

11224



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE MEDICINA**

**División de Estudios de Posgrado e  
Investigación**

**INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIOS  
SOCIALES PARA LOS TRABAJADORES  
DEL ESTADO.**

**"ÍNDICE DE DESATURACIÓN CALCULADO  
CONTINUO PARA MONITOREO DE LA  
FUNCION PULMONAR DURANTE LA  
VENTILACIÓN MECANICA".**

Trabajo de Investigación  
Que presenta el

**DRA. RUBI MEJIA ESPINOSA**

Para Obtener el diploma de la  
Especialidad de:

**MEDICINA DEL ENFERMO  
EN ESTADO CRITICO ADULTO.**

Asesores de Tesis

Dr. GILBERTO FELIPE VAZQUEZ DE ANDA

Dr. TIBURCIO LOPEZ VALLE



**ISSSTE**

2004



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

*[Handwritten signature]*

DR. JULIO CÉSAR DÍAZ BECERRA  
COORDINADOR DE CAPACITACIÓN, DESARROLLO E INVESTIGACIÓN



*[Handwritten signature]*

DRA. HILDA RODRÍGUEZ ORTIZ  
JEFE DE INVESTIGACIÓN



*[Handwritten signature]*

DR. LUIS ALCÁZAR ALVAREZ  
JEFE DE ENSEÑANZA





---

DR. OTHON GAYOSSO CRUZ  
PROFESOR TITULAR  
MEDICINA ESTADO CRITICO DEL ENFERMO EN



---

DR. ROBERTO BRUGADA MOLINA  
VOCAL DE INVESTIGACIÓN  
MEDICINA DEL ENFERMO EN ESTADO CRÍTICO ADULTO



---

DR. GILBERTO FELIPE VAZQUEZ DE ANDA  
MEDICO DE TERAPIA INTENSIVISTA  
ADSCRITO AL SERVICIO DE URGENCIAS  
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES "DR. BERNARDO SEPÚLVEDA G"  
CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI



---

DR. TIBURCIO LOPEZ VALLE  
MEDICO ADSCRITO A LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL  
H. R. LIC. ADOLFO LOPEZ MATEOS

## INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	5
RESUMEN.....	6
SUMMARY.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
JUSTIFICACIÓN.....	16
OBJETIVOS.....	17
HIPOTESIS.....	18
MATERIAL Y METODO.....	19
RESULTADOS.....	24
FIGURA.....	25
TABLA.....	26
DISCUSIÓN.....	27
CONCLUSIÓN.....	30
BIBLIOGRAFÍA.....	31

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS:**

Por darme vida, salud y fuerza para lograr mis objetivos.

### **A MIS PADRES Y ABUELAS**

Por su amor, confianza y apoyo incondicional.

Por creer en mí y caminar a mi lado.

Por enseñarme a luchar y por darme la oportunidad de estar aquí.

### **A MIS HERMANOS**

Por existir y estar conmigo en todo momento.

### **A MIS MAESTROS:**

Por sus consejos y enseñanzas, en especial al Dr. Gilberto Felipe Vázquez de Anda por todo el apoyo brindado y por ser un ejemplo a seguir, gracias Maestro.

## RESUMEN

**Objetivo:** El propósito de nuestro estudio fue determinar la correlación entre el Índice de Desaturación continuo (IDcont) y el Índice de Desaturación Calculado (I.D.C).

**Pacientes y Métodos:** Nosotros incluimos a 11 pacientes que ingresaron a la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI)

**Resultados:** La tabla muestra los resultados obtenidos del modelo de regresión, en la cual señala la correlación entre  $G(A-a)O_2$  y  $G(A-a)$  de 1.0,  $G(A-a)O_2$  con  $PaO_2/FiO_2$  0.96  $G(A-a)O_2$  e Índice consenso 0.89,  $G(A-a)O_2$  con  $PaO_2/FiO_2 < 0.96$ ,  $PaO_2/FiO_2$  y  $PaO_2/FiO_2$  1.0,  $PaO_2/FiO_2$  con Índice consenso  $< 0.89$ , I.D Vs  $G(A-a)O_2$  0.84, I.D. Vs  $PaO_2/FiO_2 < 0.83$ , I.D. Vs Índice de consenso 0.86, consenso de LPA-SIRPA Vs  $G(A-a)O_2$  0.89, consenso de LPA-SIRPA Vs  $PaO_2/FiO_2 < 0.89$ , consenso de LPA-SIRPA Vs I.Consenso 1.0 como podemos observar nuestras correlaciones son estadísticamente significativas.

**Conclusión:** Concluimos que es posible determinar el grado de disfunción pulmonar utilizando el ID continuo durante la ventilación mecánica.

## SUMMARY

**Objective:** The main purpose of this study was to determine the utility of the continuous monitoring of lung function at the bedside by using a computer program based on the rationale of the calculated desaturation index (Dic) (1-3).

**Patients and Methods:** We developed a computer program which includes Saturation by Pulse Oximetry (SpO<sub>2</sub>), Positive End Expiratory Pressure (PEEP), and Inspired of Oxygen Fraction (FiO<sub>2</sub>) to determine a continuous monitoring Dic (MDic). A capnographic devise (Datex Omheda) was installed at the endotracheal tube to obtain the these values breathe by breathe and then transferred from the bedside-monitor to an external computer devise, were the equation to determine and display the Desaturation Index was programmed. We included patients with and without Acute Lung Injury (ALI) and/or Acute Respiratory Failure (ARDS), and followed during the period of mechanical ventilation. Every day blood gases analysis and thorax X-Ray were taken. Additionally, the Desaturation Index (DI) was performed as we have described before (1,2). Conventional indices for lung function were calculated. Statistical analysis was performed to compare: The MDic and the PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> index on patients without ALI/ARDS (Group 1), versus patients with ALI (Group 2) and versus patients with ARDS (Group 3) with a level of significance of 0.001. Correlation of MDic with DI, Thorax X-Ray, and indices of lung function were performed with a Pearson's test.

