

Utilidad de la presión transcutánea del anhídrido carbónico en la valoración gasométrica de adultos hospitalizados con enfermedad respiratoria

A. Herrejón, I. Inchaurrega, J. Palop, S. Ponce, R. Peris, M. Terrádez y R. Blanquer

Servicio de Neumología. Hospital Universitario Dr. Peset. Valencia. España.

OBJETIVO: Estudiar la utilidad de la medida de la presión transcutánea de anhídrido carbónico (PtcCO₂) en pacientes con enfermedad respiratoria hospitalizados.

PACIENTES Y MÉTODOS: Utilizamos el analizador de PtcCO₂ SenTec®, que también determina la saturación transcutánea de oxígeno (SpO₂), mediante un sensor colocado en el lóbulo de la oreja a una temperatura de 42 °C. Se compararon los valores gasométricos—presión arterial de anhídrido carbónico (PaCO₂) y saturación arterial de oxígeno (SaO₂)— con los transcutáneos, analizando la correlación, recta de regresión y la concordancia entre ambos métodos.

RESULTADOS: Se incluyó a 30 pacientes (20 varones y 10 mujeres) con diversas enfermedades respiratorias, con una media (± desviación estándar [DE]) de edad de 71 ± 13 años. La mediana de la PtcCO₂ era de 43,25 mmHg, y la de la PaCO₂ de 42,6 mmHg, sin existir diferencias entre ellas. La correlación era significativa ($\rho = 0,979$; $p < 0,0001$), siendo la PtcCO₂ = $-2,475 + 1,058 \text{ PaCO}_2$. La media de las diferencias fue de 0,16 mmHg (intervalo de confianza del 95%, de $-0,74$ a 1,06); la media de las diferencias menos 1,96 DE fue de $-4,64$ mmHg, y más 1,96 DE, de 4,96 mmHg.

En cuanto a la SaO₂, la mediana era del 94%, y la de la SpO₂ del 95%, con diferencias entre ambas ($p < 0,004$). La correlación fue significativa ($\rho = 0,822$; $p < 0,0001$), con SpO₂ = $4,427 + 0,97 \text{ SaO}_2$. La media de la concordancia era del 1,14% (intervalo de confianza del 95%, 0,381-1,899%); la media menos 1,96 DE era del $-2,93\%$, y más 1,96 DE, del 5,21%.

CONCLUSIONES: La determinación transcutánea de anhídrido carbónico y de la SaO₂ es de utilidad en pacientes con enfermedad respiratoria hospitalizados, dada su buena correlación y concordancia, aunque la SpO₂ tiende a sobrevalorar la SaO₂.

Palabras clave: Presión transcutánea de CO₂. Presión arterial de CO₂. Saturación transcutánea de oxígeno. Saturación arterial de oxígeno. Enfermedades respiratorias.

Introducción

La valoración clínica de los pacientes con enfermedad respiratoria agudizada puede precisar la realización de ga-

Usefulness of Transcutaneous Carbon Dioxide Pressure Monitoring to Measure Blood Gases in Adults Hospitalized for Respiratory Disease

OBJECTIVE: To evaluate the usefulness of transcutaneous carbon dioxide pressure (TcPCO₂) monitoring in patients hospitalized for respiratory disease.

PATIENTS AND METHODS: We used a SenTec TcPCO₂ monitor that also determines transcutaneous oxygen saturation (SpO₂) by means of a sensor placed behind the ear lobe at a temperature of 42°C. We compared arterial blood gas measurements—PaCO₂ and arterial oxygen saturation (SaO₂)—with transcutaneous measurements and analyzed the correlation, regression line, and agreement between the 2 methods.

