



11231

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE MEDICINA

3
201

**MEDICION PLETISMOGRAFICA Y RADIOLOGICA
DE LA CAPACIDAD PULMONAR TOTAL (CPT) DU-
RANTE UN ATAQUE AGUDO DE ASMA BRONQUIAL**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
ESPECIALISTA EN NEUMOLOGIA
P R E S E N T A
DR. RAMON ALBERTO PEREZ MARTINEZ

R. Perez Martinez

[Firma]
**INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES
RESPIRATORIAS**

SUBDIRECCION GENERAL DE ENSEÑANZA

México, D. F.

Abril, 1990

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INTRODUCCION.-

Las pruebas de función respiratoria, han demostrado utilidad en la valoración de los enfermos pulmonares desde el punto de vista funcional y en ocasiones ayudando aun a aclarar los diagnósticos. Las pruebas de función pulmonar mas importantes son la espirometría que evalúa la función mecánica del pulmón y la gasometría arterial que evalúa la calidad del pulmón para el intercambio gaseoso. Estas pruebas son relativamente sencillas y fáciles de obtener y son suficientes en la mayoría de los pacientes. Sin embargo, existen pacientes en los cuales se necesitan pruebas, ya sea de mecánica pulmonar o de intercambio gaseoso, mas detalladas que las anteriores para aclarar un patrón funcional. Dentro de este grupo de pruebas, que se pueden llamar complementarias, está la medición de los volúmenes pulmonares, es decir de la capacidad pulmonar total (CPT), volumen residual (VR) y capacidad funcional residual (CFR); además de los que se miden espirométricamente como la capacidad vital (CV). La medición de los volúmenes pulmonares, es importante cuando en la espirometría se encuentra una disminución en la capacidad vital, que puede ser secundaria a obstrucción aérea (por aumento del volumen residual) o bien por restricción pulmonar (disminución de la CPT). Existen muchos pacientes con disminución de la CV en los cuales una espirometría es insuficiente para aclarar la causa funcional a menos de que se midan los volúmenes pulmonares. El volumen de gas en los pulmones depende, en cualquier momento, de la mecánica de estos y de la pared torácica, así como de la actividad de los músculos inspiratorios y espiratorios, bajo cualquier condición específica. En sujetos sanos, el tamaño de los pulmones completamente inflados (CPT) depende básicamente de la talla, es decir que a mayor tamaño corporal, mayor tamaño pulmonar. El efecto de la edad es muy pequeño con una tendencia a disminuir conforme se envejece. (1,2-4,5-6)

Los métodos comunes para la medición de la CPT son:

- a.- Lavado de nitrógeno en circuito abierto.
- b.- Equilibrio de helio en circuito cerrado.
- c.- Pletismografía corporal.
- d.- Planimetría de rayos X.

Un quinto método descrito consiste en la dilución de helio después de una inspiración simple y después de un periodo de detención de la respiración (7-14).

Todos estos métodos presentan una íntima correlación entre si, y así la correlación entre la planimetría y la pletismografía corporal, varía de un valor de r (índice de correlación) de 0.955, 0.96, 0.87 a 0.89. El índice de correlación entre el método planimétrico y el método de dilución de helio alcanza un valor de 0.94; otros reportan r igual a 0.96.

El valor de r puede alcanzar 0.929 cuando se correlacionan la pletismografía corporal y la dilución de helio. La correlación entre los métodos de helio por equilibrio y su estimado por respiración simple puede llegar a ser de 0.99 (28).

La pletismografía corporal es la que nos interesa para nuestro trabajo y describiremos brevemente a continuación.

METODO PLETISMOGRAFICO PARA LA MEDICION DE VOLUMENES PULMONARES. - Se acepta en general, que la pletismografía corporal es el método más preciso para la determinación de la CPT o de la CFR y es utilizado como standard (5,6); aunque esto es cuestionado por algunos investigadores.

La pletismografía corporal, mide el volumen de gas intratorácico, este o no comunicado con el árbol bronquial. (2). La pletismografía puede proporcionar resultados alterados en la medición de los volúmenes pulmonares, por incluir el gas gastrointestinal en la medición. Sin embargo este error es despreciable, aunque mayor en algunos pacientes que al pedirles que jadeen utilizan los músculos abdominales y accesorios de la respiración comprimiendo el abdomen. Estas son las razones del interés de determinar el volumen pulmonar a partir de radiografías de tórax (9).

Hace uso de la ley de Boyle que establece, que para un recipiente cerrado a una temperatura constante, la presión multiplicada por el volumen es constante. (7,8)

En laboratorios clínicos el pletismógrafo de volumen constante / presión variable es el más comúnmente usado. El pletismógrafo corporal es una cámara o cabina hermética, lo suficientemente grande para que quepa en ella un sujeto. El sujeto en el pletismógrafo cerrado o "caja" respira a través de una boquilla y unos tubos. Los tubos se encuentran conectados a un transductor de presión (presión de la boca); un obturador controlado electrónicamente puede ocluir la vía aérea al ser activado por la persona que realiza la prueba y un neumotacógrafo para medir el flujo aéreo, lo que permite al operador seguir el patrón respiratorio del sujeto. Un segundo transductor de presión, que debe de ser muy sensible, vigila la presión del pletismógrafo (presión de la caja o de la cabina).

Después de que el paciente respira un rato a través del tubo abierto, para establecer el patrón respiratorio normal, el operador cierra el obturador de la vía aérea al final de una espiración corriente normal. En este momento el sujeto hace un esfuerzo inspiratorio contra una vía aérea cerrada que ocasiona la expansión del tórax y la descompresión del aire intratorácico. Con la expansión del tórax se comprime el aire alrededor del individuo lo que es detectado por un aumento de la presión de la cabina.

Con estas variables se puede calcular el volumen intratorácico al ocluir la vía aérea e iniciar la compresión.

$$\frac{\text{Cambio de volumen}}{\text{Volumen inicial}} = \frac{\text{cambio de presión}}{\text{presión inicial}}$$

El cambio de volumen se refiere al cambio de volumen en el pulmón por la expansión que es el mismo volumen comprimido en la cabina y lo llamaremos ΔV . El cambio de volumen se conoce por el cambio de presión en la cabina ya que se calibra con una bomba de 50 ml. Es decir que conocemos la presión de la cabina al añadirse o retirarse 50 ml. Al cambio de presión ΔP es el cambio en la

presión de la vía aérea, el volumen inicial es la CFR y la presión inicial es la presión barométrica Pbar. Por lo tanto:

$$\frac{\Delta V}{CFR} = \frac{\Delta P}{Pbar}$$

Y despejando CFR tenemos:

$$CFR = \frac{\Delta V \times Pbar}{\Delta P}$$

Quedando todos los términos conocidos.

Utilizando a la presión esofágica para medir los cambios de presión pleural, Rodenstein y Stanescu encontraron que la CPT fue sobrestimada por pletismografía y subestimada por dilución de helio, en pacientes con obstrucción crónica al flujo aéreo. Brown y Cols. en 1978 sugirieron que la obstrucción de las vías aéreas puede conducir a mediciones imprecisas. La razón de este error es que los cambios de presión medidos en la boca no coinciden con los cambios de presión en los alvéolos cuando hay obstrucción aérea grave. Esto es en parte por incomunicación de zonas alveolares con las vías aéreas grandes y también porque existe flujo aéreo en áreas pulmonares durante los esfuerzos con el obturador ocluido. En buena parte estos flujos aéreos ocurren debido a que con los cambios en la presión de la vía aérea durante los esfuerzos inspiratorios y espiratorios, la vía aérea extratorácica se distiende y contrae ocasionando flujo aéreo desde los pulmones y hacia los pulmones. Estas caídas de presión no se detectan en la boca.

Los sujetos asmáticos pueden tener una resistencia aérea muy aumentada y por lo tanto errores en la medición de la CPT por el pletismógrafo. El método radiológico ofrece esta ventaja sobre el pletismográfico, ya que su medición es independiente de la presencia de la obstrucción de las vías aéreas. Por este motivo haremos una breve reseña sobre la medición radiográfica de la CPT.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS. - La CPT es una importante medida para la evaluación fisiológica en los pacientes que padecen enfermedad pulmonar. En la actualidad no conocemos ningún estudio a nivel nacional que correlacione los métodos para medir CPT, sin embargo, múltiples estudios se han realizado a este respecto a nivel internacional desde hace aproximadamente dos siglos. Por ejemplo los estudios hechos por Davy en 1799 en los que podrían ser los primeros intentos en medir VR (15). En 1917, Warren describió una técnica ortodiagnóstica utilizando fluoroscopia para la determinación de la CPT y para demostrar la disminución progresiva de la CPT en pacientes con crisis asmática (10). Asimismo, estudios planimétricos, realizados en 1933 por Hurtado y Fray quienes intentaron determinar volúmenes pulmonares por el método radiológico (10-12,15-17). Otros estudios llevados a cabo

Tesis, Pérez-Martínez B

en 1939 por Aslett, Hart y McMichell con modificación de las técnicas anteriores trataron de demostrar lo mismo (15).

Kovach, Avedian, Morales y Poulos en 1956 sugirieron la medición de la CPT por radiología tomando la caja torácica como un paraboloides y haciéndose la medición radiográfica PA en inspiración profunda (11). Asimismo, años mas tarde Barnhard, Pierce, Joyce y Bates en 1960 introdujeron otra técnica en la cual los pulmones son considerados como una serie de cilindroides elípticos y utilizando tanto radiografías PA como lateral (11,15-17). En 1966 Loyd, String y Dubois tratan de demostrar el método planimétrico (9,16,18). En 1967 Pratt y Klugh demuestran la aplicación práctica del método planimétrico (16,17). Reger y Jacobs en 1970 y O'Shea y cols., en el mismo año y en estudios separados, tratan de demostrar lo mismo (16). En 1971 Harris, Pratt y Kilburn tratan de demostrar la aplicabilidad del método (16,19). En 1978 Brown y cols. sugirieron que la pletismografía puede conllevar a mediciones inadecuadas en los pacientes con obstrucción de las vías aéreas (11). En 1979 Pierce, Brown, Holmes, Cumming y Denison hicieron estimaciones de volúmenes pulmonares a partir de radiografías de tórax (19). En 1980 Miller y Offord también hicieron determinación de la CPT por radiografías (16). En 1981 el servicio de salud pública de los Estados Unidos publica un artículo científico en el que miden la CFR a partir de radiografías de tórax (13).

En 1983 Sammy C. Campbell publica un artículo sobre la estimación de la CPT por planimetría de radiografía de tórax en niños de 5 a 10 años de edad; asimismo y en este mismo año los centros para el control de enfermedades de los Estados Unidos (CDC), en Atlanta, Georgia, publican los resultados de una encuesta nacional sobre medición de CPT por determinación radiográfica (13,20,21).

En 1984 Burns y Scheinhorn publican la determinación de la CPT en enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) mediante la evaluación de la técnica de dilución de helio (22).

En 1988 Rothpearl, Varma y Goodman hacen mediciones radiográficas en pacientes con enfisema clínico (23).

Finalmente, en 1989 Rothstein, Zelefsky, Eichacker, Rudolph y Williams publican la medición radiológica de la CPT en 32 pacientes con cuadro asmático agudo (17).

El presente estudio trata de correlacionar la determinación de la CPT, por pletismografía respecto a su medición por el método planimétrico, en pacientes con asma bronquial aguda.

Como han demostrado diferentes estudios, el método planimétrico resulta ser simple, rápido, seguro y reproducible en cualquier lugar para la determinación de la CPT, sin necesidad de utilizar técnicas complicadas, entrenamiento especializado ni equipos sofisticados que resulten ser muy costosos; de ahí su gran utilidad en lugares de escasos recursos económicos proporcionando una información tan confiable como la que suministraría un laboratorio de fisiología pulmonar y sin riesgo para el paciente (9,24).