**Results:** We included 11 mechanically ventilated patients (two without ALI/ARDS) Six with ALI and three with ARDS. Mean of time that patients were followed up under mechanical ventilation was 48 h (24-148h) and 24651 MDic-data were storage. The MDic in Group 1 was  $15.61 \pm 12.68$  (n= 8170) in Group 2;  $31.84 \pm 16.01$  (n= 8631) and in Group 3;  $55.55 \pm 26.41$  (n=7850). The three of them with statistical differences (P=0.000). The PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ratio in Group 1 was  $368.67 \pm 51.54$ , in Group 2;  $194.786 \pm 44.81$  and in Group 3;  $95.83 \pm 113.42$ . Also with statistical differences between them (P= 0.000). There was an excellent correlation on MDic was compared with the DI (r 0.92). Additionally, there were excellent correlation between the MDic and the P(A-a)O<sub>2</sub> (r.895), excellent negative correlation between the MDic and the PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> index (-.891), and excellent correlation with the Thorax x-Ray (r.854)

**Conclusion:** We conclude that it is possible to determine the lung function breath by breath at the bedside by using a non-invasive computer program of the Dic.



## MARCO TEORICO

### 1.1 ANTECEDENTES CIENTIFICOS

La función más importante de los pulmones es el intercambio de gases constituido por la toma de oxígeno ( $O_2$ ) del aire a la sangre arterial y eliminar bióxido de carbono ( $CO_2$ ), producto del metabolismo celular, a la atmósfera (1, 2, 3,4).

La difusión a través de una membrana biológica es directamente proporcional a: La superficie tisular disponible, la diferencia de presiones parciales de gases en ambos lados de la membrana y al coeficiente de difusión del gas, e inversamente proporcional al espesor de la misma (1, 2, 3,4). Durante una respiración normal, en principio, la presión alveolar es igual a la atmosférica con una presión intrapleural de  $-5 \text{ cm H}_2\text{O}$ . Con la contracción de los músculos inspiratorios se produce un cambio en la presión intrapleural, más negativa, distendiendo a los alvéolos. A medida que estos se distienden, la presión de los mismos cae por debajo de la presión atmosférica y el aire fluye hacia los alvéolos, cuando la presión alveolar regresa a  $0 \text{ cm H}_2\text{O}$  el flujo aéreo hacia el pulmón cesa. Después, al cambiar nuevamente la presión intrapleural, menos negativa, por la contracción de los músculos espiratorios, la presión alveolar supera a la presión atmosférica condicionando que el aire fluye hacia fuera del pulmón, fenómeno conocido como espiración (1,2, 3, 4).

Esta establecido que la oxigenación y el intercambio de gases se encuentran estrechamente relacionados con tres factores: la difusión a través de la membrana alvéolo-capilar, la presencia de cortocircuitos intrapulmonares de derecha a izquierda y la relación ventilación – perfusión ( $V/Q$ ). Un componente importante para la difusión a nivel de la interfase aire – líquido lo constituye la integridad del sistema de surfactante que, entre otras funciones, mantiene la estabilidad alveolar al final de la espiración y permite que exista un volumen residual y una capacidad

funcional residual (CFR), que permiten el intercambio de gases durante la espiración a presiones intrapulmonares bajas (1,2,3,4,5).

La ley de Henry establece que cuando una solución es expuesta a una atmósfera de gas sobrevendrá un equilibrio de las presiones parciales entre las moléculas de gas disueltas en el líquido y las moléculas de gas de la atmósfera. Cuando una presión parcial de  $O_2$  es expuesta a la sangre, la mayor parte de las moléculas de  $O_2$  que ingresan en la sangre se unirán inicialmente a la hemoglobina (Hb). El  $O_2$  continúa ingresando a la sangre hasta que la Hb se satura hasta el punto en el que el nivel de  $PO_2$  de la sangre, se equilibra con el nivel de  $PO_2$  de la atmósfera (5,6,7). La hemoglobina representa el principal componente de los glóbulos rojos (GR), una vez difundido el oxígeno a través de la membrana alvéolo capilar, es esencial para el transporte y suministro a los tejidos. Cada molécula de Hb se puede combinar de modo reversible con cuatro moléculas de oxígeno ( $O_2$ ) (5,6,7). Normalmente la Hb muestra una saturación del 50 % a una  $PO_2$  de 27 mmHg, del 75 % a una  $PO_2$  de 40 mmHg, del 90 % a una  $PO_2$  60 mmHg, del 95 % a una  $PO_2$  del 80 mmHg y del 97 % a una  $PO_2$  de 97 mmHg (5,6,7).

