

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**I.S.S.S.T.E**

**CENTRO MEDICO NACIONAL 20 DE NOVIEMBRE**

**RADIO SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> (SATURACION DE OXIGENO POR OXIMETRIA DE PULSO) COMO SUBROGADO DEL RADIO PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> (INDICE DE KIRBY) EN LA DISFUNCION PULMONAR DE LOS PACIENTES SOMETIDOS A CIRUGIA CARDIACA CON DERIVACION CARDIOPULMONAR.**

**TESIS DE POSGRADO**

**PARA OBTENER EL TITULO DE ESPECIALISTA EN  
MEDICINA DEL ENFERMO EN ESTADO CRITICO**

**PRESENTA:**

**DRA. MARIA OCOTLAN GONZALEZ HERRERA**

**ASESOR DE TESIS**

**DR. ARTURO DOMINGUEZ MAZA**

**DR. VICTOR PURECO REYES**

**MEXICO, DF. 2008**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DR. MAURICIO DI SILVIO LOPEZ.  
SUBDIRECTOR DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION.  
ISSSTE CMN 20 DE NOVIEMBRE.

---

DR. VICTOR PURECO REYES.  
PROFR. TITULAR DE LA ESPECIALIDAD.  
MEDICINA DEL ENFERMO EN ESTADO CRITICO.

---

DR. ARTURO DOMINGUEZ MAZA.  
ASESOR DE TESIS.  
ISSSTE CMN 20 DE NOVIEMBRE.

---

DRA. MARIA OCOTLAN GONZALEZ HERRERA.  
RESIDENTE DE ESPECIALIDAD DE MEDICINA  
DEL ENFERMO EN ESTADO CRITICO.

---

## INDICE

RESUMEN	_____	2
INTRODUCCION	_____	4
ANTECEDENTES	_____	5
MATERIAL Y METODOS	_____	7
RESULTADOS	_____	9
DISCUSIÓN	_____	11
ANEXOS	_____	14
CONCLUSIONES	_____	19
BIBLIOGRAFIA	_____	20

## RESUMEN

**OBJETIVO.** Comparar el índice de Kirby (Pa02/Fi02 o P/F) con el índice de Sp02/Fi02 en pacientes con lesión pulmonar aguda (LPA) o síndrome insuficiencia respiratoria aguda (SIRA) en pacientes de cirugía cardiovascular y circulación extracorpórea.

**ESCENARIO.** Hospital de Tercer nivel de Enseñanza universitaria.

**INTERVENCIONES.** Toma de muestra de gasometría arterial mediante línea arterial o punción arterial directa

**RESULTADOS.** Se tomaron un total de 88 pares de muestra del índice de Kirby y el radio Sp02/Fi02 de un total de 29 pacientes; 62% de sustitución valvular y 38% de revascularización miocárdica. Por genero 29 hombres y 10 mujeres. Correlación que existe entre el radio Pa02/Fi02 y el radio Sp02/Fi02 se obtuvo una r de Pearson de 0.5708 [IC 95% 0.411 - 0.696] p = 0.0001. La ecuación regresión lineal simple dio  $Y = 108 + 0.35 (xi = Kirby)$ . La PEEP no tiene efecto sobre el radio Sp02/Fi02 y si tiene efecto el nivel de Fi02 con lo que la ecuación de regresión múltiple es  $Y = 336 + 0.06 (Kirby) + [-314 x FI02]$  **p = 0.0001**. La curva ROC para P/F y S/F con área bajo la curva de 0.81 con p = 0.001. El punto de corte de Sp02/Fi02 que correlaciona con Kirby de 200 fue de 161; y el punto de corte para Kirby de 300 fue de 237. Por lo tanto S/F radio menor de 161 compatible con SIRA y S/F menor de 237 compatible con LPA.

**CONCLUSIONES.** La correlación entre P/F y S/F es buena con significancia estadística. El radio S/F de 161 correlaciona con Kirby de 200 para SIRA, y el radio menor de 237 corresponde con Kirby menos de 300 para LPA.

## SUMMARY

**OBJECTIVE.** Comparison of the Kirby ratio ( $PaO_2/FiO_2$  o P/F) and the  $SpO_2/FiO_2$  (S/F) ratio in patients with Acute Lung Injury (ALI) and Acute Insufficiency Respiratory Syndrome (ARDS) after cardiac surgery with cardiopulmonary bypass.

**SETTINGS.** Tertiary University Teaching Hospital

**INTERVENTIONS.** Arterial blood samples were obtained from the arterial line or direct radial arterial puncture.

**MAIN RESULTS.** There were an 88 pair of samples of the P/F and the S/F ratio. Mechanical valves substitution in 62% and 38% coronary artery bypass graft. There were 29 men and 10 women. Correlation between P/F y S/F has a Pearson's  $r$  of 0.5708 [CI 95% = 0.411-0.696]  $p = 0.0001$  and described by following equation:  $Y = 108 + 0.36(X_i = \text{Kirby})$ . Mixed effects of PEEP and  $FiO_2$  is described by the following multiple regression equation:  $Y = 336 + 0.006(\text{Kirby}) + [-314 \times FiO_2]$ . ROC curve for P/F and S/F has an Under Curve Area of 0.81,  $p = 0.0001$ . The cutoff of the S/R of 161 fit with P/R ratio of 200 and the cutoff of the S/R of 237 fit with P/F ratio of  $> 300$ . SIRA it's indicated by S/F ratio below 161 and ARIS it's indicated by S/F ratio below 237.

**CONCLUSIONS.** Relationship between P/F and S/F ratio is good and with statistical significance. S/F ratio of 161 corresponded with P/F ratio of 200 for ARDS, and SF ratio of 237 corresponded with P/R ratio  $< 300$  for ALI.

## INTRODUCCION

La cirugía cardíaca con uso de circulación extracorpórea o derivación cardiopulmonar (corazón abierto) es un procedimiento frecuente que se realiza en nuestra Institución por tratarse de un Centro Medico Nacional o de tercer nivel. Está reportado ampliamente en la literatura que el someterse estos pacientes a derivación cardiopulmonar implica el riesgo de algún grado de falla pulmonar como es la Lesión Pulmonar Aguda (LPA) y el Síndrome Insuficiencia Respiratoria Aguda (SIRA) por incremento en permeabilidad pulmonar y respuesta inflamatoria asociada; particularmente en pacientes sometidos a cirugía con procedimientos combinados tales como la revascularización miocárdica asociada a sustituciones valvulares; resultando esta disfunción respiratoria en incremento en morbi - mortalidad hospitalaria y reducción de la sobrevida a largo plazo así como la calidad de vida. Uno de los criterios para documentar disfunción respiratoria aguda hipoxémica es la determinación de la relación  $PaO_2/FiO_2$  por gasometría arterial, como un método rápido de identificación de paciente con LPA/SIRA. El monitoreo con oximetría de pulso como método no invasivo para inferir la eficiencia en la función pulmonar mediante el radio  $SpO_2/FiO_2$ . de manera continua permite considerar cambios agudos en este parámetro con la función pulmonar. Por lo tanto este es un estudio; con importante repercusión para nuestros pacientes, y para la ciencia medica, ya que el conocer el grado de lesión pulmonar de manera no invasiva y en un tiempo mínimo ayuda al inicio temprano en el tratamiento de la disfunción pulmonar y también a una menor frecuencia en la obtención de muestras arteriales por métodos invasivos (línea arterial) o punción directa arterial.

