



INVESTIGACIÓN CLÍNICA

Concordancia entre la gasometría arterial y venosa central en sujetos postoperados de cirugía de revascularización miocárdica en condición estable

Luis Efren Santos-Martínez^{a,b,*}, Marlene Guevara-Carrasco^c,
Guillermo Naranjo-Ricoy^c, Francisco Martín Baranda-Tovar^b,
Luis Antonio Moreno-Ruíz^c, Marco Antonio Herrera-Velázquez^c,
José Antonio Magaña-Serrano^d, Jesús Salvador Valencia-Sánchez^d
y Moisés Cutiel Calderón-Abbo^e

^a Departamento de Hipertensión Pulmonar y Función Ventricular Derecha, Unidad Médica de Alta Especialidad, Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social, México DF, México

^b Cuidados Intensivos Posquirúrgicos Cardiovasculares, Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, Secretaría de Salud, México DF, México

^c Cuidados Intensivos Posquirúrgicos Cardiovasculares, Unidad Médica de Alta Especialidad, Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social, México DF, México

^d Dirección de Educación e Investigación en Salud, Unidad Médica de Alta Especialidad, Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social, México DF, México

^e Dirección General, Unidad Médica de Alta Especialidad, Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social, México DF, México

Recibido el 2 de abril de 2013; aceptado el 14 de noviembre de 2013

PALABRAS CLAVE

Fiabilidad;
Repetibilidad;
Acuerdo;
Confiabilidad;
Cirugía cardíaca;
México

Resumen

Objetivo: La concordancia entre los parámetros de la gasometría arterial y venosa central no se ha definido aún, por lo cual estudiamos la concordancia entre ambas en sujetos postoperados de cirugía de revascularización miocárdica en condición estable.

Métodos: Se estudiaron sujetos de manera consecutiva con un diseño transversal. Se les determinó la posición del catéter venoso central y al mismo tiempo se obtuvo la muestra arterial y venosa central previa a su egreso de la terapia intensiva. Los datos se expresaron según el método estadístico de Bland-Altman y al coeficiente de correlación intraclase. El resultado estadístico aceptó una $p < 0.05$.

Resultados: Se estudiaron 206 muestras de 103 sujetos postoperados, el pH y el lactato tuvieron una diferencia media (límites de acuerdo) de 0.029 ± 0.048 ($-0.018, 0.077$) y -0.12 ± 0.22

* Autor para correspondencia: Avenida Cuauhtémoc n.º 330, Colonia Doctores, Delegación Cuauhtémoc, CP 06720, Distrito Federal, México. Teléfono (52)56276900 extensión 22015.

Correo electrónico: luis.santosma@imss.gob.mx (L.E. Santos-Martínez).

(-0.57, 0.33) respectivamente; la magnitud del coeficiente de correlación intraclase respectiva fue de 0.904 y 0.943; las relativas a la presión de oxígeno 27.86 ± 6.08 (15.9, 39.8) y la saturación de oxígeno 33.02 ± 6.13 (21, 45), magnitud 0.258 y 0.418.

Conclusión: Los parámetros con mejor concordancia arterial y venosa central fueron el pH y el lactato.

© 2013 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Publicado por Masson Doyma México S.A. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Fiability;
Repetibility;
Agreement;
Confiability;
Cardiac surgery;
Mexico

Concordance between central venous and arterial blood gases in post-surgical myocardial revascularization patients in stable condition

Abstract

Objective: The concordance between the parameters of arterial and central venous blood gases has not been defined yet. We studied the concordance between both parameters in post-surgical myocardial revascularization patients in stable condition.

Methods: Consecutive subjects were studied in a cross-sectional design. The position of the central venous catheter was performed and simultaneously we obtained arterial and central venous blood samples prior to discharge from the intensive care unit. Data are expressed according to Bland-Altman statistical method and the intraclass correlation coefficient. Statistical result was accepted at $P < .05$.

Results: Two hundred and six samples were studied of 103 post-surgical patients, pH and lactate had a mean difference (limits of agreement) 0.029 ± 0.048 (-0.018, 0.077) and -0.12 ± 0.22 (-0.57, 0.33) respectively. The magnitude of the intraclass correlation coefficient was 0.904 and 0.943 respectively. The values related to oxygen pressure were 27.86 ± 6.08 (15.9, 39.8) and oxygen saturation 33.02 ± 6.13 (21, 45), with magnitude of 0.258 and 0.418 respectively.

Conclusion: The best matching parameters between arterial and central venous blood samples were pH and lactate.

© 2013 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Published by Masson Doyma México S.A. All rights reserved.

Los sujetos postoperados de revascularización miocárdica (RVM) generalmente tienen colocado un catéter venoso central y un catéter arterial. El catéter venoso central se utiliza para la infusión de líquidos, fármacos y estudios de laboratorio, lo que facilita estos procedimientos. El catéter arterial se emplea en el manejo hemodinámico y en la obtención de muestras sanguíneas para el análisis del estado ácido-base y respiratorio del sujeto en condición crítica. El procedimiento de colocación de ambos puede estar relacionado con complicaciones; con el catéter venoso central se ha informado de neumotórax, hemotórax, punción arterial inadvertida y perforación aórtica¹; la punción arterial o el catéter arterial pueden cursar con dolor en el sitio de punción, espasmo arterial, trombosis, hematoma, lesión arterial, formación de aneurismas y distrofia simpática refleja²⁻⁴. Además existe la posibilidad de punción accidental del personal que toma la muestra.

Una vez que el sujeto es estabilizado y se ha extubado, la línea arterial se retira, solo permanece en uso el catéter venoso central hasta que es egresado de la unidad de cuidados intensivos posquirúrgicos cardiovasculares (TPQ) a un área de cardiología clínica donde finalmente se retirará al ya no ser este necesario.