RESULTS: Thirty patients (20 men and 10 women) with various respiratory diseases and a mean (SD) age of 71 (13) years were included in the study. The median TcPCO₂ was 43.25 mm Hg and the median PaCO₂ was 42.6 mm Hg with no significant differences between the 2 measurements. The correlation was significant ($\rho=0.979$; $P<0.0001$) and the corresponding regression equation was $\text{TcPCO}_2 = -2.475 + 1.058 \text{ PaCO}_2$. The mean difference was 0.16 mm Hg (95% confidence interval [CI], -0.74 to 1.06). The lower limit of agreement (mean -1.96 SD) was -4.64 mm Hg, and the upper limit (mean $+1.96$ SD) was 4.96 mm Hg. For SaO₂, the median was 94% and for SpO₂, 95%. The difference between the 2 medians was significant ($P<0.004$). The correlation was also significant ($\rho=0.822$; $P<0.0001$) with $\text{SpO}_2 = 4.427 + 0.97 \text{ SaO}_2$. The mean difference was 1.14% (95% CI, 0.381% to 1.899%). The lower limit of agreement (mean -1.96 SD) was -2.93% and the upper limit (mean $+1.96$ SD) was 5.21%.

CONCLUSIONS: Transcutaneous determination of carbon dioxide pressure and oxygen saturation is useful for patients hospitalized for respiratory disease in view of its good correlation and agreement, although SpO₂ does tend to overestimate SaO₂.

Key words: Transcutaneous carbon dioxide pressure. Transcutaneous oxygen saturation. Partial pressure of carbon dioxide, arterial. Arterial oxygen saturation. Respiratory diseases.

sometrías arteriales repetidas para el control evolutivo de la enfermedad. Ello requiere la repetición de punciones arteriales, que son molestas y en ocasiones dificultosas. Para obviar este problema se ha generalizado el uso de pulsioxímetros que analizan la saturación arterial de oxígeno (SaO₂) y orientan sobre los valores de presión arterial de oxígeno (PaO₂). La pulsioximetría, aunque está sujeta a errores que dependen de factores hemodinámicos, problemas técnicos o alteraciones de la curva de disocia-

Correspondencia: Dr. A. Herrejón.
Servicio de Neumología. Hospital Universitario Dr. Peset.
Avda. Gaspar Aguilar, 90. 46017 Valencia. España.
Correo electrónico: herrejon_alb@gva.es

Recibido: 27-5-2005; aceptado para su publicación: 25-10-2005.

ción de la hemoglobina, es una técnica que permite la monitorización continua de la SaO_2 ¹. El uso de la presión transcutánea de oxígeno no puede sustituir a la arterial en el estudio de los adultos con enfermedades respiratorias ni en la monitorización de pruebas como la broncoscopia^{2,3}, dada su escasa correlación y concordancia.

La presión arterial del anhídrido carbónico (PaCO_2) se puede medir de forma indirecta mediante la presión de anhídrido carbónico (CO_2) al final de la espiración, que se estima similar a la del capilar pulmonar y que es de utilidad en situaciones como el control de la ventilación mecánica invasiva o en la intubación durante la anestesia general⁴. Aunque su uso en los laboratorios de función pulmonar puede ser útil⁵, su diferencia con la PaCO_2 se hace más importante en situaciones en que existe una notable alteración de la ventilación/perfusión⁶. Por ello, la presión de CO_2 al final de la espiración no es fiable en las exacerbaciones de los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).

Se ha propuesto la determinación de la presión transcutánea de CO_2 (PtcCO_2) como monitorización gasométrica, dada la buena difusión del CO_2 , facilitada por el calentamiento de la piel⁷. Mientras que en recién nacidos o pacientes pediátricos la determinación de la PtcCO_2 se emplea habitualmente⁸, su utilidad en adultos con enfermedades respiratorias descompensadas no está bien establecida.

Hemos analizado la exactitud, correlación y concordancia de la PtcCO_2 con la PaCO_2 en los pacientes hospitalizados por enfermedad pulmonar.

