



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

11202
55

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISION DE POSTGRADO
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

DIRECCION REGIONAL SIGLO XXI
DELEGACION No. 3, SUROESTE DEL DISTRITO FEDERAL
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES "DR. BERNARDO SEPULVEDA G."
CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI

"INDICE DE DESATURACION CALCULADO COMO
INDICADOR DE LESION PULMONAR EN PACIENTES
CON VENTILACION MECANICA".

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE:
ESPECIALISTA EN ANESTESIOLOGIA
P R E S E N T A:
NORMA ANGELICA GONZALEZ HEREDIA
RESIDENTE DE ANESTESIOLOGIA DEL HECMNSXXI

ASESORES:

DR. GILBERTO FELIPE VAZQUEZ DE ANDA
MEDICO ADSCRITO A ADMISION CONTINUA DEL HECMNSXXI
DR. ALFONSO QUIROZ RICHARDS
PROFESOR TITULAR DEL CURSO Y JEFE DEL SERVICIO DE
ANESTESIOLOGIA DEL HECMNSXXI



IMSS

MEXICO, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FEBRERO 2003



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.

**TESIS
CON
FALLA DE
ORIGEN**

INDICE

HOJA DE AUTORIZACIÓN	3
AGRADECIMIENTOS	4
RESUMEN	5
SUMMARY	6
MARCO TEORICO	7
PROCEDIMIENTOS	24
RESULTADOS	26
DISCUSIÓN	37
BIBLIOGRAFÍA	41
GLOSARIO	43

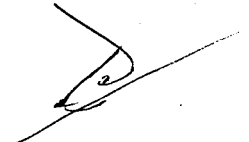
Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional

NOMBRE: Norma A. González 2137


FECHA: 03/03/03

FIRMA: [Firma]

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



DR. ANTONIO CASTELLANOS OLIVARES
MEDICO ANESTESIOLOGO
JEFE DE LA DIVISION DE EDUCACION E INVESTIGACION MEDICA
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES "DR. BERNARDO SEPULVEDA G."
CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI



DR. ALFONSO QUIROZ RICHARDS
PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE ANESTESIOLOGIA
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES "DR. BERNARDO SEPULVEDA G."
CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI



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

No. De registro del protocolo 12402

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



SUBMISION

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

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

A MIS PADRES:

Por su amor, confianza y apoyo incondicional.

A MIS MAESTROS:

Por sus consejos y enseñanzas.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

RESUMEN

Objetivo: El propósito de nuestro estudio fue determinar la correlación entre el Índice de Desaturación (ID) y el Índice de Desaturación Calculado (IDc) derivado de una fórmula de regresión múltiple.

Pacientes y Métodos: Nosotros incluimos a 31 pacientes que ingresaron a la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) con y sin lesión pulmonar aguda. Primero, nosotros realizamos una prueba de regresión múltiple para determinar una fórmula con la cual sea posible calcular el ID sin la necesidad de realizar la maniobra de desaturación. En la fórmula se incluyen el nivel de presión positiva al final de la espiración (PEEP), la fracción inspirada de oxígeno (FiO_2) y la saturación arterial de la hemoglobina por oximetría de pulso ($SapO_2$). Después, en los 31 pacientes se determino el ID mediante el procedimiento de respirar a una concentración del 100% de oxígeno por 15 minutos, con reducciones del 20% cada 8 minutos hasta respirar a una concentración de 21%. El ID se calculo mediante la siguiente formula: $ID = (100 - SapO_2 \text{ at } FiO_2 \text{ of } 100\%) \times 5 + (100 - SapO_2 \text{ at } 21\% \text{ of } FiO_2)$ al resultado se le sumo dos puntos por cada cm H_2O de PEEP por arriba de los 5 cm H_2O . El ID puede ir de cero a 200 puntos. Además observo el número de infiltrados en la radiografía de tórax del paciente, en la cual se contabilizó el número de cuadrantes con infiltrados (de cero a cuatro). Se calcularon índices gasométricos convencionales para evaluar la función pulmonar. Se realizó una prueba de correlación de Pearson para cada una de las variables, así como una tabla cruzada para calcular el porcentaje de cuadrantes infiltrados en cada grupo de disfunción pulmonar.

