión, en la que un campo magnético causa la separación de los fragmentos de acuerdo con el radio carga/masa, lo que permite determinar las concentraciones de CO₂, O₂, N₂O, N₂, Halotano, Enflurane e Isorane. Este es un sistema de muy elevado costo, aunque tiene la ventaja que permite evaluar la concentración de estos gases en varios pacientes en forma rotatoria (2).

2.3 Método colorimétrico: Es el método más reciente, el prototipo es el detector de CO₂ tipo Fenem, el cual posee una membrana que cambia de color con los cambios en la concentración del CO₂ en el ciclo respiratorio, mostrando un tono púrpura con la inspiración y una tendencia hacia el amarillo con la espiración. La membrana está dividida en 3 franjas (a,b,c), cada una de las cuales representa un rango de la concentración de PetCO₂, así: la franja a, representa concentraciones de CO₂ entre 2 y < 3.8 mmHg, la b, concentraciones entre 3.8 y < 15.2 mmHg y la c representa concentraciones entre 15.2 y 38 mmHg (3,4).

Las principales ventajas de este nuevo método son: su bajo costo, su fácil manejo, pues es portátil y la confiabilidad de sus determinaciones (4,5).

2.4 Método Espectroscópico tipo Raman: Determina la concentración de CO₂ analizando los cambios en la longitud de onda de una luz láser cuando ésta incide sobre un gas (2).

Gradientes normales de CO₂ entre la sangre, el alveolo y la atmósfera.

El aire inspirado tiene una mínima concentración de CO₂ (FICO₂), durante la inspiración éste se mezcla con el gas residual funcional, que contiene gran cantidad de CO₂, obteniéndose una presión alveolar inspiratoria pico (PICO₂ max.) de 36 mmHg. A medida que se presenta el equilibrio gaseoso, la presión alveolar de CO₂ (PACO₂) se incrementa ligeramente a 38 mmHg, obteniéndose una presión espiratoria máxima de CO₂ (PeCO₂ max) de 38 mmHg, pero durante la espiración los gases alveolares se diluyen con el gas del espacio muerto, que contiene una alta concentración de CO₂, diluyendo la PCO₂ a 37 mmHg, obteniéndose una presión espiratoria final de CO₂ (PetCO₂) de 37 mmHg.

La PCO₂ venosa es aproximadamente 46 mmHg, después del equilibrio con el alveolo se produce una presión arterial de CO₂ (PaCO₂) de 40 mmHg y una PeCO₂ max de 38 mmHg, por lo que la DCO₂ (A-a) es del 2 mmHg en condiciones normales. Un incremento de la DCO₂ (A-a) generalmente representa un aumento del espacio muerto fisiológico (por hipotensión, embolismo pulmonar, etc.) (6).

Alteraciones en la PetCO₂:

La PetCO₂ es una función de múltiples procesos, pero esta fundamentalmente determinada por la ventilación alveolar, la perfusión del capilar y el metabolismo periférico.

Alteraciones en cualquiera de estos factores pueden aumentar o disminuir la PetCO₂.

Factores que disminuyen la PetCO₂

Aumentos en la ventilación alveolar

Por aumentos en la frecuencia respiratoria o por aumentos en el volumen corriente.

Disminución en la producción de CO₂

Como la observada en los estados de hipotermia.

Aumentos en el espacio muerto

El embolismo pulmonar y la hipotensión súbita alteran la relación de V/Q, favoreciendo elevaciones en la PaCO₂ y disminuciones en la PetCO₂.

Errores técnicos: Por mala calibración del aparato o por defectos de la toma de la muestra.

Factores que aumentan la PetCO₂

Disminución de la ventilación alveolar: Por disminución en la frecuencia respiratoria o en el volumen corriente.

Aumentos en la producción de CO₂: Como se observa en los estados tirotoxicos, en las sepsis, en la hipertermia maligna, en las quemaduras graves y en general en todos los estados hipercata-

bólicos o con la liberación de un torniquete o un clamp vascular.

Inhalar CO₂: Por alteraciones en el sistema de la soda o por válvulas inspiratorias y espiratorias incompetentes.

Curva capnográfica normal

Tiene forma rectangular. El segmento A-B corresponde a la espiración a partir del espacio muerto anatómico, que tiene poco o nada de CO₂. El segmento B-C representa una combinación del aire del espacio muerto anatómico con el gas alveolar que contiene CO₂. El segmento C-D o meseta alveolar representa la exhalación de la mayoría del gas alveolar, presenta una forma ligeramente ascendente que expresa un "escurrimiento final" de los alveolos. Su punto terminal (D) expresa la PeCO₂ max., que es el valor que mejor se correlaciona con la PaCO₂. El segmento D-E corresponde al inicio de la inspiración, con un barrido rápido de CO₂. Fig. 1 (2,7).

