

# Correlación entre presión arterial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>) e índice de oxigenación tisular (IOT) en 48 pacientes

JOSÉ AYALA RODRÍGUEZ,<sup>\*,\*\*,\*</sup> FERNANDO FERRÁ MERCADO,<sup>\*\*\*\*</sup> GREGORIA RODRÍGUEZ ESCAMILLA,<sup>1</sup> LUZ SANTANA LARA,<sup>1</sup> MARTHA EUGENIA MARTÍNEZ LIFSHITZ<sup>\*\*\*</sup>

## RESUMEN

**Antecedentes:** la PaO<sub>2</sub> es el principal indicador de oxigenación de la sangre arterial y una disminución de la misma permite establecer el diagnóstico de insuficiencia respiratoria (IR). Sin embargo, existen otros indicadores más exactos, como la relación entre la presión arterial de oxígeno y el índice de oxigenación tisular PaO<sub>2</sub>/IOT. **Objetivo:** establecer si existe dependencia y relación entre las determinaciones de PaO<sub>2</sub> e IOT. **Material y métodos:** se realizó un estudio transversal, observacional y retrospectivo a una muestra de 48 pacientes que acudieron al servicio de fisiología pulmonar del Hospital Universitario de Puebla, sin distinción de edad ni sexo, a quienes se determinó mediante gasometría arterial con una fracción inspirada de oxígeno (FiO<sub>2</sub>) de 0.21, las variables PaO<sub>2</sub> e IOT. **Resultados:** la relación y dependencia entre las variables se determinó mediante la prueba de regresión lineal con los siguientes valores: a: 2.8; b: 4.72. El coeficiente de determinación Speman r<sup>2</sup>: 0.966; el coeficiente de correlación Pearson r: 0.98; t de Student: 36.046; V.C.: 2.014; p = 0.975; p < 0.025. **Conclusiones:** después del tratamiento estadístico se determinó que sí existe relación y dependencia estadística significativa (p < 0.025), mostrando una relación directa al graficarse los datos, por lo que la disminución de la PaO<sub>2</sub> es directamente proporcional a la disminución del IOT. La pendiente calculada de 4.77 es un factor que al ser multiplicado por el valor de PaO<sub>2</sub> en esta serie nos permite calcular aproximadamente el valor del IOT (aire ambiente) en la ciudad de Puebla.

**Palabras clave:** índice de oxigenación tisular (IOT), relación PaO<sub>2</sub> entre IOT, insuficiencia respiratoria.

## ABSTRACT

**Background:** The arterial oxygen tension (PaO<sub>2</sub>) is the main indicator of oxygenation in the arterial blood, a diminishment on it would let us establish the diagnosis of hypoxemic respiratory failure (RF). However, there are other indicators, as the PaO<sub>2</sub>/IOT ratio. **Objective:** To establish if there is a dependency and relation between the determinations PaO<sub>2</sub> and oxygenation tissular index (OTI). **Material and methods:** A transversal observational and retrospective research was held among 48 patients that attended the lung physiology of the Hospital Universitario de Puebla without any remark on age or sex to whom it was determined through arterial gasometry with a FiO<sub>2</sub> of 0.21 the variables PaO<sub>2</sub> and OTI. **Results:** The relationship and dependency among the variables were determined with the test of linear regression with the following results: a: 2.8 and b: 4.72. The determination coefficient of Speman r: 0.966; the correlation coefficient of Pearson r: 0.98; t Student: 36.046; V.C.: 2.014; p = 0.975; p < 0.025. **Conclusions:** After the statistical treatment it was determined that there is a statistical relevant relation and dependency (p < 0.025) showing a direct relationship when results were recorded, therefore the reduction of PaO<sub>2</sub> is directly proportional to the diminution of OTI. The incline calculated of 4.77 is a factor that multiplied by the value of PaO<sub>2</sub> in this series would allow us to calculate approximately the value of OTI in the atmosphere in the city of Puebla.

**Key words:** oxygenation tissular index (OTI), PaO<sub>2</sub>/OTI ratio, hypoxemic respiratory failure (RF).

- \* Catedrático de la Facultad de Medicina de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- \*\* Médico adscrito al servicio de fisiología respiratoria del Hospital Universitario de Puebla.
- \*\*\* Médico adscrito al servicio de neumología.
- \*\*\*\* Médico adscrito a la Unidad de Hemodilísis. Hospital Betania, Puebla.

