



Revista Colombiana de Anestesiología

Colombian Journal of Anesthesiology

www.revcolanest.com.co



Investigación científica y tecnológica

Correlación y concordancia entre los valores de pH, PO₂, PCO₂ y HCO₃⁻ en sangre arterial y venosa de pacientes con ventilación mecánica en la unidad de cuidados intensivos

Mohd Sabihul Islam^a, Syed Moied Ahmed^{b,*}, Shahjahan Bano^c, Abu Nadeem^d
y Mozammil Shafi^a

^a MD, Residente Sénior de Anaestesia, Unidad de Cuidados Intensivos, Departamento de Anestesiología, JN Medical College, AMU, Aligarh, India

^b MD, Phd Profesor Asociado de Anaestesia, FICCM, FCCP, FIMSA, Unidad de Cuidados Intensivos, Departamento de Anestesiología, JN Medical College, AMU, Aligarh, India

^c MD, Profesor de Anaestesia, Unidad de Cuidados Intensivos, Departamento de Anestesiología, JN Medical College, AMU, Aligarh, India

^d MD, Profesor Asistente de Anaestesia, Unidad de Cuidados Intensivos, Departamento de Anestesiología, JN Medical College, AMU, Aligarh, India

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 13 de octubre de 2012

Aceptado el 20 de mayo de 2013

Palabras clave:

Gases arteriales

Gases venosos centrales

Correlación

Concordancia

R E S U M E N

Antecedentes: El procedimiento de tomar las muestras de gases arteriales puede ser técnicamente difícil y tiene limitaciones y complicaciones. La colocación de un catéter venoso central es un procedimiento obligado en la unidad de cuidados intensivos (UCI). La toma de muestras de sangre venosa central es mucho más fácil y rápida, y menos complicada.

Contexto: Correlación y concordancia entre los valores de pH, PO₂, PCO₂ y HCO₃⁻ en sangre arterial y venosa central de pacientes con ventilación mecánica.

Objetivo: El objetivo era evaluar la correlación y la concordancia entre los valores de pH, PO₂, PCO₂ y HCO₃⁻ en sangre arterial y venosa central e inferir si los valores de los gases venosos centrales podían reemplazar la lectura de los gases arteriales.

Lugar y diseño: UCI y estudio prospectivo de tipo observacional.

Materiales y métodos: Se tomaron en total 100 muestras (50 gases arteriales y 50 gases venosos centrales) de 50 pacientes adultos con distintos procesos patológicos ingresados en la UCI de un hospital universitario. Se ingresaron en el estudio los pacientes normotensos y normotérmicos que requirieron ventilación mecánica y tenían arteria radial palpable. No se repitió ningún paciente en el estudio. En cada paciente se tomó primero la muestra de sangre arterial de la arteria radial y 2 min después se tomó la muestra de sangre venosa central. Se evaluaron la correlación y la concordancia entre los valores de pH, PO₂, PCO₂ y HCO₃⁻ en sangre arterial y venosa central.

Análisis estadístico utilizado: Correlación de Pearson y análisis de Bland Altman.

Resultados: Se encontró una correlación significativa entre los valores venosos y arteriales de pH, PO₂, PCO₂ y HCO₃⁻ ($r_{\text{pH}}=0,88$, $p<0,001$; $r_{\text{PO}_2}=0,358$, $p<0,05$; $r_{\text{PCO}_2}=0,470$, $p<0,001$ y $r_{\text{HCO}_3}=0,714$, $p<0,001$). Se derivaron ecuaciones de regresión para predecir los valores en sangre arterial a partir de los valores en sangre venosa: $\text{pH arterial}=0,879 \times \text{pH}$

* Autor para correspondencia: Department of Anaesthesiology, JN Medical College, AMU, Aligarh, India.

