

Valor de la capnografía y del CO₂ exhalado en las Unidades de Cuidados Intensivos Neonatales

E. García Cantó, A. Gutiérrez Laso, I. Izquierdo Macián, A. Alberola Pérez, F. Morcillo Sopena.

Resumen. *Objetivo:* Estudiar la fiabilidad de la PetCO₂ como guía no invasiva de la PaCO₂ en el recién nacido y analizar la influencia de la relación ventilación-perfusión en el grado de correlación entre ambas determinaciones.

Material y métodos: Monitorizamos la PetCO₂ mediante capnografía, en 9 recién nacidos sometidos a ventilación mecánica. Obtuvimos 146 gasometrías arteriales cuyo resultado se confrontó con el valor simultáneo registrado de PetCO₂ y calculamos la diferencia o gradiente entre ambas, para establecer la correlación. Utilizamos el cociente a/AO₂ como indicador del estado de la relación ventilación-perfusión (cociente V/Q).

Resultados: Edad gestacional 30,9 ± 2,8 sem; Peso nacimiento 1.648 ± 596 g; Edad inicio del estudio 2 ± 1,5 días. Patología: EMH 5 casos (56%), S. maladaptación pulmonar 2 casos (22%), neumonía 1 caso (11%), neumotórax 1 caso (11%).

Se clasificaron los resultados de la monitorización en tres grupos en función del cociente a/AO₂ del paciente, obteniendo: grupo A (a/AO₂ < 0,2) gradiente PaCO₂-PetCO₂ = 13,34 ± 5; grupo B (a/AO₂ 0,2-0,29) gradiente PaCO₂-PetCO₂ = 8 ± 2,7; grupo C (a/AO₂ ≥ 0,3), gradiente PaCO₂-PetCO₂ = 1,99 ± 1,7.

Los resultados obtenidos demuestran una buena correlación a partir de un cociente a/AO₂ ≥ 0,3, siendo el cociente a/AO₂ el principal determinante de la diferencia entre la PaCO₂ y la PetCO₂, con una influencia mucho menor de la frecuencia respiratoria.

Conclusiones: 1) La monitorización de la PetCO₂ no guarda buena correlación con la PaCO₂ en la enfermedad pulmonar grave con cociente a/AO₂ < 0,2. 2) La determinación de la PetCO₂ es una técnica accesible y precisa en la monitorización del recién nacido cuando el cociente a/AO₂ ≥ 0,3, pudiendo ser de ayuda en la fase de retirada de la ventilación mecánica. 3) La cuantificación del gradiente PaCO₂ - PetCO₂ refleja fielmente las modificaciones en la relación V/Q.

An Esp Pediatr 1997;47:177-180.

Palabras clave: Capnografía; CO₂ exhalado.

CAPNOGRAPHY AND END-TIDAL CO₂ VALUES IN THE NEONATAL INTENSIVE CARE UNIT

Abstract: *Objective:* The objective of this study was to investigate the reliability of end-tidal CO₂ (PetCO₂) as a non-invasive guide of PaCO₂ in the newborn and to analyze the influence of the relationship

between ventilation-perfusion in the correlation between both determinations.

Patients and methods: End-tidal CO₂ (PetCO₂) was monitored by capnography in 9 ventilated newborns; 146 arterial blood gas samples were drawn and the results were compared with the PetCO₂ values obtained. The gradient or difference between PaCO₂ and PetCO₂ was calculated to determine the correlation. The ratio a/AO₂ was used as an indirect indicator of the ventilation/perfusion relationship (V/Q ratio).