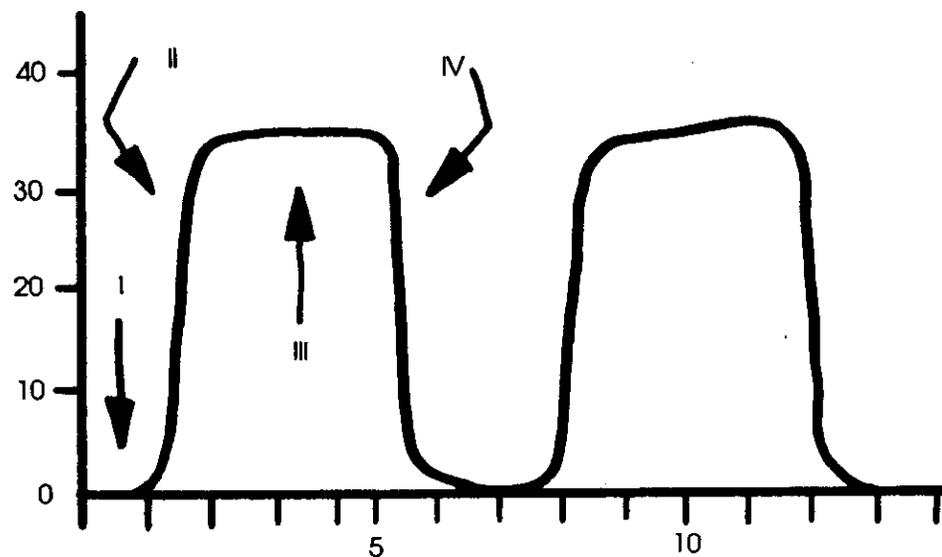
Es importante recalcar que, al igual que muchas técnicas de monitoreo fisiológico, una morfología absoluta puede no ser tan importante como las alteraciones en el patrón capnográfico basal para cada paciente.

APLICACIONES CLINICAS DE LA CAPNOGRAFIA

Detección de errores: Un estudio sobre los principales errores y fallas del equipo durante la anestesia demostró que la desconexión del circuito respiratorio durante la ventilación mecánica fue el incidente crítico más frecuente; la capnografía rápidamente detecta la desconexión del sistema de ventilación.

Según datos del estudio de demandas a los anestesiólogos, el 34% de las atribuidas a mala práctica se relacionaron con la presentación de eventos respiratorios, por inadecuada ventilación de los pulmones, por intubación esofágica,

FIGURA 1: CAPNOGRAMA NORMAL



por intubación monobronquial o por extubación durante la cirugía.

Los investigadores de estas demandas determinaron que el 32% de los resultados negativos pudieron haber sido evitados con un monitoreo adicional y que el uso de la oximetría y la capnografía pudo haber evitado estos accidentes prevenibles hasta en un 93%.

El mismo estudio mostró que en el 48% de las demandas por intubación esofágica el clínico auscultó y demostró la presencia de ruidos pulmonares, concluyendo erróneamente que había realizado una correcta intubación. Es importante recalcar que los signos vitales (PA, FC y Color) pueden permanecer normales en el adulto durante 15 minutos después de una intubación esofágica inadvertida, especialmente si el paciente fue previamente preoxigenado.

En una revisión de 17 métodos para diferenciar la intubación traqueal de la esofágica, los únicos métodos 100% seguros para determinar una correcta intubación fueron la visualización del tubo en la cuerdas vocales y una curva capnográfica normal.

En un estudio realizado en hospitales afiliados a Harvard, el 64% de las demandas por mala práctica se relacionaban con la hipoventilación del paciente y en éstas el investigador determinó que la capnografía pudo evitar la hipoventilación.

La capnografía fue analizada prospectivamente en un estudio con 331 pacientes que recibieron anestesia general; se presentaron 35 eventos intraoperatorios, los cuales fueron detectados por los datos del capnógrafo, mientras que el anestesiólogo, que estaba ciego

a los datos del capnógrafo, sólo detectó 2 de estos eventos (7).