Correo electrónico: sma99@rediffmail.com (S.M. Ahmed).

venoso central + 114,4 (constante), $R^2 = 0,128$, PCO_2 arterial = $0,429 \times PO_2$ venoso central + 24,627 (constante), $R^2 = 0,2205$ y HCO_3^- arterial = $1,045 \times HCO_3^-$ venoso central + 3,402 (constante), $R^2 = 0,5101$. La diferencia media de la lectura arterial menos la venosa para pH, PO_2 , PCO_2 , y bicarbonato fue de $0,053 \pm 0,014$, $56,04 \pm 15,74$, $2,20 \pm 4,4$ y $4,30 \pm 1,64$, respectivamente. Las gráficas de Bland-Altman para la concordancia de los valores de pH, PO_2 , PCO_2 y bicarbonato mostraron límites de concordancia del 95% de $-0,04$ a $0,146$, $-52,51$ a $164,59$, $-26,61$ a $31,01$ y $-7,0$ a $15,6$, respectivamente.

Conclusiones: Hubo una buena correlación entre los valores arteriales y venosos centrales de pH, PO_2 , PCO_2 y HCO_3^- . Sin embargo, solamente el valor venoso central del pH puede reemplazar el valor arterial del pH.

© 2012 Sociedad Colombiana de Anestesiología y Reanimación. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Correlation and agreement between arterial and central venous blood pH, PO_2 , PCO_2 and HCO_3^- values of mechanically ventilated patients in intensive care unit: A prospective observational study

ABSTRACT

Keywords:

Arterial blood gas
Central venous blood gas
Correlation
Agreement

Background: The procedure for arterial blood sampling can be technically difficult with various limitations and complications. Central venous catheterization is a mandatory procedure in ICU. The sampling of central venous blood is much easier, quicker and less complicated.

Context: Correlation and agreement between arterial and central venous blood pH, PO_2 , PCO_2 and HCO_3^- values of mechanically ventilated patients.

Aims: Aim was to evaluate the correlation and agreement between arterial and central venous blood pH, PO_2 , PCO_2 and HCO_3^- values and infer whether central venous blood gas values could replace arterial blood gas values.

Settings and design: Intensive Care Unit and prospective observational study.

Materials and methods: A total of 100 samples (50 arterial blood gas and 50 central venous blood gas) were collected from 50 adult patients with varied disease process admitted in a medical college ICU. Patients requiring mechanical ventilation having palpable radial artery, normotensive and normothermic were enrolled for the study. No patient was repeated for the study. Arterial blood was collected from radial artery and within 2 minutes central venous blood was withdrawn from the same patient. Correlation and agreement were evaluated between arterial and central venous pH, PO_2 , PCO_2 and HCO_3^- .

Statistical analysis used: Pearson's correlation and Bland-Altman analysis.

Results: The pH, PO_2 , PCO_2 and HCO_3^- of CVBG correlated significantly with arterial values ($r_{pH} = 0,88$, $P < 0,001$; $r_{PO_2} = 0,358$, $P < 0,05$; $r_{PCO_2} = 0,470$, $P < 0,001$ and $r_{HCO_3^-} = 0,714$, $P < 0,001$). Regression equations were derived to predict arterial blood values from venous blood values as follows: arterial pH = $0,879 \times$ central venous pH + 0,9422 (constant), arterial $PO_2 = 0,421 \times$ central venous $PO_2 + 114,4$ (constant), $R^2 = 0,128$, arterial $PCO_2 = 0,429 \times$ central venous $PO_2 + 24,627$ (constant), $R^2 = 0,2205$ and arterial $HCO_3^- = 1,045 \times$ central venous $HCO_3^- + 3,402$ (constant), $R^2 = 0,5101$. The mean arterial minus venous difference for pH, PO_2 , PCO_2 , and bicarbonate was $0,053 \pm 0,014$, $56,04 \pm 15,74$, $2,20 \pm 4,4$ and $4,30 \pm 1,64$ respectively. Bland-Altman plots for agreement of pH, PO_2 , PCO_2 , and bicarbonate showed 95% limits of agreement of $-0,04$ to $0,146$, $-52,51$ to $164,59$, $-26,61$ to $31,01$ and $-7,0$ to $15,6$, respectively. **Conclusions:** The arterial pH, PO_2 , PCO_2 and HCO_3^- values correlated well with central venous values. However, only the arterial pH value can replace the central venous pH value.