<sup>1</sup> Laboratorio de análisis clínicos del Hospital Universitario de Puebla.

*Correspondencia:* Dr. José Ayala Rodríguez. 11 Oriente 1828, consultorio 205, Col. Azcárate, CP 72000, Puebla, Pue.  
E-mail: josar@acnet.net

*Recibido:* agosto, 1999. *Aceptado:* octubre, 1999.

## INTRODUCCIÓN

En 1940 Squire desarrolló un aditamento que se adaptaba a la piel para medir la concentración de oxígeno, con lo cual se obtuvo un control más racional de las enfermedades respiratorias relacionadas con la insuficiencia respiratoria.<sup>1</sup>

Por lo regular, el clínico necesita evaluar el estado de oxigenación general basado en los resultados de una muestra de sangre arterial. Por lo tanto, la evaluación y optimización del estado de oxigenación de la sangre arterial juega un papel clave en el cuidado de los pacientes críticos.<sup>2</sup>

El estado de oxigenación de la sangre de un paciente puede evaluarse observando la presión parcial de oxígeno (PpO<sub>2</sub>) y la saturación de la sangre arterial (sO<sub>2</sub>).<sup>2</sup>

El índice de oxigenación tisular (IOT) es un parámetro para medir el intercambio gaseoso y la gravedad de la insuficiencia respiratoria. Se calcula a partir de la fórmula: presión arterial de oxígeno entre fracción inspirada de oxígeno: PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>.<sup>4,22</sup>

Los parámetros relacionados con el estado de oxigenación se dividen, básicamente, en tres grupos: captación de oxígeno, transporte de oxígeno y cesión de oxígeno.

El oxígeno es el elemento administrado con mayor frecuencia a los pacientes a quienes se practican determinaciones de los gases sanguíneos. A menudo se plantea la interrogante de si se debe suspender el oxígeno, de modo que las determinaciones de los gases sanguíneos reflejen el estado del intercambio gaseoso del paciente respirando aire del ambiente. La respuesta a esta pregunta indica que no se puede suspender la administración de oxígeno en un paciente hipoxémico hasta que se extraiga una muestra de gases sanguíneos porque es peligroso y potencialmente mortal.<sup>3</sup>

El índice de oxigenación tisular se utiliza para evaluar el grado de insuficiencia respiratoria y el daño pulmonar agudo. Las causas de estas alteraciones son diversas e incluyen daño directo (infección pulmonar o aspiración) o indirecto (sepsis, pancreatitis, traumatismo múltiple) al pulmón; su desarrollo es frecuente junto con la disfunción de otro órgano o, bien, a la par con el síndrome de disfunción multiorgánica. Su fisiopatología demuestra pérdida en la integridad de la barrera alvéolo-capilar, trasudado rico en proteínas a través de la barrera, edema pulmonar e hipoxemia por incremento del cortocircuito intrapulmonar.<sup>4-9,15,16, 22</sup>

No se conocen exactamente los factores que pre-

disponen al daño alveolar difuso (DAD), pero tal vez su mecanismo esté mediado por las citoquinas, el complemento y las endotoxinas. En un estudio, Donnelly, utilizando como parámetro de diagnóstico el IOT, observó que en pacientes con daño pulmonar se incrementó el nivel de IL-8, IL-6, C3a y C4a inmediatamente después del traumatismo, sin importar si desarrollaron o no síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA). Dicho autor llegó a la conclusión de que el incremento de las concentraciones plasmáticas de sustancias como las citoquinas, las endotoxinas o los fragmentos del complemento no ayudan a predecir el desarrollo del SDRA después de un daño pulmonar severo.<sup>15,19,20</sup>

En 1992 se reunieron los comités de expertos de América del Norte y Europa para llegar a un consenso y poner en claro los aspectos fisiopatológicos del SDRA y el daño pulmonar agudo (DPA). Dentro de los criterios de diagnóstico se encuentra la relación PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>, llamado también índice de oxigenación tisular (IOT): cuando se manifiesta el IOT menor a 200 mmHg (26.6 kPa) se habla de SDRA y menor de 300 mmHg (39.9 kPa) de un DPA.<sup>4,7,15,16</sup>

