

# IMPORTANCIA DEL CÁLCULO DE LA DIFERENCIA ALVEOLO - ARTERIAL DE OXIGENO EN LA ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRÓNICA (EPOC) EN LA ALTURA.

\* DRA. INGRID MELGAREJO POMAR.

\* DEPARTAMENTO DE FISIOLÓGIA RESPIRATORIA, INSTITUTO BOLIVIANO DE BIOLOGIA DE ALTURA

Importancia del Cálculo de la Diferencia alveoloarterial de Oxígeno en la enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) en la Altura.

## RESUMEN.

Es un trabajo descriptivo realizado en el Instituto Boliviano de Biología de Altura, en la ciudad de la Paz, que aplica el cálculo del gradiente alveoloarterial de oxígeno ( $P(A-a)O_2$ ), en la altura, para valorar la alteración de la Relación Ventilación Perfusión ( $V/Q$ ), principal alteración funcional en la mayoría de las patologías englobadas en el Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC).

El gradiente alveoloarterial de oxígeno a una presión barométrica de 495 mmHg es de 6,5 mmHg. Se estudiaron 111 pacientes con diagnóstico de EPOC, EPI, Asma Ocupacional y apnea del sueño, de los que se reviso las Historias Clínicas, y sus gasometrías de pacientes, patologías en las que la alteración funcional principal, esta en la relación  $V/Q$ . De cada uno de ellos se analizó su gasometría arterial en reposo y en hiperoxia y se calculo el gradiente alveoloarterial de oxígeno a partir de la gasometría en reposo.

El cálculo del gradiente alveolo arterial de Oxígeno nos permite evaluar con precisión la alteración de la relación ventilación perfusión en pacientes con EPOC, EPI, Apnea del Sueño y Asma Ocupacional. Es cálculo es sencillo, que evita tener que someter al paciente a técnicas invasivas (prueba de la hiperoxia).

Permite valorar y analizar las alteraciones del intercambio gaseoso, y de la relación  $V/Q$  en paciente de UTI o sometidos a una ventilación mecánica.

**PALABRAS CLAVE:** Gradiente alveolo capilar de oxígeno, relación ventilación perfusión, gasometría arterial, prueba de hiperoxia.

$P(A-a)O_2$ = Diferencia alveolo arterial de oxígeno.

$VA/Q$ = Relación de la ventilación perfusión.

## I. MARCO TEORICO.

El término EPOC, se utiliza frecuentemente para describir pacientes que presentan obstrucción difusa de la vía aérea inferior de forma persistente. En un sentido más amplio se aplica a pacientes con bronquitis crónica, con estrechamiento de la vía aérea, Asma refractaria al tratamiento, Enfisema, Bronquiectasias, Fibrosis Quística o a una combinación de estas patologías. Sin embargo este término también es usado en un sentido más

estricto para describir a pacientes con una marcada e irreversible obstrucción en el flujo espiratorio, incluyendo a la fibrosis intersticial en los cuales no se puede realizar un diagnóstico más específico. Estos pacientes suelen ser fumadores empedernidos, o estar expuestos a diferentes agentes nocivos, polvo, sílice, harina, etc, o su patología ser secundaria a enfermedades infecciosas severas como la Tuberculosis Pulmonar o simplemente desarrollar enfermedades por predisposición genética

, y la obstrucción de la vía aérea se debe a una combinación de la pérdida de la elasticidad pulmonar y a un estrechamiento de los bronquiolos membranosos y respiratorios (1).

La evaluación funcional de estas enfermedades, permite conocer las diferentes alteraciones de la función pulmonar.