© 2012 Sociedad Colombiana de Anestesiología y Reanimación. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

El análisis de gases arteriales (GA) es el patrón oro para determinar el estado ácido-básico del paciente sometido a ventilación mecánica¹. En ocasiones el procedimiento

puede ser técnicamente difícil y tiene varias limitaciones y complicaciones²⁻⁵.

La información obtenida a partir de un informe de GA también se puede obtener a partir de una muestra de sangre venosa⁶. Establecer un acceso venoso central es casi un procedimiento de rutina y obligado en las salas de cirugía, en las

unidades de cuidados intensivos (UCI) y en las unidades de trauma y urgencias. Por tanto, puede ser un método más fácil, rápido y sencillo de identificar el estado de los gases en sangre venosa del paciente^{3,6}.

Sin embargo, a fin de reemplazar los valores de los GA por los valores de los gases en sangre venosa central (GVC) debemos primero identificar una correlación y concordancia entre los 2 valores de los gases.

Estudios anteriores han examinado la relación entre las muestras de GA y de GVC. La mayoría de ellos son estudios sobre enfermedades específicas y se refieren a la correlación o la concordancia de uno o más parámetros de los gases en sangre. Además, no hubo congruencia en las inferencias de la mayoría de los estudios⁶⁻¹⁰.

Por consiguiente, el objetivo de este estudio fue evaluar la correlación y la concordancia entre los valores arteriales y venosos centrales de pH, PO₂, PCO₂ y HCO₃⁻ en pacientes médicos y quirúrgicos ingresados en la UCI, e inferir si la lectura de los GVC puede reemplazar la lectura de los GA.

Sujetos y métodos

El estudio se realizó en la UCI de un hospital universitario. Una vez obtenida la autorización del comité ético del departamento se procedió a incluir en el estudio a 50 pacientes adultos de ambos sexos entre las edades de 20 y 50 años que requirieron ventilación mecánica. El consentimiento informado se obtuvo de los familiares más cercanos de los pacientes. Ninguno de los pacientes se incluyó 2 veces.

Dos observadores tomaron la muestra de sangre (1 ml) simultáneamente de la arteria radial o femoral y de la vena central del mismo paciente a fin de evitar diferencias en la hora de la toma de la muestra. Las muestras se recogieron en 2 jeringas pre-heparinizadas etiquetadas por separado y se analizaron inmediatamente en la máquina de gases arteriales (analizadora Eschweiler Combisys 2) instalada en la UCI a fin de evitar el mantenimiento de la cadena de frío con hielo. Se analizaron 100 muestras en total (50 GA más 50 GVC). Los valores de PO₂, PCO₂, pH y HCO₃⁻ se registraron a partir del informe de GA y se evaluaron para el estudio. Se registraron también los siguientes datos: diagnóstico de la enfermedad, calibración del ventilador, frecuencia cardíaca, presión arterial media (PAM), saturación arterial de oxígeno (SpO₂), temperatura, hemograma y perfil renal. No se incluyeron en el estudio pacientes con hipotensión severa, sepsis severa, trauma de las manos, hipotermia ($\leq 36^\circ\text{C}$) y sin acceso venoso central.