Mantenimiento de la normocarbía

La cantidad de CO₂ en el organismo es de aproximadamente 120 litros, la mayor parte se encuentra en forma de bicarbonato (90%). La hiperventilación prolongada durante la anestesia general disminuye la cantidad total de CO₂ produciendo hipocarbía. Cuando la ventilación mecánica termina, el CO₂ que se produce restablece inicialmente el CO₂ que hace parte del sistema Buffer, la normalización en la PaCO₂ se produce en forma más lenta, con lo que se potencia la hipoventilación por el efecto residual de los anestésicos inhalatorios e intravenosos sobre el centro respiratorio.

Con la ayuda del capnógrafo se puede controlar la ventilación del paciente de modo que la PCO₂ se mantenga lo más cercano a lo normal y evitar la potencialización de la hipoventilación postquirúrgica y los efectos de la hipo o hiperventilación sobre el potasio sérico, el flujo cerebral y el equilibrio ácido-base (1,7).

"Destetar" del ventilador Mecánico:

En la UCI los Intensivistas desde hace largo tiempo han buscado una guía no invasiva para "destetar" a los pacientes del ventilador. Varios estudios clínicos han sugerido que la PeCO₂ max. se correlaciona bien con la PaCO₂ en pacientes por lo demás sanos; sin embargo, cambios en la PeCO₂ max. no siempre predicen cambios en la PaCO₂; varios estudios han mostrado que aumentos de 10 mmHg en la PaCO₂ no afectan la PeCO₂ max. y que una PeCO₂ > 40 mmHg predicen una PaCO₂ > 45 mmHg con una sensibilidad de solo 28%,

lo que se presenta particularmente en pacientes con patología o alteración de la perfusión pulmonar (7,8).

Predecir el resultado de la Reanimación Cardiopulmonar (CPR):

Con una ventilación constante, el CO₂ exhalado indica el estado del flujo sanguíneo pulmonar. Así, durante la CPR, la PeCO₂ max. puede ser usada para evaluar si las compresiones torácicas son adecuadas, evaluar la fatiga del resucitador e indicar si la reanimación va a ser exitosa o no.

En un estudio prospectivo la PeCO₂ max > 15 mmHg predijo una CPR exitosa con una sensibilidad del 78% y una especificidad del 98%.

Otros estudios sugieren el éxito de la CPR cuando la PeCO₂ max es > de 10 mmHg; estas cifras han sido determinadas usando el capnógrafo de rayos infrarrojos.

El detector colorimétrico de CO₂ tipo Fenem también ha sido evaluado en reanimación, concluyendo que con una PetCO₂ < 15.2 mmHg el éxito de la reanimación es menos probable e indica al reanimador la necesidad de usar otras opciones terapéuticas para incrementar la perfusión (4,7,9).

INTERPRETACION SISTEMATICA DEL CAPNOGRAMA

Evidenciar CO₂ en el aire exhalado

Si el capnograma muestra una línea, se debe sospechar falla para ventilar los pulmones, debido a: Intubación esofágica, extubación accidental, apnea u obstrucción completa del tubo endotraqueal. No se debe atribuir esto a fallas en el capnógrafo hasta que se haga

una evaluación clínica de la ventilación.

Para determinar si el capnógrafo está funcionando o no, se debe desconectar del paciente y el médico debe exhalar en él y si el capnógrafo registra CO₂ en el médico pero no en el paciente, entonces el problema no está en el capnógrafo.

El CO₂ puede ser introducido en el estómago del paciente mientras se ventila antes de intubarlo; sin embargo, el capnograma esofágico se diferencia del capnograma normal en que carece de los cambios cíclicos en la concentración de CO₂ y por las bajas concentraciones de CO₂ en el estómago.

El capnógrafo también puede ser utilizado para monitorizar la respiración en pacientes no intubados que respiran espontáneamente por medio de capnógrafos adaptados a las máscaras o las cánulas nasales. En la mayoría de estos capnógrafos la PeCO₂ max. se correlaciona bien con la PaCO₂.

Análisis de las fases del Capnograma:

La forma del capnograma depende del modo de ventilación (controlado, asistido o espontáneo) y del tipo de circuito respiratorio (circular, Mapleson, etc.) (6,7).

Línea inspiratoria:

La FICO₂ es cero o cercana a cero, por lo que la línea inspiratoria debe ser cero o cercana a cero, una línea inspiratoria elevada indica reinhalación del CO₂, lo que es anormal con un sistema circular de respiración, que puede ser debido a ineficacia del sistema de la soda o a una válvula espiratoria incompetente; si al aumentar el flujo de gases frescos a

> 8 litros/min la concentración inspiratoria de CO₂ disminuye o desaparece, se debe pensar en un agotamiento del sistema de la sonda, pero si la concentración de CO₂ no se modifica, se debe pensar en incompetencia de la válvula espiratoria. Fig. 2c.

