

Tercer Lugar: Premio «Dr. Mario Shapiro»

Delta arterial-venoso de la presión de CO₂ (Δ PCO₂) como indicador de reanimación y mortalidad en cuidados postquirúrgicos cardiovasculares

Dr. Héctor Rafael López Pérez,* Dr. Julio Sandoval Almengor,* Dra. Carmina Salinas Martínez,* Dr. Manuel Poblano Morales,† Dr. Christian Sánchez Castrillo,‡ Dra. Janet Aguirre Sánchez,§ Dr. Juvenal Franco Granillo^{||}

RESUMEN

Objetivos: Determinar la correlación entre Δ PCO₂ y los índices de reanimación, como la presión arterial media (PAM), presión de oclusión arterial pulmonar (PAOP), presión venosa central (PVC), la saturación de oxígeno venoso mixto (SvO₂), índice cardíaco (IC), diferencia de lactato (Δ Lac) así como con el EUROS-CORE y la puntuación APACHE II en las primeras 24 horas en la UCI.

Pacientes y métodos: Veintiséis pacientes en el postoperatorio temprano de cirugía cardíaca se incluyeron. Se calculó el Euroscore y APACHE II al ingreso. Las muestras de sangre se obtuvieron a partir de la línea arterial, de la arteria pulmonar (AP) y los catéteres venosos centrales (CV). Las mediciones de PAM, Δ PCO₂, Δ Lac, PAOP; SvO₂ y PVC se realizaron al ingreso y cada 12 h durante 24 h (T0, T12, T24), el IC fue medido por técnica de termodilución con un catéter de Swan-Ganz en 23 pacientes y por análisis contorno pulso arterial a través de la línea arterial en tres pacientes. Las variables se registraron a fin de determinar su correlación con Δ PCO₂ y la mortalidad.

La correlación estadística de las variables con el Δ PCO₂ se realizó con la correlación bivariada (Pearson Test), y curva ROC para la discriminación de la

SUMMARY

Aims: To determinate the correlations between Δ PCO₂ and the reanimation indices such as mean blood pressure (MBP), pulmonary artery occlusion pressure (PAOP), central venous pressure (CVP); Mixed Venous Oxygen Saturation (SvO₂), cardiac index (CI), lactate difference (Δ Lac) and the outcomes scales such Euro-score and APACHE II in the first 24 hrs in the ICU.

Patients and methods: Twenty-six patients in the early postoperative period of cardiac surgery were included, preoperative Euro-score and APACHE II score at admission were calculated. The blood samples were obtained from the arterial line, pulmonary artery (PA) and central venous catheters (CV). Measurements of MBP, Δ PCO₂, Δ Lac, PAOP; SvO₂ were performed at admission and every 12 h over 24 h (T0, T12, T24); the CI was measured by the thermodilution technique with a Swan-Ganz catheter in 23 patients and by arterial pulse contour analysis with arterial line in three. The variables were recorded to determine their correlation with Δ PCO₂ and mortality. Statistical correlation of variables with Δ CO₂ was assessed by bivariate correlation (Pearson Test), and ROC curve for discrimination of the test. A p value of less than 0.05 was considered to be statistically significant.

* Médico Internista/Residente 3er año Medicina del Enfermo en Estado Crítico.

† Médico Internista/Intensivista Adscrito Departamento de Medicina Crítica.

‡ Neumología/Ventilación Mecánica Centro Médico ABC.

§ Subjefe Departamento Medicina Crítica.

^{||} Jefe Departamento Medicina Crítica.

prueba. Un valor de p inferior a 0.05 se consideró estadísticamente significativo.

