



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
THE AMERICAN BRITISH COWDRAY MEDICAL CENTER I.A.P.

**“AJUSTE DE LA RELACIÓN PaO_2/FiO_2 A LA PRESIÓN
BAROMÉTRICA DE LA CIUDAD DE MÉXICO”.**

T E S I S D E P O S G R A D O

PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

ESPECIALISTA EN: “MEDICINA DEL ENFERMO EN ESTADO CRÍTICO”

P R E S E N T A :

DR. MARCO ANTONIO MONTES DE OCA SANDOVAL.

PROFESOR TITULAR DEL CURSO: DR. JUVENAL FRANCO GRANILLO.

ASESOR DE TESIS: DRA. CLAUDIA IVETTE OLVERA GUZMÁN.

MÉXICO, D. F.

FEBRERO 2010





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. JOSÉ HALABE CHEREM

Jefe de la División de Educación e Investigación
The American British Cowdray Medical Center I.A.P.
División de Estudios de Posgrado, Facultad de Medicina, U.N.A.M

DR. JUVENAL FRANCO GRANILLO

Profesor Titular del Curso de Medicina del Enfermo en Estado Crítico
Jefe del Departamento de Medicina Crítica "Dr. Mario Shapiro"
The American British Cowdray Medical Center I.A.P.
División de Estudios de Posgrado, Facultad de Medicina, U.N.A.M

DRA. JANET AGUIRRE SÁNCHEZ

Profesor adjunto del curso de Medicina del Enfermo en Estado Crítico
Subjefe del Departamento de Medicina Crítica "Dr. Mario Shapiro"
The American British Cowdray Medical Center I.A.P.
División de Estudios de Posgrado, Facultad de Medicina, U.N.A.M

DR. GILBERTO CAMARENA ALEJO

Profesor adjunto del curso de Medicina del Enfermo en Estado Crítico
Subjefe del Departamento de Medicina Crítica "Dr. Mario Shapiro" campus Santa Fe
The American British Cowdray Medical Center I.A.P.
División de Estudios de Posgrado, Facultad de Medicina, U.N.A.M

DRA. CLAUDIA IVETTE OLVERA GUZMÁN

Asesor de Tesis

Médico adscrito del Departamento de Medicina Crítica "Dr. Mario Shapiro"
The American British Cowdray Medical Center I.A.P.
División de Estudios de Posgrado, Facultad de Medicina, U.N.A.M

DR. MARCO ANTONIO MONTES DE OCA SANDOVAL

Médico Residente del Departamento de Medicina Crítica "Dr. Mario Shapiro"
The American British Cowdray Medical Center I.A.P.

DEDICATORIA

Este trabajo representa el esfuerzo y las ganas de tratar de salir adelante todos los días.

A través de mi formación como medico he tenido que hacer grandes sacrificios; sin embargo lo que mas me duele es no poder estar contigo, espero que algún día me entiendas, esto es por ti y para ti, te amo **CAROL**.

MARCO A. MONTES DE OCA

RESUMEN

Introducción: La relación PaO_2/FiO_2 puede variar de acuerdo a la altitud ya que existe un fenómeno no considerado que es la hipoxia secundaria a la disminución de la presión barométrica (PB). La Cd. de México tiene una PB de 580 mmHg y al aplicar la siguiente fórmula para ajustar la relación P/F a la PB «**P/F ajustada= $PAO_2 \times P/F / 100$** »; esta es 27.4 % menos que la que existe a nivel del mar, por lo que debemos considerar como criterio de LPA una relación P/F de 145 a 217 y <145 como criterio de SIRPA. **Métodos:** Estudio retrospectivo, longitudinal, observacional, de todos los pacientes ingresados en el Departamento de Medicina Crítica y Terapia Intensiva “Dr. Mario Shapiro” del Centro Medico ABC, del 1º de marzo del 2005 al 31 de marzo del 2007 y con asistencia mecánica ventilatoria durante más de 24 horas. Se dividieron los pacientes en 2 grupos: Grupo I, pacientes sin hipoxémica con P/F no ajustada >300 (n=68), y el grupo II, pacientes catalogados en un inicio con hipoxemia pero que al ajustar la P/F a la PB tenían una P/F ajustada >300 (n=90). Se obtuvieron datos demográficos, P/F (promedio de 24 horas en cada paciente), nivel de PEEP, complicaciones asociadas a la ventilación, presión media de las vías respiratorias, inspiratoria pico (P_{pico}), plateau (P_{pl}), distensibilidad estática y FiO_2 utilizado. **Resultados:** Se incluyeron 702 pacientes en AMV, y de ellos, 634 tenían hipoxemia y 68 no (Grupo I); cuando se ajustó la P/F, encontramos que 90 pacientes se clasificaron de forma incorrecta sin tenerla (grupo II). Los pacientes del grupo II (n=90) tuvieron mayor nivel de PEEP: 5.12 ± 2.98 cmH₂O vs. 3.75 ± 1.63 cmH₂O del grupo I (n=68), $p < 0,0001$; P_{pico} fue superior en el grupo II: 21.19 ± 5.59 cmH₂O vs. 17.69 ± 3.837 cmH₂O que el grupo I, $p < 0.0001$; y la P_{pl} también fue mayor en el grupo II: 16.24 ± 4.93 cmH₂O vs. 13.96 ± 3.24

cmH₂O, p<0.005. La distensibilidad estática y la fracción inspirado de O₂ fue similar con p=NS. No existió ningún caso barotrauma en el grupo I, y el 10% de todos los casos de barotrauma se encontraron en el grupo II. No hubo ningún caso de extubación fortuita en el grupo I y 15.7% de todos los casos se produjeron en el grupo II sin requerir reintubación en ninguno de ellos.

Conclusiones. La P/F es esencial para el manejo de la AMV y optimización de PEEP, que al no realizarlo condicionamos elevación de las presiones como consecuencia de ello, y como complicación el barotrauma. El 100% de las complicaciones se presentaron en pacientes con AMV sin IRA que fueron incorrectamente agrupados, por lo que la P/F debe ser ajustada a la PB.

INDICE

	Página
Introducción	1
Conceptos básicos	2
Aspectos fisiopatológicos	3
Justificación	11
Planteamiento del problema	12
Objetivos	13
Hipótesis	14
Material y métodos	15
Definición de Variables	17
Resultados	20
Discusión	24
Implicaciones éticas	25
Conclusiones	26
Bibliografía	27
Anexos	29

INTRODUCCIÓN

Recientemente se han publicado diversos estudios en los cuales se habla de la importancia de ajustar los valores “normales” de PaO_2 a la altura de la ciudad de México.⁽¹⁻²⁾ Existe controversia con respecto a que niveles debemos considerar como normales, o si las definiciones establecidas y ampliamente utilizadas (como las utilizadas para definir Lesión pulmonar Aguda/Síndrome de Insuficiencia Respiratoria Progresiva Aguda, LPA/SIRPA) deben ajustarse en los pacientes que no viven a nivel del mar. Consideramos de suma importancia conocer los conceptos básicos de fisiología respiratoria antes de sugerir fórmulas o realizar estudios con criterios no bien justificados. A continuación se presenta una revisión breve de la literatura con los conceptos necesarios para entender porque debe o no hacerse ajustes a las definiciones de hipoxemia ya establecidas.

La hipoxemia es común en el paciente en estado crítico y puede ser causada por hipoventilación, trastornos en la relación ventilación/perfusión, cortos-circuitos de derecha-izquierda, o limitación de la difusión a través de la membrana alveolo-capilar. También puede ocurrir como resultado de bajas presiones inspiradas de O_2 , por ejemplo en las grandes alturas.⁽³⁾

Numerosos índices han sido utilizados para describir esta hipoxemia como la $\text{PaO}_2/\text{PiO}_2$, $\text{PaO}_2/\text{PAO}_2$, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, etc.; de éstas, la relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ (P/F) es la más utilizada debido a su simplicidad; esta relación se incluye en la mayoría de las definiciones, tales como la puntuación de la lesión pulmonar (Murray), y la definición de la conferencia del consenso Americano-

Europeo en donde LPA se define con una relación $P/F \leq 300$ y SIRPA si es \leq a 200. [3-5]

La hipoxia hipobárica es un fenómeno que existe y que generalmente no se toma en cuenta al establecer la definición de LPA/SIRPA. Para entender dicho fenómeno es importante conocer los cambios de presión que existen en la vía aérea y para eso tenemos que conocer los aspectos fisiológicos.

CONCEPTOS BÁSICOS.

El cociente PaO_2/FiO_2 se utiliza comúnmente para definir LPA y SIRPA; este disminuye con la altura sobre el nivel del mar, por lo que los pacientes que residen a altitudes mayores sobre el nivel del mar tienen presumiblemente un grado de hipoxemia menor que los residentes al nivel del mar en el momento de cumplir el criterio de LPA/SIRPA.

Existen diferentes índices para determinar hipoxemia. En 1972 Lecky y Ominsky reportaron por primera vez el empleo de la ecuación PaO_2/FiO_2 para evaluar la función respiratoria en pacientes postoperados; ésta actualmente se incluye en la mayoría de las definiciones, tales como la puntuación de lesión pulmonar aguda (Murray), y la definición de la conferencia del consenso Americano-Europeo.⁽⁴⁻⁶⁾

ASPECTOS FISIOPATÓLOGICOS

El O_2 forma parte del gas atmosférico, el cual está compuesto por una mezcla de gases, principalmente O_2 y nitrógeno. El O_2 ocupa 20.93 volúmenes por ciento de la totalidad del aire. En la práctica se considera como valor normal de concentración de O_2 21%; por lo que la fracción inspirada de O_2 es de 0.21, valor constante a cualquier altitud sobre el nivel del mar.⁽⁶⁾

El cálculo de la presión parcial de un gas, es el producto de la presión atmosférica por la concentración de dicho gas. Por lo tanto la presión parcial de oxígeno en el aire ambiente (PO_2) se expresa como:

$$PO_2 \text{ en el aire ambiente} = \text{Presión Atmosférica} \times 0.21$$

De la expresión anterior se deduce que la presión parcial de oxígeno (PO_2) en el aire, es dependiente de la presión atmosférica, ya que su concentración (21%) es constante.

El elemento crítico para determinar de la “*disponibilidad ambiental de O_2* ”, - referido a presión y no a volumen - es la presión total que ejerce la columna de gases ubicada sobre un cuerpo situado en cualquier punto de la superficie terrestre, concepto conocido como ***presión atmosférica (P atm)***, cuyo valor es dependiente de la altura sobre el nivel del mar; a mayor altura menor presión atmosférica y viceversa. ⁽⁷⁻⁸⁾ **(Figura 1)**

Cambio de la PiO_2 respecto a la Presión barométrica.

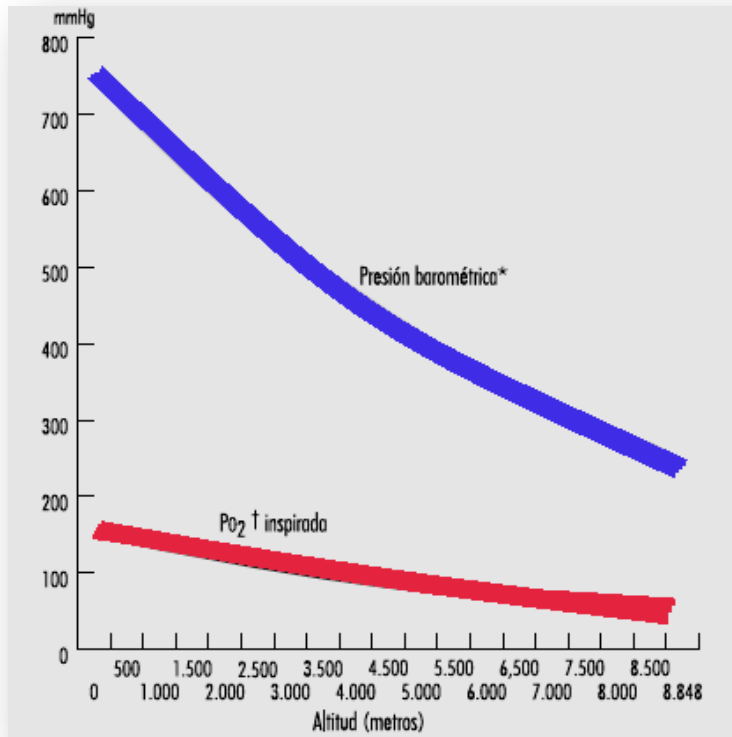


Figura 1. Al aumentar la altitud, la PO_2 inspirada (PiO_2) disminuye y, por tanto, también lo hacen la PO_2 arterial y la saturación de la oxihemoglobina. En sujetos normales, las altitudes superiores a 3.000 m van ligadas a una PO_2 arterial tan baja, que la saturación de la oxihemoglobina desciende a menos de 90%. Si la altitud aumenta aún más y se carece de mecanismos compensadores, es de esperar que la desaturación sea aún mayor.

“La disminución de O_2 a grandes alturas es consecuencia de la disminución de la Presión atmosférica y no de la concentración del gas”.

“A medida que se asciende sobre el nivel del mar, la Presión atmosférica disminuye y por tanto la PO_2 también desciende”.

Con la inspiración, la vía aérea superior lleva a cabo funciones de limpieza, calentamiento, humidificación de los gases inspirados y en ella se encuentra vapor de agua; éste ocupa un volumen y ejerce una presión cuyo

valor aproximado es de **47 mmHg**. Esto ocasiona un desplazamiento de O₂ de la mezcla gaseosa de la vía aérea superior, generándose una caída de la presión parcial de O₂. (**Figura 2**)

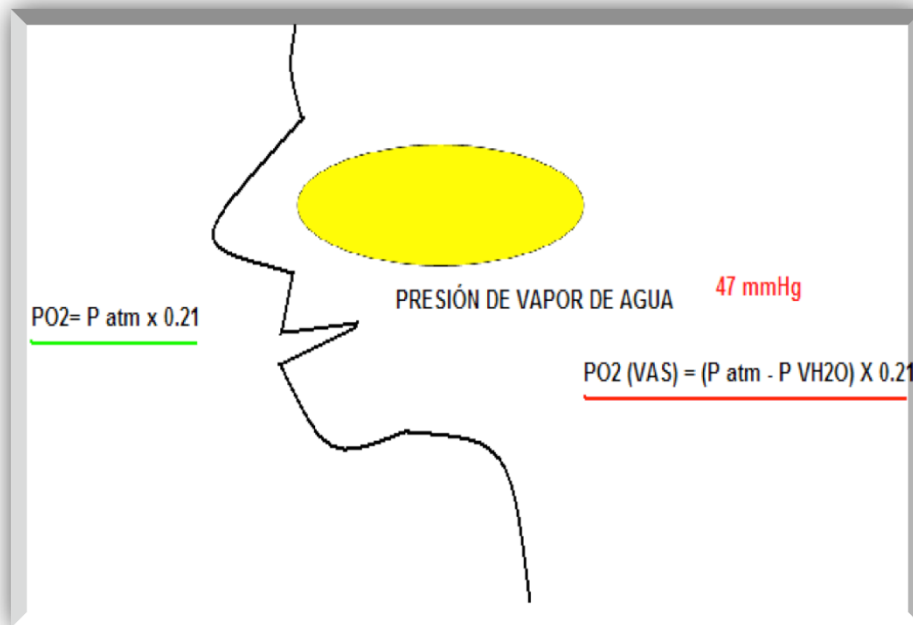


Figura 2 Representación esquemática de la disminución de la PaO_2 consecuencia de la presión que ejerce el vapor de agua en la vía aérea.

El cálculo de la presión inspirada de oxígeno en la vía aérea superior (PiO_2) se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$PIO_2 = (P_{atmosférica} - P_{vapor\ de\ H_2O}) \times FiO_2$$

Ejemplo: Para el nivel de mar la PiO_2 sería:

$$PIO_2 = (760\ mmHg - 47\ mmHg) \times 0.21 = 150\ mmHg$$

En su recorrido hacia los alvéolos a través del espacio muerto anatómico, la presión de oxígeno no experimenta ninguna variación puesto que a los gases circulantes no se adiciona ningún otro gas.

En el alvéolo aparece un gas diferente en la mezcla – el dióxido de carbono (CO_2) - el cual sale del capilar para ser eliminado en la fase espiratoria del ciclo ventilatorio. **(Figura 3)**

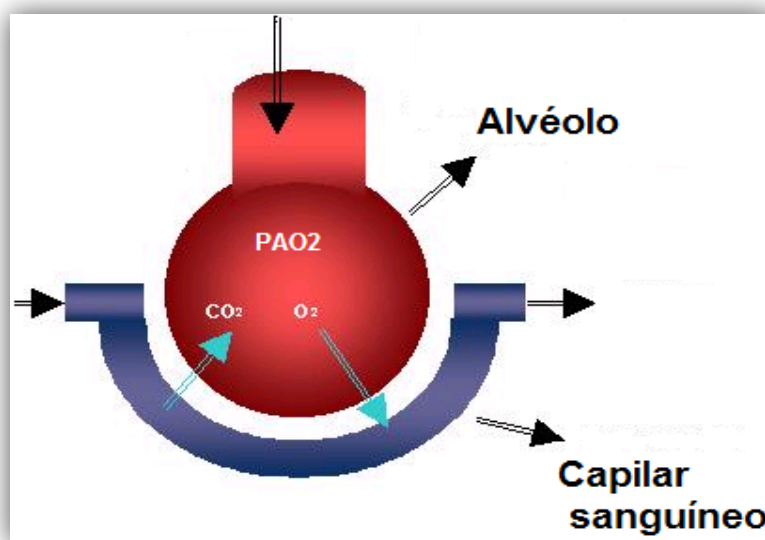


Figura 3 Representación gráfica del intercambio alveolar de O_2 y CO_2 el cual determina la PAO_2 .

La presión de este gas genera disminución de la PO_2 , produciéndose así un valor nuevo de presión que es la presión alveolar de Oxígeno (PAO_2) la cual se calcula mediante la ecuación de gas alveolar:

$$\text{PAO}_2 = (P \text{ atmosférica} - P \text{ VH}_2\text{O} \times \text{FiO}_2) - \text{PACO}_2 / R$$

El valor de la PACO_2 es igual al de la PaCO_2 debido a las características de difusibilidad y solubilidad de éste. R es la relación entre O_2 y CO_2 difundidos a través de la membrana alvéolo capilar. Su valor normal es de 0.8 a 1. (8-9)

La expresión en la utilidad clínica para determinar la PAO_2 es:

$$PAO_2 = PIO_2 - PaCO_2$$

Ejemplo: Para el nivel de mar la PAO_2 es entonces:

PB: 760 mmHg P_{vH_2O} = 47 mmHg FiO_2 : 21% $PaCO_2$ = 35 mmHg R= 0.8

$$(760 \text{ mmHg} - 47 \text{ mmHg} \times 0.21) - 35 \text{ mmHg} / 0.8 = 149.73 \text{ mmHg}$$

$$149.73 \text{ mmHg} - 43.75 \text{ mmHg} = 105.9 \text{ mmHg}$$

$$PAO_2 = 105.98 \text{ mmHg}$$

“En la Ciudad de México la PAO_2 es diferente”.

Sabemos que la altura de la ciudad de México es de 2235 msnm, y la presión barométrica es de 580 mmHg por lo que: (2)

¿Cual sería la PAO_2 en la Ciudad de México?

Ejemplo: Para el nivel de la Ciudad de México la PAO_2 es:

PB: 580 mmHg P_{vH_2O} = 47 mmHg FiO_2 : 21% $PaCO_2$ = 35 mmHg R= 0.8

$$(580 \text{ mmHg} - 47 \text{ mmHg} \times 0.21) - 35 \text{ mmHg} / 0.8 = 111.93 \text{ mmHg}$$

$$111.93 \text{ mmHg} - 43.75 \text{ mmHg} = 68.2 \text{ mmHg}$$

$$PAO_2 = 68.2 \text{ mmHg}$$

La expresión en la utilidad clínica para determinar la PAO_2 es:

$$PAO_2 = PIO_2 - PACO_2$$

$$PAO_2 = (580 \text{ mmHg} - 47 \text{ mmHg} \times 0.21) - 35 = 76.9 \text{ mmHg}$$

Esto corresponde al 72.5 % de la PAO₂ al compararla con la del nivel del mar, lo que quiere decir que la PAO₂ es 27.4% menor que a nivel del mar.

Una de las determinantes de la relación P/F (a veces confundida con el índice de Kirby el cual es exactamente a la inversa, FiO₂/PaO₂) es la PAO₂, la cual cambia cuando hay diferente presión barométrica por lo que en realidad la relación P/F en la ciudad de México como criterio de SIRPA/LPA debe ser: ⁽¹⁰⁾

$$LPA = 300 - 27.4\% = 217$$

$$SIRPA = 200 - 27.4\% = 152$$

El estudio ALVEOLI sugiere el ajuste de la relación PaO₂/FiO₂ en ciudades que se encuentran por arriba de 1000 msnm mediante la siguiente fórmula **P/F ajustada = P/F x (PB/760)**; dicha fórmula fue publicada por West JB.^(1,11) Existe una fórmula muy similar a ésta en la que se toma en cuenta la PAO₂ para realizar el ajuste de la relación P/F [**P/F ajustada = PAO₂ x (PF / 100)**]; y que podemos utilizar según la altitud en la que nos encontremos. En nuestro estudio utilizamos la fórmula publicada por West JB, ya validada. Esta diferencia en el ajuste de la relación P/F hace que cambien los criterios que conocemos para LPA/SIRPA en la Ciudad de México (y en ciudades que no se

encuentren a nivel del mar); por lo que el criterio de LPA/SIRPA debe ser 27.4% menor que a nivel del mar: (10-11)

Al momento de medir la oxigenación, las personas que se encuentran a mayor altitud se les debe de aumentar la diferencia que existe entre P/F ajustada y la P/F no ajustada ya que éstas se encuentran aclimatadas y la PaO₂ es menor comparada con otra que vive a nivel del mar.

Ejemplo: Una persona que vive en la Cd. de México con:

PaO₂ = 90 mmHg, FiO₂= 50%, tendría una P/F y una P/F ajustada de:

$$P/F = PaO_2 / FiO_2 \times 100 ;$$

$$90/50 \times 100 = 180$$

$$P/F \text{ ajustada} = PF \times (580 \text{ mmHg} / 760 \text{ mmHg}) =$$

$$180 \times 0.76 = 137.3$$

Las personas que se encuentran a altitudes por arriba del nivel del mar están aclimatadas y el nivel de PaO₂ es menor comparado con las personas a nivel del mar (aclimatación ventilatoria), por lo que en lugar de restar, habría que aumentar 27.4% de la P/F encontrada, debido a que es la diferencia que existe entre la PAO₂ a nivel de la Cd de México y la del nivel del mar. Por lo que en realidad al utilizar la fórmula del ajuste de la relación P/F, nos sirve como parámetro para definir los rangos de criterios de LPA/SIRPA más no para tomar en cuenta la relación P/F del paciente ya que ésta en realidad

aumentaría de 180 a 224 al aumentar el 27.4% de la P/F no ajustada, con lo que no tendría criterios de SIRPA si no de LPA. Es difícil cambiar los criterios internacionales de la definición de SIRPA y LPA ya establecidos; en la Cd de México, dichos valores corresponderían a 217 y 152 equivalentes al 300 y 200 utilizados normalmente. En lugar de disminuir las cifras de las definiciones internacionales un 27.4%, lo que debe hacerse, es aumentar este 27.4% al valor de P/F de los pacientes de la Cd de México para que la definición se aplique de forma normal.

JUSTIFICACIÓN

En este trabajo se analizan las modificaciones que experimenta el índice (relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$) con la altura sobre el nivel del mar, además de que nos permite tratar a los pacientes en AMV de una forma más homogénea independientemente de la altitud a la que nos encontremos, sin perseguir valores altos de relación P/F o utilizando niveles elevados de PEEP, que en lugar de ayudarnos nos podría condicionar mayor riesgo de barotrauma y lesión asociada a la AMV.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La relación PaO_2/FiO_2 cambia de acuerdo a la PB, entre menor sea la PB es menor el nivel de P/F, por lo que las ciudades que se encuentran en altitudes por arriba del nivel del mar como es la Cd. de México se debe ajustar. De acuerdo al consenso Americano-Europeo existe LPA cuando existe relación $P/F < 300$ pero $>$ de 200 y SIRPA cuando es < 200 . Tomando en cuenta la fórmula para ajustar la relación PF a la PB, en la Cd. de México a una PB de 580 mmHg, [**P/F ajustada = $P/F \times (PB/760)$**] se debe catalogar LPA cuando es ≤ 228 y ≤ 152 para catalogarlo como SIRPA. Con esto podemos evitar un uso indiscriminado de nivel de PEEP y consecuentemente las presiones de la vía aérea y pudiendo condicionar mayor índice de barotrauma y lesión asociada a la AMV.

OBJETIVOS

Objetivo Principal:

1. Evaluar la utilidad de ajustar la relación P/F de acuerdo a la PB de la Cd. de México en pacientes con hipoxemia y en AMV, para evitar el uso indiscriminado de PEEP al tratar de alcanzar relaciones P/F no ajustadas e injustificadas, lo que condiciona incremento de las presiones de la vía aérea y con esto mayor riesgo de barotrauma y lesión asociada a la AMV.

Objetivos Secundarios:

1. Determinar si al no ajustar la relación P/F en pacientes con AMV se incrementa la presencia de barotrauma.
2. Evaluar si la relación P/F debe ajustarse al nivel de la presión barométrica en todos los pacientes con hipoxemia, antes de definir metas de oxigenación.

HIPÓTESIS.

Hipótesis nula. HO

No es útil ajustar la relación P/F a la presión barométrica para tratar de evitar incrementos del PEEP y de las presiones de la vía aérea en consecuencia, así como el riesgo de barotrauma y lesión inducida a la AMV.

Hipótesis alterna. HA

Es útil ajustar la relación P/F a la presión barométrica para tratar de evitar incremento de la PEEP y de las presiones de la vía aérea secundarias a éste, así como mayor riesgo de barotrauma y lesión inducida a la AMV.

MATERIAL Y MÉTODOS

Tipo de Estudio.

Estudio retrospectivo, longitudinal, observacional y comparativo.

Universo y Muestra de Estudio.

Se evaluaron todos los pacientes ingresados en forma consecutiva en la Unidad de Medicina Crítica y Terapia Intensiva “Dr. Mario Shapiro”, del CM ABC bajo asistencia mecánica ventilatoria, en el período comprendido entre el 1º de Marzo de 2005 y el 31 de Marzo del 2007.

Criterios de Inclusión.

1. Pacientes mayores de 18 años.
2. Género indistinto.
3. Pacientes que ameritaron intubación endotraqueal.
4. Pacientes que requirieron asistencia mecánica ventilatoria durante más de 24 horas.
5. Pacientes con expediente clínico completo.
6. Que el comité de investigación institucional haya autorizado la revisión de expediente.

Criterios de Exclusión.

1. Edad < 18 Años.
2. Que hayan egresado dentro de las primeras 24 horas.
3. Que hayan sido extubados antes de completar 24 horas.

Metodología.

Con el fin de evaluar la utilidad de la PaO_2/FiO_2 ajustada a la PB, se dividieron los pacientes en 2 grupos:

Grupo I, sin hipoxemia, es decir, tomando en consideración una relación P/F no ajustada >300.

Grupo II, sin hipoxemia después de ajustar la relación P/F a la PB >300.

Se recolectaron datos demográficos al ingreso, la relación P/F promedio de las primeras 24 horas en AMV en cada paciente, así como nivel de PEEP y FiO_2 (promedio de las primeras 24 horas, obtenido de las hojas de inhaloterapia), los días con ventilación mecánica, complicaciones asociadas con la AMV (presencia o no de barotrauma manifestado como neumotórax), presión media de las vías respiratorias (P_{media}), presión inspiratoria pico (P_{pico}), presión meseta ($P_{plateau}$) y distensibilidad estática. Estas últimas obtenidas del promedio de las primeras 24 horas en AMV de cada paciente.

Recolección de datos

Realizado por el investigador en programa SPSS versión 16.

Análisis estadístico

Estadística descriptiva

Todos los datos se presentan con medidas de frecuencia, promedio y desviación estándar debido a que los valores comparados en nuestra muestra tienen una distribución normal.

Estadística inferencial.

Para la comparación entre grupos se utilizó la prueba de t de Student independiente para variables paramétricas; para variables no paramétricas, chi cuadrada. Las correlaciones se realizaron mediante r de Pearson con IC 95%, se tomó como estadísticamente significativo cuando el valor de p fue menor de 0.05. Los cálculos fueron realizados en el programa SPSS versión 16.

DEFINICIÓN DE VARIABLES

1.- Relación PaO_2/FiO_2 : Índice de oxigenación utilizado para describir hipoxemia, es la más utilizada debido a su simplicidad. Se incluye en la mayoría de las definiciones, tales como la puntuación de la lesión pulmonar, y la definición de la conferencia del consenso Americano-Europeo en la cual definen LPA cuando existe una relación $PaO_2/FiO_2 < 300$ pero > 200 , y $SIRPA \leq 200$.⁵

2.- Relación PaO_2/FiO_2 ajustada a la Presión barométrica: Fórmula utilizada en el estudio alveoli para ajustar la relación PaO_2/FiO_2 a una altitud mayor de 1000 msnm. P/F ajustada = $PAO_2 \times (PF / 100)$.⁴

3.- Presión pico de la vía aérea (P_{pico}): Es el valor en cmH_2O obtenido al final de la inspiración, relacionada con la resistencia del sistema al flujo aéreo en las vías anatómicas y artificiales y con la elasticidad del pulmón y la caja torácica.¹⁸

4.- Presión meseta, plateau o estática ($P_{plateau}$): Es el valor obtenido al final de la inspiración posterior a una pausa inspiratoria y sin flujo aéreo. Se relaciona con la distensibilidad toraco-pulmonar.¹⁸

5.- Presión alveolar media (P_{media}): Es el promedio de todos los valores de presión que distienden los pulmones y el tórax durante un ciclo respiratorio mientras no existan resistencias ni inspiratorias ni espiratorias. Permite relacionar con el volumen torácico medio.¹⁸

6.- Presión positiva al final de la espiración (PEEP): La presión al final de la espiración debe ser cero, pero de una forma terapéutica o derivado de la situación clínica puede volverse positiva, permite la reapertura alveolar y el reclutamiento de áreas colapsadas.¹⁸

7.- Lesión pulmonar Aguda: De acuerdo a el consenso americano-europeo lesión pulmonar aguda se define como lesión pulmonar de tipo agudo, con infiltrados radiográficos bilaterales, presión capilar pulmonar menos de 18 mmHg o ausencia de evidencia clínica de hipertensión de la aurícula izquierda, $PaO_2/FiO_2 \leq 300$ pero ≥ 200 .¹⁸

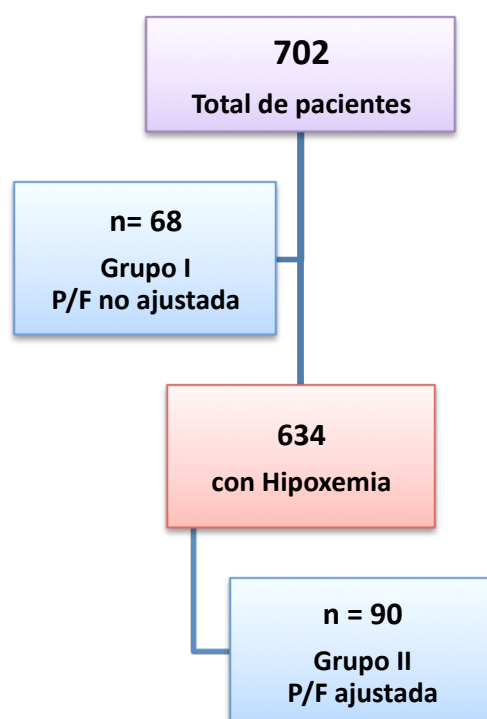
8.- SIRPA: De acuerdo a el consenso americano-europeo SIRPA se define como lesión pulmonar de tipo agudo, con infiltrados radiográficos bilaterales, presión capilar pulmonar menos de 18 mmHg o ausencia de evidencia clínica de hipertensión de la aurícula izquierda, $PaO_2/FiO_2 \leq 200$.¹⁸

11.- Distensibilidad Estática: Capacidad del sistema toracopulmonar para aceptar un determinado volumen de gas sin incrementar excesivamente la presión interna. Es aquella que se mide en ausencia de flujo.¹⁸

12.- Barotrauma: Presencia de aire extra-alveolar en sitios donde normalmente no se encuentran, en pacientes sometidos a ventilación mecánica.¹⁹

RESULTADOS

Se incluyeron 702 pacientes en AMV, y de ellos, 634 tenían hipoxemia según una P/F (no ajustada) <300 , dando como resultado 68 pacientes sin hipoxemia; de igual forma, se ajustó la relación P/F a la PB en estos 634, con lo que obtuvimos 90 pacientes sin hipoxemia, que en un inicio fueron catalogados dentro de los pacientes con hipoxemia. Se compararon estos 2 grupos, el **Grupo I** los primeros 68 pacientes sin hipoxemia y el **Grupo II**, los 90 pacientes que al ajustar la relación P/F a la PB no tenían criterios de hipoxemia.



Gráfica I Distribución por grupos de la población estudiada.

Los pacientes sin hipoxemia eran 68 al inicio, pero al ajustar la relación P/F a la PB, el total de pacientes sin hipoxemia fue de 158.

Los pacientes del grupo II, n= 90 (15% del total) se clasificaron de forma incorrecta con hipoxemia al ajustar la relación P/F a la PB y no cumplían con criterios de LPA como fueron catalogados en un principio.

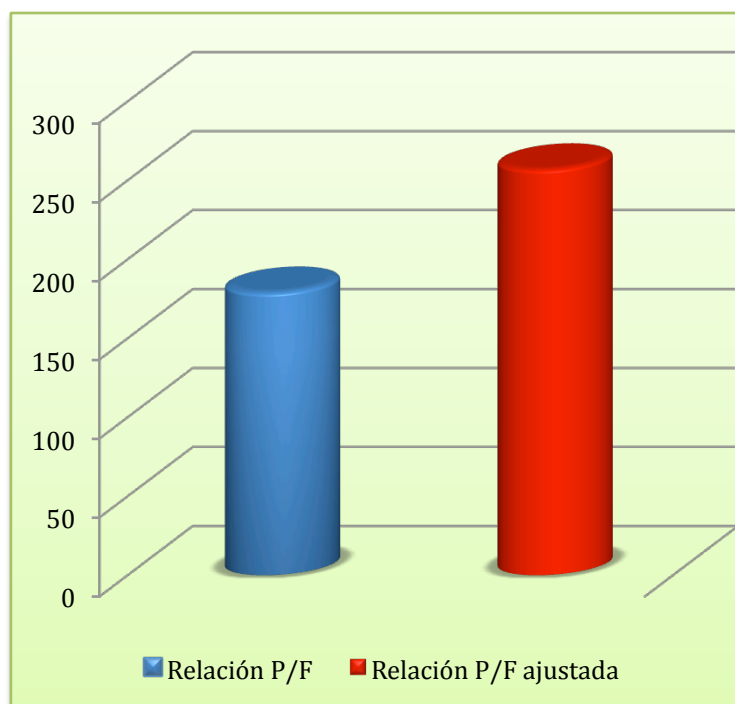


Figura 4 Valor de P/F en pacientes sin hipoxemia antes de ajustar (n=65) y con P/F ajustada (n=90)

Los pacientes del grupo II (n=90) tuvieron mayor nivel de PEEP (5.12 ± 2.98 con un rango de 3-18 cmH₂O vs. 3.75 ± 1.63 con rango de 3 a 12 cmH₂O del grupo I (n=68) con $p < 0.0001$.

La P_{pico} fue superior en el grupo II: 21.19 ± 5.59 (10-36 cmH₂O) vs. 17.69 ± 3.837 (11-28 cmH₂O) del grupo I, con $p < 0.0001$.

La P_{plateau} también fue mayor en el grupo II (16.24 ± 4.93 con rango de 7 a 31 cmH₂O vs 13.96 ± 3.24 con rango de 8 a 22 cmH₂O), con una $p < 0.005$.

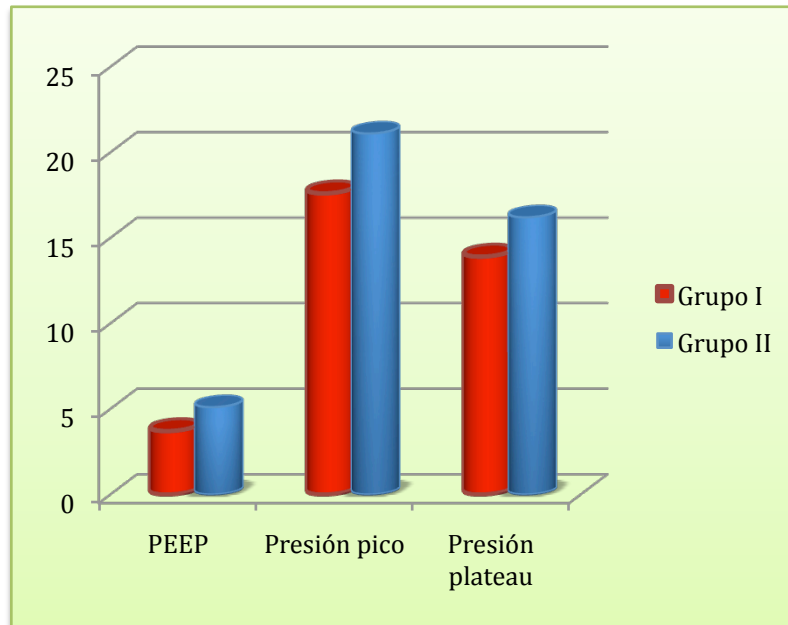


Figura 5 Comparación de ambos grupos de los niveles de presión de la vía aérea.

La distensibilidad estática y la concentración de O₂ fue similar: 47.12 ± 17.05 vs. 44.9 ± 12.64 , $p = \text{NS}$ y 54.13 ± 15.18 vs. 52 ± 14.19 $p = \text{NS}$, respectivamente.

De todos los casos de barotrauma, no existió ninguno en el grupo I y por el contrario, el 10% se presentó en el grupo II. Se requieren más pacientes para que este valor alcance cifras estadísticamente significativas.

No existió ningún caso de extubación fortuita en el grupo I y sí en el grupo II (15.7% del total de los casos) y en ninguno de ellos se requirió

reintubación, a diferencia de los que se presentaron en los pacientes con hipoxemia real.

En la siguiente tabla, observamos en resumen, los valores obtenidos en ambos grupos.

	Grupo 1 (n=90)	Grupo 2 (n=68)	p =
PEEP	5.12 ± 2.9 (3-18)	3.75 ± 1.63 (3-12)	p <0.0001
Presión inspiratoria pico	21.19 ± 5.5 (10-36)	17.69 ± 3.8 (11-28)	p <0.0001
Presión plateau	16.2 ± 4.9 (7-31)	13.96 ± 3.24 (8-22)	p <0.005
Distensibilidad Estática	47.12 ± 17.05	44.9 ± 12.64	p = NS
FiO ₂	54.13 ± 15.18	52 ± 14.19	p = NS
Barotrauma	0	10 % *	*
Extubación fortuita	0	15.7 % *	*

Tabla 1 Comparación de las variables en ambos grupos.

*Sin significancia estadística. Se requieren más pacientes.

DISCUSIÓN

Cuando utilizamos asistencia mecánica ventilatoria en pacientes con LPA/SIRPA tratamos de “perseguir” índices P/F “óptimos” para pacientes a nivel del mar siguiendo las guías publicadas y basadas en pacientes a dicha altitud. Para lograr tal nivel “óptimo” se utilizan elevados valores de PEEP, uso indiscriminado de FiO_2 y algunas otras estrategias totalmente anti-fisiológicas; sin embargo existe una pregunta: ¿Es necesario utilizar niveles altos de PEEP para conseguir relaciones P/F “óptimas”, cuando el valor de P/F (no ajustado) en ciudades con mayor altitud no es real?

Debemos de analizar los factores que definen insuficiencia respiratoria conforme se aumenta la altitud, lo cual afecta la presión inspirada de oxígeno y por lo tanto, al menos para la ciudad de México, la definición de la relación P/F para el diagnóstico de LPA y SIRPA dictados por la conferencia de consenso Americano Europeo, no aplica; esto es debido a que la diferencia en la presión inspirada de oxígeno es considerable cuando se compara con la obtenida a nivel del mar. Esto implica cambios en cuanto a las metas ventilatorias a seguir en el tratamiento de los pacientes con LPA y SIRPA, de inicio al catalogarlos como tal y probablemente mediante la utilización de menores niveles de FiO_2 evitando la lesión por toxicidad por O_2 y/o la lesión pulmonar asociada al ventilador.

Ajustar la relación P/F a la PB nos permite evitar perseguir valores altos de P/F (no ajustada) y por lo tanto, dejar de utilizar niveles altos de PEEP, que

en lugar de ayudarnos nos pudiese condicionar mayor riesgo de barotrauma y lesión asociada a la AMV.

IMPLICACIONES ÉTICAS.

El presente estudio cumple los lineamientos mencionados en :

- La Declaración de Helsinki
- La Ley General de Salud
- El Reglamento de la ley general en materia de investigación en salud
donde considera este tipo de estudios como:
 - Investigación sin riesgo mínimo.
 - Requiere de consentimiento por parte del comité de Investigación institucional para la revisión de expedientes
 - Muestra confidencial en ambos grupos.

CONCLUSIONES

La relación P/F se debe ajustar dependiendo la presión barométrica a la que nos encontremos, tomando en cuenta que las personas que viven a grandes altitudes se encuentran aclimatadas a determinada presión barométrica.

Este trabajo evaluó la utilidad de ajustar la relación P/F a la PB de la Cd. de México en pacientes con hipoxemia y en AMV, con el objetivo de evitar uso indiscriminado de PEEP al tratar de alcanzar relaciones P/F no ajustadas e injustificadas, lo que condiciona incremento de las presiones de la vía aérea y con esto mayor riesgo de barotrauma y lesión asociada a la AMV.

De los 2 grupos analizados se concluyó que en el grupo que fue mal catalogado con hipoxemia (Grupo II) existieron mayor número de complicaciones, entre ellas la presencia de barotrauma y que las extubaciones fortuitas que ocurrieron en él, ninguno de los pacientes requirió reintubación.

Se demostró que la relación P/F debe de ajustarse al nivel de presión barométrica en todos los pacientes con hipoxemia antes de definir metas de oxigenación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Vázquez García JC, Pérez Padilla R. Valores gasométricos estimados para las principales poblaciones y sitios a mayor altitud en México. 2000:6-13
2. Perez-Padilla JR. Distribution of Mexican population residing at different altitudes. Implications for hypoxemia. Arch Med Res 2002; 33:162-6.
3. Moore LG, Niermeyer S, Zamudio S. Human adaptation to high altitude: Regional and life-cycle perspectives. Am J Phys Anthropol 1998; 27:25-64.
4. West, JB. 1995. Oxygen enrichment of room air to relieve the hypoxia of high altitude. Resp Physiol 1997, 225-232.
5. Bernard G, Artigas A, Brigham K et al. The American European Consensus Conference on ARDS. Definitions, mechanisms, relevant outcomes, and clinical trial coordination. Am J Respir Crit Care Med 1994; 149:818-24.
6. Murray JF, Matthay MA, Luce JM et al. An expanded definition of the adult respiratory distress syndrome. Am Rev Respir Dis 1988;138:720-3
7. West JB. High Life: a history of high-altitude physiology and medicine. New York: Oxford University Press, 1998; p. 413.
8. Dempsey, JA, HV Forster. 1982. Mediation of ventilatory adaptations. Physiol Rev 1987, 62:262-346.
9. West, JB, S Lahiri. Predicted gas exchange on the summit of Mount Everest. Resp Physiol 1984; 142:1-16.
10. Prospective, Randomized, Multi-Center Trial of Higher End-expiratory Lung Volume/Lower FiO₂ versus Lower End-expiratory Lung Volume/

Higher FiO_2 Ventilation in Acute Lung Injury and Acute Respiratory Distress Syndrome Assessment of Low tidal Volume and elevated End-expiratory volume to Obviate Lung Injury (ALVEOLI) ARDS Clinical Network ARDSNet Study 04, Version I 1999, July 20, 1999.

11. West JB. High Life: a history of high-altitude physiology and medicine. New York: Oxford University Press, 1998; p. 413.
12. Dynamic aspects of regulation of ventilation in man during acclimatization to high altitude. *Resp Physiol* 1972; 16:245-58.
13. Monge, C. Control of ventilation in extreme-altitude climbers. *J Appl Physiol* 1948; 61:500-6.
14. Rebeck, AS, EJ Campbell. A clinical method for assessing the ventilatory response to hypoxia. *Am Rev Respir Dis* 1974; 109:345-50.
15. Ward, MP, JS Milledge, JB West. High Altitude Medicine and Physiology. Londres: Chapman & Hall. West, JB, PD Wagner. 1980.
16. West, JB, S Lahiri. Predicted gas exchange on the summit of Mount Everest. *Resp Physiol* 1984; 142:1-16.
17. FH Sarnquist, RB Schoene, RM Winslow. High Altitude and Man. Bethesda, Maryland: American Physiological Society. 1983.
18. Fisiología respiratoria de West 7a edición. West John B. Médica Panamericana. Sandur S, Stoller JK: Pulmonary complications of mechanical ventilation. *Clin Chest Med*.1999;20:223-47

ANEXOS

FICHA O INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

No. de Caso

FI2 Nombre

FI5 No. Expediente

FI3 Sexo 0 F 1 M

FI4 Edad

FE1 Fecha ingr. al Hosp.

FE2 Fecha de ingr a UTI/UCI

FE5 Fecha egreso Hosp.

DX1 Diagnóstico de ingreso

FE3 Fecha de inicio de AMV

DX2 Causa de AMV 0 Insuf. Resp. hipoxémica 1 Otros

CO2 SIRPA 0 no

CO2.1 Causa SIRPAp **CO2.1** Causa SIRPAexp

CO6 Barotrauma Si 0 No1

Neumotórax2 Neumomediastino3 Enfisema subcut.4 88 otro

FE4 Fecha de extubación **EV1** Transferido **EV2** Días en AMV

EV3 Extubación Fortuita

PEEP (min-max) horas 0 3 7 14 24

PEEP promedio de 24 horas:

PIP (min-max) horas 0 3 7 14 24

PIP promedio de 24 horas:

VT (min-max) horas	0	3	7	14	24
VT promedio de 24 horas:					
FIO2 (min-max) horas	0	3	7	14	24
FIO2 promedio de 24 horas:					
PM (min-max) horas	0	3	7	14	24
PM promedio de 24 horas:					
Ppl (min-max) horas	0	3	7	14	24
Ppl promedio de 24 horas:					
P/F (min-max) horas	0	3	7	14	24
P/F promedio de 24 horas:					
P/F ajustada (min-max) horas	0	3	7	14	24
P/F ajustada promedio de 24 horas:					

DISTENSIBILIDAD ESTÁTICA =