

11207
126



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

FACULTAD DE MEDICINA

DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS MEDICOS DEL D. D. F.

"COMPARACION DE DOS METODOS PARA LA
DETERMINACION DE OXIGENO SANGUINEO"

EJEMPLAR UNICO

ESTUDIO DE INVESTIGACION

PARA OBTENER EL GRADO DE:

CIRUJANO GENERAL

PEDRO JUAREZ REYES

MEXICO, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

FACULTAD DE MEDICINA

DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS MEDICOS DEL D.D.F.

" COMPARACION DE DOS METODOS PARA LA DETERMINACION
DE OXIGENO SANGUINEO "

ESTUDIO DE INVESTIGACION PARA OBTENER EL GRADO DE:
C I R U J A N O G E N E R A L

ALUMNO: DR. PEDRO JUAREZ REYES.

ASESOR:

PROF. TITULAR DEL CURSO:

DR. ADOLFO DOMINGUEZ P.

DR. ALFREDO VICENCIO T.

MEXICO, D.F.

1979

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A LA MEMORIA DE MIS PADRES :

Jenaro y Carmelita

Que seguirán siendo siempre
los guías en mi vida

A MI ESPOSA: Yolanda

Con amor y agradecimiento por su
continuo apoyo en mi afán de superación

A MIS HIJOS:

Ericka y Pedro Noé

Creadores de mi felicidad

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A MIS HERMANOS :

Israel, Guadalupe, Hugo,
Manuela, Angel, Héctor y Jenaro.

Pilares importantes en los
inicios de mi profesión.

A MIS MAESTROS :

Con infinito agradecimiento
Por sus enseñanzas.

A MIS COMPANEROS Y COMPANEROS:

Por el valor que poseen

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

C O N T E N I D O

	Página
INTRODUCCION	1
HISTORIA	3
TEORIA	6
MATERIAL Y METODOS	18
RESULTADOS	22
DISCUSION Y CONCLUSIONES	29
RESUMEN	30
BIBLIOGRAFIA	31

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INTRODUCCION:

Desde que se sentaron las bases de la unión de la cirugía con la Anatomía y la Fisiología en el siglo XVIII, la cirugía ha tenido un gran impacto sobre diversos aspectos de salud y enfermedad y sobre la práctica de la medicina, muchos adelantos médicos han modificado en forma considerable el trabajo y los resultados de los cirujanos, así podemos citar ejemplos como el conocimiento del equilibrio de líquidos y electrólitos, la quimioterapia, los estudios radiológicos, el cultivo de células para los trasplantes de órganos, más recientemente se han introducido el conocimiento de ciertos parámetros que ayudan al manejo del paciente quirúrgico de alto riesgo, uno de esos parámetros son la determinación de gases en sangre.

Dado que los costos en la medicina moderna son muy elevados y que, en los países en vías de desarrollo los presupuestos se dirigen a cubrir otras necesidades más apremiantes, los requerimientos de equipos de medición fisiológica sofisticados se satisfacen en forma inadecuada. Es por esto, que ante los avances en las técnicas de control del paciente crítico, deberían adoptarse métodos de control al alcance de todas las posibilidades.

Estamos concientes de los avances y la precisión de los resultados que se obtienen con las técnicas y los equipos modernos para la determinación de gases en sangre y que, de ninguna manera éste estudio pretende desplazarlos, sino que, cada vez que podamos contar con dichos equipos los utilizaremos de preferencia. Pero tendremos en cuenta que el método que en este estudio se describe y que fué descrito por primera vez por Border, puede servirnos como un método auxiliar en un momento dado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En ésta tesis pretendemos comparar un método fácil de detección de hipoxia sanguínea y determinación de oxígeno sanguíneo en volúmenes por ciento utilizando el método descrito por Border, y el más exacto pero más sofisticado descrito por Astrup; en la creencia de que si el primer método resulta adecuado, podría adoptarse en aquellos sitios que no cuenten con la metodología e instrumentación moderna.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

HISTORIA:

Describimos a continuación un breve bosquejo histórico para darnos una idea, de como se sucedieron los hechos, que concluyen en los grandes avances de la tecnología que conocemos en la actualidad.

Así, en 1917, Van Slyke y Cullen describen la capacidad y el poder de combinación del CO_2 por medio de pruebas, que en ambos casos se requería para equilibrar el plasma o el suero con CO_2

El Dr. Van Slyke informó que la razón por la que él y Cullen usaran la capacidad y el poder de combinación del CO_2 del plasma, era que bajo condiciones de laboratorio a determinado tiempo, el plasma es más apto a conservarse expuesto al aire por algún tiempo antes de llevarse a analizar y perder algo de CO_2 . Al parecer es un procedimiento seguro al restaurar el plasma con CO_2 a una presión parcial de 40 mm. de Hg. antes de ser analizado.

En 1917, se presume que una determinación precisa de CO_2 puede ser hecha solamente en sangre arterial. Sin embargo, no existen en ese tiempo métodos clínicos para obtener sangre arterial en el humano.

En 1919, Stadie describe el método para obtener por punción arterial sangre en el humano.

En 1921, Stadie y Van Slyke, comparan el contenido de CO_2 y el poder de combinación del mismo, y muestran que el CO_2 contenido en la sangre venosa (sin equilibrar) era esencialmente el mismo que contenía la sangre arterial; estas precauciones fueron hechas para evitar el escape del CO_2 . Ellos por lo tanto sugieren que el examen del contenido del CO_2 reemplaza la prueba del poder de combinación del CO_2 .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Plesch, fué el primero que descubrió, el método de re-espiración para obtener un ejemplo de aire alveolar que puede ser equilibrado con sangre venosa mezclada, usando los pulmones como un aereómetro, ayudado por la determinación del gasto cardíaco sin necesidad de tener muestras sanguíneas, éste estudio fué seguido por Grollman en 1932, después de estos muchos experimentos han sido usados.

En 1947 Gray, Bing, Vandam, reportaron el uso de respiración intermitente para medir el gasto cardíaco y compararlo contra las técnicas de cateterización cardíaca. Desafortunadamente ellos reportaron todos sus análisis de gases como correspondientes de la concentración de gases en sangre, como una comparación directa a la asociación de gas y sangre.

Forsander y cols. reportaron varios métodos diferentes de determinación de las tensiones de CO_2 en sangre venosa mezclada, utilizando un método semiautomático de muestras sin utilizar maniobras de respiración, que posiblemente influyan en la composición de la sangre venosa mezclada.