Pacientes y métodos

Población de estudio

Se ha estudiado a los pacientes con enfermedad respiratoria hospitalizados durante el mes de noviembre de 2004 y que requerían una valoración gasométrica. Todos ellos dieron su autorización para participar en el estudio, tras ser convenientemente informados. Con los pacientes en sedestación, se les colocó el sensor en el lóbulo derecho y se anotó el valor de PtcCO_2 que se mantenía constante al menos durante 30 s, así como la saturación transcutánea de oxígeno (SpO_2). De forma simultánea se realizó una gasometría arterial, que se remitió inmediatamente para su análisis; se efectuaron 2 determinaciones, y una tercera si existía una diferencia mayor de 1 mmHg entre ambas, y se consideró el valor que más se aproximaba a la normalidad. En cuanto a la determinación gasométrica de la SaO_2 , se valoraba la saturación global, incluidas la carboxihemoglobina y la metahemoglobina. De cada paciente se recogieron, además, el tipo de enfermedad respiratoria, la edad, el sexo, el índice de masa corporal y la PaO_2 .

Mediciones

Se empleó el analizador de PtcCO_2 SenTec® (Therwil, Suiza), que utiliza el sensor digital V-Sign SenTec® (Therwil, Suiza). El sensor consta de una pinza que se coloca en el lóbulo de la oreja, provista de un sistema de calentamiento que mantiene una temperatura de 42 °C y que determina, además de la PtcCO_2 con una resolución de 0,1 mmHg (alcance de medición de 0 a 200 mmHg), la SpO_2 (resolución del 1%) y la frecuencia de pulso (resolución de 1 bpm), según información facilitada por el fabricante. El monitor digital SenTec® usa el algoritmo propuesto por Severinghaus⁹. También se ha comprobado que el tiempo de respuesta es menor de 80 s.

Descripción del sistema

El sistema se calibra de forma automática por medio de una concentración conocida de CO_2 . Se recomienda realizar dicha calibración durante 24 h la primera vez que se utiliza, para mayor fiabilidad, aunque en usos posteriores no requiere más de unos pocos minutos.

Se puede monitorizar la PtcCO_2 durante 8 h. Tras este período el sistema debe recalibrarse, según ha comprobado el propio fabricante. Además de disponer de una pantalla en color de cristal líquido que ofrece continuamente los valores analizados o su curva pletismográfica, puede registrarse el estudio completo para su análisis posterior en el ordenador con el programa informático apropiado.

Es recomendable colocar una gota de gel difusor en la membrana del sensor, membrana que debe cambiarse a las 2 semanas de su uso. El cartucho de calibración dura aproximadamente un mes. Una vez colocado el sensor, la señal de la PtcCO_2 se estabiliza en no más de 10 min, sin precisar nueva colocación del sensor ni preparación de la piel.

Análisis estadístico

Los valores se expresan como media \pm desviación estándar (DE) o como mediana, rango y percentiles 25 y 75 según el tipo de distribución de la muestra analizada (diagrama de cajas). Se realizaron pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) y se utilizó la prueba de la t de Student para datos pareados en la comparación de las muestras de distribución normal; en el resto se empleó el test no paramétrico de Wilcoxon¹⁰. Si las muestras eran normales, se utilizó para el estudio de correlación entre ambas determinaciones la r de Pearson; en caso contrario se empleó la p de Spearman. Cuando la correlación era significativa, se realizó la ecuación de regresión correspondiente, con el coeficiente de determinación y el error estándar de la estimación¹¹. Dado que es previsible que 2 métodos que analizan la misma determinación tengan una buena correlación, se analizó el estudio de la concordancia de Bland y Altman¹² para valorar la amplitud de las diferencias entre ambos sistemas de medida de la PaCO_2 y de SaO_2 , y comprobar así si esas diferencias tenían importancia clínica. En el estudio se incluyó la media de las diferencias con su intervalo de confianza (IC) del 95%. Se calculó igualmente el valor de la media de las diferencias \pm 1,96 DE con su IC del 95%. El nivel de significación estadística se estimó en 0,05. El estudio estadístico se realizó con el programa SPSS 11.5.

Resultados

Se incluyó en el estudio a 30 pacientes (20 varones y 10 mujeres) con una media (\pm desviación estándar) de edad de $71 \pm 13,45$ años, índice de masa corporal de $28,7 \pm 9,2$ kg/m², pH de $7,43 \pm 0,05$ y PaO_2 de $71 \pm 13,1$ mmHg. Predominaban los pacientes con reagudización de la EPOC (15 casos). Había 12 casos de neumonía, 4 de asma, 3 de tromboembolia pulmonar, 3 con apneas del sueño, 2 con paquipleuritis, 2 con bronquiectasias, 2 con hemoptisis y uno con neoplasia pulmonar. Cinco eran fumadores activos (17%).

