

# Volúmenes pulmonares. Su relación radiológica funcional

*Teodoro Gutiérrez Jiménez\*\*\*, Francisco García Marcos\*,  
Agustín Herrera de la Rosa\*\*, Rafael Sáez Valls\*\*\**

*Se presenta un estudio de volúmenes pulmonares en 10 sujetos sanos y en 30 enfermos con broncopatía obstructiva crónica, medidos por pletismografía, técnicas de dilución de helio en circuito cerrado y en circuito abierto y radiología torácica (TLC).*

*Existe una excelente correlación pletismográfica en sujetos sanos ( $r=0,946$ ) y en enfermos con obstrucción crónica de la vía aérea ( $r=0,889$ ), cuando la radiografía está hecha en inspiración máxima; si no se extrema este cuidado, en los enfermos obstructivos, la correlación baja ( $r=0,667$ ). La relación pletismográfica-He en circuito abierto y radiológica-He en circuito abierto es inexistente ( $r=-0,084$  y  $r=-0,185$ ) al considerar los casos patológicos, mientras que los sujetos normales muestran buena correlación ( $r=0,843$  y  $r=0,938$ ). Sin embargo, la mejor relación pletismográfica-He en circuito cerrado en enfermos ( $r=0,70$ ) induce a considerar que medimos espacios menos funcionantes, más anatómicos.*

*Los índices de correlación disminuyen ostensiblemente cuando se toman radiografías rutinarias de los enfermos*

*obstructivos; además, las medidas clásicas tomadas sobre muchas de estas radiografías excluye a los enfermos del diagnóstico radiológico de atrapamiento aéreo, mientras que las efectuadas sobre sus placas en inspiración máxima ofrecen valores indiscutibles.*

*Se busca correlación de la diferencia pletismográfica-He con la transferencia gaseosa de CO y con parámetros dinámicos que apoyen la presencia de aire atrapado y sólo se encuentra rentable con la resistencia específica de la vía aérea. Se consideran las explicaciones de estos hallazgos.*

*Se presentan las medidas de volumen de gas intratorácico por pletismografía, utilizando simultáneamente bucles P-V en inscriptor x-y y registros de presión boca, volumen, flujo y presión cabina en un polígrafo de cuatro canales para determinar el punto del espirograma en que se toma la presión alveolar y corregir errores de medida.*

*Se exponen las ocasiones en que resulta útil el método radiológico para determinar la capacidad pulmonar total y se orientan nuevos estudios con un método más sencillo de medidas radiológicas.*

Aunque la medida del aire movilizable se remonta a 1846, cuando HUTCHINSON mide la capacidad vital, sólo el estudio de este parámetro en función tiempo tendría aplicación indiscutible en la clínica (TIFFENEAU y PINELLI, 1948) (21), por lo que podríamos decir con RUBIN (18) que

no hay nada vital en la capacidad vital.

Por tanto, en el estudio de volúmenes estáticos el aire no movilizable adquiere particular interés y en 1940 DARLING, RICHARDS y COURNAND (4) describen un método de lavado de nitrógeno en circuito abierto para el cálculo de la capacidad residual funcional (FRC). En 1949, MERCELEY y KALTHEIDER (14) presentan otro de dilución de helio en circuito cerrado. El método pletismográfico de DUBOIS ve la luz en 1956 (7). El radiológico por elipsoides de BARNHARD para capacidad pulmonar total

(TLC) en 1960 (1) y el radiológico planimétrico de Pratt en 1977 que sustituye al antiguo de HURTADO y FRY, que no tenían en cuenta la radiografía lateral (16).

Posteriormente, estos métodos han sido mejorados, usando técnicas de dilución de helio en circuito abierto en respiración única o en estado estable y en circuito cerrado, con proceso directo de los datos que rápidamente muestran las medidas de FRC o TLC.

El método elipsoide radiológico fue modificado por LOYD en 1966 (12) y el planimétrico por HARRIS en 1971

\* Comandante Médico Jefe de Servicio. Hospital Militar Central «Gómez Ulla». Servicio de Aparato Respiratorio.

\*\* Comandante Médico. Hospital Militar Central «Gómez Ulla». Servicio de Aparato Respiratorio.

\*\*\* Capitán Médico. Hospital Militar Central «Gómez Ulla». Servicio de Aparato Respiratorio.

TABLA I

N.º	N	TLC.P	TLC.RX.I	TLC.He.CA	TLC.RX.R	D.P.He.CA	D.RX.I.R
1	CS	6100	6094	5600	5669	500	425
2	AB	5400	5482	5300	4897	100	585
3	FA	6380	6023	5400	5437	980	586
4	JG	7280	6772	6200	6293	1080	479
5	JS	7540	7086	5800	6611	1740	475
6	AR	7400	7279	7000	6229	400	1050
7	JS <sub>1</sub>	6120	6500	5900	4838	220	1662
8	LD	5600	5447	5200	4341	400	1106
9	NS	5400	4813	4500	3528	900	1285
10	MO	8000	8145	7100	7657	900	488