El índice de oxigenación tisular se utiliza también como criterio pronóstico para SDRA y DPA, así como para corregir los parámetros de inducción de oxígeno como tratamiento, por medio de la FiO<sub>2</sub>. El IOT puede determinar si la gravedad del daño es reversible y se puede utilizar para modificar paulatinamente la conducta del apoyo ventilatorio.<sup>4-10,15,16</sup>

La fórmula para determinar el IOT es:

$$\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$$

en donde la FiO<sub>2</sub> al aire ambiente se toma como constante en su forma fraccionaria, es decir, 0.21.

El objetivo del estudio fue establecer si existe dependencia y relación entre las determinaciones de PaO<sub>2</sub> y el índice de oxigenación tisular.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Departamento de Fisiología Pulmonar del Hospital Universitario de Puebla. No se requirió el consentimiento firmado por los pacientes, puesto que la gasometría arterial es un estudio que se realiza con relativa frecuencia en un Departamento de Fisiología Pulmonar para valorar el estado de ácido-base y oxigenación de un paciente. El estudio consistió en una serie de casos de tipo observacional, descriptivo, transversal, retrospectivo y retrolectivo. Para realizar el estudio se recabaron los datos de 48 pacientes a

quienes se les practicó gasometría arterial de mayo de 1998 a enero de 1999. El criterio de inclusión fue la realización de gasometría arterial en el Departamento de Fisiología Pulmonar sin importar sexo ni edad; no hubo criterios de exclusión ni de eliminación.

Las pruebas de gasometría arterial se realizaron en el laboratorio de fisiología pulmonar del Hospital Universitario de Puebla con un gasómetro (Radiometer A/S), previa calibración del mismo. Los datos que se obtuvieron de la gasometría arterial fueron PaO<sub>2</sub> (presión arterial de oxígeno) y FiO<sub>2</sub> (fracción inspirada de oxígeno); las variables fueron PaO<sub>2</sub> e IOT. Todos los resultados fueron medidos de acuerdo con los parámetros estándares para la altitud de la ciudad de Puebla, es decir, a una altura de 2,200 m sobre el nivel del mar y con una presión barométrica de 597 mmHg (79.4 kPa), tomando en cuenta que la PaO<sub>2</sub> de 62 mmHg (8.246 kPa) y el IOT normal para la ciudad de Puebla es de 295 mmHg (39.23 kPa).

Los resultados se analizaron por estadística descriptiva; se realizaron diferentes pruebas estadísticas, se determinó la correlación lineal, el coeficiente de correlación de Spearman, de Pearson y t de Student para comprobar que el estudio fue significativo.

## RESULTADOS

Se determinó la relación y dependencia entre las variables PaO<sub>2</sub> e IOT de 48 pacientes, tomando en cuenta que se encontraban al aire ambiente y con una FiO<sub>2</sub> al 21% (0.21). Los pacientes que se integraron al estudio fueron todos los que se presentaron al Departamento de Fisiología Pulmonar.

Los resultados obtenidos mediante la prueba de regresión lineal fueron: a: 2.80; b: 4.72. Se calcularon el coeficiente de determinación de Spearman r<sup>2</sup>: 0.966; el coeficiente de correlación de Pearson r: 0.98; t de Student: 36.046; V.C.: ± 2.014 y p < 0.025.

Por lo tanto, al disminuir la PaO<sub>2</sub> existe una reducción igual y proporcional del IOT, que utilizan actualmente la mayoría de los autores para evaluar en forma más exacta el grado de IR. La pendiente calculada DE 4.77 es un factor que al ser multiplicado por el valor de PaO<sub>2</sub> en esta serie permite calcular aproximadamente el valor de IOT en el aire ambiente (FiO<sub>2</sub> de 0.21).