La exposición de la sangre a valores atmosféricos de  $PO_2$  crecientes determina una saturación cada vez mayor de la oxihemoglobina hasta que casi toda la Hb está saturada con  $O_2$ . Entre los factores que modifican la afinidad de la Hb por el  $O_2$  modificarán las relaciones entre la saturación de la oxihemoglobina y la tensión sanguínea de  $O_2$ , se encuentran: los aumentos de la temperatura, tensión de  $CO_2$  ( $PCO_2$ ) y concentración de hidrogeniones, desplazando la curva de disociación de la Hb hacia la derecha, lo cual se interpreta como la disminución de la afinidad de la Hb -  $O_2$ , porque para cualquier tensión de  $O_2$  dada hay menor oxihemoglobina respecto de la normal. La menor afinidad mejorará la liberación de  $O_2$  hacia los tejidos, lo cual aún permitirá el equilibrio en los pulmones. Sin embargo un desplazamiento significativo hacia la derecha determina una disminución del contenido de  $O_2$  disponible para los tejidos, con la consecuente hipoxemia. La disminución de la temperatura, la  $PCO_2$  y la

concentración de hidrogeniones desplazan la curva hacia la izquierda, interpretándose como un aumento de la afinidad Hb-O<sub>2</sub> porque para cualquier tensión de O<sub>2</sub> dada hay más oxihemoglobina respecto de la normal. La Hb está menos dispuesta a liberar O<sub>2</sub> a los tejidos repercutiendo en forma negativa en la oxigenación tisular (8,9).

El desarrollo y perfección de la oximetría de pulso como técnica no invasiva de monitoreo del transporte de oxígeno e hipoxemia ha permitido hacer de ésta técnica la ideal para el monitoreo continuo de la oxigenación. La oximetría de pulso utiliza la espectrofotometría para medir la absorción de la luz roja e infrarroja por la Hb oxigenada y la hemoglobina reducida. La oxihemoglobina absorbe principalmente la luz infrarroja y la Hb reducida absorbe más la luz roja. El porcentaje de oxihemoglobina es determinado midiendo la relación de la luz roja e infrarroja que atravesó el tejido. La saturación por oximetría de pulso tiene buena correlación con la tensión arterial de O<sub>2</sub> (PaO<sub>2</sub>) a valores de saturación por debajo del 90 % debido a la forma de la curva de saturación de la Hb, dicha correlación se pierde a valores superiores al 95 %. Se ha establecido que una SaO<sub>2</sub> del 95 % corresponde a una PaO<sub>2</sub> de 100 mmHg, cuando se tiene una saturación del 90 % corresponde a una PaO<sub>2</sub> de 60 mmHg, y una SaO<sub>2</sub> de 80 % corresponde a una PaO<sub>2</sub> de 50 mmHg (10,11,12,13,14,15,16).

La concentración de O<sub>2</sub> en la sangre arterial (CaO<sub>2</sub>). Se describe en la siguiente ecuación:  $CaO_2 = (1.34 \times Hb \times SaO_2) + (0.003 \times PaO_2)$ . Relación que afirma que cada gramo de Hb fija 1.34 ml de O<sub>2</sub> cuando está completamente saturada de O<sub>2</sub> (SaO<sub>2</sub>).

El gradiente alvéolo – arterial de  $O_2$   $D(A-a) O_2$ , se usa como medida indirecta de las anomalías de  $V / Q$ . La  $D(A-a) O_2$  se determina mediante la siguiente ecuación:

$$D(A-a)O_2 = PAO_2 - PaO_2$$

$$PAO_2 = FiO_2 (P_b - P_{H_2O}) - (PaCO_2 / R)$$

$$PO_2 \text{ alveolar} = PAO_2$$

$$FiO_2 \text{ gas inspirado} = FiO_2$$

$$PCO_2 \text{ alveolar} = PACO_2$$

$$PCO_2 \text{ arterial} = PaCO_2$$

$$\text{Cociente respiratorio} = CR$$

El CR define el intercambio proporcional de  $O_2$  y  $CO_2$  a través de la interfase alvéolo-capilar. La  $FiO_2$  está en función de la concentración porcentual de  $O_2$  inspirado, la presión barométrica y la presión parcial de vapor de agua en el gas humidificado (18,19).

La relación presión arterial de oxígeno/fracción inspirada de oxígeno, ha demostrado tener buena correlación con los cortocircuitos intrapulmonares, estableciéndose que valores menores a 150 de la relación se tiene más del 35% de cortocircuitos intrapulmonares. Este índice es de los más utilizados en el monitoreo de la función respiratoria del paciente crítico por su práctica y rápida determinación. Estudios recientes han determinado que valores de  $PaO_2/FiO_2$  menores a 150 se asocian fuertemente con un incremento en la mortalidad.

La relación  $PaO_2/PAO_2$  también mantiene estrecha relación con la cantidad de cortocircuitos intrapulmonares, y expresa en porcentaje la cantidad de oxígeno que pasa del alveolo al capilar pulmonar (20,21).

El síndrome de insuficiencia respiratoria aguda (SIRA) se caracteriza por hipoxemia refractaria a incrementos graduales en la  $FiO_2$ , incremento en los

cortocircuitos pulmonares de derecha a izquierda, disminución de la capacidad funcional residual, edema pulmonar de origen no cardiogénico, atelectasias. La base fisiopatológica de este síndrome se encuentra en la pérdida del surfactante pulmonar, el cual se pierde en las vías aéreas o es inactivado por la presencia de proteínas y sangre en el espacio alveolar proveniente de los capilares pulmonares y de la disrupción de la membrana alveolo-capilar. Es evidente que la severidad de la insuficiencia respiratoria aguda está directamente relacionada con el número de unidades funcionales o abiertas, es decir, a mayor número de unidades colapsadas o disfuncionales mayor será la hipoxemia observada. Por décadas el tratamiento del SIRA lo ha constituido la ventilación mecánica. Se ha reportado que a pesar de los grandes avances tecnológicos en la creación de ventiladores mecánica, la mortalidad por SIRA continúa siendo de más del 60%. Aunque estudios recientes han documentado que con un adecuado tratamiento la mortalidad puede disminuir a menos del 30%. Sin embargo, una ventilación mecánica sin medidas de protección pulmonar puede condicionar mayor daño al pulmón e incrementar la mortalidad a más del 80%(20,21,22,23).