Dubois, Fowler, Soffer y Fenn, reportaron el uso de un analizador de gas rápido utilizando durante la técnica de re-espiración y demostraron que puede ser obtenida la meseta de la concentración del CO_2 . Saxton utilizó un analizador similar posteriormente.

Astrup y sus colegas inventaron un aparato (manufacturado como el Radiometer Co., Copenhagen) con el cual pueden hacerse determinaciones de gases en sangre en forma rápida y simple. Ellos también desarrollaron muchos nuevos métodos para describir alteraciones ácido-bases por los términos introducidos como concentración de bicarbonato Standard y concentración de exceso de base.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En 1963, Siggaard-Andersen, publicaron su Nomograma, que es útil para calcular exceso de bases, bicarbonato Standard, $p\text{CO}_2$, etc. después de la medición directa del pH, CO_2 total y concentración de hemoglobina del plasma.

En años recientes se ha introducido al mercado mundial aparatos y electrodos específicos para la determinación de gases en sangre que han simplificado su uso y han mejorado la precisión de sus mediciones, de tal manera que han pasado a ser un medio práctico utilizable en el laboratorio del hospital.

En 1966 John R. Border y E. Gallo, publicaron un método simple y barato para la detección de hipoxia arterial y diferencia arterio-venosa de oxígeno por medio de tres jeringas hipodérmicas; método del cual se ocupa el presente estudio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TEORIA:

El sistema respiratorio se encarga de transportar oxígeno del aire exterior hacia la sangre y acarrea bióxido de carbono en sentido opuesto, ésta función establece los siguientes procesos: distribución de -- oxígeno atmosférico a todas las áreas del pulmón y la movilización del bióxido de carbono en sentido opuesto; la transferencia de dichos -- gases desde los pulmones, a la sangre, a las células y viceversa, así como el control de estos procesos. Esto exige una comprensión de la -- física de los gases.

Sabemos que el estado gaseoso es un estado físico especial de la -- materia y tienen características peculiares como son: el tener densidades relativamente bajas, el mezclarse entre sí en todas proporciones, -- el de ser fácilmente compresibles, ejercen presiones sobre las paredes de los recipientes que los contienen, sus presiones ejercidas aumentan al aumentar la temperatura, etc., de estas propiedades surgieron las -- leyes de los gases, de las cuales enunciamos las que mas se emplean en la clínica.

Relación entre presión y volumen (Ley de Boyle): Si la masa y la -- temperatura de una cámara se mantienen constantes, pero la presión -- aumenta o disminuye, el volumen de dicho gas varía inversamente a la -- presión, o sea que: $\text{Volumen} = \text{Constante} / \text{presión}$.

Relación de temperatura a volumen, Ley de Gay-Lussac (Ley de Charles): Si la presión de un determinado volumen de gas se mantiene constante pero la temperatura varía, dicho volumen aumenta en proporción -- directa del aumento de temperatura ($\text{Vol.} = \text{Cte.} \times \text{Temp.}$).

Solución de gases en el agua (Ley de Henry): la cantidad de un gas que se disolverá en el agua o en cualquier otro líquido (ej.: la sangre) , una vez alcanzado el estado de equilibrio, depende de dos factores: -- la presión del gas que rodea al agua y el coeficiente de solubilidad -- del gas en el agua a la temperatura del agua: ($\text{Vol.} = \text{Presión} \times \text{Coef. Sol}$)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Factores físicos que rigen la rapidez con la cual un gas difundirá desde una zona de presión elevada a una zona de presión baja.- Las moléculas en una zona de presión elevada por su mayor número tienen mayores probabilidades estadísticas de chocar contra la zona de presión baja — que las moléculas que intentan desplazarse en dirección opuesta. Sin embargo, algunas moléculas van desde la zona de presión baja hacia la de presión alta, por lo tanto la resultante de ésta zona de presión — alta hacia la zona de presión baja es igual al número de moléculas que se desplazan en dirección opuesta; ello a su vez, es proporcional a la diferencia de presión entre las dos áreas y recibe el nombre de gradiente de presión o gradiente de difusión.

Presiones de gases disueltos: la presión de un gas disuelto es — proporcional a la cantidad de gas disuelto en los líquidos dividido por el coeficiente de solubilidad de dicho gas en el líquido correspondiente, las moléculas de los gases muy solubles son atraídos por las moléculas del líquido, tal atracción impide que muchas de estas moléculas, fuertemente solubles, abandonen la superficie del líquido.

El coeficiente de difusión de un gas, es el volumen de dicho gas — que atraviesa una unidad de superficie (como la membrana alveolar) por minuto y por mm de Hg. de diferencia de presión del gas entre los dos — lados de la membrana.

La capacidad de difusión de un gas, es el volumen de un gas que — puede atravesar una membrana/min./mm de Hg. de diferencia de presión — del gas entre los dos lados de la misma.

La composición del aire es virtualmente idéntica en todas partes — del mundo, tanto en la cumbre del Everest como en la depresión del mar Muerto. Sin embargo la presión atmosférica varía. A nivel del mar se — aproxima a los 760 mm de Hg. pero puede cambiar de modo considerable — con las condiciones climatológicas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La ciudad de México se encuentra a 2,240 metros sobre el nivel del mar y su presión barométrica varía entre 584 y 590 mm de Hg, por lo que la presión parcial de los gases respiratorios inhalados es mucho menor que al nivel del mar.

Relación entre presión parcial y porcentaje: si la presión del aire atmosférico es de 760 mm de Hg y si el 20.93 de la mezcla gaseosa del aire es oxígeno; éste porcentaje de presión se conoce como presión parcial de oxígeno o la pO_2 . La presión parcial de los gases es la forma de como se reportan los resultados en la determinación de gases en la sangre.

La respiración comprende dos fases una inspiratoria por medio de la cual se introduce aire atmosférico a los pulmones donde se efectúa el intercambio de oxígeno y bióxido de carbono por la sangre y una fase espiratoria cuyo fin es expulsar el bióxido de carbono de los pulmones.

El aire espirado es una combinación de aire del espacio muerto (aire que llena las vías respiratorias en cada respiración) y aire alveolar, la primera porción de éste aire, la que corresponde al espacio muerto, es en forma típica aire humedecido, luego una cantidad creciente de aire alveolar se mezcla con aire del espacio muerto, hasta que todo el aire procedente del espacio muerto ha sido eliminado. Así pues, la concentración de oxígeno en la primera parte del aire espirado es de 149 mm Hg (a nivel del mar) y en la parte final de aproximadamente 104 mm de Hg, o sea su valor en el aire alveolar normal. Por otra parte, la primera porción del aire espirado casi no contiene CO_2 , pero la porción final, o sea la correspondiente al aire alveolar, tiene una presión de CO_2 de 40 mm de Hg. De hecho uno de los medios para obtener aire alveolar para estudio estriba en recoger una muestra de la parte final del aire en una espiración.

