

# Correlación de los valores de pCO<sub>2</sub> obtenidos por gasometría arterial y capnografía transcutánea

Moronta Martín M.<sup>a</sup>D.<sup>1</sup> y Gutiérrez Ortega C.<sup>2</sup>

*Sanid. mil. 2013; 69 (2): 82-86; ISSN: 1887-8571*

## RESUMEN

**Introducción:** La gasometría arterial es el método habitual y más exacto, utilizado para la medición, entre otros, de los valores en sangre arterial de anhídrido carbónico (pCO<sub>2</sub>). Es una técnica invasora y dolorosa que provoca rechazo en muchos de los pacientes a los que se les solicita, periódicamente, en las revisiones ambulatorias de sus enfermedades respiratorias crónicas. **Objetivo:** Comprobar si los valores de pCO<sub>2</sub> obtenidos por una prueba no invasora y bien tolerada, como es la capnografía transcutánea, son válidos y permiten reducir las gasometrías arteriales, en este grupo de pacientes. **Pacientes y Método:** A 359 pacientes procedentes de consultas externas de Neumología, a los que se les solicitaba una Gasometría arterial, se les realizó también una Capnografía transcutánea y se obtuvo el valor de la pCO<sub>2</sub> por ambas técnicas. Para cuantificar la fiabilidad de la capnografía transcutánea frente a la gasometría arterial se utilizó el índice de correlación intraclase para medidas individuales para un factor de efectos aleatorios y su precisión mediante el intervalo de confianza de 95%. Como representación gráfica se usaron los diagramas de Bland y Altman. Como grado de significación estadística se empleó p<0'05 y la aplicación estadística fue el paquete SPSS versión 15. **Resultados:** La correlación intraclase de los valores de pCO<sub>2</sub> por ambas técnicas fue de 0'603 (IC 95%: 0'533 a 0'665) que se puede considerar moderada (p<0'001). La media de las diferencias fue del 1'08% a favor de los valores de pCO<sub>2</sub> obtenidos por capnografía transcutánea. **Conclusiones:** Los valores de pCO<sub>2</sub> obtenidos por capnografía transcutánea son válidos y pueden servir de indicador para saber cuándo realizar gasometría arterial y así reducir o suprimir las innecesarias. Es necesario seguir un protocolo riguroso para conseguir valores de pCO<sub>2</sub> por capnografía transcutánea más fiables. La técnica capnográfica minimiza los daños colaterales frente a la gasometría arterial.

**PALABRAS CLAVE:** Presión parcial de dióxido de carbono, Medida transcutánea, Medida de gas en sangre arterial, Invasiva, No invasiva, Capnografía.

## Correlation between pCO<sub>2</sub> values obtained by arterial gasometry and transcutaneous capnography

**SUMMARY: Introduction:** arterial gasometry is the most common and accurate method to determine, among others, the values of arterial blood carbon dioxide (pCO<sub>2</sub>). It is an invasive and painful technique rejected by many chronic respiratory disease patients who are followed periodically in outpatient clinics. **Objective:** To assess whether pCO<sub>2</sub> values obtained by a non-invasive and well tolerated test, as transcutaneous capnography, are valid and can reduce blood gas tests in this group of patients. **Patients and Method:** In 359 patients from the Pneumology outpatient department, the value of pCO<sub>2</sub> was determined by both techniques, arterial gasometry and transcutaneous capnography. To assess the reliability of the transcutaneous capnography versus the arterial gasometry, the intraclass correlation index was used for individual measures for a random effects factor and its accuracy determined with a confidence interval of 95%. For its graphical representation the Bland-Altman plot was used. The p-value <0.05 was used for statistical significance and the statistical software was SPSS version 15. **Results:** The intraclass correlation of the pCO<sub>2</sub> values for both techniques was 0.603 (95% CI: 0.533 to 0.665) that can be considered moderate (p<0.001). The average difference was 1.08% in favor of the pCO<sub>2</sub> values obtained by transcutaneous capnography. **Conclusions:** pCO<sub>2</sub> values obtained by transcutaneous capnography are valid and might be a suitable indicator to determine when to perform arterial gasometries and so reduce or eliminate the unnecessary ones. It is necessary to follow a rigorous protocol to obtain more reliable pCO<sub>2</sub> values by transcutaneous capnography. Transcutaneous capnography minimizes collateral damage versus arterial gasometry.