Ascenso Espiratorio:

Característicamente presenta una pendiente elevada, debido a que el gas alveolar que contiene CO₂ rápidamente alcanza el espacio muerto anatómico. Cuando su pendiente se prolonga o se hace oblicua, indica una obstrucción al flujo espiratorio o en los capnógrafos adaptados a las máscaras o cánulas nasales indica problemas en la toma de la muestra.

La pendiente también puede hacerse oblicua cuando el capnógrafo es de baja tasa de respuesta y la frecuencia respiratoria del paciente es elevada.

Las causas de obstrucción al flujo pueden estar en el paciente (un EPOC o un broncoespasmo agudo) o pueden estar en el equipo de anestesia (por un tubo endotraqueal que se acode o por obstrucción a cualquier nivel del circuito ventilatorio). Fig. 2a.

Meseta Espiratoria:

Es casi horizontal, con un ligero ascenso. Presenta una forma ascendente en los casos de obstrucción (ya sea en el equipo o en el paciente). Fig. 2a.

Un descenso o Dip durante la meseta espiratoria indica: hipoxemia, hipercarbia, un nivel anestésico superficial o una mala relajación neuromuscular. Fig. 2d.

La meseta espiratoria puede ser interrumpida prematuramente por la presencia de oscilaciones cardiológicas

que reflejan el movimiento del gas alveolar, causados por la entrada y la salida de sangre al lecho pulmonar, la sístole obliga a la salida del gas del alveolo; estas oscilaciones cardiológicas se presentan principalmente cuando la frecuencia respiratoria y los volúmenes pulmonares son bajos o cuando hay cardiomegalia. Fig. 2e.

Descenso inspiratorio:

Característicamente presenta una pendiente elevada, debido al rápido barrido del CO₂ por el aire inspirado. Su pendiente se hace oblicua o se prolonga cuando la válvula inspiratoria es incompetente o cuando hay una obstrucción parcial del tubo endotraqueal.

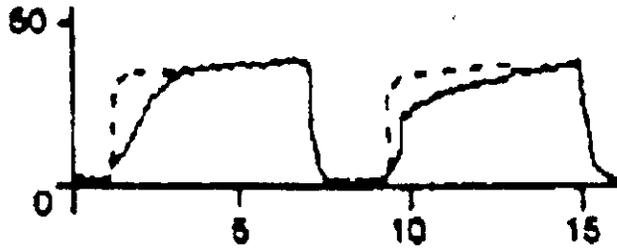
EJEMPLOS CLINICOS DE IMPORTANCIA

Una caída exponencial en la PetCO₂ indica un deterioro importante en la función cardiopulmonar, que lleva a un aumento del espacio muerto fisiológico, con lo que se incrementa la DCO₂ (A-a), como se presenta en la hipotensión, paro circulatorio, tromboembolismo pulmonar, embolismo aéreo, compresiones vasculares, etc. Es importante anotar que la caída en la PetCO₂ puede ser causada por una hiperventilación inadvertida (1).

Una PetCO₂ sostenidamente baja con una meseta anormal se presenta en pacientes con problemas cardiopulmonares; la ausencia de una buena meseta sugiere un vaciamiento incompleto de los pulmones, en pacientes que tienen aumentos en la resistencia de la vía aérea (manifestada clínicamente por sibilancias).

Una PetCO₂ sostenidamente baja con una buena meseta generalmente indica problemas en la calibración del aparato, pero también puede deberse a un

FIGURA 2: CAPNOGRAMAS ANORMALES



a . Obstrucción de las vías aéreas (EPOC).



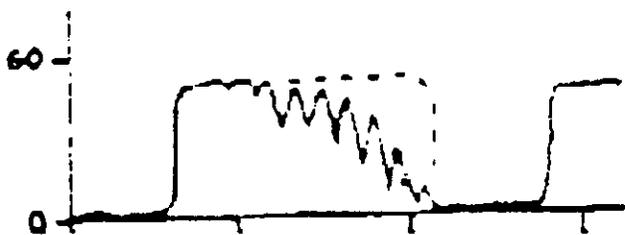
b . Válvula inspiratoria incompetente



c . Falta de barrido del CO2 por la Soda o una válvula espiratoria incompetente.



d . Esfuerzos respiratorios espontáneos (superficialidad anestésica).



e . Oscilaciones cardiogénicas.

aumento del espacio muerto fisiológico por una neumonía, etc.