## DISCUSIÓN

El IOT se utiliza para definir los criterios de oxigenación cuando se manifiesta un síndrome de distrés respi-

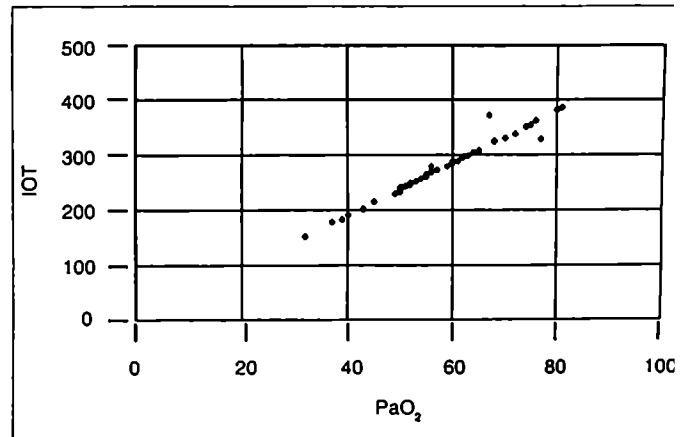


Figura 1. Correlación entre PaO<sub>2</sub> E IOT en 48 pacientes

ratorio agudo. En la actualidad diversos autores lo toman como parámetro para evaluar el estado de oxigenación y manejar el apoyo ventilatorio mecánico.<sup>4-10,12,15</sup> Por ello, determinar la IOT es muy importante si a la vez se correlaciona con la PaO<sub>2</sub>, para obtener mejores parámetros de apoyo y contar con criterios para evaluar qué tan efectivo es el tratamiento con oxígeno. Además, es posible realizar un pronóstico de la supervivencia del paciente. Artigas y col. mencionan que cuando la relación PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> se encuentra en 118 mmHg (± 47 mmHg) puede haber una mortalidad de 53 ± 22% (aunque en otros centros la mortalidad oscila entre 40 y 70%). El pobre pronóstico depende de diversos factores como la edad (82% de los pacientes mayores de 70 años no sobreviven) y la mortalidad se relaciona con el número de complicaciones (cuando hay tres o más complicaciones la mortalidad se incrementa hasta 83% y sin complicaciones se ubica en 38%, aunque la mayor parte de las complicaciones se relacionan con procesos infecciosos y neumonías). La alta mortalidad (incluso de 90%) se relaciona con insuficiencia renal aguda o choque.<sup>5-8,10,15,17,21,22</sup>

Los resultados del estudio mostraron que hay una relación estrecha entre la PaO<sub>2</sub> y el IOT (figura 1). Se esperaba que al incrementarse la PaO<sub>2</sub> creciera el IOT, pero al graficarlo se observó que en el punto donde hacía intersección con la gráfica daba un valor que al ser multiplicado por la PaO<sub>2</sub> generaba una aproximación del IOT, esto fue útil cuando no se tenía el valor de la FiO<sub>2</sub> en el estado de Puebla, donde se realizó el estudio. La literatura no refiere ningún otro estudio de este tipo, por lo cual sería interesante ob-

servarlo en otra altitud y en otras circunstancias atmosféricas y compararlo con el presente estudio. Se ha utilizado esta correlación para demostrar la relación entre los cambios hemodinámicos y las alteraciones de la gasometría arterial con respecto a la posición del paciente.<sup>13</sup>

La mayor parte de las pruebas realizadas a estos pacientes resultaron normales, aunque basados en la literatura sabemos que el IOT debe ser superior a 300 mmHg (39.9 kPa).<sup>4,9,15-18,22</sup> Con este valor se tendría un daño pulmonar agudo, pero estos parámetros son a nivel del mar y en Puebla, a una altura de 2,200 m sobre el nivel del mar y una presión barométrica de 597 mmHg (79.4 kPa), el IOT se encuentra en 295 mmHg (39.225 kPa). Por lo tanto, en ocasiones no se pueden estandarizar los parámetros, porque, apegados al consenso europeo y norteamericano, los valores no corresponden al estado de oxigenación a esta altura y presión barométrica.

## CONCLUSIONES

Basados en el presente estudio, considerando la altura de la ciudad de Puebla (2,200 m sobre el nivel del mar) y con un FiO<sub>2</sub> al 0.21 existe relación y dependencia estadísticamente significativa ( $p < 0.025$ ) entre las variables PaO<sub>2</sub> e IOT, mostrando una relación directa al graficarse los datos. Con esto podríamos concluir que el incremento de la PaO<sub>2</sub> es directamente proporcional a la elevación del IOT.