**KEY WORDS:** Carbon dioxide partial pressure, Transcutaneous measurement. Arterial blood gas measurement, Invasive, Noninvasive, Capnography.

<sup>1</sup> Enfermera. Servicio de Neumología.

<sup>2</sup> Biólogo. Servicio de Medicina Preventiva.

Hospital Central de la Defensa Gómez Ulla. Madrid. España.

**Dirección para correspondencia:** M<sup>a</sup> Dolores Moronta Martín. Servicio de Neumología. Exploraciones funcionales. Hospital Central de la Defensa. Gta. del Ejército 1. 28047-Madrid.

Recibido: 19 de noviembre de 2012

Aceptado: 2 de abril de 2013

## INTRODUCCIÓN

La gasometría arterial es actualmente el método más exacto<sup>1</sup>, empleado para la medición de los valores de la presión arterial de Oxígeno (PaO<sub>2</sub>), presión parcial de anhídrido carbónico (pCO<sub>2</sub>), y el equilibrio ácido-base del organismo. Informa del estado de oxigenación de la sangre arterial, del grado de ventilación pulmonar y del equilibrio ácido base del organismo. Es por

tanto una prueba demandada, con frecuencia, para el diagnóstico y seguimiento de pacientes con enfermedades respiratorias. Pero se trata de una técnica invasora y molesta, que en algún momento puede resultar difícil de realizar y provocar ansiedad en el paciente por miedo al dolor, sobre todo en aquellos que acuden a revisiones periódicas.

La generalización del uso del Pulsioxímetro<sup>1,2</sup>, dispositivo no invasor, que permite conocer la Saturación de Oxígeno (SpO<sub>2</sub>) a través de la piel, está permitiendo reducir las peticiones de gasometría arterial en pacientes en los que no se considere imprescindible conocer su grado de ventilación ni el estado ácido-básico.

Si conociéramos la fiabilidad de los valores de la pCO<sub>2</sub> obtenidos por un método, no invasor, quizá se podría seguir reduciendo la petición de gasometrías arteriales, que quedarían limitadas a los pacientes en los que, también, fuera necesario conocer el estado ácido-básico de su organismo.

A finales del siglo pasado se desarrolló una nueva técnica, no invasora, de medición de la pCO<sub>2</sub> a través de la piel, llamada Capnografía transcutánea<sup>1,3</sup>. Se trata de una técnica de medición de la pCO<sub>2</sub> por vía transcutánea basada en la obtención del equilibrio del ácido carbónico en función de la temperatura. Se lleva a cabo mediante un sistema automatizado provisto de un electrodo que se pone en contacto con la piel y un sistema de regulación de temperatura, que alcanza un máximo de 42°C y facilita el flujo sanguíneo y la estabilización de la presión parcial de dióxido de carbono por vía transcutánea (PtcCO<sub>2</sub>)<sup>3</sup>.

Es una técnica sencilla, no invasora, que no provoca ansiedad al paciente, ya que el proceso de medición no resulta molesto ni doloroso. Es relativamente rápida y fácil de monitorizar.

Con la intención de ofrecer al paciente las pruebas de valoración que menos molestias le originen pero que, a su vez, le sigan asegurando una correcta valoración técnica, es por lo que nos planteamos estudiar la utilidad de la capnografía transcutánea, como técnica de rutina para la medición de la pCO<sub>2</sub>, en el seguimiento de pacientes con patología respiratoria que acuden a revisiones periódicas ambulatorias al Servicio de Neumología y que tienen solicitada una gasometría arterial.

En base a estos estudios nos planteamos la siguiente hipótesis de trabajo: ¿Podría sustituir la capnografía transcutánea a la gasometría arterial como técnica de medición de pCO<sub>2</sub> en el seguimiento de pacientes con patologías respiratorias crónicas?

### OBJETIVO

Determinar la correlación de las medidas de anhídrido carbónico arterial (pCO<sub>2</sub>) obtenidas mediante dos técnicas analíticas: la gasométrica y la capnográfica.