TABLA II

N.º	N	TLC.P	TLC.RX.I	TLC.He.CA	TLC.RX.R	D.P.He.CA	D.RX.IR.	%DLCO	Raw	Raw S	FC
11	LD	7900	7480	2700	6632	5200	848	44	13	91	0,4
12	PP	10250	9335	4000	9119	6250	216	19	6,3	61	—
13	AA	7320	8079	2600	5676	4720	2403	48	15	93	0,99
14	VG	7900	8327	4700	8694	3200	-367	40	15,5	93	0,54
15	LF	6700	7135	4200	7571	2500	-436	70	5	25,5	0,93
16	JR	9400	8571	5300	8817	4100	-246	88	4,7	33	0,83
17	MT	6150	5970	4400	5140	1750	830	59	15	67	1
18	CR	6200	7490	4400	6425	1800	1065	45	7	23	0,83
19	FM	6480	6686	4900	6847	1580	-161	107	7,8	40	0,65
20	AR	7500	7289	5900	5422	1600	1867	109	4,5	22	1,92
21	FM <sub>1</sub>	7800	7969	4900	6900	2900	1069	88	5,8	33	1,27
22	IN	6350	6956	3700	7363	2650	-407	55	11	60	0,35
23	PG	6900	7004	3000	—	3900	—	46	8,5	30	0,48
24	AZ	7000	6871	4900	5451	2100	1420	119	3,5	17,5	0,41
25	HR	8900	8884	3800	—	5100	—	77	12	85	0,97

TABLA III

N.º	N	TLC.P	TLC.He.CC	D.P.He.CC	Raw	Raw S
26	RM	6850	5200	1650	6	33
27	MR	6100	5500	600	6	25
28	RV	8000	7400	600	2,8	16
29	EG	5500	4800	750	4,3	15
30	AC <sub>n</sub>	6250	5700	550	5,4	14
31	JS	7000	5400	1600	9	47
32	VL	7750	7350	400	11	50
33	FM	4700	4300	400	6,2	23
34	JM	9100	5500	3500	6,5	51
35	GT	7250	5050	2200	10	60
36	FP	7800	5000	2800	9,5	55
37	AM	8400	6100	2300	4,7	26
38	PP	10000	8600	1400	4,8	37
39	AG	8200	5750	2500	13,5	88
40	FA	7200	5200	2000	11	66

(10). En 1979 son descritos cálculos especiales para la determinación de volúmenes pulmonares con radiografías de tórax hechas en decúbito supino con aparatos portátiles de rayos X (17).

Los pletismógrafos actuales de volumen constante están equipados con traductores de presión más sensibles para el cálculo más exacto y rápido del volumen de gas intratorácico (IGV).

Disponiendo desde hace años de todas estas técnicas en nuestro laboratorio de Exploración Funcional hacemos una reflexión: Al obtener datos de TLC con métodos radiológicos, pletismográficos, técnicas de dilución de helio en circuito cerrado y de respiración única en circuito abierto, ¿estamos midiendo lo mismo? ¿Las diferencias se deben a la distinta perfección del método o es que medimos volúmenes funcionalmente distintos?



expresando los resultados en milimoles de Co por Kilopascal por segundo (\*) y en porcentaje de valores normales (6). Igualmente se practicaron radiografías postero-anteriores y lateral de tórax a 183 cm. distancia foco placa, poniendo especial atención en que se realizasen en inspiración máxima.

Con vistas a una mejor explicación de la diferencia pletismográfica-helio, se incorporó al estudio un tercer grupo de 15 casos más con diagnóstico de EPOC, cuyos parámetros de espirometría y de resistencia de vías aéreas confirmaban igualmente la impresión clínica.

En este grupo la determinación de la TLC por helio se hizo en circuito cerrado a partir de la FRC que se obtiene cuando se estabiliza la concentración del gas.

Las mediciones fueron hechas con equipos Jaeger, dotados de un neumotacógrafo Lilly y variante del tipo Fleish (9), que posee una linealidad entre 0 y 15 litros por segundo, lo que proporciona una captación e integración exacta de flujos inferiores a 50 mililitros por segundo, con exactitud física entre flujo y volumen. Cabina pletismográfica y traductores de presión con sensibilidad, para tomas inferiores a un milímetro de agua, y compensación automática de temperatura.

Las señales de flujo, volumen, presión boca y presión cabina fueron llevadas a un inscriptor X-Y para registro de bubbles presión/flujo (Raw) y volumen/presión cabina y a un inscriptor Hellige de cuatro canales para comprobar o corregir para FRC el momento del espirograma en que se toma la presión boca a flujo cero y glotis abierta como expresión de la presión alveolar (Fig. 2).

Se utilizaron analizadores de helio de conductividad térmica y de Co de infrarrojos para la determinación de DL, CO y TLC en circuito abierto. Disponiendo además de un equipo Mijnhardt con espirómetro de doble campana y aporte automático de oxígeno para la determinación de FRC en circuito cerrado.