## ANTECEDENTES

Las complicaciones pulmonares son comunes después de cirugía de revascularización arterial coronaria, muchos paciente padecen enfermedad pulmonar crónica que contribuye a esta complicación postoperatoria; sin embargo las complicación pulmonares también son comunes en paciente sin enfermedad pulmonar aun cuando se ha reducido tiempo de aplicación de derivación cardiopulmonar intraoperatoria con nuevas técnicas quirúrgicas. Se ha reportado una incidencia hasta 20% en complicaciones postoperatorias, con incremento en el tiempo de estancia hospitalaria y costos.<sup>1</sup>

La Lesión Pulmonar Aguda (LPA) y el Síndrome de Insuficiencia Respiratoria Aguda (SIRA) son síndromes clínicos con alta morbilidad y mortalidad, esta falla respiratoria aguda esta definida por la relación de la Presión arterial de oxígeno/ Fracción inspirada de oxígeno ( $PaO_2/FIO_2$ ) de 200 y 300 para SIRA y LPA respectivamente, en sujetos sanos los cambios en  $PaO_2$  se correlacionan bien con cambios en saturación de oxígeno por oximetría de pulso ( $SpO_2$ ) en rangos de 80-100%; en pacientes con LPA y SIRA también ya se ha realizado esta correlación para facilitar la rápida identificación de esta patología y su manejo oportuno, teniendo en cuenta que la monitorización de la oximetría de pulso es una medición estándar en las unidades de terapia intensiva.<sup>1,11</sup>

La derivación cardiopulmonar por si misma condiciona respuesta inflamatoria sistémica que se explica por cuatro mecanismos de lesión tisular: a) contacto de componentes sanguíneos con circuito de sistema de derivación, b) lesión por isquemia reperfusión, c) endotoxemia, y d) trauma quirúrgico, esta respuesta inflamatoria puede causar varios grados de lesión pulmonar aguda incluso en su forma severa como el síndrome de dificultad respiratoria aguda (SIRA); con una incidencia del 1%.<sup>2,12</sup>

El SIRA y la LPA representan la manifestación pulmonar de la lesión inflamatoria panendotelial en la cual el pulmón es el primer órgano clínicamente comprometido. Hay evidencia que sugiere que el daño por especies reactivas durante derivación cardiopulmonar contribuye a la patogénesis del SIRA, por la presencia de moléculas biológicas encontradas frecuentemente en estos pacientes, condicionando daño oxidativo.<sup>3, 13.</sup>



El monitoreo de la oximetría de pulso de manera continua en manejo postoperatorio de cirugía cardíaca ha sido utilizada como alternativa de monitorización continua pulmonar no invasiva, con reducción en el número de análisis de gases arteriales y costos que ello implica; así como suple la limitación a la información intermitente de niveles de hipoxemia con medición directa arterial. También ha demostrado seguridad para detección de episodios de desaturación clínicos no aparentes, sin eventos adversos como incremento estancia UCI, duración de ventilación mecánica o necesidad de suplemento oxígeno.<sup>4</sup>

De tal manera la introducción del oxímetro de pulso para monitorización de saturación de oxígeno ha hecho posible la monitorización de hipoxemia perioperatoria mediante técnica de medición continua no invasiva, permitiendo un diagnóstico temprano y manejo de dicha hipoxemia, no reduce las complicaciones postoperatorias pero sí reduce *per se* tanto la morbilidad como mortalidad en periodo perioperatorio.<sup>5,14</sup> Esto ha implicado la introducción de nuevos dispositivos de oximetría de pulso que correlacionan grado de hipoxemia en situaciones de hipoperfusión e hipotermia que como se ha descrito, son determinantes de la oxigenación.<sup>6</sup> El uso de oximetría pulso en dedos es recomendado incluso en pacientes con pobre perfusión periférica.<sup>7</sup>

La determinación del grado de lesión pulmonar es útil no solo para su diagnóstico sino también para inicio del manejo específico de estrategias ventilatorias de protección pulmonar, hay muchos criterios empleados para determinación de la lesión pulmonar sin embargo la medición de ésta solo por criterio de oxigenación ( $PaO_2/FIO_2$ ) es un método simple de cuantificación de la severidad de la lesión pulmonar con un alto índice de predicción de mortalidad.<sup>8,9</sup>

## MATERIAL Y METODOS

Se incluyeron a todos los pacientes derecho habientes del ISSSTE que se sometieron a cirugía cardíaca a corazón abierto, programados a revascularización miocárdica y/o sustitución con prótesis valvular, que ingresaron a la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) postquirúrgica y que cumplieron con los criterios de inclusión siendo paciente mayor de 18 años, género masculino o femenino, operados de revascularización miocárdica y/o sustitución valvular con prótesis mecánica o biológica que fueron intervenidos con derivación cardiopulmonar, con saturación oximetría de pulso del 97% al 88%., en el periodo comprendido de estudio. No se incluyeron pacientes de cirugía cardíaca de urgencia, cierre de comunicación interventricular (CIV), interauricular (CIA) o persistencia del conducto arterioso (PCA), trasplante cardíaco, cirugía de aorta, paciente con hemorragia postquirúrgica inmediata, que ameritan politransfusión o reexploración quirúrgica y se eliminaron aquellos que desarrollaron edema pulmonar postquirúrgico o choque cardiogénico postquirúrgico, para valorar sólo el grado de lesión pulmonar imputable al uso de derivación cardiopulmonar. Se les realizó monitoreo hemodinámico convencional con electrocardiografía, presión arterial invasiva y no invasiva, oximetría de pulso, apoyo ventilatorio mecánico realizandose el retiro del mismo de manera gradual de acuerdo a parámetros convencionales. Se les tomó gasometría arterial con jeringas de 3 ml, procesadas en gasómetro para medir el Índice de Kirby el cual resulta de dividir el radio de  $PaO_2/FiO_2$  y que nos valora el grado de eficiencia pulmonar. Se midió directamente la saturación de oxígeno por la oximetría de pulso y se calculó el radio de la  $FiO_2$  ( $SpO_2/FiO_2$ ). Se excluyeron otros tipos de cirugía diferentes a la revascularización miocárdica y a la sustitución valvular por ser menos frecuentes, como ocurre en caso de cierre de CIV, PCA y CIA, trasplante cardíaco y cirugía de aorta. Posterior a su ingreso a la UCI postquirúrgica. Se espero la estabilización hemodinámica del paciente en las primeras horas del ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos, y una vez que mejoraron sus condiciones a normotermia, ausencia de alcalosis respiratoria condicionada por ventilación mecánica, (en estos casos de hipotermia y de alcalosis desvían la curva de disociación de la oxihemoglobina a la izquierda y por lo tanto

