

Hemoglobina y temperatura corporal en la medición de gases sanguíneos en neonatos con ventilación pulmonar

(Haemoglobin and body temperature on the determination of blood gases in neonates)

Bonifacio Caballero-Noguéz,* Irma Flores Colín**

RESUMEN

Objetivo. Evaluar la utilidad de procesar la sangre para gasometría empleando los datos de hemoglobina y temperatura del paciente.

Material y métodos. A 90 recién nacidos en su primera semana de vida, con asistencia ventilatoria. Se estudió la presión parcial de oxígeno (PaO_2) de dióxido de carbono (PaCO_2 el pH), y hemoglobina (Hb) y fueron integrados en tres grupos homogéneos por edad: el grupo I, según su Hb temperatura; el II con Hb constante y temp. del niño y el III con la temp. constante y la Hb del niño.

Resultados. El grupo I y el III mostraron tener diferencias significativas, con respecto al grupo II. Los grupos I y III no mostraron diferencias.

Conclusiones. Considerar la concentración de hemoglobina del niño al medir los gases sanguíneos probablemente da resultados más apegados a la verdad. 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).

SUMMARY

Objective. To evaluate the utility of processing the blood samples for determination pH, arterial oxygen pressure (PaO_2) and arterial carbon dioxide (PaCO_2) with the real values of hemoglobin and temperature.

Material and methods. 90 newborns, in the first week of life, with mechanical ventilation. They were formed three constituted homogeneous groups in the following way: group I patient's hemoglobin and temperature; group II with constant hemoglobin and the patient's temperature; group III patient's hemoglobin and constant temperature. They were measured the value of the pH, PaO_2 and PaCO_2 .

Results. 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.

Conclusions. 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 . Attributable secondary complications were not existed to the extraction of the blood samples.

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

A principio de los años setenta se investigó la relación entre los ácidos y las bases en la sangre de los recién nacidos sanos^{1,2} y se introdujo en las mediciones del pH un electrodo de vidrio en miniatura: con el que es

posible vigilar en los neonatos el pH de los tejidos.³ Ahora, en la última década, la vigilancia transcutánea es parte del manejo rutinario de los neonatos en las salas de cuidados intensivos. Por otro lado, la medición de la tensión sanguínea de oxígeno, bióxido de carbono y de la concentración de hidrogeniones (mediante métodos invasivos) juegan hoy un papel importante en el diagnóstico, la vigilancia y el manejo de estos niños: que de otra manera no se podría saber si tienen algún trastorno metabólico o cardiopulmonar. Con este pro-

* Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales, Hospital General Regional No. 25, Instituto Mexicano del Seguro Social, México, D.F., México.

** Servicio de Neumología, Hospital General de México, Secretaría de Salud, México, D.F., México.

pósito se han usado técnicas invasivas para monitorear los gases sanguíneos, mediante mediciones intermitentes o continuas; para esto se emplean analizadores de gases sanguíneos dotados con electrodos que miden la tensión del oxígeno (PaO_2) y dióxido de carbono (PaCO_2) y el pH. Para facilitar la interpretación de las mediciones se han ideado procedimientos de cálculo, reglas deslizantes y normogramas, que permiten valorar el componente no respiratorio del equilibrio ácido base.⁴

Los analizadores de gases sanguíneos están dotados de electrodos para medir PaO_2 , PaCO_2 y pH. Estos permiten hacer un análisis rápido de los gases en volúmenes de sangre de 0.15 mL, además de ser altamente confiables.⁵ Además de estas ventajas cabe hacer notar que el electrodo para la tensión de oxígeno es el diseñado por Clark en los años cincuenta, y se basa en el principio REDOX;⁶ el electrodo para el registro de pH es también de la misma época.⁷ En cuanto al electrodo para medir la tensión de dióxido de carbono es una modificación del original basado en el concepto de la disociación que ocurre con el ácido carbónico al dar iones hidrógeno y bicarbonatos.^{8,9}