Las medidas de TLC en la radiografía de tórax se hicieron por el método de elipsoides de Barnhard modificado por Loyd (Fig. 3) y para ello se tomaron las radiografías en inspiración máxima mencionadas y otras no distantes en el tiempo más de una semana y realizadas de forma rutinaria (sin

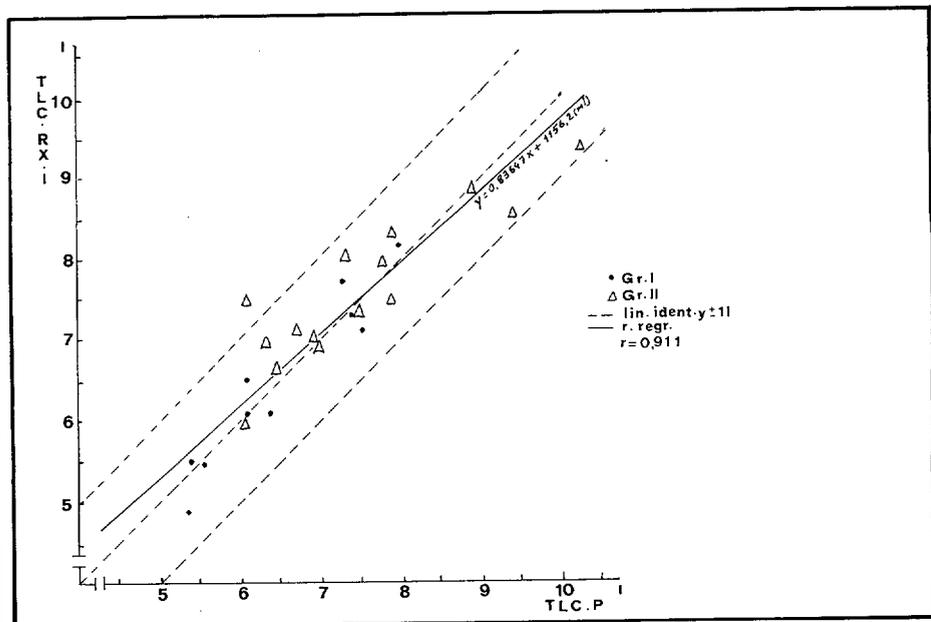
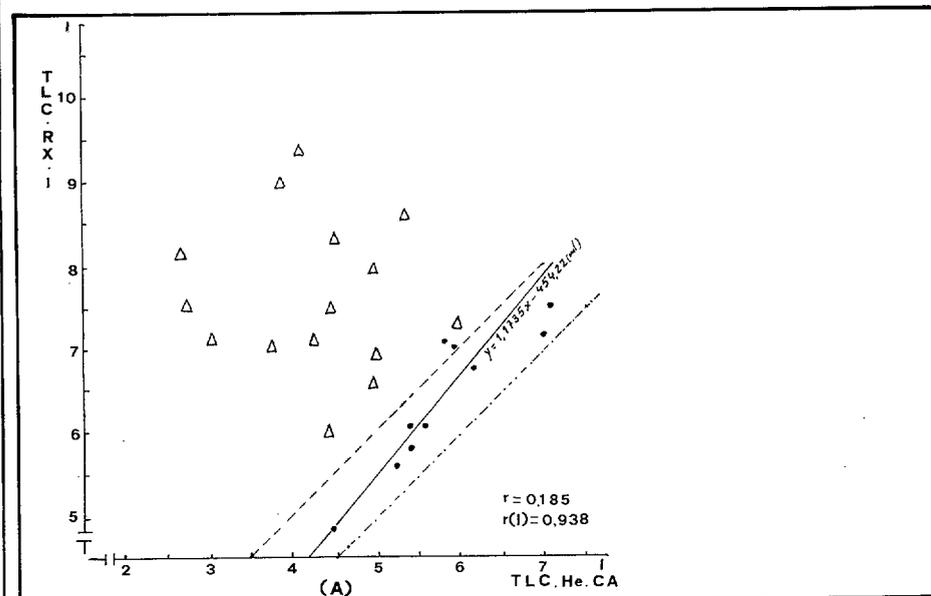
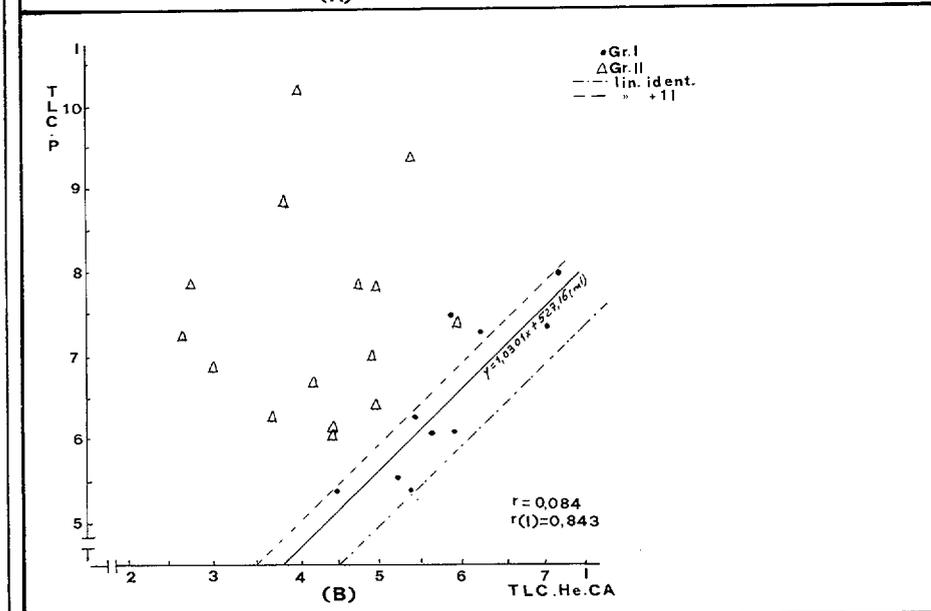