La principal alteración funcional de estas entidades nosológicas se encuentra a nivel del intercambio gaseoso, de la difusión y de la relación ventilación perfusión, esta última, principal alteración funcional en este tipo de patología. (2)

La estimación del desequilibrio VA/Q más fácil de utilizar es el cálculo del gradiente alvéolo-arterial de oxígeno, P(A-a)O<sub>2</sub>. El cálculo requiere conocer la PO<sub>2</sub> alveolar media, que se puede determinar usando la fórmula simplificada del aire alveolar. (1)

$$PAO_2 = PIO_2 - \frac{PaCO_2}{R}$$

Una vez calculada la PAO<sub>2</sub>, se puede determinar el gradiente alveolo arterial de oxígeno P(A-a)O<sub>2</sub>, restando la PAO<sub>2</sub> de la PaO<sub>2</sub> arterial media.

$$P(A-a)O_2 = PAO_2 - PaO_2.$$

### QUÉ ES EL GRADIENTE ALVEolocAPILAR DE OXÍGENO:

En condiciones normales, la hemoglobina está totalmente saturada de oxígeno en la sangre que sale de los capilares pulmonares y la PO<sub>2</sub> capilar es igual a la PAO<sub>2</sub>. Sin embargo la sangre que sale de los pulmones y vuelve al corazón izquierdo tiene una PO<sub>2</sub> menor que la de los capilares pulmonares.

Esta diferencia entre la presión parcial de oxígeno alveolar (PAO<sub>2</sub>) y arterial (PaO<sub>2</sub>) es el gradiente alveoloarterial de oxígeno P(A-a)O<sub>2</sub>. La PAO<sub>2</sub> normalmente es de 100 a 102 mmHg a nivel del mar. Estos valores se obtienen midiendo los gases en sangre arterial y utilizando la ecuación del gas alveolar. (2)

### QUÉ ES LA RELACIÓN VENTILACIÓN PERFUSIÓN (VA/Q):

Si la ventilación y el flujo no concuerdan en diversas regiones del pulmón, se trastorna la transferencia de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> (2)

La distribución de la ventilación perfusión puede ser evaluada a través de varias técnicas entre ellas la técnica de MIGET para lo cual se requiere de la cate-terización de tres vasos, uno de ellos conectado a una solución de un gas inerte disuelto en dextrosa, la canalización de la arteria radial y una línea venosa femoral a través de la cual se infunde una solución salina fría. Esta técnica es muy invasiva se la realiza en animales de experimentación y en algunos servicios de anestesiología durante la cirugía torácica, cardíaca y de transplante pulmonar. (5) (6)

## II. INTRODUCCIÓN.

En la actualidad se ha observado un incremento mundial de las enfermedades que engloban el EPOC, dada por el mismo avance tecnológico, el incremento de la polución ambiental, el inicio temprano del hábito tabáquico en igual proporción en ambos sexos; sin embargo no existen estudios en nuestro medio que indiquen la incidencia actual de este tipo de enfermedades, a pesar de que una de ellas las Bronquiectasias, son frecuentes en pacientes con pasado tuberculoso; enfermedad endémica en nuestro país. (\*)

Existen en nuestro medio otros factores que predisponen a las enfermedades ocupacionales o ambientales, estos son la falta de conocimiento y el uso de protectores, la falta de actualización en lo que es la seguridad ambiental, y la completa ausencia de educación ambiental.

En el Instituto Boliviano de Biología y Altura, donde se realiza cotidianamente las Pruebas de Función Pulmonar, se realiza una técnica para conocer el shunt alveolo - capilar; es la prueba de hiperoxia, consiste en la cuantificación de la PaO<sub>2</sub> luego de 10 min. de administrar O<sub>2</sub> puro. Si los valores alcanzan 250 mmHg se supone que no existe shunt alveolo - capilar. (\*)

Esta prueba en muchas ocasiones no se la puede realizar ya sea por razones técnicas (toma de la muestra en la arteria humeral), por razones propias del paciente como ser enfermedades adicionales, uso de medicamentos, alteraciones anatómicas, malformaciones vasculares que impiden el acceso a la arteria, muchas veces la prueba no es solicitada por el médico tratante, y una otra razón importante es la económica, pues una prueba funcional respiratoria no es accesible a todo tipo de paciente sobre todo en nuestro medio. (\*) En ese sentido la aplicación de la fórmula del gas alveolar para obtener el gradiente alveolo - capilar de O<sub>2</sub>, permite al médico tratante tener a mano un recurso

que le permita valorar la alteración funcional en este tipo de paciente.