### MATERIAL Y MÉTODOS

#### Diseño

Se realizó un diseño de estudio transversal de fiabilidad entre dos técnicas diagnósticas. Se incluyeron en el estudio los pacientes ambulatorios con patología respiratoria que acudieron a consulta de Neumología del Hospital Central de la Defensa

para estudio, revisión y tratamiento. Como criterios de inclusión se tuvieron en cuenta únicamente que presentaran patología respiratoria, pacientes de ambos sexos y sin límite de edad; y como único criterio de exclusión la imposibilidad de realizar la extracción arterial.

#### Muestra

El alistamiento de los pacientes al estudio se realizó mediante un muestreo consecutivo no probabilístico, incorporándose al mismo según acudían a la consulta y cumplían con los criterios de inclusión anteriormente referidos. Se hizo un estudio preliminar con una muestra de 155 pacientes. Con los resultados obtenidos se procedió posteriormente al cálculo del tamaño muestral necesario, de tal forma que, aceptando un riesgo  $\alpha$  de 0'05 y un riesgo  $\beta$  de 0'2 en un contraste bilateral, se estimó un tamaño muestral de 316 sujetos para detectar una diferencia igual o superior a 1 unidad de pCO<sub>2</sub>. Se estudia finalmente una muestra de 359 pacientes en previsión de un 10-15% de pérdidas. De estos 359 pacientes, 246 fueron varones y 113 mujeres. Los primeros mostraron una media de edad de 75( $\pm$ 12) años, con un índice de masa corporal de 29'4 ( $\pm$ 16'2) kg/m<sup>2</sup>; mientras que en las mujeres la media de edad fue de 79( $\pm$ 9) años y su índice de masa corporal medio de 32'03( $\pm$ 7'3) kg/m<sup>2</sup>.

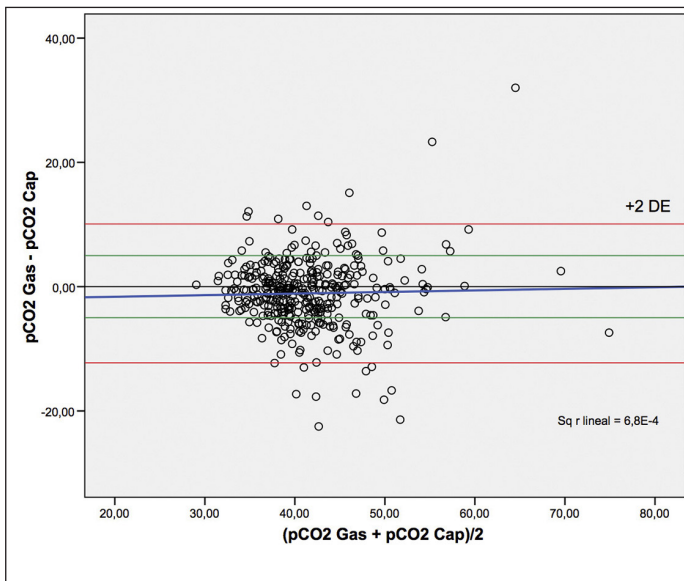
#### Variables

- *Independiente*: Técnica empleada para la valoración de la pCO<sub>2</sub> (dicotómica): la gasometría por punción arterial o la capnografía. En cada paciente se valoró la pCO<sub>2</sub> con cada una de las técnicas.
- *Dependiente*: Presión arterial de CO<sub>2</sub> (cuantitativa continua) en mmHg.
- *Otras variables*: Sexo, edad en años cumplidos e índice de masa corporal (IMC) en kg/m<sup>2</sup>.

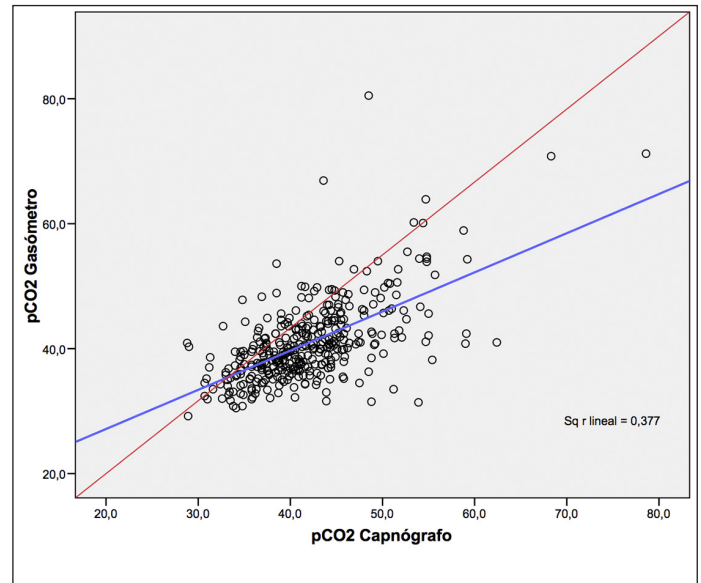
#### Técnicas de medida

Para la valoración de la pCO<sub>2</sub> arterial se emplearon:

1. Gasometría por punción arterial mediante extracción de sangre arterial con jeringa BD Preset Eclipse® según la recomendación de la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica<sup>4</sup> y análisis inmediato con Analizador de gases COBAS B 123 –ROCHE®.
2. Capnografía mediante el Sistema de Monitorización Digital SENTEC® para la determinación de la pCO<sub>2</sub> por vía transcutánea<sup>2</sup>. El monitor mide de forma transcutánea la presión parcial del CO<sub>2</sub>. Emplea el método Severinghaus, que consiste en un electrodo de vidrio rodeado por una película delgada de solución de bicarbonato sódico cubierto por una membrana de plástico permeable al dióxido de carbono e impermeable al agua y los electrolitos. El sistema se basa en el equilibrio ácido carbónico, que es dependiente de la temperatura, los valores de pCO<sub>2</sub> medidos en un sitio determinado, a una temperatura de 42°C, reflejan un equilibrio en función de diversos parámetros<sup>1</sup>:



**Figura 1.** Representación gráfica de Bland Altman de las diferencias de cada una de las medidas de pCO<sub>2</sub> con cada técnica frente a las medias aritméticas de cada par de medidas.



**Figura 2.** Diagrama de dispersión Correlación entre los valores de presión parcial de anhídrido carbónico (pCO<sub>2</sub>) por gasometría y capnografía.

- Presión parcial de dióxido de carbono arterial (PaCO<sub>2</sub>).
- Flujo sanguíneo cutáneo local.
- Metabolismo (productor de CO<sub>2</sub>).
- Estructura cutánea.
- Propiedades de difusión de la piel.

Para valorar la PaCO<sub>2</sub>, se minimiza la dependencia de ésta última respecto a otros parámetros de dos modos<sup>2</sup>:

1. Seleccionando un punto de medida apropiado. Zona de la piel:
  - Bien vascularizada (lóbulo de la oreja, frente).
  - Epidermis fina.
  - Poca o ninguna acumulación de grasa.
 Estos factores reducen la influencia de la estructura cutánea en medir PaCO<sub>2</sub>.
2. Calentando el punto de medición:
  - Aumenta el flujo de sangre capilar (arterialización local): disminuye la diferencia A-V en pCO<sub>2</sub>.
  - Estabiliza el metabolismo.
  - Aumenta la difusión de gas.

#### Análisis estadístico

Como índices de la tendencia central y de la dispersión de las variables cuantitativas se emplearon la media aritmética y la desviación estándar o la mediana y el rango intercuartílico, en función de la asunción o no, respectivamente, del supuesto de la normalidad determinado mediante el test de Kolmogorov-Smirnov.

Para determinar la fiabilidad de la técnica capnográfica frente a la gasométrica se valoró la concordancia para variables cuantitativas mediante el índice de correlación intraclase para medidas individuales para un factor de efectos aleatorios y su precisión mediante el intervalo de confianza del 95%. Se basó en un modelo de análisis de la varianza (ANOVA) con medidas

repetidas. La variabilidad total de las mediciones se descompuso en dos componentes: la variabilidad debida a las diferencias entre los distintos sujetos y la debida a las diferencias entre las medidas para cada sujeto. La valoración del mencionado índice se verificó según las recomendaciones de Fleiss<sup>5</sup>, como: >0'90: muy buena; 0'71-0'90: buena; 0'51 - 0'70: moderada; 0'31-0'50: mediocre; <0'31: mala o nula.

Para valorar la asociación de la medida de la pCO<sub>2</sub> mediante ambas técnicas se usó la prueba t de Student para muestras relacionadas.

Como representaciones gráficas se usaron los diagramas de Bland y Altman<sup>6</sup>.

Como grado de significación estadística se empleó un valor de p<0'05 y la aplicación estadística fue el paquete estadístico SPSS® versión 15.