condicionaria una saturación de oxígeno en la oximetría de pulso mayor de 97%). Los valores menores de 88% de la saturación de oxígeno en la oximetría pierde sensibilidad por lo que no refleja el verdadero grado de saturación, por lo que no se tomaron valores menores de 88% para el cálculo del ratio  $SpO_2/FiO_2$ , esto sucede en caso de choque cardiogénico o de choque hipovolémico (hemorrágico) por lo que no se incluyeron pacientes complicados con hemorragia postoperatoria inmediata o con choque cardiogénico. En caso de aspiración de secreciones en paciente todavía con intubación orotraqueal se midieron los ratios de oxigenación posterior a 20 minutos de estabilización, puesto que el procedimiento de aspiración puede modificar la oxigenación arterial y sesgar el cálculo de los ratios ( $SpO_2$  y Kirby). Se efectuaron varias mediciones de estos ratios conforme cambia el grado de oxigenación en los pacientes para mejorar el grado de correlación. Los datos se capturaron en una hoja de recolección especialmente diseñada para este estudio, con el objetivo de conocer el grado de correlación que tiene el ratio  $SpO_2/FiO_2$  con el índice de Kirby para valorar el grado de disfunción pulmonar posterior de cirugía a corazón abierto; la disfunción pulmonar puede ser leve definida como lesión pulmonar aguda (Kirby menor de 300), o puede ser severa definida como síndrome de insuficiencia respiratoria aguda (Kirby menor de 200), y la determinación el ratio  $SpO_2/FiO_2$ , que mejor correlacione con estos grados de disfunción pulmonar. Se midió el nivel de PEEP (presión positiva al final de la espiración) para valorar que tanto modifica el ratio P/F y el ratio S/F, puesto que es frecuente el uso de PEEP en el manejo de la disfunción pulmonar aguda. Para tamaño de la muestra esta se realizó en base a la prevalencia de disfunción pulmonar postoperatoria que se presenta del 20 al 40%; tomando referencia del 20% se determinó un cálculo de  $(1\alpha/2)^2 (p * q) / EE^2$  desarrollándola corresponde a  $(1.96)^2 (0.2 * 0.8) / 0.06^2$  dando un tamaño de 170. Para el análisis de los datos se empleó estadística descriptiva, así como Correlación Pearson, Regresión lineal múltiple y Curvas ROC. Se utilizó paquete estadístico Analyse-it.

## RESULTADOS

Ingresaron 39 pacientes al estudio (un total de 88 pares de muestra del índice de Kirby y el ratio SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>) de los cuales fueron 29 hombres (74%) y 10 mujeres (26%); con edad promedio de 61 años (IC 95% 3.13 = 57.9 – 64.5) por tipo de cirugía hubo un total de 24 procedimientos de prótesis valvulares (62%) y 15 revascularizaciones al miocardio (38%). Se tomaron un total de 88 pares de muestras de gasometría arterial (Kirby) más radio SpO<sub>2</sub>/ FiO<sub>2</sub>. En base al nivel de Índice de Kirby se catalogo al paciente como complicado con SIRA si el índice de Kirby menor de 200 y portador de ALI (Acute Lung Injury) o LPA (lesión pulmonar aguda) si el índice de Kirby era mayor de 200 pero menor de 300. En base a ello se detectaron 65 muestras con SIRA para prevalencia del 73% y 23 muestras con ALI para prevalencia del 27%. En cuanto al tiempo de derivación cardiopulmonar tuvo un promedio de 114 minutos (IC 95% de 11 minutos= 103 a 125). En cuanto al tiempo de ventilación mecánica tuvo media de 30 horas (IC 95% de 9.7= 20.3 a 39.7), con tiempo de estadia en UCI postquirúrgica de 60 horas como media (IC 95% de 15 hs = 45 a 75 ) (*Tabla 1*). No hubo mortalidad en este estudio.

En cuanto a determinación del índice de Kirby tuvo una media de 170 (IC 95% [160- 180] y el ratio SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> tuvo media de 168 [IC 95% 162 a 174) (p = 0.46 por diferencia de medias) sin significancia estadística. En cuanto al nivel PEEP usado tuvo una media de 5.37 ccH<sub>2</sub>O [IC 95% 5.15 a 5.59 con valor máximo de 10 ccH<sub>2</sub>O, en cuanto al nivel de FiO<sub>2</sub> se uso desde 0.40 al 0.70% y presento media de 0.57% [IC 95% 0.55 a 0.586].

En cuanto a la correlación que existe entre el ratio PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y el ratio SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> se obtuvo una r de Pearson de 0.5708 [IC 95% = 0.411 a 0.696] (*Gráfica 1*), la r mínima para una p < de 0.05 es de 0.2784 ( r = 0.5708 es mayor) por lo que se obtiene una p = 0.0001 (muy significativa); el coeficiente de determinación o r<sup>2</sup> fue de 0.32. La pendiente fue de 0.354 y el origen o intercepto fue de 108.26 con error típico XY de 24. Por lo que la recta de regresión lineal simple que mejor ajusta  $[Y = a + b (xi) + EE]$  es: **Y = 108 + 0.35 (xi = Kirby) +/- 24** (*Gráfica 2*).

Para tomar en cuenta el efecto que tiene FIO2 y el nivel de PEEP sobre el índice de Kirby y el índice de SpO2/FiO2 se recurre al modelo matemático de regresión múltiple lineal  $Y = a + b(x_1) + c(x_2) + d(x_3)$

**[Y (SpO2/FiO2) = a + b (Kirby) + c (PEEP) + d (FIO2)]** se obtuvo origen (a) de 336 [IC 95% = 309 a 362] + 0.06 (Kirby) + 0.31 (PEEP) + [-314 X FiO2], la FIO2 en el modelo dio  $p = 0.02$ , el Kirby de  $p = 0.001$ , y el PEEP con  $p = 0.766$ ; por lo tanto el PEEP puede excluirse del modelo para tener finalmente modelo de regresión lineal múltiple **Y = 336 + 0.06 (Kirby) + [-314 x FIO2]**. Este modelo de regresión dio una r de 0.91 con coeficiente de determinación  $r^2$  de 0.90 con una  $p = 0.0001$  (muy significativa); (*Gráfica 3*).