No obstante, el método pletismográfico para la medición del volumen de gas en el parénquima pulmonar es considerado por algunos el método más seguro, pero resulta ser muy costoso, requiere de equipo sofisticado y un personal bien entrenado; y a pesar de esto no es infalible por diferentes causas, atribuibles a la técnica misma por un lado, y por el otro a factores humanos (15).

Así, algunos estudios han demostrado un coeficiente de correlación entre los volúmenes calculados por radiografías y mediciones fisiológicas que varía de 0.80 a 0.96. Por otro lado, el volumen radiológico del tórax ha sido correlacionado con el volumen pulmonar total por mediciones obtenidas post-mortem y el alto coeficiente de correlación ($r=0.95$) indica que la ecuación de regresión puede ser utilizada para calcular la CPI de la radiografía de tórax (9,15,16).

El cálculo del volumen pulmonar se puede medir siguiendo los tres siguientes pasos:

- 1.- Se sombrean ambos campos pulmonares con un plumón en la radiografía PA, excluyéndose tanto el mediastino como la silueta cardíaca y se mide el área de los campos pulmonares con un planímetro.
- 2.- Se mide el área de la radiografía lateral donde se incluye la silueta cardíaca, tomando como referencia el margen interno del esternón y los cuerpos vertebrales en el margen posterior, se traza el contorno del hemidiafragma por debajo y se prolongan las líneas hasta la parte superior de los campos pulmonares.
- 3.- Finalmente, se mide el volumen de los campos pulmonares tanto en la radiografía PA como en la lateral en Cm², y con dichos valores se obtiene la CPI aplicando alguna de las fórmulas reportadas (9,13,14,19,20,25,26). Nosotros utilizamos la ecuación obtenida en nuestro instituto por Del Cid y que pueden observarse en la tabla 17, donde aparecen las ecuaciones para calcular CPI a partir de una serie de combinaciones de mediciones planimétricas. Nosotros utilizamos la fórmula para calcular CPI a partir de la suma de las áreas pulmonares en la placa PA y lateral:

$$CPI = 0.007 \times (\text{suma de áreas pulmonares}) \text{ Cm}^2. - 0.572$$

El error standard de la medición de la CPI por planimetría es variable de un estudio a otro, reportando algunos 210 ml, o sea, que el 95% de los casos de volumen calculado será dentro de 420 ml. del volumen verdadero (2 errores estándares).

Como se puede apreciar el método planimétrico resulta sencillo, rápido y fácil de realizar y solamente con el conocimiento de cálculos matemáticos no complicados y la ayuda de una calculadora electrónica es posible la obtención de los datos. En caso de no disponerse de una calculadora electrónica, puede utilizarse la escala logarítmica (9).

Así, la CPI obtenida por este método nos sirve para la diferenciación entre los pacientes con "bronquitis pura" de aquellos portadores de "enfisema", y con la medición de la misma podemos establecer el diagnóstico temprano de enfisema asintomático antes de que aparezca la obstrucción del flujo aéreo espiratorio y el incremento del VR con el solo hecho de encontrar la CPI incrementada (9).

Es bien conocido que la determinación de la CPT por el método planimétrico requiere que la medición de los volúmenes pulmonares en la radiografía de tórax se haga en inspiración profunda (máxima) por el paciente; asimismo, que la distancia de la toma de la radiografía debe ser la misma y de ser posible esta debe ser realizada por un mismo técnico, con la finalidad de evitar errores en la medición. Es aconsejable que las mediciones con el planímetro sean realizadas también por un mismo observador. La obtención de los volúmenes pulmonares tanto por espirometría como por pletismografía también deben de ser realizados por un mismo operador. Sin embargo, los estudios de R. J. Pierce y cols. (1979) demuestran que la variabilidad intra e interobservador es de menos de 1% y 5% respectivamente (ver tablas 18 y 19).

Con la finalidad de la obtención del mayor volumen pulmonar durante la inspiración máxima (previa motivación por el personal técnico) algunos autores aconsejan la medición de los volúmenes por espirometría al mismo tiempo que la toma de la radiografía (Rx), sin embargo, otros autores no establecen ninguna diferencia en estas mediciones por separado.

En su búsqueda de demostrar lo comparable del método planimétrico con el pletismográfico, algunos autores como Barnhard y cols. (1960) trataron de demostrar la medición de la CPT a partir del volumen sanguíneo pulmonar con la utilización de una fórmula específica para la medición de la misma y la construcción de una tabla en relación a la estatura (Ces), y sexo (16) (Fig. 8):

$\pi \frac{5}{4}$	w e h (volumen total de caja torácica)
$\frac{\pi}{6}$	r1 r2 (volumen del segmento diafragmático derecho)
$\frac{\pi}{6}$	r1 r2 r3 (volumen diafragmático izquierdo)
$\frac{\pi}{6}$	d1 d2 d3 (volumen cardíaco)

VOLUMEN SANGUÍNEO PULMONAR OBTENIDO POR LA ESTATURA

HOMBRES

Estatura (Ces)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
160	672	700	704	733	738	767	771	776	806
170	816	821	826	830	835	840	844	850	854
180	864	868	873	878	883	888	892	897	902

MUJERES

150	517	521	524	551	554	558	561	565	568	572
160	576	580	583	587	590	594	599	601	605	608
170	612	616	619	622	626	630	634	637	641	644

En ese tipo de medición se asumió que el volumen sanguíneo del parénquima pulmonar es de 130 ml. (15) (ver Fig. 9). En su intento de comparar el método de Barnhard con pletismografía corporal para la obtención de la CPT, J. O'Shea y cols. encontraron que aun en presencia de infiltrados pulmonares las obtenciones de la CPT por ambos métodos fueron similares (11).

La medición de la CPT por radiografía de tórax resulta ser rápido y económico, lo que permitiría su aplicación en la realización de estudios epidemiológicos, sin la necesidad de utilizar equipos complejos y costosos; pudiendo ser aplicados también en estudios longitudinales, sin la sobrecarga económica a que los mismos conllevan.

El método planimétrico resulta ser tan rápido que al respecto ha sido comparado con la obtención de los datos por medio computarizado; así el tiempo estimado para la medición por dicho método ha sido tan bajo como dos minutos o menos (16). Por método computarizado es de aproximadamente un minuto. Sin embargo, a pesar de todas las ventajas señaladas para el método planimétrico y con las muy escasas desventajas respecto al pletismográfico (el mas seguro según algunos autores), el mismo, a pesar de que se conoce hace aproximadamente casi dos siglos, no ha adquirido popularidad universal, por un lado por desconocimiento del mismo; y por el otro por la modernización de los sofisticados aparatos electrónicos, entre otras causas.

La determinación de la CPT no solamente nos ayuda para el diagnóstico de las enfermedades pulmonares obstructivas, sino también para las restrictivas (14).

El método planimétrico resulta ser de elección en situaciones clínicas variadas en las que no se puede obtener cooperación de parte del paciente para la utilización de otro método, como el pletismográfico. Estas condiciones clínicas son: traqueostomía definitiva, cirugía máxilo-facial extensa u otras condiciones que impiden la conexión directa entre las vías aéreas del paciente y el equipo de función pulmonar (12).

En los pacientes portadores de fibrosis pulmonar el método radiográfico ha reportado una variación mayor que otros métodos, según algunos autores; no obstante, Loyd y cols. han reportado resultados similares tanto para el método radiográfico como el pletismográfico en dichos pacientes.

La estimación de los volúmenes y capacidades pulmonares por el método radiográfico es recomendado siempre y cuando exista la disponibilidad de un estudio radiológico. Como sabemos, la determinación de estos parámetros por medición pletismográfica, en algunas ocasiones resulta ser muy difícil por la no disponibilidad del equipo y/o el personal técnico entrenado.

La planimetría no solamente es útil para la medición de la CPT en adultos, sino también es de gran utilidad para la medición de la misma en niños, tal y como lo demuestra un estudio de 24 niños con edades comprendidas entre 5 y 10 años publicado en el American Review of Respiratory Disease en 1983, utilizando la siguiente fórmula (13):

$$CPT = 0.67 (A + B + C) \quad \text{Mls.}$$

Donde: A es área pulmonar derecha. B área pulmonar izquierda y C área de la radiografía lateral.

Algunos estudios epidemiológicos en población general utilizando el método radiográfico para la determinación de la CPT han reportado que los hombres tienen un valor mayor que las mujeres en todas las edades y respecto a los grupos étnicos los de raza blanca tienen un promedio mayor de CPT que los de raza negra para todas las edades y por sexo (20).

Es bien sabido que la técnica radiológica para la medición de la CPT ha sido bien estandarizada y recomendada como herramienta epidemiológica por la Sociedad Americana de Tórax para la estandarización de los proyectos epidemiológicos (18,25). Por otra parte, la determinación de la CPT radiográfica puede ser estimada por una calculadora programable en un promedio de tiempo de aproximadamente 20 minutos (27).

Hay 2 estudios en asmáticos realizados por Barry L. Harmorstein, y Francis D. Cianciulli (1974) y Mitchell S. Rothstein y cols. (1989), quienes reportan que el método ofrece cierta seguridad en la estimación de la CPT en ataque agudo de asma y que sirve además para la valoración posterior de la misma una vez se ha presentado mejoría en la obstrucción de las vías aéreas, reportándose inicialmente un aumento de la CPT y posteriormente disminución de la misma respectivamente.

O B J E T I V O

Medir la capacidad pulmonar total (CPT) pletismográfica y radiológica durante un ataque agudo de asma y después de mejorar para ver la magnitud del error pletismográfico y para evaluar si hay un cambio en la CPT radiológica.

H I P O T E S I S

La CPT puede ser obtenida por medición radiográfica en una radiografía pósterio-anterior (PA) y lateral izquierda de tórax en pacientes asmáticos durante y después de la crisis y dichos resultados son comparables con los obtenidos en las mismas condiciones por la pletismografía corporal. Los errores obtenidos por el pletismógrafo son mínimos.

MATERIAL Y METODO.-

El diseño de nuestra investigación fue de tipo analítico, transversal y prospectivo. Todos los pacientes estudiados eran asmáticos en crisis y con una edad mayor a los 5 años.

Todos los pacientes fueron informados del estudio y ninguno rechazó el mismo. En caso de que el paciente fuera menor de edad se les explicó a los padres acerca del mismo. Los mismos fueron captados en el servicio de urgencias del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER) y en el momento de la crisis. En todos los casos se llenó un formulario que incluía preguntas sobre datos generales y clínicos.

Al momento de su participación se les tomaron dos radiografías: una PA en inspiración profunda y otra lateral izquierda. Las placas radiográficas fueron tomadas a una distancia de 1.00 Mt. con equipo de rayos X marca Siemens, Pleophos 4B y los factores utilizados para la toma de radiografías fueron variables en relación a la complexión del paciente. Asimismo, se hizo una pletismografía (pletismógrafo de volumen constante Body-pleth, Erich Jaeger, Wurzburg) para medir los volúmenes pulmonares (CPT, CFR, VR) para medir la resistencia y la conductancia de la vía aérea (Raw, Gaw) y una curva flujo-volumen. Se hizo además una espirometría (pneumoscan 8-301 spirometer de turbina) y una gasometría arterial (instrumentation laboratory PH/blood gas analyzer 013).

Los pacientes fueron citados 3-5 días después de ser egresados del servicio de urgencias y a los mismos se les hizo exploración física y solamente aquellos que no tenían fenómenos pulmonares agregados se les realizó el control que consistió en la repetición de todos los estudios antes mencionados. Aquellos que tenían algún fenómeno pulmonar agregado fueron citados nuevamente en el mismo periodo de tiempo ya mencionado.