Y si se toma como constante la pendiente calculada de 4.77, se puede calcular aproximadamente el IOT al multiplicarlo por la PaO<sub>2</sub>.

Entonces, apoyados en los resultados del presente estudio, es necesario realizar una clasificación con base en la PaO<sub>2</sub> y el IOT de la ciudad de Puebla para determinar el estado de oxigenación. Con esto se llega a la conclusión de que la PaO<sub>2</sub> es directamente proporcional al IOT, ya que los parámetros dados por el consenso europeo y norteamericano para el diagnóstico y control de la SDRA no corresponden a la PaO<sub>2</sub> y al IOT a 2,200 m sobre el nivel del mar.

## REFERENCIAS

- Rico M, Gómez C, *et al.* Valores gasométricos en población geriátrica. Análisis de dos diferentes altitudes. *Rev Inst Nal Enf Resp Mex* 1998;11:1.
- Manual de gases arteriales. Copenhagen, Dinamarca: Radiometer Medical, 1996.
- Shapiro B, Peruzzi W, Templin R. Manejo clínico de los gases sanguíneos. 5ª ed. México: Panamericana, 1996.
- Hudson I, Steinberg K. Epidemiology of ARDS. Incidence and outcome: A changing picture. *Acute Lung Injury* 1998;30.
- Bernard G, Artigas A, Brigham K, *et al.* The American European Consensus Conference on ARDS. Definitions, mechanisms, relevant outcomes, and clinical trial coordination. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;149:818-24.
- Conrad S. Respiratory distress syndrome, adult. Louisiana State University Medical Center in Shreveport. <http://www.emedicine.com/emerg/topic503.htm>, Oct. 1998.
- Schuster D. What is lung injury?: What is ARDS? *Chest* 1995; 107(6):1721-6.
- Abel S, Finney S, Brett S, Keogh B, *et al.* Reduced mortality in association with the acute respiratory distress syndrome (ARDS). *Thorax* 1998;53(4):292-4.
- Gowda M, Klocke S. Variability of indices of hypoxemia in adult respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 1997;25(1): 41-45.
- Squara P, Dhainaut J, Artigas A, Carlet J. Hemodynamic profile in severe ARDS: Results of the European collaborative ARDS study. *Intensive Care Med* 1998;24(10):1018-28.
- Martínez M, Díaz E, Joseph D, *et al.* Improvement in oxygenation by prone position and nitric oxide in patients with acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med* 1999; 25(1):29-36.
- Croce M, Fabian T, Davis K, Gavin T. Early and late acute respiratory distress syndrome: Two distinct clinical entities. *J Trauma* 1999;46(3):361-6.
- Jolliet P, Bulpa P, Chevrolet J. Effects of the prone position gas exchange and hemodynamics in severe acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 1998;26(12): 1977-85.
- Dietz E. Altitude illness-pulmonary syndromes. Hood River Memorial Hospital. <http://www.emedicine.com/topic795.htm>, Ene. 1999
- Artigas A. Prognostic factors and outcome of all. *Acute lung injury*. Vol. 30. Berlín, Alemania: Ed. Springer-Verlag, 1998.
- Kollef M, Schuster D. Medical progress: The acute respiratory distress syndrome (review article). *NEJM* 1995;322(1): 27-37.
- Rich P, Awad S, Kolla S, Annich G, *et al.* An approach to the treatment of severe adult respiratory failure. *J Crit Care* 1998;13(1):26-36.
- Capellier G, Beuret P, Clement G, *et al.* Oxygen tolerance in patients with acute respiratory failure. *Intensive Care Med* 1998;24(5):422-8.
- Brusch J, Andrews P. What is the common underlying risk factor for acute respiratory distress syndrome? *Medscape Respiratory* 2(4), <http://www.medscape.com>, 1998.
- Donnelly T, Meade P, Jagels M, *et al.* Cytokine, complement, and endotoxin profiles associated with development of the adult respiratory distress syndrome after severe injury. *Crit Care Med* 1994;22(5):768-76.
- Marx G, Vengerow B, Hecker H, *et al.* Predictors of respiratory function deterioration after transfer of critically ill patients. *Intensive Care Med* 1998;24(11):1157-62.
- Luce J. Acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 1998;26(2):369-72.