Todos los análisis estadísticos se hicieron con el SPSS versión 17. El tamaño de muestra de 50 en cada grupo se basó en el análisis de poder en el cual el nivel alfa se fijó en 0,05, y el efecto previsto del tamaño (d de Cohen) en 0,8; se calculó que el tamaño mínimo requerido para un nivel deseado de poder estadístico de 0,8 era de 26 por grupo y que el mínimo total requerido de la muestra era de 52. Se utilizó la prueba de correlación de Pearson para medir la significación de la correlación ($p < 0,05$) y el análisis de regresión para calcular la ecuación de regresión entre los valores arteriales y venosos centrales. Se usó el análisis de Bland Altman para encontrar la concordancia entre los valores arteriales y venosos centrales de pH, PO₂, PCO₂ y HCO₃⁻. Se graficó

Tabla 1 – Distribución de la población del estudio por diagnóstico

Diagnóstico	%
Accidente de tránsito con lesión craneoencefálica	34
Ahorcamiento suicida	2
Mordedura de serpiente	10
Peritonitis perforada	22
Meningitis	6
Diabetes mellitus	4
Malaria cerebral	2
SAIO	4
Diálisis de femur	2
Síndrome de GB	2
RTA con BTA	4
Envenenamiento	8

Tabla 2 – Correlación entre los valores arteriales (GA) y venosos centrales (GVC) de pH

	pH-GA	pH-GVC
pH-GA		
Correlación de Pearson	1	0,883
Sig. (2 colas)		0,000
N	50	50
pH-GVC		
Correlación de Pearson	0,883	1
Sig. (2 colas)	0,000	
N	50	50

Tabla 3 – Correlación entre los valores arteriales (GA) y venosos centrales (GVC) de PO₂

	PO ₂ -GA	PO ₂ -GVC
PO₂-GA		
Correlación de Pearson	1	0,358
Sig. (2 colas)		0,011
N	50	50
PO₂-GVC		
Correlación de Pearson	0,358	1
Sig. (2 colas)	0,011	
N	50	50

la diferencia arteriovenosa (AV) contra el valor promedio ($(A + V)/2$). Se evaluaron las medias, la desviación estándar (DE) y los intervalos de predicción del 95% (límites de concordancia) (A: parámetro arterial; V: parámetro venoso central). Los valores predefinidos para los límites aceptables de concordancia fueron: $-0,05 \pm 0,05$ para pH, -10 ± 10 para PCO₂, -10 ± 10 para PO₂ y -2 ± 2 para HCO₃⁻.

Resultados

La demografía y el diagnóstico de los pacientes aparecen en la tabla 1.

Los valores venosos centrales de pH, PO₂, PCO₂ y HCO₃⁻ presentaron una correlación significativa con los valores arteriales ($r_{\text{pH}} = 0,88$, $p < 0,001$; $r_{\text{PO}_2} = 0,358$, $p < 0,05$; $r_{\text{PCO}_2} = 0,470$, $p < 0,001$, y $r_{\text{HCO}_3} = 0,714$, $p < 0,001$) (tablas 2-5; figs. 1-4). La correlación se cuantificó calculando la ecuación de regresión para cada uno de los parámetros como aparece a continuación:

Tabla 4 – Correlación entre los valores arteriales (GA) y venosos centrales (GVC) de PCO ₂		
	PCO ₂ -GA	PCO ₂ -GVC
PCO ₂ -GA		
Correlación de Pearson	1	0,470
Sig. (2 colas)		0,001
N	50	50
PCO ₂ -GVC		
Correlación de Pearson	0,470	1
Sig. (2 colas)	0,001	
N	50	50

Tabla 5 – Correlación entre los valores arteriales (GA) y venosos centrales (GVC) de HCO ₃ ⁻		
	HCO ₃ ⁻ -GA	HCO ₃ ⁻ -GVC
HCO ₃ ⁻ -GA		
Correlación de Pearson	1	0,714
Sig. (2 colas)		0,000
N	50	50
HCO ₃ ⁻ -GVC		
Correlación de Pearson	0,714	1
Sig. (2 colas)	0,000	
N	50	50

pH = 0,879 arterial × pH venoso central + 0,9422 (constante), R² = 0,78.

PO₂ = 0,421 arterial × PO₂ venoso central + 114,4 (constante), R² = 0,128.

PCO₂ arterial = 0,429 × PO₂ venoso central + 24,627 (constante), R² = 0,2205.

HCO₃⁻ arterial = 1,045 × HCO₃⁻ venoso central + 3,402 (constante), R² = 0,5101.