A la temperatura corporal normal, la presión del vapor de agua es -

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

de 47 mm de Hg, puesto que el aire en el interior de los pulmones está en concentración libre en la atmósfera, la presión del aire pulmonar debe ser muy parecida a la atmosférica.

La presión parcial no es equivalente a la cantidad de gas en el líquido. El contenido gaseoso de un líquido depende de dos factores la solubilidad del gas en los líquidos, la capacidad del líquido para absorberlo o de la combinación química del gas con alguna sustancia que contenga el líquido.

La solubilidad de un gas es la cantidad de gas disuelto, en general, directamente proporcional a la presión parcial, es decir si se dobla la presión parcial, se duplica también la cantidad de gas disuelto.

La cantidad de oxígeno disuelto en la sangre es proporcional a la pO_2 ; el oxígeno disuelto es igual a $K \times pO_2$, donde K es el volumen de líquido. El valor numérico de K depende de la temperatura y a la temperatura de la sangre es de 0.023 ml/ml. de sangre para el oxígeno a 760 mm de Hg de presión atmosférica. (a 760 mm de Hg. de presión habrá 0.023 ml. de oxígeno disuelto en un ml. de sangre o 23 ml. en un litro) Como la pO_2 de la sangre arterial, es de 100 mm de Hg. aproximadamente, la sangre arterial contendrá unos $23 \times 100/760 = 3$ ml./litro de oxígeno.

La presión parcial de oxígeno de la sangre venosa mezclada es de 35 - 40 mm de Hg.

El oxígeno es transportado por la sangre en dos formas: como gas disuelto y en combinación con la hemoglobina. La hemoglobina en combinación con el oxígeno recibe el nombre de oxihemoglobina y es de un color rojo vivo, la hemoglobina sin oxígeno es conocida como hemoglobina reducida y tiene un color rojo azulado oscuro.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En estado normal, la hemoglobina transporta mucho más oxígeno (97%) del que puede disolverse en la sangre (3%); pero cuando la presión parcial de oxígeno es de 90 mm de Hg. o mayor, la hemoglobina está totalmente saturada, por lo que cualquier aumento de la presión parcial de oxígeno incrementa sólo muy poco la cantidad de oxígeno combinado con la hemoglobina. Sin embargo, cuando una persona respira oxígeno a presión muy elevada puede llegarse a transportar tanto oxígeno en disolución como en combinación química con la hemoglobina.

Todos los gases difunden desde la región de mayor presión parcial a la de presión mas baja. El oxígeno difunde desde el alveolo pulmonar, (100 mm de Hg.) a la sangre que llega a los pulmones (40 mm de Hg.) y de los capilares al líquido intersticial y así sucesivamente.

A nivel del mar, la presión parcial de oxígeno de la sangre que sale de los pulmones y regresa a la aurícula izquierda es de 90-95 mm de Hg. Así el consumo de oxígeno promedio en un adulto es de unos 250ml por minuto.

A temperatura y presión Standard, un gramo de hemoglobina transporta 1.34 ml. de oxígeno y los 150 gramos de hemoglobina que contienen un litro de sangre pueden transportar unos 200 ml. cuando están plenamente saturados. (el gasto cardíaco es de 5 litros/minuto, en teoría es posible llevar a los tejidos unos 1000 ml./min. de Oxígeno).

Curva de disociación de la hemoglobina (C.D. de la Hb): Un gramo de hemoglobina es capaz de transportar 1.34 ml. de oxígeno cuando se encuentra saturada a su máxima capacidad, es decir al 100%. El nivel de saturación depende básicamente de la presión parcial de oxígeno en la sangre; sin embargo, ésta relación no es lineal, sino que la curva de disociación tiene forma de S itálica; en su parte superior cambios importantes de la pO_2 sólo producen variaciones pequeñas en la satura-

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ción, mientras que en la parte media y baja de la curva cambios pequeños de la pO_2 ocasionan variaciones mayores en la saturación. Una disminución de la pO_2 de 90 a 70 disminuye la saturación en sólo un 3%, una disminución de 70 a 50 la disminuye en un 12% y por cada 10 mm de Hg. - por abajo de 50 la saturación desciende más de un 15%. Como puede deducirse, el nivel crítico de la pO_2 se encuentra en 60 mm de Hg (a nivel del mar), cifra a partir de la cual, mayores descensos ocasionan cambios importantes en la saturación de la hemoglobina y por tanto, en el contenido de oxígeno arterial. (Figura I)

Hay diversos factores que pueden desviar la C.D. de la Hb. hacia la izquierda o hacia la derecha; entre los más conocidos se encuentran el pH y la temperatura. La alcalosis, la hipotermia, disminución de la pCO_2 , disminución de 2-3 DPG, hemoglobinas anormales, disminución de la concentración de hemoglobina, la desvian a la izquierda; la acidemia, - la hipertermia, aumento de la pCO_2 , aumento de 2-3 DPG, hemoglobinas anormales, aldosterona y aumento de la concentración de hemoglobina, la modifican hacia la derecha. Una desviación a la izquierda produce una mayor saturación a un mismo nivel de pO_2 , es decir aumenta el transporte de oxígeno arterial, pero dificulta su liberación a nivel periférico, disminuyendo la efectividad del transporte. La desviación hacia la derecha, produce efectos contrarios.

Recientemente se ha enfatizado la importancia del 2,3 Difosfoglicerato (2,3 DPG) sobre su efecto en la saturación de la hemoglobina. El 2,3 DPG es un fosfato orgánico que se encuentra en concentración importante en el eritrocito, en relación equimolar con la hemoglobina. El 2,3 DPG es un producto de la glucólisis del eritrocito y se forma a través del ciclo de Embden-Mayerhoff. La disminución del 2,3 DPG desvía la curva de disociación de la hemoglobina hacia la izquierda y su aumento lo hace a la derecha.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La magnitud de la desviación de la C.D. de la Hb y su dirección — pueden valorarse también, determinando la p_{50} . Este parámetro determina la pO_2 necesaria para saturar el 50% de hemoglobina y su valor normal — es de 27 mm de Hg. Una disminución de p_{50} refleja y mide el grado de — desviación de la curva hacia la izquierda a lo largo de su eje horizontal y su aumento permite valorar el grado de desviación hacia la — derecha.