Figura 4



(A)



(B)

Figura 5

(\*)  $DL\ CO\ (ml \cdot m^{-1} \cdot mm\ Hg^{-1}) = 179,21 \cdot DL\ CO\ (m.\ mol. \cdot s^{-1} \cdot kPa^{-1})$ .

**Volúmenes pulmonares.  
Su relación  
radiológica funcional**

especial cuidado en conseguir una inspiración máxima).

**RESULTADOS Y DISCUSION**

En las Tablas I, II y III se exponen los parámetros que se han utilizado en cada uno de los grupos.

En primer lugar (Fig. 4) se observa la buena correlación ( $r=0,911$ ) entre las medidas de la TLC por pletismografía (TLC.P) y por radiografía torácica en inspiración máxima (TLC.RX.I) en los grupos I y II como ya señalaron otros autores (1, 10, 12).

En valores altos de TLC el pletismógrafo ofrece con frecuencia volúmenes mayores. A estos niveles se sabe que pequeñas variaciones de presión en la boca representan grandes cambios en el IGV.

En la Fig. 5-A se muestra la correlación TLC.RX.I y TLC por dilución de helio en circuito abierto (TLC.He.CA), casi coincidente con la relación pletismográfica-helio (Fig. 5-B). La dispersión ( $r=-0,185$  y  $r=-0,084$ , respectivamente), producida por los casos de EPOC y en rango de valores bajos de TLC.He.CA expresa el atrapamiento aéreo señalado ya en otros estudios (7, 13, 19) y que necesitará algunas consideraciones: el grupo de sujetos normales muestra buena correlación TLC.He.CA-TLC.RX.I ( $r=0,938$ ) y TLC.He.CA-TLC.P ( $r=0,843$ ), con ligera tendencia a valores algo menores para el método de dilución de helio, diríamos en este caso que el helio tuvo alguna dificultad en sujetos con anatomía íntegra para penetrar en determinadas áreas pulmonares en el curso de una respiración única y 10 segundos de apnea.

Consideremos ahora (Fig. 6) la relación TLC.P y TLC por dilución de helio por circuito cerrado (TLC.He.CC) del grupo III ( $r=0,7$ ) donde recordamos que la dilución de helio se hizo en circuito cerrado y vigilando, sin controlar el tiempo, que se alcance la estabilización de la concentración de helio, teniendo en algunos casos un tiempo de mezcla de helio superior a los 20 minutos y comprobamos que algunos enfermos han logrado diluir el gas en volúmenes pulmonares que en muchos casos se acercan a los valores de TLC.P.

Es obvio que estas diferencias pletismográficas-helio crearon la necesidad de dos términos, FRC e IGV, según el método sea de dilución de helio o pletismográfico, ya que el primero diría-

mos es más funcional y el segundo más anatómico, pero al disponer de dos métodos de dilución de helio y que uno de ellos, con mayor margen de tiempo, de valores más cercanos al método pletismográfico, indicaría que aún el circuito abierto es más funcional, es decir, que indicaría una TLC donde su componente FRC sería la que se ofrece de forma más real para diluir cada volumen corriente inspirado, por ser zona menos comprometida.

Si queremos analizar con algún otro parámetro de exploración funcional esta diferencia pletismográfica-helio

de TLC, los resultados no son concluyentes: Tomemos esta diferencia cuando se ha utilizado el método de dilución de helio en circuito abierto (D.P.He.CA) y veremos la dispersión ( $r=-0,56$ ) cuando las relacionamos con el porcentaje con valores normales de la transferencia gaseosa de CO (% DL CO) (Fig. 7) (parámetro escogido tratando de que exprese el componente enfisematoso de la EPOC), posiblemente porque la destrucción de los tabiques alveolares no es expresión directa de atrapamiento aéreo excluido de la vía aérea o porque la transferencia de CO expresa también las alte-