La diferencia media y los límites de concordancia del 95% se calcularon por medio del análisis de Bland Altman para evaluar la concordancia entre 2 variables. El valor de la diferencia media fue reducido (0,053 ± 0,014) y el valor de los límites de concordancia del 95% fue estrecho (-0,04 a 0,146) para el pH en sangre arterial y sangre venosa central, mostrando buena concordancia. Sin embargo, la diferencia media fue grande y

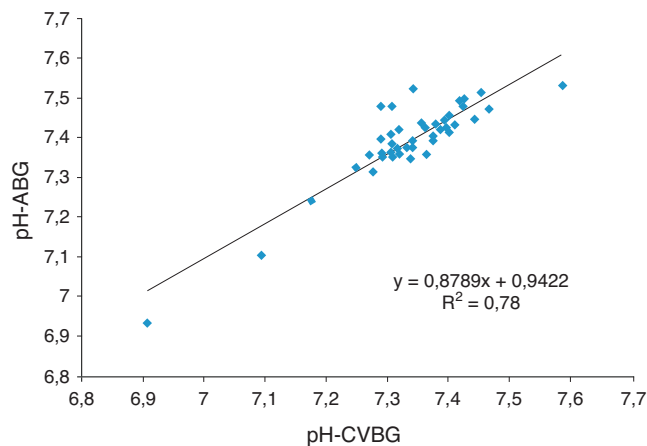


Figura 1 – Correlación entre los valores arteriales y venosos centrales de pH (r = 0,88).
Fuente: autores.

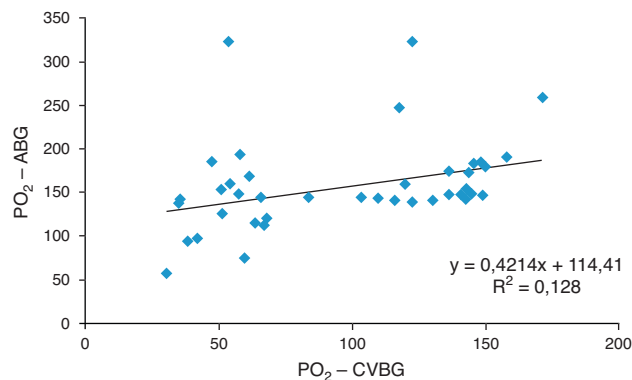


Figura 2 – Correlación entre los valores arteriales y venosos centrales de PO₂ (r = 0,358).
Fuente: autores.

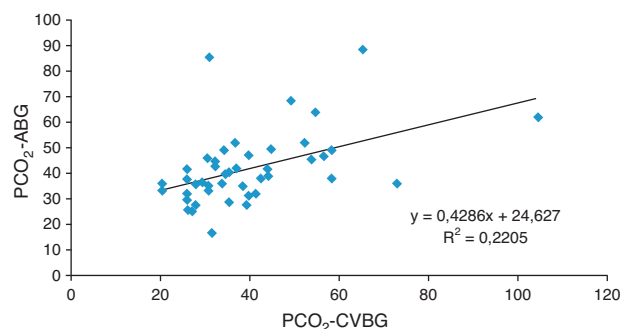


Figura 3 – Correlación entre los valores arteriales y venosos centrales de PCO₂.
Fuente: autores.

el valor de los límites de concordancia del 95% fue muy amplio para PO₂, PCO₂ y HCO₃⁻ en sangre arterial y en sangre venosa, lo cual indicó mala concordancia (tabla 6). En las figuras 5-8 se ilustran los gráficos del análisis de Bland Altman.