El transporte del CO_2 no constituye un problema tan grande como — el transporte de oxígeno, porque aún en las condiciones más anormales — suele ser transportado por la sangre en mayores cantidades que el oxígeno. Sin embargo, la cantidad de CO_2 en la sangre tiene mucho que ver — en el equilibrio ácido-base de los líquidos orgánicos.

El CO_2 entra a la sangre a su paso por los tejidos y la abandona — al llegar a los pulmones. La difusión también se realiza bajo un gra— diente de presión parcial, pero en éste caso, la pCO_2 celular es más — alta que la pCO_2 alveolar.

La pCO_2 se mantiene estable en el organismo por el balance propor— cional entre las oxidaciones metabólicas que producen CO_2 y la cantidad que es expulsada por los pulmones; la ventilación pulmonar se regula — por el centro respiratorio, manteniendo una pCO_2 alrededor de 40 mm. de Hg.

Si el sistema respiratorio que fija la pCO_2 y el sistema renal que fija las concentraciones de bicarbonato operan de un modo efectivo, el pH del plasma se mantendrá en una cifra de alrededor de 7.4 .

En una situación que no sea estable, cuando se produce CO_2 en — exceso o éste es eliminado en exceso por el pulmón, o cuando se añaden ácidos o bases fijas a la sangre, los cambios de pH aparecen en el lado arterial de la circulación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La ecuación de Henderson-Hasselbalch muestra claramente los dos factores principales del que depende el pH del plasma, estos son: La $p\text{CO}_2$ que determina la concentración de ácido carbónico, y la concentración de bicarbonato, que es la diferencia entre la concentración total de cationes en la solución y la suma de las concentraciones de todos los aniones del bicarbonato.

$$\text{pH} = 6.1 + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{0.03 \times p\text{CO}_2}$$

El factor de solubilidad en el plasma para el CO_2 es tomado como 0.03. Siempre que la $p\text{CO}_2$ sea el doble de lo normal el pH disminuirá 0.3 u., disminuyendo a la mitad de lo normal la $p\text{CO}_2$ el pH debe elevarse 0.3 u.

Doblando la concentración de bicarbonato el pH debe elevarse 0.3u., partiendo de la mitad de la concentración del bicarbonato del plasma el pH debe disminuir 0.3 u.

La sensibilidad del centro respiratorio es tal que la proporción en la ventilación se hace al doble si el pH disminuye 0.1 u. y se hace a la mitad si el pH aumenta 0.1 u.

Cuando el CO_2 penetra en el plasma le pueden ocurrir tres cosas: La mayor parte pasa al interior de los eritrocitos, una parte se combina con los grupos amino de las proteínas plásmáticas para formar compuestos carbamino ($\text{R-NH}_2 + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{R-NHCOO} + \text{H}^+$). En esta forma, se acarrean cantidades muy pequeñas de CO_2 y los cambios en la cantidad de compuestos carbamino con proteínas plasmáticas son insignificantes, cuando la $p\text{CO}_2$ pasa de niveles arteriales a niveles venosos. Una parte, del CO_2 se disuelve en el plasma ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$) La posición de equilibrio de ésta reacción está muy desplazada hacia la izquierda y la concentración de CO_2 disuelto es unas mil veces mayor que la concentración de H_2CO_3 .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

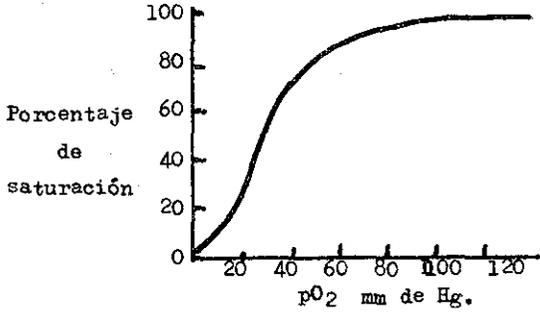


FIG. I Curva de disociación de la
oxi-hemoglobina

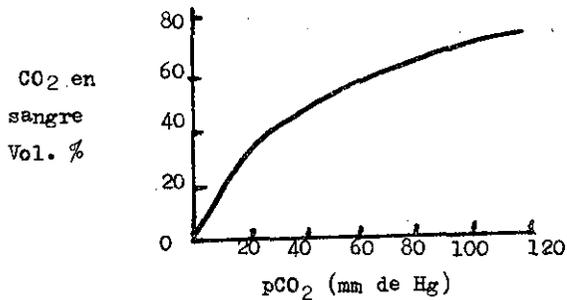


FIG. 2 CURVA DE DISOCIACION DEL CO₂

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El CO_2 que llega a los eritrocitos tiene dos efectos principales: Puede combinarse con la hemoglobina y dar carbamino-hemoglobina, la reacción es muy rápida y la hemoglobina tiene mayor afinidad por el CO_2 que las proteínas del plasma. El segundo efecto es que una parte se disuelve en los líquidos intracelulares, y en contraste con el plasma, en los eritrocitos la reacción se desvía hacia la derecha, porque los dos iones de la derecha son extraídos de la solución; el ión hidrógeno, es rápidamente eliminado por el gran poder amortiguador que tiene la hemoglobina, y el aumento en la concentración de bicarbonato deshace el equilibrio con el bicarbonato del plasma por lo que los iones bicarbonato difunden hacia el plasma.

Dentro de los eritrocitos, el catión mas abundante es el potasio y los principales aniones la hemoglobina junto con el cloro. Cuando el CO_2 disuelto se convierte en H^+ y HCO_3^- por cada molécula de CO_2 se reproducen dos nuevas partículas eléctricamente activas. Los hidrogeniones son amortiguados al combinarse con la hemoglobina. Desaparecen de la solución una carga positiva y una negativa, quedando una carga negativa de HCO_3^- en lugar de la hemoglobina y se mantiene así la neutralidad eléctrica de los eritrocitos.

Un 90% del cambio en CO_2 , al pasar de sangre arterial a sangre venosa, es debido a los eritrocitos; alrededor de una cuarta parte de éste cambio es debido a la formación de carbamino-hemoglobina.

El bicarbonato es la principal base amortiguadora en el líquido extracelular, la reacción de estos líquidos puede ser regulada por mecanismos que controlan la concentración de bicarbonato y la presión parcial de CO_2 y sus variantes estan sujetas a controles fisiológicos.