Uno de los principales problemas en SIRA lo constituye la identificación de pacientes en diferentes estadios del síndrome. Desde la descripción original de este síndrome se han tenido dificultades para definirlo .

Hoy en día se para determinar la presencia de lesión pulmonar y su severidad se tienen por lo menos dos escalas para graduarla. La primera es el índice de lesión pulmonar desarrollado por Murray y colaboradores (abajo) el cual determina tres niveles de función pulmonar. Cero puntos representa a un pulmón sin lesión. De 0.1 a 2.4 lesión pulmonar leve-moderada e igual o mayor a 2.5 puntos representa lesión pulmonar grave (20,21).

	PUNTAJE
Radiografía de tórax	
Normal	0
un cuadrante	1
dos cuadrantes	2
Tres cuadrantes	3
Cuatro cuadrantes	4
Relación de Kirby ( $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2$ )	
<300	0
225-299	1
175-224	2
100-174	3
>100	4
Distensibilidad (compliance)	
>80 ml /cm H <sub>2</sub> O	0
60-79	1
40-59	2
20-39	3
<19	4
	5
Nivel de PEEP	
< 5 cm H <sub>2</sub> O	0
6-8	1
9-11	2
11-15	3
<16	4

El valor final se obtiene dividiendo la suma entre el número de componentes y se clasifica en :

Falta de lesión pulmonar	0
Lesión leve o moderada	0-1-2.5
Lesión severa (SIRA)	>2.5

Como puede observarse, en esta escala se integran cuatro parámetros para evaluar la función pulmonar, la primera es el número de infiltrados en la Rx de tórax, el segundo es la oxigenación mediante la relación  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ , el tercero es la distensibilidad pulmonar a través de la relación  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ , y el cuarto parámetro es el nivel de PEEP, cada uno de estos puntos tiene cuatro estratos de normal a totalmente patológico, y al final se promedia el puntaje entre los cuatro valores utilizados. Aunque existe buena relación entre el estado de severidad y el índice, este no puede diferenciar estados intermedios de gravedad (20,21,22,23).

El consenso americano-europeo para definir SIRA, estableció tres parámetros para determinar la presencia o ausencia de éste síndrome, quedando en tres niveles de función pulmonar. El primero normal, caracterizado por una relación  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  mayor de 300, ausencia de infiltrados pulmonares y una presión en cuña de la arteria pulmonar menor a 18 mmHg, o en su defecto, evidencia de adecuada función cardiaca. El segundo como lesión pulmonar aguda establecido por una  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  menor de 300 y mayor de 200 con infiltrados pulmonares y sin falla cardiaca. El tercer punto es para definir SIRA el cual esta caracterizado por una relación de  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  menor de 200, con infiltrado en por lo menos dos cuadrantes en la radiografía de tórax y sin evidencia de falla ventricular izquierda(20,21,22,23).

Recientemente nuestro grupo determinó un índice que puede graduar la severidad de la disfunción pulmonar utilizando la oximetría de pulso y cambios en la  $\text{FiO}_2$  (24). El principio de este índice es el de cuantificar la severidad de la lesión pulmonar. En ese estudio se estableció la posibilidad de crear un índice que pudiera determinar la función pulmonar mediante el uso de la oximetría de pulso y cambios graduales de la  $\text{FiO}_2$  de 100 a 21, calculando las diferencias en saturación tomando como basal el 100% de saturación por oximetría. De los cuatro grupos estudiados se observó una diferencia significativa entre los grupos con función pulmonar normal del grupo con función pulmonar anormal (pacientes con SIRA). Un segundo estudio por nuestro grupo estudio la correlación de este

índice en 62 pacientes que ingresaron a la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) con y sin lesión pulmonar, además de correlacionarlo con la radiografía (Rx) de tórax y otras definiciones de lesión pulmonar (Índice de Lesión Pulmonar y Consenso Americano-Europeo). Se observó buena correlación con el D(A-a) O<sub>2</sub>, muy buena correlación con la relación PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y con la relación PaO<sub>2</sub>/D(A-a)O<sub>2</sub>. Muy buena correlación con el índice de Lesión Pulmonar y con el Consenso Americano Europeo para SIRA. Además buena correlación con la Rx de tórax y el desenlace a las 24 h (25).

De la base de datos de ese último estudio se estableció la posibilidad de determinar mediante regresión logística múltiple una ecuación que pueda determinar el índice de desaturación sin la necesidad de realizar la maniobra de desaturación, el cual demostró tener una excelente correlación con el Índice de Desaturación y con el Índice de Desaturación calculado, así como con las principales variables de monitoreo de intercambio de oxigenación ().

Posteriormente el mismo grupo desarrollo un programa de computación en el cual es posible determinar el ID de manera continua y así determinar la función pulmonar respiración a respiración. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es para comparar el Índice de Desaturación Continuo contra los Índices de intercambio de gases, Índice de Desaturación Calculado e Índice de Desaturación.