La PtcCO_2 y la PaCO_2 mostraban una asimetría en sus valores al existir determinaciones altas (fig. 1), por lo que no presentaban una distribución normal ($p < 0,004$ y $p < 0,002$ en el test de Shapiro-Wilk, respectivamente). En cuanto a la SpO_2 , también hubo asimetría, con presencia de valores bajos ($p < 0,001$), mientras que la SaO_2 tenía una distribución normal ($p < 0,991$) (fig. 2).

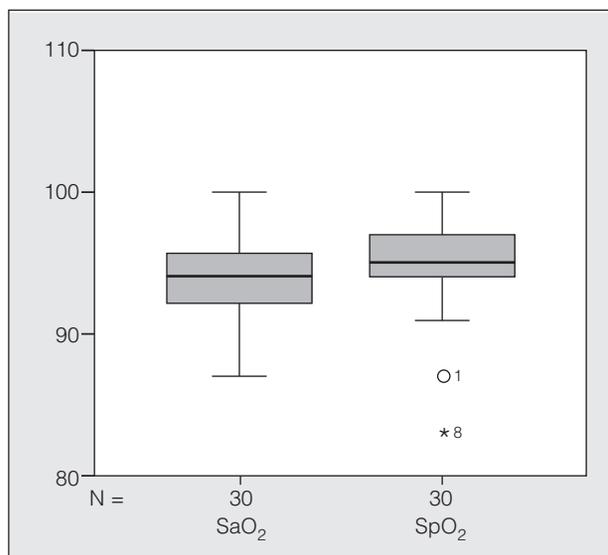
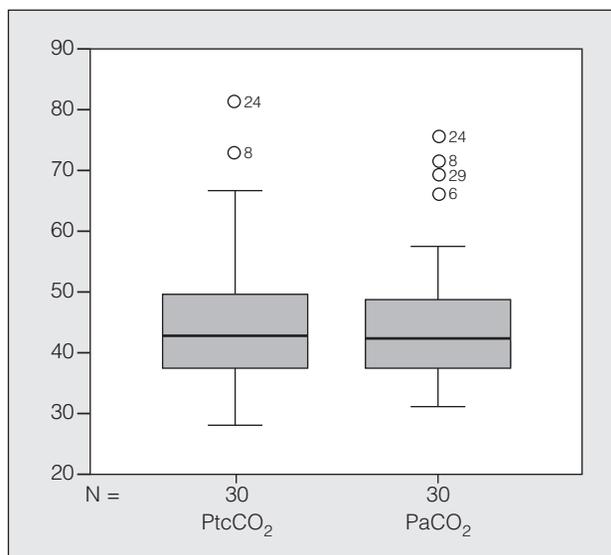


Fig. 1. Diagrama de cajas de los valores transcútaneos (PtcCO₂) y arteriales (PaCO₂) de anhídrido carbónico. N: número de casos.

Fig. 2. Diagrama de cajas de los valores transcútaneos (SpO₂) y arteriales (SaO₂) de la saturación de oxígeno. N: número de casos.