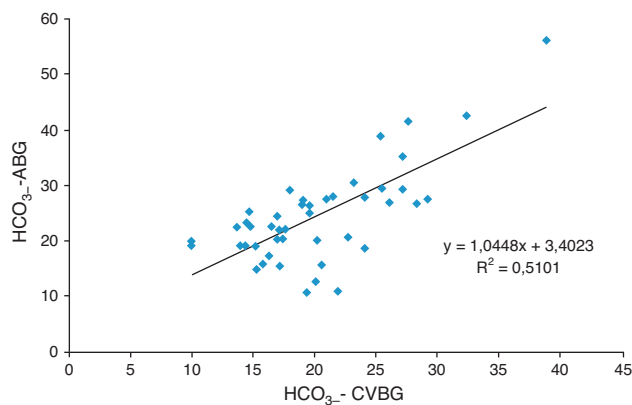


Figura 4 – Correlación entre los valores arteriales y venosos centrales de HCO₃⁻ (r = 0,714).
Fuente: autores.

Tabla 6 – Medias de los valores de gases arteriales (GA) y venosos centrales (GVC) obtenidos simultáneamente para pH, PCO₂ y HCO₃⁻ junto con las desviaciones estándar calculadas

Parámetros	Arteriales (media ± DE)	Venosos centrales (media ± DE)	Diferencia media (media ± DE)	Límites de concordancia del 95% de Bland Altman
pH	7.396 ± 0,098	7.343 ± 0,099	0,053 ± 0,014	-0,04 a 0,146
PO ₂	156,92 ± 52,48	82,33 ± 44,58	56,04 ± 15,74	-52,51 a 164,59
PCO ₂	41,45 ± 13,58	39,25 ± 14,88	2,20 ± 4,4	-26,61 a 31,01
HCO ₃	24,40 ± 8,22	20,09 ± 5,62	4,30 ± 1,64	-7,0 a 15,6

HCO₃: bicarbonato (mmol/l); PCO₂: presión parcial de dióxido de carbono (mmHg); PO₂, presión parcial de oxígeno (mmHg).

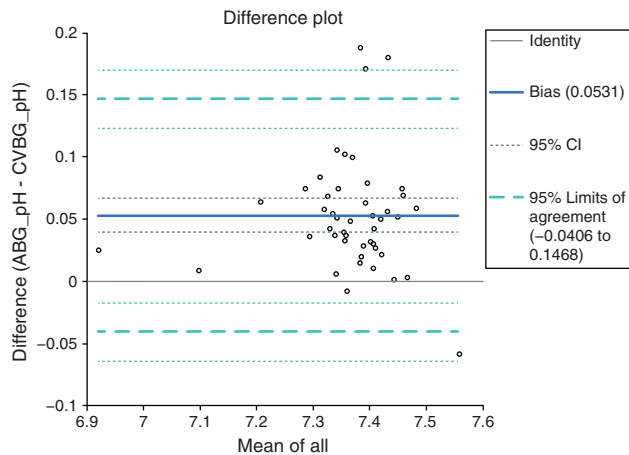


Figura 5 – Gráfica de sesgo de la diferencia y la media de los valores arteriales y venosos centrales de pH.
Fuente: autores.

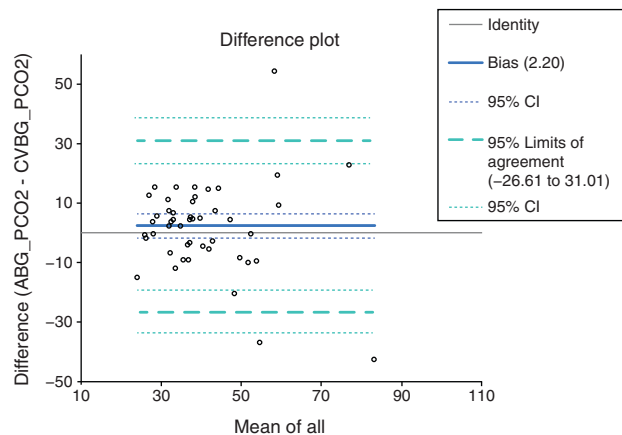


Figura 7 – Gráfica de sesgo de la diferencia y la media de los valores arteriales y venosos centrales de PCO₂.
Fuente: autores.