## **JUSTIFICACIÓN**

Estudios previos por nuestro grupo han demostrado la utilidad del índice de desaturación y del índice de desaturación calculado en relación con las principales mediciones del intercambio de gases haciéndolo ideal para monitoreo a la cama del enfermo, por lo tanto si se desarrolla un programa de computo, para monitoreo de la función pulmonar en cada respiración, se espera que este programa tenga una alta correlación con las variables de intercambio de gases y con el índice de desaturación.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.3. OBJETIVO GENERAL**

Determinar la función pulmonar respiración a respiración durante la ventilación mecánica.

### **1.4. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Aplicar el Índice de desaturación continuo durante la ventilación mecánica  
Comparar el índice de desaturación con el índice calculado mediante correlación.

Correlacionar el índice con los datos obtenidos de la gasometría.

### **1.5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

¿Cuál es la correlación del Índice de Desaturación Continuo con el Índice de Desaturación, Índice de Desaturación Calculado, e Índices de Intercambio de gases?

## **1.6. HIPÓTESIS**

El Índice de Desaturación Continuo durante la ventilación mecánica tiene muy buena correlación con los Índices de Desaturación, Índice de desaturación Calculado e Índices de Intercambio de gases.

## **1.7. VARIABLES DE ESTUDIO**

### **1.8. VARIABLES INDEPENDIENTES**

- Índice de Desaturación Calculado

### **1.9. VARIABLE DEPENDIENTE**

Índice de Desaturación

Índice De Desaturación Calculado

Índices de Intercambio de gases

**Descripción operacional de las variables (Ver glosario)**

## **2.-PROGRAMA DE TRABAJO**

### **2.1. TIPO DE ESTUDIO :**

Estudio prospectivo , longitudinal y comparativo .

## **2.2. UNIVERSO DE TRABAJO :**

Pacientes en estado crítico, que se encuentren en ventilación mecánica con o sin lesión pulmonar aguda.

## **2.3. AMBITO GEOGRAFICO**

Unidad de Cuidados Intensivos del Centro Médico ISSEMYM.

## **2.4. CRITERIOS DE INCLUSION**

- Pacientes con edad entre 18 – 85 años
- Pacientes con o sin patología pulmonar
- Pacientes en ventilación mecánica
- Pacientes con estabilidad hemodinámica ( PAM mayor o = a 60 mmHg.)
- Pacientes monitorizados con oximetría de pulso con adecuada onda de pulso
- Pacientes eutérmicos

## **2.5. CRITERIOS DE EXCLUSION**

- Pacientes con inestabilidad hemodinámica.
- Pacientes con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC)
- Pacientes fumadores

## **2.6. CRITERIOS DE ELIMINACION**

- Pacientes que se encuentren hemodinamicamente inestables durante la ventilación mecánica o  $\text{SatO}_2 < 85\%$  durante el procedimiento.
- Pacientes hipotérmicos
- Pacientes con señal de oximetría defectuosa y/o dudosa

## **2.7.TAMAÑO DE LA MUESTRA**

Fue a conveniencia hasta alcanzar 75 o más determinaciones.

## **2.8. ANALISIS ESTADÍSTICO**

Para determinar la correlación entre el índice real y calculado se utilizó la prueba de Pearson. Para determinar la severidad de la lesión pulmonar con los infiltrados de radiografía de tórax se utilizaron tablas cruzadas.

## **2.9 RECURSOS HUMANOS**

Dra. Rubí Mejía : realizadora y coautora del trabajo de investigación.

Dr. Gilberto Felipe Vázquez de Anda: Autor, asesor del trabajo de investigación.

Ingeniero Sebastián Lazarra, asesor, realizador y coautor del trabajo de investigación.

## **2.10. RECURSOS MATERIALES**

Los disponibles en los servicios participantes.

## **2.11. RECURSOS FINANCIEROS**

Se financió con los recursos del propio hospital.

## PROCEDIMIENTO

Primero se realizó un programa para integrar la fórmula de regresión del Índice de Desaturación Calculado. En este programa se incluye PEEP, SpO<sub>2</sub> y FiO<sub>2</sub> para integrar el Índice de Desaturación Continuo. Posteriormente, de la fórmula obtenida se procedió a verificar que el índice calculado corresponde al índice determinado mediante la ecuación de desaturación original (Figura 1). Del primero al 30 de marzo del 2004 se incluyeron 11 pacientes en ventilación mecánica con monitoreo continuo mediante oximetría de pulso que completaron los criterios de inclusión. Se realizaron un total de 83 determinaciones del índice de desaturación las cuales fueron comparadas contra la ecuación determinada por regresión múltiple. Para determinar el índice se utilizó la maniobra de desaturación ante condiciones hemodinámicas y respiratorias estables, se procedió a incrementar la FiO<sub>2</sub> al 100 % después de 15 minutos se disminuyó la FiO<sub>2</sub> en cuatro pasos (80, 60, 40 y 21 %) por 8 minutos. En cada paso se anotó la SaO<sub>2</sub> registrada por oximetría de pulso. De los datos obtenidos en el monitoreo de la ventilación mecánica, se utilizó la fórmula de regresión logística múltiple para determinar el índice de desaturación calculando la pendiente de correlación. En cada procedimiento de desaturación se analizó la radiografía de tórax para determinar el número de infiltrados involucrados y compararlos con el resultado del índice. También en cada procedimiento se realizó una gasometría arterial para comparar los resultados con el índice de desaturación y el índice calculado. Durante el procedimiento se identificaron las variables durante la ventilación mecánica que

permiten identificar la disfunción pulmonar a través de una ecuación de regresión . Se comparó el índice de de desaturación obtenido con el índice de desaturación calculado mediante correlación. Además se comparó el índice calculado con la definición de lesión pulmonar y consenso Americano-Europeo.