Resultados: Nuestros resultados tuvieron una muy buena correlación de .919 por regresión con PEEP, FiO_2 y $SapO_2$. De la fórmula resultante se calculo el IDc con la cual se obtuvo una muy buena correlación ($r = 0.846$). Aún más, hubo buena correlación entre el IDc con el gradiente alvéolo-arterial de oxígeno $G(A-a)O_2$ ($r = .785$) con el índice PaO_2/FiO_2 ($r = .683$) y $PaO_2/G(A-a)O_2$ ($r = .523$). Se observó asociación entre la radiografía de tórax y el grado de disfunción pulmonar calculado con el ID.

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

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

SUMMARY

Objective: The purpose of this study was to determine the correlation between the Desaturation Index (DI) with a Desaturation Index calculated from a multiple regression equation (Dic).

Patients and Methods: We included 31 mechanically ventilated patients admitted to the Intensive Care Unit (ICU) with and without Acute Lung Injury (ALI) and/or Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS). First, in order to obtain an equation to calculate the DI, we performed a regression multiple analysis in which mechanical ventilation variables as Positive End Expiratory Pressure (PEEP), inspired oxygen fraction (FiO_2) and arterial saturation by pulse oximetry ($SapO_2$) were included. Thereafter, in order to determine the DI all patients were subjected to breathe 100% of oxygen, with a gradual reduction of the FiO_2 to 21%, in steps of 20%, lasting 8 minutes each. At each step, $SapO_2$ was registered. Then we use the following equation to calculate the DI: $DI = (100 - SapO_2 \text{ at } FiO_2 \text{ of } 100\%) \times 5 + (100 - SapO_2 \text{ at } 21\% \text{ of } FiO_2)$ for the resulting number we added two points of every cm H_2O of PEEP above 5 cm H_2O . The DI may go from zero to 200 points. Additionally we observe the number of quadrants with infiltrates in the thorax x-Ray film. Conventional indices for lung function were calculated, correlation with Pearson's test were performed.

Results: Our results show that there were a good correlation of .919 for the regression with PEEP, FiO_2 and $SaPO_2$. The resulting equation to calculate the Dic had a very good correlation with the DI ($r = 0.846$). Additionally, there were good correlation between the Dic and the alveolar-arterial of oxygen gradient ($r = 0.785$), good negative correlation between the DI and the PaO_2/FiO_2 index (-0.683), also a good negative correlation between the DI and the PaO_2 /alveolar-arterial gradient of oxygen (-0.523). There were a strong association between the thorax x-ray and the grade of lung disfunction.

Conclusion: We conclude that it is possible to determine the lung dysfunction using an equation, which includes PEEP, FiO_2 , and $SapO_2$ during mechanical ventilation.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1. 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 cm H_2O . 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 cm H_2O 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 una equilibración 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_2 porque para cualquier tensión de O_2 dada hay más oxihemoglobina respecto de la normal .La Hb esta menos dispuesta a liberar O_2 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_2 (PaO_2) 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 $SapO_2$ del 95 % corresponde a una PaO_2 de 100 mmHg, cuando se tiene una saturación del 90 % corresponde a una PaO_2 de 60 mmHg, y una $SapO_2$ de 80 % corresponde a una PaO_2 de 50 mmHg (10,11,12,13,14,15,16).

La concentración de O_2 en la sangre arterial (CaO_2). Se describe en la siguiente ecuación: $CaO_2 = (1.34 \times Hb \times SapO_2) + (0.003 \times PaO_2)$. Relación que afirma que cada gramo de Hb fija 1.34 ml de O_2 cuando está completamente saturada de O_2 (SaO_2).

La influencia de la anemia y la hipoxemia es importante sobre la oxigenación arterial. Una disminución de la Hb del 50 % se expresa plenamente con una disminución de CaO_2 del 50 %. En cambio, una disminución de PaO_2 del 50 % da

lugar a una disminución de CaO_2 del 20 % que es similar a un descenso de SaO_2 del 18 % (17).