La curva operativa del receptor o curva ROC, se uso para encontrar el posible punto de corte del radio SpO2/FiO2 que mejor correlacione con el punto de corte del Kirby (cuando este menor de 200 se sabe es SIRA, mayor de 201 pero menor de 300 se sabe es un LPA) basándose en los verdaderos positivos (sensibilidad) y los falsos positivos (1-especificidad). La curva ROC tuvo un área debajo de la curva de 0.81 [IC 95% 0.71-0.91] que corresponde a una sensibilidad de 0.8636 (verdaderos positivos) y 0.3214 (1-especificidad) o falsos positivos; la  $p = 0.0001$  (*Gráfica 4*). Esto corresponde al punto de corte SpO2 / FiO2 de 161 (donde mejor equilibra sensibilidad-especificidad del radio SpO2/FiO2) con una probabilidad de riesgo positivo de 4.07 (LR+ = 4.07), y un valor predictivo positivo de 0.92 (92%). Es decir, que una radio SpO2/FiO2 de 161 se corresponde con Kirby de 200. Por lo tanto menor de 161 se corresponde con SIRA (*Tabla 2*). El posible punto de corte para el radio SpO2/FiO2 que indica lesión pulmonar aguda (LPA) que se encontró fue SpO2/FiO2 = 237, con una sensibilidad de 0.727 (IC 95% 0.498 a 0.893) con una probabilidad negativa de riesgo (LR- de 18), y LR+ de 0.74, por lo tanto el radio SpO2/FiO2 es igual o mayor de 237 el riesgo negativo de 18 descartaría lesión pulmonar aguda, por lo tanto lesión pulmonar queda entre SpO2/FiO2 de 162- 236 como se observa en la *Tabla 3*.

## DISCUSION

En pacientes con cirugía a corazón abierto, presentan lesiones pulmonares que van desde lesión leve (ALI), hasta la lesión severa y fatal (SIRA). Se ha atribuido en gran parte a la respuesta inflamatoria propia de la derivación cardiopulmonar, a las dosis altas de oxígeno, a afección pulmonar previa como neuropatía crónica y fibrosis, esto principalmente observado en pacientes con cardiopatías valvulares que repercute en la función pulmonar<sup>10</sup>. La prevalencia de lesión pulmonar severa en nuestro estudio fue alta del 73% un poco más alta a lo reportado en otros estudios. En cuanto a variables como edad, género, tabaquismo, obesidad, también influyen como factores de riesgo asociadas a lesiones pulmonares de diversos grados, lo que indica la gran susceptibilidad de nuestra población al daño pulmonar posoperatorio<sup>16</sup>. Estos pacientes requieren monitoreo hemodinámico, monitoreo respiratorio invasivos frecuentes, con toma de gasometría arterial frecuente, pero es procedimiento doloroso.<sup>10,11</sup>. El tiempo de derivación cardiopulmonar en la literatura se sabe que si es mayor de 120 minutos el riesgo de complicaciones son altas, en comparación a tiempo derivación cardiopulmonar menor de 120 minutos. Sin embargo, el intervalo de confianza lo ubica en este estudio dentro de 103 a 125 minutos, estando en valores límites para discriminar lesión pulmonar y SIRA, lo que explica que en nuestra muestra presenten lesión pulmonar severa. Sin embargo el tiempo de estadia en UCI fue de 2.5 días (60 hrs) y a pesar de tener prevalencia del 73% de SIRA, la mayoría tiende a la recuperación. El tiempo de ventilación mecánica en promedio 30 hrs, sugiriendo que la lesión pulmonar posterior a derivación cardiopulmonar puede mejorar en ese período de tiempo y por lo tanto reducir el mayor tiempo de ventilación mecánica.

En el postoperatorio se observo en el índice de Kirby una media de 170, comparada contra 168 del ratio SpO<sub>2</sub>/fiO<sub>2</sub>; lo que indica que la media de ambos parámetros están por debajo de 200 y por lo tanto, indica que la mayoría de nuestros pacientes tienen SIRA postoperatorio inmediato y posiblemente se asocia a algún grado de lesión pulmonar secundario a las valvulopatías cardiacas, lo cual es factible pues el 64% de las cirugías fueron de sustitución de válvulas cardiacas protésicas contra un 38 % de revascularización miocárdica.

El monitoreo de estos pacientes en la toma de gasometrías arteriales, presenta diversas dificultades técnicas como de toma o procesamiento, por lo que resulta más útil estimar el grado de oxigenación pulmonar a partir de ver la relación entre la saturación de oxígeno (detectada con el oxímetro de pulso) y la fracción inspirada de oxígeno (FIO<sub>2</sub>)<sup>17,19</sup>. Por tal motivo, uno de los principales objetivos de este estudio era determinar el grado de correlación entre ambos parámetros, observándose un correlación de 0.5708 con  $p$  significativa menor de 0.001 e IC 95% estrecho lo que hace fuerte la relación y se obtuvo la línea de regresión lineal simple para poder estimar el radio correspondiente de SapO<sub>2</sub>/Fio<sub>2</sub> que represente lo mas cercano posible al radio PaO<sub>2</sub>/Fio<sub>2</sub>.

Para valorar el efecto del incremento de la fracción inspirada de oxígeno y del nivel de PEEP, sobre el Kirby y el radio de SpO<sub>2</sub>, se observo que la Fio<sub>2</sub> influye de manera importante sobre ambos parámetros (Kirby y SpO<sub>2</sub>), pero no el nivel de PEEP pues no tuvo significancia estadística ( $p > 0.05$ ), la cual fue de 0.0001 para la Fio<sub>2</sub>. Para esto se recurrió a ecuación de regresión lineal múltiple (variable dependiente SpO<sub>2</sub>/Fio<sub>2</sub>, y variables independientes el Kirby, PEEP, FIO<sub>2</sub>), excluyéndose la PEEP de la ecuación por no tener significancia estadística; esta ecuación tiene una  $p < 0.0001$  y  $r$  de 0.91 lo que la hace una herramienta útil para valorar la oxigenación con el radio SpO<sub>2</sub>/Fio<sub>2</sub>.

Finalmente la curva ROC tuvo una sensibilidad del 86.35% (verdaderos positivos) y falsos positivos (1-especificidad) de 32.14%, con excelente área debajo de la curva (0.81) y notoria significancia estadística, con punto de corte aproximado del radio SpO<sub>2</sub>/Fio<sub>2</sub> de 161, por arriba se asociaría a Lesión pulmonar aguda y por debajo de 161 a SIRA. En la literatura hay poco estudios sobre el radio SpO<sub>2</sub>/Fio<sub>2</sub> como subrogado del índice de Kirby<sup>18, 20</sup>, y reportan en pacientes sanos que la correlación es del 1.0 (perfecta); en paciente con Síndrome Insuficiencia Respiratoria Aguda esta reportado que el nivel de SpO<sub>2</sub>/Fio<sub>2</sub> de 235 correlaciona con Kirby de 200, y el radio de 315 corresponde con Kirby mayor de 300<sup>1</sup>. Sin embargo, en nuestros pacientes el radio SpO<sub>2</sub>/Fio<sub>2</sub> de 161 que corresponde con el Kirby de 200, y no se encontró índice de Kirby mayores de 300 en nuestros pacientes postquirúrgicos por lo que el punto de corte de 237 igual o mayor corresponde a Kirby igual o mayor de 300;

para la lesión pulmonar aguda el punto de corte de SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> menor es de 237 (entre 162 – 236).