Algunos pacientes requirieron hospitalización y los mismos fueron seguidos intrahospitalariamente y cuando tenían de 3-5 días sin fenómenos pulmonares agregados fueron sometidos a control con los estudios mencionados.

Todos los trazos espirométricos y pletismográficos fueron interpretados por los autores de la investigación. En el pletismógrafo se midió directamente la CFR, de la cual se obtuvo el VR restando el volumen espiratorio de reserva. La CPT fue calculada por sumatoria del volumen residual (VR) y de la capacidad vital (CV).

Todas las radiografías de los pacientes fueron medidas utilizando el método de Harris modificado por nosotros y consistió en el trazado de ambos campos pulmonares con un plumón de tinta negra, con exclusión de la silueta cardíaca y el mediastino. El trazado del campo pulmonar derecho se inició en el ángulo costo-frénico, siguiendo la parte más externa del mismo hasta alcanzar su vértice y posteriormente siguiendo el perfil derecho de la silueta cardíaca hasta el ángulo cardio-frénico y finalmente siguiendo la silueta del hemidiafragma derecho y hasta unirse con el punto inicial. El trazado del campo pulmonar izquierdo se hizo partiendo del ángulo costo-frénico del mismo

lado y siguiendo la trayectoria anteriormente descrita. La medición de la radiografía lateral izquierda se hizo partiendo del ángulo diafragmático anterior y siguiendo todo el trayecto retrosternal hasta alcanzar el vértice pulmonar siguiendo toda la parte posterior de la columna vertebral hasta alcanzar un punto intermedio entre los dos hemidiafragmas y siguiendo esta trayectoria hasta el punto inicial (ver Fig. 7 y 7.1).

A todas las radiografías les fueron estimadas sus áreas pulmonares con la utilización de un planímetro marca Tamaya digital planimeter, modelo Planix de la casa Tamaya & company limited, Tokyo, Japan (ver Fig. 6).

Se hicieron mediciones intra e interobservador con dichas radiografías (ver tablas 18-19).

Para el análisis de los datos estadísticos se utilizó un paquete para microcomputadora (Bystat) y utilizamos la prueba de t de student pareada y la correlación de Pearson.

RESULTADOS

Estudiamos a un total de 17 pacientes de ambos sexos y cuyas edades variaron desde los 8 a los 53 años, con una edad promedio de 32 años. Hubo un total de 6 pacientes del sexo masculino y 11 del femenino. En la tabla 1 se pueden ver las características generales de los pacientes. Los pacientes estaban en general gravemente obstruidos con un VEF1 del 50±17% del normal (tabla 1). Otros datos basales de los pacientes pueden verse en la tabla 2. En la tabla 3 tenemos los valores promedio de las mediciones fisiológicas durante el ataque agudo y al recuperarse. Puede observarse como los valores espirométricos y los flujos aéreos mejoraron significativamente. No hubo cambio en la gasometría, excepto en el pH. La Raw disminuyó significativamente pero no la Baw. La CPT medida por el pletismógrafo y por planimetría no cambió significativamente y no encontramos diferencias significativas entre los 2 métodos.

En las tablas 4-16 pueden verse los datos obtenidos en cada paciente con los promedios para el grupo. En las tablas 11-14 pueden verse las áreas pulmonares con la suma de ellas y el cálculo del volumen radiográfico (CPT). Las ecuaciones que utilizamos para el cálculo de la CPT se obtuvieron de la tesis del Dr. Juan José del Cid García y pueden verse en la tabla 17. La reproducibilidad de las mediciones es muy buena como se demuestra en las tablas 18 y 19. En las figuras 1 a 3 puede verse que hay una buena correlación entre la medición radiográfica y pletismográfica de la CPT. En la figura 4 obsérvese que a mayor Raw la CPT en la primera medición tiende a ser mayor a la segunda lo que sugiere un error pletismográfico dependiente de la Raw.

D I S C U S I O N

La fórmula utilizada por Harris y cols. para el cálculo de la CPT fue la siguiente(20): $CPT (L) = 0.0085 \times \text{Área pulmonar (cm}^2) - 1.2$, que es muy similar a la nuestra: $CPT = 0.007 \times \text{Área pulmonar} - 0.572$.

Harris y cols. obtuvieron un coeficiente de correlación de 0.86 con un error standard de .780 L, sin embargo, nosotros con la utilización de esta nueva fórmula pudimos obtener un coeficiente de correlación de 0.902 con un error standard de 0.222 L, para la primera medición y 0.195 para la segunda que si lo comparamos con los índices establecidos por otros trabajos que son de 0.80-0.96, vemos como nuestra r obtenida tiene una buena correlación.

Otros autores utilizan una fórmula diferente para niños, sin embargo, nosotros utilizamos la misma fórmula tanto para niños como para adultos.

Las mediciones de las CPT radiográficas son comparables con las obtenidas por pletismografía tal y como se puede apreciar en las tablas 2, 10, 11 y 13 y como se puede ver prácticamente no existen diferencias entre las mismas, esto a pesar de que los enfermos estaban gravemente obstruidos, lo que hace pensar de que los errores pletismográficos son pequeños. Sin embargo, como puede verse en las gráficas 1-3, las mediciones pletismográficas son menos reproducibles en los enfermos asmáticos que las radiográficas, lo cual puede ser debido a mayores errores en el método pletismográfico. Otro dato que sugiere que en realidad hay error en el método pletismográfico es la correlación entre el cambio en la CPT pletismográfica entre la primera y la segunda medición y la Raw (figura 4). A mayor resistencia aérea la primera medición de CPT tiende a ser mayor a la segunda, según se espera técnicamente.

Aclaramos que el volumen pulmonar radiográfico se puede calcular con una sola radiografía aunque es mas confiable utilizando la placa PA y la lateral. De hecho, se puede calcular la CPT del área de un solo pulmón en una proyección (ver tabla 17). Esto es importante en caso de que se carezca de ambas placas en una circunstancia.

C O N C L U S I O N E S

1.- Existe muy buena correlación entre los métodos pletismográfico y planimétrico aun en pacientes con ataques agudos de asma.

2.- El pletismógrafo tiende a sobreestimar la CPT tal y como se observa en la figura #3 y esto puede ser atribuido a que la presión que se registra en la boca es diferente a la alveolar de un sujeto con obstrucción de las mismas. El error encontrado fue mínimo en nuestros enfermos (ver Fig. 5a y 5b).

3.- En enfermos asmáticos, la medición pletismográfica de la CPT es mas variable e inconsistente que la radiológica.

4.- El coeficiente de correlación que obtuvimos fue de 0.90, el cual es muy bueno y se corresponde con los encontrados por otros autores.

5.- La modificación de la fórmula de Harris que utilizamos (DeCid) es confiable en pacientes asmáticos en ataque agudo y muy similar a la calculada directamente de los datos de nuestros enfermos asmáticos.

6.- El método planimétrico es de gran utilidad en los pacientes asmáticos tanto en crisis como después de la misma y adquiere mayor importancia cuando no se dispone de un laboratorio de fisiología.

7.- La medición radiográfica se presta para utilizarse en enfermos asmáticos aun en forma retrospectiva, ya que casi a todos se les pide una placa de tórax y con ella podemos calcular la CPT.

8.- El método radiológico(planimétrico) es útil, sencillo, rápido, económico, reproducible, no requiere de personal especializado ni equipos sofisticados y es una buena herramienta para estudios epidemiológicos tipos longitudinales.

9.- No encontramos una variación estadísticamente significativa entre la medición de la CPT en crisis y post-crisis.

10.- No encontramos diferencia estadísticamente significativa entre la obtención de la CPT pletismográfica y la planimétrica.

RECOMENDACIONES

Recomendamos la utilización del método radiológico:

1.- En aquellos lugares de escasos recursos económicos y que no disponen de un laboratorio de fisiología pulmonar.

2.- En aquellos pacientes que por su condición patológica no pueden ser trasladados al laboratorio de fisiología pulmonar y/o no pueden cooperar para la realización de otros métodos.

3.- Para la determinación de la CPT en pacientes asmáticos (niños mayores de 5 años o adultos).

4.- Para la determinación de los volúmenes pulmonares en estudios epidemiológicos (retrospectivos o prospectivos).

5.- Con la fórmula encontrada por nosotros para la estimación de la CPT.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.-

- 1.- Levitzky, Michael G. Fisiología pulmonar. 1987. Págs. 66-73.
- 2.- Levitzky, Michael G. Pulmonary physiology. 1982. Págs. 55-58.
- 3.- Fishman, Alfred P. Pulmonary diseases and disorders. Chapter 163, Vol. 3, Págs. 2469-2522. 1988.
- 4.- Fishman, Alfred P. Tratado de neumología, Vol. 1 y 2, Pág. 345. 1983.
- 5.- West, John B. Respiratory physiology. The Essentials 3rd edition. Págs. 12-14. 1985.
- 6.- West, John B. Pulmonary pathophysiology. The Essentials 2nd edition. Págs. 3, 42, 43, 86, 87. 1984.
- 7.- Wilson, D. Douglas. Asthma and allergic diseases. Pág. 160. 1983.
- 8.- Marangio, E. et al. Clinical physiological data on the bronchodilator effect of Duvent versus Salbutamol in chronic obstructive lung disease. Resp. 50:supl. 2, pp 165-168. 1986.
- 9.- Pratt, Philip C., and Klugh, George A. A method for the determination of total lung capacity from posteroanterior and lateral chest roentgenograms; J. Med. Sc., 247, 513, Dec. 1966.
- 10.- Block, A. Jay et al. A radiographic method for measuring steady-state functional residual capacity in the supine patient. A method suitable for sleep studies. Am Rev Resp Dis 12; 330-332, 1981.
- 11.- D'Shea, J. et al. Determination of lung volumes from chest films. Thorax 25, 544, 1970.
- 12.- Reger, R.B.; Young, A.; and Morgan, W.K.C. An accurate and rapid radiographic method of determining total lung capacity. Thorax 27, 163, 1972.
- 13.- Campbell, Sammy C. Estimation of total lung capacity by planimetry of chest radiographs in children 5 to 10 years of age. Am Rev Resp Dis; 127: 106-107, 1983.
- 14.- Clausen, Jack L., and Zarins, L. Powell. Estimation of lung volumes from chest radiographs. Pulmonary function testing. Guide lines and controversies. Chapter 15:155-163, 1982.

- 15.- Marmorstein, Barry L., and Cianciulli, Francis D. Planimetric measurement of total lung capacity in asthma. *Chest*, 66:4, Oct 1974.
- 16.- Miller, R. Drew, and Offord, Kennethp. Roentgenologic determination of total lung capacity, *Mayo clinic proc.* 55:694-699, 1980.
- 17.- Rothstein, Mitchell S. et al. Radiographic measurement of total lung capacity in acute asthma. *Thorax*, 44: 510-512, 1989.
- 18.- Eurigh, Paul L., and Hyatt, Robert I. Office spirometry. A practical guide to the selection and use of spirometers. *Chest x ray planimetry. Other office tests.* PP 202-206.
- 19.- Pierce, R.J. et al. Estimation of lung volumes from chest radiographs using shape information. *Thorax*, 34, 726-734, 1979.
- 20.- Harris, Thomas R.; Pratt, Philip C.; and Kilburn, Kaye H. Total lung capacity measured by roentgenograms. *The Am of J of Med.* Vol. 50, June 1971.
- 21.- O'Brien, Richard J., and Drizo, Terence A. Roentgenographic determination of total lung capacity: normal values from a national population survey. *Am Rev Resp Dis*; 128:949-952, 1983.
- 22.- Burns, C. Brad, and Scheinhorn, David J. Evaluation of single-breath helium dilution total lung capacity in obstructive lung disease. *Am Rev Resp Dis*; 130:580-583, 1984.
- 23.- Rothpearl, Allen; Varma, André D.; and Goodman, Ken. Radiographic measures of hyperinflation in clinical emphysema. *Chest*, 94,5, Nov. 1988.
- 24.- Pratt, P.C., and Klugh, G.A. A method for determination of TLC from PA and lateral chest roentgenograms. *Am Rev Resp Dis* 96:548-552, 1967.
- 25.- Barrett, William A.; Clayton, Paul D.; and Lambson, Craig R. Computerized roentgenographic determination of total lung capacity. *Am Rev Resp Dis*, Vol. 113, 1976.
- 26.- Ferris, B. G. Epidemiology standarization project. Instructions for standardized radiographic measurement of TLC. *Am Rev Resp Dis*; 1978:118:105-11.
- 27.- Bencowitz, Harold Z., and Shigeoka, John W. Radiographic total lung capacity determination aided by a programmable calculator. *Am Rev Resp Dis* Vol. 122, 1980.

