

## EFFECTO DE LAS CIFRAS DE HEMOGLOBINA Y TEMPERATURA SOBRE LOS VALORES DEL pH, $PaO_2$ Y $PaCO_2$ SANGUÍNEOS EN NEONATOS CON ASISTENCIA VENTILATORIA MECÁNICA CONVENCIONAL

Bonifacio Caballero-Noguéz\*  
Irma Flores Colin\*\*

### RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la utilidad de procesar las muestras sanguíneas para gasometría con los valores reales de hemoglobina y temperatura del paciente. Se seleccionaron 90 recién nacidos dentro de su primera semana de vida extrauterina, sometidos a asistencia ventilatoria mecánica convencional. Se formaron tres grupos homogéneos constituidos de la siguiente manera: grupo I hemoglobina y temperatura del paciente, grupo II con el control de la hemoglobina constante y temperatura del paciente, grupo III hemoglobina del paciente y control de la temperatura constante. Se les midió el valor del pH, la presión arterial de oxígeno ( $PaO_2$ ) y la presión arterial de bióxido de carbono ( $PaCO_2$ ).

El grupo I y el grupo III mostraron unadiferencia estadística significativa con una  $p < 0.01$  y  $p < 0.05$ , respectivamente, con respecto al grupo II. Los grupos I y III no mostraron diferencias significativas durante el estudio. El ajuste en la cifra de hemoglobina mostró ser el factor que contribuye a modificar los resultados en los valores del pH,  $PaO_2$  y  $PaCO_2$ . No existieron complicaciones secundarias atribuibles a la extracción de las muestras sanguíneas.

**Palabras Clave:** Ventilación mecánica, gases sanguíneos, pH, presión arterial de oxígeno ( $PaO_2$ ), presión arterial de bióxido de carbono ( $PaCO_2$ ).

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the utility of processing the blood samples for determination of pH, arterial oxygen pressure ( $PaO_2$ ) and arterial carbon dioxide ( $PaCO_2$ ) with the real values of hemoglobin and temperature. 90 newborns, in the first week of life, with mechanical ventilation. They formed part of three constituted homogeneous groups in the following way: group I: patients hemoglobin and temperature, group II with control of constant hemoglobin and the patient's temperature, group III patients hemoglobin and constant temperature. The values of the pH,  $PaO_2$  and  $PaCO_2$ . The group I and the group III showed a significant  $p < 0.01$  and  $p < 0.05$ , respectively, with regard to the group II. The groups I and III didn't show significant differences during the study.

The adjustment in the hemoglobin showed to be the factor that contributes to modify the results in the values of the pH,  $PaO_2$  and  $PaCO_2$  was measured. Attributable secondary complications did not exist related the extraction of the blood samples.

**Key Words:** Mechanical ventilation, pH, arterial oxygen pressure ( $PaO_2$ ), arterial carbon dioxide pressure ( $PaCO_2$ ).

ARTÍCULO RECIBIDO EL XX DE XXXX DEL XXXX Y ACEPTADO EL XXXX DE XXXX DEL XXXX.

### INTRODUCCIÓN

Por casi cuatro décadas el bienestar del recién nacido ha llamado la atención de manera especial para la disciplina pediátrica de la neonatología. En 1953 la doctora Apgar implementó un sistema de valoración neonatal<sup>1</sup>.

Unos años después James y cols. valoraron el equilibrio ácido-base en neonatos<sup>2</sup>. A principios de la década de los 70

Bowe y su equipo investigaron la relación de los ácidos y bases en el recién nacido<sup>3</sup>.

A su vez Stamm introdujo por primera vez un electrodo de vidrio para medir el pH en miniatura capaz de vigilar constantemente el pH de los tejidos del neonato<sup>4</sup>.

En las salas de cuidado intensivos de recién nacidos de centros médicos, sistemáticamente se utiliza la vigilancia transcutánea continua desde hace más de una década. A pesar de ello la determinación cuantitativa de tensión sanguínea de oxígeno, bióxido de carbono y concentración de hidrogeniones, por

\*Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales, Hospital Pediátrico Peralvillo, Secretaría de Salud. E-mail: bcn1@prodigy.net.mx

\*\*Servicio de Neumología, Hospital General de México, Secretaría de Salud.

métodos invasivos, juegan un papel preponderante en el diagnóstico, vigilancia y manejo de los neonatos, ya que ofrece información que de otra manera no se podría obtener sobre el comportamiento de algún trastorno metabólico o cardiopulmonar.