El gradiente alvéolo – arterial de O_2 $D(A-a) \text{O}_2$, se usa como medida indirecta de las anomalías de V / Q . La $D(A-a) \text{O}_2$ se determina mediante la siguiente ecuación:

$$D(A-a)\text{O}_2 = \text{PAO}_2 - \text{PaO}_2$$

$$\text{PAO}_2 = \text{FiO}_2 - (\text{PaCO}_2 / \text{CR})$$

$$\text{PO}_2 \text{ alveolar} = \text{PAO}_2$$

$$\text{FiO}_2 \text{ gas inspirado} = \text{FiO}_2$$

$$\text{PCO}_2 \text{ alveolar} = \text{PACO}_2$$

$$\text{PCO}_2 \text{ arterial} = \text{PaCO}_2$$

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

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 mas 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 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ menores a 150 se asocian fuertemente con un incremento en la mortalidad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La relación $\text{PaO}_2/\text{PAO}_2$ 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 esta 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 mas 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).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

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 (cuadro no.1) el cual determina tres niveles de función pulmonar. Cero puntos representa a un pulmón sin lesión pulmonar. De 0.1 a 2.4 lesión pulmonar leve-moderada e igual o mayor a 2.5 puntos representa lesión pulmonar grave (20,21).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro No. 1
Índice de lesión pulmonar

	PUNTAJE
Radiografía de tórax	
Normal	0
un cuadrante	1
dos cuadrantes	2
Tres cuadrantes	3
Cuatro cuadrantes	4
Relación de Kirby (PaO₂ /FiO₂)	
<300	0
225-299	1
175-224	2
100-174	3
>100	4
Distensibilidad (compliance)	
>80 ml /cm H ₂ O	0
60-79	1
40-59	2
20-39	3
<19	4
Nivel de PEEP	
< 5 cm H ₂ O	0
6-8	1
9-11	2
11-15	3
<16	4

Tomado de Wiener Kronish JP, Gropper MA, Matthay MA. The Adult Respiratory Distress Syndrome: Definition and Prognosis, Pathogenesis and Treatment. Br J of Anaesth 1990;65:107-129.

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

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

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 cardíaca. 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 cardíaca. El tercer punto es para definir SIRA el cual está 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 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 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 $D(A-a)O_2$, muy buena correlación con la relación PaO_2/FiO_2 y con la relación $PaO_2/D(A-a)O_2$. 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, motivo del presente estudio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

JUSTIFICACIÓN

Este estudio de investigación, se realizará con el fin de desarrollar una fórmula que determinara el índice de desaturación durante la ventilación mecánica y con este identificar la existencia o no existencia de lesión pulmonar, así como valorar la severidad de la misma. Evitando con el desarrollo de está fórmula la realización de procedimientos invasivos (gasometría arterial) y la maniobra de desaturación que lleva aproximadamente media hora en realizarse. Además sintetizar complejas mediciones de parámetros más específicos como es la cuantificación de corto-circuitos intrapulmonares , la diferencia A-a de O_2 , la relación entre la tensión D (A-a) O_2 , la relación entre la tensión arterial de O_2/FiO_2 y el índice respiratorio. Siendo en todos estos casos necesario la toma de por lo menos una gasometría arterial.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una fórmula mediante regresión logística múltiple para determinar el índice de desaturación durante la ventilación mecánica.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar las variables durante la ventilación mecánica que permitan identificar la disfunción pulmonar a través de una ecuación de regresión. Comparar el índice de desaturación con el índice calculado mediante correlación.
- Comparar el índice de desaturación con el índice calculado mediante correlación.
- Comparar el índice calculado con la radiografía de tórax
- Correlacionar el índice con los datos obtenidos de la gasometría.
- Comparar el índice calculado con la definición de Lesión Pulmonar y Consenso Americano Europeo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.3 . PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Utilizando una fórmula de regresión logística será posible determinar el índice de desaturación sin la necesidad de realizar la maniobra de reducción de FiO_2 en pacientes con ventilación mecánica asistida?