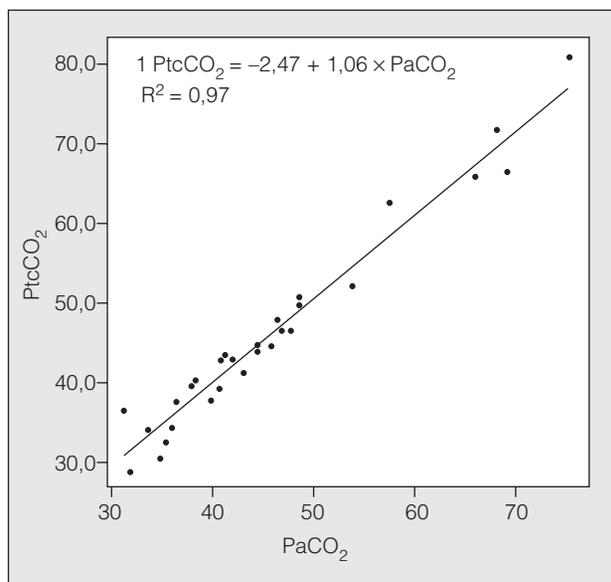


Fig. 3. Ecuación de regresión de la presión transcútanea de anhídrido carbónico (PtcCO₂) a partir de la arterial (PaCO₂). R²: coeficiente de determinación.

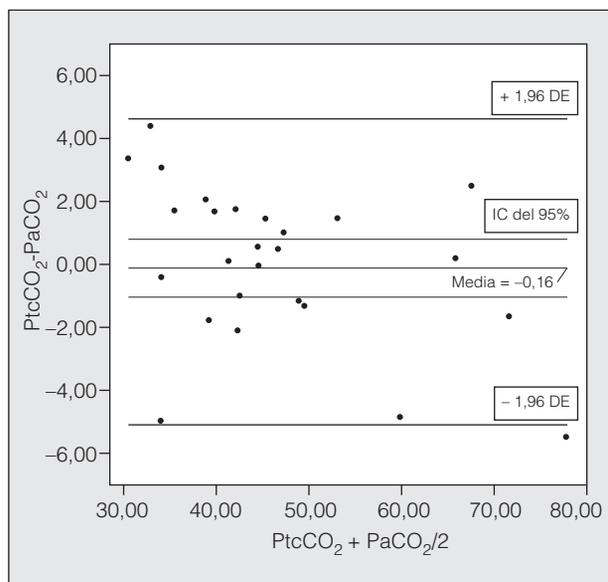


Fig. 4. Estudio de concordancia entre la presión transcútanea (PtcCO₂) y la arterial (PaCO₂) de anhídrido carbónico. DE: desviación estándar; IC: intervalo de confianza.

La mediana de la PtcCO₂ era de 43,2 mmHg (rango: 28,8-80,9), con percentil 25 de 37,9 mmHg y percentil 75 de 49,9 mmHg. La mediana de la PaCO₂ fue de 42,6 mmHg (rango: 31,5-75,4), con percentil 25 de 37,6 mmHg y percentil 75 de 48,7 mmHg. En la comparación entre ambas mediciones de CO₂ no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,88$). El análisis de correlación fue significativo ($\rho = 0,979$; $p < 0,0001$). La ecuación de regresión correspondiente era: $PtcCO_2 = -2,475 + 1,058 PaCO_2$ ($F = 775,150$; $p < 0,0001$) (fig. 3), con un coeficiente de determinación R² de 0,965 y un error estándar de la estimación de 2,3616 mmHg. El

estudio de concordancia daba una media de diferencias entre PtcCO₂ y PaCO₂ de 0,16 mmHg (IC del 95%, de -0,74 a 1,06). La media de las diferencias menor 1,96 DE era de -4,64 mmHg (IC del 95%, de -3,08 a -6,2), y la media más 1,96 DE era de 4,96 mmHg (IC del 95%, 3,4-6,52) (fig. 4). El error estándar de la media de las diferencias era de 0,441 mmHg, y el de la media \pm 1,96 DE de 0,763 mmHg.

En cuanto a la SaO₂, la mediana era del 94% (rango: 87-100%), con percentil 25 del 92% y percentil 75 del 95,6%. La mediana de la SpO₂ era del 95% (rango: 83-100%), con percentil 25 del 94% y percentil 75 del