Curva de disociación del bióxido de carbono: Ahora sabemos que el CO_2 puede existir en la sangre como CO_2 libre y en combinación química

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

con el agua, hemoglobina y proteínas plasmáticas. La cantidad total de CO_2 combinado con la sangre en todas estas formas depende de la pCO_2 . La curva de la Figura 2, muestra esta dependencia del CO_2 total combinado, del valor de la pCO_2 y recibe el nombre de curva de disociación del CO_2 .

Obsérvese que la PCO_2 normal en reposo varía entre 40 y 45 mm de Hg lo cual es una variación muy estrecha. Obsérvese también que la concentración normal de CO_2 en la sangre es de unos 50 volúmenes por ciento, pero que sólo cuatro volúmenes por ciento son los verdaderamente intercambiados en el proceso de transporte de CO_2 desde los tejidos a los pulmones; o sea que la concentración se eleva hasta unos 52 volúmenes por ciento cuando la sangre atraviesa los tejidos y cae aproximadamente hasta 48 volúmenes por ciento cuando atraviesa los pulmones.

En la clínica, para relacionar estos parámetros entre sí, los investigadores han diseñado los llamados Nomogramas, de donde obtenemos los valores que nos hablan de los cambios en gases sanguíneos que ocurren en el paciente. De estos nomogramas el más usado es el de Siggaard-Andersen.

El Nomograma se usa para calcular el exceso de base, después de haber medido directamente el pH, la pCO_2 y la concentración de Hb; es también útil para calcular la pCO_2 y el exceso de base, después de la medición directa del pH, CO_2 total y concentración de Hb.

Los valores normales en gases sanguíneos, así como algunas otras constantes han sido calculados a nivel de la ciudad de México que se encuentra a 2,240 metros sobre el nivel del mar y a una presión atmosférica de 590 mm Hg. y son las siguientes:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VALORES NORMALES DE GASOMETRIA EN
LA CIUDAD DE MEXICO:

pO ₂ art.	-----	67.8 ± 4.3 mm de Hg.
pCO ₂ art.	-----	29.6 ± 2.2 mm de Hg.
pH	-----	7.429 ± 0.028
HCO ₃ ⁻ act.	-----	24 ± 2 mEq/L.
Sat. Art. O ₂	-----	88 a 92%
Cont. Art. O ₂	-----	18 vol.%
Cont. Ven. O ₂	-----	10 a 15 vol.%
Dif. A/V O ₂	-----	4.5 - 5 cc%
Base buffer	-----	42.8 mEq/L.
Conc. HCO ₃ ⁻ Standard	-----	0 (+ 2.5 a -2.5) mEq/L.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MATERIAL Y METODOS :

Método descrito por John Border en el año de 1966: Este método — emplea solamente tres jeringas de 10 ml. que pueden ser de plástico, una llave de tres vías y una jeringa sin émbolo.

A) Detección de la hipoxia arterial.— La hipoxia arterial puede — ser detectada por la comparación de la sangre arterial de pacientes — sanos y la misma sangre que ha sido equilibrada con el aire final de la espiración del médico. El aire del final de la espiración del médico — provee un gas arterial esencialmente con una pO_2 y una pCO_2 normal y — aún permite la comparación de sangres arteriales sin alteraciones con — sangre a una pO_2 que debería tener la arteria.

1.- Aspirar 10 ml. de sangre arterial en la jeringa 1 cuyo espacio muerto debe ser llenado previamente con heparina.

2.- Transferir 5 ml. a la jeringa 2 heparinizada previamente.

3.- El médico introduzca 5 ml. del final de su aire espirado dentro de la jeringa 2.

4.-Equilibrar las fases de gas y líquida en la jeringa 2 durante — tres minutos.

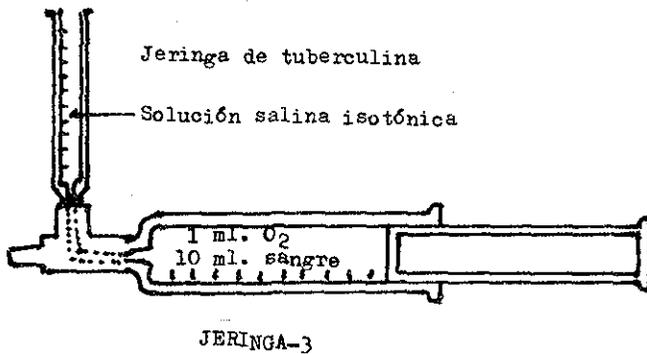
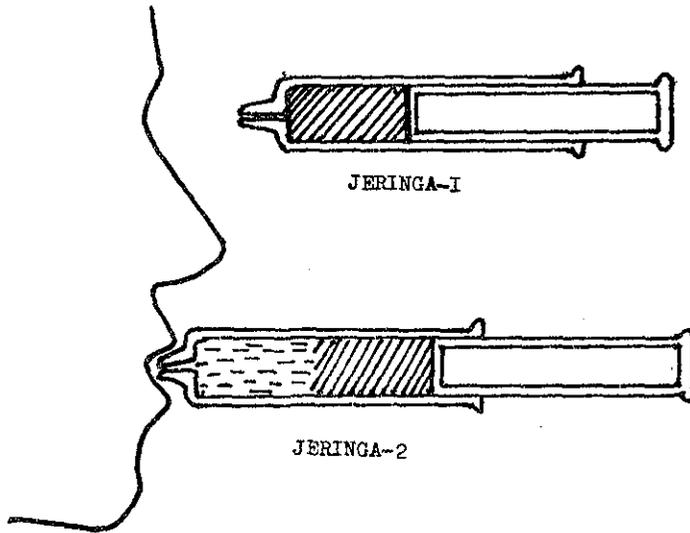
5.-Compare el entrojecimiento de la jeringa 1 y 2 .

6.- Preserve la jeringa 1 para la siguientes determinaciones.

B) Diferencia de oxígeno arteriovenoso.— Esta técnica está basada sobre el cambio de volúmen de una burbuja de oxígeno que ocurre cuando el oxígeno reacciona con la hemoglobina. El cambio de volúmen es medido por el movimiento de un indicador fluido (solución salina isotónica) en una jeringa de tuberculina; la señal ocurre cuando se ha mezclado la — sangre venosa con la burbuja de oxígeno y que presenta el mismo entrojecimiento que la sangre arterial del paciente y esto toma alguna — — consideración en el efecto de la hipoxia arterial.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESQUEMA DEL METODO DE BORDER



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los sucesos de ésta técnica dependen sobre el uso de pequeños volúmenes de oxígeno al 100%, de modo que la pCO_2 en la fase de gas puede elevarse lo suficiente para mantener el CO_2 en solución.

1.- Se monta una llave de 3 vías, una jeringa de plástico de 10 ml (jeringa 3) y una jeringa de tuberculina sin émbolo que se llena a un ml. con solución salina isotónica.

2.- Se llena el espacio muerto de la jeringa y la llave de tres vías con heparina.

3.- Se aspiran 11 ml. de sangre venosa.

4.- Se expela sangre extra de manera que queden 10 ml. de sangre venosa en la jeringa 3.

5.- Agregar de 0.75 a un ml. de oxígeno puro a los 10 ml. de sangre de la jeringa 3.

6.- Se colocan en la llave de tres vías la sangre de la jeringa 3, y la jeringa de tuberculina, se lee en la jeringa de tuberculina el volúmen del líquido y se registra.

7.- Impedir que el émbolo de la jeringa 3 se mueva mientras se está equilibrando la fase de gas y líquido, hasta que la sangre tiene el mismo grado de enrojecimiento con la sangre arterial de la jeringa 1

8.- Leer el volúmen en la jeringa de tuberculina, el cambio de volúmen está en la subida de oxígeno en los 10 ml. de sangre menos la evolución del CO_2 ; el resultado se multiplica por 100, de ésta manera lo obtenido seran volúmenes por ciento.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Con el objeto de comparar el grado de significancia entre el método descrito por Border y el método de Astrup para determinaciones de gases en sangre; se estudiaron 50 pacientes al azar con diversos padecimientos, que ingresaron al Hospital de Traumatología "Urgencias la Villa" de los Servicios Médicos del D.D.F.; de los cuales 34 correspondieron al sexo masculino y 16 al sexo femenino con edades entre 12 y 80 años, siendo el promedio de edad 44.2 años.

A cada paciente se le efectuó: Historia clínica y determinación de hemoglobina y hematocrito.

Instrumental utilizado.—Para cada paciente se utilizaron:

3 jeringas hipodérmicas de plástico de 10 ml. heparinizadas con aguja del número 20 (se etiquetaron como jeringa-1, jeringa-2, jeringa-3).

Una jeringa de tuberculina sin émbolo con un ml. de solución salina isotónica.

Una llave de tres vías heparinizada.

Un tubo de ensayo de 3 ml. con un ml. de vaselina como sello.

Un termo con hielo escarchado.

Sitios de punción.— Por ser más rápido y de más fácil acceso se eligió la arteria radial y la vena mediana cefálica. En ésta forma en 21 pacientes se punció la arteria radial derecha y en 29 pacientes la radial izquierda; para la obtención de la sangre venosa en 20 pacientes se punció la vena mediana cefálica izquierda y en 30 la derecha, esto se debió a que los pacientes tenían soluciones parenterales en el lado izquierdo o en el derecho.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Método.- Previa asepsia* con yodo polivinilpirrolidona y tintura de merthiolate, se puncionó la arteria radial aspirando en la jeringa-1 - 10 ml de sangre, de los cuales de inmediato se depositó 1 ml. de la misma en el fondo de tubo de ensayo con sello de vaselina y se introdujo - dicho tubo en un termo con hielo escarchado (para mantener la sangre en condiciones de hipotermia y evitar cambios en su composición); además - se transfirieron a la jeringa-2,5ml de sangre de la jeringa-1, ésta última quedó como testigo.

En la jeringa-2 que contiene 5 ml. de sangre arterial de la jeringa -1, se introdujeron 5ml. del final del aire espiratorio del médico, se obstruyó la punta de la jeringa con un dedo, se esperaron 3 minutos - para que se efectuara la mezcla del oxígeno con la sangre del paciente, y se comparó el grado de enrojecimiento de ésta con la jeringa-1. Se - utilizaron los términos de mínimo, moderado, marcado y muy marcado, de acuerdo al grado de variación de l enrojecimiento de la jeringa-2 con - respecto a la jeringa-1

Resultados.- Los resultados obtenidos coincidieron con la severidad de los padecimientos.

CUADRO I

<u>Variación del grado de enrojecimiento.</u>	<u>No. de casos.</u>
MINIMO:	36
MODERADO:	19
MARCADO:	3
MUY MARCADO:	2
	<hr/>
	50 total de casos.

*es antiseptia

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Método.- Previa asepsia* con yodo polivinilpirrolidona y tintura de merthiolate, se puncionó la arteria radial aspirando en la jeringa-1 - 10 ml de sangre, de los cuales de inmediato se depositó 1 ml. de la misma en el fondo de tubo de ensayo con sello de vaselina y se introdujo - dicho tubo en un termo con hielo escarchado (para mantener la sangre en condiciones de hipotermia y evitar cambios en su composición); además - se transfirieron a la jeringa-2, 5ml de sangre de la jeringa-1, ésta última quedó como testigo.

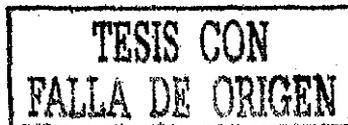
En la jeringa-2 que contiene 5 ml. de sangre arterial de la jeringa -1, se introdujeron 5ml. del final del aire espiratorio del médico, se obstruyó la punta de la jeringa con un dedo, se esperaron 3 minutos - para que se efectuara la mezcla del oxígeno con la sangre del paciente, y se comparó el grado de enrojecimiento de ésta con la jeringa-1. Se - utilizaron los términos de mínimo, moderado, marcado y muy marcado, de acuerdo al grado de variación de l enrojecimiento de la jeringa-2 con - respecto a la jeringa-1

Resultados.- Los resultados obtenidos coincidieron con la severidad de los padecimientos.

CUADRO I

<u>Variación del grado de enrojecimiento.</u>	<u>No. de casos.</u>
MINIMO:	36
MODERADO:	19
MARCADO:	3
MUY MARCADO:	2
	<hr/>
	50 total de casos.

*es antisepsia



Como se observa en el cuadro I, y es lógico ver que, la variación en el grado de enrojecimiento de la sangre se debe a la falta de una — correcta oxigenación de la sangre de los pacientes. De ésta manera, — observamos también que el grado de concentración de oxígeno en la san— gre varía de acuerdo al grado de gravedad del padecimiento.

Para comprobar ésta observación se efectuó la siguiente fase del — método, encaminado a obtener los volúmenes por ciento del oxígeno san— guíneo y compararlo con lo obtenido por el método de Astrup.

Se utilizó sangre arterial, porque se supone que está desoxigenada y a la hora de equilibrar ésta con el oxígeno del médico que es normal, nos da el grado de enrojecimiento que se traduce en la determinación de de la saturación de la hemoglobina por el oxígeno.

Con la sangre venosa nos va a dar el grado de volumen que hay desde la sangre venosa hasta la sangre arterial saturada, lo que nos indica — las posibles deficiencias en la oxigenación de la sangre. De esta forma tratamos de obtener los volúmenes que requiere para hacerse sangre — saturada; si la comparamos con el método tradicional, obtendremos el — grado de variación entre la obtención de oxígeno por ambos métodos.

Determinación de oxígeno sanguíneo utilizando el método de Border.

Se puncionó la vena mediana cefálica utilizando la jeringa-3 con — la cual se obtuvieron 10 ml. de sangre, se conectaron a la llave de — tres vías la jeringa-3 y la jeringa de tuberculina con un ml. de solu— ción salina isotónica permaneciendo cerrada la llave para ésta última;— enseguida se introdujo 1 ml. de oxígeno puro a la jeringa-3, se esperó, el tiempo necesario para que el enrojecimiento de ésta coincidiera con el enrojecimiento de la sangre de la jeringa-I (testigo); una vez logra do esto, se giró la llave para poner en comunicación directa la jeringa

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

-3 con la jeringa de tuberculina, se observó la variación de volúmen de la solución isotónica y se leyó en la escala de la jeringa de tuberculina, que es de centésimos de ml. el resultado obtenido se multiplicó por 100 para obtener el porcentaje de diferencia en saturación. Estos resultados se compararon con los volúmenes de oxígeno que contiene una sangre saturada al 100%, obteniendo de ésta forma los volúmenes por ciento de oxígeno.

Método de Astrup.- Los tubos de ensayo con sangre de la jeringa-1, conservados en el termo con hielo escarchado, se procesaron utilizando éste método.

En este proceso fué utilizado el PHM 71 MK2 Acid-Base Analyzer, --- Radiometer Copenhagen, Astrup. el cual se calibró a una temperatura de 37°C; la sangre ~~requerida~~ para éste método es de 0.5 ml. Una vez calibrado el aparato, se procedió a extraer la sangre de los tubos de ensayo con una jeringa y una aguja larga introducida hasta el fondo del tubo y de inmediato se inyectó dicha sangre a un depósito específico --- que contiene el aparato de esta manera se efectuaron las lecturas de --- de los resultados correspondientes, oprimiendo los botones específicos, para pO₂, CO₂ y pH en sus escalas respectivas.

Para fines de nuestro estudio, los resultados de pO₂ obtenidos de ésta manera se convirtieron a volúmenes por ciento de oxígeno con las siguientes fórmulas :

$$O_2 \text{ total} = O_2 \text{ combinado con Hb} + O_2 \text{ disuelto.}$$

$$O_2 \text{ combinado} = \text{Hb en grs.}\% \times 1.34$$

$$O_2 \text{ disuelto} = \text{Coef. de Solubilidad del } O_2 \times \frac{p \text{ } O_2}{P. \text{ Atmosférico}}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los volúmenes de oxígeno sanguíneo obtenidos por los dos métodos, se sometieron a un análisis estadístico para determinar el grado de significancia de nuestro método estudiado. Se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\text{S.D.} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad \text{donde:}$$

S.D. = desviación estandar

$\sum_{i=1}^N$ = suma de 1 a N

X = valor de cada resultado. (de un método de observación)

\bar{x} = promedio de los resultados. (de un método)

N = número de resultados. (de un grupo de observaciones)

Student t Test :

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{SD_1}{N_1} + \frac{SD_2}{N_2}}} \quad \text{donde:}$$

\bar{x}_1 = a la mediana de un método. (o grupo de observaciones)

\bar{x}_2 = a la mediana del otro método. (grupo de observaciones)

SD₁ = desviación estandar de un método.

SD₂ = desviación estandar del otro método.

N₁ = al número de casos de un método

N₂ = al número de casos del otro método.

La t obtenida de ésta manera, se leyó su valor en las tablas científicas para la t de Student, dándonos una significancia de 0.001.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Aplicando los valores obtenidos a las fórmulas descritas en la página anterior tenemos:

S.D. para un grupo de observaciones :

$$\sum_{1}^N (X - \bar{X}) = 32.3018$$

$$N-1 = 49$$

donde se deduce:

$$S.D. = \sqrt{\frac{32.3018}{49}} = 0.8119238$$

De ésta forma se obtuvo desviación estandar para un grupo de observaciones. Para el otro grupo se efectuó de la misma manera obteniendo un SD = 2.3591196

Para desarrollar la fórmula de la " t " aplicando los valores obtenidos , se hizo de la siguiente manera:

$$\bar{X}_1 = 17$$

$$S.D._1 = 2.3591196$$

$$\bar{X}_2 = 16.2$$

$$S.D._2 = 0.8119238$$

$$t = \frac{17 - 16.2}{\sqrt{\frac{2.3591196}{50} + \frac{0.8119238}{50}}} = 3.1766831$$

Así el valor obtenido de la t, fué leído en el libro de tablas científicas en la página correspondiente a Student t Test.

El valor leído fué para 50 casos = 0.001

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

TABLA DE RESULTADOS :

PACIENTE:	g% HEMOGLOB.	METODO	DE BORDER	METODO	DE ASTRUP
		Var. Vol.	Vol.% O ₂	pO ₂ mmHg.	Vol.% O ₂
1	10.2	0.85	15.3	80	13.97
2	11.5	0.90	16.2	45	15.6
3	17.0	0.95	17.1	40	22.7
4	10.8	0.95	17.1	50	14.7
5	12.0	0.90	16.2	40	16.9
6	12.8	0.90	16.2	80	17.4
7	15.0	0.75	13.5	50	20.2
8	15.0	0.90	16.2	40	20.2
9	13.2	0.90	16.2	85	17.9
10	13.5	0.85	15.3	60	15.4
11	12.5	0.95	17.1	65	17.0
12	13.0	0.85	15.3	70	17.6
13	11.5	0.75	13.5	60	15.6
14	12.0	0.90	16.2	45	16.9
15	14.0	0.90	16.2	75	18.9
16	14.0	0.90	16.2	60	18.6
17	14.0	0.95	17.1	85	19.0
18	14.0	0.90	16.2	60	18.9
19	7.2	0.94	16.9	70	10.0
20	14.4	0.95	17.1	90	19.1
21	8.2	0.90	16.2	85	11.32
22	11.8	0.90	16.2	85	17.1
23	12.7	0.95	17.1	90	17.3
24	11.2	0.90	16.2	92	15.3
25	14.0	0.95	17.1	84	19.0
26	12.8	0.95	17.1	76	17.3
27	12.1	0.95	17.1	65	16.5
28	11.0	0.85	15.3	37	14.0
29	12.5	0.90	16.2	70	16.9
30	12.8	0.95	17.1	81	17.5

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

TABLA DE RESULTADOS : (cont.)