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.4 . HIPÓTESIS

Mediante regresión logística múltiple es posible determinar el índice de desaturación durante la ventilación mecánica.

1.5. VARIABLES DE ESTUDIO

1.5.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

- PEEP
- Ppico
- Presión media
- FR
- Relación I:E
- Vm
- VC
- FiO₂
- SaO₂

1.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Índice calculado

Descripción operacional de las variables (Ver glosario)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

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 hospital de Especialidades "Dr. Bernardo Sepúlveda G." Centro Médico Nacional Siglo XXI, IMSS.

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

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

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 hemodinámicamente inestables durante la ventilación mecánica o $SapO_2 < 85\%$ durante el procedimiento.
- Pacientes hipotérmicos
- Pacientes con señal de oximetría defectuosa y / o dudosa

2.7. TAMAÑO DE LA MUESTRA

Fue a conveniencia hasta que alcanzaremos 100 o más determinaciones.

2.8. ANALISIS ESTADÍSTICO

Para desarrollar la fórmula del índice de desaturación calculado se utilizó un modelo de regresión múltiple en el programa SPSS10. 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.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.9 RECURSOS HUMANOS

Dra. Norma Angélica González Heredia: realizadora y coautora del trabajo de investigación.

Dr. Gilberto Felipe Vázquez de Anda: asesor, realizador y coautor del trabajo de investigación.

Dr. Alfonso Quiroz Richards: asesor, realizador y coautor del trabajo de investigación.

2.10. RECURSOS MATERIALES

Los disponibles en los servicios participantes.

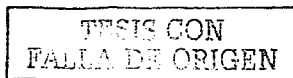
2.11. RECURSOS FINANCIEROS

Se financió con los recursos del propio hospital.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO

Primero se realizó un análisis de regresión logística para determinar que variables podían quedar dentro de la fórmula de regresión y calcular el índice de desaturación con las variables significativas. De una base de datos previa (25) se incluyeron las variables respiratorias (durante la ventilación mecánica), radiológicas, gasométricas, de saturación por oximetría, y se incluyeron en una base de datos en SPSS10. Posteriormente, de la fórmula obtenida se procedió a verificar que el índice calculado corresponde al índice determinado mediante la ecuación de desaturación original. Entre enero y febrero del 2003 se incluyeron 31 pacientes en ventilación mecánica con monitoreo continuo mediante oximetría de pulso que completaron los criterios de inclusión. Se realizaron un total de 93 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_2 al 100 % después de 15 minutos se disminuyó la FiO_2 en cuatro pasos (80, 60,40 y 21 %) por 8 minutos. En cada paso se anotó la $SapO_2$ 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.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

RESULTADOS

El cuadro 2 muestra los resultados obtenidos del modelo de regresión.

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

Fórmula 1:

$$Y = a + bX$$

En donde:

$$A = 332.763$$

$$B1 = 2.39$$

$$B2 = 0.328$$

$$B3 = -3.556$$

$$X1 = \text{PEEP}$$

$$X2 = \text{FiO}_2$$

$$X3 = \text{SptO}_2$$

Fórmula 2:

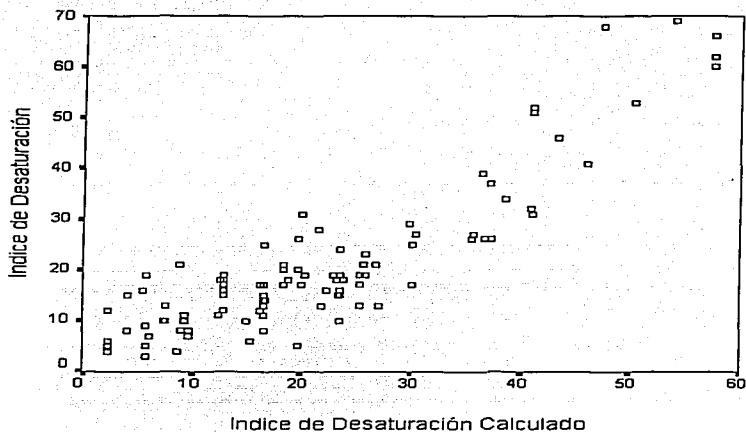
Índice de Desaturación calculado es:

$$\text{IDSatO}_2 = 332.763 + (2.39 \times \text{PEEP}) + (0.328 \times \text{FiO}_2) + (-3.556 + \text{SptO}_2)$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Se obtuvo una muy buena correlación entre el Índice de desaturación calculado y el índice de desaturación real (Figura 1)