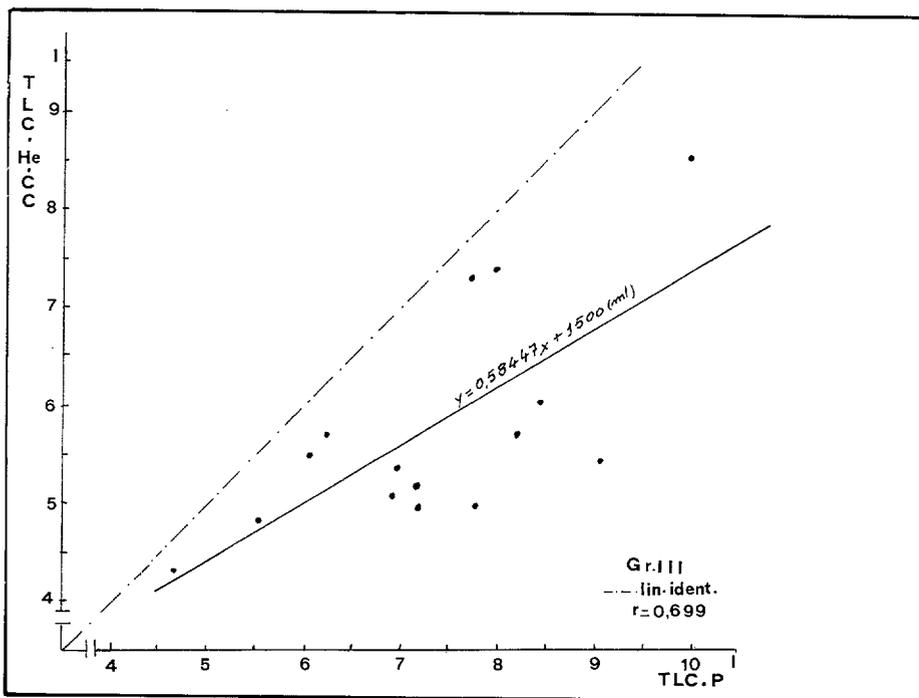


Figura 6

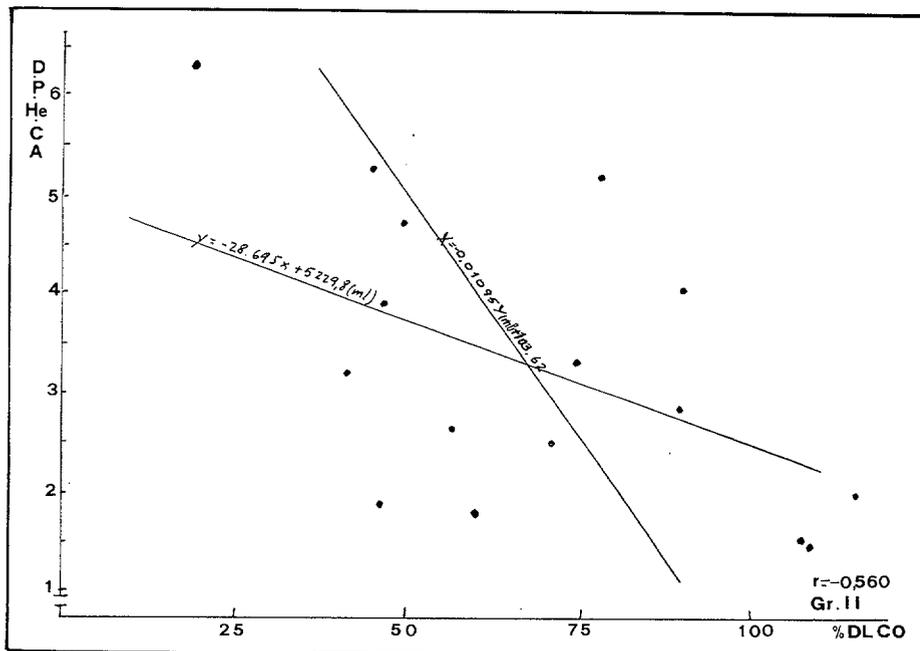


Figura 7

raciones de distribución de la bronquitis crónica.

El valor de la resistencia aérea específica (Raw S) (producto de la resistencia de la vía aérea por el IGV) es muy sugestivo, ya que desenmascara los valores numéricos no muy altos de Raw debidos a un aumento de IGV (8, 13), ya que este parámetro figura en el denominador del cálculo de resistencias:

$$Raw = \frac{\Delta \text{ Palv}}{V}$$

$$IGV = \frac{\Delta \text{ PB}}{\Delta \text{ Palv}} \cdot K$$

$$Raw = \frac{\Delta \text{ PB}}{V \cdot IGV} \cdot K$$

donde el IGV serviría como factor de conversión para conocer la presión alveolar a partir de la presión de la cabina pletoométrica (PB). No obstante, valores altos de IGV, ubicados en zonas que no participan como componentes en la presión conducente alvéolo-boca, haría cifras de resistencia de la vía aérea más bajas de las esperadas.