Sin embargo, el paciente postoperado de corazón que sale de la TPQ en condición estable aún tiene hipoxemia de grado variable⁵ y podría ser necesaria la determinación de gases arteriales con los riesgos que implicaría una nueva punción arterial; una gasometría venosa central (GVC) podría evitar este procedimiento.

Pocos estudios han buscado el grado de concordancia (acuerdo) entre los diversos parámetros de la GVC y la gasometría arterial (GA) en diferentes entidades⁶⁻²⁴. Hay quienes dicen que los datos pueden ser similares⁶⁻¹⁸, otros sugieren que los datos de la GVC no son intercambiables con los de la GA¹⁹⁻²⁴.

La estimación de la concordancia entre la GA y GVC se ha informado en pacientes en unidades de cuidados intensivos^{10,11,15,16,18,20,22,23} y de urgencias^{6-9,12-14,17,19,21,24}. Estos trabajos se han realizado en diversas entidades en condición estable o inestable. Hasta ahora no hay información de este tipo de comparación en sujetos postoperados del corazón en condición estable.

Por tal motivo y considerando la posibilidad de que el paciente postoperado de cirugía de RVM requiera de otra muestra de gases sanguíneos una vez que se ha retirado el catéter arterial y del potencial riesgo de complicaciones menores y mayores que existe con la punción o la re inserción de un catéter en la arteria radial²⁻⁴, decidimos estudiar la concordancia de la GA y de la GVC en sujetos postoperados de cirugía de RVM en condición estable.

Métodos

Se estudiaron sujetos postoperados de cirugía de RVM en condición estable de la TPQ de la Unidad de Medicina de Alta Especialidad Hospital de Cardiología del Centro Médico

Nacional, Siglo XXI del Instituto Mexicano del Seguro Social de la Ciudad de México, DF.

Diseño

Se estudiaron sujetos de forma consecutiva con un diseño transversal.

Población de estudio

Se aceptaron en el estudio sujetos mayores de 30 años de edad, en condición estable, sin apoyo de fármacos con actividad inotrópica, sondas pleurales, mediastinales, derrame pleural o atelectasia al momento de su egreso de la TPQ.

Se eliminaron los sujetos en los que, habiendo dado su consentimiento, por razones técnicas se retrasó el proceso de recogida de muestras sanguíneas más de 3 min entre la toma y el análisis o esta fue insuficiente en cantidad.

A todos ellos se les acotaron sus variables demográficas, diagnóstica, hemodinámicas y de laboratorio. Se les solicitó su consentimiento informado, previa explicación del procedimiento y riesgos de la prueba.

La condición de estabilidad fue definida al momento del egreso de la TPQ con estabilidad hemodinámica (presión arterial media sistémica > 70 mmHg), libres de apoyo inotrópico intravenoso, sin sondas pleurales ni mediastinales.

Equipo

Para el muestreo arterial y venoso central se usaron jeringas de plástico desechables marca DL de 3 ml. de capacidad.

Se obtuvieron ambas muestras gasométricas, arterial y venosa central, al mismo tiempo y fueron procesadas en equipo para análisis de gases sanguíneos, GemPremier-3000, Instrumentation Laboratory, Lexington, MA, EE. UU. 02421-3125. Este se calibra cada 24 h previo a su uso diario.

Se analizaron radiografías de tórax obtenidas con equipo portátil, estando los sujetos sentados para verificar la posición del catéter venoso central en la vena cava superior (por debajo de la clavícula y por encima del nivel de la aurícula derecha).

Maniobra

El día del egreso de la TPQ y del estudio, con el paciente sentado y sin sondas pleuromediastínicas, se obtuvo radiografía de tórax de control para corroborar la posición de la punta del catéter venoso central y la ausencia de complicaciones pleuropulmonares.

Una vez verificados los datos previos, se le mantuvo sentado, respirando oxígeno ambiente (fracción inspirada de oxígeno al 21%) y se le realizó la prueba de Allen²⁵ en cada extremidad superior; se eligió la que tuvo mejor llenado para el sitio de punción arterial.

Previo asepsia y antisepsia de la región de la arteria radial elegida y en el sitio del catéter venoso central, 2 operadores diferentes (LESM, MGC) obtuvieron los pares de muestras sanguíneas al mismo tiempo. Se procesaron de manera inmediata en el equipo de análisis. Al final se obtuvieron el resto de las variables de interés.

Análisis estadístico

Los valores se expresaron con promedio \pm desviación estándar ($M \pm DE$) y mediana (percentil 25.75) según tuvieron o no distribución normal respectivamente. Se informan las diversas entidades diagnósticas con frecuencias y porcentajes. Mediante diagramas dispersos se muestra la distribución de los valores entre ambas gasometrías. Se establecieron diferencias entre la GA y la GVC con la prueba t para muestras independientes. Se obtuvo la concordancia (acuerdo) entre las variables de la GA-GVC con el procedimiento de Bland y Altman²⁶, se estimó su magnitud mediante el coeficiente de correlación intraclass (CCI) y su respectivo intervalo de confianza al 95% (IC 95%). Se consideró estadísticamente significativa una $p < 0.05$.

Consideraciones éticas

El protocolo de investigación fue aceptado por el Comité de Investigación en Salud de la Unidad de Medicina de Alta Especialidad Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social. A todos los pacientes se les explicó detalladamente el procedimiento que se les realizó, riesgos y posibles complicaciones y se obtuvo su consentimiento informado previo a incluirse en el estudio.

Resultados

Se obtuvieron un total de 210 muestras GA-GVC de 105 pacientes postoperados de cirugía de RVM; se descartaron 4 muestras por sobrepasar el tiempo estipulado para su análisis.