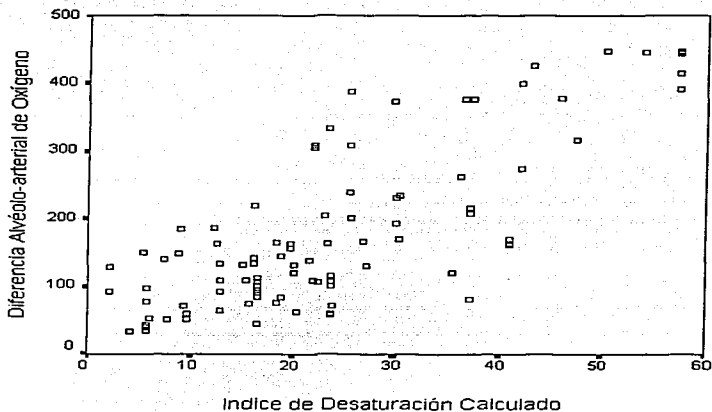
Figura 1: Correlación entre el Índice de Desaturación y el Índice de Saturación Calculado $r = .919$.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

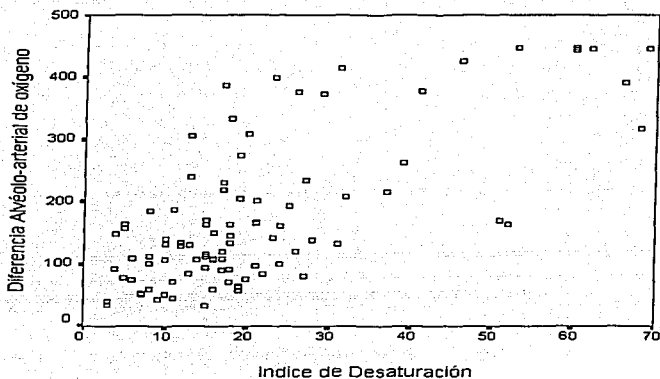
Se obtuvo una buena correlación entre los Índices de Desaturación tanto real como el calculado con los índices de oxigenación por gasometría (Figuras 2a y 2b 3a y 3b, y 4ª y 4b respectivamente).

Figura 2ª: Correlación entre el Índice de Desaturación calculado y la diferencia alvéolo arterial de oxígeno $r.785$.



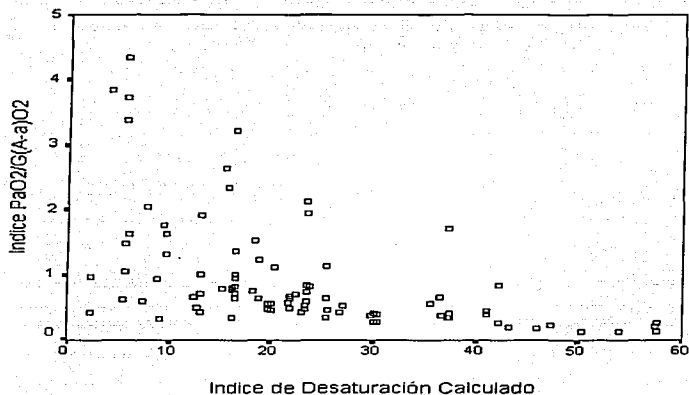
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 2b: Correlación entre el Índice de Desaturación y el Diferencia alvéolo-arterial de oxígeno $r = 0.691$.



