

# Correlación de los índices $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ y $\text{SpO}_2/\text{FiO}_2$ en el postoperatorio de cirugía cardíaca en una Unidad de Terapia Postquirúrgica Cardiovascular

\*José de Jesús Rincón Salas

## RESUMEN

**Introducción:** Tradicionalmente, la monitorización de la hipoxemia en el paciente postoperado de cirugía cardíaca se realiza comúnmente con una determinación gaseométrica que determina la presión arterial de oxígeno y los índices de oxigenación, siendo esto importante en la cirugía cardíaca, dado que el paciente se enfrentará a factores de riesgo tales como desarrollar disfunción pulmonar aguda, principalmente por factores como la complejidad y agresividad de la circulación extracorpórea que va a incidir en el pronóstico del paciente. A pesar de que han existido mejoras en la protección miocárdica, en la cirugía de revascularización y en las técnicas de soporte mecánico circulatorio, la incidencia de disfunción pulmonar será más frecuente cuando se utilice circulación extracorpórea. Una manera común en terapia intensiva para valorar la disfunción pulmonar aguda, valorando el intercambio gaseoso, ha sido el índice  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  (P/F) conocido como índice de Kirby; siendo un buen predictor en la disfunción pulmonar aguda. Recientemente también se ha propuesto el índice  $\text{SpO}_2/\text{FiO}_2$  (S/F) para monitorizar en forma no invasiva la oxigenación, siendo un índice que se obtendría rápidamente y sin requerir estudio gaseométrico, donde se puede continuar la monitorización respiratoria continua.

**Objetivo:** Demostrar la correlación entre los índices P/F y S/F de los pacientes postoperados de cirugía cardíaca.

**Material y métodos:** Estudio prospectivo, transversal, observacional y comparativo durante el periodo de noviembre del 2011 a junio del 2012, donde se incluyeron a 14 pacientes postoperados de cirugía cardíaca en la Unidad de Tera-

## SUMMARY

**Introduction:** Traditionally, hypoxemia monitoring in postoperative patient of cardiac surgery is realized by blood gas determination, to determine the arterial oxygen tension and oxygenation index, which is important in cardiac surgery due to the patient will have to face to risk factors and develop lung dysfunction mostly by the complexity and aggressiveness of the extracorporeal circulation that will affect in the prognostic of the patient, despite there have been existed improvements in the myocardial protection, surgical revascularization and mechanical circulatory support techniques, the lung dysfunction incidence will be more frequent when extracorporeal circulation is used. A common way in intensive care to evaluate the acute lung dysfunction valuing the gas exchange has been the  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  (P/F) index known as Index of Kirby being a good predictor in the acute lung dysfunction. Recently another index has proposed the  $\text{SpO}_2/\text{FiO}_2$  (S/F) index to monitor in non invasive way the oxygenation and index that would bring a fast study where is possible to continue monitoring the breath.

**Objective:** Demonstrate the correlation between the P/F index and the S/F index of postoperative patient of cardiac surgery.

**Material and methods:** Prospective, cross sectional, observational and comparative study during November 2011 to June 2012. There were included 14 postoperative patients of cardiac surgery in the postsurgical care unit of the «Centro Médico ISSEMYM», Toluca. Which were studied the  $\text{PaO}_2$ ,  $\text{SpO}_2$ ,  $\text{FiO}_2$  variables to determine the P/F index and the S/F index. With the following inclu-

\* Médico adscrito a Cardiología del Centro Médico del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado de México y Municipios en Toluca, Estado de México. Médico adscrito a la Unidad de Terapia Intensiva Postquirúrgica del Hospital General Centro Médico «La Raza» en México D.F.