El género predominante fue el masculino con 86 sujetos (83.50%), la edad promedio del grupo fue de 62 ± 8 años, peso 73.30 ± 9.86 kg, y la talla de 160.80 ± 28.32 cm; según el índice de masa corporal en el momento de la cirugía la mayoría tenía sobrepeso (26.80 ± 3.32 kg/m²).

Los antecedentes preoperatorios más frecuentes fueron la hipertensión arterial sistémica, 74 (71.84%); tabaquismo, 71 (68.93%); diabetes mellitus tipo 2, 52 (50.49%); e infarto de miocardio (IM) previo, 55 (53.40%).

El diagnóstico prequirúrgico, razón de la cirugía, fue angina inestable en 50 (48.54%), angina estable en 40 (38.83%) e IM en 13 (12.62%). La fracción de expulsión del ventrículo izquierdo para el grupo fue del $53.82 \pm 12.38\%$. La mediana de puentes aortocoronarios colocados por paciente fue de 3 (2, 4), y los días de estancias en la TPQ 3 (3, 5).

La evolución postoperatoria transcurrió sin complicaciones en 60 (58.3%) pacientes postoperados. De los 43 restantes, en 11 (10.70%) las complicaciones fueron de índole respiratoria (derrame pleural en 5, atelectasia en 4 e infección de vías aéreas bajas en 2), en 10 (9.70%) reoperación por sangrado mediastinal, en 10 (9.70%) hipertensión arterial postoperatoria, en 5 (4.90%) encefalopatía posbomba de circulación extracorpórea, en 3 (2.9%) síndrome de bajo gasto cardiaco, en 2 (1.9%) IM perioperatorio y en 2 (1.9%) taquicardia supraventricular y ventricular no sostenida. Estas complicaciones estuvieron resueltas para el momento en que se adquirieron ambas muestras sanguíneas.

Tabla 1 Comportamiento de las variables, diferencia media, límites de acuerdo al 95% de la gasometría arterial y venosa central en sujetos postoperados de cirugía de revascularización miocárdica en condición estable

| | Arterial M ± DE (n = 103) | Venosa central M ± DE (n = 103) | p | Diferencia media M ± DE (n = 206) | Límites de acuerdo (n = 206) |
|--|---------------------------------|---------------------------------------|--------|---|------------------------------------|
| pH | 7.45 ± 0.04 | 7.42 ± 0.04 | 0.0001 | 0.029 ± 0.048 | (-0.018, 0.077) |
| PO ₂ (mmHg) | 57.85 ± 6.04 | 30 ± 2.63 | 0.0001 | 27.86 ± 6.08 | (15.9, 39.8) |
| PCO ₂ mmHg) | 29.17 ± 4.24 | 35.76 ± 4.40 | 0.0001 | -6.64 ± 3.80 | (-13.2, -0.1) |
| HCO ₃ ⁻ (mmol/l) | 20.98 ± 2.80 | 22.80 ± 2.73 | 0.0001 | -1.90 ± 2.40 | (-6.6, 2.8) |
| CO ₂ T (ml/dl) | 21.66 ± 2.74 | 23.78 ± 2.69 | 0.0001 | -2.20 ± 2.49 | (-8.3, 3.9) |
| EB (mmol/l) | -2.37 ± 3.05 | -1.73 ± 2.69 | 0.001 | -0.90 ± 1.92 | (-6.4, 4.6) |
| SO ₂ (%) | 90.49 ± 3.11 | 57.47 ± 6.43 | 0.0001 | 33.02 ± 6.13 | (21, 45) |
| Lactato (mmol/l) | 1.20 ± 0.50 | 1.32 ± 0.44 | 0.0001 | -0.12 ± 0.22 | (-0.57, 0.33) |

CO₂T: bióxido de carbono disuelto total; EB: exceso de base; HCO₃⁻: bicarbonato sérico; PCO₂: presión de bióxido de carbono; pH: potencial hidrógeno; PO₂: presión de oxígeno; SO₂: saturación de oxígeno.

El mismo día en que se obtuvieron las muestras de sangre arterial y venosa central se determinaron la presión venosa central promedio 9.60 ± 3.75 mmHg, presión arterial media sistémica 82.19 ± 7.80 mmHg, hemoglobina 11.04 ± 1.23 mg/dl, urea 33.30 (25.50, 40.50) mg/dl y creatinina 0.8 (0.7, 1) mg/dl.

En la [tabla 1](#) se muestra el comportamiento de las variables, diferencias medias y los límites de acuerdo (sesgo) de cada par de variables de ambas gasometrías. En la [tabla 2](#) se acota la magnitud de la concordancia (acuerdo) entre estos pares de datos.

En las [figuras 1-6](#) se presentan las gráficas de dispersión (A) y del método estadístico de Bland y Altman (B) de cada variable de la relación GA-GVC correspondiente.

Discusión

A partir de la aparición de las metas de Rivers et al.²⁷ para el manejo médico de la resucitación oportuna en choque séptico, que incluyó la saturación venosa central de oxígeno, el uso de la GVC se ha generalizado en las unidades de cuidados

intensivos como parte de este tratamiento de reanimación. En algunas de ellas, de manera empírica, sus valores se utilizaron como equivalentes a los de la GA sin haberse realizado un estudio de concordancia previo. Esta extrapolación de datos podría ser inexacta, dado que en el estudio de Rivers et al. no se realizó análisis del comportamiento de otros parámetros de la GVC, salvo la saturación venosa central de oxígeno como factor pronóstico de esta modalidad de tratamiento y de manera independiente a la saturación arterial de oxígeno. En este trabajo demostramos que los parámetros de ambas gasometrías son diferentes y no deberían ser utilizadas de manera similar.

En esta población estudiada la mayor proporción de sujetos fue de género masculino, septuagenarios con sobrepeso. Como habría de esperarse las comorbilidades fueron comunes. La mediana de puentes aortocoronarios puestos fue de 3. La mayoría tuvo una fracción de expulsión del ventrículo izquierdo preoperatoria > 50%.