Consideramos que es un subrogado útil del Índice de Kirby, pues evita mayores punciones sobre vasos arteriales y menor riesgo de lesiones para los pacientes. Se requiere de una muestra mayor para ver si mejora el grado de correlación al igual que la curva ROC.

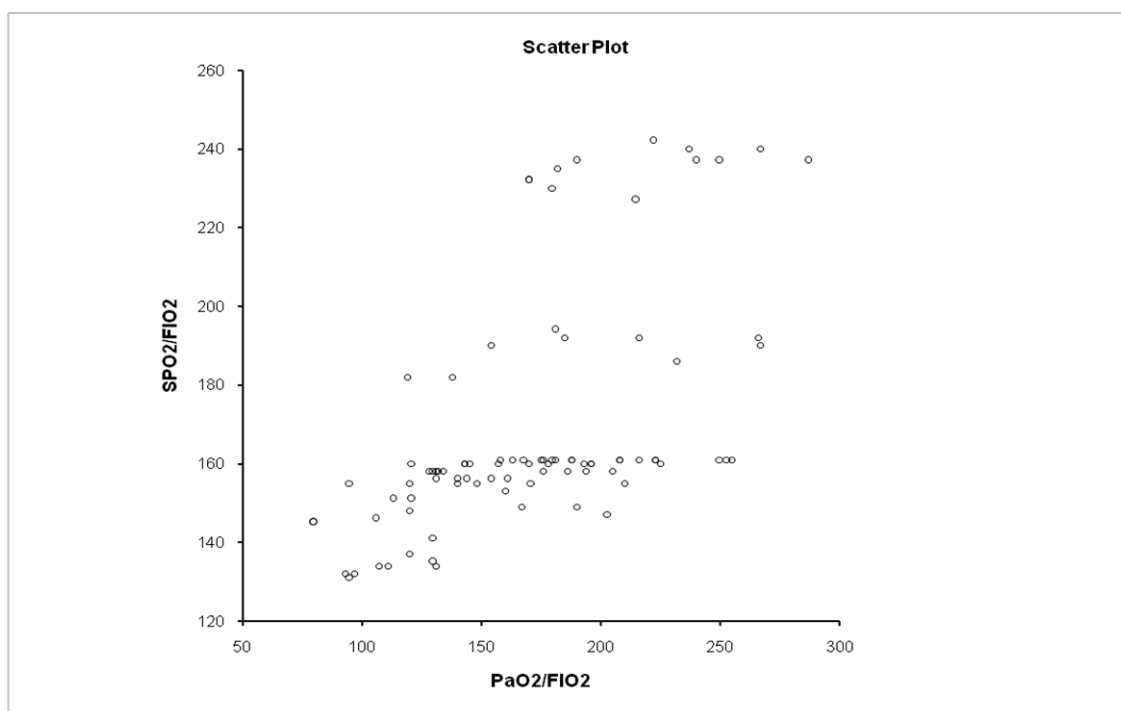
Otro sesgo que puede influir, es que el estudio de Rice TW<sup>1</sup> se efectuó a 1000 metros sobre nivel medio del mar, y nuestras muestras se realizaron a pacientes a un nivel de más de 2500 metros sobre el nivel del mar, lo que explica que nuestra correlación sea mas baja al igual que las oxemia pues no observamos Kirby mayor de 300 y nuestro ratio SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> es por lo tanto también mas bajo<sup>15</sup>. En ese estudio la muestra fue heterogénea e incluía pacientes con sepsis pulmonar y nuestra muestra es netamente homogénea lo que influye en las diferencias.



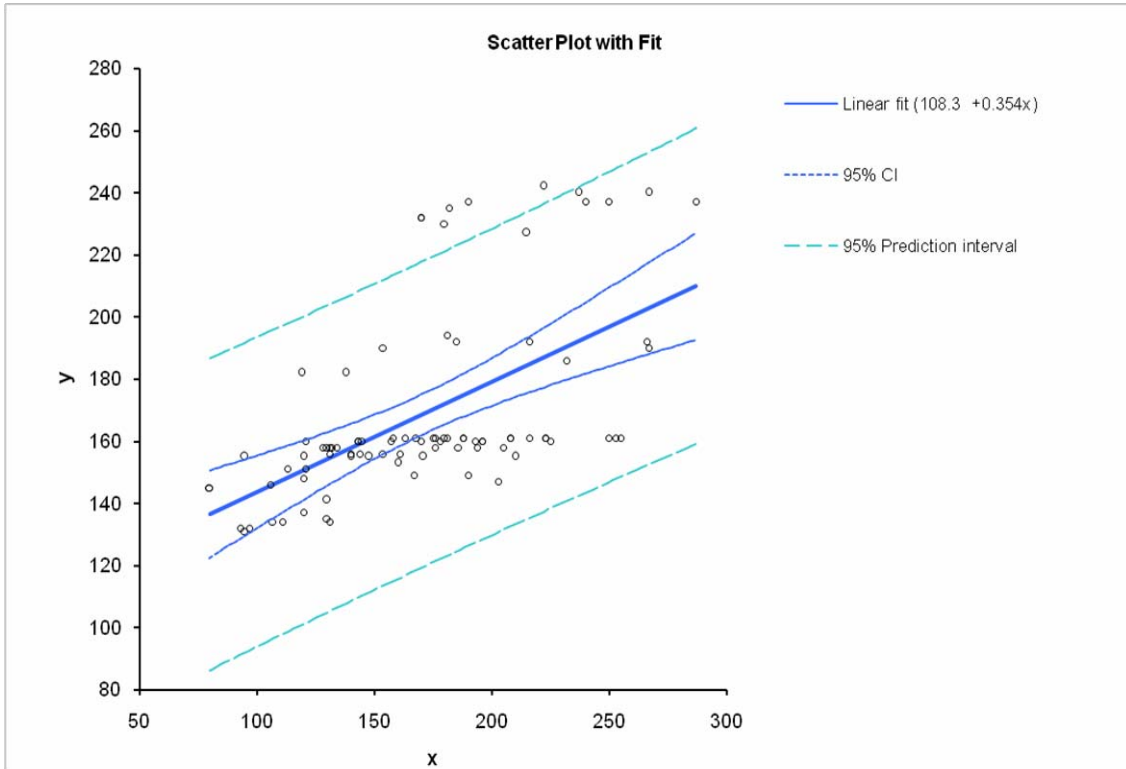
## ANEXOS

Sexo	
Masculino	29 (74%)
Femenino	10 (26%)
Edad (años)	61 (IC 95% 57.9 – 64.5)
Procedimiento	
Sustituciones valvulares	24 (62%)
Revascularización miocárdica	15 (38%)
Muestra	
SIRA	65 (73%)
LPA	23 (27%)
Tiempo de derivación Cardiopulmonar (min)	114 (IC 95% 103 a 125)
Tiempo ventilación mecánica (hr)	30 (IC 95% 20.3 a 39.7)
Tiempo de estancia UCI	60 (IC 95% 45 a 75 )