plia Postquirúrgica del Centro Médico ISSEMYM, Toluca. A los pacientes se les estudió las variables de  $PaO_2$ ,  $SpO_2$ ,  $FiO_2$  que determinan los índices P/F y S/F con los siguientes criterios de inclusión: pacientes de cualquier género mayores de 18 años, que cursaron el postoperatorio inmediato de cirugía cardíaca con saturación de oxígeno  $< 97\%$  y con los siguientes criterios de exclusión: portador de neumo-patía obstructiva crónica, estado de choque,  $SpO_2 > 97\%$ , señal débil del oxímetro con interferencia o señalamiento de error en la toma de  $SpO_2$ . A los pacientes postoperados de cirugía cardíaca se les realizaron mediciones en cuatro ocasiones a las 8 horas, 16 horas, 24 horas y 48 horas de la  $PaO_2$ ,  $SpO_2$  y  $FiO_2$ , obteniéndose en total 56 muestras, calculándose por médico de la unidad postquirúrgica los índices P/F y S/F. Los resultados se expresan en promedios  $\pm$  desviación estándar presentando las variables estudiadas, distribución normal, por lo cual se utilizó t de Student para buscar diferencias entre grupos, analizándose la correlación entre las distintas variables con la prueba de Pearson.

**Resultados:** Se incluyeron 56 muestras obtenidas en los 14 pacientes en los cuales se calculó los índices de P/F y S/F, no observándose variabilidad de los promedios de las variables medidas y con buena correlación en ambos métodos.

**Conclusiones:** Existe una relación lineal estadísticamente significativa entre las variables estudiadas observándose una correlación entre los índices P/F y S/F con buena fuerza de asociación de las variables medidas, por lo que concluimos que el Índice S/F puede utilizarse alternativamente al índice P/F en el monitoreo respiratorio de los pacientes postoperados de cirugía cardíaca.

**Palabras clave:**  $PaO_2$ ,  $SpO_2$ ,  $FiO_2$ , circulación extracorpórea.

## INTRODUCCIÓN

Consideraciones generales durante la cirugía cardíaca

Las enfermedades cardiovasculares constituyen la principal causa de muerte en nuestro país; dentro de éstas, la cardiopatía isquémica constituye una de las principales causas, siendo también alta la prevalencia de enfermedades valvulares ya sean reumáticas o adquiridas, las cuales se abordan inicialmente con tratamiento médico y si lo amerita, con procedimientos intervencionistas; sin embargo, cuando estos abordajes no dan los resultados esperados, se puede considerar la cirugía cardíaca.<sup>1-4</sup>

En los últimos años la cirugía cardíaca ha tenido un importante desarrollo, especialmente en aspectos como la protección miocárdica, la cirugía de revascularización coronaria y las técnicas de soporte mecánico circulatorio, sin olvidar los cuidados postoperatorios intensivos con nuevas opciones de monitoreo hemodi-

*sion criteria: patients of any gender over 18 years old, the ones with immediate postoperative patients cardiac surgery, oxygen saturation  $< 97\%$ . With the following exclusion criteria: patients with chronic obstructive pulmonary disease, state of shock,  $SpO_2 > 97\%$ , oximeter with weak signal or interference. For the postoperative patients of cardiac surgery were performed measurements in four times at 8 hours, 16 hours, 24 hours and 48 hours of  $PaO_2$ ,  $SpO_2$  and  $FiO_2$ , obtaining 56 samples, calculated by a physician of the postsurgical unit the P/F index and the S/F index. Results are expressed in averages  $\pm$  standard deviation; introducing the studied variables with normal distribution therefore the t Student was used to find the differences between groups, analyzing the correlation between different variables with Pearson.*

**Results:** We included 56 samples obtained in 14 patients whom were not observed variability of the averages of the measured variables and a good correlation with both methods.

**Conclusions:** There is a statistically significant linear relationship between these variables. Correlation is observed between the  $PaO_2/FiO_2$  index and the S/F index, with a good association of the measured variables. So we conclude that the S/F index could be used alternately to P/F index in the respiratory monitoring in postoperative patients of cardiac surgery.

**Key words:**  $PaO_2$ ,  $SpO_2$ ,  $FiO_2$ , extracorporeal circulation.

námico, las estrategias ventilatorias, etc. Sin embargo, a pesar de los avances mencionados, la complejidad y agresividad de la circulación extracorpórea (CEC), utilizada en la mayoría de los procedimientos de cirugía cardíaca, incide directamente en el pronóstico del paciente, y uno de los órganos que tiene una alta probabilidad de disfuncionar es el pulmón.<sup>5,6</sup>