Las principales complicaciones en los sujetos postoperados fueron las respiratorias, además de reoperación por sangrado mediastínico y la hipertensión arterial postoperatoria, que estuvieron resueltas al momento de su egreso de la TPQ. De esta manera, los posibles efectos de las complicaciones en el intercambio gaseoso no parecen haber influido en los resultados de ambas gasometrías.

Las variables postoperatorias hemodinámicas y de laboratorio de cada paciente se acotaron el mismo día en que se obtuvieron las muestras sanguíneas arteriales y venosas. Estas variables se consideraron dentro de la normalidad, y se informan para mostrar el grado de estabilidad del sujeto en ese momento.

En estas condiciones de estabilidad en el postoperatorio de cirugía de RVM, los valores promedio de los parámetros de ambas gasometrías fueron estadísticamente diferentes ([tabla 1](#)) y la magnitud de la concordancia (grado de acuerdo) calculada por el CCI fue elevada (> 0.90) para el pH y el lactato; moderada (0.60-0.80) para la presión de bióxido de carbono (PCO₂), bicarbonato sérico (HCO₃⁻), bióxido de carbono total (CO₂T) y exceso de base (EB); y baja (< 0.50) para la presión (PO₂) y la saturación de oxígeno (SO₂).

El procedimiento estadístico de Bland y Altman²⁶ comienza con la construcción de una gráfica de dispersión, con una línea de tendencia que divide la misma en 2 partes

Tabla 2 Magnitud de la concordancia entre las variables de la gasometría arterial y venosa central en sujetos postoperados de cirugía de revascularización miocárdica en condición estable

| | CCI (A-V) | IC 95% |
|--|-----------|---------------|
| pH | 0.904 | 0.859, 0.935 |
| PO ₂ (mmHg) | 0.258 | -0.095, 0.498 |
| PCO ₂ (mmHg) | 0.787 | 0.686, 0.856 |
| HCO ₃ ⁻ (mmol/l) | 0.794 | 0.696, 0.860 |
| CO ₂ T (ml/dl) | 0.756 | 0.639, 0.835 |
| EB (mmol/l) | 0.812 | 0.713, 0.876 |
| SO ₂ (%) | 0.418 | 0.140, 0.606 |
| Lactato (mmol/l) | 0.943 | 0.916, 0.961 |

A: arterial; CCI: coeficiente de correlación intraclase; CO₂T: bióxido de carbono disuelto total; EB: exceso de base; HCO₃⁻: bicarbonato sérico; IC: intervalo de confianza; PCO₂: presión de bióxido de carbono; pH: potencial hidrógeno; PO₂: presión de oxígeno; SO₂: saturación de oxígeno; V: venoso.

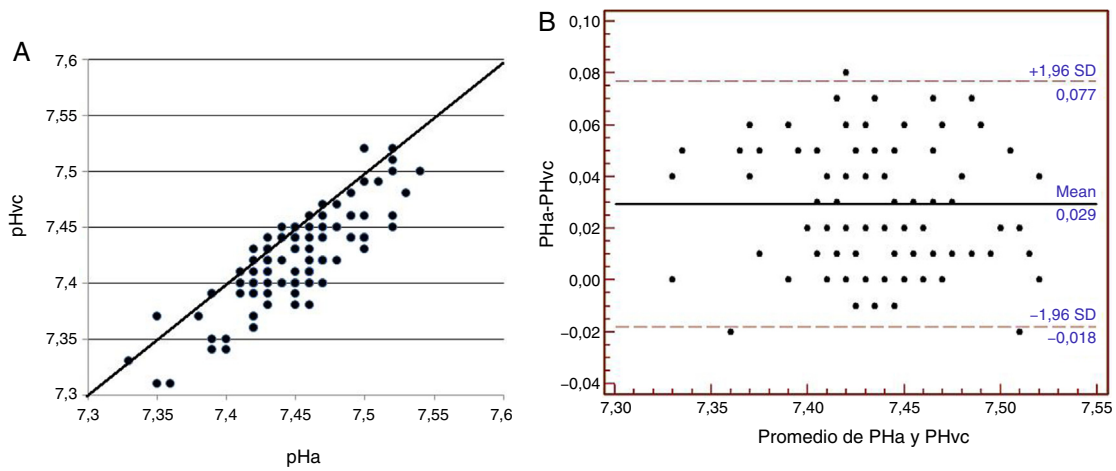


Figura 1 Gráfica de dispersión (A) y de Bland-Altman (B) de la relación arterial y venosa central del pH. Se muestra en ambas gráficas la dispersión de los datos cercanos a la línea de identidad (A) y el sesgo (B) dentro de las 2 desviaciones estándar. pHa: pH arterial; pHvc: pH venoso central.