Durante el tiempo en que se efectuó la maniobra, los pacientes estuvieron vigilados y monitorizados estrechamente. No se registraron accidentes ni incidentes durante la maniobra o posterior ala misma. Una vez finalizado el estudio, cada paciente recibió el tratamiento establecido previo a la maniobra .



## RESULTADOS

La tabla muestra los resultados obtenidos del modelo de regresión, en la cual señala la correlación entre  $G(A-a)O_2$  y  $G(A-a)$  de 1.0,  $G(A-a)O_2$  con  $PaO_2/FiO_2$  0.96  $G(A-a)O_2$  e Índice consenso 0.89,  $G(A-a)O_2$  con  $PaO_2/FiO_2$  <0.96,  $PaO_2/FiO_2$  y  $PaO_2/FiO_2$  1.0,  $PaO_2/FiO_2$  con Índice consenso <0.89, I.D Vs  $G(A-a)O_2$  0.84, I.D. Vs  $PaO_2/FiO_2$  <0.83, I.D. Vs Índice de consenso 0.86, consenso de LPA-SIRPA Vs  $G(A-a)O_2$  0.89, consenso de LPA-SIRPA Vs  $PaO_2/FiO_2$  <0.89, consenso de LPA-SIRPA Vs I.Consenso 1.0 como podemos observar nuestras correlaciones son estadísticamente significativas.

La formula para calcular el índice de desaturación a través de la pendiente es la siguiente:

Formula 1:

$$Y = a + bx$$

En donde:

$$A = 332.763$$

$$B1 = 2.39$$

$$B2 = 0.328$$

$$B3 = -3.556$$

$$X1 = PEEP$$

$$X2 = FiO_2$$

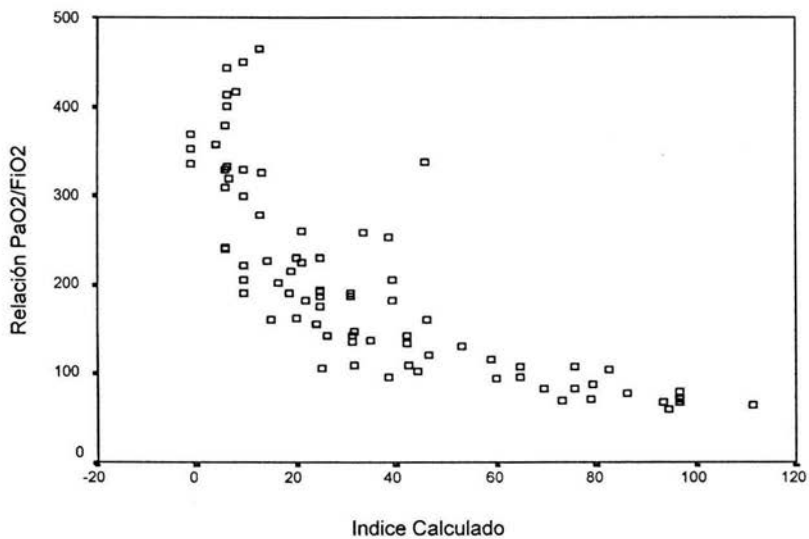
$$X3 = SptO_2$$

Formula 2:

Índice de Desaturación calculado es:

$$IDSaTO_2 = 332.763 + (2.39 \times PEEP) + (0.328 \times FiO_2) + (-3.556 + SptO_2)$$

**Figura :** Correlación entre el Índice de Desaturación calculado y la relación PaO2/FiO2.



**Tabla.**

	<b>G(A-a)O<sub>2</sub></b>	<b>PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub></b>	<b>Índice de Desaturación</b>
<b>G(A-a)O<sub>2</sub></b>	1.0	0.96	0.89
<b>PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub></b>	-0.96	1.0	-0.89
<b>Índice de Desaturación</b>	0.84	-0.83	0.86
<b>Consenso de definición de SIRA</b>	0.89	-0.89	1.0

## DISCUSION

Nuestro estudio demuestra que utilizando el Índice de Desaturación Continuo en un programa de computación que permita determinar la respiración a respiración es posible determinar la función pulmonar de modo no invasivo durante la ventilación mecánica.

Para determinar el grado de disfunción pulmonar durante la ventilación mecánica, se requiere del uso de una gasometría, radiografía de tórax y evaluación clínica. Sin embargo, existen limitaciones en cada uno de los parámetros utilizados por separado, por lo que han implementado escalas que definan la lesión pulmonar desde la normalidad hasta la lesión pulmonar severa o SIRA. De las más conocidas son la escala de Murray (21) o escala de lesión pulmonar aguda, y la del consenso Americano-Europeo para la definición de SIRA (20,21).