Results: The mean gestational age was 30.9 ± 2.8 weeks and birth weight 1,648 ± 596 g. The age at the beginning of the study was 2 ± 1.5 days. The diagnoses corresponded to 5 cases of RDS (56%), 2 cases of wet lung syndrome (22%), 1 case of pneumonia (11%) and 1 pneumothorax (11%). The results of this monitoring were classified in function of the a/AO₂ ratio obtained: Group A, a/AO₂ < 0.2 and PaCO₂-PetCO₂ gradient = 13.3 ± 5; Group B, a/AO₂ = 0.2 - 0.29 and PaCO₂-PetCO₂ gradient = 8 ± 2.7; and Group C, a/AO₂ > 0.29 and PaCO₂-PetCO₂ gradient = 2 ± 1.7. The results show a very good correlation from a a/AO₂ ratio ≥ 0.3 onwards. The a/AO₂ ratio is the major determinant of PaCO₂ - PetCO₂ differences and respiratory frequency has less influence.

Conclusions: 1) Monitoring of end-tidal CO₂ does not maintain a good correlation with PaCO₂ in serious lung illness. 2) End-tidal CO₂ measurement is an effective and accurate technique for the monitoring of newborns when the a/AO₂ ratio ≥ 0.3 and it can be useful for weaning of mechanical ventilation. 3) PaCO₂-PetCO₂ differences accurately show the changes in the ventilation-perfusion relationship.

Key words: Capnography. End-tidal CO₂.

Introducción

El método clínico clásico para el estudio de una adecuada ventilación pulmonar ha sido la obtención de gasometrías arteriales o capilares, lo que implica un procedimiento invasivo y proporciona sólo datos intermitentes^(1,2). Con la aplicación de las técnicas de monitorización del CO₂, bien mediante medición transcutánea o bien mediante capnografía, es posible disponer de una información continua de la tendencia de la PaCO₂ de forma sencilla y no invasiva, lo que a su vez permite disminuir el número de gasometrías.

La capnografía incluye la medición continua del CO₂ exhalado o "end tidal CO₂" (PetCO₂), que corresponde al pico de concentración de CO₂ que ocurre al final de la espiración, así como el registro gráfico o reproducción en imagen de la onda de CO₂ exhalado durante los ciclos respiratorios (onda de CO₂ en tiempo real o capnograma)^(2,3,4).

Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales. Hospital Universitario "La Fe".

Correspondencia: Dr. D. Antonio Gutiérrez Laso. Servicio de Neonatología.

Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales. Hospital Universitario "La Fe".

Avda. De Campanar, nº 21. 46009-Valencia.

Recibido: Marzo 1996

Aceptado: Abril 1997

Tabla I Datos generales

- 9 pacientes (146 determinaciones):
 - sexo: 4M / 5V
 - Peso nacimiento (g): 1.648 ± 596
 - Edad gestacional (sem): 30,9 ± 2,8
 - Edad al estudio (días): 2 ± 1,5
- Patología respiratoria:
 - EMH: 5 (56%)
 - S. maladaptación pulmonar: 2 (22%)
 - Neumonía: 1 (11%)
 - Neumotórax: 1 (11%)

Esta técnica ha sido ampliamente aplicada en el ámbito de la cirugía y la anestesia en pacientes adultos, utilizándose como guía en el control de la ventilación y situación cardiopulmonar del paciente⁽⁵⁾; sin embargo, no se ha extendido su utilización en las unidades de cuidados intensivos neonatales, quizás debido a que la monitorización de la PetCO₂ se ve limitada por la severidad de la enfermedad pulmonar⁽⁶⁾. No obstante, tanto en pulmones sanos como enfermos, la capnografía puede utilizarse para confirmar la correcta situación del tubo endotraqueal, valorar el estado ventilatorio, detectar alteraciones en la relación ventilación-perfusión (cociente V/Q), reconocer eventos metabólicos o cardiovasculares significativos, así como fallos en el sistema de anestesia, en el ventilador o en el circuito respiratorio, permitiendo detectar la tendencia de la PaCO₂ y alertar de los cambios en la condición clínica del paciente^(1,2,6,7).