Dentro de los factores que pueden ocasionar daño pulmonar durante la cirugía cardíaca se encuentran: ausencia de flujo sanguíneo pulmonar durante la CEC; activación del complemento, peroxidación lipídica, activación de citocinas y enzimas proteolíticas, politransfusión, estrés quirúrgico, hipotermia sistémica y tipo de cardioplejia.<sup>5-7</sup>

### Efecto de la circulación extracorpórea en el postoperatorio de cirugía cardíaca

Por lo tanto, la circulación extracorpórea (CEC) que pese a mejorar técnicamente los dispositivos, y ten-

diendo a ser más biocompatible, es la que ocasiona mayores daños deletéreos; dentro de los importantes están los siguientes:<sup>6-10</sup>

- 1) Daño por perfusión miocárdica, originando contusión miocárdica, isquemia y arritmias; 2) daño pulmonar; la ausencia de flujo sanguíneo pulmonar durante la CEC provoca la liberación de sustancias inflamatorias mediadas por complemento, dando lugar al secuestro de los neutrófilos en la vasculatura pulmonar y peroxidación de membranas lipídicas por los radicales libres de oxígeno, ocasionando así, vasoconstricción pulmonar y un aumento de la permeabilidad en la membrana alvéolo capilar, pudiendo desencadenar lesión aguda pulmonar (LAP) o síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA); 3) alteración capilar generalizada, la cual produce intensas vasoplejias y 4) alteraciones de la coagulación que causan disfunción plaquetaria, hemolisis, consumo y dilución de factores de coagulación.

Por lo expresado anteriormente, el riesgo de compromiso pulmonar estará latente, por lo que es prudente en el postoperatorio inmediato un monitoreo integral y particularmente vigilando la función ventilatoria integralmente pero particularmente con índices respiratorios que detecten tempranamente hipoxemia como parte de la disfunción pulmonar aguda.

Detección temprana de hipoxemia en la disfunción pulmonar por índices de oxigenación en la Unidad de Cuidados Intensivos

Tradicionalmente, la monitorización ventilatoria se ha realizado con los índices respiratorios donde se utiliza la presión arterial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>), fracción inspirada de oxígeno. Comúnmente se utiliza el índice PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> (P/F) conocido como índice de Kirby que también se utiliza como predictor de hipoxemia en la disfunción pulmonar aguda. En los últimos años se ha propuesto utilizar la saturación de pulso de oxígeno (SpO<sub>2</sub>) en la determinación del índice de saturación SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> (S/F) para monitorizar en forma no invasiva la oxigenación, la cual sería un índice que se obtendría rápidamente sin requerir estudio gasométrico de acuerdo a Rice y colaboradores, quienes compararon los índices P/F con el S/F en pacientes enrolados en *National Heart, Lung and Blood Institute ARDS Network Trial*. Se concluye en el estudio la validación del índice S/F que correspondió a un valor < 315

para el valor del índice P/F < 300 para considerar una lesión aguda pulmonar (LAP) y el índice S/F < 236 para un valor del índice P/F < 200 para SDRA, también se proponen estudios de esta relación en poblaciones más heterogéneas.<sup>1</sup> Patrick y colaboradores realizaron una validación del índice S/F en el *Sequential Organ Failure Assessment* (SOFA) siendo el objetivo de este estudio incluir y comparar en esta escala, el índice S/F en lugar del índice P/F, donde concluyen que los resultados obtenidos predicen resultados similares de gran utilidad si no existe disponibilidad de un gasómetro. Khemani y colaboradores realizaron un estudio en pacientes pediátricos registrando 1,289 muestras en 383 pacientes correlacionando los índices S/F con el P/F, concluyendo la utilidad del índice S/F como un marcador no invasivo para identificar tempranamente LAP.<sup>11-15</sup>

El propósito del estudio fue evaluar la correlación entre los índices S/F y P/F para utilizar el índice S/F alternativamente, principalmente cuando no se tenga disponibilidad de un gasómetro para continuar la monitorización del intercambio gaseoso en pacientes críticos, además de que es un método no invasivo.

## MÉTODOS

Durante el periodo comprendido de noviembre del 2011 a junio del 2012 se diseñó el estudio prospectivo, transversal, observacional y comparativo donde se incluyeron 14 pacientes postoperados de cirugía cardíaca en la unidad de terapia postquirúrgica del Centro Médico ISSEMYM, Toluca.