Es conveniente mencionar que hay varios problemas en el procesamiento de las muestras de sangre para el análisis de gases, que van desde la colección de la muestra, el almacenamiento y el análisis de la sangre.¹⁰ Por otra parte, las mediciones de hemoglobina, y de la temperatura corporal de los neonatos varían, lo que puede modificar las mediciones de los gases de la sangre, por lo que implica que hay cierto margen de error en los resultados. El propósito de este informe fue: conocer el efecto de la concentración de la hemoglobina y la temperatura en las mediciones de gases sanguíneos de neonatos con asistencia ventilatoria.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudiaron 90 niños recién nacidos, 40 mujeres y 50 hombres, de los cuales 83 (75%) habían nacido de parto eutócico, aunque todos recibían asistencia ventilatoria; eran atendidos en la Unidad de Cuidados Intensivos de Neonatología (UCIN) del hospital y fueron seleccionados para el estudio de manera aleatoria entre los recién nacidos admitidos en la Unidad.

A todos se les midió el pH y la presión parcial arterial de oxígeno (PaO_2) y de dióxido de carbono (PaCO_2); todos tenían 28 o más semanas de gestación, sin malformaciones evidentes por la clínica, y no se consideró su puntaje de Apgar al minuto de vida extrauterina ni su peso al nacer. Las muestras de sangre (obtenidas mediante punción de arterias de la región ra-

dial con jeringas heparinizadas) se obtuvieron entre las 14 y 20 horas, midiendo en ellas el pH, PaO_2 y PaCO_2 , haciendo ajustes al gasómetro de acuerdo a la concentración de hemoglobina en la sangre venosa y la temperatura corporal, según fuera el caso.

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

La concentración de hemoglobina se midió con la técnica de la metaciano-hemoglobina de acuerdo al control de calidad y el método estandarizado, con una desviación estándar de 0.2 g/dL y con un coeficiente de variación $< 5\%$. Las muestras fueron procesadas por duplicado, por la misma persona, con el mismo método y una vez que se estimó el error previsible y bajo el control de calidad. Cabe mencionar que se excluyeron del estudio a los niños en los que no se había hecho la medición de la hemoglobina en las últimas 12 horas a la obtención de la muestra para los gases sanguíneos y las que pudieran atribuirse al mal funcionamiento del aparato analizador de gases.

En cuanto a la temperatura, ésta se registró en el momento de la recolección de muestra de sangre para gases sanguíneos, en la región axilar con un termómetro de mercurio.

Los gases sanguíneos fueron cuantificados con un analizador de gases 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.

Para el análisis de los resultados se integraron tres grupos de 30 niños, homogéneos en edad de gestación, según las siguientes particularidades:

Grupo I. Hemoglobina (Hb) y temperatura (temp.) del niño

Grupo II. Hb constante y temp. del niño

Grupo III. Hb del niño y temp. constante

Los datos se analizaron mediante el análisis de varianza para comparar las mediciones obtenidas en los tres grupos; en tanto que para las variables nominales se usó la prueba de χ^2 . Se consideró un nivel de significación estadística de $p < 0.05$. Cuando la razón de F fue significativa, se usó la prueba de Student-Newman-Keuls, para calcular el valor de t. Se usó el paquete estadístico SPSS versión 8.0.

RESULTADOS

El peso promedio de los 90 neonatos fue de $2,403 \pm 0.660$ g, con un rango de 1,200 a 3,700 g y la edad de gestación en el grupo I fue de 36.2 ± 1.9 , en el II 35.5 ± 2.0 y para el grupo III de 36.0 ± 2.1 ($p > 0.5$). En cuanto al rango de temperatura, en los 90 niños se encontró entre los 36.5 a 37.5 °C y el promedio de hemoglobina en el grupo I fue de 17.64 ± 2.15 g/dL con un rango de 12.0 a 20.6 g/dL; en el grupo II, fue de 16.97 ± 2.67 g/dL, con un rango 12.1 a 22.3 g/dL; y en el grupo III fue de 17.52 ± 1.45 g/dL y un rango 12.5 a 19.7 g/dL; pero no hubo diferencia estadística significativa entre éstos.