Objetivo

Valorar la fiabilidad de la PetCO₂ como guía no invasiva de la PaCO₂ en el recién nacido, así como analizar la influencia de la relación ventilación-perfusión pulmonar en el grado de correlación entre ambas determinaciones.

Material y métodos

Estudiamos 9 recién nacidos, no seleccionados, ingresados en la unidad de cuidados intensivos neonatales y sometidos a ventilación mecánica por diferentes patologías pulmonares. Todos ellos fueron ventilados con un respirador de flujo continuo, ciclado por tiempo y limitado por presión (Dräger Babylog 8000). Se obtuvieron 146 determinaciones de gasometrías arteriales a través de un catéter situado en aorta, vía arteria umbilical. Las muestras arteriales se obtuvieron de forma intermitente, con una periodicidad variable en función de la gravedad del paciente, realizando 92 determinaciones durante la fase de ventilación IMV (63%) y 54 en la fase de SIPPV/SIMV (37%). Se monitorizó PO₂ y PCO₂ transcutánea en todos los casos. El estudio se realizó mediante un capnógrafo de absorción infrarroja tipo "mainstream" con adaptador situado en el extremo distal del tubo endotraqueal (Capnogard® de Novamatrix Medical Systems Inc). Los resultados gasométricos fueron confrontados con el valor

Tabla II Resultados de la monitorización en función del cociente a/A O₂

Grupo a/AO ₂	A < 0,2	B 0,2 - 0,29	C > 0,29
Nº determinaciones	41	32	73
PaCO ₂ mmHg (X/DE)	45,3 ± 8,2	45,8 ± 9,2	43,0 ± 7,6
PetCO ₂ mmHg (X/DE)	31,7 ± 8,2	38,0 ± 8,6	40,5 ± 8,4
Gradiente PaCO ₂ -PetCO ₂	13,3 ± 5 *	8,0 ± 2,7 *	2,1 ± 1,7

* = p < 0,01

registrado de PetCO₂ en el momento inmediatamente anterior a la extracción, realizando el cálculo de la diferencia o gradiente PaCO₂-PetCO₂ para establecer la correlación entre ambas. Se consideró como gradiente normal una diferencia entre 2-7 mmHg, que corresponde al gradiente medio normal en pulmones sanos referido por Nunn y Hill⁽¹⁾. Utilizamos el cociente a/A O₂ como indicador del grado de afectación del cociente V/Q del paciente en el momento de la determinación, según la fórmula: a/AO₂ = PaO₂ / [(P barométrica - P vapor de agua) x FiO₂] - PaCO₂⁽⁵⁾.

Los resultados estadísticos se expresan como medias y desviaciones estándar. Para el estudio de la significación estadística se aplicó el test de la T de Student considerando como valor significativo el de p ≤ 0,05. Se obtuvieron coeficientes de correlación global para el análisis de la influencia de las variables estudiadas sobre el resultado del gradiente Pa-etCO₂.

Resultados

De los 9 recién nacidos estudiados, 4 fueron mujeres y 5 varones; la edad gestacional media fue de 30,9 ± 2,8 semanas y el peso al nacimiento de 1.648 ± 596 g. La edad media al inicio del estudio fue de 2 ± 1,5 días. La patología respiratoria que presentaban era: EMH 5 casos (56%), síndrome de maladaptación pulmonar 2 casos (22%), neumonía 1 caso (11%) y neumotórax 1 caso (11%). (Tabla I).

Con el fin de analizar los resultados de la monitorización en función de la gravedad de la enfermedad pulmonar, clasificamos los resultados en tres grupos, (A, B, C), según el cociente a/AO₂ del paciente en el momento del estudio. Los resultados de dicha monitorización, expresados como medias (± DE) se muestran en las tablas II y III.