Tesis, Pérez-Martínez 20

- 28.- Bates, David V. Respiratory function in disease, 3rd edition, W.B. Saunders company. Chapter 5 and 9, 1989.

Tabla 1.-

Relación de pacientes asmáticos según edad, peso, talla, VEF1 y sexo.

NOMBRE	EDAD	PESO	TALLA	VEF1PLPO	VEF1ESPO	SEXO
sdr	36.000	47.000	1.600	31.915	74.468	F
som	13.000	53.000	1.520	33.333	33.333	F
lyc	45.000	61.000	1.620	60.510	44.586	M
igl	41.000	86.000	1.560	79.031	59.289	F
dla	51.000	67.000	1.500	63.415	68.293	F
ejg	46.000	57.000	1.520	44.444	17.778	M
lcr	18.000	61.000	1.600	77.000	51.000	F
vmtx	30.000	98.000	1.870	64.655	53.879	M
jah	11.000	48.500	1.490	66.667	43.137	M
aaa	8.000	32.000	1.340	36.842	26.316	M
egg	53.000	78.000	1.460	43.478	48.913	F
ros	32.000	48.000	1.450	43.668	56.769	F
imm	49.000	44.000	1.420	37.634	26.882	F
mcda	49.000	82.000	1.640	45.283	30.189	F
aaa	33.000	58.000	1.500	44.000	32.000	F
drq	18.000	58.000	1.600	57.692	89.744	F
agg	13.000	43.000	1.530	19.943	48.433	M
Prom	32.12	60.09	1.54	49.97	47.35	
DE	15.77	17.36	0.12	16.62	18.96	

Prom = promedio. DE = desviación standard. Edad en años. Peso en Kgrs. Talla en metro. VEF1PLPO = volumen espiratorio forzado pletismográfico en %. VEF1ESPO = volumen espiratorio forzado espirométrico en %.

Tabla 2.-

Relación de asmáticos según CV y CPT pletismográfica, espirométrica y radiológica.

CVLPOR	CVESPOR	CPTPOR	CPTRXPOR
46.012	82.822	126.778	109.992
42.254	59.859	92.582	116.170
76.316	81.579	104.274	91.166
94.915	67.797	118.750	95.467
78.189	86.420	63.682	101.741
67.925	52.830	93.079	106.134
87.000	76.000	81.762	81.789
67.979	75.134	90.155	83.600
78.853	57.348	117.699	101.962
35.714	52.381	120.818	89.617
47.727	54.545	110.963	96.388
60.150	78.947	112.434	111.942
72.398	58.824	114.835	125.613
54.839	64.516	91.093	91.324
53.571	32.143	103.846	75.029
84.034	98.039	98.361	87.742
33.445	36.789	98.370	99.291
Prom 63.61	65.64	102.3	97.94
DE 18.64	17.64	16.18	13.23

Prom = promedio. DE = desviación standard. CVLPOR = capacidad vital pletismográfica en %. CVESPOR = capacidad vital espirométrica en %. CPTPOR = capacidad pulmonar total en % CPTRXPOR = capacidad pulmonar total radiográfica en %.

Tabla 3.-

Relación de pacientes asmáticos según variables fisiológicas obtenidas por primeras y segundas mediciones.

VARIABLES	PRIMERAS	SEGUNDAS	VALOR DE p
VEF1	1.36±0.67	1.99±0.75	<0.0001
VEF1ES	1.25±0.7	1.78±0.84	0.012
CVPL	1.96±0.86	2.62±0.99	<0.0001
CVES	2.04±0.93	2.67±1.21	0.004
F2575PL	1.01±0.84	1.67±0.9	<0.001
F2575ES	0.89±0.72	1.19±0.67	0.071
VF50	1.35±0.81	2.18±0.81	<0.001
VF25	0.62±0.4	0.9±0.5	0.019
Gaw	0.087±0.04	0.109±0.05	NS
Raw	13.50±5.1	9.7±3.4	0.026
CFT	4.4±1.12	4.65±1.22	NS
VdIRx	4.23±0.92	4.06±0.81	NS
PD	198.6±32.9	194.0±32.6	NS
PI	173.39±34.31	181.67±31.94	NS
LAT	314.11±72.12	286.14±69.03	0.063
SUMPL	686.1±130.8	661.8±115.0	NS
CFR	3.01±0.85	2.85±0.74	NS
VR	2.46±0.92	2.02±0.08	0.094
PO2	52.15±21.69	54.85±10.60	NS
PCO2	26.84±10.03	28.06±4.30	NS
pH	7.42±0.06	7.48±0.04	0.008

Valor de p = primeras Vs segundas mediciones comparadas por una prueba de t para grupos dependientes. NS=no significativo. Los números son medias ± DE. Mismas claves que en las otras tablas

Tabla 4.-

Pacientes asmáticos según valores de VEF1 pletismográficos y espirométricos en crisis y post-crisis.

VEF1N	VEF1PL1	VEF1PL2	VEF1ES1	VEF1ES2
2.820	0.900	1.900	2.100	0.800
2.700	0.900	2.500	0.900	2.900
3.140	1.900	2.100	1.400	2.000
2.530	2.000	2.000	1.500	1.600
2.050	1.300	1.800	1.400	1.700
2.250	1.000	1.900	0.400	2.000
3.12	2.400	2.900	1.600	1.900
4.640	3.000	4.000	2.500	4.200
2.550	1.700	1.700	1.100	1.400
1.900	0.700	1.700	0.500	1.000
1.840	0.800	1.000	0.900	1.000
2.290	1.000	1.700	1.300	1.600
1.860	0.700	1.400	0.500	1.000
2.650	1.200	1.300	0.800	1.800
2.500	1.100	1.500	0.800	1.500
3.120	1.800	3.050	2.800	2.600
3.510	0.700	1.400	0.700	1.200
Prom 2.65	1.36	1.99	1.25	1.78
DE 0.72	0.67	0.75	0.70	0.84

Prom = promedio. DE = desviación standard. VEF1N = volumen espiratorio forzado normal en 1 Seg. VEF1PL1 y VEF1PL2 = determinaciones pletismográficas del VEF1 durante y después de una crisis respectivamente. VEF1ES1 y VEF1ES2 = determinaciones espirométricas del VEF1 durante y después de la crisis respectivamente.

Tabla 5.-

Relación de asmáticos durante una crisis y 3-5 días de post-crisis según CVPL y CVES.

CVN	CVPL1	CVPL2	CVES1	CVES2
3.260	1.500	2.600	2.700	1.900
2.840	1.200	3.200	1.700	4.000
3.800	2.900	2.900	3.100	3.600
2.950	2.800	2.800	2.000	2.300
2.430	1.900	1.900	2.100	2.200
2.650	1.800	2.800	1.400	2.900
3.57	3.100	3.700	2.700	2.500
5.590	3.800	5.400	4.200	6.300
2.790	2.200	2.500	1.600	2.100
2.100	0.750	2.050	1.100	1.500
2.200	1.050	1.100	1.200	1.300
2.660	1.600	2.400	2.100	2.500
2.210	1.600	2.200	1.300	1.900
3.100	1.700	1.900	2.000	3.000
2.800	1.500	1.800	0.900	2.000
3.570	3.000	3.500	3.500	3.700
2.990	1.000	1.700	1.100	1.700

From 3.0 1.96 2.62 2.04 2.67
 D E 0.84 0.86 0.99 0.93 1.21

From = promedio. DE = desviación standard. CVN = capacidad vital predicha. CVPL1 y CVPL2 = capacidad vital plotismográfica en crisis y post-crisis respectivamente. CVES1 y CVES2 = capacidad vital espirométrica en crisis y post-crisis respectivamente.

Tabla 6.-

Relación de asmáticos según valores obtenidos de VMF por platiemografías y espirometrías en primeras y segundas mediciones.

NORMAL	PL1	PL2	EB1	EB2
6.490	2.400	4.900	3.800	1.800
6.190	2.000	4.500	2.200	4.900
8.120	4.600	4.700	3.100	5.300
6.240	4.800	4.000	3.200	3.600
5.610	2.800	3.600	2.900	3.300
5.870	2.400	6.100	0.700	5.000
6.97	6.700	7.000	3.7000	4.500
10.280	5.600	9.500	5.800	9.300
5.920	3.700	5.300	1.900	2.500
4.620	1.100	3.400	0.800	2.000
5.390	3.000	2.900	3.300	2.800
5.850	3.800	3.800	3.200	3.400
5.340	0.800	2.700	0.900	2.000
6.440	3.600	4.100	1.300	4.400
6.150	3.100	3.700	1.500	3.400
6.97	6.600	7.200	5.700	5.600
6.270	2.300	2.200	2.600	2.100
Prom 6.32	3.49	4.38	2.71	3.88
D E 1.33	1.72	1.45	1.53	1.87

Prom = promedio D E = desviación estándar VMF = velocidad máxima de flujo. Normal = valores predichos. PL1 y PL2 = valores obtenidos por platiemografía en crisis y post-crisis respectivamente. EB1 y EB2 = valores obtenidos por espirometría en crisis y post-crisis respectivamente.

Tabla 7.-
Pacientes asmáticos según valores del FEF25-75 obtenidos en dos mediciones por pletismografía y pneumoscan (espirometría).

	NORMAL	PLETIS1	PLETIS2	NEUMO1	NEUMO2
	3.560	0.300	1.700	1.700	0.300
	3.180	1.7	2.9	0.400	2.100
	3.860	1.1	1.9	0.800	1.300
	3.470	1.4	1.2	1.200	1.100
	3.060	1.1	1.5	0.900	1.100
	3.260	0.5	1.7	0.200	1.100
	4.10	2.700	3.200	1.300	1.400
	5.020	2.1	3.7	2.000	2.800
	3.040	0.800	0.800	0.800	1.200
	2.390	0.300	0.800	0.300	0.800
	2.940	0.400	1.100	0.400	1.100
	3.630	0.850	1.200	0.850	1.200
	3.050	0.300	0.700	0.300	0.700
	3.300	0.400	0.800	0.400	0.800
	3.670	0.500	2.100	0.500	0.700
	4.100	2.800	2.350	2.800	2.300
	3.220	0.300	0.800	0.300	0.300
Prom	3.42	0.88	1.41	0.89	1.19
DE	0.59	0.95	0.82	0.72	0.67

Prom = promedio. DE = desviación standard. FEF25-75 = flujo espiratorio forzado 25-75. Normal = valores predichos. Pletis1 y pletis2 = valores obtenidos por pletismografías en la primera y segunda medición respectivamente. Neumo1 y neumo2 = valores obtenidos por espirometrías en la primera y segunda medición respectivamente.

Tabla B.-

Pacientes asmáticos según medición del VF50 y VF25 durante y 3-5 días después de una crisis.