Discusión

En este estudio, la correlación del pH en GA y GVC fue significativa, dentro de unos límites estrechos de concordancia del 95%. Esto probablemente indica una concordancia aceptable entre el pH en sangre arterial y en sangre venosa, lo cual concuerda con los autores anteriores⁷⁻¹⁰. Sin embargo, Malinoski et al.⁶ evaluaron en 2005 un mal límite de concordancia

entre el pH en sangre venosa y en sangre arterial, aunque la correlación fue estadísticamente significativa. Asimismo, la correlación entre la PCO₂ en sangre arterial y en sangre venosa fue estadísticamente significativa (p<0,001), y los límites de concordancia del 95% fueron malos. Esto concordó con la observación de Malinoski et al.⁶ y de Adroque et al.⁷. Sin embargo, contrariamente a nuestros hallazgos, Treger et al.⁹ mostraron buena concordancia entre la PCO₂ de las muestras de sangre arterial y la de sangre venosa. Estos autores demostraron que la diferencia media entre la arterial y la venosa

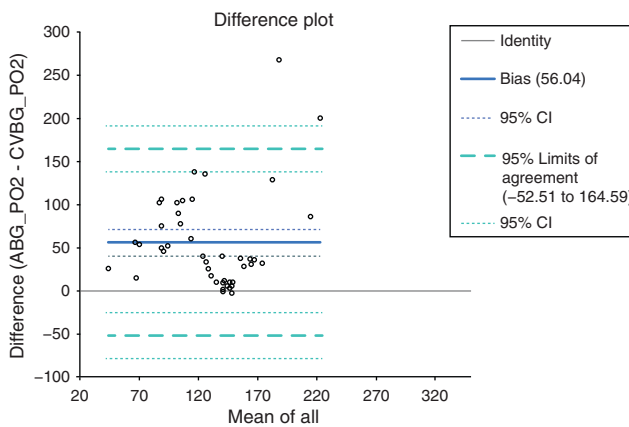


Figura 6 – Gráfica de sesgo de la diferencia y la media de los valores arteriales y venosos centrales de PO₂.
Fuente: autores.

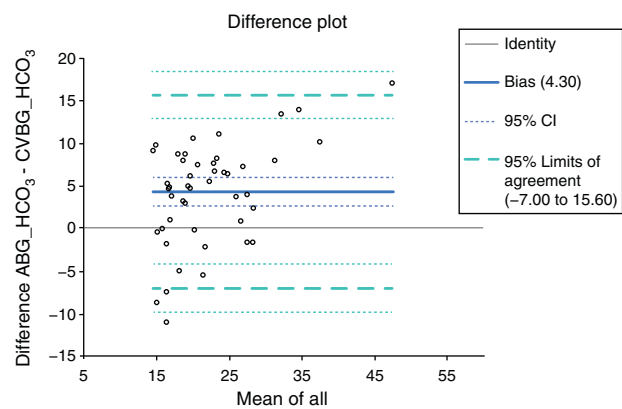


Figura 8 – Gráfica de sesgo de la diferencia y la media de los valores arteriales y venosos centrales de HCO₃.
Fuente: autores.

(A-V) fue pequeña para la PCO_2 , con límites estrechos de concordancia del 95%. Concluyeron que la PCO_2 periférica o venosa central puede reemplazar a sus equivalentes arteriales en muchos contextos clínicos porque hubo concordancia entre ellas. Middleton et al.⁸ determinaron el grado de concordancia entre los valores arteriales y venosos de HCO_3^- y demostraron unos límites aceptablemente estrechos de concordancia del 95%. Asimismo, Treger et al.⁹ examinaron la concordancia entre las muestras de GA y GVC para HCO_3^- y demostraron límites estrechos de concordancia del 95% y que el HCO_3^- en GVC podía reemplazar al HCO_3^- en GA en muchos contextos clínicos de la UCI. Sin embargo, en nuestro estudio el HCO_3^- en GA y en GVC tuvo una correlación significativa con una diferencia promedio reducida, pero los límites de concordancia del 95% no fueron significativos. Esto es contrario a las observaciones del autor anterior. La razón de este hallazgo diferente en el presente estudio podría deberse al tamaño relativo de la muestra y al grupo diverso de pacientes. Los estudios anteriores incluyeron principalmente grupos específicos de pacientes, entre ellos pacientes de trauma, exacerbación aguda de EPOC, cetoacidosis diabética, etc., en comparación con el grupo diverso de enfermedades incluido en nuestro estudio.