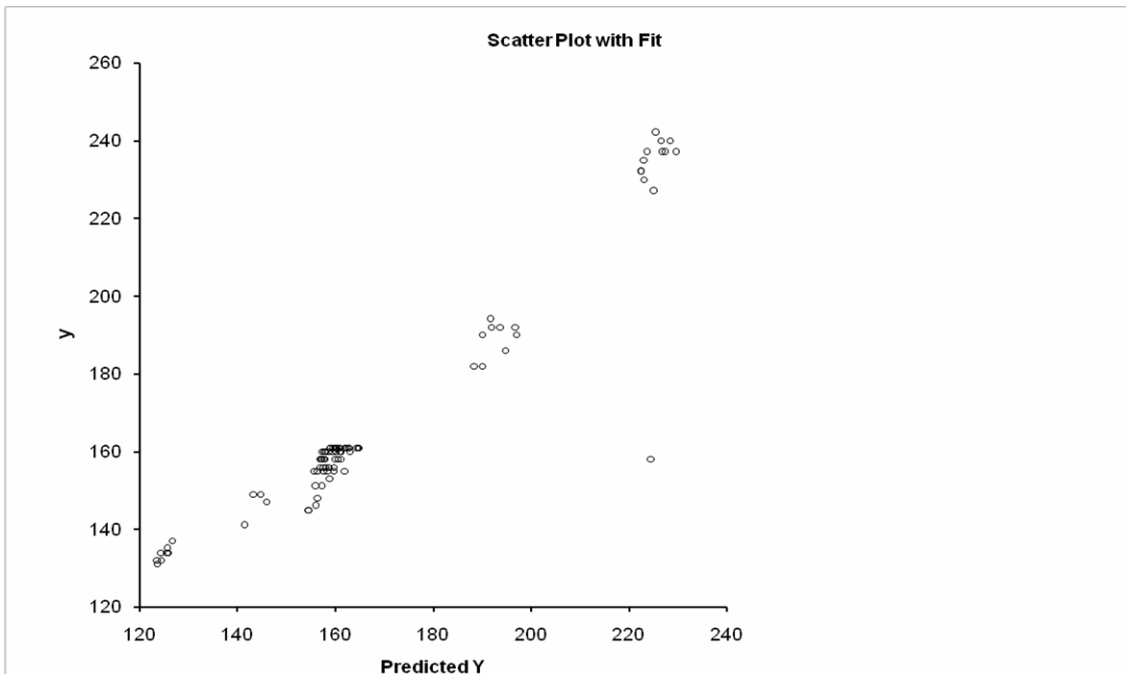
Tabla 1. *Características generales de pacientes.*



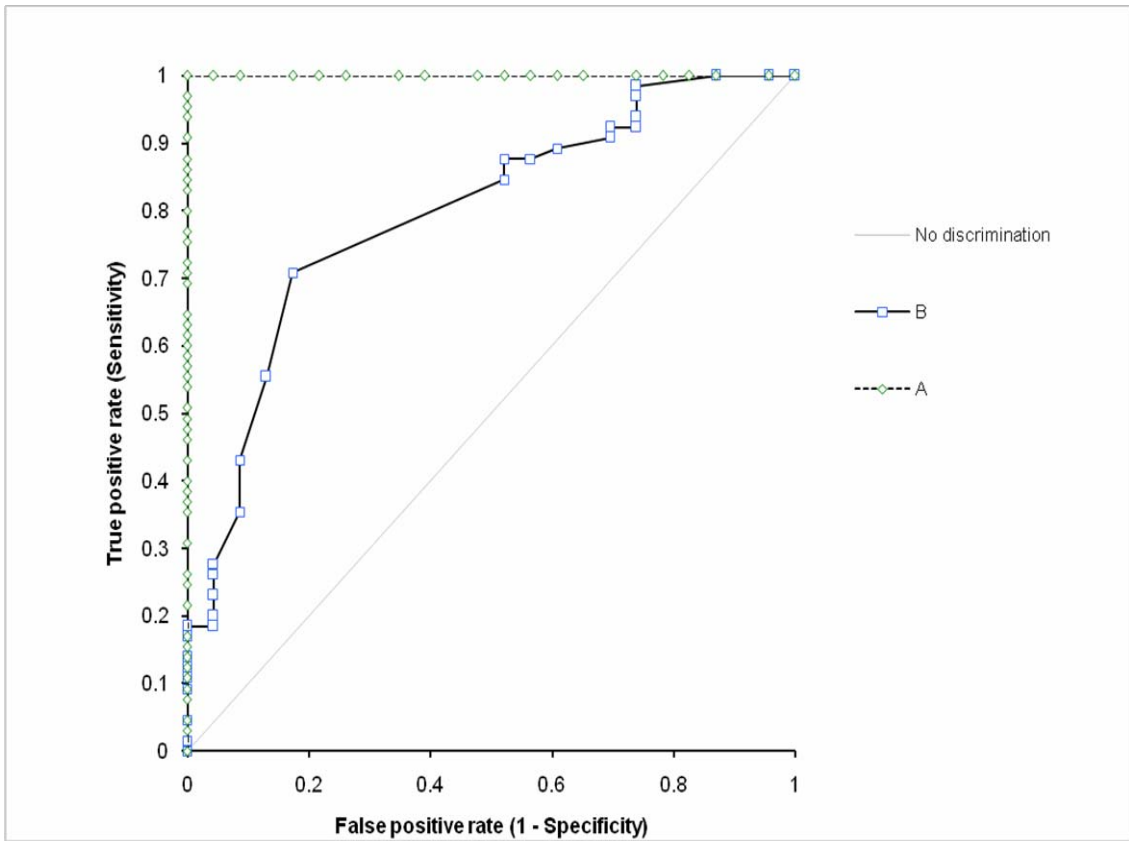
Gráfica 1. *Gráfica de Correlación de Pearson entre PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> para SIRA*