PACIENTE	g.% HEMOGLOB.	METODO	DE BORDER	METODO	DE ASTRUP
		Var. Vol.	Vol.% O ₂	pO ₂ mm Hg	Vol.% O ₂
31	16.0	0.90	16.2	77	21.7
32	13.2	0.85	15.3	46	17.8
33	13.0	0.90	16.2	58	17.6
34	9.5	0.90	16.2	42	13.0
35	13.5	0.95	17.1	68	18.3
36	12.0	0.90	16.2	68	17.0
37	11.8	0.90	16.2	55	16.1
38	12.0	0.90	16.2	72	16.3
39	12.0	0.90	16.2	70	16.3
40	10.0	0.95	17.1	80	13.7
41	11.0	0.95	17.1	65	15.0
42	10.2	0.90	16.2	60	13.9
43	12.8	0.95	17.1	70	17.5
44	11.5	0.90	16.2	45	15.6
45	12.0	0.94	16.9	61	17.0
46	12.2	0.95	17.1	40	16.5
47	13.0	0.95	17.1	65	17.7
48	10.0	0.90	16.2	52	13.6
49	13.0	0.94	16.9	65	17.7
50	12.8	0.93	16.7	72	17.7

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DISCUSION Y CONCLUSIONES:

Border en la publicación de su método hace la comparación con los métodos clásicos, señalando que dicho método es útil, sin embargo no lo sometió a el análisis estadístico como lo hicimos nosotros al determinar oxígeno sanguíneo por éste método; observando que si el método es bien hecho sus resultados son confiables.

De lo anteriormente expuesto hemos llegado a las siguientes conclusiones:

- 1.- El método es extraordinariamente barato en comparación con el método clásico.
- 2.- Lo puede realizar cualquier médico que posea conocimientos básicos de la fisiología de los gases sanguíneos.
- 3.- Este método es limitado solo a la determinación de oxígeno sanguíneo, sin embargo:
- 4.- Deben estudiarse otros métodos para la determinación de los demás parámetros.
- 5.- Puede servir de base a otros estudios.
- 6.- Puede servirnos de base en el tratamiento del paciente quirúrgico en estado crítico.
- 7.- El método según nosotros es aplicable a la clínica ya que su grado de significancia es confiable.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

R E S U M E N :

Con el objeto de comparar dos métodos, uno fácil y — barato descrito por Border y otro clásico descrito por Astrup para la determinación de volúmenes de oxígeno sanguíneo, se estudiaron cincuenta pacientes al azar, que ingresaron por diversos padecimientos en el Hospital de Traumatología de "Urgencias Villa" dependiente de los Servicios Médicos del D.D.F. Se observó la similitud entre la gravedad de los padecimientos y la variación del enrojecimiento sanguíneo de la sangre de los mismos; Las determinaciones de volúmenes de oxígeno sanguíneo por uno y otro método se sometieron a un análisis estadístico, el cual no dió un grado de significancia de 0.001, lo que nos indica que el método es válido y confiable.

Se llegó a la conclusión de que el método aquí estudiado, es aplicable a la clínica.

FALTA

PAG

31

BIBLIOGRAFIA :

1. Bonfiglio R. y Olivas E. : La diferencia alveolo-arterial de oxígeno como parte de las pruebas de la función respiratoria. Resultados en la Ciudad de México. Rev. Mex.-Anest. y Ter. Int. 24,3, 1975.
2. Bonfiglio R. y J. Ortiz.:Nomograma de Siggaard-Andersen-modificado para 2240 metros de altura. Rev. Mex.Anest. y Ter.Int. 24, 6, 1975.
3. Border J.L. E. Gallo.:Alterations in cardiovascular and Pulmonary physiology in severly stressed patient. The J.-of Trauma. 6,2, 1966.
4. Collier,C.C.: Determination of mixed venous CO₂ tension-by Rebreathing. J. Appl. Physiology. 9,25, 1956.
- 5.- Comroe J.: The Lung: Clinical Physiology and pulmonary -function test. Year Book Med. publishers,Chicago 1974.
6. Emanuel Golberger.: A primer of Water Electrolyte and --Base Syndromes. Fourth Edition . Philadelphia 1970.
- 7.- Guyton C.A. Tratado de Fisiología Médica. 3a Ed.1969.
8. Horrobin D.F.: Fisiología y Bioquímica Médicas.Ed.Salvat 1976.
9. James R. Robinson.: Fundamentals of acid-base regulation fourth Edition,Blackwell Scientific publications, Oxford Lond Edinburg M. 1970
10. Konrad Dien.:Tablas científicas. 6a.Ed. Ciba-Geigy S.A.-Basilea Suiza. 1971
11. Martínez E. Villazón A.:Estudio comparativo entre la saturación de la hemoglobina medida y calculada. Rev. Mex. Anest. y Ter.Int. 24, 2, 1975.
12. Mireles M. y Sánchez R.: Valores normales de pH,paCO₂, -paO₂, saturación de oxígeno. déficit y exceso de base, -base buffer, bicarbonato estandar y actual en la Ciudad de México. Rev. Mex. Anest. 18 (104) 1969.
13. Rahn,H. and Fardi, L.C.: Ventilation-perfusion and gas -exchange. The VA/Q concept. In handbook of Physiology. -Section 3: Respiration, Vol.I. Washington,D.C.:American Physiological Society. 1964.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

14. Rangel L. y Bañuelos J.: Valores normales de gasometría arterial en niños de la Ciudad de México. Rev.Mex.Anest. y Ter. Int.:24, 2, 1975.
15. Siggaard-Andersen O.: Blood acid-base alignment nomogram Scand J. Clin Lab Invest, 1963 15: 211-217.
16. Whipple, G.H. and Madden, S.C.: Hemoglobin, plasma protein and construction in emergencies. Medicine. 23:215-224, -1944.
17. Wilson John N.: Rational Approach to Management of Clinical Shock. Arch. Surg. July 91, 1965 92-120.