En total se estudiaron 14 pacientes y de los cuales se evaluaron las siguientes variables: PaO<sub>2</sub> por gasometría arterial, SpO<sub>2</sub> por oximetría de pulso, FiO<sub>2</sub> aportado, calculando los índices P/F y S/F; con los siguientes criterios de inclusión: pacientes de cualquier género mayores de 18 años, que cursaran el POP inmediato de CC, con saturación de oxígeno < 97%. Con los siguientes criterios de exclusión: portador de neumopatía obstructiva crónica, estado de choque, SaO<sub>2</sub> > 97%, señal débil del oxímetro con interferencia o señalamiento de error en la toma de SaO<sub>2</sub>.

Se consideró como: a) PaO<sub>2</sub>, la presión arterial de oxígeno en sangre arterial; b) SpO<sub>2</sub>, la medición no invasiva del oxígeno transportado por la hemoglobina en los tejidos, que se fundamenta en la espectrofotometría clásica que permite calcular la concentración de una sustancia en solución a partir de su absorción óptica a una longitud de onda determina-

da; c)  $FiO_2$ , la relación en porcentaje entre la concentración de oxígeno y el total de gas administrado, d) Índice P/F, el cociente de  $PaO_2$  entre  $FiO_2$  y e) Índice S/F, el cociente de  $PaO_2$  entre  $SpO_2$ .

A los pacientes postoperados de cirugía cardiaca que fueron seleccionados, se les realizaron mediciones en cuatro ocasiones de  $PaO_2$ , la cual se tomó por medio de gasometría arterial; la  $SpO_2$  se midió colocando en el pulpejo de los dedos de la mano con previo aseo del sensor, observándose satisfactorias formas de ondas por un minuto antes de registrar el valor; los valores  $SpO_2 > 97\%$  se excluyeron del estudio debido a que la curva de disociación de la oxihemoglobina es plana por encima de estos niveles. La  $FiO_2$  suministrada por ventilador o puritan continuo; se tomaron los valores al mismo tiempo determinándose los índices P/F y S/F a las 8, 16, 24 y 48 horas, calculado por un médico de terapia intensiva postquirúrgica en 56 ocasiones.

Los resultados de las variables se expresan en promedios + desviación estándar, las variables presentaron distribución normal por lo cual se utilizó t de Student para buscar diferencias entre grupos, analizándose la correlación entre las distintas variables con Pearson.

## RESULTADOS

Se incluyeron 14 pacientes POP de CC en los cuales se determinó la siguiente variable: los índices P/F y S/F, reportándose así, los siguientes resultados.

Se reporta en el *cuadro I* los promedios (P) y desviación estándar (DE) de los índices P/F y S/F.

Posteriormente se realizó prueba de t de Student pareada donde se reportan las diferencias entre grupos de las variables medidas: a las 8 horas (p: 0.006), 16 horas (p: 0.008), 24 horas (p: 0.082), 48 horas (p: 0.014) (*Cuadro I*).

Se obtuvieron coeficientes de correlación de Pearson de ambos grupos reportándose, a las 8 horas (r: 0.96), a las 16 horas (r: 0.99), a las 24 horas (r: 0.98) y a las 48 horas (0.95) (*Figuras de 1 a 4*).

## DISCUSIÓN

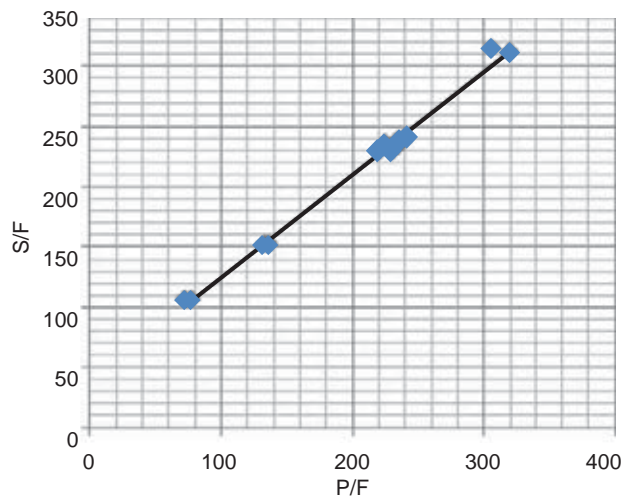
La medición y detección de la hipoxemia con índices de oxigenación es común en la terapia intensiva para la detección de disfunción pulmonar aguda; tradicionalmente se usa la determinación del índice P/F, pero existen estudios recientes que demuestran la utilidad del índice S/F para la detección de la hipoxemia de la disfunción pulmonar y para continuar el monitoreo de la misma. De acuerdo a los reportes de Patrick y colaboradores, éstos realizaron una validación del índice S/F en el *Sequential Organ Failure Assessment* (SOFA), siendo el objetivo de este estudio comparar en esta escala el índice S/F en lugar del índice P/F para la detección temprana de disfunción pulmonar.