Gráfica 2. Regresión lineal simple para SIRA



Gráfica 3. Regresión lineal múltiple para SIRA



Gráfica 4. Curva ROC para SIRA

Y positive test < cutoff	TP rate (sensit)	95% IC		TN rate (Specif)	95% IC		likelihood ratio (+)	likelihood ratio (-)	predictive value (+)	predictive value (-)
131	0.000	0.000	0.055	1.000	0.852	1.000	-	1.00	-	0.261
132	0.015	0.000	0.083	1.000	0.852	1.000	+∞	0.98	1.000	0.264
134	0.046	0.010	0.129	1.000	0.852	1.000	+∞	0.95	1.000	0.271
135	0.092	0.035	0.190	1.000	0.852	1.000	+∞	0.91	1.000	0.280
137	0.108	0.044	0.209	1.000	0.852	1.000	+∞	0.89	1.000	0.284
141	0.123	0.055	0.228	1.000	0.852	1.000	+∞	0.88	1.000	0.288
145	0.138	0.065	0.247	1.000	0.852	1.000	+∞	0.86	1.000	0.291
146	0.169	0.088	0.283	1.000	0.852	1.000	+∞	0.83	1.000	0.299
147	0.185	0.099	0.300	1.000	0.852	1.000	+∞	0.82	1.000	0.303
148	0.185	0.099	0.300	0.957	0.781	0.999	4.25	0.85	0.923	0.293
149	0.200	0.111	0.318	0.957	0.781	0.999	4.60	0.84	0.929	0.297
151	0.231	0.135	0.352	0.957	0.781	0.999	5.31	0.80	0.938	0.306
153	0.262	0.160	0.385	0.957	0.781	0.999	6.02	0.77	0.944	0.314
155	0.277	0.173	0.402	0.957	0.781	0.999	6.37	0.76	0.947	0.319
156	0.354	0.239	0.482	0.913	0.720	0.989	4.07	0.71	0.920	0.333
158	0.431	0.308	0.560	0.913	0.720	0.989	4.95	0.62	0.933	0.362
160	0.554	0.425	0.677	0.870	0.664	0.972	4.25	0.51	0.923	0.408
161	0.708	0.582	0.814	0.826	0.612	0.950	4.07	0.35	0.920	0.500
182	0.846	0.735	0.924	0.478	0.268	0.694	1.62	0.32	0.821	0.524
186	0.877	0.772	0.945	0.478	0.268	0.694	1.68	0.26	0.826	0.579
190	0.877	0.772	0.945	0.435	0.232	0.655	1.55	0.28	0.814	0.556
192	0.892	0.791	0.956	0.391	0.197	0.615	1.47	0.28	0.806	0.563
194	0.908	0.810	0.965	0.304	0.132	0.529	1.30	0.30	0.787	0.538
227	0.923	0.830	0.975	0.304	0.132	0.529	1.33	0.25	0.789	0.583
230	0.923	0.830	0.975	0.261	0.102	0.484	1.25	0.29	0.779	0.545
232	0.938	0.850	0.983	0.261	0.102	0.484	1.27	0.24	0.782	0.600
235	0.969	0.893	0.996	0.261	0.102	0.484	1.31	0.12	0.788	0.750
237	0.985	0.917	1.000	0.261	0.102	0.484	1.33	0.06	0.790	0.857
240	1.000	0.945	1.000	0.130	0.028	0.336	1.15	0.00	0.765	1.000
242	1.000	0.945	1.000	0.043	0.001	0.219	1.05	0.00	0.747	1.000

Tabla 2. Punto de corte para SpO2/FiO2 indicador de SIRA (161 = igual o menor corresponde a SIRA)

SpO2 (Positive test < cutoff)	TP rate (Sensitivity)	95% CI		TN rate (Specificity)	95% CI		Likelihood ratio (+)	Likelihood ratio (-)
131	0.000	0.000	0.154	1.000	0.946	1.000	-	1.00
132	0.000	0.000	0.154	0.985	0.918	1.000	0.00	1.02
134	0.000	0.000	0.154	0.955	0.873	0.991	0.00	1.05
135	0.000	0.000	0.154	0.909	0.813	0.966	0.00	1.10
137	0.000	0.000	0.154	0.894	0.794	0.956	0.00	1.12
141	0.000	0.000	0.154	0.879	0.775	0.946	0.00	1.14
145	0.000	0.000	0.154	0.864	0.757	0.936	0.00	1.16
146	0.000	0.000	0.154	0.833	0.721	0.914	0.00	1.20
147	0.000	0.000	0.154	0.818	0.704	0.902	0.00	1.22
148	0.045	0.001	0.228	0.818	0.704	0.902	0.25	1.17
149	0.045	0.001	0.228	0.803	0.687	0.891	0.23	1.19
151	0.045	0.001	0.228	0.773	0.653	0.867	0.20	1.24
153	0.045	0.001	0.228	0.742	0.620	0.842	0.18	1.29
155	0.045	0.001	0.228	0.727	0.604	0.830	0.17	1.31
156	0.091	0.011	0.292	0.652	0.524	0.765	0.26	1.40
158	0.091	0.011	0.292	0.576	0.448	0.697	0.21	1.58
160	0.136	0.029	0.349	0.455	0.331	0.582	0.25	1.90
161	0.182	0.052	0.403	0.303	0.196	0.429	0.26	2.70
182	0.500	0.282	0.718	0.152	0.075	0.261	0.59	3.30
186	0.500	0.282	0.718	0.121	0.054	0.225	0.57	4.13
190	0.545	0.322	0.756	0.121	0.054	0.225	0.62	3.75
192	0.591	0.364	0.793	0.106	0.044	0.206	0.66	3.86
194	0.682	0.451	0.861	0.091	0.034	0.187	0.75	3.50
227	0.682	0.451	0.861	0.076	0.025	0.168	0.74	4.20
230	0.727	0.498	0.893	0.076	0.025	0.168	0.79	3.60
232	0.727	0.498	0.893	0.061	0.017	0.148	0.77	4.50
235	0.727	0.498	0.893	0.030	0.004	0.105	0.75	9.00
<b>237</b>	<b>0.727</b>	<b>0.498</b>	<b>0.893</b>	<b>0.015</b>	<b>0.000</b>	<b>0.082</b>	<b>0.74</b>	<b>18.00</b>
240	0.864	0.651	to 0.971	0.000	0.000	0.054	0.86	+∞
242	0.955	0.772	to 0.999	0.000	0.000	0.054	0.95	+∞

Tabla 3. Punto de corte para Lesión Pulmonar Aguda (SpO2/FiO2 237).

## CONCLUSIONES

1.- la prevalencia de afección pulmonar postoperatoria de cirugía corazón abierto en nuestro medio es mayor, pues hubo SIRA en 73% de la muestra y ALI en 27% restante. Por lo tanto Todos los pacientes presentan daño pulmonar en el postoperatorio.

2.- Hay buena correlación del radio SpO<sub>2</sub>/Fio<sub>2</sub> con el índice de Kirby con significancia estadística notoria y por lo tanto con relevancia clínica, pues evita obtener muestras de gasometría arterial mediante punción arterial.