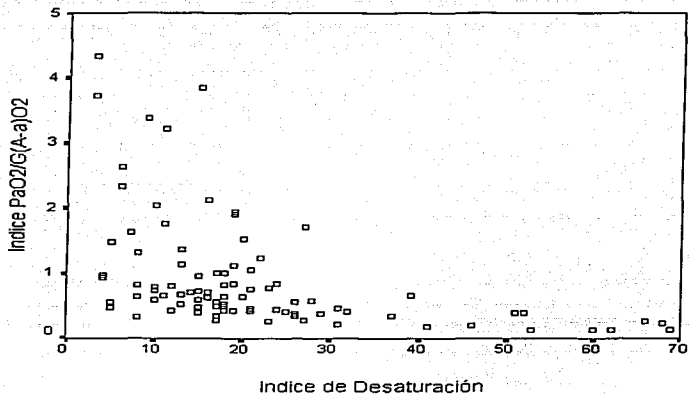
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 3*: Correlación entre el Índice de Desaturación Calculado y el Índice Presión arterial de oxígeno / gradiente Alvéolo-arterial de oxígeno, $r=523$.



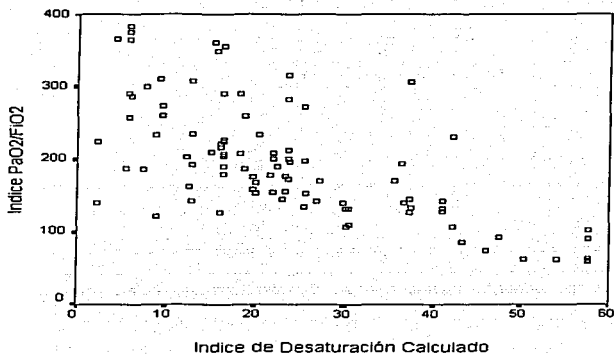
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 3b: Correlación entre el Índice de Desaturación y la presión arterial de oxígeno/ Gradiente Alvéolo-arterial de oxígeno, $r = -.461$.



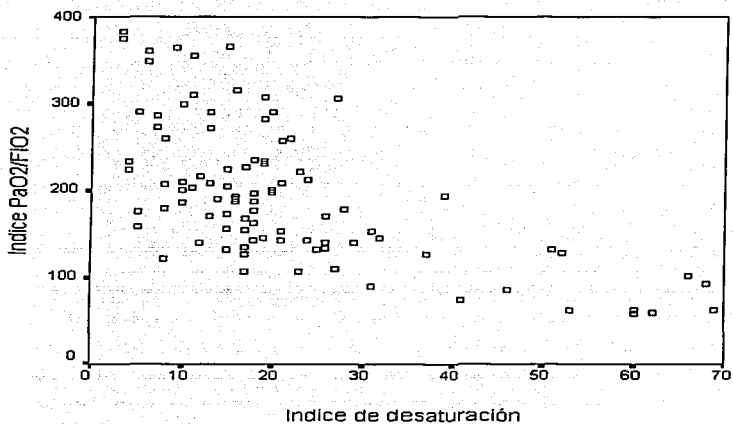
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 4a: Correlación entre el Índice de Desaturación calculado y el Índice Presión arterial de Oxígeno/ Fracción inspirada de oxígeno $r = -0.683$.



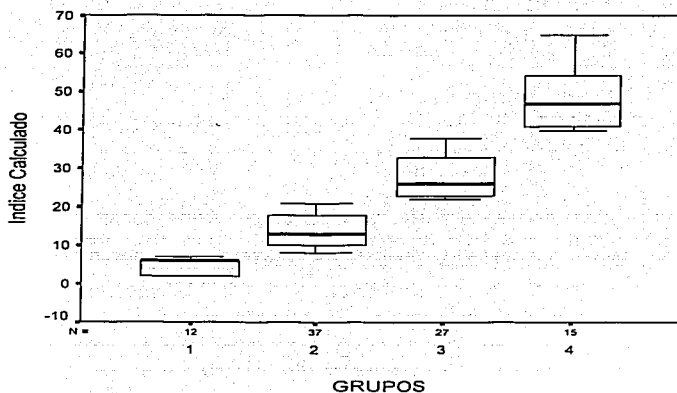
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 4b: Correlación entre el Índice de Desaturación y el Índice Presión arterial de oxígeno / fracción Inspirada de Oxígeno, $r=-.640$.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 5: Grupos de disfunción pulmonar de acuerdo a la calificación del Índice de Desaturación. El grupo 1 son pacientes sin daño pulmonar, el Grupo 4 son pacientes con Síndrome de Insuficiencia Respiratoria Aguda.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Se obtuvo buena asociación entre el índice calculado y la presencia de infiltrados en la radiografía de tórax (Cuadro 2a y2b)