	NORMAL50	501	502	NORMAL25	251	252
	4.080	0.500	2.800	1.790	0.300	1.200
	3.7	1.700	2.900.	2.000	0.600	1.300
	4.360	1.100	1.900	1.690	0.600	0.500
	3.950	1.400	1.200	1.750	1.200	0.400
	3.560	1.100	1.500	1.410	0.300	0.600
	3.730	0.500	1.700	1.560	0.200	0.700
	4.48	2.700	3.200	2.190	1.100	1.300
	5.770	2.100	3.700	2.730	0.900	1.60
	3.5	2.200	2.200	1.900	0.800	1.000
	2.6	0.700	2.100	1.400	0.300	1.000
	3.410	1.400	2.000	1.310	0.650	0.900
	3.890	1.050	1.400	1.820	0.800	0.500
	3.460	0.300	1.100	1.37	0.200	0.400
	3.950	0.400	2.000	1.600	0.200	0.400
	4.010	1.400	1.600	1.86	0.500	0.400
	4.480	3.100	3.700	2.190	1.700	2.200
	3.8	1.400	2.100	2.100	0.250	0.800
Prom	4.05	1.27	2.12	1.78	0.59	0.87
D E	0.63	0.75	0.79	0.41	0.42	0.51

Prom = promedio. DE = desviación estándar. VF50 = velocidad de flujo 50. VF25 = velocidad de flujo 25. Normal 50 = valor predicho. 501 = valor obtenido en la primera medición (crisis). 502 = valor obtenido en la segunda medición (post-crisis). Normal 25 = valor predicho. 251 = valor obtenido en la primera medición. 252 = valor obtenido en la segunda medición.

Tabla 9.-

Relación de asmáticos según Gaw y Raw obtenidas en dos mediciones cada una.

GAW1	GAW2	RAW1	RAW2
0.060	0.020	15.700	4.800
0.074	0.179	13.840	5.580
0.071	0.242	14.230	4.130
0.069	0.078	14.940	12.820
0.195	0.070	5.320	14.210
0.093	0.177	10.680	5.720
0.189	0.118	5.320	8.500
0.046	0.141	14.70	7.01
0.116	0.076	8.620	13.150
0.042	0.114	23.800	8.770
0.075	0.074	13.200	14.090
0.106	0.092	9.420	10.900
0.042	0.079	23.900	12.600
0.079	0.085	12.660	11.740
0.063	0.108	16.370	9.260
0.084	0.114	11.880	8.790
0.067	0.082	14.88	12.2
Prom	0.087	13.42	9.63
DE	0.045	5.28	3.39 0

Prom = promedio. DE = desviación standard. Gaw1 y Gaw2 = conductancias específicas durante y después de una crisis respectivamente. Raw1 y Raw2 = resistencias de las vías aéreas durante y después de una crisis respectivamente.

Tabla 10.-
Asmáticos según determinación de la CPT pleuimográficas y radiológicas
durante y después de un ataque agudo.

CPTN	CPT1	CPT2	DELTACPT	VOLRX1	VOLRX2
4.780	6.060	4.220	1.840	5.258	4.346
3.640	3.370	3.600	-0.230	4.229	3.420
5.850	6.100	5.390	0.710	5.333	4.746
4.480	5.320	4.710	0.610	4.277	3.993
4.020	2.860	3.900	-1.340	4.090	3.970
4.190	3.900	5.860	-1.960	4.447	5.001
4.880	3.990	5.400	-1.410	3.991	3.957
7.720	6.960	8.200	-1.240	5.454	6.144
3.390	3.990	3.480	0.510	3.457	3.792
2.690	3.250	3.060	0.190	2.411	2.571
3.740	4.150	5.050	-0.900	3.605	3.699
3.780	4.250	4.900	-0.650	4.231	4.215
3.640	4.180	4.440	-0.260	4.572	3.749
4.940	4.500	4.710	-0.210	4.511	4.528
4.160	4.320	3.100	1.220	3.121	2.967
4.880	4.800	5.000	-0.200	4.282	4.274
3.680	3.620	4.100	-0.480	3.684	3.648
Prom	4.38	4.65	12.12	4.23	4.06
DE	1.14	1.22	5.85	0.92	0.81

Prom = promedio. DE = desviación standard.

CPTN = capacidad pulmonar total normal. CPT1 = capacidad pulmonar total durante la crisis. CPT2 = capacidad pulmonar total después de la crisis. DeltaCPT = diferencia entre la CPT1 y CPT2. VolRX1 = volumen radiológico durante la crisis. VolRX2 = volumen radiológico después de la crisis.

Tabla 11.-

Pacientes asmáticos según CPT pletismográficas y radiológicas.

CPTPL	SUMPL1	CPTRX	ESTIM	RESID	SE
6.060	832.800	5.258	5.399	0.661	0.277
3.370	685.800	4.229	4.429	-1.059	0.181
6.100	843.600	5.333	5.470	0.630	0.289
5.320	692.700	4.277	4.474	0.846	0.182
2.560	666.000	4.090	4.298	-1.738	0.184
3.900	717.000	4.447	4.635	-0.735	0.187
3.990	651.900	3.991	4.205	-0.215	0.188
6.960	1003.700	6.454	6.527	0.433	0.489
3.990	575.500	3.457	3.700	0.290	0.240
3.250	426.100	2.411	2.714	0.536	0.413
4.150	596.700	3.605	3.840	0.310	0.222
4.250	686.200	4.231	4.431	-0.181	0.181
4.180	734.900	4.572	4.753	-0.573	0.194
4.500	726.200	4.511	4.695	-0.195	0.190
4.320	527.600	3.121	3.384	0.936	0.290
4.800	693.400	4.282	4.479	0.321	0.182
3.620	603.700	3.654	3.887	-0.267	0.216
Prom 198.61	173.39	314.1	4.65	0.000	4.23
DE 32.92	34.31	72.12	1.01	0.53	0.92

Prom = promedio. DE = desviación standard. CPTPL = capacidad pulmonar total pletismográfica. SUMPL1 = sumatoria de las áreas pulmonares de la primera medición. CPTRX = capacidad pulmonar total radiológica. ESTIM = valor estimado (calculado). RESID = valor residual obtenido de la diferencia del valor real y el calculado. SE = error standard.

Tabla 12.-
Relación de asmáticos según área pulmonar y volumen radiográfico durante una crisis.

PD1	PI1	LAT1	SUMPL1	VOLRX1
237.500	228.900	366.400	832.800	5.258
203.700	174.700	307.400	685.800	4.229
231.600	219.700	392.300	843.600	5.333
214.000	185.600	293.100	692.700	4.277
186.000	158.000	322.000	666.000	4.090
200.300	174.300	342.400	717.000	4.447
183.500	170.600	297.800	651.900	3.991
281.700	246.900	475.100	1003.700	6.454
181.500	153.000	241.000	575.500	3.457
134.300	108.600	183.200	426.100	2.411
162.600	132.200	301.900	596.700	3.605
193.300	156.100	336.800	686.200	4.231
185.900	168.300	380.700	734.900	4.572
204.500	161.900	359.800	726.200	4.511
166.600	144.100	216.900	527.600	3.121
212.800	186.000	294.600	693.400	4.282
196.600	178.700	228.400	603.700	3.654
Prom 198.61	173.39	314.11	686.1	4.23
DE 32.92	34.31	72.12	130.8	0.92

Prom = promedio. DE = desviación standard.

Todas las mediciones se hicieron en Cms2.

PD1 = pulmón derecho de la primera medición. PI1 = pulmón izquierdo de la primera medición. LAT1 = lateral izquierda de la primera medición. SUMPL1 = sumatoria de las áreas anteriores. VolRX1 = volumen radiológico de la primera medición.

Tabla 13.-

Relación de la CPT y VOLRX de las segundas mediciones.

CPT2	SUMPL2	VOLRX2	ESTIMA	RESID	SE
4.220	702.600	4.346	5.046	-0.826	0.141
3.600	570.300	3.420	3.775	-0.175	0.171
5.390	759.700	4.746	5.595	-0.205	0.176
4.710	652.200	3.993	4.562	0.148	0.133
3.900	648.900	3.970	4.530	-0.630	0.133
5.860	796.200	5.001	5.946	-0.086	0.207
5.400	648.400	3.967	4.525	0.875	0.133
8.200	959.400	6.144	7.514	0.686	0.377
3.480	623.400	3.792	4.285	-0.805	0.140
3.060	449.000	2.571	2.609	0.431	0.285
5.050	610.200	3.699	4.158	0.892	0.146
4.900	683.800	4.215	4.865	0.035	0.135
4.440	617.300	3.749	4.226	0.214	0.142
4.710	728.600	4.528	5.296	-0.586	0.154
3.100	505.500	2.967	3.152	-0.052	0.228
5.000	692.300	4.274	4.947	0.053	0.137
4.100	602.900	3.648	4.088	0.012	0.150
Prom 4.65	686.1	4.06	4.65	0.001	0.241
DE 1.22	130.8	0.81	1.01	0.53	0.089

Prom = promedio. DE = desviación standard. CPT2 = capacidad pulmonar total de la segunda medicib. SUMPL2 = sumatoria de las Areas pulmonares de la segunda medicib. VOLRX2 = volumen radiológico de la segunda medicib. Estima = valor estimado (calculado). Resid=valor residual obtenido de la diferencia del valor real y el calculado. SE = error standard.

Tabla 14.-

Relación de asmáticos según área pulmonar y volumen radiográfico después de una crisis asmática.

PD2	PI2	LAT2	SUMPL2	VOLRX2
238.400	238.600	225.600	702.600	4.346
175.700	148.300	246.300	570.300	3.420
191.600	198.400	369.700	759.700	4.746
212.800	178.300	261.100	652.200	3.993
184.900	153.800	310.200	648.900	3.970
219.700	385.300	191.200	796.200	5.001
161.200	155.800	331.400	648.400	3.967
273.700	248.700	437.000	959.400	6.144
182.800	152.600	288.000	623.400	3.792
130.900	127.100	191.000	449.000	2.571
161.300	139.000	309.900	610.200	3.699
195.900	159.200	328.700	683.800	4.215
191.600	157.400	268.300	617.300	3.749
208.800	153.300	366.500	728.600	4.528
169.700	140.500	195.300	505.500	2.967
207.800	179.900	304.600	692.300	4.274
191.200	172.200	239.500	602.900	3.648
Prom 194.0	181.67	286.14	661.8	4.06
DE 32.62	61.94	69.03	115.0	0.81

Prom = promedio. DE = desviación standard. Todas las mediciones fueron hechas en Cms2. PD2 = pulmón derecho de la segunda medición. PI2 = pulmón izquierdo de la segunda medición. LAT2 = lateral izquierda la segunda medición. SUMPL2 = sumatoria de las áreas pulmonares de la segunda medición. VOLRX2 = volumen radiográfico de la segunda medición.

Tabla 15.-

Pacientes asmáticos según mediciones de la CFR y el VR durante y después de una crisis.

CFRN	CFR1	CFR	VRN	VR1	VR2
2.620	4.760	2.820	1.340	4.560	1.620
1.690	2.870	1.700	0.800	2.170	0.400
3.110	4.200	3.090	1.900	3.200	2.490
2.530	3.020	2.510	1.480	2.520	1.910
2.460	1.260	2.000	1.530	0.660	1.200
2.450	2.500	3.660	1.490	2.100	3.060
2.610	1.810	2.720	1.280	0.800	1.700
3.550	4.010	3.900	1.870	3.160	2.800
1.600	2.390	1.580	0.760	1.790	0.980
1.220	2.450	2.460	0.590	2.150	1.560
2.320	3.300	4.200	1.490	3.100	3.950
2.260	3.500	3.400	1.120	2.950	2.500
2.270	2.980	3.040	1.390	2.580	2.240
2.7200	3.400	3.310	1.750	2.800	2.81
2.390	3.120	2.100	1.240	2.820	1.300
2.610	2.800	2.900	1.280	1.800	1.500
1.720	2.820	3.000	0.810	2.620	2.4
Prom	2.36	3.01	2.85	1.31	2.46
DE	0.56	0.85	0.74	0.39	0.92

CFRN = capacidad funcional residual normal, CFR1 = capacidad funcional residual de la primera medición, CFR2 = capacidad funcional residual de la segunda medición, VRN = volumen residual normal, VR1 = volumen residual de la primera medición, VR2 = volumen residual de la segunda medición. Primera medición = crisis. Segunda medición = post-crisis.