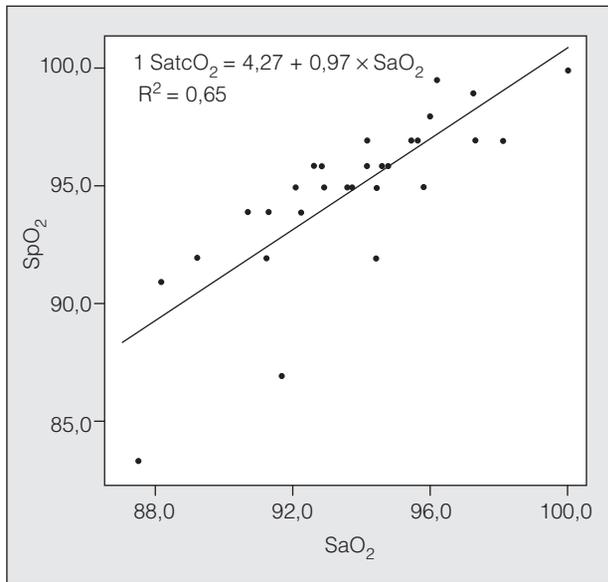


Fig. 5. Recta de regresión de la saturación transcutánea de oxígeno (SpO₂) respecto a la arterial (SaO₂). R²: coeficiente de determinación.

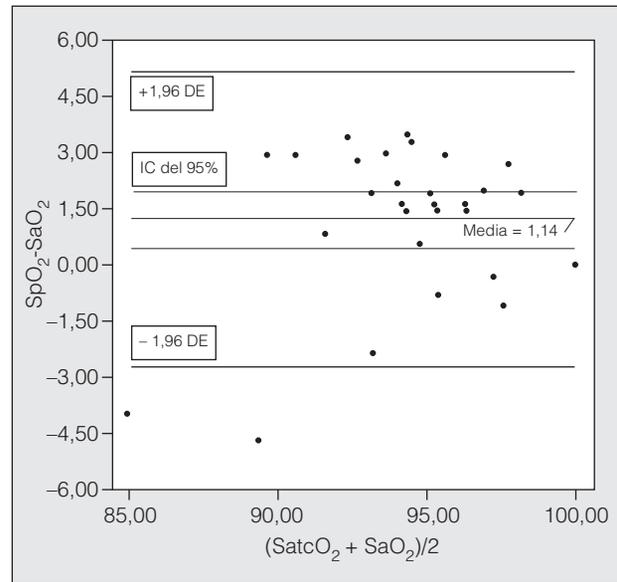


Fig. 6. Estudio de concordancia entre la saturación transcutánea (SpO₂) y arterial (SaO₂) de oxígeno. DE: desviación estándar; IC: intervalo de confianza.

97%. Había diferencias estadísticamente significativas entre ambas determinaciones de saturación de oxígeno ($p < 0,004$), siendo los valores de SpO₂ superiores a los de SaO₂. El estudio de correlación fue significativo ($\rho = 0,822$; $p < 0,0001$), con un coeficiente de determinación R² de 0,651 y un error típico de la estimación del 2,0702%. La ecuación de regresión era: $\text{SpO}_2 = 4,427 + 0,97 \text{ SaO}_2$ ($F = 52,304$; $p < 0,0001$) (fig. 5). El análisis de concordancia dio una media de las diferencias del 1,14% (IC del 95%, 0,381-1,899%); la media menos 1,96 DE era del -2,93% (IC del 95%, del -1,613 al -2,93%) y la media más 1,96 DE del 5,21% (IC del 95%, 3,893-6,527%) (fig. 6). El error estándar de la media de las diferencias fue del 0,372% y el de la media $\pm 1,96$ DE del 0,644%.

Los valores de la PtcCO₂ y de la SpO₂ se mantuvieron estables en cada paciente y entre ellos. La señal se tornaba irregular cuando había que cambiar la membrana. No hubo efectos secundarios ni se tuvo que repetir la prueba en ningún caso.

Discusión

El valor de la PtcCO₂ ha demostrado su eficacia sobre todo en pacientes neonatos o lactantes, en quienes el error en la determinación de la PaCO₂ es menor que en pacientes de más edad, aunque depende de los valores de PaCO₂, ya que la discrepancia es mayor con cifras superiores a 40 mmHg¹³. Precisamente son los valores altos de CO₂ los que tienen interés clínico en el manejo de las enfermedades respiratorias.