Ejemplo más demostrativo de este fenómeno sería el caso 12, que con TLCP de 10.250 ml. y una D.P.He.CA de 6.250 ml., lo que ya supone una gran cantidad de aire atra-

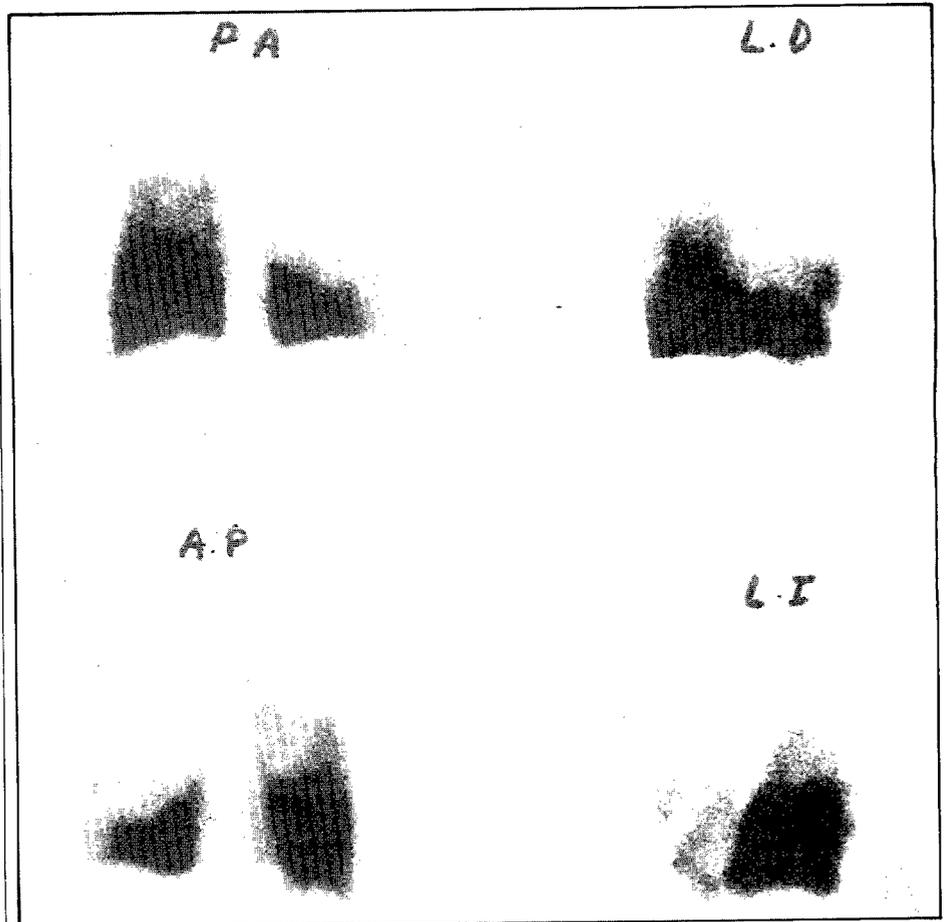


Figura 8

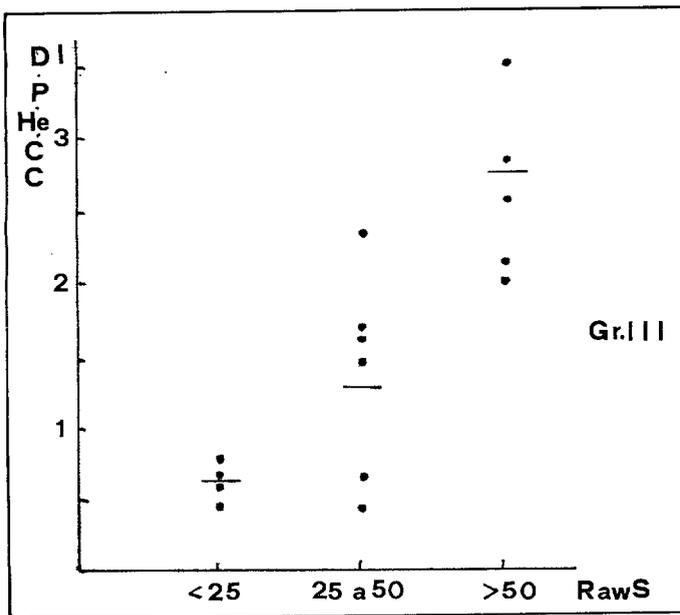


Figura 9

pado por fenómeno valvular, la Raw de 6,3 cm. H<sub>2</sub>O/l/S está enmascarada por un IGV de 9.700 ml. y la Raw S ascendería a 61, en este caso el atrapamiento aéreo es bien manifiesto, como se muestra en la gammagrafía pulmonar (Fig. 8), en ausencia de embolias pulmonares.

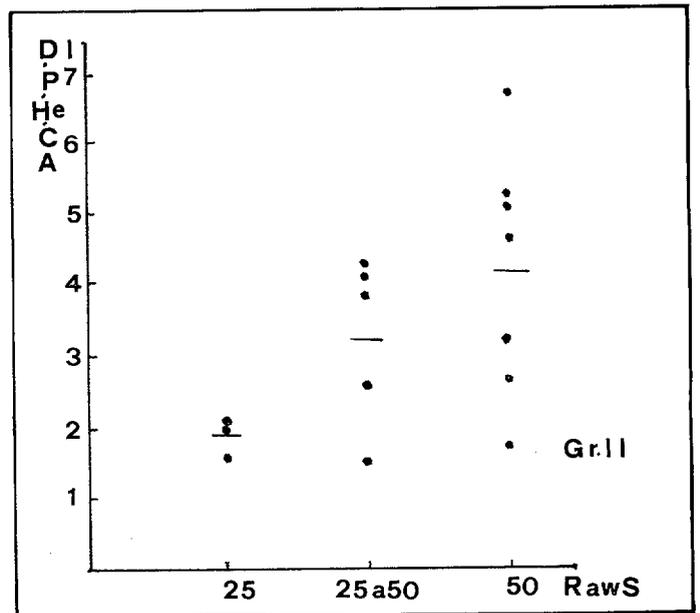


Figura 10

Los valores de Raw S los comparamos con la diferencia pletoométrica-helio de ambos grupos de enfermos con EPOC y, aunque los resultados no arrojan correlación significativamente alta, sí se podría apuntar (Fig. 9) que Raw S menores de 25 excluirían una diferencia pletoométrica-helio en circuito cerrado

(D.P.He.CC) mayor de 1.000 ml. y sería raro encontrar Raw S mayores de 50 con D.P.He.CC menores de 2.000 ml. con un nivel de significación  $p < 0,0009$  entre los grupos extremos y una  $p < 0,027$  entre el medio (25 a 50) y los extremos. Las correlaciones de

Raw S con D.P.He.CA son menos amplias (Fig. 10), aunque sea difícil esperar diferencias pletismográficas-helio superiores a 2.500 ml. con Raw S menores de 25 ( $p < 0,009$ ).

No encontramos correlación entre la diferencia pletismográfica-helio, que como sabemos es prácticamente coincidente con la diferencia radiológica-helio (Fig. 5), y otros parámetros obstructivos como el flujo crítico (FC) de DAYMAN (5) ( $r = -0,39$ ) inverso de la pendiente de la curva flujo volumen en su porción no esfuerzo dependiente (Fig. 1), que sería expresión de los flujos máximos espiratorio al 50% y 25% de capacidad vital y del flujo máximo mesoespiratorio, más demostrativo que el FEV, en la medida de la obstrucción de la vía aérea pequeña (15), además escogimos el FC porque en nuestro Servicio hemos estudiado este parámetro en relación con el espacio retroesternal (ERE) siguiendo los criterios de Simon (20) y luego hemos de referirnos a él. Relacionamos también la TLC medida en radiografía torácica, cuidando la inspiración máxima (TLC.RX.I) con la TLC en radiografías rutinarias (TLC.RX.R) (Fig. 11). Observamos que las diferencias de ambas medidas (D.RX.I.R) son independientes del valor de TLC que afectan al grupo de sujetos normales y obstructivos y que existen 5 valores negativos de escasa cuantía en obstructivos, porque, sin duda, estos pacientes que respiraban en valores altos de capacidad vital y que tenían dificultades para mantener la apnea inspiratoria durante la exposición a los rayos X hicieron mejor la prueba cuando no fueron requeridos para ello, pero la diferencia, como decimos, no fue significativa; sin embargo, en otros con franca diferencia positiva (casos 13, 18, 20, 24) les hace cambiar de rango, en los criterios de Simon, sus datos de obstrucción ( $ERE \geq 4,5$  cm., medido como la distancia desde un punto situado en el esternón a 3 cm. por debajo de la articulación del mango con el cuerpo a la aorta ascendente en radiografía lateral de tórax) y de hiperinsuflación (diafragma bajo si la cúpula diafragmática derecha era coincidente con el extremo anterior de la 7.<sup>a</sup> u otra costilla más baja y plano si su curvatura era menor de 1,5 cm.), pues vemos, como muestran las Figs. 12 y 13, que el espacio retroesternal y las características del diafragma sacan a estos enfermos del área de obstrucción con FEV, menor de 1.500 ml. (101 casos de Simon) y FC menor de 0,5