En el *cuadro 1* se presentan la edad y promedio de peso de los tres grupos de niños, así como los resultados de las mediciones de pH, PaO_2 y PaCO_2 . Como se puede ver, los promedios de peso de los tres grupos de niños variaron entre 2,414 y 2,454 g y la desviación estándar lo hizo entre 642 y 691 g, su edad de gestación fue similar (como era de esperar por la manera en la que se integraron los grupos).

Al considerar las mediciones del grupo I (con Hb y temp. de los niños) con respecto a las del grupo II (Hb constante y la temp. del niño) la diferencia entre ambos grupos fue significativa ($P < 0.01$); también lo fue al contrastar los resultados del grupo II con los del III (Hb del niño y temp. constante) a nivel de $p < 0.05$. Algo semejante sucedió con respecto a las mediciones de gases, se encontró que tanto para el pH como la P y la PaCO_2 las diferencias fueron significativas entre los grupos I y II ($p < 0.01$) y entre los grupos II y III, pero no la hubo al comparar los grupos I y III cuyas muestras de sangre fueron procesadas con la Hb y temp. del niño para ajustar por la temperatura de los niños para pH ($p=0.25$), la PaO_2 ($p = 0.37$) y PaCO_2 ($p = .27$).

No obstante, el análisis de varianza mostró que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos para el pH, la PaO_2 y la PaCO_2 a nivel de $p <$

0.01 para las dos primeras mediciones y de $p < 0.05$ en la última. No se observó ninguna diferencia 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 ($p = 0.25$), PaO_2 ($p = 0.37$), PaCO_2 ($p = 0.27$).

DISCUSIÓN

Si bien es posible la cantidad de heparina contenida en el tubo de ensayo o frasco, dispuesto para depositar la sangre extraída, puede modificar el resultado de los gases sanguíneos, particularmente la PaCO_2 arterial: por mayor dilución de sangre heparinizada sin que el pH cambie por la capacidad amortiguadora de la sangre;¹¹ para controlar esta variable se usaron jeringas heparinizadas en las que por cada mg de heparina adicional aumentan el pH y PaCO_2 en 0.003 unidades y 0.1 torr. Este margen de diferencia fue constante.

El margen de error de muestras de sangre obtenida por catéteres arteriales se ha estimado en 2.4% para la PaO_2 y 4.4% para la PaCO_2 afectando el bicarbonato y el exceso de base.¹² También se ha encontrado que la contaminación de catéteres por proteínas contribuye a errores en la medición del pH.¹³ Ante tales reportes, las muestras fueron obtenidas por punción directa de la arteria radial, (aun cuando algunos contaban con cateterismo de la arteria a nivel umbilical). Al margen de esta precaución, las mediciones se hicieron en gasómetros automáticos a una temperatura y hemoglobina fijas: para una temperatura de 37 °C y para la Hb de 15 g/dL¹⁴ (cuando no se ajustaron con respecto a la Hb y temp. del niño).

La sangre extraída es de un tejido vivo metabólicamente activo que consume oxígeno y forma bióxido de carbono. Por lo que las muestras fueron procesadas inmediatamente a su extracción y evitar cambios en las me-

Cuadro 1. Características generales de los grupos

Grupo	I	II	III	p
	N = 30	N = 30	N = 30	
Peso (g)	$2,414 \pm 642$	$2,341 \pm 691$	$2,454 \pm 649$	NS
Edad gestacional (semanas)	36.2 ± 1.9	35.5 ± 2.0	36.0 ± 2.1	NS
Cifra de hemoglobina	17.6 ± 2.1	16.9 ± 2.6	17.5 ± 1.4	NS
Valor del Ph	7.393	7.405	7.388	< 0.01
Valor de la PaO_2	88.9	79.1	86.6	< 0.01
Valor de la PaCO_2	34.3	37.7	33.7	< 0.05