Tabla 16.-

Pacientes asmáticos según resultados de los gases arteriales por primeras y segundas mediciones.

	P021	P022	PC021	PC022	PH1	PH2
	105.000	62.000	12.000	28.000	7.300	7.500
	42.000	61.100	20.000	28.100	7.380	7.470
	52.000	40.800	17.000	30.600	7.360	7.470
	30.000	33.000	26.200	27.000	7.430	7.410
	44.000	33.100	31.000	38.100	7.410	7.430
	33.000	55.000	25.400	27.000	7.380	7.530
	58.000	49.000	26.000	21.000	7.410	7.500
	47.000	55.000	30.000	29.000	7.470	7.440
	50.000	57.700	29.000	33.700	7.490	7.460
	49.400	70.000	32.900	26.700	7.460	7.470
	27.200	58.900	53.000	25.500	7.420	7.560
	52.000	66.400	19.000	21.400	7.460	7.510
	48.000	51.000	32.300	28.000	7.300	7.480
	103.800	64.500	12.200	23.200	7.470	7.480
	41.000	59.000	20.800	33.000	7.430	7.500
	62.200	61.100	31.500	27.200	7.490	7.470
	42.000	54.900	38.000	29.600	7.480	7.440
Prom	52.15	54.85	26.84	28.06	7.42	7.48
DE	21.69	10.68	10.03	4.30	0.06	0.04

Las mediciones fueron hechas en unidades Torr (mmHg).

Primera medición = en crisis asmática.

Segunda medición = post-crisis.

Tabla 17. Ecuaciones de regresión obtenidas para calcular la CPT a partir de mediciones del área pulmonar radiográfica (datos tomados de la tesis de del Dr. Juan José del Cid García).

VARIABLE	INTERCEPTO	PENDIENTE	R	P
PI	-0.342±0.4	0.024±0.002	0.87	<.001
PD	-0.38±0.48	0.021±0.002	0.825	<.001
LAT	-0.42±0.5	0.015±0.001	0.856	<.001
PD+PI	0.061±0.4	0.012±0.001	0.875	<.001
PD+PI+LAT	-0.572±0.4	0.007±0.001	0.906	<.001

PI es el área del pulmón izquierdo en la placa PA de tórax, PD es el área del pulmón derecho en la placa PA de tórax, LAT es el área del pulmón en la placa lateral del tórax. Las áreas están en centímetros cuadrados y el volumen resulta en litros.

Tabla 18.- Comparación de las mediciones planimétricas de las áreas pulmonares por 2 observadores en 10 sujetos.

PDPL1	PDPL2	PIPL1	PIPL2	LATPL1	LATPL2
243.4	236.4	234.3	225.4	479.7	457.9
211.7	207.3	174.3	169.6	280.1	254.3
221.1	213.9	185.7	182.6	287.1	269.9
258.4	259.7	222.3	222.3	391.0	395.4
269.4	265.6	297.1	290.2	477.8	461.1
199.7	183.0	188.5	187.7	351.6	320.4
193.3	181.2	141.6	142.1	416.6	402.8
90.5	104.5	138.4	136.4	252.8	258.9
172.2	166.7	71.4	68.6	228.7	188.1
113.5	124.4	99.3	95.6	197.5	212.2

PROM 197.3 197.1 175.3 175.4 336.3 336.5
DE 58.6 59.1 66.6 66.2 102.0 102.2

PDPL1=Medición planimétrica del pulmón derecho por el primer observador. PDPL2=Medición planimétrica del pulmón derecho por el segundo observador. PIPL1=Medición planimétrica del pulmón izquierdo por el primer observador. PIPL2=Medición planimétrica del pulmón izquierdo por el segundo observador. LATPL1=Medición planimétrica de la proyección lateral por el primer observador. LATPL2=Medición planimétrica de la proyección lateral por el segundo observador. La unidad de medición está expresada en Cms².

Tabla 19.- Mediciones repetidas por el mismo observador hechas en 38 sujetos con el planímetro.

PDPL1	PIPL1	LATPL1	PDPL2	PIPL2	LAPL2	
254.3	216.1	397.4	253.5	215.7	396.1	
198.1	176.0	321.8	198.8	176.0	320.3	
243.4	234.3	479.7	243.7	234.6	478.3	
211.7	174.3	280.1	210.6	174.1	280.1	
189.2	169.3	297.4	189.4	169.5	297.3	
226.5	222.4	426.2	227.0	222.9	426.0	
217.6	186.1	248.0	217.5	185.5	248.1	
304.2	271.3	485.6	304.0	271.5	484.2	
194.1	190.7	319.1	193.9	190.7	319.0	
221.1	185.7	287.1	221.3	185.4	286.6	
300.4	281.2	388.5	299.7	279.7	388.6	
258.4	222.3	391.0	258.7	222.0	390.7	
198.7	196.7	400.0	199.0	196.1	400.2	
178.5	149.0	373.5	178.9	148.5	368.0	
206.9	185.2	345.0	205.8	185.2	347.9	
255.0	230.6	405.2	253.8	230.4	408.5	
269.4	297.1	477.8	270.9	297.1	480.0	
349.4	279.5	466.4	349.9	279.8	467.3	
199.7	188.5	351.6	196.4	187.2	352.0	
252.0	214.9	434.6	251.9	214.5	432.9	
193.3	141.6	416.6	194.2	142.6	417.6	
174.2	136.6	351.6	176.0	136.4	352.5	
260.0	199.9	466.4	260.0	198.8	468.4	
208.0	179.8	296.7	206.8	178.3	297.6	
167.6	121.9	353.2	168.0	122.8	355.0	
90.5	138.4	252.8	89.9	139.0	252.5	
117.0	112.6	239.6	116.8	112.9	239.0	
115.7	117.8	168.4	115.9	117.5	168.4	
172.2	71.4	228.7	172.8	72.3	228.2	
54.3	158.3	305.0	54.3	159.0	306.7	
113.5	99.3	197.5	112.6	99.8	198.6	
151.9	132.4	279.4	151.7	132.6	279.8	
132.4	100.4	170.3	132.9	100.9	169.8	
116.2	76.4	200.7	116.0	75.6	201.4	
150.8	106.2	257.3	149.7	106.2	257.1	
131.3	99.0	197.2	131.4	98.4	197.2	
120.6	97.1	266.4	121.3	97.3	266.1	
166.6	140.3	219.1	166.8	140.0	220.3	
Media	193.8	193.7	171.1	171.0	327.4	327.6

DE 64.13 64.14 58.9 58.7 93.7 93.8
 PDPL1=Primera medición efectuada con el planímetro del pulmón derecho. PIPL1=Primera medición efectuada con el planímetro del pulmón izquierdo. LATPL1=Primera medición efectuada con el planímetro de la proyección lateral. PDPL2=Segunda medición efectuada con el planímetro del pulmón derecho. PIPL2=Segunda

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

Tesis, Pérez-Martínez 39

medición efectuada con el planímetro del pulmón izquierdo. LAPL2=Segunda medición efectuada con el planímetro de la proyección lateral. La unidad de medición está expresada en cm^2 .

Pies de figuras.-

Figura #1.- Relación de la CPT radiológica en crisis (CPTRx1) y la CPT radiológica en post-crisis (CPTRx2). La línea discontinua representa la línea de identidad y la continua la de regresión y como se puede observar las observaciones se encuentran alrededor de la primera e inclusive algunas coinciden exactamente con la misma. Como se puede apreciar la línea de regresión casi coincide con la de identidad lo cual nos habla de la buena consistencia del método radiológico y de que no hay un cambio significativo atribuible al ataque asmático.

Figura #2.- Aquí se establece la relación entre las CPT pletismográficas en crisis (CPTPL1) y la post-crisis (CPTPL2). La línea de identidad está representada por el trazo discontinuo y la de regresión por el continuo y como vemos existe buena correlación entre ambas, sin embargo, esta es menor que la que observamos en la figura anterior con mayor inconsistencia de las mediciones.

Figura #3.- Observamos la relación de la CPTPL y la CPTRx, las observaciones se encuentran en su mayoría alrededor de la línea de identidad y muchas coinciden con la misma. Los círculos vacíos representan las mediciones al momento de la crisis y los llenos en post-crisis. Vemos como las observaciones se encuentran en su mayoría alrededor de la línea de identidad corroborándose la utilidad de los métodos en ambas mediciones. Las mediciones post-crisis tienden a estar por abajo de la línea de identidad lo que sugiere que la pletismográfica sobrestima la radiográfica.

Figura #4.- Las ordenadas establecen la relación de la delta CPT (diferencia de la CPT1 y CPT2) y la RAW y como se puede observar en el eje de la Y, el mismo presenta un valor central igual a cero que sería el valor que tendrían todas las observaciones sino hubiese diferencias entre las mismas; así, las observaciones que se encuentran por encima de cero indican un valor de $\text{CPT1} > \text{CPT2}$ y las que están por debajo representan lo inverso. Podemos observar que a mayor valor de la Raw la CPT1 tiende a ser mayor que la CPT2 dando una deltaCPT positiva.

Fig. # 5.- En el panel A se observa que en un sujeto normal la presión en la boca equivale a la presión alveolar (PA) y la medición del volumen gaseoso es correcta. En el panel B se ve la situación en un enfermo con obstrucción al flujo aéreo en donde la obstrucción impide un rápido equilibrio de presiones con flujo intrabronquial y por lo tanto $P_{\text{boca}} < P_{\text{alveolar}}$ lo que sobrestima el volumen gaseoso del tórax.

Fig. # 6.- Se observa el planímetro electrónico utilizado por nosotros para la medición de las áreas pulmonares en las radiografías de los pacientes asmáticos. Véanse sus diferentes partes.

Fig. # 7 y 7.1.- Aquí vemos una radiografía PA y otra lateral de tórax marcada según el método de Harris y como vemos las mismas están siendo medidas con un planímetro.

Fig. #8.- Es un diagrama esquemático de la medición usada para el cálculo radiográfico de la CPT por el método de Barnhard. Obsérvese la complejidad del método.

Fig. # 9.- Nomograma para el cálculo del tejido y el volumen sanguíneo pulmonar.

Fig. # 10.- Curva flujo-volumen del paciente 2 durante una crisis (línea punteada) y 3-5 días después de la misma (línea continua). Puede verse que tanto la capacidad vital como todos los flujos mejoraron.

Fig. # 11.- Curva de resistencia y volumen torácico del paciente 2 (ver figura 10). En punteado ver la gráfica durante la crisis y en línea continua después de la crisis. El asa se cierra y se hace mas vertical lo que significa que mejora la obstrucción de la vía aérea y la distribución de la ventilación mejora. Ver valores numéricos.

Fig. # 12.- Curva flujo-volumen del paciente 6 durante una crisis (línea punteada) y 3-5 días después de la misma (línea continua). Puede verse que tanto la capacidad vital como todos los flujos mejoraron.

Fig. # 13.- Curva de resistencia y volumen torácico del paciente 6 (ver figura 12). En punteado ver la gráfica durante la crisis y en línea continua después de la crisis. El asa se cierra y se hace mas vertical lo que significa que mejora la obstrucción de la vía aérea y la distribución de la ventilación mejora. Ver valores numéricos.