Resultados: En un periodo de un año (2008), 9 hombres y 16 mujeres fueron incluidos, con una edad media de 63 ± 8.9 años. Las operaciones realizadas fueron de bypass coronario en 10 pacientes, en la válvula mitral 6 pacientes, válvula aórtica en 8, una cirugía de aorta torácica y 1 cirugía interauricular; el Euro-score preoperatorio fue de 6.3 ± 3.2 , con un tiempo de bypass cardiopulmonar de 77 ± 20 min, un tiempo de pinzamiento aórtico de $49 \text{ min} \pm 17 \text{ min}$, con 2 pacientes con cirugía sin bomba de derivación; la media ΔPCO_2 fue de $6.19 \text{ mmHg} \pm 2.6 \text{ mmHg}$ al ingreso, con un APACHE II de 11 ± 3.66 puntos. El ΔPCO_2 en la admisión (T0) y las 12 horas (T12) mostró una correlación positiva con el pinzamiento aórtico y con el tiempo de bomba ($p = 0.02$ y $p = 0.042$), y una correlación negativa con la mortalidad ($p = 0.012$); en el ΔPCO_2 en T12 y T24 había una correlación positiva con la SvO_2 de T12 y T24 ($p = 0.012$ y $p = .029$); de la misma forma el IC de T12 y T24 hubo una correlación positiva con la SVO_2 de T12 y T24 ($p = 0.002$ y $p = 0.009$). Hubo dos muertos. La sensibilidad y especificidad para la mortalidad fue de un valor de corte para DCO_2 al ingreso de 9.5 mmHg y tuvo una sensibilidad del 100% (IC 95%) y una especificidad del 95% (IC 95%-AUC 1.00); en las 24 horas después de la cirugía el DCO_2 con valor de corte de 5.5 tuvo una sensibilidad y especificidad del 100% y 62.5 respectivamente (AUC .760; IC 95%); un puntaje en Euroscore el valor de 8.5 tuvo una sensibilidad del 100% y una especificidad del 83% (AUC .917, IC 95%).

Conclusiones: El ΔPCO_2 podría ser un indicador útil y sencillo de reanimación postquirúrgica en la atención cardiovascular, este estudio intentó correlacionarlo con escalas como el Euro y la puntuación APACHE-II, así como indicadores de la reanimación como SvO_2 , IC, PVC, lactato, PAOP. Este estudio demostró que un valor de corte ΔPCO_2 de más de 6 mmHg en las primeras 24 horas de postquirúrgica se correlacionó con un mal pronóstico y muestra la necesidad de una mayor intensidad de reanimación. Sin embargo, un mayor número de pacientes son necesarios para validar estas conclusiones.

Palabras clave: Delta de CO_2 , índices de reanimación, cuidados críticos postquirúrgicos.

Results: In a one year period (2008), 9 Men and 16 women were included, with a mean age of 63 ± 8.9 years; The operations performed were coronary Bypass in 10 patients, mitral valve in 6, aortic valve in 8, one thoracic aortic surgery and one interauricular surgery; the meaning preoperative Euro-score were 6.3 ± 3.2 with a meaning cardiopulmonary bypass time of $77 \pm 20 \text{ min}$, aortic cross clamping time of $49 \text{ min} \pm 17 \text{ min}$, with two off pump coronary bypass; the mean of ΔPCO_2 was $6.19 \text{ mmHg} \pm 2.6 \text{ mmHg}$ at admission, with a APACHE II of 11 points ± 3.66 . The ΔPCO_2 at the admission (T0) and the 12 h (T12) showed a positive correlation with the aortic cross clamping and bypass time ($p = 0.02$ and $p = 0.042$), and a negative correlation with the mortality ($p = 0.012$); in the ΔPCO_2 at T12 and T24 had a positive correlation with the SvO_2 of T12 and T24 ($p = 0.012$ and $p = .029$); in the same way the CI of T12 and T24 had a positive correlation with the SVO_2 of T12 and T24 ($p = 0.002$ and $p = 0.009$). There were two dead. The Sensibility and Specificity for mortality was with a cutoff value of DCO_2 at admission of 9.5 mmHg and it had a 100 % of sensibility (CI 95%) and a specificity of 95% (CI 95 %-AUC 1.00); at the 24 h post-surgery the DCO_2 cutoff value of 5.5 had a sensibility and specificity of 100% and 62.5 respectively (AUC .760; CI 95%); A Euro-score value of 8.5 had a sensibility of 100% and a specificity of 83% (AUC .917, CI 95%).