3.- la ecuación de regresión lineal simple: **Y = 108+ 0.35 (xi = Kirby)+/- 24** es la que mejor ajusta la correlación SpO<sub>2</sub> con el Kirby, siendo además fácil su calculo y adecuado subrogado. Y los efectos del PEEP y FIO<sub>2</sub> se ajustan mediante ecuación de regresión lineal múltiple, observándose que el nivel de PEEP no influye (baja significancia), pero si influye notoriamente el nivel de FIO<sub>2</sub>. Esto es relevante pues el PEEP se ha catalogado como piedra angular en el manejo de la lesión pulmonar. . La ecuación regresión múltiple que nos ayuda a estimar la oxigenación es: **Y = 336 + 0.06 (Kirby)+ [-314 x FIO<sub>2</sub>]**.

4.- La curva ROC también resulto con significancia estadística y adecuada correlación que apoyan el uso de spO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> para estimar la lesión pulmonar y el SIRA. Sin embargo, debido a la muestra pequeña de nuestro estudio, así como la altura sobre el nivel del mar (siendo mayor a 2500 ms) pueden explicar las diferencias con otros estudios; pero de manera importante, nuestra población es homogénea lo que da más relevancia clínica.

5.- El punto de corte del radio SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> de 237 corresponde con un Kirby igual o mayor de 300 y el radio menor de 237 hasta 162 corresponde con Kirby menor de 300 a 201.

6.- El punto de corte del radio SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> de 161 corresponde con un índice Kirby de 200.

7.- Consideramos se requiere de una muestra mayor, representativa (homogénea) para ver si se mantiene la tendencia o hay mejoría en la correlación y en la curva ROC que reflejen un mejor punto de corte. Sin embargo, sin olvidar el hecho de la altura sobre el nivel del mar, pues al parecer influye en spO<sub>2</sub> y Kirby más bajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rice TW, Wheeker AP, Bernard GR, Hayden DL, Schoenfeld DA, Ware LB, Comparison of the Spo<sub>2</sub>/Fio<sub>2</sub> ratio and the Pao<sub>2</sub>/Fio<sub>2</sub> ratio in patients with Acute Lung Injury or ARDS. *Chest* 2007; 132:410-417.
2. Schuller D, Morrow LE. Pulmonary complication after coronary revascularization. *Curr Opin Cardio* 2000; 15: 309-315.
3. Quinlan GJ. Acute respiratory distress syndrome secondary to cardiopulmonary bypass: do compromised plasma iron-binding antioxidant protection and thiol levels influence outcome?. *Crit Care Med* 2000; 28:
4. Bierman MI. Pulse oximetry in the postoperative Care of Cardiac Surgical Patients. *Chest* 1992; 102: 5
5. Pedersen T, Pedersen P, Moller AM. Pulse Oximetry for Perioperative monitoring: Systematic Review of Randomized, Controlled Trials. *Anesth Analg* 2003; 96:426-31.
6. Irita k, Kai Y, Akivosshi K, Tanaka Y, Takahashi S. Performance evaluation of a new pulse oximeter during mild hypothermic cardiopulmonary bypass. *Anesth* 1993; 78: 445-53
7. Clayton DG, Webb RK, Ralston AC, Duthie D, Runciman WB. Pulse oximeter probes. A comparison between finger, nose, aer and forehead probes conditions of poor perfusion. *Heart Lung*, 1995; 24: 220-7.
8. Offner P, Moore EE. Lung injury severity scoring in the era of lung protective mechanical ventilation: the PaO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub> ratio. *J. Clin Monit Comput* 2007; 21: 249-52
9. Thys DM, Cohen E, Girard D, Kirschner PA, Kaplan JA. The pulse oximeter: a non invasive monitor of oxygenation during thoracic surgery. *Thorac Cardiovasc Surg*. 1986; 34: 380-3.
10. White KM Winslow EH, Clark AP Tyler DO, The physiologic basis for continuous oxygen saturation monitoring. *Heart Lung* 1990; 19:548-51.
11. Macnaughton PD, Evans TW: Adult respiratory distress syndrome. *Lancet* 1992; 339:469-472.

12. Messent M, Sinclair DG, Quinlan GJ: Pulmonary vascular permeability after cardiopulmonary bypass and its relationship to oxidative stress. *Crit Care Med* 1997; 25: 425-429.
13. Christenson JT, Aeberhard JM, Badel P. Adult respiratory distress syndrome after cardiac surgery. *Cardiovasc Surg* 1996; 4: 15-21
14. Cox CM, Ascione. Effect of cardiopulmonary bypass on pulmonary gas Exchange. *Ann Thoracic Surg* 2000; 69: 140-145.
15. Vazquez JC, Pérez R. Valores gasometricos estimados par alas principales poblaciones y sitios a mayor altitud en México. *Rev Inst Nal Enf Resp Mex* 2000; 13: 06-13
16. Warner MA, Divertie MB, Tinker JH: Preoperative cessation of smoking and pulmonary complications in coronary artery bypass patients. *Anesthesiology* 1984, 60: 380-383.
17. Noll ML, Byers JF: Comparison of SV02, Sp02, and clinical parameters with arterial blood gases during ventilatory weaning. *Anesth Analg* 2003, Jan; 96: 11-4.
18. Moller JT, Johannessen NW, Espersen K, et al. Randomized evaluation of pulse oximetry in 20.802 patients: II. Perioperative events and postoperative complications. *Cochrane Database Sys. Rev.* 2003; 3: CD002013.
19. Kurki TS, Smith NT, Sanford TJ Jr, Head N. Pulse oximetry and finger blood pressure measurement during open heart surgery. *J Clin Monit* 1987 Oct;3:257-62.
20. Haessler R, Brandl F, et al. Continuous intraarterial oximetry, pulse oximetry and co oximetry, during cardiac surgery. *Anesthesia* 1991 Jan; 46: 3-10.



## HOJA DE RECOLECCION DE DATOS

Edad (años)	
Género 1. femenino 2. masculino	
No. Expediente	
Peso	
Talla	
Indice masa corporal IMC	
Tabaquismo	
Pruebas función respiratoria	
Fecha ingreso	
Fecha egreso	
Cirugía 1. revascularización 2. sustitución valvular	
Tiempo derivación cardiopulmonar (minutos) 1. menor de 120 minutos 2. mayor de 120 minutos	
FIO2 (como fracción, ejemplo 40%, debe ser 0.4)	
SpO2 (saturación oximetría) en %	
PaO2 (mmHg)	
Radio PaO2/FIO2 Kirby, se abrevia radio P/F	
Radio SpO2/FIO2, se abrevia radio S/F	
Ventilacion mecanica (horas)	
Estadia en UCI (horas)	
Mortalidad	

	Med 1	Med 2	Med 3	Med 4	Med 5	Med 6	Med 7
FIO2							
SpO2							
PaO2							
P/F							
S/F							
PEEP							
Lesión Pulmonar Aguda (LPA) Kirby entre 201-300							
LPA valor del radio P/F							
Síndrome Insuficiencia Respiratoria Aguda (SIRA) Kirby menor 199							
SIRA valor del radio P/F							