Las técnicas invasivas para monitorear los gases sanguíneos, se basan en mediciones intermitentes o continuas. Las primeras son efectuadas *in vitro* con analizadores de gases sanguíneos dotados de electrodos para medir la tensión de oxígeno ( $PO_2$ ), tensión de bióxido de carbono ( $PO_2$ ) y el pH.

Existen diversas calculadoras, reglas deslizantes y normogramas para deducir diversos índices que reflejan el componente no respiratorio del equilibrio ácido base<sup>5</sup>.

Los analizadores de gases sanguíneos están dotados de tres electrodos de lectura directa para medir  $PO_2$ ,  $PCO_2$  y pH.

Estos dispositivos son capaces de hacer un análisis rápido y pueden recibir muestras de sangre de apenas 0.15 ml. Se suele preferir la utilización de los analizadores de tipo manual en laboratorios para investigación, porque requieren personal capacitado para trabajar con gran precisión. En cambio las máquinas automáticas, dan resultados exactos aunque las usen personas con poca pericia<sup>6</sup>.

El electrodo para medir la tensión de oxígeno diseñado por Clark en los años cincuenta se basa en el principio de REDOX<sup>7</sup>.

El electrodo de Sanz ideado a mediados de los cincuenta es la forma típica para el registro de pH<sup>8</sup>.

A finales de 1958 Severinghaus modificó el electrodo para determinar la tensión de bióxido de carbono propuesto por Stowe. Basado en el concepto de la disociación que ocurre con el ácido carbónico a iones hidrógeno y bicarbonatos<sup>9,10</sup>.

Existen varios problemas para el procesamiento de muestras de sangre para su análisis. Éstos pueden presentarse en cualquier etapa del muestreo, almacenamiento y análisis de la muestra sanguínea<sup>11</sup>.

La cantidad de hemoglobina, así como la temperatura corporal del paciente de donde proviene la muestra para análisis de gases sanguíneos, son variables que pueden modificar algunos valores de los gases sanguíneos, por lo que hacerlo en forma estandarizada, puede alterar los resultados, en consecuencia es conveniente conocer que tan grande es esta diferencia tanto en la hemoglobina como en la temperatura.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Fueron estudiados noventa recién nacidos vivos a los cuales se les determinó el valor del pH, de la presión parcial arterial de oxígeno ( $PaO_2$ ) y de la presión parcial arterial de bióxido de carbono ( $PaCO_2$ ). Se incluyeron niños igual o mayores a veintiocho semanas de edad gestacional, sin importar Apgar al

minuto de vida extrauterina, sin tomar en cuenta el peso al nacer, sin malformaciones evidentes, con asistencia ventilatoria, atendidos en la unidad de cuidados intensivos de neonatología, del Hospital Pediátrico de Peralvillo, dependiente de la Secretaría de Salud del Distrito Federal.

Se obtuvo el consentimiento por escrito de uno o ambos padres antes del ingreso al estudio. El protocolo fue aprobado por los comités de ética y de investigación.

Para su análisis con el material se formaron tres grupos de acuerdo a las variables a investigar.

Se determinó el valor del pH,  $PaO_2$  y  $PaCO_2$  con cada una de las muestras de sangre arterial obtenidas, realizando los ajustes en el gasómetro tanto en las cifras de hemoglobina como en la temperatura, según fuera el caso.

Para su análisis, el material se dividió en 3 grupos homogéneos, apareados por edad gestacional, constituidos de la siguiente manera:

Grupo I. Medición de hemoglobina y temperatura del paciente.  
Grupo II. Medición de hemoglobina constante y temperatura del paciente.  
Grupo III. Medición de hemoglobina del paciente con temperatura constante.

La muestra de sangre para la medición de las cifras de hemoglobina fue tomada entre 9:00 y 10:00 a.m.

Los valores de hemoglobina se determinaron de acuerdo a la técnica de metaciano-hemoglobina. Bajo el control de calidad correspondiente y el método estandarizado, con una desviación estándar de 0.2 g/dl y con un coeficiente de variación menor de 5%.

Las muestras fueron procesadas por duplicado, por el mismo químico de cada unidad hospitalaria, con el mismo método, una vez que se determinó el error previsible y siempre bajo el control de calidad.

La cifra de temperatura se tomó cutáneamente en el momento de la recolección de muestras para gases sanguíneos, en la región axilar de cualquier hemicuerpo, con un termómetro de mercurio.

Para la cuantificación de gases sanguíneos se empleó el método automatizado, con un analizador de gases marca Corning 175 (Ciba Corning, Tokio, Japón), con un rango de error de 0.002 a 0.003 de unidad para el pH; de 0.2 a 1.8 torr para el bióxido de carbono y de 0.2 a 5.7 torr para el oxígeno, el cual fue calibrado al menos cada 8 horas o cuando en la pantalla de lectura marcaba error dos para cualquiera de los valores.