Cuadro 2a: Relación entre el grado de disfunción pulmonar y los infiltrados en la radiografía de tórax. La disfunción pulmonar es determinada por el Índice de Desaturación. El grupo 1 es de pacientes sin enfermedad pulmonar y el grupo 4 son pacientes con Síndrome de Insuficiencia Respiratoria Aguda.

GRUPOCAL * RX_TORAX Crosstabulation

		RX_TORAX					Total
		0	1	2	3	4	
GRUPOCAL 1	Count	9	3				12
	% within GRUPOCAL	75.0%	25.0%				100.0%
	% within RX_TORAX	23.7%	11.1%				12.9%
	% of Total	9.7%	3.2%				12.9%
2	Count	19	13	2	2		36
	% within GRUPOCAL	52.8%	36.1%	5.6%	5.6%		100.0%
	% within RX_TORAX	50.0%	48.1%	18.2%	15.4%		38.7%
	% of Total	20.4%	14.0%	2.2%	2.2%		38.7%
3	Count	10	10	7	3	1	31
	% within GRUPOCAL	32.3%	32.3%	22.6%	9.7%	3.2%	100.0%
	% within RX_TORAX	26.3%	37.0%	63.6%	23.1%	25.0%	33.3%
	% of Total	10.8%	10.8%	7.5%	3.2%	1.1%	33.3%
4	Count		1	2	8	3	14
	% within GRUPOCAL		7.1%	14.3%	57.1%	21.4%	100.0%
	% within RX_TORAX		3.7%	18.2%	61.5%	75.0%	15.1%
	% of Total		1.1%	2.2%	8.6%	3.2%	15.1%
Total	Count	38	27	11	13	4	93
	% within GRUPOCAL	40.9%	29.0%	11.8%	14.0%	4.3%	100.0%
	% within RX_TORAX	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	% of Total	40.9%	29.0%	11.8%	14.0%	4.3%	100.0%

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 2b: Porcentaje de disfunción pulmonar con los infiltrados en la radiografía de tórax. Los grupos 1 a 4 son determinados por la puntuación del Índice de desaturación, el grupo 1 son sujetos sanos y el grupo 4 son sujetos con Síndrome de Insuficiencia Respiratoria Aguda.

GRUPO * RX_TORAX Crosstabulation

		RX_TORAX					Total
		0	1	2	3	4	
GRUPO 1	Count	9	2				11
	% within GRUPO	81.8%	18.2%				100.0%
	% within RX_TORAX	23.7%	7.4%				11.8%
	% of Total	9.7%	2.2%				11.8%
2	Count	25	19	4	3	1	52
	% within GRUPO	48.1%	36.5%	7.7%	5.8%	1.9%	100.0%
	% within RX_TORAX	65.8%	70.4%	36.4%	23.1%	25.0%	55.9%
	% of Total	26.9%	20.4%	4.3%	3.2%	1.1%	55.9%
3	Count	4	5	5	4	1	19
	% within GRUPO	21.1%	26.3%	26.3%	21.1%	5.3%	100.0%
	% within RX_TORAX	10.5%	18.5%	45.5%	30.8%	25.0%	20.4%
	% of Total	4.3%	5.4%	5.4%	4.3%	1.1%	20.4%
4	Count		1	2	6	2	11
	% within GRUPO		9.1%	18.2%	54.5%	18.2%	100.0%
	% within RX_TORAX		3.7%	18.2%	46.2%	50.0%	11.8%
	% of Total		1.1%	2.2%	6.5%	2.2%	11.8%
Total	Count	38	27	11	13	4	93
	% within GRUPO	40.9%	29.0%	11.8%	14.0%	4.3%	100.0%
	% within RX_TORAX	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	% of Total	40.9%	29.0%	11.8%	14.0%	4.3%	100.0%

TESIS CON
FALLA DE OPICEN

DISCUSIÓN

Nuestro estudio demuestra que utilizando una fórmula de regresión múltiple es posible determinar el Índice de Desaturación.