FIGURA #1.-

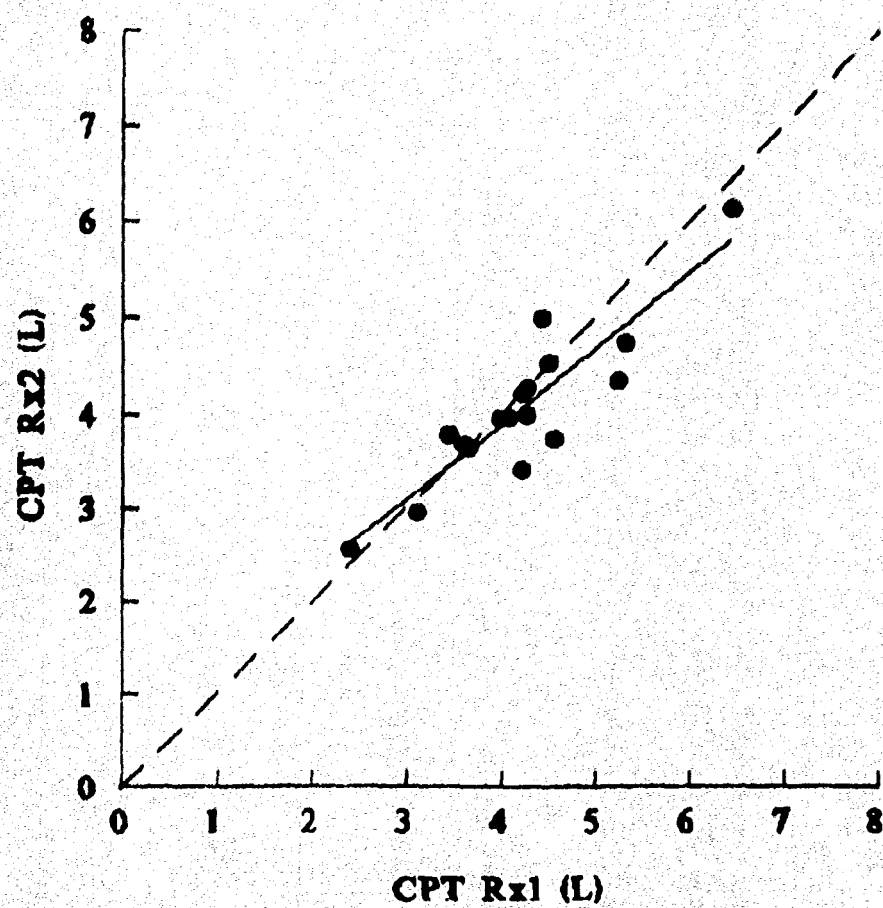


FIGURA #2.-

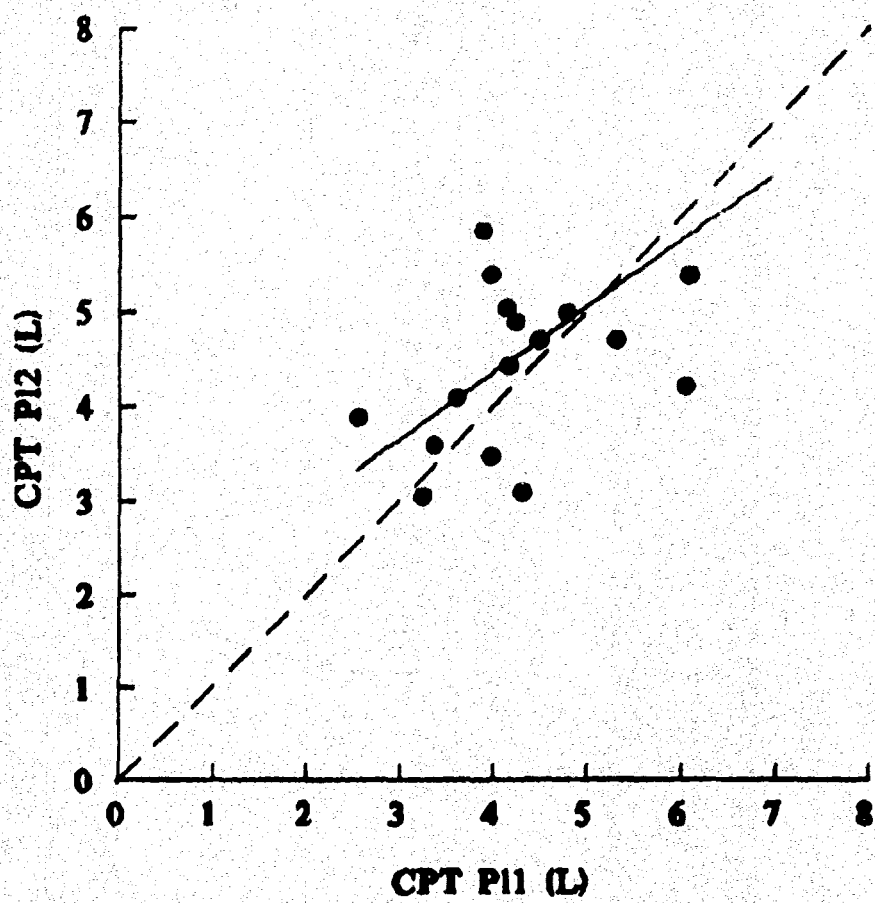
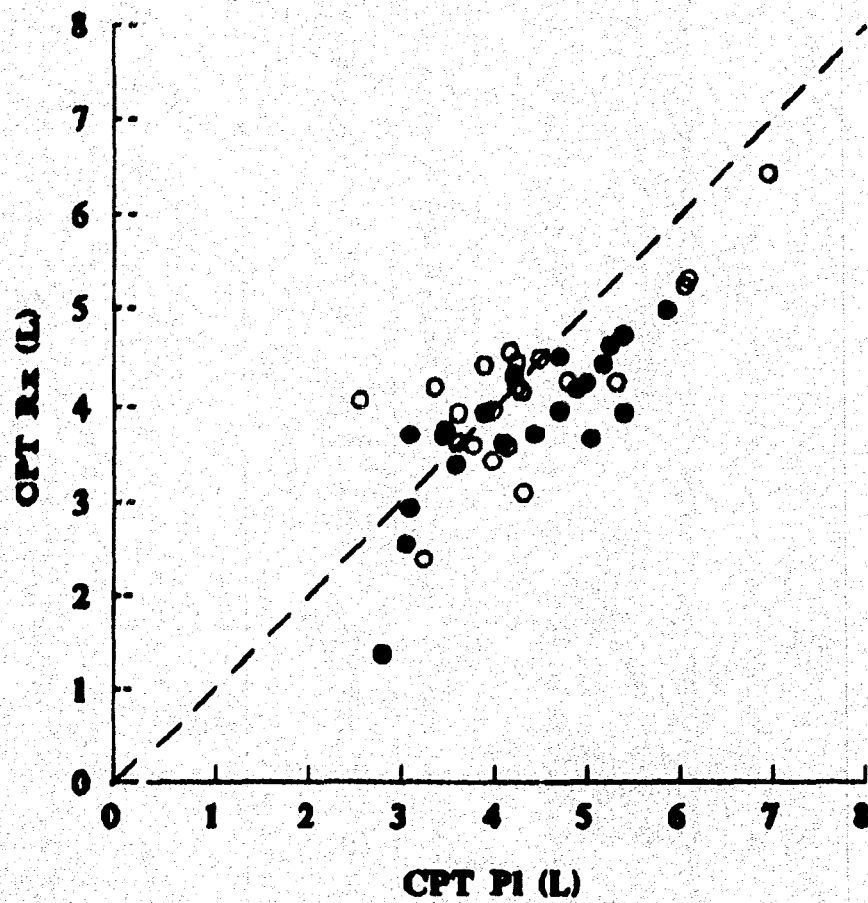