Las jeringas utilizadas contenían heparina de fábrica.

Las muestras de sangre para la titulación de hemoglobina fueron de tipo venoso y fueron obtenidas de venas superficiales del dorso de la mano o de la fosa antecubital.

Las muestras sanguíneas para determinar el valor de los gases sanguíneos fueron arteriales, obteniéndose mediante punción directa de arterias de la región radial.

Primeramente se procesó la muestra de estudio (modificada), por la misma persona, con el mismo método, una vez determinado el error previsible del operador y siempre bajo el control de calidad correspondiente.

Se excluyeron todas aquellas muestras en las que el valor de la hemoglobina no se había determinado, en las últimas 12 horas previas a la toma de gases sanguíneos, así como las detectadas con técnica deficiente en cualquier etapa del muestreo, almacenamiento, transporte y análisis, además de las atribuibles a mal funcionamiento del analizador de gases.

La elección de los recién nacidos admitidos en el estudio se hizo por medio de una tabla de números aleatorios.

Para el análisis estadístico, se empleó el análisis de varianza unidireccional en las mediciones continuas, para comparar los tres diferentes grupos de estudio; para las variables nominales se utilizó la prueba de Chi cuadrada. Se consideró un nivel de significación estadística de  $p < 0.05$ .

Si la razón de F era significativa, se utilizó la prueba de Student-Newman-Keuls para determinar el valor *t*, mediante el paquete estadístico SPSS versión 8.0.

### RESULTADOS

Se estudiaron las muestras de gasometrías arteriales en 90 recién nacidos que recibieron apoyo con ventilación mecánica convencional. La distribución por sexo fue de 40 mujeres y de 50 hombres. El antecedente de parto eutócico se encontró en el 75 % de los casos.

El peso promedio para el grupo I fue de 2 414 +/- 642 g, para

el grupo II fue de 2 341 +/- 691 g, mientras que para el grupo III éste fue de 2 454 +/- 649 g ( $p > 0.5$ ).

El peso promedio para el total de los neonatos estudiados fue de 2 403 +/- 0.660 g (rango 1 200 a 3 700 g).

La edad gestacional promedio en semanas fue en el grupo I de 36.2 +/- 1.9, para el grupo II 35.5 +/- 2.0 y para el grupo III de 36.0 +/- 2.1 ( $p > 0.5$ ).

El rango de temperatura se encontró entre los 36.5 a 37.5°C para los tres grupos de estudio.

No existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos, con respecto a la edad gestacional, el peso, los días de vida extrauterina y la temperatura durante el estudio (Cuadro 1).

En cuanto a las cifras de hemoglobina, fue de 17.64 +/- 2.15 g/dl (rango 12 a 20.6 g/dl) para el grupo I, 16.97 +/- 2.67 g/dl (rango 12.1 a 22.3 g/dl) en el grupo II y para el grupo III fue de 17.52 +/- 1.45 g/dl (rango 12.5 a 19.7 g/dl). No se encontró diferencia estadística significativa.

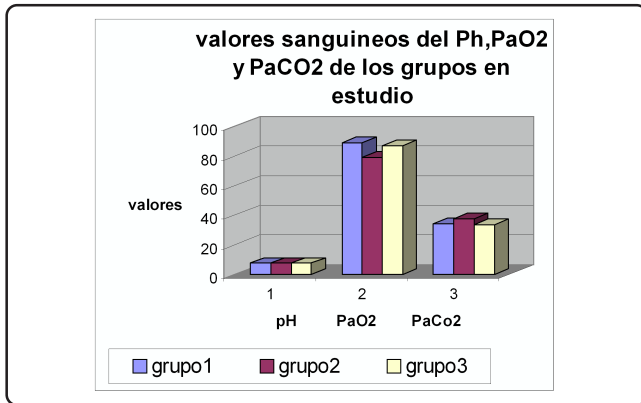
Durante el estudio las cifras de pH, PO<sub>2</sub> y PCO<sub>2</sub> mostraron diferencias con significación estadística al comparar tanto el grupo I con el grupo II, que era el que no había recibido ajuste en la cifra de hemoglobina ( $p < 0.01$ ). De igual manera, esta diferencia se encontró entre los grupos III y el II ( $p < 0.05$ ) (Gráfica 1).

