



FIABILIDAD DE LA PRESIÓN TRANSCUTÁNEA DE ANHÍDRIDO CARBÓNICO EN PACIENTES CON INSUFICIENCIA RESPIRATORIA CRÓNICA AGUDIZADA

A. León Jiménez, J.L. López-Campos Bodineau, C. García Polo, A. Arnedillo Muñoz, J.J. Fernández Berni.

¹Unidad Médico Quirúrgica de Enfermedades Respiratorias. Hospital Universitario Virgen del Rocío. Sevilla.

Financiado parcialmente con Beca de la Fundación Neumosur.

Agradecimientos: Agradecemos a Vanesa Santos Sánchez (Delegación Provincial de Salud de Cádiz) su ayuda en el procesamiento estadístico de los datos.

Resumen

Introducción: la determinación de la presión de CO₂ es un elemento clave en el manejo de la insuficiencia respiratoria crónica agudizada. El "patrón oro" es la obtención de una muestra arterial que es puntual en el tiempo y no está exenta de molestias y complicaciones. El objetivo del presente estudio es valorar la fiabilidad de la determinación de la presión de CO₂ mediante la medición transcutánea de dicho gas.

Pacientes y métodos: se realizaron 32 determinaciones en 28 pacientes ingresados por insuficiencia respiratoria crónica agudizada. Las variables recogidas fueron las sociodemográficas más las derivadas de la gasometría arterial (PaO₂, PaCO₂, pH, HCO₃, SaO₂) y del medidor transcutáneo (SpO₂ y PtcCO₂). La relación entre ambas mediciones se realizaron con el cálculo del coeficiente de correlación intraclase y gráficos de Bland-Altman.

Resultados: el 43% de los pacientes eran varones. El 57% de los pacientes habían ingresado por exacerbación de EPOC y el resto padecían insuficiencia respiratoria agudizada por otra patología. La presión arterial de CO₂ media obtenida fue de 55,8 mmHg con desviación típica de 13,8 mmHg y la presión transcutánea de CO₂ tuvo un valor medio de 54,5 mmHg con desviación típica de 14,2 mmHg. El valor del coeficiente de correlación intraclase fue 0,958 y el coeficiente de correlación de Pearson mostró una r de 0,962 (p<0,001). La media de las diferencias entre PaCO₂ y PtcCO₂ fue de -1,31 (IC 95% de -2,71 a 0,09).

Conclusiones: la medición de la presión transcutánea de CO₂ es un procedimiento fiable y no invasivo en pacientes con insuficiencia respiratoria crónica agudizada.

Palabras clave: presión transcutánea de dióxido de carbono, presión arterial de dióxido de carbono, insuficiencia respiratoria.

Reliability of transcutaneous carbon dioxide pressure in patients with exacerbated chronic respiratory insufficiency

Abstract

Background: pCO₂ measurement plays a key role in the management of Acute-on-Chronic Respiratory Failure (ACRF) and arterial blood test, performed at a specific point in time, remains the 'gold standard'. Such an arterial blood sample analysis is an invasive, thus painful test, leading to further complications. The aim of this study was to assess the reliability of pCO₂ measurements through transcutaneous carbon dioxide analysis.

Patients and methods: 32 arterial blood samples and transcutaneous measurements were simultaneously performed in 28 in-patients with acute on chronic respiratory failure. Socio-demographic data together with blood gas analysis parameter values (PaO₂, PaCO₂, pH, HCO₃, SaO₂) and transcutaneous sensor measurements (SpO₂ and PtcCO₂) were obtained and analyzed. The correlation between both methods was performed by means of Bland-Altman analysis and Interclass Coefficient Correlation (ICC).

Results: 43% of the patients were male and 57% had been admitted to hospital due to a COPD exacerbation. The remaining patients presented acute respiratory failure associated to other conditions. Mean pCO₂ obtained was 55.8 mmHg with a standard deviation of 13.8 mmHg and median transcutaneous pCO₂ values were 54.5 mmHg with a standard deviation of 14.2 mmHg. The ICC value was 0.958 and Pearson's Correlation Coefficient r was 0.962 (p<0.001). The mean difference between PaCO₂ and PtcCO₂ was -1.31 (95% CI: -2.71 to 0.09).

Conclusions: transcutaneous pCO₂ measurement proves to be a reliable and non-invasive procedure to be performed in patients with ACRF.

Key words: transcutaneous carbon dioxide pressure, partial pressure of arterial carbon dioxide, respiratory insufficiency.