En nuestro estudio se reclutaron 14 pacientes a los cuales se les realizó la medición y monitoreo de los índices respiratorios a las 8, 16, 24 y 48 horas, obteniéndose en total 56 muestras en las cuales se obtuvo su promedio, comparación de medias y correlación.

Cuadro I.

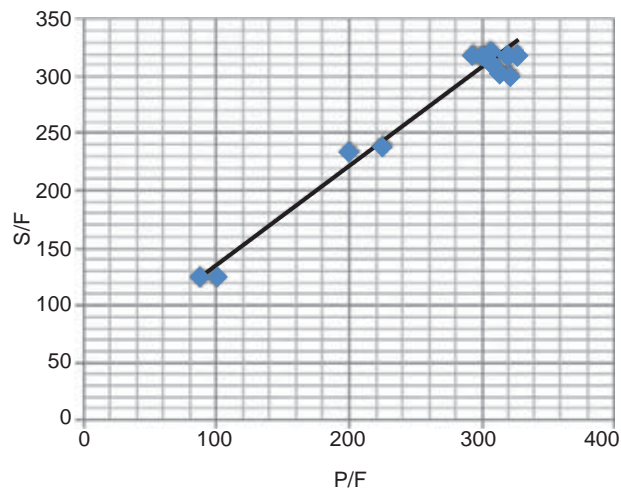
Índice P/F.							
8 h		24 h		48 h		72 h	
P	DE	P	DE	P	DE	P	DE
168	56	208	75	269	81	263	73
Índice S/F.							
8 h		24 h		48 h		72 h	
P	DE	P	DE	P	DE	P	DE
181	46	217	65	278	70	280	67

P/F:  $PaO_2/FiO_2$ ; S/F:  $SpO_2/FiO_2$ ; P: Promedio; DE: Desviación estándar.



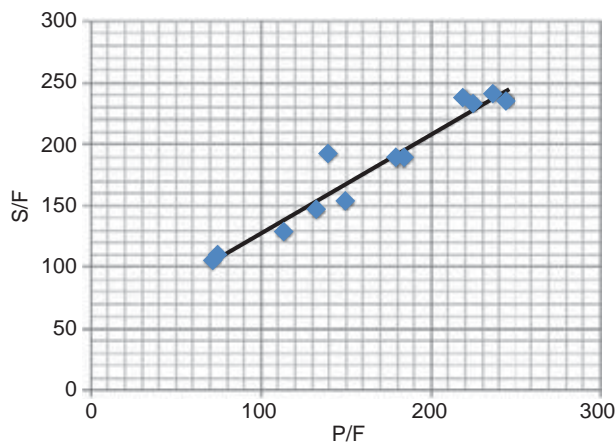
S/F: Saturación de pulso de O<sub>2</sub>  
P/F: Fracción inspirada de oxígeno