#### RESULTADOS

Al abordar el objetivo del presente estudio se ha encontrado una correlación intraclase entre ambas técnicas diagnósticas de 0'603 (IC95%: 0'533 a 0'665) que se puede considerar como moderada (p<0'001)<sup>7</sup>.

Al igual que otros autores, la media de las diferencias estuvo cercana al 1%, en nuestro caso 1'08% exactamente, a favor de un valor capnográfico superior.

El fabricante, declara que el error máximo del capnógrafo es de ± 5%<sup>8,9</sup>, valor cercano a 1% de nuestro estudio, marcado con líneas verdes, lo que correspondería a un 68% de los pacientes.

La figura 2 muestra como, pese a ser una relación lineal positiva, como cabría esperar, los valores capnográficos son superiores a los gasométricos, como así lo pone en evidencia el t test para muestras relacionadas en donde se observa que el capnógrafo registra un valor medio superior al gasométrico en un 1'1% (p<0'001).

La relación lineal en la valoración de la pCO<sub>2</sub> con ambas técnicas muestra un índice de correlación bajo cercano a 0,4 que pone en evidencia sus discrepancias.

### DISCUSIÓN

En el año 2006 se realizó un estudio de la medición transcutánea de la presión parcial de anhídrido carbónico y de la saturación de O<sub>2</sub> para validar el monitor SENTEC<sup>10</sup>, en un laboratorio de función pulmonar. La principal diferencia de nuestro estudio con respecto a éste, es que no hemos hecho ninguna limitación en la muestra, realizándose a los pacientes que acuden de forma ambulatoria a la consulta de neumología. Se trata de comprobar la fiabilidad de una técnica diagnóstica en condiciones habituales, no ideales y de verificar si la capnografía, puede o no reemplazar a la gasometría, en pacientes heterogéneos en cuanto a edad, sexo, tabaquismo, índice de masa corporal, etcétera.

Si bien en el trabajo para validar este equipo se obtuvo una fiabilidad de 0,90 que se puede catalogar de buena, en nuestro estudio no fue igual. Se observó como la correlación fue sensiblemente menor, pudiéndose calificar de moderada. El primero se realizó con pacientes muy homogéneos mientras que el segundo lo fue con características muy heterogéneas, las que habitualmente se dan en condiciones normales. Ésta es la principal fuerza de nuestro estudio. Determinar utilidad de la capnografía en la práctica diaria.

La sobrevaloración de la pCO<sub>2</sub> de la capnografía con respecto a la gasometría no fue considerada clínicamente relevante. Las discrepancias observadas entre ambas técnicas no dependieron de valores altos o bajos gasométricos de la pCO<sub>2</sub>.

En general se evidenció una buena correlación en los valores dentro de los límites de la normalidad de pCO<sub>2</sub> en el rango 35-45%. Las diferencias en este rango con ambas técnicas no fueron de relevancia clínica.

En cuanto a la ejecución de la capnografía, dada la experiencia adquirida en el presente estudio, se recomienda un tiempo de registro adaptado a cada paciente, ya que el tiempo de obtención de la pCO<sub>2</sub> finaliza cuando se mantiene una línea de estabilización en pantalla sin que se modifique el valor. Nuestra experiencia es que se ha de seguir un protocolo riguroso, el registro es más fiable cuando el paciente está relajado y sin hablar.

Otra observación empírica es que la utilización de anillo de fijación frontal, como punto de medición de la pCO<sub>2</sub> por capnografía transcutánea, en pacientes de mediana edad, plantea menos problemas que la medición en el lóbulo de la oreja.

Los resultados de nuestro estudio son comparables con el realizado por Herrejón et al.<sup>11</sup>, que realizan un estudio en pacientes hospitalizados por enfermedad pulmonar, analizando la exactitud, correlación y concordancia de la PtcCO<sub>2</sub> con la PaCO<sub>2</sub> y proponen la determinación de la presión transcutánea de CO<sub>2</sub> como monitorización gasométrica. En nuestro caso la utilización de anillo frontal nos ha dado mejores resultados que en el lóbulo de la oreja.

Nuestros datos también son comparables con el estudio realizado por Hendrik Storre J, et al.<sup>8</sup> que realizan una monitorización transcutánea en lugar de la gasométrica de pCO<sub>2</sub> durante el sueño en pacientes con ventilación no invasiva. Con los re-

sultados obtenidos, consideran que la medida de PtcCO<sub>2</sub> es una medida fiable y precisa. Así como en nuestro estudio también llegamos a la misma conclusión aunque la muestra difiera en el tipo de pacientes y la manera de medición (pacientes en vigilia).

Los resultados de nuestra muestra no son comparables al artículo de Fernández de Miguel S. et al.<sup>12</sup>, dada la diferencia en el rango de edad, pero si estamos de acuerdo que utilizando el sensor para la medición de la PtCO<sub>2</sub> con el anillo de fijación y el cumplimiento de un protocolo riguroso, hacen más fiables los valores obtenidos para en el rango de edad de nuestros pacientes.

El estudio de esta muestra nos indica que para pacientes con valores de pCO<sub>2</sub> > 45 mmHg de pCO<sub>2</sub> capnográfica transcutánea, estaría indicado hacer una gasometría arterial para determinar el valor real de pCO<sub>2</sub> si fuera necesario.

### CONCLUSIONES

1. La capnografía transcutánea es válida para la medición de la pCO<sub>2</sub>, en pacientes con patología respiratoria que realizan control ambulatorio con el fin de disminuir el número de punciones arteriales frecuentes.
2. Es conveniente tener dos registros de gasometría y capnografía con parámetros similares para utilizar la capnografía como seguimiento en revisiones posteriores.
3. En pacientes con valores de pCO<sub>2</sub> > a 45 mmHg obtenidos por capnografía transcutánea estaría indicado hacer una gasometría arterial si se quiere saber el valor real de la pCO<sub>2</sub> arterial.
4. Los valores de pCO<sub>2</sub> obtenidos por capnografía transcutánea son más fiables si se realizan siguiendo un protocolo riguroso, para la fijación del sensor en la zona elegida así como durante el registro de la medida.
5. La técnica capnográfica minimiza los daños colaterales si los comparamos con los producidos por una técnica invasora como es la gasometría.

### AGRADECIMIENTOS

Por la colaboración en la realización de este estudio a Morán Criado M.C., Carcedo Grande R.M., Valverde Moreno I. y Acebedo Quero L.

### BIBLIOGRAFÍA

1. Severinghaus JW. The Current Status of Transcutaneous Blood Gas Analysis and Monitoring. *Blood Gas News* 1998, vol. 7, no. 2.
2. Severinghaus JW y Honda Y. History of blood gas analysis. Vii. Pulse oximetry. *J Clin Monit* 1987;3(2):135-138.
3. Winberley PD, Burnett RW, Covington AK, Maas AH.J, 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 PO<sub>2</sub> and PCO<sub>2</sub> measurement. *J Automat Chem.*1989;11(5): 235-239.
4. Recomendaciones SEPAR para la práctica de la gasometría arterial. *Arch Broncomeumol* 1998;34(3):142-153.
5. Fleiss JL. The design and analysis of clinical experiments. New York: Wiley; 1986.

6. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1(8476):307-310.
7. Bland JM, Altman DG. Measurement error and correlation coefficients. *BMJ* 1996;313:41-42.
8. Hendrik Storre J, Sophie Magnet F, Dreher M, Windisch W. Transcutaneous monitoring as a replacement for arterial PCO<sub>2</sub> monitoring during nocturnal non-invasive ventilation. *Respiratory Medicine* 2011;105(1):143-150.
9. Rodriguez P, Lellouche F, Aboab J, Brun Buisson Ch, Brochard L. Transcutaneous arterial carbon dioxide pressure monitoring in critically ill adult patients. *Intensive Care Med* 2006;32:309-312.
10. Domingo Ch., Canturri E., Lujan M., Moreno A., Espuelas H. y Marin A. Medición transcutánea de la presión parcial de anhídrido carbónico y de la saturación de oxígeno: Validación Sentec. *Arch Bronconeumología* 2006;42(5):246-51.
11. Herrejón 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 Bronconeumología* 2006;42(5):225-9.
12. Fernández De Miguel S., Gaboli M., González Celador R., Gómez de Quero P., Murga Herrero V., Sánchez Granados J.M. y Payo Pérez. Validación de la medición transcutánea de la presión parcial de dióxido de carbono en el paciente crítico pediátrico. *Anales de Pediatría* 2010;72(3):165-171.