INTRODUCCIÓN

La determinación de la presión parcial de anhídrido carbónico en sangre arterial (PaCO₂) es un elemento clave en el manejo de la insuficiencia respiratoria y su valor tiene implicaciones diagnósticas y

terapéuticas¹. Su obtención mediante una muestra de sangre arterial es el "patrón oro", pero no está exenta de riesgos, es dolorosa y sólo proporciona información puntual de un momento en concreto. No obstante, los gases sanguíneos pueden experimentar fluctuacio-

Recibido: 10 de julio de 2010. Aceptado: 3 de noviembre de 2010.

Dr. A León Jiménez.
antonioleon@neumosur.net

nes importantes en cortos espacios de tiempo en pacientes clínicamente inestables, con lo que un sistema que pudiera conseguir una monitorización continua de la PCO_2 podría ser una valiosa herramienta para el manejo de dichos pacientes², además de evitar los riesgos y complicaciones de las punciones repetidas.

Hasta la fecha, los dos procedimientos que han obtenido un mayor desarrollo han sido la determinación de CO_2 exhalado al final de la espiración y la medición transcutánea de CO_2 (PtcCO_2). La determinación de CO_2 al final de la espiración es un procedimiento ampliamente usado en pacientes intubados en anestesia y obtiene como valor útil la concentración de CO_2 al final de la espiración, que es considerada similar a la PaCO_2 ³, pero su utilidad puede verse limitada en pacientes con enfermedades respiratorias con trastornos en la relación ventilación-perfusión o cuando se determina a través de mascarillas, en pacientes no intubados, por las inevitables fugas de aire⁴. La medición transcutánea es una prometedora vía que puede permitir no sólo la determinación no invasiva sino también la monitorización continua de este gas con los beneficios que ello implicaría. Sin embargo, hasta el momento existen pocos trabajos que hayan evaluado la validez de esta medición no invasiva en planta de hospitalización. El objetivo de nuestro estudio ha sido valorar la fiabilidad de la presión transcutánea frente a la arterial de CO_2 en pacientes hospitalizados con insuficiencia respiratoria crónica agudizada con objeto de evaluar la validez de las mediciones.

PACIENTES Y MÉTODOS

Pacientes

Se trata de un estudio observacional, prospectivo, abierto y no randomizado, en el que se incluyeron 28 pacientes que ingresaron por insuficiencia respiratoria agudizada de cualquier origen. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación Sanitaria del Hospital y los pacientes dieron su consentimiento informado para su participación. El estudio fue realizado en condiciones de práctica clínica habitual de forma que cuando su facultativo consideraba preciso la realización de una gasometría arterial se realizaba la monitorización de la SpO_2 y TcpCO_2 mediante el equipo. Las variables recogidas fueron edad, sexo, enfermedad fundamental motivo de ingreso y gases arteriales (PaO_2 , PaCO_2 , pH, HCO_3^- , SaO_2). Las variables recogidas en el medidor transcutáneo de CO_2 fueron la SpO_2 y la propia TcpCO_2 .

Dispositivos

Se han utilizado dos equipos para la medición de la TcpCO_2 ; con el dispositivo TCO2M^\circledR (Novamatrix Medial Systems, Wallingford, Connecticut, USA), sólo se llevaron a cabo 10 mediciones efectivas ya que unos problemas técnicos del equipo imposibilitaron continuar con su utilización. Con dicho equipo el procedimiento fue el posicionamiento del sensor sobre la piel del enfermo, preferiblemente en el tórax o en el antebrazo, sobre una superficie que no tuviera hueso debajo, habiendo limpiado la piel previamente con alcohol 96° y buscando una zona sin vello corporal o rasurando la zona previamente. Se procedía a la calibración del mismo y posteriormente tras un periodo de estabilización de 15 minutos se realizaba la medición de la TcpCO_2 , a una temperatura de 44° (este equipo permitía además la determinación transcutánea de la presión parcial de oxígeno). El resto de determinaciones se realizaron con el equipo modelo Tosca 500 (Radiometer ibérica, Brønshøj, Dinamarca). Se procedió de forma similar salvo que el sensor es tipo pinza y se aplica al lóbulo de la oreja, previa limpieza de la piel y calibración del equipo. El equipo calienta la piel a una temperatura de 42° centígrados. La obtención de la muestra arterial se obtenía en los 5 minutos posteriores a la estabilización del sistema y simultáneamente se registraban los valores señalados en la pantalla del dispositivo. Todas las determinaciones fueron realizadas en horario de mañana por enfermeros especialmente adiestrados en el manejo del equipo.