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 definen la lesión pulmonar desde la normalidad hasta la lesión pulmonar severa o SIRA. De las más conocidas son las 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

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

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 lo 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

TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN

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.

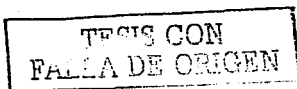
La radiografía de tórax es una herramienta útil para identificar lesión pulmonar aguda en relación al número de cuadrantes infiltrados por el proceso inflamatorio. Tanto la Definición del consenso Americano Europeo como el Índice de Murray incluyen el número de cuadrantes para identificar la severidad 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.

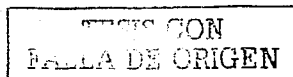
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFIA

1. Vázquez 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. Respiration. Meyer Ph, ed. *Fisiología humana*. Barcelona, Salvat, 1985:1013-1265
3. Levitzky M. *Fisiología Pulmonar*. 2ª. Ed Louisiana -USA Ed. Uteha. 1993. 21-83. Cap 1, 2, 3.
4. West JB. *Fisiología Respiratoria*. 5ª. ed Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana. 11-19. 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-Andersen O, Kokholm G. Variations in the haemoglobin oxygen dissociation curve in 10079 arterial blood samples. *Scand J Clin Lab Invest* 1990; 203(suppl):87-90.
9. Bellingham AJ, Dettler 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 1997:320-333.
12. Tremper KK, Barker SJ. Pulse oximetry. *Anaesthesiology* 1989; 70:98-108.
13. Wahr JA, Tremper KK. Non-invasive oxygen monitoring techniques. *Crit Care Clin*. 1995; 11:199-217.
14. Hutton P, Clutton-Brock T. The benefits and pitfalls of pulse oximetry. *Br Med J*. 1993; 307:457-458.



15. Vender JS, Gilbert HC. Blood gas monitoring. In Blitt CD, Hines RL (eds): Monitoring in anaesthesia and critical care medicine, 3rd 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 haemorrhage. 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, Begelw DB, Petty TI, Levine BE. Acute respiratory distress in adults. Lancet 1967;2:319-323.
21. Wiener Kronish JP, Gropper MA, Matthay MA. The adult respiratory distress syndrome: definition and prognosis, pathogenesis and treatment. Br J of Anaesth 1990;65:107-129.
22. Gatinoni 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. Vázquez de Anda GF, Talavera JQ, Martínez MPC. Et al. Desaturation Index: A new bedside Non Invasive Index to Identify Lung Dysfunction. Crit Care MED. 2003;30(suppl).90
25. Vázquez 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).
CFR	Capacidad funcional residual.
PEEP	Presión positiva al final de la espiración(medido en cm de H2O).
cm H ₂ O	Centímetros de agua .
mmHg	milímetros de mercurio.
FI _{O₂}	Fracción inspiratoria de oxígeno(medida en porcentaje).
PaO ₂	Presión arterial de oxígeno(medida en mmHg).
PAO ₂	Presión alveolar de oxígeno(medida en mmHg).
PaCO ₂	Presión arterial de anhídrido carbónico(medida en mmHg).
PACO ₂	Presión alveolar de anhídrido carbónico(medida en mmHg).
D(A-a)O ₂	Diferencia alvéolo- arterial de oxígeno(medido en mmHg).
CaO ₂	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 ₂	Saturación arterial de oxígeno(medido en porcentaje).
EPOC	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica.
SIRA	Síndrome de insuficiencia respiratoria aguda.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN