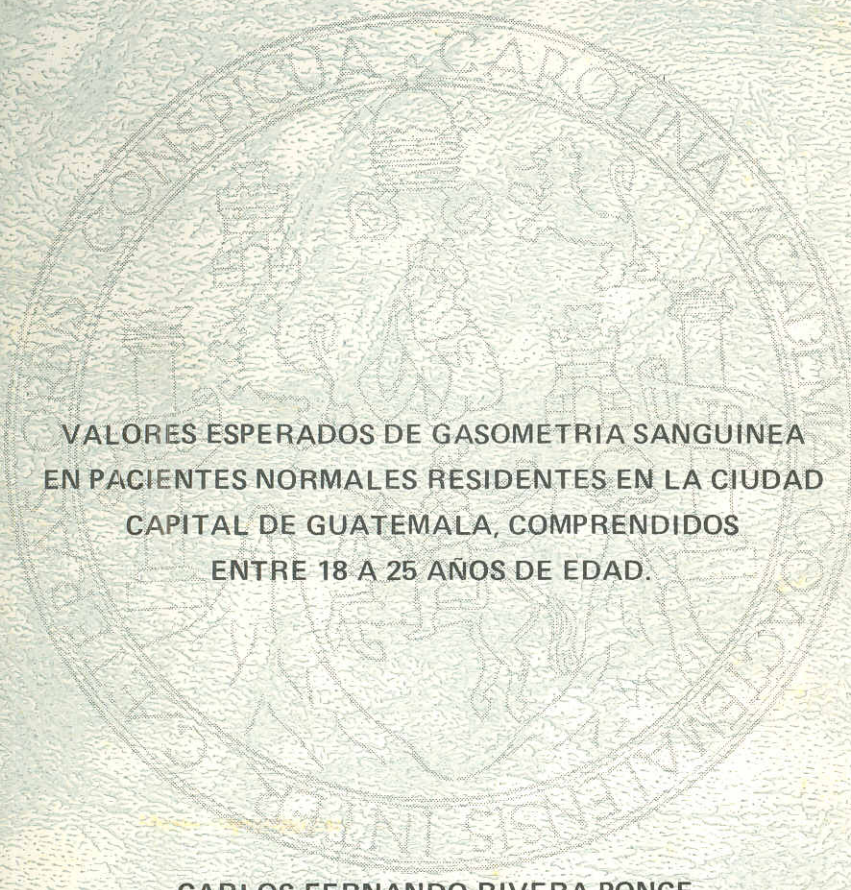


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS**



**VALORES ESPERADOS DE GASOMETRIA SANGUINEA
EN PACIENTES NORMALES RESIDENTES EN LA CIUDAD
CAPITAL DE GUATEMALA, COMPRENDIDOS
ENTRE 18 A 25 AÑOS DE EDAD.**

CARLOS FERNANDO RIVERA PONCE

INDICE

	Página
I INTRODUCCION.....	1
II REVISION BIBLIOGRAFICA	3
III MATERIAL Y METODOS	19
IV PRESENTACION DE RESULTADOS	23
V DISCUSION Y ANALISIS	29
VI CONCLUSIONES.....	32
VII RECOMENDACIONES.....	34
VIII RESUMEN	35
IX REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	36

I INTRODUCCION

La determinación de los valores normales de los gases sanguíneos, es una importante ayuda diagnóstica tanto para el estudio de las personas con enfermedad cardiopulmonar, así como para el adecuado manejo del paciente en estado crítico.

Si nosotros no conocemos los valores exactos de un parámetro de laboratorio, en este caso la gasometría arterial para un tipo de población dada, no podemos interpretar en forma óptima su utilidad diagnóstica o evaluar los resultados de la terapéutica, lo anterior lo ilustramos con el siguiente ejemplo: un aumento de 1 mm Hg de pCO_2 arterial se asocia a un aumento de la frecuencia respiratoria por minuto de 2.51. (13)

En Guatemala al utilizar los valores ya establecidos se le está exigiendo al paciente valores de pCO_2 mayores de lo normal, ya que la presión barométrica de esta ciudad capital es de 640 mm Hg. lo cual se traduciría en una menor pCO_2 . (10)

Cuando el clínico se enfrenta ante una enfermedad con importante trastorno de la ventilación, la adecuada interpretación que se le da a las tensiones reales de O_2 y CO_2 en sangre arterial, permitirá hacer un diagnóstico adecuado y evaluar correctamente la conducta que se deberá seguir con el paciente.

En la ciudad capital de Guatemala, no se cuenta con ningún estudio de esta naturaleza, por lo que no conocemos cuales son los valores normales de los gases sanguíneos para los habitantes de esta.

Por lo tanto podemos asumir que los pacientes que están siendo tratados en base a controles de estos, son manejados erró-

neamente ya que se espera que lleguen a valores elevados que su puestamente serán considerados como normales.

El objeto de este trabajo es determinar los valores espera-dos de gases sanguíneos en la ciudad capital de Guatemala, para una población normal, (100 pacientes) comprendida entre las eda-des de 18 a 25 años. Por lo que se estudió a 100 pacientes en forma prospectiva, los cuales cumplen con las características de ser: Guatemaltecos, sanos, con Hb y temperatura corporal entre valores considerados como normales, con un tiempo de residir en la ciudad capital no menor de 30 días y además comprendidos en tre las edades de 18 a 25 años.

Se les realizó análisis de: gases arteriales (determinación de la presión parcial de oxígeno, pO_2 , la presión parcial de dió-xido de carbono, pCO_2), el pH arterial y la hemoglobina.

Ninguno de los pacientes presentó patología alguna, (se hizo énfasis en el aparato respiratorio).

La sangre fue obtenida por punción arterial directa, la cual se efectuó en la arteria Radial.

Los resultados obtenidos fueron: un valor promedio de pre-sión parcial de oxígeno de 72.11 mm Hg., un valor promedio de presión parcial de dióxido de carbono de 30.26 mm Hg., y un va-lor promedio de pH de 7.396.

II - REVISION BIBLIOGRAFICA

En un individuo adulto y en reposo, aproximadamente 250 ml. de O_2 y 200 ml. de CO_2 atraviesan cada minuto las mem-branas que separan el aire alveolar de la sangre que pasa por los pulmones. Durante el trabajo muscular intenso, estos valores -- pueden aumentar más de 10 veces. En las 24 horas, alrededor de 400 litros de anhídrido carbónico dejan la sangre para pasar a la atmósfera, y unos 500 litros de oxígeno pasan del aire a la san-gre.

Cada minuto entran a los alveolos del pulmón, unos 4 li-tros de aire y simultáneamente atraviesan los capilares de dicho órgano alrededor de 5 litros de sangre; en un lapso menor de un segundo, el aire de los alveolos y la sangre que deja los capila-res pulmonares han equilibrado las respectivas tensiones de sus gases.

El intercambio gaseoso alveolo-sanguíneo se cumple por un proceso de simple difusión, a través de una membrana que se com-porta pasivamente.

Si el intercambio gaseoso a través de la membrana pulmo-nar tiene lugar por simple difusión, en ningún momento la presión o tensión de oxígeno (pO_2) arterial puede ser mayor que la pO_2 alveolar; por idéntica razón, la presión de anhídrido carbónico (pCO_2) alveolar no puede superar a la pCO_2 arterial. En 1910 M. Krogh en un estudio minucioso llega a la conclusión de que el intercambio de gases a través de los pulmones se explica satis-factoriamente por las leyes de la difusión de los gases. (8)

EL ESTADO GASEOSO

Teoría Cinética: Un gas está formado por un gran número de pequeñas partículas -las moléculas- separadas entre sí por distancias muy superiores a su propia dimensión. Las moléculas no se influyen recíprocamente (salvo en caso de colisión), y se encuentran en perpétuo movimiento.

Si el gas se halla encerrado en un recipiente, las moléculas chocan contra sus paredes, por lo que la presión que el gas ejerce sobre ellas, es resultado de la suma de este incesante bombardeo. (8)

Si se comprime un gas, es decir, se reduce su volumen, disminuirá la distancia que separa las moléculas, y por tanto en un determinado volumen se tendrá un mayor número de moléculas. Si se reduce el volumen a la mitad, se duplicará la cantidad de moléculas por unidad de capacidad y acrecerá el número de choques (a temperatura constante), que recibe una determinada área del recipiente, y aumentará en consecuencia la presión ejercida por el gas. Esta relación se expresa por la Ley de Boyle (Mariotte) que dice que a temperatura constante la presión de un gas es inversamente proporcional a su volumen:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad (1-3-6-8-12-13-14-16)$$

Si se mantiene constante un determinado volumen de un gas y se aumenta su temperatura, la presión por él desarrollada se elevará. Esto se debe a que el ascenso de la temperatura acrece la movilidad de las moléculas (agitación térmica), que en idéntico lapso chocan más veces contra las paredes del recipiente.

Si la presión se mantiene constante, cuando se aumenta la

temperatura se incrementa también el volumen ocupado por el gas. La Ley de Charles (Gay Lussac) dice que si el volumen de un gas, a presión constante, es proporcional a la temperatura absoluta:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (3-6-8-12-13-14-16)$$

En el cero absoluto (-273° C) las moléculas de gas cesan de moverse. (8)

Presión parcial: si se tiene una mezcla formada por varios gases sometidos a determinada presión -como el aire, por ejemplo- la presión total puede considerarse como la suma de las presiones desarrolladas separadamente por cada uno de los gases. Ley de Dalton. (3-6-8-12-13-14)

Solución de los Gases en los Líquidos

La cantidad de gas que se disuelve en un líquido depende de las características propias de ambos, la temperatura y la presión parcial de gas. Para un mismo gas y un mismo líquido, y a temperatura constante, la cantidad (masa) del gas que se solubiliza depende de su presión parcial.

Este enunciado se conoce como Ley de Henry y es válido solamente para el caso de que el gas se encuentre "disuelto" en el líquido, pero no cuando entra en combinación química con éste. (6-8-13)

La solubilidad de un gas en un líquido se expresa mediante su coeficiente de absorción, que es el volumen de gas (a 0°C y 760 mm Hg.) disuelto en un mililitro de líquido.

De los gases respiratorios, el más soluble en el agua -y por tanto en el plasma sanguíneo- es el anhídrido carbónico a 37°C , 100 ml. de plasma humano llevan 0.068 ml. CO_2 disuelto por cada mm Hg. $p\text{CO}_2$. El oxígeno es aproximadamente 20 veces menos soluble, ya que en las mismas condiciones solo se disuelven 0.003 ml. por cada 100 ml. de plasma. (8)

Tensiones de Vapor de Agua:

Si una fase gaseosa se encuentra en contacto con una solución acuosa, las moléculas de agua tienden a abandonar la fase líquida para pasar a la gaseosa, desde donde algunas reingresan al líquido. Se alcanza el equilibrio cuando la tensión de vapor de la solución iguala a la presión parcial de vapor de agua en la fase gaseosa; es decir, cuando el número de moléculas de agua que salen del líquido y el de las que reingresan en él es el mismo.

A la temperatura del cuerpo (37°C), la presión parcial del vapor de agua (en una fase gaseosa en contacto con la fase acuosa, es decir, a saturación) es de 47 mm Hg, independiente de la presión total a la que se encuentre sometido el gas. (8)

El aire contenido en los alveolos pulmonares se halla saturado con vapor de agua, es decir que éste desarrolla una presión de 47 mm Hg., cualquiera que sea la presión barométrica. (6-8-11-13)

La Difusión de los Gases

El proceso de la difusión de los gases se expresa con la Ley de Graham, que dice que la difusibilidad de un gas es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de su peso molecular; en otras palabras, cuanto más pesada es la molécula, menor es la difusibilidad. (8-13)

Concentración de Oxígeno en los Alveolos

El oxígeno es absorbido continuamente hacia la sangre de los pulmones, y penetra oxígeno nuevo en los alveolos desde la atmósfera. Cuando más rápidamente es absorbido el oxígeno, menor resulta su concentración en los alveolos; por otra parte, cuanto más rápido es aportado oxígeno nuevo a los alveolos desde la atmósfera, mayor va siendo su concentración.

Por lo tanto, la concentración de oxígeno en los alveolos depende, en primer lugar, de la rapidez de absorción de oxígeno hacia la sangre, luego de la rapidez de penetración de oxígeno nuevo en los pulmones. (6)

Concentración de Bióxido de Carbono en los Alveolos

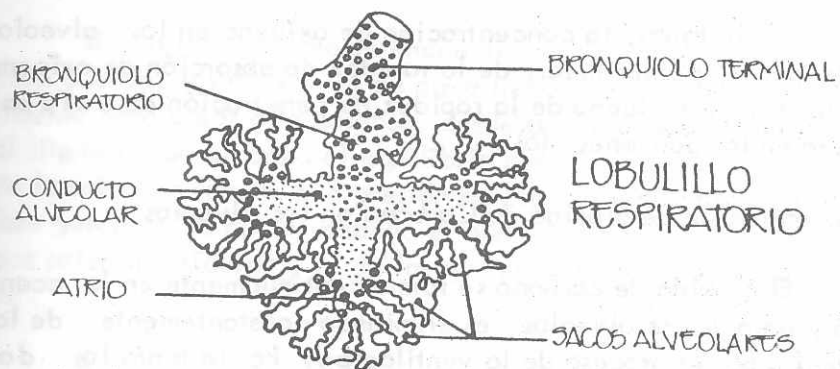
El bióxido de carbono se forma continuamente en la economía y pasa a los alveolos; es eliminado constantemente de los alveolos por el proceso de la ventilación. Por lo tanto los dos factores que rigen la presión parcial del bióxido de carbono en los pulmones ($p\text{CO}_2$) son:

- 1o. La rapidez de excreción de carbónico desde la sangre hasta los alveolos.
- 2o. La rapidez con la cual el carbónico es expulsado de los alveolos, por la ventilación. (6)

Membrana Respiratoria de Difusión

Una unidad respiratoria incluye, un bronquiolo respiratorio, conductos alveolares, atrios o vestíbulos, y sacos alveolares o alveolos. (de los cuales hay unos 250 millones en los dos pulmones, con diámetro medio de 0.1 mm por alveolo).

El epitelio de esta estructura es una membrana muy delgada, y los gases alveolares se hallan en estrecha proximidad con la sangre de los capilares. En consecuencia, el recambio gaseoso entre el aire alveolar y la sangre pulmonar se produce a través de las membranas de todas estas porciones terminales de los pulmones. (6-8)



Membrana Respiratoria

La membrana respiratoria está formada por las siguientes capas:

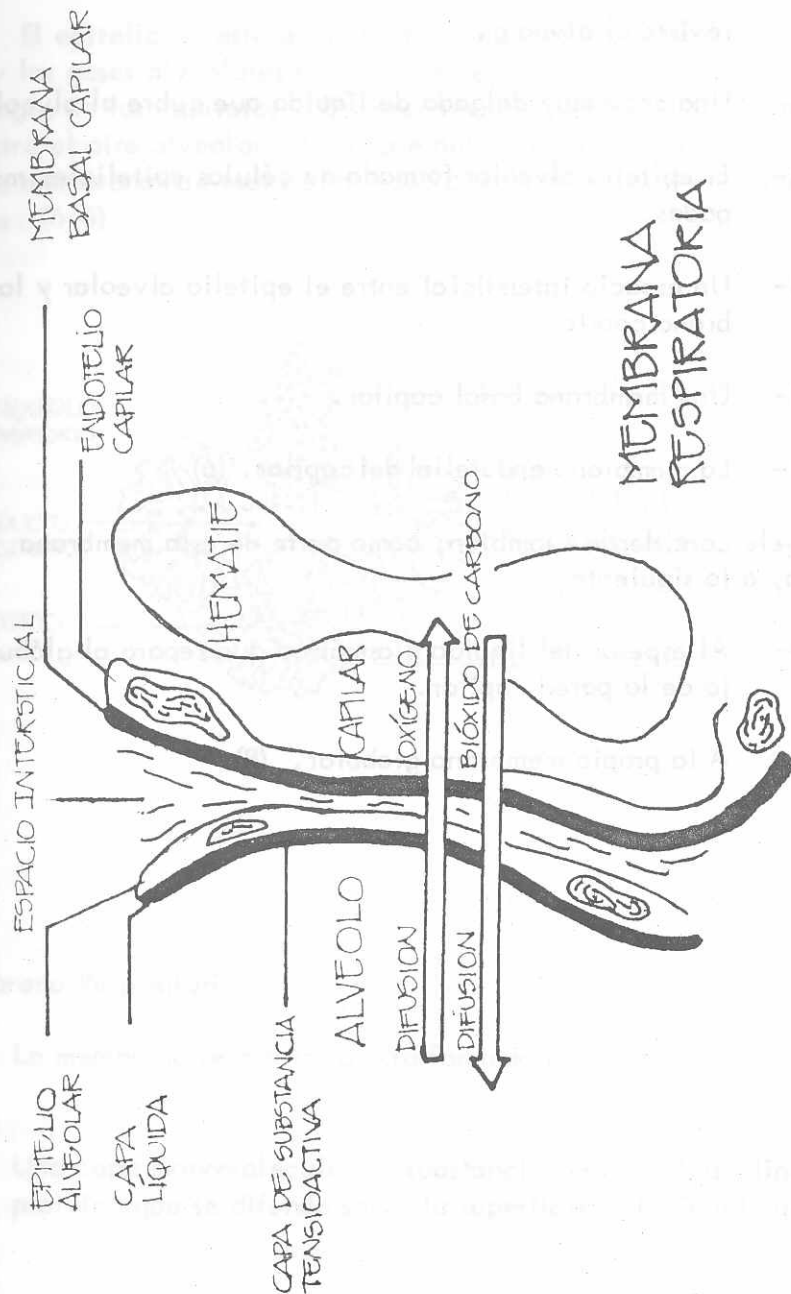
- 1)- Una capa monomolecular de sustancia tensioactiva, lipoproteína que se difunde sobre la superficie del líquido que

reviste al alveolo.

- 2)- Una capa muy delgada de líquido que cubre al alveolo.
- 3)- El epitelio alveolar formado de células epiteliales muy delgadas.
- 4)- Un espacio intersticial entre el epitelio alveolar y la membrana capilar.
- 5)- Una membrana basal capilar.
- 6)- La membrana endotelial del capilar. (6)

Suele considerarse también, como parte de esta membrana teórica, a lo siguiente:

- 7)- Al espesor del líquido plasmático que separa al glóbulo rojo de la pared capilar.
- 8)- A la propia membrana globular. (8)



Permeabilidad de la Membrana Respiratoria

El factor limitante en la permeabilidad de la membrana respiratoria para los gases, es la intensidad con la cual dichos gases pueden difundir a través del agua en la membrana. Todos los gases de importancia respiratoria son muy solubles en las sustancias lípidas de las membranas celulares; por este motivo pueden difundir a través de ellas. (la intensidad de difusión del bióxido de carbono a través de la membrana respiratoria es unas 20 veces más rápida que la difusión del oxígeno). (6)

Factores que Afectan la Difusión Gaseosa a través de la Membrana Respiratoria

La rapidez con la cual un gas atraviesa la membrana respiratoria dependerá de:

- 1)- El espesor de la membrana respiratoria.
- 2)- El área de la superficie de la membrana respiratoria.
- 3)- El Coeficiente de Difusión.
- 4)- El gradiente de presión. (6)

Transporte de Oxígeno y Bióxido de carbono por la Sangre y Líquidos Corporales

Una vez que el oxígeno se ha difundido de los alveolos a la sangre pulmonar, es transportado principalmente en combinación con la hemoglobina a los capilares tisulares, donde es liberado para ser usado por las células, la presencia de hemoglobina en los glóbulos rojos de la sangre permite a esta transportar de 30 a 100 veces más oxígeno que el que pudiera transportar simple-

mente disuelto en el agua de la sangre (7) 1 gm. de Hemoglobina saturada por completo con oxígeno transporta 1.34 ml. de oxígeno. (13)

El consumo de oxígeno del cuerpo humano en reposo físico es del orden de los 250 ml./min.; si la sangre no tuviese hemoglobina, para satisfacer esta demanda, deberían circular cada minuto unos 80 litros. (8)

Gradientes de Presión de Oxígeno y Bióxido de Carbono de los Pulmones a los Tejidos

El oxígeno difunde de los alveolos a los capilares sanguíneos pulmonares por un gradiente de presión, o sea que la presión de oxígeno (pO_2) en los alveolos es mayor que la pO_2 en el árbol pulmonar. Luego la sangre pulmonar es transportada por las arterias hasta los tejidos periféricos. Ahí la pO_2 todavía es menor en las células que en la sangre arterial que encuentra en los capilares. Nuevamente hace que el oxígeno se difunda fuera de los capilares y a través de los espacios intersticiales celulares.

Inversamente cuando el oxígeno es metabolizado con los alimentos en las células para formar bióxido de carbono, la presión de este último (pCO_2) en las células aumenta hasta un valor alto que provoca, su difusión hacia los capilares tisulares. Una vez en la sangre, el bióxido de carbono es transportado a los capilares pulmonares, donde difunde fuera de la sangre, a los alveolos, porque la pCO_2 en los alveolos es menor que de los capilares sanguíneos. (7)

Toma de Oxígeno por la Sangre Pulmonar

La pO_2 de la sangre venosa de los capilares es únicamente de 40 mm Hg. debido a que una gran cantidad de oxígeno fue

substraído de la sangre a su paso por los capilares tisulares.

La pO_2 en los alveolos es de 104 mm Hg. dando un gradiente inicial de presión para la difusión del oxígeno a los capilares pulmonares de 64 mm Hg. Por lo tanto, difunde bastante más oxígeno hacia el capilar pulmonar que en dirección opuesta. (7)

Difusión del Oxígeno de los Capilares a las Células

En los capilares tisulares el oxígeno difunde hacia los tejidos por un proceso esencialmente inverso del que tiene lugar en los pulmones. Es decir, la presión del oxígeno en el líquido intersticial inmediatamente por fuera de un capilar es baja, y muy variable, aproximadamente 40 mm Hg. mientras que en la sangre arterial es elevada, aproximadamente 95 mm Hg. Por consiguiente, en el extremo arterial de los capilares existe un gradiente arterial de presión de 55 mm Hg. para la difusión del oxígeno. Pero, antes que la sangre haya avanzado mucho en el capilar, gran parte de oxígeno ha difundido a los tejidos y la pO_2 de los capilares se ha aproximado a los 40 mm Hg. de presión en los líquidos tisulares. A consecuencia de ello la sangre venosa que abandona los capilares tisulares contiene oxígeno a la misma presión que la que se encuentra en los tejidos, 40 mm Hg. (7)

Difusión del Oxígeno del Líquido Intersticial a las Células

Como el oxígeno es utilizado constantemente por las células, la pO_2 intracelular es menor que la pO_2 del líquido intersticial; cuando la pO_2 del líquido intersticial disminuye, la pO_2 intracelular también disminuye; inversamente un aumento de la pO_2 intersticial provoca un aumento similar de la pO_2 intracelular.

Como solo se necesitan una presión de oxígeno de 5 mm Hg. para asegurar los procesos metabólicos de la célula, es evidente que incluso esta baja pO_2 celular resulta adecuada. (7)

Difusión del Bióxido de Carbono de las Células a los Capilares Tisulares

Como se forman continuamente grandes cantidades de bióxido de carbono en las células, la $p\text{CO}_2$ intracelular tiende a aumentar.

Sin embargo el bióxido de carbono difunde unas 20 veces más fácilmente que el oxígeno, pasando rápidamente de las células al líquido intersticial, y después a los capilares sanguíneos. La presión diferencial entre la $p\text{CO}_2$ intracelular y la $p\text{CO}_2$ de los líquidos intersticiales inmediatamente vecinos a los capilares es de 1 mm. Hg. (7)

Eliminación del Bióxido de Carbono de la Sangre Pulmonar

Al llegar a los pulmones la $p\text{CO}_2$ de la sangre venosa es únicamente de 5 mm Hg. mayor que la $p\text{CO}_2$ de los alveolos. Aun así debido al coeficiente de difusión 20 veces mayor del bióxido del carbono en comparación con el oxígeno, el exceso del primero en la sangre es rápidamente eliminado de los alveolos. - (7)

Transporte de Oxígeno por la Sangre

La solubilidad del oxígeno en el agua o el plasma es pequeña. En el estado normal, aproximadamente el 97% del oxígeno es transportado de los pulmones a los tejidos en combinación química con la hemoglobina de los glóbulos rojos de la sangre; y el restante 3% es transportado disuelto en el agua del plasma de las células. (7-8-13)

Combinación Reversible del Oxígeno con Hemoglobina

La hemoglobina posee mucha afinidad por el oxígeno. La molécula de oxígeno se combina en forma sencilla y reversible - con la porción hemi de la hemoglobina. Cuando la $p\text{O}_2$ es alta, como en los capilares pulmonares, el oxígeno se une con la hemoglobina, pero cuando la $p\text{O}_2$ es baja como en los capilares tisulares, el oxígeno se libera de la hemoglobina.

Esto constituye la base para el transporte de la hemoglobina de los pulmones a los tejidos.

Estas reacciones tienen lugar sin que se modifiquen las valencias de fe de la hemoglobina y sin que sea necesaria la intervención de sistemas enzimáticos. (7-8-13)

Total de Oxígeno Transportado de los Pulmones a los Tejidos

Si en reposo son transportados aproximadamente 5 ml. de oxígeno por cada 100 ml. de sangre, y el gasto cardíaco es de aproximadamente 5,000 ml. por minuto, la cantidad total de oxígeno proporcionado a los tejidos por minuto es de aproximadamente 250 mililitros. (7)

Función Amortiguadora de Oxígeno de la Hemoglobina

Aún cuando la hemoglobina es necesaria para el transporte de oxígeno a los tejidos, realiza otra importante función esencial para la vida. Es la de "amortiguadora" (buffer) del oxígeno, porque es la hemoglobina en la sangre la responsable de controlar la presión de oxígeno en los tejidos. Si no fuera por el sistema amortiguador de oxígeno de la hemoglobina, ocurrirían grandes variaciones de $p\text{O}_2$ de los tejidos con el ejercicio y con cada cambio metabólico, de flujo sanguíneo y de concentración de

oxígeno en la atmósfera. (7)

Transporte de Bióxido de Carbono en la Sangre

En transporte de bióxido de carbono, no constituye un problema tan grande como el del transporte de oxígeno porque aún en las condiciones más anormales suele poder ser transportado por la sangre en mayores cantidades que el oxígeno. (7) Por lo que la dimensión de los gases sanguíneos que mejor refleja el estado fisiológico es la tensión arterial de anhídrido carbónico (pCO_2) - pues indica de manera directa lo adecuado de la ventilación alveolar, o sea que nos dice lo bien que se intercambia aire con la sangre en los pulmones. (13)

Formas de Transporte del Bióxido de Carbono

1)- Transporte del bióxido de carbono en estado disuelto. Una pequeña porción del bióxido de carbono se transporta en forma disuelta hacia los pulmones. Solamente 0.3 ml. aproximadamente, son transportados en forma de bióxido disuelto por cada 100 ml. de sangre. Esto corresponde aproximadamente al 7% de todo el bióxido de carbono transportado. (7-8-13)

2) Transporte del Bióxido de Carbono en forma de Ion Bicarbono

REACCION DEL BIOXIDO DE CARBONO CON EL AGUA DENTRO DE LOS GLOBULOS ROJOS: EFECTO DE LA ANHIDRASA CARBONICA.

El bióxido de carbono disuelto en la sangre reacciona en el agua para formar ácido carbónico. Sin embargo, esta reacción se produciría demasiado lentamente para que tuviera importancia si no fuera por el hecho de que dentro de los glóbulos ro-

jos existe la enzima denominada "anhidrasa carbónica" que cataliza la reacción entre el bióxido carbónico y el agua, multiplicando su rapidez por varios miles.

DISOCIACION DEL ACIDO CARBONICO EN IONES DE BICARBONATO

En una pequeña fracción de segundo el ácido carbónico formado en los glóbulos rojos se disocia en iones de hidrógeno y iones de bicarbonato. A la combinación reversible de bióxido de carbono con agua en los glóbulos rojos, por influencia de la anhidrasa carbónica, le corresponde del 60 al 65% de todo el bióxido de carbono transportado de los tejidos a los pulmones.

3)- Transporte de Bióxido de Carbono en Combinación con Hemoglobina y Proteína Plasmática. CARBAMINOHEMOGLOBINA.

Además de reaccionar con agua, el bióxido de carbono, también reacciona directamente con la hemoglobina. La combinación de bióxido de carbono con hemoglobina es una reacción reversible que ocurre en forma muy laxa. El compuesto formado por dicha reacción se denomina CARBAMINOHEMOGLOBINA.

Una pequeña cantidad de bióxido de carbono reacciona igual con las proteínas del plasma, pero ello tiene mucha menor importancia por la cantidad más reducida de tales proteínas en la sangre. La cantidad teórica máxima de bióxido de carbono transportado de los tejidos a los pulmones en combinación con la hemoglobina y las proteínas plasmáticas es aproximadamente el 30% de la cantidad total transportada o sea 1.5 ml. de bióxido de carbono por cada 100 ml. de sangre. (7)

Cambio de Acidez de la Sangre Durante el Transporte de Bióxido de Carbono

El ácido carbónico formado cuando el bióxido de carbono penetra en la sangre a nivel de los tejidos, disminuye el pH de la sangre. Por fortuna, la reacción de este ácido con los amortiguadores de la sangre impide que la concentración de iones de hidrógeno se eleve mucho. De ordinario, la sangre arterial tiene pH de aproximadamente 7.4 cuando la sangre adquiere bióxido de carbono en los tejidos el pH cae hasta aproximadamente 7.36 en otras palabras, hay un cambio de pH de orden de 0.04 de unidad.

Ocurre a la inversa cuando se libera bióxido de carbono de la sangre en los pulmones; el pH se eleva nuevamente hasta el valor de la sangre arterial. (7)

III - MATERIAL Y METODOS

- 1)- Se estudiaron 100 pacientes en forma prospectiva (utilizando para ello soldados por ser el grupo más homogéneo, alimentado en la misma forma, que además se encuentra en óptimas condiciones físicas y que se encuentra sometido al mismo tipo de actividad) en medio particular, cuyas edades variaron entre 18 y 25 años, fueron seleccionados por números aleatorios, todos pertenecientes al sexo masculino, que además tuvieron un mínimo de 30 días de residir en la ciudad capital de Guatemala.
- 2)- El análisis de los gases arteriales (determinación de la presión parcial de oxígeno, pO_2 , la presión parcial de dióxido de carbono, pCO_2) el pH y la hemoglobina, se efectuó inmediatamente después de obtenida cada una de las muestras.
- 3)- Se tomó a todos los pacientes temperatura Oral, y medidas antropométricas, (peso y talla).
- 4)- Ninguno de los pacientes presentó patología alguna, (se hizo énfasis en el aparato respiratorio).
- 5)- La sangre arterial fue obtenida por punción arterial directa, utilizando para ello:
 - a- una aguja número 22 de bisel corto.
 - b- jeringa de plástico descartable.
 - c- se humedeció con heparina sódica ya que éste es el anticoagulante de elección por no alterar el pH de la muestra. (estudios previos no han demostrado diferen-

cia de la presión parcial de oxígeno de una muestra obtenida con jeringa plástica o jeringa de vidrio. (2)

- 6)- La punción se efectuó en la arteria Radial, colocando la articulación en hiper-extensión y rotación externa para fijar la arteria y hacerla más accesible a la punción.
- 7)- Inmediatamente después de obtenida la muestra, la aguja fue ocluida con un corcho y la muestra se colocó en hielo hasta el momento de ser procesada para evitar el consumo anaeróbico de oxígeno por las células sanguíneas.
- 8)- Después de retirar la aguja se efectuó compresión en el lugar de la punción durante 4 a 5 minutos.
- 9)- Para el análisis de los gases arteriales se utilizó la máquina "IL 213 System" Digital Blood Gas Analyzer.
- 10)- A todos los pacientes se les realizó la prueba de ALLEN. Aunque existen métodos más complicados y refinados para valorar la circulación colateral, la prueba de ALLEN es sencilla y confiable para estimar la circulación colateral de la mano.

Esta prueba consiste en lo siguiente:

Se pide al paciente que cierre con firmeza el puño, para expulsar de la mano la mayor cantidad posible de sangre y se comprimen directamente en la muñeca las arterias Radial y Cubital para obstruirlas al mismo tiempo.

Al abrir entonces la mano (sin extenderla del todo) la palma y los dedos aparecen blanqueados. Se sueltan la arteria cubital solamente, mientras se observan la palma y los dedos; de-

ben sonrosarse en 15 segundos al llenarse los capilares con la sangre provenientes de la arteria Cubital. Este sonrojo de toda la mano, significa que la arteria sola abastece a toda la mano, por lo que la arteria Radial continúa ocluida. Esto es la prueba de ALLEN positiva.

Si la prueba de ALLEN es positiva, se supone que si al punzar la arteria Radial ésta se obstruye, el aporte sanguíneo para la mano no habrá de disminuir. Si la arteria Cubital no irriga bien a toda la mano (prueba de ALLEN negativa) no se debe usar esa arteria Radial como sitio de punción de rutina para gases sanguíneos arteriales. (13)

INSTRUMENTO DE MEDICION DE
LAS VARIABLES:

FICHA PARA PACIENTES EN ESTUDIO DE GASOMETRIA SAN-
GUINEA.