Las mediciones correspondientes en los gases arteriales fueron realizadas por el laboratorio de análisis clínicos. Todas las muestras fueron procesadas de forma inmediata tras su extracción.

Estudio estadístico

Los datos fueron introducidos en hoja de Excel y de aquí exportadas al SPSS versión 13 y al programa de libre distribución R 2.7.2(licencia GNU). Los datos se expresan como medias más desviación estándar y para el estudio de correlaciones se utilizó el test de Pearson. Para el análisis de las diferencias individuales y concordancias se utilizó el coeficiente de correlación intraclass y el procedimiento descrito por Bland y Altman⁵, estableciéndose una precisión de 1,9 SD consistente en la desviación típica de la diferencia de medias.

RESULTADOS

Se realizaron 32 determinaciones en 28 pacientes ingresados por insuficiencia respiratoria crónica agu-

dizada. De estos, el 57% de los pacientes padecían una EPOC con exacerbación de dicha enfermedad respiratoria. El resto padecían insuficiencia respiratoria agudizada por patología toracógena, síndrome de obesidad-hipoventilación y enfermedad neurológica con situación de respirador-dependencia. El 43% de los pacientes eran varones. Todos los pacientes estaban siendo tratados de forma habitual y todos tenían oxigenoterapia suplementaria ya en forma de mascarilla tipo venturi, ventilación no invasiva asociada a oxigenoterapia o ventilación invasiva a través de traqueostomía con oxigenoterapia complementaria. La edad media fue de 71,7 años con desviación estándar de 6,9 y con valores límites de 57 a 80 años.

Con respecto a los valores obtenidos en sangre arterial, el pH medio fue de 7,39, con desviación estándar (DE) de 0,05 y valores límites de 7,50 a 7,23. La presión arterial de CO₂ fue superior a 45 mm Hg en 24 determinaciones y la media obtenida fue de 55,8 con desviación típica de 13,8 y valores extremos de 34,5 a 96,4 mm Hg. La presión arterial de oxígeno medida en gasometría arterial tuvo un valor medio de 79,1 mm Hg con DE de 23,2 y valores extremos de 52 y 130 mm Hg. Los valores medios de bicarbonato sérico fueron 33,8 mEq/L con desviación típica de 6,5 y valores extremos de 21,4 y 48,7 mEq/L. Con respecto a la saturación arterial de oxígeno el valor medio fue del 94,1 con valores límites de 84,5 y 99,4% y con DE de 4,9.

Los valores obtenidos mediante los equipos de medición de saturación periférica de oxígeno y transcutánea de CO₂, fueron para la SpO₂ de 94,4%, con desviación típica de 3,45 y valores extremos de 88 y 99%. La presión transcutánea de CO₂ tuvo un valor medio de 54,5 con desviación típica de 14,2 y valores extremos de 37 y 94.

En la tabla 1 se pueden observar los valores estadísticos relativos a las determinaciones de PaCO₂ y PtcCO₂ y en la figura 1 el gráfico de Bland-Altman.

Tabla 1. Valores comparativos de CO₂.

	PaCO ₂		PtcCO ₂
Media	55,81	Media	54,56
Error típico	2,44	Error típico	2,51
Desviación estándar	13,83	Desviación estándar	14,24
Mínimo	34,5	Mínimo	37
Máximo	96,4	Máximo	94

PaCO₂: Presión arterial de CO₂ y PtcCO₂: Presión transcutánea de CO₂.

En este puede observarse buena precisión general que mejora en los valores de CO₂ comprendidos entre 55 y 70 mm Hg. La media de las diferencias entre PaCO₂ y PtcCO₂ fue de -1,31 (IC 95% de -2,71 a 0,09). La desviación típica de las diferencias por 1,96 fue de 6,34 y por -1,96 fue de -8,96. El test de correlación de Pearson mostró una r de 0,962 (p<0,001) para la totalidad de valores. El coeficiente de correlación intraclass fue de 0,958 con un intervalo de confianza del 95% de 0,917 a 0,979 (p< 0,001).

Se estudió también la posible influencia de los niveles de SpO₂, SaO₂, HCO₂ y pH sobre la diferencia entre las mediciones de PaCO₂ y PtcCO₂ no encontrando correlación significativa entre ellas.

DISCUSIÓN

En las últimas décadas se han desarrollado dispositivos de monitorización no invasivos que dan una estimación de la PaCO₂ por diversos mecanismos. La PtcCO₂ consiste en la medición de la PCO₂ capilar mediante la colocación de un sensor en la piel⁶. Este sensor produce un ligero calentamiento en la piel que provoca una vasodilatación y un aumento de la permeabilidad local al CO₂, lo que permite su difusión a través de una membrana selectiva y permeable del medidor reaccionando con el electrolito que hay entre

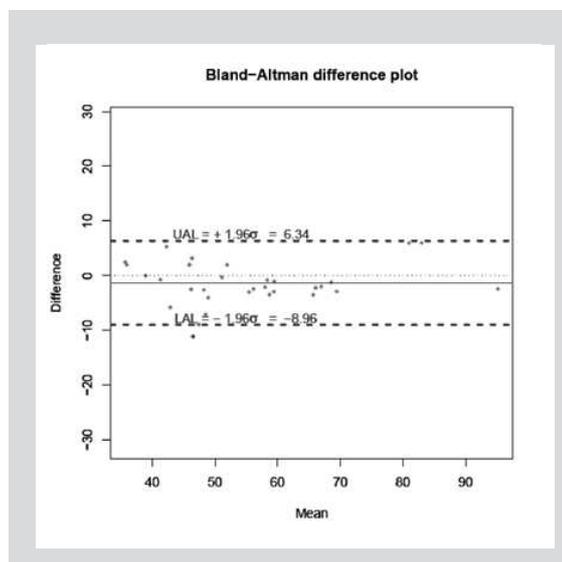


Figura 1. Gráfico de Bland-Altman para la comparación de PaCO₂ y PtcCO₂.

La diferencia de medias está indicada por la línea continua y la precisión (1,96 SD) está indicada por la línea discontinua. En el eje de abscisas están representados los valores promedios de CO₂ y en el eje de ordenadas la diferencia entre la PaCO₂ y la PtcCO₂.

UAL: Límite de Concordancia Superior.
LAL: Límite de Concordancia Inferior.

la membrana y el electrodo de medición. Esta reacción forma ácido carbónico que se disocia en H^+ y CO_3H^- . La diferencia de potencial es proporcional a la concentración del H^+ y por tanto a la concentración del CO_2 . El principal problema de la técnica es el calentamiento de la piel que produce el aparato y que podría originar una quemadura en la piel si se dejara de manera indefinida. Sin embargo, en niños, se ha demostrado que esta técnica es segura sin producir quemadura tras 24 horas de uso continuado dando una medición eficaz de la $PaCO_2$ en el fallo respiratorio agudo⁷. No obstante, el calor provoca un aumento en la $PtcCO_2$ con respecto a la $PaCO_2$ por el efecto de la propia temperatura sobre PCO_2 sanguínea y tisular en la zona, y por la mayor producción celular a dicho nivel debido a un incremento en el metabolismo de la piel, por lo que los dispositivos aplican un algoritmo de corrección que fue descrito por Severinghaus⁸.

La medición transcutánea de los gases sanguíneos se ha mostrado útil en diversas áreas de la medicina como los cuidados neonatales⁹, en adultos críticos y con ventilación mecánica^{10,11}, anestesia¹² y pacientes hospitalizados con diversos procesos¹³ entre otros. Este último estudio fue realizado en unas condiciones similares a las nuestras y con una muestra de 30 pacientes con diversas enfermedades respiratorias, encontrando una elevada correlación entre la $PaCO_2$ y la $PtcCO_2$. No obstante, se han descrito ciertas limitaciones como es la fiabilidad de la medida dependiendo de los niveles de $PaCO_2$. Así, Cuvelier et al observaron que en pacientes estables en programa de ventilación mecánica domiciliar con cifras de $PaCO_2$ menores 56 mmHg la precisión de la medición era menor que en valores por encima de este valor¹⁴. En nuestro estudio, como puede observarse en Gráfico de Bland-Altman, los valores en los que se obtenía mayor precisión era entre 55 y 70 mm Hg. Por debajo de 55 mm Hg los valores estaban más dispersos y había menos concordancia entre los valores de la $PaCO_2$ y $PtcCO_2$ y por encima de 70 el número de muestras era demasiado escaso como para tomar conclusiones, aunque en los pocos casos realizados la diferencia era mayor que en el rango antes referido de 55 a 70 mm Hg.

Una de las posibles limitaciones del estudio es el limitado número de muestras. Ello se ha debido fundamentalmente al elevado coste de los reactivos y accesorios usados para cada determinación. Además, es preciso disponer de un personal específicamente entrenado en la realización de dichas determinaciones. Aunque se han usado dos equipos diferentes, el procedimiento de medidas de ambos es a través de

un electrodo electroquímico y en ambos equipos las determinaciones estuvieron estrechamente correlacionadas con las obtenidas por medio de la gasometría arterial. Por otro lado, no se detectaron efectos secundarios derivados del procedimiento de medida.

Aunque todos nuestros pacientes se encontraban hemodinámicamente estables, hay que tener en cuenta que la $PtcCO_2$ puede verse influenciada por el propio gasto cardíaco¹⁵; así en situaciones de shock, vasoconstricción periférica o edema, los resultados de los valores de la $PtcCO_2$ pueden verse influenciados. Otra de las posibles influencias es el factor deriva en la medida que se puede producir a lo largo del tiempo. Storre et al encontraron¹⁶ una deriva a lo largo de 4 horas de 1,3 mmHg de múltiples medidas realizadas en 4 horas de monitorización en pacientes con ventilación no invasiva y que tenía canalizada una línea arterial. A pesar de esta deriva, que podía ser corregida mediante cálculo, los autores indican que el procedimiento es sensible en pacientes con insuficiencia respiratoria en tratamiento con ventilación no invasiva para monitorizar los cambios en la $PaCO_2$ durante este procedimiento terapéutico. De esta forma, un papel relevante de la medición transcutánea de CO_2 sería objetivar y monitorizar los cambios en este gas con determinados tratamientos como la ventilación no invasiva más que una determinación puntual.

En resumen, nuestros datos confirman que la medición de la presión transcutánea de CO_2 es un procedimiento fiable y no invasivo en pacientes con insuficiencia respiratoria crónica agudizada sometidos o no a ventilación, aunque en los momentos actuales no sustituye a la gasometría arterial.

BIBLIOGRAFÍA

1. Mokhlesi B, Kryger MH, Grunstein RR. Assessment and management of patients with obesity hypoventilation syndrome. *Proc Am Thorac Soc* 2008; 5: 218-25.
2. Eberhard P. The Design, Use, and Results of Transcutaneous Carbon Dioxide Analysis: Current and Future Directions *Anesth Analg* 2007; 105: S48-52.
3. St. John RE. End-tidal carbon dioxide monitoring. *Crit Care Nurse* 2003; 23: 83-8.
4. Mehta S, Hill NS. Noninvasive ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163: 540-77.
5. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986; 1: 307-10.
6. Franklin ML. Transcutaneous measurement of partial pressure of oxygen and carbon dioxide. *Respir Care Clin N Am* 1995; 1: 119-31.

7. Berkenbosch JW, Tobias JD. Transcutaneous carbon dioxide monitoring during high-frequency oscillatory ventilation in infants and children. *Crit Care Med* 2002; 30: 1024-27.
8. Severinghaus JW. Transcutaneous blood gas analysis. *Respir Care* 1982; 27:152-59.
9. Bernet V. New non-invasive technique for continuous monitoring of ventilation in newborn infants. *J Pediatr* 2005; 31: 273-75.
10. Bendjelid K, Schütz N, Stolz M, Gérard I, Suter PM, Romand JA. Transcutaneous PCO₂ monitoring in critically ill adults: clinical evaluation of a new sensor. *Crit Care Med* 2005; 33: 2203-6.
11. 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.
12. Dullenkopf A, Di Bernardo S, Berger F, Fasnacht M, Gerber AC, Weiss M. Evaluation of a new combined SpO₂/PtcCO₂ sensor in anaesthetized paediatric patients. *Paediatr Anaesth* 2003; 13: 777-84.
13. Herrero A, Inchaurrega I, Palop J, Ponce S, Peris R, Terrádez M, Blanquer R. Utilidad de la presión transcutánea del anhídrido carbónico en la valoración gasométrica de adultos hospitalizados con enfermedad respiratoria. *Arch Bronconeumol.* 2006; 42: 225-9.
14. Cuvelier A, Grigoriu B, Molano LC, Muir JF. Limitations of transcutaneous carbon dioxide measurements for assessing long-term mechanical ventilation. *Chest* 2005; 127: 1744-8.
15. 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.
16. Storre JH, Steurer B, Kabitz HJ, Dreher M, Windisch W. Transcutaneous PCO₂ monitoring during initiation of noninvasive ventilation. *Chest.* 2007; 132: 1810-6.