Podemos observar como en el grupo A, con un importante compromiso V/Q definido por un cociente a/AO₂ < 0,2, la diferencia o gradiente entre la PaCO₂ y la PetCO₂ es muy importante (13,3 ± 5). Sin embargo, en el grupo C, con un gradiente a/AO₂ ≥ 0,3, el gradiente PaCO₂-PetCO₂ disminuye significativamente (p < 0,001), siendo el valor medio de 2 ± 1,7; mejora por tanto la correlación a medida que se normaliza la situación ventilación-perfusión del pulmón. En el grupo B, con valores de cociente a/AO₂ entre 0,2 y 0,29, el resultado del gradiente PaCO₂-PetCO₂ muestra valores intermedios entre los

Tabla III Valores de tiempo inspiratorio, frecuencia respiratoria y volumen tidal, para diferentes intervalos de cociente a/AO₂

Grupo a/AO ₂		A < 0,2	B 0,2 - 0,29	C > 0,3
Nº Determinaciones		41	32	73
Tiempo respiratorio (s)	M	0,38	0,39	0,42
	DE	± 0,02	± 0,02	± 0,04
Frecuencia respira. (rpm)	M	74	65	41
	DE	± 8,2	± 13,1	± 19,6
Volumen tidal (ml/kg)	M	5,0	4,9	4,6
	DE	± 0,9	± 1,0	± 1,2

grupos anteriores, pero superiores al rango aceptado como normal (gradiente medio en el grupo B = 8 ± 2,7).

En las figuras 1 y 2 se muestran los resultados anteriormente descritos en forma de valores aislados y tendencia de los mismos respectivamente, pudiendo observar de manera más gráfica como a medida que aumenta el cociente a/AO₂ disminuye el gradiente PaCO₂-PetCO₂, es decir, mejora la correlación entre la PaCO₂ y la PetCO₂, estableciéndose el punto de cruce a nivel de un cociente a/AO₂ = 0,3.

Dado que los pacientes con enfermedad pulmonar grave presentan cocientes a/AO₂ bajos, frecuencias ventilatorias (Fv) elevadas, tiempos inspiratorios (Ti) cortos, y volúmenes tidales (Vt) elevados, realizamos coeficientes de correlación global para dichas variables, con el fin de identificar su influencia en el gradiente Pa-et CO₂, obteniendo los siguientes resultados: se observa una buena correlación entre el gradiente Pa-et CO₂ y el cociente a/AO₂ (r = -0,7359 p < 0,0001); el Ti y el Vt no muestran correlación (r = -0,3717 p < 0,0001 y r = 0,3624 p < 0,0001, respectivamente); la Fr presenta una correlación débil (r = 0,6127 p < 0,001).

Estos resultados apoyan la hipótesis de que la alteración de la ventilación-perfusión, medida indirectamente con el cociente a/AO₂ es el principal determinante de la diferencia o gradiente observado entre la PaCO₂ y la PetCO₂, teniendo la Fr una influencia, pero mucho menos importante.

Derivado de la observación anterior analizamos los resultados del gradiente Pa-etCO₂ en las 4 últimas determinaciones gasométricas previas a la extubación en 8 de los 9 pacientes estudiados, excluyéndose uno de ellos por fallecer en fase de ventilación mecánica. El gradiente Pa-etCO₂ medio obtenido fue de 2,82 (DS ± 2,65), es decir se evidencia una buena correlación en esta fase, derivándose de ello aplicaciones clínicas.

Discusión

Los resultados obtenidos de nuestro estudio indican que la fiabilidad de la PetCO₂ como indicador de la PaCO₂ está limitada por la severidad de la enfermedad pulmonar. Los pacientes con compromiso ventilación-perfusión, tanto por fenómeno de shunt