Conclusions: The ΔPCO_2 could be a simple and useful indicator of postsurgical reanimation in cardiovascular care, this study tried to correlate it with scales like the Euro-score and APACHE II as well as indicators of resuscitation as SvO_2 , CI, CVP, lactate, PAOP. This study showed that a cutoff value of ΔPCO_2 more than 6 mmHg in the first 24 h of post-surgical is consistent with a poor prognostic and showing the likely need for more intensive reanimation. Nevertheless more patients are necessary to validate these conclusions.

Key words: Delta CO_2 , reanimation indices, post-surgical critical care.

INTRODUCCIÓN

En la década de los 50, la posibilidad de poder detener el latido cardíaco y mantener una circulación y una adecuada oxigenación periférica, mediante una bomba con un sistema de oxigenación extracorpórea, abrió el camino de la cirugía cardíaca actual. Antes de las técnicas de circulación extracorpórea (CEC) sólo se realizaban intervenciones

a «cielo cerrado» como comisurotomías mitrales, e incluso revascularizaciones miocárdicas, con considerables limitaciones al estar el corazón latiendo, y en el presente se están reintroduciendo nuevas técnicas denominadas mínimamente invasivas y sin CEC.

Una vez abierto el tórax, la técnica del bypass cardiopulmonar, consiste en la canulación de las venas cavas superior e inferior junto a la aurícula

derecha, y de la aorta ascendente o arteria femoral. La sangre procedente de las cavas entra por el circuito de CEC, donde es propulsado por una bomba y pasa a través de un intercambiador térmico que permite inducir la hipotermia y calentar la sangre antes de salir de la CEC y, posteriormente, el flujo pasa por un oxigenador de membrana o de burbuja, retornando al paciente por una cánula situada en la aorta y ocasionalmente en arteria femoral. El oxigenador posee un sistema de «filtro de aire» para evitar el paso de burbujas al lecho arterial. La CEC requiere anticoagulación con heparina cuyo efecto es revertido posteriormente con protamina.

Una vez que el paciente está bajo CEC, habitualmente se procede a infundir una solución cardiopléjica por la raíz aórtica o directamente sobre las arterias coronarias y/o seno coronario. Para producir la parada cardíaca requerida se utiliza una solución cardiopléjica rica en potasio. En la gran mayoría de las intervenciones se realiza el pinzamiento de la aorta, distalmente a las coronarias, con el objeto de liberar de sangre el lecho quirúrgico.

Existen diversos factores que condicionan la situación hemodinámica durante el transquirúrgico y el postquirúrgico del paciente sometido a CEC; estos factores son:

- Hipotermia sistémica cuando se aplica una CEC con hipotermia, generalmente asociada a flujos bajos y que conduce a vasoconstricción de lechos vasculares con hipoperfusión hística.¹
- La cardioplejía produce una disminución global de la contractilidad y una disminución de la distensibilidad ventricular. La reperfusión provoca la liberación de mediadores y radicales libres con efecto cardiotóxico.²
- La misma agresión quirúrgica.
- Estado de volemia caracterizado generalmente por un volumen circulante.

Si la protección miocárdica ha sido adecuada, al reperfundir el corazón se restablece el latido cardíaco.

Una gran cantidad de alteraciones anatómicas, bioquímicas, eléctricas y mecánicas ocurren durante la reperfusión. Para la mayoría de los pacientes esas anomalías se normalizan con el tiempo y mínimas intervenciones. Para los pacientes vulnerables expuestos a prolongados periodos de isquemia o inadecuada protección, la reperfusión puede extender el daño.

Los objetivos de la monitorización hemodinámica son la valoración adecuada de la perfusión y oxige-

nación tisular, así como el diagnóstico de fallo ventricular derecho e izquierdo, disfunciones específicas pulmonares y cardíacas, y controlar los efectos de la sustitución de fluidos, y la administración de fármacos vasoactivos.

A la salida de la CEC existe el riesgo de que se presenten alteraciones circulatorias con hipoperfusión tisular, por lo que es necesario tener índices de reanimación. Hasta el momento, sin embargo, se desconoce aún la utilidad de la determinación de la diferencia arteriovenosa de CO₂ como medida de reanimación en pacientes de cirugía cardíaca.

PACIENTES Y MÉTODOS

Se estudiarán todos los pacientes adultos del Departamento de Medicina Crítica y Terapia intensiva del Centro Médico ABC campus Observatorio, durante el año 2008, que fueron intervenidos con cirugía cardiovascular valvular y coronaria.

Se determinaron las variables Euroscore, tiempo de pinzamiento aórtico, y tiempo de CEC.

Se monitorizaron al ingreso (T0), 12 h (T12) y 24 h (T24), las variables: TAM, PAOP, PVC, ScVO₂, IC y lactato sérico; por medio de catéter de Swan-Ganz y monitor de gasto continuo Vigilance I y II de Edwards y/o monitoreo por termodilución por monitor Phillips; línea arterial para monitorizar presión arterial.

Al arribo a la UTI se realizarán las medidas hemodinámicas basales y de manera simultánea se obtendrán muestras sanguíneas del catéter radial y del puerto distal del catéter de Swan-Ganz.

El análisis de variables gasométricas se realizará por medio del monitor GEM 4000.

Basados en el PaCO₂ y el PvCO₂ se calculará el ΔCO₂ con la fórmula:

$$\Delta\text{CO}_2 = \text{PvCO}_2 - \text{PaCO}_2.$$

Las variables tomadas para determinar su correlación con ΔCO₂ consistieron TAM, PAOP, PVC, ScVO₂, IC y lactato sérico como correlación con mortalidad. La medición de lactato se realizará por medio de gasómetro GEM 4000 a una temperatura de 37°.

Se investigará correlación del ΔCO₂ con de esto con la mortalidad a los 30 días y morbilidad de los pacientes.

RESULTADOS

En un periodo de un año (2008), 9 hombres y 16 mujeres fueron incluidos, con una edad media de

63 \pm 8.9 años. Las operaciones realizadas fueron de bypass coronario en 10 pacientes, en la válvula mitral 6 pacientes, válvula aórtica en 8, una cirugía de aorta torácica y una cirugía interauricular; el de euros puntuación preoperatoria fueron 6.3 \pm 3.2, con un tiempo de bypass cardiopulmonar de 77 \pm 20 min y de pinzamiento aórtico de 49 min \pm 17 min, con 2 pacientes sin bomba de derivación coronaria, la media Δ PCO₂ fue de 6.19 mmHg \pm 2.6 mmHg al ingreso, con un APACHE II de 11 \pm 3.66 puntos.

El Δ PCO₂ en la admisión (T0) y las 12 horas (T12) mostró una correlación positiva con el pinzamiento aórtico y con el tiempo de bomba ($p = 0.02$ y $p = 0.042$), y una correlación negativa con la mortalidad ($p = 0.012$); en el Δ PCO₂ en T12 y T24 había una correlación positiva con la SvO₂ de T12 y T24 ($p = 0.012$ y $p = .029$); de la misma forma el IC de T12 y T24 hubo una correlación positiva con la SVO₂ de T12 y T24 ($p = 0.002$ y $p = 0.009$). Hubo dos muertos. La sensibilidad y especificidad para la mortalidad fue de un valor de corte para DCO₂ al ingreso de 9.5 mmHg y tuvo una sensibilidad del 100% (IC 95%) y una especificidad del 95% (IC 95%-AUC 1.00); en las 24 horas después de la cirugía el DCO₂ con valor de corte de 5.5 tuvo una sensibilidad y especificidad del 100% y 62.5 respectivamente (AUC .760; IC 95%); un puntaje en Euroscore el valor de 8.5 tuvo una sensibilidad del 100% y una especificidad del 83% (AUC .917, IC 95%).

DISCUSIÓN

A través del monitoreo hemodinámico, los factores como precarga, postcarga, contractilidad y frecuencia cardíaca pueden ser determinadas y alteradas por medio de variadas intervenciones, tales como determinación de índice cardíaco (IC), presión venosa central (PVC), variabilidad del volumen diastólico (VVS) y variabilidad de presión del pulso (VPP), saturación venosa mezclada de oxígeno (SvO₂) lactato y poder cardíaco; sin embargo, muchos de éstos son aún cuestionados y otros aceptados en situaciones tales como sepsis, trauma y falla cardíaca, como lo han demostrado varios autores.³⁻⁷

En 1991 se estudió el Δ CO₂ y lactato sanguíneo en 10 pacientes post CEC, en donde se mostró que el IC, el lactato, así como el consumo de oxígeno (VO₂) se incrementan durante el estado postquirúrgico, sin encontrar una relación con los niveles del DCO₂ en contraste al estudio de Cavaliere et al en 1996, en donde encontraron que P(a-v) CO₂ representa un útil parámetro para monitorizar durante el

postquirúrgico temprano, esto en pacientes después de revascularización miocárdica.^{8,9}

Cuschieri y Rivers en el 2005 concluyeron en su trabajo que el Δ CO₂ obtenido de catéter en la arteria pulmonar y catéter central, se correlacionan de manera inversa con el índice cardíaco, por lo que la sustitución de una Δ CO₂ mezclada a central aporta una alternativa aguda para el cálculo de gasto cardíaco.

En trabajos recientes, en pacientes con choque séptico en los cuales se han alcanzado metas de reanimación, se estableció que un Δ CO₂ mayor de 6 mmHg es útil para identificar a enfermos en quienes aún permanecen inadecuadamente reanimados, pretendiendo establecer esto como meta de reanimación en sepsis.^{10,11}

Es de interés el estudio realizado por Takami et al, en el que incluyeron 143 pacientes de cirugía cardíaca con CEC; determinaron que los factores que se correlacionaron de manera significativa con el Δ CO₂ fueron la duración del CEC, tiempo de pinzado aórtico, niveles iniciales de lactato, diferencia arterio-venosa transpulmonar de lactato, nivel arterial de bicarbonato, exceso de base, índice cardíaco, SvO₂, DO₂, VO₂, así como el valor pico de CPK, concluyendo que el Δ CO₂ refleja una alteración de la perfusión y metabolismo anaeróbico inducido por el CEC durante el intraoperatorio, así como el postoperatorio inmediato y en las primeras 12 h sólo para variables de CPK, sin relacionar las demás variables de reanimación durante las primeras 24 h postquirúrgicas.¹²

Este trabajo encontró en las operaciones realizadas el Δ PCO₂ una correlación directa con el tiempo de pinzamiento aórtico de más de 49 minutos y con tiempo de bomba de 77 minutos como factores de riesgo para un Δ CO₂ por arriba de 6 mmHg.

Dentro de los índices de reanimación ya aceptados el Δ PCO₂ tiene una correlación con la SvO₂, el IC y el lactato con mayor significancia a las 12 h y 24 h posterior al ingreso a la UTI, otros parámetros como la PAOP, PVC, TAM se muestran como adecuados índices de reanimación, sin embargo sin significancia para el DCO₂, lo que refleja la necesidad de más pacientes para elevar la significancia. Con valores de DCO₂ por arriba de 9.5 mmHg se tiene una sensibilidad del 100% y especificidad del 95% para mortalidad.

Estos hallazgos demuestran que los hallazgos de Cavaliere, Cuschieri y Takami están en íntima relación con un adecuado nivel de reanimación y que el DCO₂ es un índice más de reanimación y perfusión

en el paciente en estado crítico; de la misma manera está en estrecha relación con las escalas pronósticas, tales como el Euroscore y el Apache II.

El ΔPCO_2 podría ser un indicador útil y sencillo de reanimación postquirúrgica en la atención cardiovascular, este estudio intentó correlacionarla con escalas como el Euro y la puntuación APACHE-II, así como indicadores de la reanimación como SvO_2 , IC, PVC, lactato, PAOP. Este estudio demostró que un valor de corte ΔPCO_2 de más de 6 mmHg en las primeras 24 horas de postquirúrgica se correlaciona con un mal pronóstico y muestra la necesidad de una mayor intensidad de reanimación. Sin embargo, un mayor número de pacientes son necesarios para validar estas conclusiones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Toda K, Tatsumi E, Taenaka Y et al. Impact of systemic depulsation on tissue perfusion and sympathetic nerve activity. *Ann Thorac Surg* 1996;62(6):1737-43.
2. Boyle EH, Pohlman TH, Cornejo CJ, et al. Endothelial cell injury in cardiovascular surgery: ischemia-reperfusion. *Ann Thorac Surg* 1996;62(6):1868-76.
3. Calvin JE, Driedger AA, Sibbald WJ. Does the pulmonary capillary wedge pressure predict left ventricular preload in critically ill patients? *Crit Care Med* 1981;9:437-443.
4. Baek SM, Makabali GG, Bryan-Brown CW, Kusek JM, Shoemaker WC. Plasma expansion in surgical patients with high central venous pressure (CVP); the relationship of blood volume to hematocrit, CVP, pulmonary wedge pressure, and cardiorespiratory changes. *Surgery* 1975; 78:304-315.
5. Packman MI, Rackow EC. Optimum left heart filling pressure during fluid resuscitation of patients with hypovolemic and septic shock. *Crit Care Med* 1983;11:165-169.
6. Nelson LD, Rutherford EJ. *Principles of hemodynamic monitoring*. In: Pinsky MR, Dhainaut JF (Eds): Pathophysiologic foundations of critical care. Baltimore: Williams and Wilkins, 1993:3-22.
7. Rivers E, Nguyen B, Havstad S, Ressler J, Muzzin A, et al. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock. *N Engl J Med* 2001;345(19): 1368-1377.
8. Ariza M, Gothard JWW, MacNaughton P. Blood lactate and mixed venous-arterial PCO_2 gradient as indices of poor peripheral perfusion following cardiopulmonary bypass surgery. *Intensive Care Med* 1991;17:320-324.
9. Cavaliere F, Martinelli L, Guarneri S, Varano C, Rossi M, Schiavello R. Arterial-venous PCO_2 gradient in early postoperative hours following myocardial revascularization. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 1996;37(5):499-503.
10. Cuschieri J, Rivers E, Michael W. Central venous-arterial carbon dioxide difference as an indicator of cardiac index. *Donnino Intensive Care Med* 2005;31:818-822.
11. Valle'e F, Vallet B, Mathe O, Parraguette P, et al. Central venous-to-arterial carbon dioxide difference: an additional target for goal-directed therapy in septic shock? *Intensive Care Med* 2008;34:2218-2225.
12. Takami Y, Masumoto H. Mixed venous-arterial CO_2 tension gradient after cardiopulmonary bypass; *Asian Cardiovasc Thorac Ann* 2005;13:255-60.

Correspondencia.

Dr. Héctor Rafael López Pérez
Departamento de Medicina Crítica
«Dr. Mario Shapiro»
The American British Cowdray Medical Center
Sur 136 Núm. 116 Del. Álvaro Obregón
O1120 México, D.F.
Tel. 52308000 Ext 8594
Cel. 5539542834
E-mail: -emt_scout@hotmail.com