Nombre: _____ Edad: _____

Sexo: _____ Talla: _____ Peso: _____

Tiempo de residir en la ciudad capital: _____

Fecha de toma de muestra: _____ T.O. _____

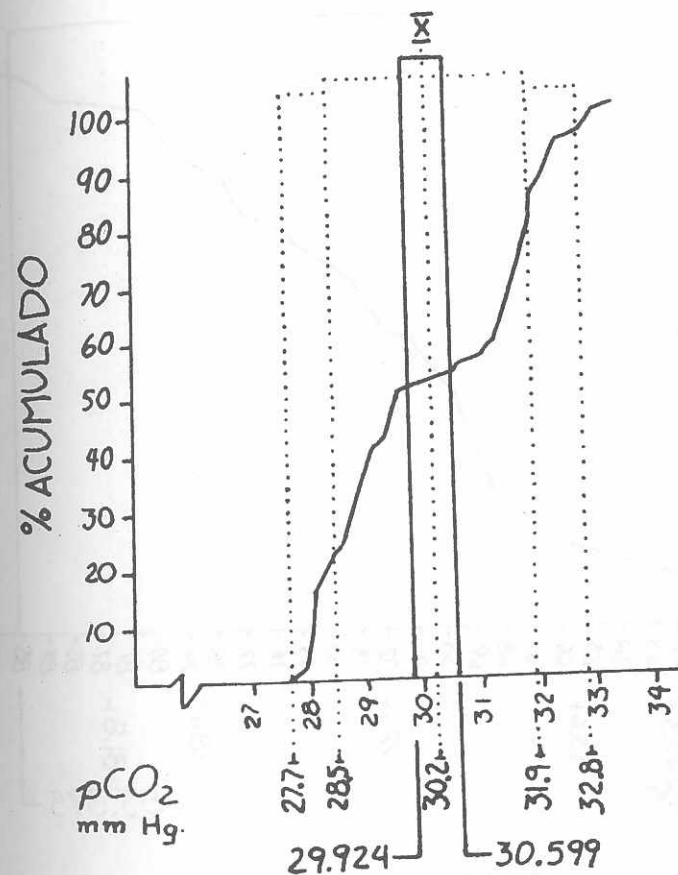
Valores Obtenidos:

GASES SANGUINEOS

HEMOGLOBINA:

pH	-	Hb	-
pCO ₂	-		
pO ₂	-		

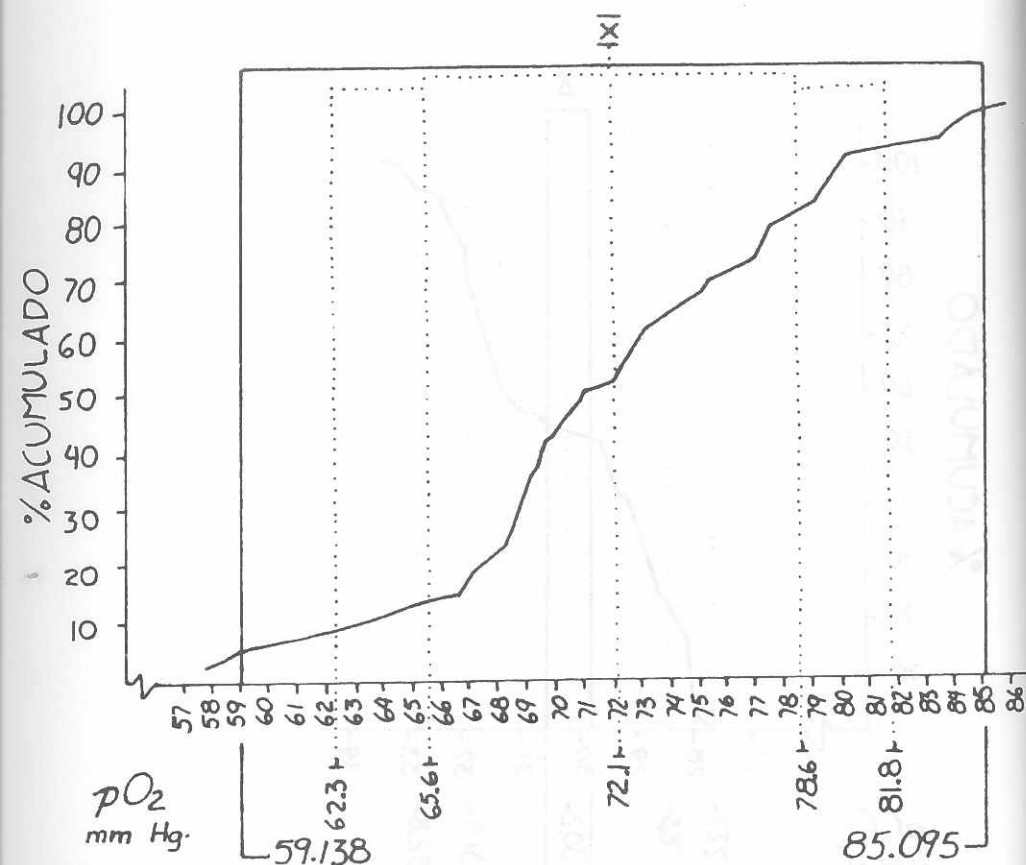
IV PRESENTACION DE RESULTADOS



GRAFICA No. 1.

VALORES ESPERADOS DE PCO₂ PARA PACIENTES NORMALES RESIDENTES EN LA CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA COMPRENDIDOS ENTRE LOS 18 A 25 AÑOS DE EDAD.

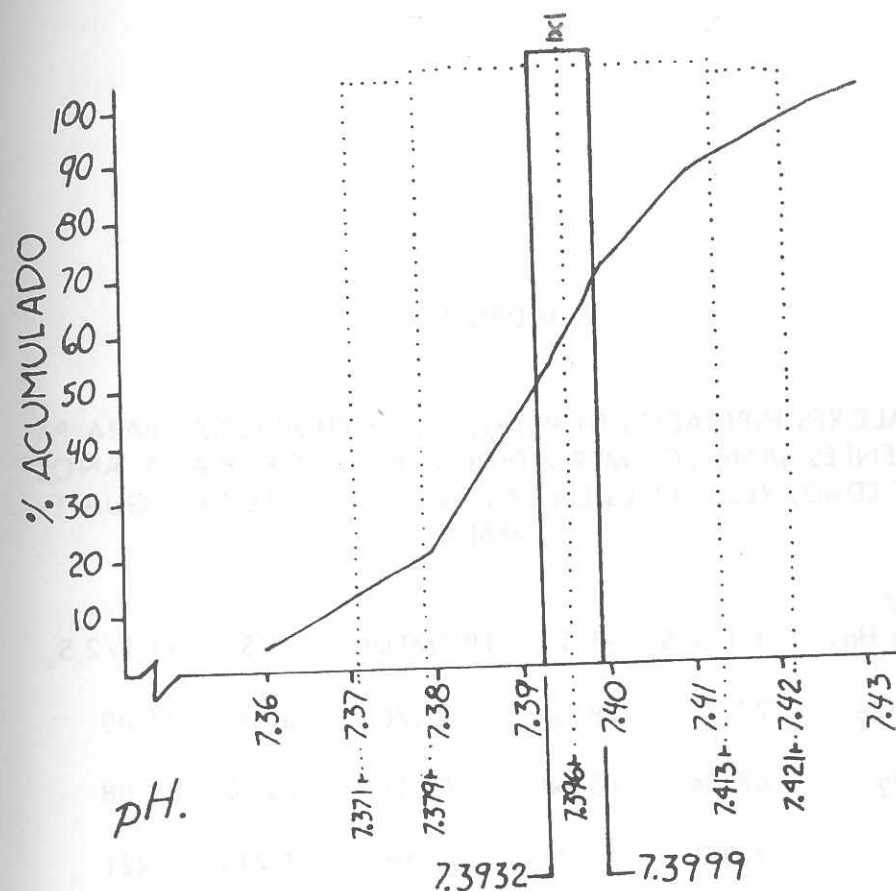
Esta gráfica nos muestra los valores esperados de pCO₂ en sangre arterial, encontrando que: el valor promedio es de 30.2 mm Hg., que el intervalo de confianza es de 29.924 a 30.599 así como los valores correspondientes a ± 1 y $1\frac{1}{2}$ desviación standar.



GRAFICA No. 2.

VALORES ESPERADOS DE pO_2 PARA PACIENTES NORMALES RESIDENTES EN LA CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA COMPRENDIDOS ENTRE LOS 18 A 25 AÑOS DE EDAD.

Esta gráfica nos muestra los valores esperados de pO_2 en sangre arterial, encontrando que: el valor promedio es 72.11 mm Hg., que el intervalo de confianza es de 59.138 a 85.095 así como los valores correspondientes a ± 1 y $1\frac{1}{2}$ desviación standar.



GRAFICA No. 3.

VALORES ESPERADOS EN PH ARTERIAL PARA PACIENTES NORMALES RESIDENTES EN LA CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA COMPRENDIDOS ENTRE LOS 18 A 25 AÑOS DE EDAD.

Esta gráfica nos muestra los valores esperados de pH en sangre arterial, encontrando que: el valor promedio es 7.39, que el intervalo de confianza es de 7.3932 a 7.3999, así como los valores correspondientes a ± 1 y $1\frac{1}{2}$ desviación standar.

CUADRO No. 1

VALORES ESPERADOS DE PCO_2 , PO_2 Y PH ARTERIAL PARA PACIENTES SANOS COMPRENDIDOS ENTRE LOS 18 A 25 AÑOS DE EDAD, RESIDENTES EN LA CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA.

en/ mm Hg.	-1 1/2 S	-1 S	PROMEDIO	+1 S	+1 1/2 S
pCO_2	27.71	28.56	30.26	31.95	32.80
pO_2	62.34	65.60	72.11	78.62	81.88
pH	7.371	7.379	7.396	7.413	7.421

Este cuadro nos muestra los valores que podemos esperar de gases sanguíneos mostrándonos tanto el promedio de cada uno de estos como sus límites por desviaciones estandar.

V DISCUSION Y ANALISIS

Al concluir el presente estudio, y comparar los resultados obtenidos de los pacientes a quienes se les realizó análisis de gaseometría sanguínea con los valores que según la literatura consultada debíamos de obtener, pudimos apreciar que tanto los valores de gases sanguíneos obtenidos de los pacientes en estudio como los que según la literatura reporta debíamos obtener, fueron iguales.

Como cita Guenter Welch (5). Por orden secuencial el primer factor importante es la presión parcial de los gases inspirados, es evidente que si la pO_2 del aire inspirado disminuye, la pO_2 es más baja en el aire húmedo de la tráquea, y esto a su vez, produce una pO_2 alveolar más baja. En los ambientes muy altos la presión barométrica es menor y por ende, la presión parcial de oxígeno inspirado también es más baja que a nivel del mar.

Forster (4). El transportar a un individuo a una gran altura disminuye la pO_2 inspirada, originando inmediatamente una disminución de pO_2 arterial. Esto produce aumento de la ventilación por minuto, que a su vez, disminuye el valor arterial de pO_2 .

Shapiro (13). La dimensión de los gases sanguíneos que mejor refleja el estado fisiológico es la tensión arterial de anhídrido carbónico (pCO_2) pues indica de manera directa lo adecuado de la ventilación alveolar, o sea que nos dice lo bien que se intercambia aire con la sangre en los pulmones.

Housay (8). La solubilidad del anhídrido carbónico en el agua y el plasma sanguíneo es unas 20 veces mayor que la del oxígeno, asegura el intercambio alveolar sanguíneo.

Encontramos en el estudio de nuestros 100 pacientes con las características de ser: guatemaltecos, sanos con Hb y temperatura entre valores considerados como normales, con un tiempo de residir en la ciudad capital de Guatemala no menor de 30 días y además comprendidos entre las edades de 18 a 25 años, que los valores esperados tanto de la presión parcial de oxígeno (pO_2), como de la presión parcial de dióxido de carbono (pCO_2), y el pH arterial son:

1) pCO_2	Promedio	-	30.26
	límite esperado bajo	-	27.71
	límite esperado alto	-	32.80
2) pO_2	Promedio	-	72.11
	límite esperado bajo	-	62.34
	límite esperado alto	-	81.88
3) pH	Promedio	-	7.39
	límite esperado bajo	-	7.37
	límite esperado alto	-	7.42

Shapiro (13). Los gases de calibración para los electrodos de pO_2 y pCO_2 suelen estar constituidos por 5% de CO_2 y 12% de O_2 .

Guyton (6). El aire atmosférico casi no contiene vapor de agua pero tan pronto como penetra en las vías respiratorias, queda expuesto a los líquidos que cubren las superficies respirato-

rias. Incluso antes que el aire alcance los alveolos, se halla totalmente humedecido.

La presión parcial de vapor de agua a temperatura corporal normal de $37^\circ C$ es de 47 mm Hg. o sea, la presión parcial de agua en el aire alveolar.

Como la presión total en los alveolos no puede elevarse a más de la presión atmosférica, este vapor de agua solo dilata el aire y diluye todos los demás gases en el aire inspirado.

En el Operators Manual 313 (10). nos presentan la fórmula siguiente:

(presión barométrica menos presión parcial de vapor de agua) por coeficiente de calibración. (pO_2 o pCO_2).

para pO_2	es	-	0.1182
para pCO_2	es	-	0.0512

Así pues para la presión barométrica de la ciudad capital de Guatemala (640 mm Hg) se esperarían los valores siguientes:

pO_2	-	70.09 mm Hg.
pCO_2	-	30.36 mm Hg.

Nuestros valores promedio obtenidos en el presente estudio fueron de:

pO_2	-	72.11 mm Hg.
pCO_2	-	30.26 mm Hg.

VI CONCLUSIONES

Debido a que los resultados que obtuvimos del análisis de gasometría sanguínea de nuestros 100 pacientes fue acorde a lo esperado según los reportes literarios consultados podemos concluir lo siguiente:

1. Que para pacientes con las características de ser, guatemaltecos, sanos, con Hb y temperatura corporal entre valores considerados como normales, con un tiempo de residir en la ciudad capital de Guatemala no menor de 30 días y además comprendido entre las edades de 18 a 25 años, podemos esperar valores de:

pCO₂ de - 27.7 mm Hg. a 32.8 mm Hg.

pO₂ de - 62.3 mm Hg. a 81.8 mm Hg.

pH de - 7.37 a 7.42 .

2. Que los valores que podemos tomar como intervalos de confianza para los pacientes con las características descritas en el inciso anterior son:

pCO₂ de - 29.924 mm Hg. a 30.599 mm Hg

pO₂ de - 59.138 mm Hg. a 85.095 mm Hg

pH de - 7.3932 a 7.3999 .

3. Además comparando entre sí los valores de peso y talla de los pacientes en estudio, pudimos observar que no afecta ni los valores de las presiones parciales de los gases sanguíneos ni el pH arterial.
4. Comparando entre sí los valores de Hb obtenidos de los pacientes en estudio pudimos observar que todos presentaban un valor de Hb considerado entre límites normales, y estando así no modificaba ni los valores de los gases sanguíneos ni el pH arterial.
5. La temperatura corporal no pudo ser tomada como indicador de variabilidad tanto en las presiones de los gases sanguíneos como del pH arterial debido a que todos los pacientes en estudio presentaron una temperatura oral entre límites normales.

VII RECOMENDACIONES

1. Continuar el estudio a fin de establecer, los valores normales de las presiones parciales de los gases sanguíneos en la ciudad capital de Guatemala.
2. Dada la cantidad de pacientes que en Guatemala (ciudad capital), son diagnosticados y tratados en base a controles de gases sanguíneos se sugiere:
 - a) Que se realicen estudios de esta naturaleza en todos los Hospitales Nacionales donde se cuenta, con el equipo necesario para analizar gases arteriales.
 - b) Que se de a conocer este estudio para que sea tomado en cuenta -como un precedente- en el manejo de los pacientes que requieren ser tratados en base a controles de gases sanguíneos.

VIII RESUMEN

El presente trabajo constituye un estudio prospectivo de gasometría sanguínea, en el cual se investigó la presión parcial de dióxido de carbono arterial, la presión parcial de oxígeno arterial y el pH arterial.

Su objetivo fue determinar los valores esperados de gases sanguíneos en la ciudad capital de Guatemala, para una población normal (100 pacientes) comprendidos entre las edades de 18 a 25 años.

Al finalizar el estudio se encontró que debido a que Guatemala (ciudad capital) se encuentra localizada a una altura de 1200 mts. sobre el nivel del mar y en donde existe una presión barométrica de 640 mm Hg. Los valores que podemos esperar de gases arteriales para pacientes masculinos sanos, comprendidos entre las edades de 18 a 25 años y que residan en ella son:

- a) pCO_2 arterial - de 27.7 a 32.8 mm Hg.
- b) pO_2 arterial - de 62.3 a 81.8 mm Hg.
- c) pH_2 arterial - de 7.37 a 7.41.

Lo anterior expuesto se cumple independientemente de talla y/o peso del paciente, media vez la hemoglobina y la temperatura corporal se encuentren entre valores que se consideren como normales.

IX REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1- Aloise, L. Estudio físico químico de la respiración. En su: **Tratado de fisiología**. 2. ed. Buenos Aires, El Ateneo, 1942. t.1. (pp. 539-544)
- 2- Arango, L. et al. Importancia de la determinación de gases arteriales en cirugía. **Revista del Colegio Médico Guatemala** 1977 sep; 28(3): 99-105
- 3- Carlson, L.D. Gas exchange and transportation. In: Ruch T.C. and J.F. Fulton. **Medical physiology and biophysics**. 18th. ed. Philadelphia, Saunders, 1961. 1232p. (pp. 789-812)
- 4- Forster, R.E. Ventilación pulmonar y recambio de gases de la sangre. En: Sodeman W.A. **Fisiopatología clínica**. 5. ed. México, Interamericana, 1978. 916p. (pp. 355-375)
- 5- Guenter, C.A. Ambiente respiratorio. En: Guenter C.A. y M.H. Welch. **Pulmón**. Buenos Aires, Médica Panamericana, 1978. 698p. (pp. 14-38)
- 6- Guyton, A.C. Bases físicas del recambio gaseoso; difusión del oxígeno y el bióxido de carbono a través de la membrana respiratoria. En su: **Fisiología médica**. 4. ed. México, Interamericana, 1971. 1084p. (pp. 503-514)
- 7- Guyton, A.C. Transporte de oxígeno y bióxido de carbono por la sangre y líquidos corporales. En su: **Fisiología médica**. 4. ed. México, Interamericana, 1971.
- 8- Housay, B.A. et al. Intercambios alveolosanguíneos. En su: **Fisiología humana**. 4. ed. Buenos Aires, El Ateneo, 1972. 1318p. (pp. 354-362)
- 9- Instituto Nacional de Sismología Vulcanología Meteorología e Hidrología Sección Climatología. **Datos Estadísticos**. Guatemala, 1979. 62p. (pp. 28)
- 10- Instrumentation Laboratory Inc. **Operators manual 313 pH/blood gas analyzer**. Massachusetts, 1973. 20p. (pp. 11-12)
- 11- Molina, F. Cociente respiratorio. En su: **Manual de fisiología experimental**. Guatemala, USAC Centro de producción de materiales, 1976. 107p. (pp. 71-74)
- 12- Schottelius, B.A. and D.D. Schottelius. Translocation of materials. In your: **Text book of physiology**. 18th. ed. Philadelphia, Mosby, 1978. 624p. (pp. 35-54)
- 13- Shapiro, B.A. et al. Manejo clínico de los gases sanguíneos. 2. ed. Buenos Aires, Panamericana, 1970. 271p.
- 14- West, J.B. Ecuaciones. En su: **Fisiología respiratoria**. Buenos Aires, Médica Panamericana, 1977. 168p. (pp. 145-149)

- 15- Yamané, T. Medidas de dispersión. En su: Estadística. 3. ed. México, Harla, 1974. 571p. (pp. 37-43)
- 16- Youmans, W.B. The uptake and transport of respiratory gases. In your: Fundamentals of human physiology. - 2nd. ed. Chicago, Year Book Medical, 1962. 589p. (pp. 354-364)

70 Bo
Guadalupe
 Universidad de San Carlos de Guatemala
 FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS
 OPCA — UNIDAD DE DOCUMENTACION

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LAS CIENCIAS

DE LA SALUD

(C I C S)

CONFORME:

[Signature]
 Dr. Luis René Cruz Gordillo
 ASESOR.

SATISFECHO:

[Signature]
 Dr. René Flores San Juan
 REVISOR.

Dr. René Flores San Juan
 MEDICO Y CIRUJANO

APROBADO:

[Signature]
 DIRECTOR DEL C.I.C.S.

IMPRIMASE:

[Signature]
 Dr. Mario René Moreno Cambará
 DECANO
 FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS.
 U S A C .

Guatemala, 23 de mayo de 1984.