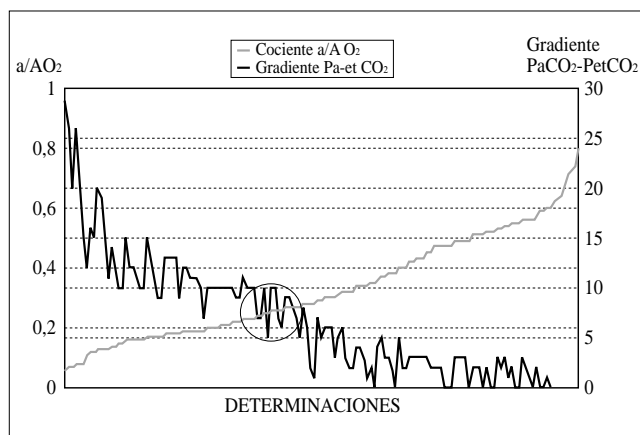


Figura 1. Gradiente PaCO₂-PetCO₂ en función del cociente a/AO₂ (Valores).

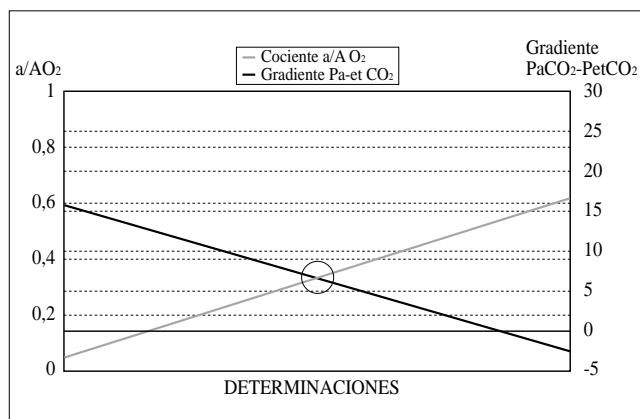


Figura 2. Gradiente PaCO₂-PetCO₂ en función del cociente A/AO₂ (Tendencias).

como por fenómeno de espacio muerto, tienen las peores correlaciones entre la PetCO₂ y la PaCO₂⁽⁸⁾, obteniendo gradientes PaCO₂-PetCO₂ superiores a 10 mmHg^(5,9). Del mismo modo a medida que mejora la situación pulmonar del paciente, objetivada por el aumento del cociente a/AO₂, disminuye el gradiente PaCO₂-PetCO₂^(12,13). Por tanto el estudio evolutivo de dicho gradiente puede ser de utilidad clínica al mostrar cambios en la fisiología pulmonar, reflejo de las modificaciones en la relación V/Q⁽⁹⁾.

En este sentido, la capnografía puede ser muy útil durante la fase de retirada de la ventilación mecánica ("weaning"), al permitir evidenciar la mejoría progresiva en la relación ventilación-perfusión, con la disminución paralela del gradiente PaCO₂-PetCO₂; se considera que el "weaning" suele ser eficaz cuando este gradiente es inferior a 8-10 mmHg^(8,9,10). Durante esta fase de ventilación mecánica, el capnograma refleja con cada respiración la capacidad del paciente para asumir el trabajo de la respiración, ofreciendo una descripción mucho más precisa que la simple extracción periódica de gasometrías.

Algunos autores reconocen la utilidad del gradiente PaCO₂-PetCO₂ como marcador de la severidad, respuesta y pronóstico

en el síndrome de distrés respiratorio agudo.^(10,11)

Conclusiones

1. La monitorización de la Pet-CO₂ en el recién nacido, no guarda buena correlación con la PaCO₂ en enfermedad pulmonar grave con cociente a/AO₂ < 0,2

2. La determinación de la PetCO₂ mediante capnografía es una técnica accesible y precisa en la monitorización de recién nacido cuando el cociente a/AO₂ ≤ 0,3, derivándose de ello aplicaciones en la fase de retirada de la ventilación mecánica.

3. La cuantificación del gradiente PaCO₂-PetCO₂ refleja fielmente las modificaciones en la relación V/Q, permitiendo detectar cambios en la situación clínica del paciente y adecuar las intervenciones terapéuticas pertinentes.