En nuestro estudio nosotros confirmamos los hallazgos en relación a los índices gasométricos durante la ventilación mecánica para determinar el grado de disfunción pulmonar (25). Lo que hemos observado es de buena a muy buena correlación entre el Índice de Desaturación y el gradiente alveolo arterial de oxígeno, el cual identifica principalmente alteraciones en la difusión a nivel de la membrana alvéolo-capilar. Es característica, tanto en el Índice de Desaturación como en el Índice de Desaturación calculado, la lesión pulmonar después de superar los cuarenta puntos del índice. Más aún, el gradiente alvéolo-arterial de oxígeno tiene limitación para diferenciar a un paciente con función pulmonar normal debido a que éste puede tener valores dentro de lo normal o anormalmente elevados... La explicación de esta observación puede ser debida a desviación en la curva de saturación de la hemoglobina en donde ante una desviación de la curva a la izquierda se obtiene mayor saturación con menor oxigenación ().

Encontramos una buena correlación con el índice  $PaO_2/FiO_2$  el cual tiene estrecha relación con los cortocircuitos intrapulmonares (20,21). Se ha demostrado que

cuando la  $PaO_2/FiO_2$  es menor a 200 se tiene un incremento en los cortocircuitos intrapulmonares mayores al 35%. Este índice es el más utilizado para monitoreo de la ventilación mecánica por los simple de su cálculo (20,21) y su relación estrecha a la lesión pulmonar. El índice de Murray y la definición de SIRA por el Consenso Americano-Europeo, la incluyen como parámetro de oxigenación. En nuestro estudio observamos que los pacientes con más de 40 puntos todos tenían menos de 200 de  $PaO_2/FiO_2$  lo que corresponde a una lesión pulmonar severa o SIRA (20,21). Por lo tanto, ahora es posible identificar lesión pulmonar severa utilizando el índice de desaturación calculado, lo que nos permitirá sustituir la  $PaO_2/FiO_2$  en las definiciones convencionales a falta de una determinación gasométrica.

Para la relación  $PaO_2/D(A-a)O_2$ , mide en porcentaje el oxígeno alveolar que pasa a la circulación arterial pulmonar, de tal modo que una relación de .40 corresponde a un 40% de difusión de oxígeno del alvéolo al capilar pulmonar. En nuestro estudio encontramos que los pacientes con mas de cuarenta puntos en el Índice de Desaturación calculado correspondió a una relación menor de 35% lo cual indico lesión pulmonar severa.

La ventaja de utilizar un parámetro no invasivo momento a momento durante la ventilación mecánica puede disminuir el número de tomas de gasometrías en pacientes críticamente enfermos, además monitorizar estrechamente el intercambio de gases y cuantificarlo directamente. Un beneficio adicional pudiera ser la disminución de flebitis por punción repetida arterial o trombosis arterial por instalación de catéter arterial.

La radiografía de tórax es una herramienta útil para identificar lesión pulmonar aguda en relación al número de cuadrantes infiltrados por el proceso inflamatorio. Tanto la Definición del consenso Americano Europeo como el Índice de Murray incluyen el número de cuadrantes para identificar la severidad de la lesión pulmonar. El inconveniente de la Rx de tórax es la interpretación por el observador, ya que se ha descrito que un médico con poco adiestramiento en la

evaluación de la Rx de tórax tiene un alto grado de falso positivo y negativo. En nuestro estudio nosotros encontramos una buena asociación entre la Rx de tórax y la calificación en el Índice de Desaturación, con lo que después de agrupar a los pacientes en cinco grupos de acuerdo a la severidad del daño pulmonar encontramos que los pacientes sanos más del 90% tuvieron una Rx sin infiltrado, mientras que en los pacientes con SIRA que correspondieron al grupo IV con más de cuarenta puntos tuvieron de tres a cuatro cuadrantes infiltrados y ninguno con cero cuadrantes infiltrados, con lo que utilizando el Índice de Desaturación es posible determinar el número de infiltrados en la Rx de tórax.

El Índice de desaturación calculado integra fracción inspirada de oxígeno, nivel de PEEP y Saturación arterial por oximetría de pulso, con estas tres variables es posible identificar el grado de disfunción pulmonar. Además, se obtiene buena correlación con otros índices de oxigenación y la Rx de tórax, por lo que podemos concluir que este método de monitoreo, no invasivo, económico es útil para identificar el grado de lesión pulmonar y su evolución durante la ventilación mecánica.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

**Conclusión:** El Índice de Desaturación continuo correlaciona con los índices de oxigenación así como con el índice de desaturación y por lo que es posible determinar la función pulmonar durante la ventilación mecánica.