El calentamiento de la piel necesario para aumentar su permeabilidad a la difusión del CO₂ provoca un aumento del metabolismo cutáneo, que conduce a una mayor producción de CO₂ que debe corregirse al determinar sus valores transcutáneos⁷.

Este sistema se puede utilizar de forma simultánea con la pulsioximetría en el mismo dispositivo, en situaciones como la anestesia general. La determinación resulta más rápida cuando el electrodo se sitúa en el lóbulo de la oreja, en lugar del dedo o el brazo¹⁴.

La medida transcutánea de la PaCO₂ se ha mostrado más fiable que la de PaO₂, probablemente debido a su mayor difusión a través de la piel o al propio consumo cutáneo del oxígeno¹⁵. Se ha utilizado con éxito para la monitorización de la PaCO₂ en pacientes adultos ingresados en unidades de cuidados intensivos. La PtcCO₂ se ve influida, además de por la propia PaCO₂, por el gasto cardíaco¹⁶.

Dado que el electrodo colocado durante más de 8 h es bien tolerado, sin provocar efectos secundarios locales ni alterar la determinación de la señal¹⁷, la monitorización de la PtcCO₂ puede realizarse en estudios nocturnos en pacientes en quienes se sospeche hipercapnia, ya sea por hipoventilación alveolar, obstrucción crónica al flujo aéreo u obesidad mórbida y/o apneas del sueño¹⁸.

En la monitorización de la ventilación mecánica en la insuficiencia respiratoria crónica la PtcCO₂ sobrestima los valores de PaCO₂, error que aumenta con el incremento de las cifras de PaCO₂, por lo que debe corregirse¹⁹. Junto con la pulsioximetría, la medida de la PtcCO₂ puede ser de utilidad para detectar una posible hipoventilación alveolar durante la realización de una broncoscopia, sobre todo si se emplea sedación previa²⁰.

En nuestros pacientes la determinación de la PtcCO₂ se ha mostrado de gran utilidad dada su buena correlación y concordancia con los valores de PaCO₂, por lo que creemos que es una técnica que puede utilizarse de forma habitual en una sala de hospitalización para evitar la repetición de gasometrías arteriales en el control evolutivo de estos enfermos. El sistema ha sido fiable, ya que los valores se mantuvieron estables en los pa-

cientes y entre varias determinaciones. La membrana debe cambiarse cuando el propio aparato lo indica, pues de lo contrario las mediciones se vuelven irregulares.

En cuanto a la medida simultánea de la SaO₂, también se han obtenido una buena correlación y concordancia con los valores gasométricos, aunque tiende a sobrestimarlos, circunstancia ya descrita en otros estudios²¹ y que debe tenerse en cuenta para la interpretación adecuada del grado de oxigenación; no obstante, esta diferencia es pequeña y de escasa importancia clínica. El calentamiento de la zona produciría una modificación de la curva de disociación de la hemoglobina, pero sería hacia la derecha, con disminución de la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno. La interferencia de la carboxihemoglobina se ha tenido en cuenta, ya que por cada 1% de carboxihemoglobina se hipervalora un 1% la saturación de oxígeno, mientras que la metahemoglobinemia interfiere en los valores de pulsioximetría, que no es capaz de estimarla, por lo que las cifras serían bajas⁴.

Podemos concluir que la determinación de PtcCO₂ y SpO₂ es útil en la monitorización de la evolución de los pacientes con enfermedad respiratoria, sin necesidad de punciones arteriales repetidas, dada su exactitud respecto a los valores gasométricos, aunque hay mayor dispersión en los valores extremos de la PtcCO₂ y una discreta variación en la SpO₂. Es aconsejable, sin embargo, realizar una primera gasometría arterial para valorar la situación de la hematosi y del equilibrio ácido-base inicial, que sirva de referencia para posteriores medidas.