Un descenso gradual en la $P_{et}CO_2$ con un capnograma que conserva su morfología normal debe hacer pensar en descenso de la temperatura corporal. Los anestésicos y los relajantes musculares bloquean la producción de calor, produciendo una disminución en la producción de CO_2 ; en estos casos se debe disminuir la ventilación para compensar la falta de producción de CO_2 .

Un aumento súbito en la $P_{et}CO_2$ generalmente se presenta con la liberación de un torniquete ubicado en una extremidad, lo cual ocasiona una liberación del CO_2 acumulado en una extremidad. La inyección de dosis grandes de bicarbonato también puede producir un aumento súbito y fugaz de la $P_{et}CO_2$.

La embolia aérea es uno de los principales riesgos de las técnicas quirúrgicas con el paciente sentado y de la neurocirugía, el método más eficaz y precoz para su diagnóstico es la combinación de Doppler precordial y la capnografía; esta última mostrara un descenso súbito en la $P_{et}CO_2$.

$P_{et}CO_2$ max. y P_iCO_2 min:

La mayoría de los capnógrafos en realidad no diferencian la inspiración de la espiración, sino que determinan el CO_2 mínimo y máximo en cada ciclo respiratorio, pero su determinación no siempre es precisa, particularmente si el patrón respiratorio es errático.

DIFERENCIA ENTRE EL CO_2 ARTERIAL Y EL ESPIRADO (P_aCO_2 - $P_{et}CO_2$)

En sujetos sanos esta diferencia es típicamente de 4-5 mmHg. Sin embargo,

muchos estudios informan que esta diferencia oscila entre 4 y 13 mmHg.

En sujetos sanos, la P_aCO_2 se puede establecer a partir de la $P_{et}CO_2$, con un rango de seguridad del 95% y con una variación de ± 2 mmHg (lo que se acerca bastante a la precisión de los métodos directos de medición con la siguiente fórmula) (10):

$$P_aCO_2 = 5.5 + (0.9 * P_{et}CO_2) - (0.0021 * \text{Volumen tidal})$$

En sujetos con función pulmonar anormal esta ecuación no sirve para predecir la P_aCO_2 , ya que las variaciones en la relación V/Q y en el aclamamiento alveolar llevan a complejas relaciones entre la P_aCO_2 , la P_aCO_2 y la $P_{et}CO_2$, que dependen de los siguientes factores. Fig. 3.

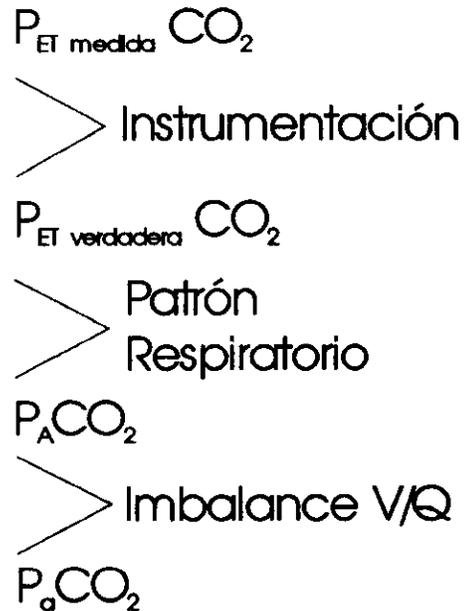
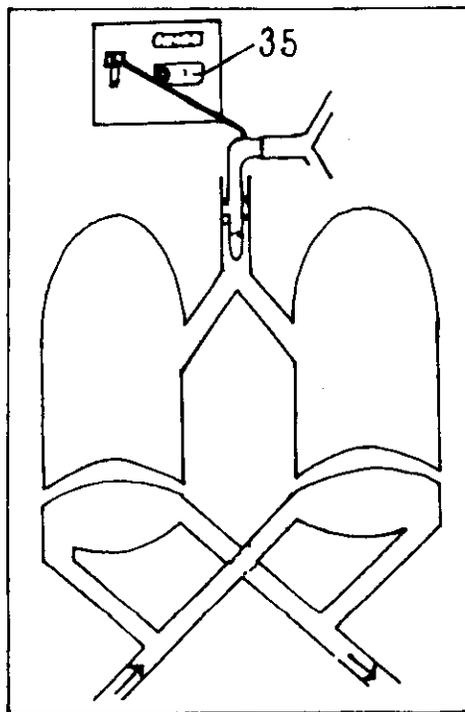
Diferencias entre el CO_2 arterial y alveolar (P_aCO_2 - P_aCO_2):

La causa más frecuente de las diferencias entre el CO_2 exhalado y el arterial son los trastornos en la relación V/Q . Los descensos en la relación V/Q (por intubación endobronquial, etc.) y particularmente los incrementos en el cociente V/Q (por situaciones que incrementen el espacio muerto fisiológico) incrementan la diferencia entre el P_aCO_2 - P_aCO_2 .