La PO_2 en GA y en GVC tuvo una correlación significativa con una diferencia promedio grande, y de ahí la mala concordancia. No pudimos comparar nuestra observación con otros porque hasta donde sabemos no hay literatura publicada al respecto. No pudimos explicar la correlación significativa entre la PO_2 arterial y venosa central en nuestro estudio. Sin embargo, la concordancia entre las 2 fue mala, lo cual es semejante a lo observado con otras variables de nuestro estudio.

Hubo ciertas debilidades en nuestro estudio, las cuales podrían explicar las diferencias de nuestras observaciones en comparación con los estudios anteriores. Fue un estudio realizado en un solo centro y el tamaño de la muestra pudo ser más pequeño que en otros estudios previos. Sin embargo, la fortaleza del estudio está en que evaluamos parámetros importantes del estado ácido-básico en una población con poder suficiente y con diversos procesos patológicos.

Ningún estudio está exento de sesgos. Tratamos de evitar el sesgo al analizar las 2 muestras en la misma máquina de GA, evitando así los errores o sesgos atribuibles a la máquina. Las muestras se tomaron de una población mixta de pacientes (médicos y quirúrgicos). No se repitió ningún paciente en

el estudio, lo cual se hizo para evitar sesgos por patologías o pacientes específicos.

Por consiguiente, concluimos que aunque hubo buena correlación entre los valores arteriales de pH, PO_2 , PCO_2 y HCO_3^- y los valores venosos centrales, solamente el valor del pH arterial se puede reemplazar por el valor del pH venoso central. Sin embargo, podría realizarse otro estudio multicéntrico con un tamaño de muestra grande a fin de superar las limitaciones del presente estudio.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

1. McGillivray D, Ducharme FM, Charron Y, Mattimoe C, Treherne S. Clinical decision making based on venous versus capillary blood gas values in the wellperfused child. *Ann Emerg Med.* 1999;34:58-63.
2. Criscuolo C, Nepper G, Buchalter S. Reflex sympathetic dystrophy following arterial blood gas sampling in the intensive care setting. *Chest.* 1995;108:578-80.
3. Giner J, Casan P, Belda J, González M, Miralda RM, Sanchis J. Pain during arterial puncture. *Chest.* 1996;110:1443.
4. Kelly AM, McAlpine R, Kyle E. Agreement between bicarbonate measured on arterial and venous blood gases. *Emerg Med Australas.* 2004;16:407-9.
5. Mortensen J. Clinical sequelae from arterial needle puncture, cannulation, and incision. *Circulation.* 1967;35:1118-23.
6. Malinoski DJ, Todd SR, Slone DR, Mullins RJ, Schreiber MA. Correlation of central venous and arterial blood gas measurements in mechanically ventilated trauma patients. *Arch Surg.* 2005;140:1122-5.
7. Adrogué HJ, Rashad MN, Gorin AB, Yacoup J, Madias NE. Assessing acid-base status in circulatory failure. Difference between arterial and central venous blood. *N Engl J Med.* 1989;320:1312-6.
8. Middleton P, Kelly AM, Brown J, Robertson M. Agreement between arterial and central venous values for pH, bicarbonate, base excess, and lactate. *Emerg Med J.* 2006;23:622-4.
9. Treger R, Pirouz S, Kamangar N, Corry D. Agreement between central venous and arterial blood gas measurements in the intensive care unit. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2010;5:390-4.
10. Zahn RL, Weil MH. Central venous blood for monitoring pH and PCO_2 in the critically ill patient. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1966;52:105-11.