## REFERENCIAS

1. Vazquez de Anda GF, Lachmann B. Treatment and Prevention of Acute respiratory Failure. *Physiological Basis Archives of medical Research* 2001; 32:91-101.
2. Even P. Respiración. Meyer Ph, ed. *Fisiología humana*. Barcelona, Salvat, 1985:1265
3. Levitzky M.: *Fisiología Pulmonar*. Louisiana-USA Ed. Uteha, 2ª. Ed. 1993. Td 3ª ed pp2183. Cap1,2,3.
4. West J.: *Fisiología Respiratoria*. Buenos aires-Argentina, Ed. Panamericana, 5ª. ed. pp11-19. Cap.2.
5. Finch CA, Lenfant C: Oxygen Transport in Man. *N Engl J Med*. 1972; 286:407-415
6. Perutz MF: Structure and Function of Haemoglobin. Paper presented at the Federation of European Biochemical societies, First Meeting of the London, 1964:143-144.
7. Edwards JD, Shoemaker WC, Vincent JL. *Oxygen Transport Principles and Practice*. Philadelphia: WB Saunders, 1993.
8. Gothgen IH, Siggaard-Anderson O, Kokholm G: Variations in The Hemoglobin oxygen Dissociation Curve in 10079 Arterial Blood Samples. *Scand J Clin Lab Invest* 1990;203(suppl):87-90.
9. Bellingham AJ, Detter JC, Lenfant C: Regulatory Mechanisms of Haemoglobin Oxygen Affinity in Acidosis and Alkalosis. *J Clin Invest*. 1971;50:700-706.
10. Amal J. Pulse oximetry in: Tobin M. *Principles and Practice of Intensive Care Monitoring*. McGraw Hill; 1997:261-287.
11. Hugh J. Monitoring the anaesthesia patient In Barash *Clinical Anaesthesia*. Lippincot 1997:320-33.
12. Tremper KK, Barker SJ. Pulse Oximetry. *Anesthesiology* 1989;70:98-108.
13. Wahr JA, Tremper KK. Noninvasive Oxygen Monitoring Techniques. *Crit Care Clin*. 1995;11:199-217.
14. Hutton P, Clutton- Brock T. The Benefits and Pitfalls of Pulse Oximetry. *Be Med J*. 1993;307:457-458.



15. Vender JS, Gilbert HC: Blood Gas Monitoring. In Blitt CD, Hines RL (eds): *Monitoring in Anesthesia and Critical Care Medicine*, 3<sup>rd</sup> ed. New York, Churchill Livingstone 1995; 407-421.
16. Tobin MJ. Respiratory Monitoring During Mechanical Ventilation. *Crit Care Clin*. 1990; 6: 679-709.
17. Jay GD, Hughes L, Renzi FP. Pulse Oxymetry is Accurate in Acute Anemia From Hemorrhage. *Ann Emerg Med* 1994; 24: 32-35.
18. Harris EA, Kenyon AM, Nisbet HD, et al.: The Normal Alveolar-arterial Oxygen Tension Gradient in Man. *Clin Sci*. 1974; 89: 104.
19. Gilbert R, Kreighley JF. The arterial-alveolar Oxygen Tension Ratio. An index of Gas Exchange Applicable to Varying Inspired Oxygen Concentrations. *Am Rev Resp Dis*. 1974; 109: 142-145.
20. Ashbaugh DG, Bigelow DB, Petty TI, Levine BE. Acute Respiratory Distress in Adults. *Lancet* 1967; 2: 319-323.
21. Wiener-Kronish JP, Gropper MA, and Matthay MA. The Adult Respiratory Distress Syndrome: Definition and Prognosis, Pathogenesis and Treatment. *Br Jof Anaesth* 1990; 65: 107-129.
22. Gattoni L, Pelosi P, Crotti S, et al. Effects of positive end-expiratory pressure on Regional distribution of tidal volume and recruitment in adult respiratory distress syndrome. *Am J. Respir Crit Care Med* 1995; 151: 1807-1814.
23. Lachmann B, Danzmann E, Haendy B, et al. Ventilator settings and gas exchange in respiratory distress syndrome. In Prakash O (ed). *Applied physiology in clinical respiratory care*. Nijhoff, The Hague 1982: 141-7.
24. Vazquez de Anda GF, Talavera JQ, Martínez Martínez PC. Et al.: Desaturation Index: A New Beside Non Invasive Index To Identify Lung Dysfunction. *Crit. Care Med*. 2003; 30(suppl). 90
25. Vazquez de Anda GF, Talavera JO, Vazquez P. Et al.: Lung Dysfunction and Mortality in Mechanically Ventilated Patients: Use of The Desaturation Index. *Crit Care Med*. 2003; 30(suppl). 90

## GLOSARIO

V	: Ventilación .Transporte de aire desde la atmósfera al pulmón.
Q	: Perfusión.
Hb	: Hemoglobina (medido en gramos /decilitro).
VC	: Volumen corriente (medido en mililitros
Vm	: Volumen minuto espirado (medido en mililitros o litros por minuto)
VM	: Ventilación mecánica.
I : E	: Relación tiempo inspiratorio y espiratorio (Medido en la unidad de tiempo segundo).
PEEP	: Presión positiva al final de la espiración (medido en cm de H <sub>2</sub> O).
cm. H <sub>2</sub> O	: Centímetros de agua.
mmHg	: milímetros de mercurio.
FiO <sub>2</sub>	: Fracción inspiratoria de oxígeno (medida en porcentaje).
PaO <sub>2</sub>	: Presión arterial de oxígeno (medida en mmHg).
PAO <sub>2</sub>	: Presión alveolar de oxígeno (medida en mmHg).
PaCO <sub>2</sub>	: Presión arterial de anhídrido carbónico (medida en mmHg).
PACO <sub>2</sub>	: Presión alveolar de anhídrido carbónico (medida en mmHg).
D (A-a) O <sub>2</sub>	: Diferencia alvéolo- arterial de oxígeno(medido en mmHg).
CaO <sub>2</sub>	: Contenido arterial de oxígeno (medido en mmHg ).
PB	: Presión barométrica (medida en mmHg).
PAM	: Presión arterial media (medida en mmHg).
Ppico	: Presión de insuflación máxima o pico
CR	: Cociente respiratorio.
IR	: Índice de cociente respiratorio.
SaO <sub>2</sub>	: Saturación arterial de oxígeno (medido en porcentaje).
EPOC	: Enfermedad pulmonar obstructiva crónica.
SIRA	: Síndrome de insuficiencia respiratoria aguda.