NS = No significativo

diciones que dependen del recuento leucocitario, como se ha reportado por otros autores.^{15,16}

Si la diferencia en la hemoglobina entre los grupos no fue significativa, sí lo fue al considerar la concentración de hemoglobina del niño para el pH, PaO₂ y PaCO₂ tanto en el grupo I como en el II ($p < 0.01$). Esto se puede explicar, en parte, por el transporte de O₂ en la hemoglobina, que ocurre a razón de 1.39 mL de O₂/g/dL. En lo que atañe al transporte máximo de oxígeno, éste ocurre con un valor de hematócrito aproximado de 40 a 44% y disminuye al existir cantidades más altas o más bajas de ésta.¹⁷⁻¹⁹

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, PaO₂, PaCO₂) 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 las 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 uno modificado. Por lo que resulta ser poco útil ajustar el valor de la temperatura al procesar muestras de sangre en recién nacidos con asistencia ventilatoria.

Esta diferencia se puede explicar por el transporte de O₂ en la hemoglobina (el cual ocurre a razón de 1.9 mL de O₂/g/dL).

Referencias

1. 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: 379-82.

2. Bowe ET, Beard RW, Finster M. Reability of fetal blood samples. *Am J Obstet Gynecol* 1970; 107: 297-301.
3. 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.
4. Siggard-Anderson O. Blood acid-base alignment nomogram. Scales for pH, PCO₂, bases excess of whole blood of different hemoglobin concentrations, plasma bicarbonate and plasma total CO₂. *Scand J Clin Lab Invest* 1963; 15: 211-16.
5. Giar MH, Pernn F, Maraval G. An anatomic control system of O₂ and CO₂ concentration of artificially ventilated patients. *Intens Care Med* 1980; 6: 81-5.
6. Clarck LC. Monitor and control of blood and tissue oxygen tensions. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 1956; 2: 41-5.
7. Sanz MC. Ultramicro methods and standardization of equipment. *Clin Chem* 1957; 22: 5758.
8. Severinghaus JW. Blood gas calculator. *J Appl Physiol* 1966; 21: 1108-10.
9. Severinghaus JW. Simple accurate equations for human blood O₂ dissociation computations. *J Appl Physiol* 1979; 46: 599-602.
10. Leland LF, Dellinger KT, Mills AL. Potential errors in neonatal blood gas measurements. *J Pediatr* 1980; 97: 650-2.
11. Hansen JE, Simmons DH. A systematic error in the determination of blood PCO₂. *Am Rev Respir Dis* 1977; 115: 1061-4.
12. Dennis RC, Ng R, Veston NS. Effect of sample dilutions on arterial blood gas determinations. *Crit Care Med* 1985; 13: 1067-71.
13. Neff GW, Radke WA, Sambucetti CJ. A computer assisted electrode system for measuring blood pH, PO₂, PCO₂, sodium and potassium. *Clin Chem* 1970; 16: 566-71.
14. Shapiro AB, Harrison AR, Walton RJ. *Manejo clínico de los gases sanguíneos*. 3ª ed. México: Editorial Panamericana, 1984: 157.
15. Fletcher G, Barber JL. Effect sampling technique on the determination of PO₂ during oxygen brathing. *J Appl Physiol* 1966; 21: 463-7.
16. 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; 19: 177-94.
17. 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: 1724-30.
18. Marik PE, Sibbald WJ. Effect of store-blood transfusion on oxygen delivery in patients with sepsis. *JAMA* 1993; 269: 3024-29.
19. 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: 1717-22.

Correspondencia:

Dr. Bonifacio Caballero-Noguéz
Calzada Ignacio Zaragoza Núm. 1840
Colonia Juan Escutia 09100
México, D.F., México.
E-mail: bcn1@prodigy.net.mx