BIBLIOGRAFÍA

1. AARC Clinical Practice Guideline. Pulse oximetry. *Respir Care*. 1991;36:1406-9.
2. Herrejón A, Simó M, Chiner E, Pérez ME, Marín J. Valoración de la presión transcutánea de oxígeno en adultos con patología respiratoria. *Rev Esp Fisiol*. 1989;45:123-6.
3. Herrejón A, Simó M, Pérez M, Chiner E, Marín J. Comparación de la presión arterial y transcutánea de oxígeno en la fibrobroncoscopia. *Arch Bronconeumol*. 1989;25:80-3.
4. Cambra FJ, Pons M. Pulsioximetría y capnografía. *An Pediatr (Barc)*. 2003;59:259-64.
5. Giner J, Casan P. Determinación de la pulsioximetría y de la capnografía en el laboratorio de función pulmonar. *Arch Bronconeumol*. 2004;40:311-4.
6. Clark JS, Votteri B, Ariagno RL, Cheung P, Eichhorn JH, Fallat RJ, et al. Noninvasive assessment of blood gases. *Am Rev Respir Dis*. 1992;145:220-32.
7. Winberley PD, Burnett RW, Covington AK, Maas AHJ, Mueller-Plathe O, Siggaard-Andersen O, et al. International Federation of Clinical Chemistry (IFCC) Scientific Division. Committee on pH, Blood Gases and Electrolytes. Guidelines for transcutaneous PO₂ and PCO₂ measurement. *Ann Biol Clin*. 1990;48:39-43.
8. AARC Clinical Practice Guideline. Transcutaneous blood gas monitoring for neonatal & pediatric patients. *Respir Care*. 1994;39:1176-9.
9. Severinghaus JW. The current status of transcutaneous blood gas analysis and monitoring. *Blood Gas News*. 1998;7:4.
10. Doménech JM. Fundamentos de diseño y estadística. UD 11: comparación de dos medias: pruebas t. Barcelona: Signo; 2003.
11. Doménech JM. Fundamentos de diseño y estadística. UD 13: correlación y regresión lineal. Barcelona: Signo; 2003.
12. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986;1:307-10.
13. Palmisano BW, Severinghaus JW. Transcutaneous PCO₂ and PO₂: a multicenter study of accuracy. *J Clin Monitoring*. 1990;6:189-95.
14. Eberhard P, Gisiger PA, Gardaz JP, Spahn DR. Combining transcutaneous blood gas measurement and pulse oximetry. *Anesth Analg*. 2002;94:S76-S80.
15. Dawson S, Cave C, Pavord I, Potter JF. Transcutaneous monitoring of blood gases: is it comparable with arterialized earlobe sampling? *Respir Med*. 1998;92:584-7.
16. Hasibeder W, Haisjackl M, Sparr H, Klaunzer S, Horman C, Salak M, et al. Factors influencing transcutaneous oxygen and carbon dioxide measurements in adult intensive care patients. *Intensive Care Med*. 1991;17:272-5.
17. Janssens JP, Perrin E, Bennani, Muralt B, Titelion V, Picard C. Is continuous transcutaneous monitoring of PCO₂ (TcPCO₂) over 8 h reliable in adults? *Respir Med*. 2001;95:331-5.
18. O'Donoghue FJ, Catcheside PG, Ellis EE, Grunstein RR, Pierce RJ, Rowland LS, et al. Sleep hypoventilation in hypercapnic chronic obstructive pulmonary disease: prevalence and associated factors. *Eur Respir J*. 2003;21:977-84.
19. Rosner V, Hannhart B, Chabot F, Polu JM. Validity of transcutaneous oxygen/carbon dioxide pressure measurement in the monitoring of mechanical ventilation in stable chronic respiratory failure. *Eur Respir J*. 1999;13:1044-7.
20. Evans EN, Ganeshalingam K, Ebdon P. Changes in oxygen saturation and transcutaneous carbon dioxide and oxygen levels in patients undergoing fiberoptic bronchoscopy. *Respir Med*. 1998;92:739-42.
21. Bernet-Buettiker V, Ugarte MJ, Frey B, Hug MI, Baenziger O, Weiss M. Evaluation of a new combined transcutaneous measurement of PCO₂/pulse oximetry oxygen saturation ear sensor in newborn patients. *Pediatrics*. 2005;115:e64-8.