Diferencias entre el CO_2 Alveolar y el verdaderamente espirado (P_aCO_2 - $P_{et}TRUECO_2$):

Se incrementa cuando la mezcla de gases alveolares no es transportada a las vías aéreas superiores; esto se presenta principalmente cuando el patrón respiratorio es errático, las frecuencias respiratorias son rápidas y los volúmenes de gases son elevados, como se ve en la capnografía infantil.

FIGURA 3: LA DIFERENCIA ENTRE LA P_aCO_2 Y LA $P_{ET}CO_2$ SE DIVIDE EN TRES COMPONENTES



Cuando el patrón respiratorio es errático, el volumen corriente puede ser menor que el espacio muerto, lo que evita que el gas alveolar sea censado o muestreado por el capnógrafo, mostrando una $P_{ET}CO_2$ falsamente disminuida.

Diferencias entre el CO_2 verdaderamente espirado y el verdaderamente medido ($P_{ET}TRUECO_2 - P_{ET}MeasuredCO_2$):

Se incrementa cuando hay fallas en el capnógrafo, principalmente por errores de calibración. También pueden presentarse falsas lecturas cuando hay fugas en la línea que hace el muestreo del gas, produciendo una $P_{ET}CO_2$ falsamente disminuida.

Otro problema importante se presenta cuando la rata de respuesta del capnógrafo (la rapidez con la cual el capnógrafo determina los cambios en la $P_{ET}CO_2$) es baja en relación con la frecuencia respiratoria; en estos casos el capnógrafo reportará una $FICO_2$ falsamente elevada y una $P_{ET}CO_2$ artificialmente baja. Esto es particularmente importante en la capnografía pediátrica donde se necesitan capnógrafos de una rata de respuesta rápida.

FALLAS DEL CAPNOGRAFO

Debidas fundamentalmente a fallas en la calibración del aparato o por mala interpretación de la curva capnográfica.

AGRADECIMIENTOS

A los Doctores Diego Luis Alvarez M., Carlos Bustamante y Carlos Alberto Medina.

REFERENCIAS

1. Perasso, O. Capnografía: su utilidad en anestesia. *Rev Col Anest.* 1990, 18: 107.
2. Michael, ML. Capnography: Uses, interpretation pitfalls. In *ASA Refresher Courses*. Barash, PG (Editor). Chapter 12, vol 18, 175-192. 1988.
3. Denman, WT; Hayes, M; Higgins, D; Wilkinson, DJ. The femoral CO₂ detector device. *Anaesthesia.* 1990, 45:465-467.
4. Varon, AJ; Morrino, J; Civetta, JM. Use of colorimetric End-Tidal carbon dioxide monitoring to prognosticate immediately resuscitation from cardiac arrest. *Anaesthesiology.* 1990, 72, No. 3A, Sept.
5. Carli, PA; Rozemberg, A; Bousquet, M; Lamour, O; Orliaguet, G. Colorimetric End-Tidal CO₂ monitoring during interhospital transport of critically ill adult patients. *Anaesthesiology.* 1990, 7 No. 3A.
6. Kaplan, J; Reed, P. Noninvasive monitoring: mass spectrometry and oximetry. En: *Clinical Cases in Anesthesia, Case 28*, 309-316. 1990.
7. Michael, ML. Capnography: A Comprehensive Review. In *Annual Refresher course*. Chapter 431. 1991.
8. Carlson, GC; Ray, C; Miodownik, S; Kopec, I; Groeger, JS. Capnography in mechanically ventilated patients. *Critical Care Medicine.* 1988, 16:550-556.
9. Varon, AJ. Morrino, J; Civetta, JM. Clinical utility of colorimetric end tidal carbon dioxide detector in emergency intubation. *Anaesthesiology.* 1990, Vol. 72: 3A.
10. Heingenhauser, G; Jones, N. Measurement of cardiac output by carbon dioxide rebreathing methods. *Clin Chest Med.* 1989, vol 10, No. 2, June.