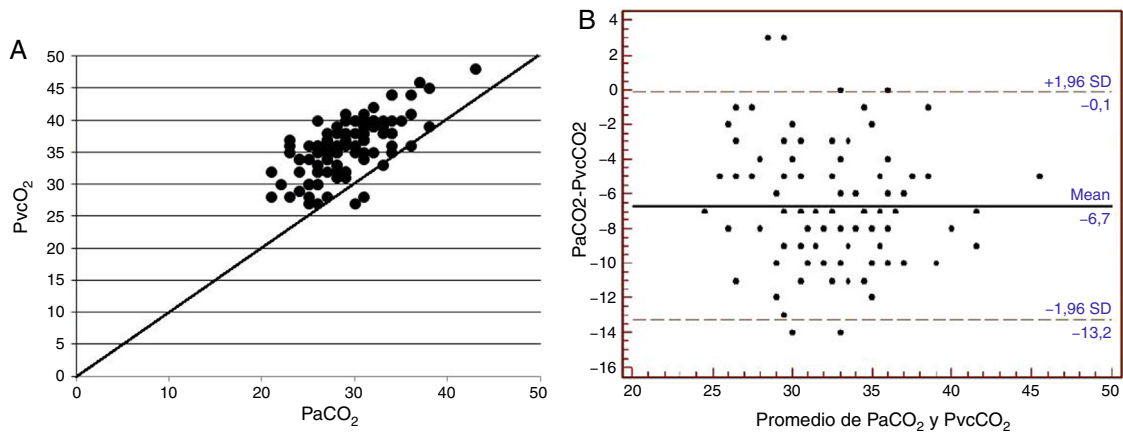


Figura 2 Gráfica de dispersión (A) y de Bland-Altman (B) de la relación arterial y venosa central de la presión de bióxido de carbono. Se aprecian los datos cercanos a la línea de identidad, sin embargo el sesgo es muy amplio. PaCO₂: presión arterial de bióxido de carbono (mmHg); PvcCO₂: presión venosa central de bióxido de carbono (mmHg).

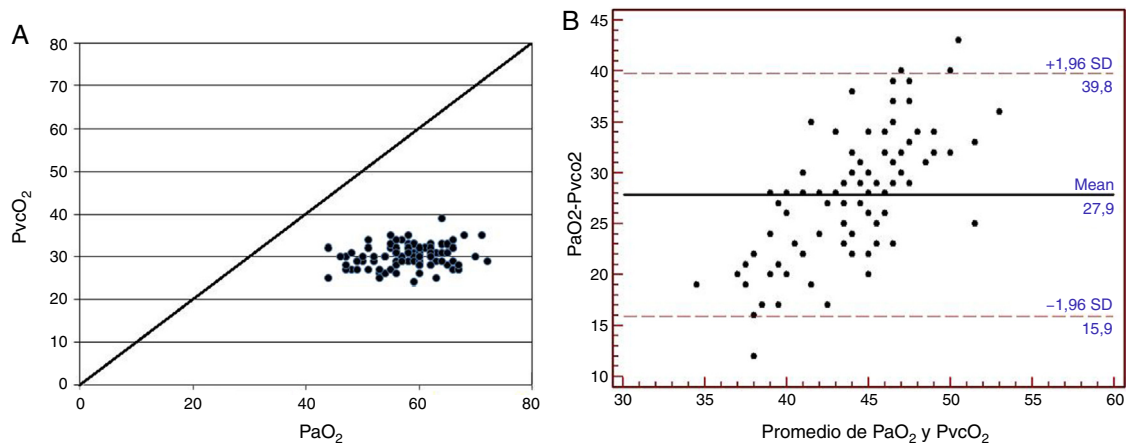


Figura 3 Gráfica de dispersión (A) y de Bland-Altman (B) de la relación arterial y venosa central de la presión de oxígeno. Se muestra la distribución de los datos no homogéneos a la línea de identidad y sesgo. PaO₂: presión arterial de oxígeno (mmHg); PvcO₂: presión venosa central de oxígeno (mmHg).

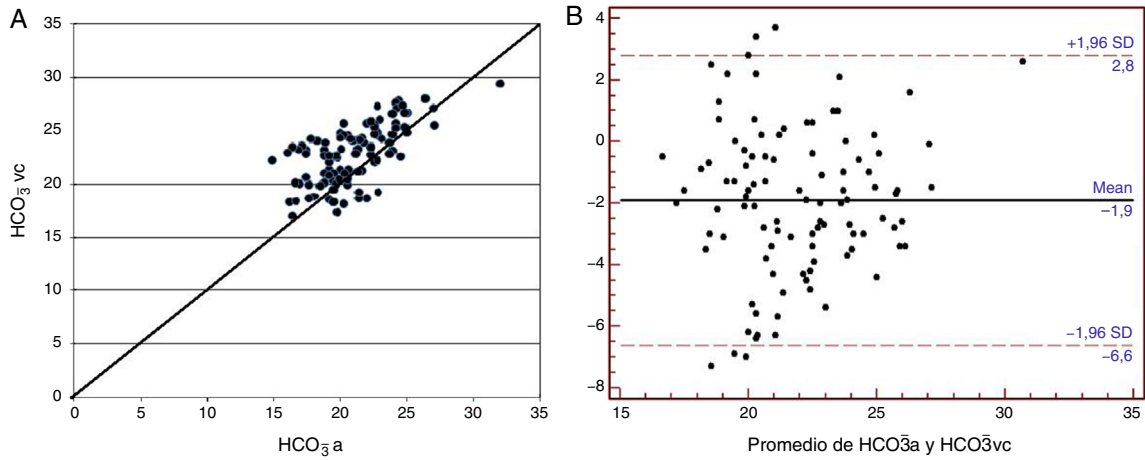


Figura 4 Gráfica de dispersión (A) y de Bland-Altman (B) de la relación arterial y venosa central del bicarbonato sérico. Los datos están cercanos a la línea de identidad sin embargo el sesgo es muy amplio. HCO_3^- a: bicarbonato sérico arterial (mmol/L); HCO_3^- vc: bicarbonato sérico venoso central (mmol/L).