**Figura 1.** Correlación del índice S/F y P/F a las 8 horas (r: 0.96).



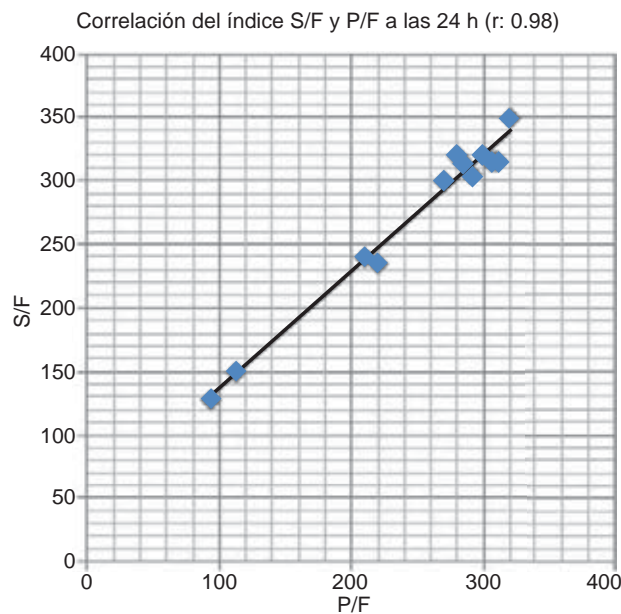
S/F: Saturación de pulso de O<sub>2</sub>, P/F: Presión de oxígeno,  
F: Fracción inspirada de oxígeno.

**Figura 3.** Correlación del índice S/F y P/F a las 24 horas (r: 0.98).



S/F: Saturación de pulso de O<sub>2</sub>, P/F: Presión de oxígeno,  
F: Fracción inspirada de oxígeno.

**Figura 2.** Correlación del índice S/F y P/F a las 16 horas (r: 0.99).

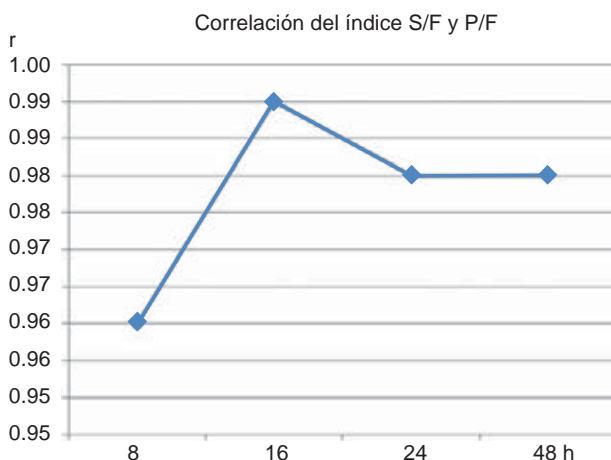


S/F: Saturación de pulso de O<sub>2</sub>, P/F: Presión de oxígeno,  
F: Fracción inspirada de oxígeno.

**Figura 4.** Correlación del índice S/F y P/F a las 24 horas (r: 0.98).

Se obtuvieron los siguientes promedios del índice S/F: a las 8 horas (180), 16 horas (217), 24 horas (277), 48 horas (279) y del índice P/F: a las 8 horas (167), 16 horas (207), 24 horas (264), 48 horas (262), donde se observan promedios de índices respiratorios bajos que se consideran como indicadores de disfunción pulmonar aguda en las primeras horas; éstas mejoraron en las 48 h posteriores, probablemente, debido a la mejoría de la dinámica respiratoria y disminución de las sustancias inflamatorias a nivel pulmonar. De acuerdo a Rice y colaborado-

res, se reportaron como indicadores de hipoxemia, un índice P/F > 300 e índice S/F > 315, observando en nuestro estudio que el promedio a las 48 horas continúa reportando hipoxemia y por lo tanto disfunción pulmonar, pero probablemente transitoria, por



S/F: Saturación de pulso de  $O_2$ , P/F: Presión de oxígeno, F: Fracción inspirada de oxígeno

**Figura 5.**

lo que en estudios posteriores se sugeriría mayor población y seguimiento por más tiempo.

Al comparar medias a las 8 horas ( $p: 0.0068$ ), 16 horas ( $p: 0.0086$ ), 24 horas ( $p: 0.0825$ ) y 48 horas ( $p: 0.0141$ ), se obtuvo una significancia estadística que concuerdan con los reportes de Rice y colaboradores y Khemani y asociados.

La correlación lineal fue significativa a las 8 horas ( $r: 0.96$ ), 16 horas ( $0.99$ ), 24 horas ( $0.98$ ), 48 horas ( $0.95$ ) que coinciden con la validación que realizó de los índices respiratorios Rice y su grupo. En nuestro estudio se observan, en el *cuadro 1*, dos pacientes con el menor puntaje de los índices y que persistieron hasta las 48 horas como se observa en *figura 4*, por lo que se consideraría que persistieron con compromiso respiratorio, no así la mayoría de las determinaciones que paulatinamente fueron mejorando de las 8 a 48 horas.

En general, al medir la variabilidad de los índices P/F y S/F no se observó alguna diferencia en el promedio, demostrando que no hay diferencia estadísticamente significativa de los promedios de las presiones medidas así como correlación entre ambos métodos.

### CONCLUSIÓN

En nuestro estudio se observó que no existen diferencias significativas de los promedios entre los índices P/F y S/F. Existe una relación lineal significativa estadísticamente entre los índices respiratorios medidos.

Por lo que concluimos que el índice S/F permite una adecuada estimación de la hipoxemia cuando no se cuenta con el equipo para determinar el índice P/F; estas mediciones pueden ser realizada de manera no invasiva y con menor riesgo al paciente.

### BIBLIOGRAFÍA

1. Peralta MR, Attie F. Enfermedad cardiovascular. Primera causa de muerte en adultos de México y el mundo. *Arch Cardiol Mex* 2007;77:91-93.
2. Warner CD, Weintraub WS, Craver JM, Jones EL, Gott JP, Guyton RA. Effect of cardiac surgery patient characteristics on patient outcomes from 1981 through 1995. *Circulation* 1997;96:1575-1579.
3. Lung B, Baron G, Butchart EG, Delahaye F, Gohlke-Bärwolf C, Levang OW, et al. A prospective survey of patients with valvular heart disease in Europe: The Euro Heart Survey on Valvular Heart Disease. *EurHeart J* 2003;24:1231-1243.
4. Juffé Stein A. Cirugía coronaria en la tercera edad. *Rev Esp Cardiol* 2001;54:676-678.
5. Weiss YG, Merin G, Koganov E, et al. Postcardiopulmonary bypass hypoxemia: a prospective study on incidence, risk factors, and clinical significance. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2000;14:506-513.
6. Ng CS, Wan S, Yim AP, Arifi AA. Pulmonary dysfunction after cardiac surgery. *Chest* 2002;121:1269-1277.
7. Groeneveld A, Jansen E, Verheij J. Mechanisms of pulmonary dysfunction after on-pump and off-pump cardiac surgery: a prospective cohort study. *J Cardiothorac Surg* 2007;2:1-7.
8. Dan Schuller, MD, and Lee E. Morrow, MD. Pulmonary complications after coronary Revascularization. *Curr Opin Cardiol* 2000;15:309-315.
9. Rubenfeld GD, Caldwell E, Peabody E, et al. Incidence and outcomes of acute lung injury. *N Engl J Med* 2005;353:1685-1693.
10. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome: the Acute Respiratory Distress Syndrome Network. *N Engl J Med* 2000; 342:1301-1308.
11. Rice TW, Wheeler AP, Bernard GR, et al. Comparison of the  $SpO_2/FiO_2$  ratio and the  $PaO_2/FiO_2$  ratio in patients with acute lung injury or ARDS. *Chest* 2007;132:410-417.
12. Pratik PP, Ayumi KS, et al. Derivation and validation of  $SpO_2/FiO_2$  ratio to impute for  $PaO_2/FiO_2$  ratio in the respiratory component of the sequential Organ Failure Assessment score. *Crit Care Med* 2009;37(4):1317-1321.
13. Khemani RG, Patel NR, et al. Comparison of the pulse oximetric saturation/fraction of inspired oxygen ratio and the  $PaO_2$ /fraction of Inspired Oxygen ratio in children. *Chest* 209;135:662-668.
14. Perkins GD, McAuley DF, Giles S, et al. Do changes in pulse oximeter oxygen saturation predict equivalent changes in arterial oxygen saturation? *Crit Care* 2003;7:67.
15. Aboab J, Louis B, Jonson B, et al. Relation between  $PaO_2/FiO_2$  ratio and  $FiO_2$ : a mathematical description. *Intensive Care Med* 2006;32:1494-1497.

Correspondencia:

Dr. José de Jesús Rincón Salas.  
Av. Independencia, San Felipe Tlalmimilolpan, Toluca, Estado de México.  
E-mail: jojerinsal@yahoo.com.mx