Es importante indicar que el cálculo del gradiente alveolo-arterial de oxígeno tomando en cuenta la presión barométrica (trabajos realizados en España) permite analizar la severidad de la enfermedad. (3)

Consideramos por lo tanto los cambios de las presiones en la altura:

La presión barométrica en la altura, ciudad de La Paz es de 495 mmHg, partiendo de este valor y de la concentración fraccional del gas, se puede calcular las presiones parciales de los gases:

Para el O<sub>2</sub>, la presión parcial en el aire ambiente en la altura sería de:

$$PO_2 = PB \times FO_2 \quad PO_2 = 495 \text{ mmHg} \times 0,21 \\ = 103,9 \text{ mmHg}$$

Sin embargo, al inspirar, el aire se calienta a 37°C al pasar por las fosas nasales y los conductos respiratorios.

A su vez, el agua que se evapora del epitelio que tapiza los conductos respiratorios, satura con vapor de agua al aire que entra. La presión de vapor de agua (PH<sub>2</sub>O) no cambia con la presión barométrica y es de 47 mmHg. Los fisiólogos no toman en cuenta el valor del vapor de agua, por lo tanto: (4)

$$PaO_2 = 60 \text{ mmHg} \\ PCO_2 = 30 \text{ mmHg} \\ PIO_2 = 104 \text{ mmHg}$$

Aplicando la fórmula del gas alveolar tendríamos:

$$PA_{O_2} = PIO_2 - \frac{PACO_2}{R} \left[ \frac{PACO_2}{R} \cdot FIO_2 \cdot \frac{1-R}{R} \right] \quad (2)$$

Esto solo es válido si no hay CO<sub>2</sub> en el gas inspirado. El término entre corchetes es un factor de corrección relativamente pequeño cuando se inspira aire (2 mmHg cuando la PCO<sub>2</sub> = 40 mmHg. FIO<sub>2</sub> = 0,21 y R = 0,8).

Una aproximación útil es:

$$PAO_2 = PIO_2 - \frac{PACO_2}{R} \quad (2)$$

Siendo Que la PACO<sub>2</sub> es igual a la PaCO<sub>2</sub>.

Por lo que la P(A-a)O<sub>2</sub> = PAO<sub>2</sub> - PaO<sub>2</sub> (2).

Con una presión barométrica de 495 mmHg la P(A-a)O<sub>2</sub> = 6,5 mmHg., valor con el que realizaremos nuestros cálculos.

### III. OBJETIVOS

a) General.

1. Introducir el cálculo de la P(A-a)O<sub>2</sub>, a partir de una gasometría arterial en reposo, tomando en cuenta la presión barométrica de la altura (495 mmHg), en las pruebas de función respiratoria en paciente con diagnóstico clínico de EPOC.

b) Específicos.

1. Aplicar en la fórmula del gas alveolar la presión barométrica de 495 mmHg y calcular la diferencia alveolo-arterial de O<sub>2</sub> en la altura para cada uno de los pacientes con diagnóstico de EPOC.

2. Demostrar la aplicación clínica del cálculo de la P(A-a)O<sub>2</sub>.

3. Comparar los resultados de la P(A-a)O<sub>2</sub>, con el método de la Hiperoxia.

4. Relacionar los resultados de la P(A-a)O<sub>2</sub> con el diagnóstico.

5. Analizar las complicaciones del EPOC.

### IV. MÉTODOS.

Es un estudio descriptivo.

- Revisión de Historias clínicas con diagnósticos de EPOC entre los meses enero del 2000 a enero del 2001.
- Obtener datos de las pruebas funcionales en pacientes con diagnóstico de EPOC, EPI, apnea del sueño y asma ocupacional.
- Aplicar la fórmula de la diferencia alveoloarterial e oxígeno en la altura a una presión barométrica de 495 mmHg.