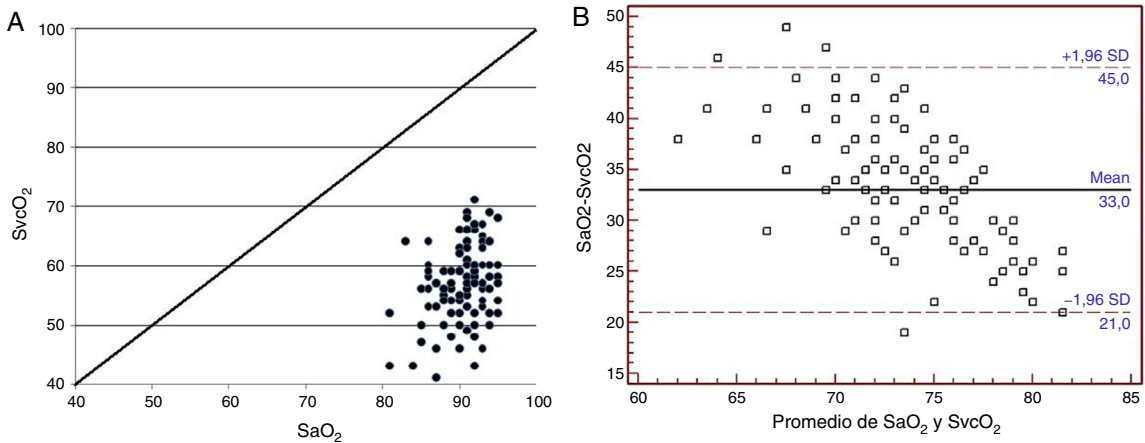


Figura 5 Gráfica de dispersión (A) y de Bland-Altman (B) de la relación arterial y venosa central de la saturación de oxígeno. Se muestra en ambas gráficas la distribución de los datos lejanos a la línea de identidad y sesgo amplio. SaO_2 : saturación arterial de oxígeno (%); SvcO_2 : saturación venosa central de oxígeno (%).

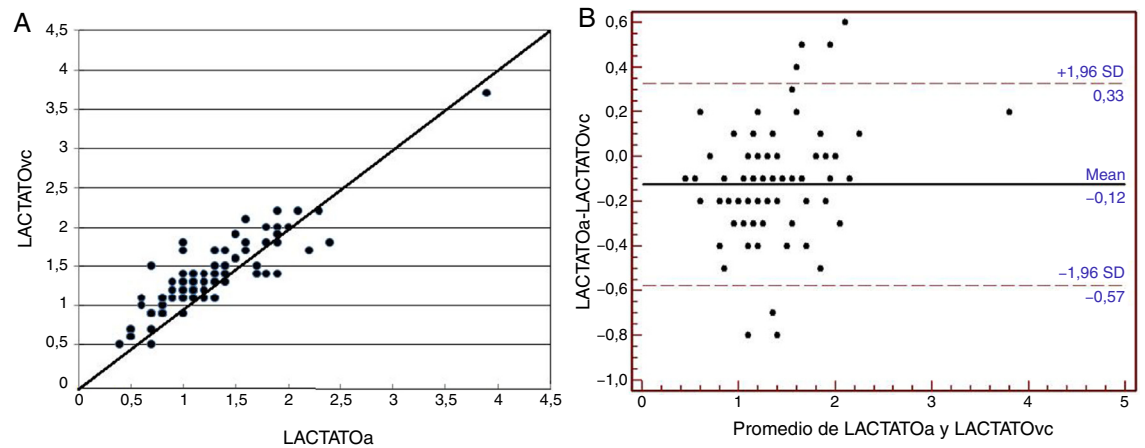


Figura 6 Gráfica de dispersión (A) y de Bland-Altman (B) de la relación arterial y venosa central del lactato. Se muestra la dispersión de los datos cercanos a la línea de identidad (A) y el sesgo (B) dentro de las 2 desviaciones estándar. a: arterial (mmol/L); vc: venoso central (mmol/L).

iguales; esta línea parte de valores iguales en la unión de los ejes X e Y. Los puntos representan los valores arteriales (X) y venosos centrales (Y); si no hubiera dispersión estarían sobre la línea recta o si la variación fuera mínima estarían muy cercana a ella. El procedimiento se complementa con el gráfico de Bland y Altman, que es la relación del promedio de ambas gasometrías contra la diferencia media (sesgo) de ambos valores. La diferencia media ideal debe ser cero para indicar que ambos valores son iguales. De no ser así, este sesgo se desplazaría hacia valores positivos o negativos de la gráfica, lo que indica la dirección del sesgo. Esta diferencia media se encuentra delimitada por 2 desviaciones estándar, todos los valores en estos límites permitidos son los de normalidad, que serán amplios o estrechos dependiendo de la variación de los datos. El procedimiento es de tipo descriptivo, no incluye el cálculo de la magnitud de la concordancia, sin embargo, ha sido necesario conocerlo; con este objetivo se ha utilizado la correlación del momento producto de Pearson^{7,9,12,13,20}, regresión lineal^{8,11,17,24} y el coeficiente de correlación intraclase²³.

El CCI se considera un índice de confiabilidad (concordancia, repetibilidad, grado de acuerdo, fiabilidad)^{28,29}, se sugiere que es el estadístico adecuado para valorar el grado de acuerdo cuando se usan variables numéricas. Su cálculo se apoya en la variación de los datos y del análisis de varianza (ANOVA), a diferencia de la correlación o regresión lineal²⁶, donde el resultado se basa en el ajuste de los datos a una línea recta que puede ser positiva o negativa y no necesariamente dividir la gráfica en 2 partes iguales al tener diferentes puntos de partida, y en que la correlación mide la fuerza de la relación entre 2 variables y no el acuerdo entre ellas. De los estudios referidos solo uno informó haber utilizado el CCI²³. Con esto se infiere que las conclusiones habrán de ser tomadas con precaución dado el método estadístico inadecuado utilizado para establecer la concordancia (acuerdo).

El pH es el parámetro más consistente en la concordancia entre ambas gasometrías informadas⁷⁻²⁴, y como se muestra en nuestro trabajo en las tablas 1 y 2 y en la figura 1A la dispersión se encuentra a lo largo de la línea recta, con valores por debajo de esta; y en la figura 1B la mayoría de los valores se encuentran entre las 2 desviaciones estándar y a lo largo del promedio arterial y venoso del pH.