FIGURA # 3.-



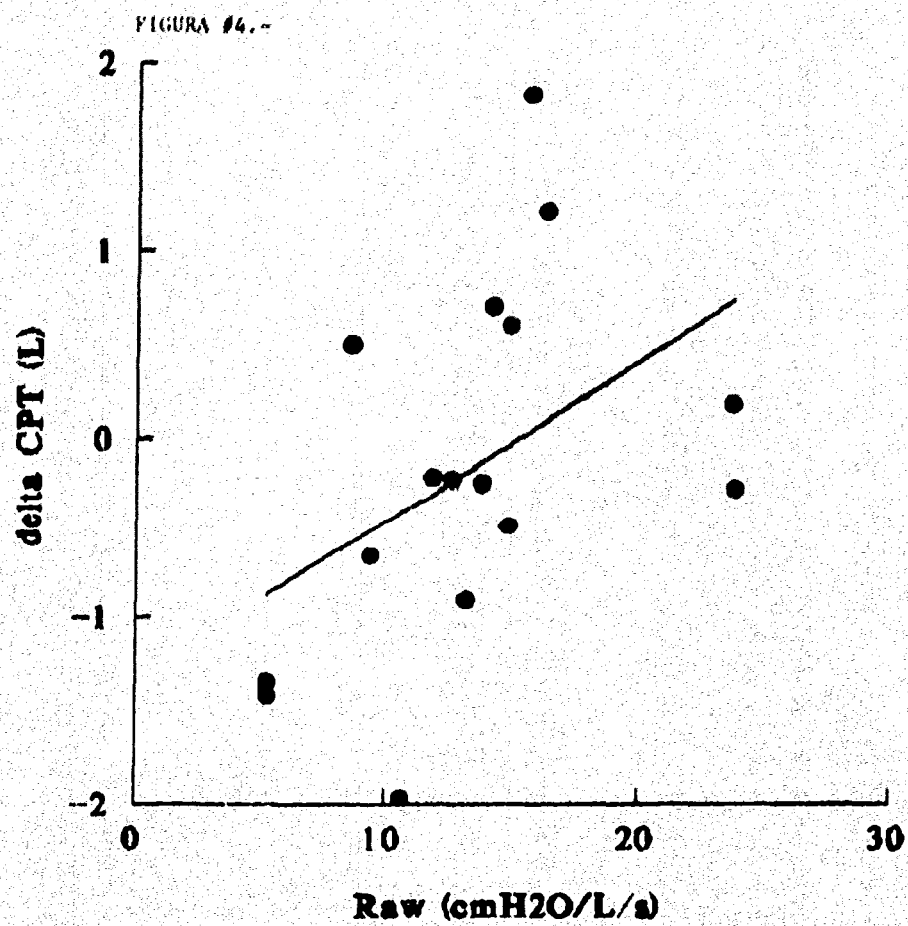


FIGURA 5b.-

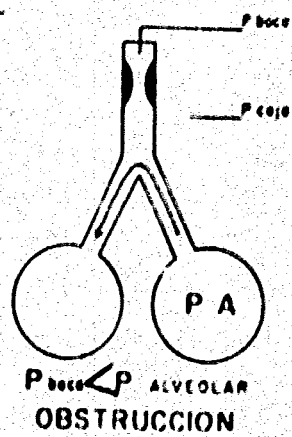


FIGURA 5a.-

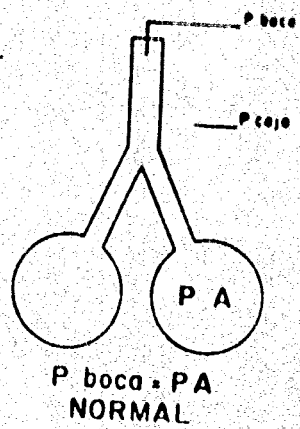


FIGURA # 6.-

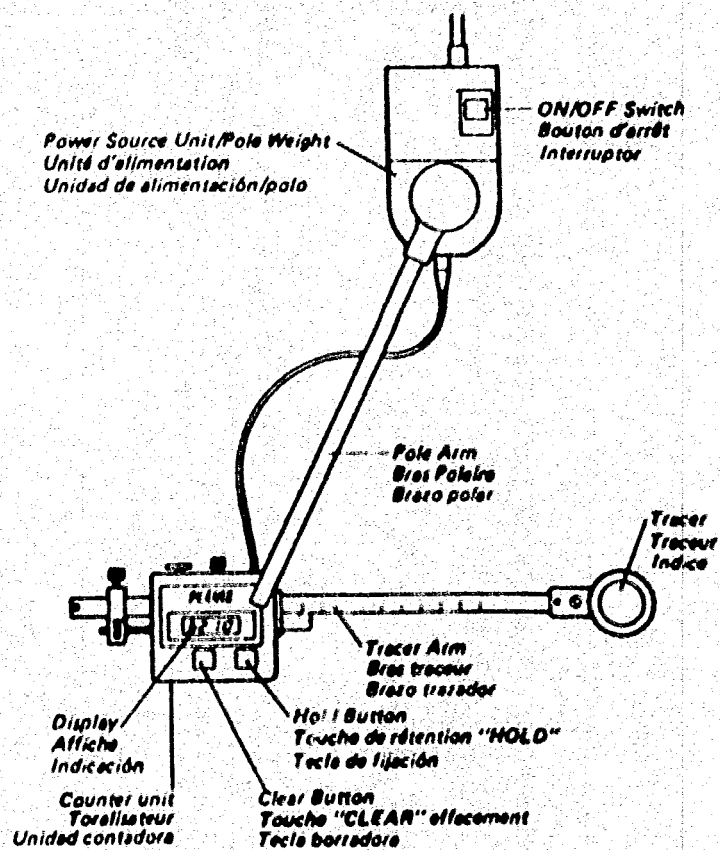


FIGURA #7.-



FIGURA #7.1.-



FIGURA #8.-

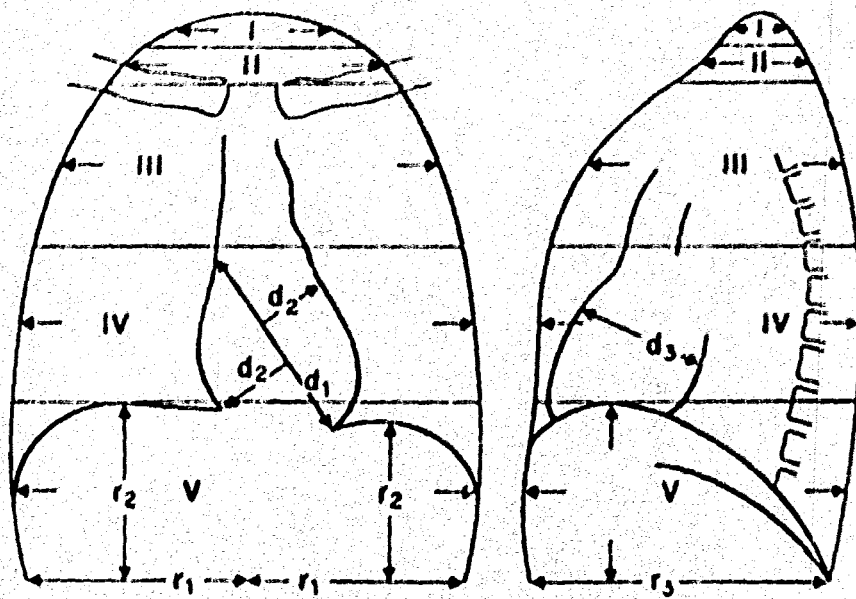


FIGURA #9.-

HEIGHT		PULM BLOOD VOL (ml)	SURFACE AREA (M ²)	WEIGHT		PULM T. TISSUE VOL (ml)
(ft)	(cm)			(kg) - (lb)		
				180-400		
				170		390
				160-350		
				150		310
		670	300	140-300		830
1'	710	630	280	130		750
10		590	260	120		710
8	200	550	240	110-250		670
6	150	510	220	100		630
10		470	200	90-250		590
8	170	430	190	80		550
6	160	410	180	70		510
5	150	390	170	60		470
10		370	160	50-150		430
8	110	350	150	40		390
6	130	310	140	30		350
5	120	290	130	20		310
10		270	120	100		270
8	110	250	110	80		230
6	100	230	100	70		190
5	90	210	90	60		150
10		190	80	50		110
8	80	170	70	40		
6		150	60	30		
		130	50	20		

FIGURA # 10.-

PACIENTE N° 02

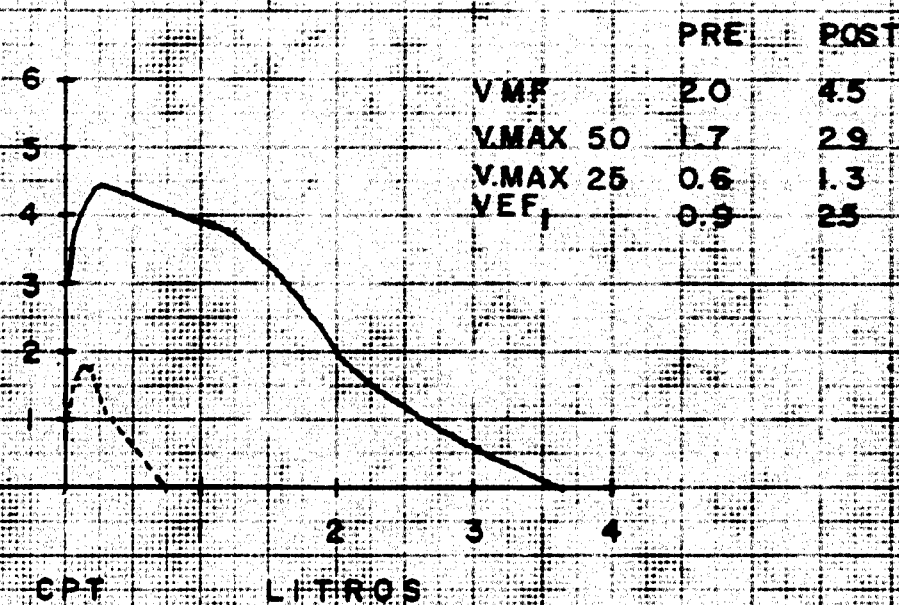


FIGURA # 117-

PACIENTE Nº 02

	Pre	Post
Flow	13.45	5.58

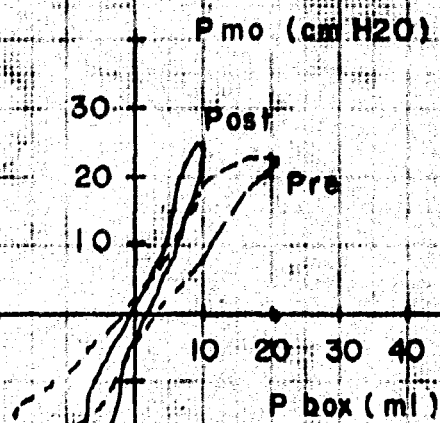


FIGURA # 11.-

PACIENTE N° 02

	Pre	Post
Raw	15.45	5.58

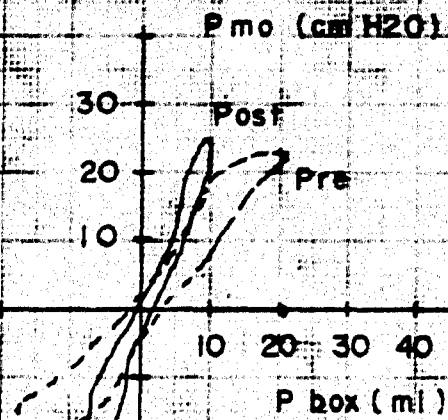


FIGURA #12.-

PACIENTE Nº 06

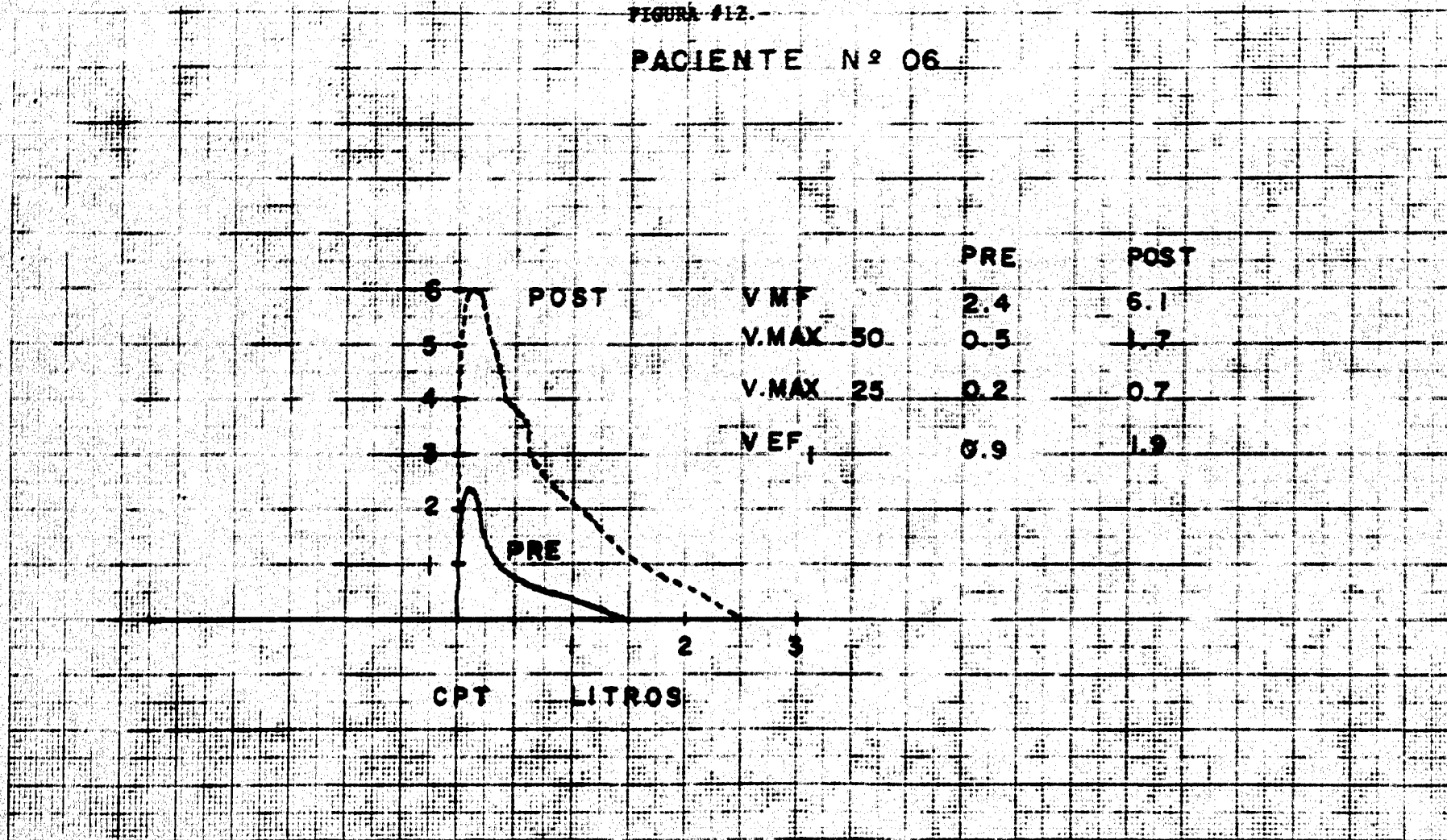


FIGURA #13-

PACIENTE N° 06

	Pre	Post
Raw	10.9	5.05