### V. HIPOTESIS.

El cálculo de la P(A-a)O<sub>2</sub> utilizando la fórmula del gas alveolar, a partir de una gasometría arterial en reposo, tomando en cuenta la presión barométrica de la altura (495 mmHg), en paciente con diagnóstico clínico de EPOC, permite:

- Establecer una alternativa para la valoración de la alteración VA/Q a través de una gasometría en reposo.
- Cuantificar la magnitud de la alteración VA/Q.

### VI. RESULTADOS.

1) Se estudiaron 111 pacientes con diagnóstico de EPOC tipo A y tipo B, además se incluyen pacientes con Enfermedad Pulmonar intersticial, asma ocupacional y apnea del sueño.

- 2) De los 111 pacientes 72 % fueron varones y 28 % fueron mujeres. Anexo I.
- 3) Los diagnósticos básicos fueron : Anexo II.
  - Enfisema pulmonar 5 %.
  - Bronquitis Supurativa 20 %.
  - Bronquitis Crónica simple 45%
  - Bronquitis Tabáquica 1%
  - Bronquiectasias Secundarias a TB: 7%
  - Enfermedad Pulmonar Intersticial: 6%
  - Silico Tuberculosis: 2%.
  - Asma ocupacional:3%.
  - TB pulmonar:4%.
  - Apnea del sueño: 2%.
  - Otras patologías 12%

#### ENFERMEDADES SECUNDARIAS .

- Eritrocitosis Secundaria: 4 %.
- CPC: 21 %.
- Obesidad: 8%.
- HTP: 1 %.
- HTA: 1%.

#### 4) La edad de presentación . Anexo III.

- de 10 - 20 años 15 %
- de 21 - 30 años 4%
- de 31 - 40 años 7%
- de 41 - 50 años 15%
- de 51 - 60 años 51%
- de 61 - 70 años 21 %
- de 71 - 80 años 15%
- de 81 - 90 años 1 %

Predominando la enfermedad en el rango de 51 años a 60 años.

- 5) La  $P(A-a)O_2$  es inversamente proporcional a la  $PaO_2$ . Cuanto más baja la  $PaO_2$  más alta la  $P(A-a)O_2$ . ANEXO IV.
- 6) La  $PaO_2$  es inversamente proporcional a la  $PaCO_2$ . Cuanto más alta la  $PaO_2$  , más baja la  $PCO_2$ . ANEXO V.
- 7) Un alto porcentaje de los pacientes con EPOC se complican con Cor Pulmonar Crónico (CPC) 28% y estos desarrollan eritrocitosis secundaria, lo que empeora la ventilación alveolar y aumenta el gradiente alveolo – arterial.

#### VII. CONCLUSIONES.

1. El cálculo de la  $P(A-a)O_2$ , con una presión barométrica 495mmhg, permite una evaluación de la alteración de la relación VA/ Q en el EPOC.
2. El cálculo de la  $P(A-a)O_2$ , es sencillo y debe ser

utilizada como parte de la evaluación funcional pulmonar rutinaria y más aún en aquellos casos en los que no se pueda realizar la prueba de hiperoxia (paciente con uso de anticoagulantes, obesos, con malformaciones de la bascula turra, cicatrices, etc.) en los que no se pueda canalizar la arteria humeral.

3. El hecho de tomar en cuenta la presión barométrica del lugar en este caso en la altura de la ciudad de La Paz, permite que el dato sea exacto y no minimiza la severidad de la patología, lo que dará una visión más clara en cuanto a la terapéutica, pronóstico para el médico tratante.
4. Es de controversia el uso de Oxígeno como parte de tratamiento en el EPOC , el calculo de la  $P(A-a)O_2$  permite , de acuerdo a los resultados obtenidos clasificar la Insuficiencia Respiratoria Crónica en hipoxémica por Hipoventilación alveolar, hipoxémia con hipercapnea , estos últimos con severa alteración de la relación VA/Q , lo que nos da una pauta en “el cómo administrar oxígeno”.
5. El cálculo sencillo del gradiente ayuda a valorar a un paciente con trastornos severos del intercambio gaseoso especialmente en aquellos que requieren una monitorización continua de gases sanguíneos; en pacientes en UTI o sometidos a ventilación mecánica , en los cuales solo a partir de una gasometría basal ,podemos valorar la alteración de la relación V/Q ,evitando la excesiva manipulación del paciente y técnicas invasivas.
6. El uso del cálculo de la diferencia alveolo-arterial de  $O_2$ , minimiza costos, determinando que la gasometría sea más accesible para el paciente.
7. El cálculo del gradiente alveoloarterial de  $O_2$  determina que la toma de gases en sangre sea en la arteria radial , determinando menos procesos invasivos en el paciente.
8. Determina una evolución rápida de las condiciones del paciente, de su intercambio gaseosos , que es útil en pacientes que ameritan monitorización continua.
9. La prueba de hiperoxia debe ser valorada en conjunción con los datos clínicos del paciente ya que es posible que en su determinación se observen falsos positivos o negativos , que obedecen a múltiples causas ;desde las técnicas, hasta causas propias del paciente, ( enfermedades concomitantes, alteraciones de la coagulación, falta de colaboración, hiperventilación, etc). Por eso se hace importante la aplicación del cálculo de la  $P(A-a)O_2$ , para poder comparar con la

prueba de hiperoxia y al mismo tiempo confirmar nuestro diagnóstico.

**VIII. DISCUSIÓN.**

El avance tecnológico, el incremento de la contaminación ambiental, factores de predisposición, inhalación de sustancias nocivas , y al mismo tiempo el desconocimiento de medidas de seguridad en un país donde la pobreza es un denominador común ,determina el incremento de las enfermedades respiratorias , ambientales, entre ellas el EPOC y la fibrosis pulmonar.

Por lo que se hace importante que el médico y más aún si es un especialista trate de buscar nuevos recursos que le ayuden a valorar funcionalmente e íntegramente al paciente pulmonar, evitando de esa manera la progresión de la enfermedad.

El cálculo del gradiente alveolo - arterial o diferencia alveoloarterial de oxígeno, es un recurso sencillo de calcular y que además de mostrarnos claramente la alteración del intercambio gaseoso en este tipo de pacientes , permite conocer la magnitud de la alteración de la VA/Q, principal alteración funcional en las patologías que incluyen el EPOC, las fibrosis pulmonares (incluidas la silicosis y las enfermedades ocupacionales.

En el trabajo están incluidas patologías como la Fibrosis pulmonar Intersticial, Apnea del sueño, Tromboembolismo Pulmonar, Síndrome de hemorragia alveolar difusa, síndrome hepatopulmonar, las bronquiectasias secundarias a TB pulmonar, y fibrotórax secundarios también a TB pulmonar y o pleural, por la simple razón de que en estas entidades también la principal alteración funcional es el de la V Q, y además por que estas patologías son frecuentes en nuestro medio especialmente los problemas secundarios a Tb. , que afectan a nuestra población en edad productiva.

La aplicación del calculo del gradiente alveoloarterial de oxigeno permitirá un amplio y completo estudio de la patología y además en caso de que no se pueda realizar la prueba por las razones expuestas arriba él medico recurre a este calculo e incluso comparara resultados obteniendo una mejor conclusión, lo que determina mejor evaluación del paciente y posterior éxito en el tratamiento.

El gradiente alveolo - arterial de oxigeno en la altura en ejercicio y en personas normales es muy pequeño por

que aumenta la capacidad de difusión asociado a un pulmón grande.

**IX. RECOMENDACIONES.**

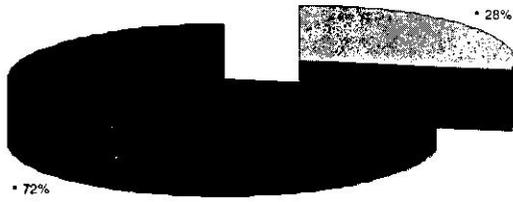
- El médico especialista debe tener a mano este recurso en caso de no poder solicitar la prueba de hiperoxia.
- Aplicar la fórmula en todos los casos en que se tenga duda de los resultados de gasometría en hiperoxia.
- Difundir la aplicación de la misma a otras especialidades.
- Realizar muchos más estudios en la altura tratando de minimizar las complicaciones del EPOC.
- Recomendamos incluir en el cálculo del gradiente alveoloarterial de O2 la presión barométrica del lugar e inclusive del día en que se realiza la toma de muestra para gases.

**IX. BIBLIOGRAFIA.**

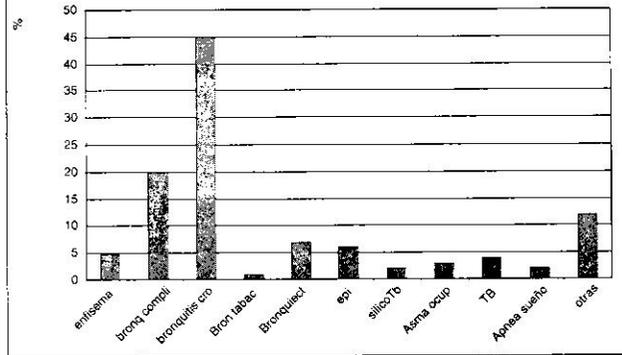
1. Frase – Paré. Sinopsis de Enfermedades del Tórax. 2ºed. Editorial Mosby .1996 ( 49-55 158-159).
2. West John B. ,MD,PhD,DSc.5º ed. Buenos Aires - Argentina . Editorial Panamericana 1996. CAP V Y X.
3. West John B. ,MD,PhD,DSc.4º ed. Buenos Aires . Editorial Panamericana 1994 CAP II Y III .
4. Rodney A. Rhoades, George A. Tanner (Eds) Fisiología Médica. Editorial: Masson – Little, Brown Barcelona CAP: 20,21.,1997.
5. Servicio de Neumología, Hospital Clínico Universitario , Valencia. Diferencia alveoloarterial de O2. An. Med Interna 2000 may;17( 5) 243 – 6.
6. Aschoff M ,Geiger K, Gutlmann I. Departamnet of Anesthesiology and Critical Care Medicine . University of Freiburg, Germany. Crit.Care Med 2002 jul:30(7): 1598- 604.
7. Hight Frecuency Oscillatory Ventilation in Experimental Lung Injury: Effects on gas exchange. Intensive Care Med. 2002 jun 28(6) 768- 74
8. Wagner Peter D, Araoz Mauricio, Robert Boushel. y Col. Pulmonary gas exchange and acid – base state al 5,260 m in high- altitude Bolivians and Acclimatized lowlanders J Appl Physiol 92: 1393-1400 (2002).
9. Schoene Robert B. Limits of humans lung function at high altitude. The Journal of Experimental Biology 204, 3121-3127( 2001).

SEXO anexo I

- MUJERES
- VARONES

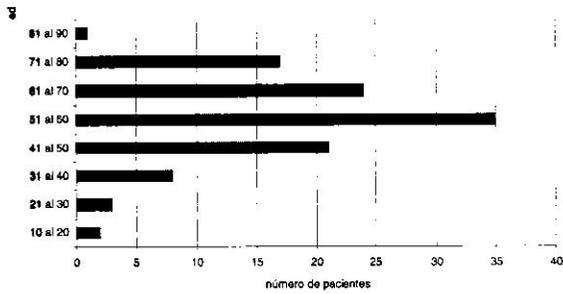


DIAGNOSTICOS anexo II

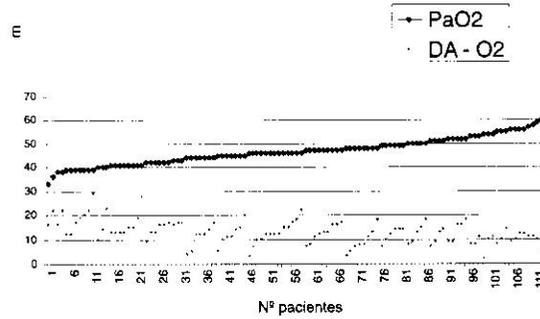


EDAD de presentación anexo III

■ edad



Relación PaO2 - DA- O2 anexo IV



Relación PO2 - PCO2 anexo V