Se ha publicado previamente los buenos resultados del lactato en la unidad de cuidados intensivos¹⁰, con una diferencia media de 0.08 mmol/l y límites de acuerdo al 95% de -0.27 a 0.42. En concordancia con nuestro informe del lactato de las tablas 1 y 2, y la figura 6A-B, la diferencia media fue de -0.12 ± 0.22 y los límites de acuerdo -0.56 a 0.66. El pH y el lactato son los únicos parámetros de la gasometría que podrían ser sustituidos por los obtenidos de la GVC en nuestra población de pacientes.

A diferencia del pH, la PO₂ y la PCO₂ que pueden ser cuantificados de manera directa, los otros valores implicados en el análisis del equilibrio ácido-base, como el HCO₃⁻ y el CO₂T, pueden ser derivados de cálculos que involucran al pH, la PO₂ y la PCO₂ y el conocimiento del valor de la hemoglobina. En el presente trabajo se consideró pertinente el análisis de ambos componentes, respiratorio y metabólico, obtenidos de manera directa y calculados; el EB no depende del nivel de oxígeno, por lo que los valores arteriales y venosos pueden ser comparados. El EB es una manera

de expresar el componente metabólico de las alteraciones ácido-base y puede ser referido como la cantidad de ácido o base requerido para regresar al plasma in vitro a un pH normal bajo condiciones estándar¹⁶. El HCO₃⁻, el CO₂T, el EB, y la PCO₂ tuvieron un CCI moderado (tabla 2); estos valores muy parecidos podrían ser explicados dado que comparten la PCO₂ para poder ser calculados, es decir, se mide parte de lo mismo.

A pesar de que diversos estudios^{10,17,18} han señalado que la PCO₂ y el HCO₃⁻ podrían ser utilizados de manera intercambiable, en nuestro estudio, la concordancia fue moderada para estas medidas, por lo que habría que ser cautos con lo informado.

Por último, para la PO₂ y la SO₂, el CCI fue bajo (tablas 1 y 2), (fig. 3A-B y fig. 5A-B); esta discordancia se ha puntualizado previamente¹³⁻¹⁶. Los parámetros que valoran la oxigenación son los más desiguales entre ambas muestras.

Los gases sanguíneos obtenidos de las gasometrías arteriales a la altitud de la ciudad de México (2,240 m sobre el nivel del mar) se han comunicado previamente como³⁰ de pH 7.33-7.43, presión arterial de oxígeno 67.5 ± 2.5 mmHg, presión arterial de bióxido de carbono 32.2 ± 2.5 mmHg, y saturación arterial de oxígeno 90.74% respirando oxígeno al 21% (aire ambiente). Estos valores dependen de la altitud, como fue puntualizado en trabajos previos³⁰⁻³². La saturación venosa central de oxígeno en nuestro estudio fue muy baja (57.47 ± 6.43 mmHg) según este valor, además llama la atención que la saturación venosa central de oxígeno sea menor del 70% como habitualmente se toma según Rivers et al.²⁷ como meta de resucitación en sepsis. Cabría preguntarse si este punto de corte sería el óptimo para iniciar la rehidratación en sepsis o el uso de fármacos con actividad inotrópica, en nuestra población y altitud. Esta pregunta deberá ser contestada en otro trabajo de investigación.

Con estas consideraciones proponemos al pH y al lactato como los únicos que podrían ser tomados en cuenta indistintamente sean obtenidos en el lado arterial o venoso central. Los parámetros de resultados moderados en el CCI podrían ser considerados para su uso con fines estadísticos; Bland y Altman²⁶ recomiendan que si la diferencia media entre 2 valores no son clínicamente importantes, las 2 medidas podrían usarse de manera indistinta, y 2 desviaciones estándar de los valores serían suficientes para aceptarlos. En otras condiciones como el ser valores «clínicamente importantes» se requeriría conocer hasta qué valores límites el médico clínico aceptaría utilizar los resultados de una GVC por una GA; tal confrontación solo ha sido orientada en el trabajo de Rang et al.¹⁹ donde esta pregunta obligó a hacer ajustes en la gasometría venosa, mediante fórmulas de regresión para equiparar ambas muestras, lo cual hizo entender que las muestras fueron diferentes y, en consecuencia, no intercambiables.

Limitaciones del estudio

Nuestros resultados fueron producto de una unidad de TPQ de referencia en el Instituto Mexicano del Seguro Social, de la Ciudad de México, DF., y solo con sujetos definidos en condición estable; es posible que solo sea aplicable a unidades que se encuentren a altitudes similares y sujetos postoperados de cirugía de RVM en condición estable.

El tamaño muestral fue relativamente pequeño, aunque lo consideramos suficiente para demostrar las diferencias esperadas en las muestras sanguíneas. Este trabajo generó otras preguntas que responder para continuar con esta línea de investigación.

Conclusiones

Los valores de pH y lactato obtenidos en ambas gasometrías (GA y GVC) pueden ser estadísticamente intercambiables. Su utilidad clínica debe ser establecida por otros estudios de investigación. El HCO_3^- , el CO_2T , EB, y la PCO_2 tuvieron valores estadísticos suficientes para ser considerados en el grado de acuerdo, sin embargo, las diferencias medias son lo suficientemente amplias como para ser tomadas en cuenta en la práctica clínica. La PO_2 y la SO_2 son diferentes entre ambas muestras, por lo que no pueden ser utilizadas de manera indistinta.

Financiación

No se recibió patrocinio de ningún tipo para llevar a cabo este estudio.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Braner DAV, Lai S, Eman S, et al. Central venous catheterization-subclavian vein. *N Engl J Med*. 2007;357:e26.
2. Tegtmeyer K, Bradi G, Lai S, et al. Placement of an arterial line. *N Engl J Med*. 2006;354:e13.
3. Mortensen JD. Clinical sequelae from arterial needle puncture, cannulation, and incision. *Circulation*. 1967;35:1118–23.
4. Criscuolo C, Nepper G, Buchalter S. Reflex sympathetic dystrophy following arterial blood gas sampling in the intensive care setting. *Chest*. 1995;108:578–80.
5. Singh NP, Vargas FS, Cukier A, et al. Arterial blood gases after coronary artery bypass artery. *Chest*. 1992;102:1337–41.
6. Kelly AM, McAlpine R, Kyle E. Agreement between bicarbonate measured on arterial and venous blood gases. *Emerg Med Australas*. 2004;16:407–9.
7. Kelly AM, McAlpine R, Kyle E. Venous pH can safely replace arterial pH in the initial evaluation of patients in the emergency department. *Emerg Med J*. 2001;18:340–2.
8. Ma OJ, Rush MD, Godfrey MM, et al. Arterial blood gas results rarely influence emergency physician management of patients with suspected diabetic ketoacidosis. *Acad Emerg Med*. 2003;10:836–41.
9. Gokel Y, Paydas S, Koseoglu Z, et al. Comparison of blood gas and acid-base measurements in arterial and venous blood samples in patients with uremic acidosis and diabetic ketoacidosis in the emergency room. *Am J Nephrol*. 2000;20:319–23.
10. Middleton P, Kelly AM, Brown J, et al. Agreement between arterial and central venous values for pH, bicarbonate, base excess, and lactate. *Emerg Med J*. 2006;23:622–4.
11. Chu YC, Chen CZ, Lee CH, et al. Prediction of arterial blood gas values from venous blood gas values in patients with acute respiratory failure receiving mechanical ventilation. *J Formos Med Assoc*. 2003;102:539–43.
12. Brandenburg MA, Dire DJ. Comparison of arterial and venous blood gas values in the initial emergency department evaluation of patients with diabetic ketoacidosis. *Ann Emerg Med*. 1998;31:459–65.
13. Ak A, Ogun CO, Bayir A, et al. Prediction of arterial blood gas values from venous blood gas values in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *Tohoku J Exp Med*. 2006;210:285–90.
14. Malatesha G, Singh NK, Bharija A, et al. Comparison of arterial and venous pH, bicarbonate, PCO_2 , and PO_2 in initial emergency department assessment. *Emerg Med J*. 2007;24:569–71.
15. Toftegaard M, Rees SE, Andreassen S. Evaluation of a method for converting venous values of acid-base and oxygenation status to arterial values. *Emerg Med J*. 2009;26:268–72.
16. Toftegaard M, Rees SE, Andreassen S. Correlation between acid-base parameters measured in arterial blood and venous blood sampled peripherally from vena cavae superior, and from the pulmonary artery. *Eur J Emerg Med*. 2008;15:86–91.
17. Treger R, Pirouz S, Kamangar N, et al. Agreement between central venous and arterial blood gas measurements in the intensive care unit. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2010;5:390–4.
18. Herrington WG, Nye HJ, Hammersley MS, et al. Are arterial and venous samples clinically equivalent for the estimation of pH, serum bicarbonate and potassium concentration in critically ill patients? *Diabet Med*. 2012;29:32–5.
19. Rang LCF, Murray HE, Wells GA, et al. Can peripheral venous blood gases replace arterial blood gases in emergency department patients? *CJEM*. 2002;4:7–15.
20. Malinoski DJ, Todd SR, Slone S, et al. Correlation of central venous and arterial blood gas measurements in mechanically ventilated trauma patients. *Arch Surg*. 2005;140:1122–5.
21. Kelly AM, Kyle E, McAlpine R. Venous pCO_2 and pH can be used to screen for significant hypercarbia in emergency patients with acute respiratory disease. *J Emerg Med*. 2002;22:15–9.
22. Adrogué HJ, Rashad MN, Gorin AB, et al. Assessing acid-base status in circulatory failure: Differences between arterial and central venous blood. *N Engl J Med*. 1989;320:1312–6.
23. Walkey AJ, Farber HW, O'Donnell C, et al. The accuracy of the central venous blood gas for acid-base monitoring. *J Intensive Care Med*. 2010;25:104–10.
24. McCanny P, Bennett K, Staunton P, et al. Venous vs arterial blood gases in the assessment of patients presenting with an exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Emerg Med*. 2012;30:896–900.
25. Allen EV. Thromboangiitis obliterans: Methods of diagnosis of chronic occlusive arterial lesions distal to the wrist with illustrative cases. *Am J Med Sci*. 1929;178:237–44.
26. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986;1:307–10.
27. Rivers E, Nguyen B, Havstad S, et al. Early goal-directed therapy in the treatment therapy on severe sepsis and septic shock. *N Engl J Med*. 2001;345:1368–77.
28. De Vet HCW, Terwee CB, Knola DL, et al. When to use agreement versus reliability measures. *J Clin Epidemiol*. 2006;59:1033–9.
29. Raggio Luiz R, Szklo M. More than one statistical strategy to assess agreement of quantitative measurements may usefully be reported. *J Clin Epidemiol*. 2005;58:215–6.
30. Martínez-Guerra ML, Fernández-Bonetti P, Balvanera A. Valores normales de algunas medidas de la función respiratoria en la Ciudad de México. *Prensa Med Mex*. 1973;38:1–5.
31. Pérez-Martínez SO, Pérez-Padilla JR. Valores gasométricos en sujetos sanos reportados en la población mexicana: revisión y análisis. *Rev Inv Clin*. 1992;44:353–62.
32. Fong-Ponce B, Rico-Méndez FG, Ochoa-Jiménez LG, et al. Blood gas and pulmonary function test behavior at different levels of altitude in Hispanic resident populations [abstract 146002]. *Chest*. 2008:134.