No se encontró ninguna diferencia estadísticamente significativa en el valor de los gases sanguíneos entre los grupos I y III, cuyas muestras fueron procesadas sin ajuste en la cifra de la temperatura del paciente, con el grupo en el que las muestras se procesaron con hemoglobina del paciente y temperatura constante en cuanto a los valores de pH ( $p = 0.25$ ), PO<sub>2</sub> ( $p = 0.37$ ), PCO<sub>2</sub> ( $p = 0.27$ ).

Durante la extracción de las muestras sanguíneas, tanto venosas como arteriales, no se presentaron complicaciones durante el tiempo que duró el estudio.

Grupo	Grupo I N=30	Grupo II N=30	Grupo III N=30	P
<b>Sexo</b>	6	8	7	<b>NS</b>
<b>Peso(g)</b>	2414±642	2341±691	2454±649	<b>NS</b>
<b>Edad gestacional(semanas)</b>	36.2±1.9	35.5±2.0	36.0±2.1	<b>NS</b>
<b>Cifra de hemoglobina</b>	17.6±2.1	16.9±2.6	17.5±1.4	<b>NS</b>
<b>Valor del pH</b>	7.393	7.405	7.388	<b>&lt;0.01</b>
<b>Valor de la PaO<sub>2</sub></b>	88.9	79.1	86.9	<b>&lt;0.01</b>
<b>Valor de la PaCO<sub>2</sub></b>	34.3	37.7	33.7	<b>&lt;0.05</b>

Cuadro 1. Características generales de los grupos. NS = No significativo.



Gráfica 1. Valores sanguíneos del pH, PaO<sub>2</sub> y PaCO<sub>2</sub> de los grupos en estudio.

## DISCUSIÓN

Las variaciones potenciales en los resultados de los gases sanguíneos, pueden deberse a la cantidad de heparina utilizada. Hansen y Simons demostraron diferencias previsibles de la PCO<sub>2</sub> arterial, con una dilución mayor de sangre por parte de la heparina, mientras que el pH no cambia (debido a la capacidad amortiguadora de la sangre)<sup>12</sup>.

Para evitar estas diferencias, en el presente estudio se prefirió emplear jeringas heparinizadas de fábrica. Ya que por cada mg de heparina adicional por 1 ml de sangre, el pH y PCO<sub>2</sub> aumentará en 0.003 unidades y 0.1 torr respectivamente. Por otro lado, la técnica para obtener la muestra ha sido relacionada con modificaciones en algunos parámetros reportados en la gasometría.

Dennis y colaboradores establecieron errores de 2.4% en la PO<sub>2</sub> y 4.4% en la PCO<sub>2</sub> en muestras de sangre, obtenida a través de catéteres arteriales, afectando por lo tanto los valores de bicarbonato y exceso base<sup>13</sup>.

La contaminación proteica del catéter también originará errores, en particular sobre el pH<sup>14</sup>.

Ante tal circunstancia, sólo se incluyeron muestras obtenidas por punción directa de arteria, a pesar de que los pacientes contarán con cateterismo arterial a nivel umbilical.

Las mediciones realizadas por gasómetros automáticos se hicieron a temperatura y hemoglobina fijas. El valor para la primera fue de 37°C, mientras que para la segunda es de 15 g/dl<sup>15</sup>.

La sangre extraída para determinar los gases sanguíneos es un tejido vivo que continúa metabólicamente activo consumiendo oxígeno y formando bióxido de carbono. Por lo que las muestras fueron procesadas inmediatamente a su extracción y con ello evitar cambios sobre los valores del pH, PCO<sub>2</sub> y PO<sub>2</sub>, los cuales dependen del recuento leucocitario, como ha sido reportado por otros autores<sup>16,17</sup>.

Si bien no existieron diferencias estadísticas significativas en los valores de hemoglobina entre los tres grupos, sí se encontró que al procesar las muestras sanguíneas con la hemoglobina real del paciente sí existió una diferencia en el pH, PO<sub>2</sub> y PCO<sub>2</sub> tanto en el grupo I como en el grupo II ( $p < 0.01$ ).

Esto puede ser explicado en parte, debido al transporte del O<sub>2</sub> mediante la hemoglobina, el cual ocurre a razón de 1.39 ml de O<sub>2</sub>/g/dl (mejor que 1.34 ml de O<sub>2</sub>). El transporte máximo de oxígeno ocurre con valor de hematócrito de aproximadamente 40 a 44% y disminuye con valores más altos o más bajos<sup>18-20</sup>. Además que el rango de la temperatura que se encontró en los pacientes se mantuvo en el rango aceptado por el gasómetro para considerar la muestra con valor promedio de 37°C.

Puede resumirse que existen diferencias en los resultados de gases sanguíneos (pH, PO<sub>2</sub>, PCO<sub>2</sub>) al procesar muestras de sangre con temperatura y hemoglobina a valores constantes.

Que existe diferencia significativa en los valores de pH, oxígeno y bióxido de carbono, cuando se procesa la muestra de sangre con la temperatura y hemoglobina estándar y cuando se procesa con la del paciente. Por lo que resulta recomendable realizar el ajuste con el valor reportado en la biometría hemática, que el mayor efecto lo tiene la cifra de hemoglobina.

No existe una diferencia importante en los valores de pH, oxígeno y bióxido de carbono, cuando se procesa la muestra de sangre con la temperatura estándar y cuando se procesa con la temperatura del paciente, ya que no se demostró un impacto sobre el resultado de oxígeno, bióxido de carbono y el pH, en las muestras de sangre procesada con un valor fijo y un modificado, por lo que resulta poco útil ajustar el valor de la temperatura al procesar muestras de sangre en recién nacidos con asistencia ventilatoria.

## REFERENCIAS

1. Apgar V. Proposal for a new method of evaluation of the newborn infant. *Anesth Analg* 1953; 32: 260-270.
2. James LS, Weisbort IM, Prince CE. The acid-base status of human infants in relation to birth asphyxia and the onset of respiration. *J Pediatr* 1958; 52: 379-382.
3. Bowe ET, Beard RW, Finster M. Reability of fetal blood samples. *Am J Obstet Gynecol* 1970; 107: 297-301.
4. Stamm O, Latscha V, Janace KP. Development of a special electrode for continuous subcutaneous pH measurement in the infant scalp. *Am J Obstet Gynecol* 1976; 124: 193-195.
5. Siggard-Anderson O. Blood acid-base alignment nomogram. Scales for pH, PCO<sub>2</sub>, bases excess of whole blood of different hemoglobin concentrations, plasma bicarbonate and plasma total CO<sub>2</sub>. *Scand J Clin Lab Invest* 1963; 15: 211-216.
6. Giar MH, Perrin F, Maraval G. An anatomic control system of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> concentration of artificially ventilated patients. *Intens Care Med* 1980; 6: 81-85.

7. Clarck LC. Monitor and control of blood and tissue oxygen tensions. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 1956; 2: 41-45.
8. Sanz MC. Ultramicro methods and standardization of equipment. *Clin Chem* 1957; 22: 575-578.
9. Severinghaus JW. Blood gas calculator. *J Appl Physiol* 1966; 21: 1108-1110.
10. Severinghaus JW. Simple accurate equations for human blood  $O_2$  dissociation computations. *J Appl Physiol* 1979; 46: 599-602.
11. Leland LF, Dellinger KT, Mills AL. Potential errors in neonatal blood gas measurements. *J Pediatr* 1980; 97: 650-652.
12. Hansen JE, Simmons DH. A systematic error in the determination of blood  $PaCO_2$ . *Am Rev Respir Dis* 1977; 115: 1061-1064.
13. Dennis RC, Ng R, Veston NS. Effect of sample dilutions on arterial blood gas determinations. *Crit Care Med* 1985; 13: 1067-1071.
14. Neff GW, Radke WA, Sambucetti CJ. A computer assisted electrode system for measuring blood pH,  $PaO_2$ ,  $PaCO_2$ , sodium and potassium. *Clin Chem* 1970; 16: 566-571.
15. Shapiro AB, Harrison AR, Walton RJ. Manejo clínico de los gases sanguíneos. 3ª ed. México: Panamericana, 1984: 157.
16. Fletcher G, Barber JL. Effect sampling technique on the determination of  $PaO_2$  during oxygen of breathing. *J Appl Physiol* 1966; 21: 463-468.
17. Douglas IHS. Monitoreo de la ventilación. En: Shoemaker WC, Thomson WL, Holbrook PR, eds: Tratado de medicina crítica y terapia intensiva. Buenos aires: Panamericana, 1989: vol 19: 177-194.
18. Ronco JJ, Fenwick JC, Tweeddale MG, Wiggs BR, Phang PT, Cooper DJ, Cunningham KF, Russell JA, Walley KR. Identification of the critical oxygen delivery for anaerobic metabolism in critically ill septic and nonseptic humans. *JAMA* 1993; 270: 1724-1730.
19. Marik PE, Sibbald WJ. Effect of store-blood transfusion on oxygen delivery in patients with sepsis. *JAMA* 1993; 269: 3024-3029.
20. Hayes MA, Timmins AC, Yau EHS, Palazzo M, Hinds CJ, Watson D. Elevation of systemic oxygen delivery in the treatment of critically ill patients. *N Engl J Med* 1994; 330: 1717-1722.