Abreviaturas

PetCO₂ : Presión parcial de dióxido de carbono exhalado o "end-tidal CO₂".

PaCO₂ : Presión parcial arterial de dióxido de carbono.

PaO₂ : Presión parcial arterial de oxígeno.

a/AO₂ : Cociente arterio-alveolar de oxígeno.

CO₂ : Dióxido carbónico.

V/Q : Cociente ventilación perfusión.

EMH : Enfermedad de Membrana Hiliar.

FiO₂ : Fracción inspirada de oxígeno.

IMV : Ventilación mandatoria intermitente.

SIMV : Ventilación mandatoria intermitente sincronizada.

SIPPV : Ventilación a presión positiva intermitente sincronizada.

P barométrica : Presión barométrica

P vapor de agua : Presión parcial del vapor de agua.

SDRA : Síndrome de distrés respiratorio tipo adulto.

Bibliografía

1 Phan CQ, Tremper KK, Lee SE et al. Noninvasive Monitoring of Carbon Dioxide: a Comparison of the Partial Pressure of Transcutaneous

and End-Tidal Carbon Dioxide with the Partial Pressure of Arterial Carbon Dioxide. *J Clin Monit* 1987; **3**: 149-153.

2 Nuzzo PF, Anton WR. Practical applications of Capnography. *Resp Therapy* 1986 (Nov/Dec): 12-17.

3 Bhenda MS, Thompson AE. Evaluation of an End-Tidal CO₂ Detector During Pediatric Cardiopulmonary Resuscitation: *Pediatrics* 1995; **95**: 395-399.

4 Nobel JJ. Carbon-Dioxide monitors: exhaled gas (Capnographs, Capnometry, End-Tidal CO₂ monitors). *Pediatr Emerg Care* 1993; **9**: 244-246.

5 Douglas Cunningham M. Physiological Monitoring. En: Boynton BR, Carlo WA, Jobe AH (eds). *New Therapies for Neonatal Respiratory Failure*. New York: Cambridge University Press 1994: 171-191.

6 Watkins AMC, Weindling AM. Monitoring of end tidal CO₂ in neonatal intensive care. *Arch Dis Child* 1987; **62**:837.

7 Roberts WA, Maniscalco W. Una nueva causa de error en la confirmación capnogáfica de la intubación en la unidad de cuidados intensivos neonatales. *Pediatrics* (ed esp) 1995; **39**:62-64.

8 Epstein MF, Cohen AR, Feldman HA et al. Estimation of PaCO₂ by two noninvasive methods in critically ill newborn infant. *J Pediatr* 1985; **106**:282.

9 Weinger MB, Brimm JE. End-Tidal Carbon Dioxide as a Measure of Arterial Carbon Dioxide During Intermittent Mandatory Ventilation. *J Clin Monit* 1987; **3**: 73-79.

10 Yamanaka MK, Sue Dy, FCCP. Comparison of Arterial-End tidal PCO₂ Difference and Dead Space/ Tidal Volumen Ratio in Respiratory Failure. *Chest* 1987; **95**: 832-835.

11 Capan LM, Ramanathan S, Sinha K, Turndorf H. Arterial to End-Tidal CO₂ Gradients During Spontaneous Breathing, Intermittent Positive-Pressure Ventilation and Jet Ventilation. *Crit Care Med* 1985; **13**: 810-813.

12 Abramo TJ, Cowan MR, Scott SM et al. Comparison of Pediatric End-Tidal CO₂ Measured with Nasal/Oral Cannula Circuit and Capillary PCO₂. *Am J Emerg Med* 1995; **13**: 30-33.

13 Badgwell JM, McLeon ME, Lerman J et al. End-Tidal PCO₂ Measurements Sampled at the distal and proximal Ends of Endotracheal Tube in Infants and Children. *Anesth Analg (Cleve)* 1987; **66**: 959-964.