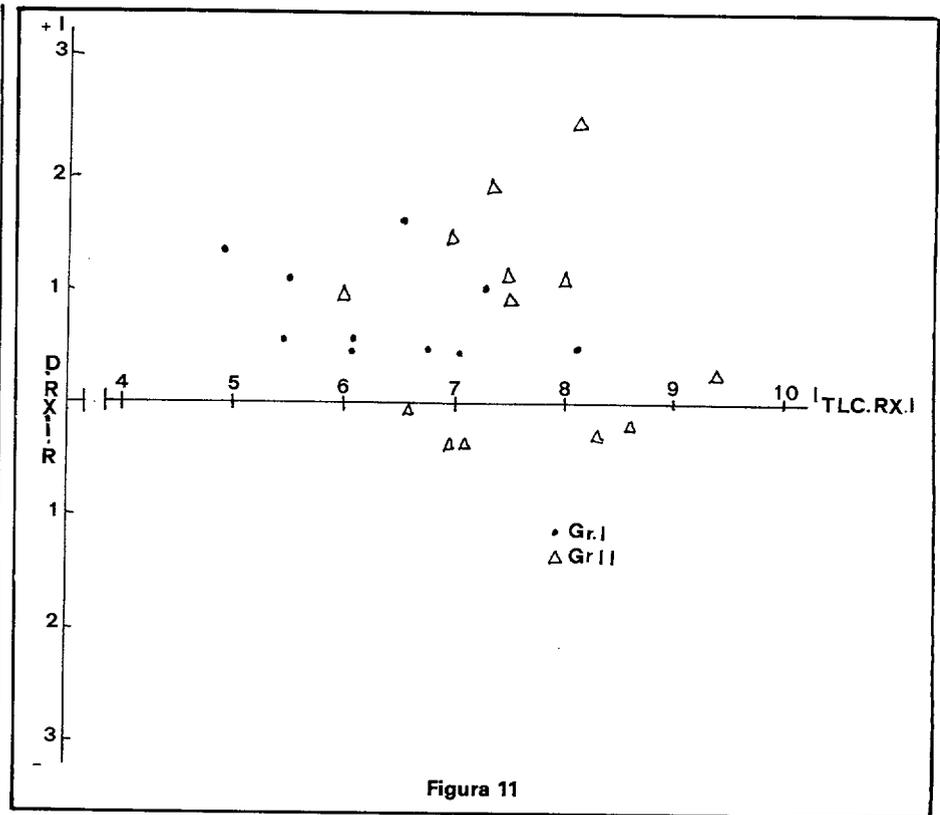


Figura 11

(44 casos de nuestra experiencia citada) (\*) para incluirlo en los otros grupos de valores dispersos.

Es necesario puntualizar ahora que en la obtención de las correlaciones radiológicas expuestas (Figs. 4 y 5) se han utilizado las medidas hechas en las radiografías obtenidas, cuidando la inspiración máxima; si se toman las radiografías rutinarias, la correlación radiológica pletismográfica en sujetos normales prácticamente se mantiene. No ocurre lo mismo cuando se tienen en cuenta los casos patológicos obstructivos (Tabla IV).

**CONCLUSIONES**

1. La TLC suma del aire movilizable y no movilizable es un dato anatómico cuya medida se hace indistintamente por pletismografía y radiografía PA y L de tórax.

2. Para corregir los defectos de técnica en la medida del IGV por pletismografía, es útil la inscripción simultánea de presión en boca, presión en cabina, flujo y volumen en función tiempo, junto con el bucle correspondiente.

3. La medida de FRC por el método de dilución de helio expresa, como su nombre indica, un volumen más funcional, pero si éste se hace en respiración única en circuito abierto es sugestivo que el nuevo dato expresará más el espacio funcionante.

4. La resistencia de la vía aérea específica es el dato dinámico que ofrece mayor posibilidad de correlación con el aire atrapado.

5. Es útil disponer de métodos radiológicos para calcular la capacidad pulmonar total (\*), ya que radiografía PA y L de tórax figuran en casi la totalidad de las historias clínicas de un hospital, y que en ocasiones (gravedad del enfermo, traqueotomía, operaciones faciales, etcétera) es imposible practicar espirometría u otras técnicas de exploración funcional. Pero será necesario que el clínico y el radió-

(\*) I Simposium de Radiología Torácica. Hospital «Gómez Ulla» (1976).

TABLA IV

Correl.	GRUPO	RX. INSM (r)	RX. RUT. (r)
PLET.	I	0,946	0,926
	II	0,889	0,667
RX	I y II	0,911	0,799
RX-He CA	I	0,938	0,858

(\*) Nosotros hemos utilizado el método de elipsoides de Barnhard-Loyd, y aunque habíamos confeccionado previamente un programa para procesar los datos con rapidez, esperamos poder disponer de un planímetro, ya que el método de Harris y Pratt es más rápido e igualmente útil y se deterioran menos las radiografías.

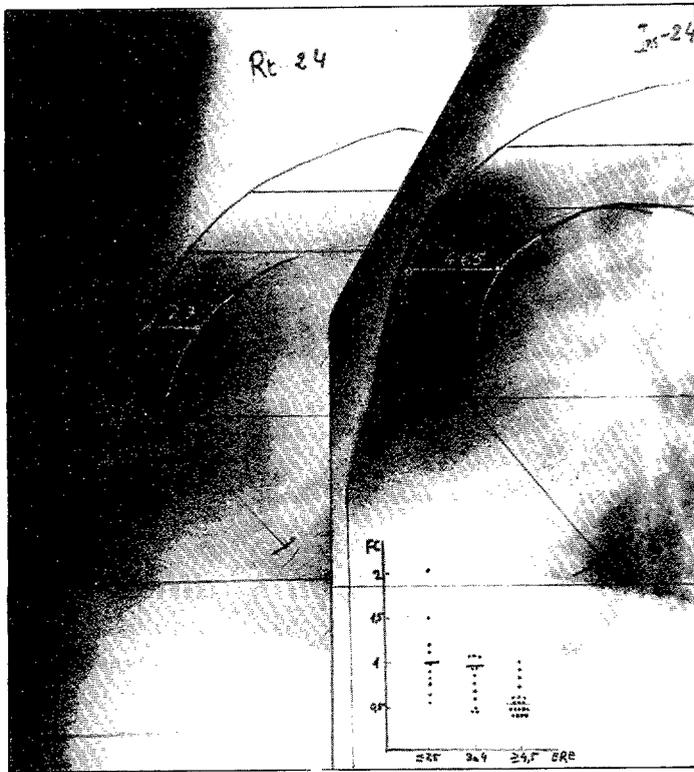


FIG. 12

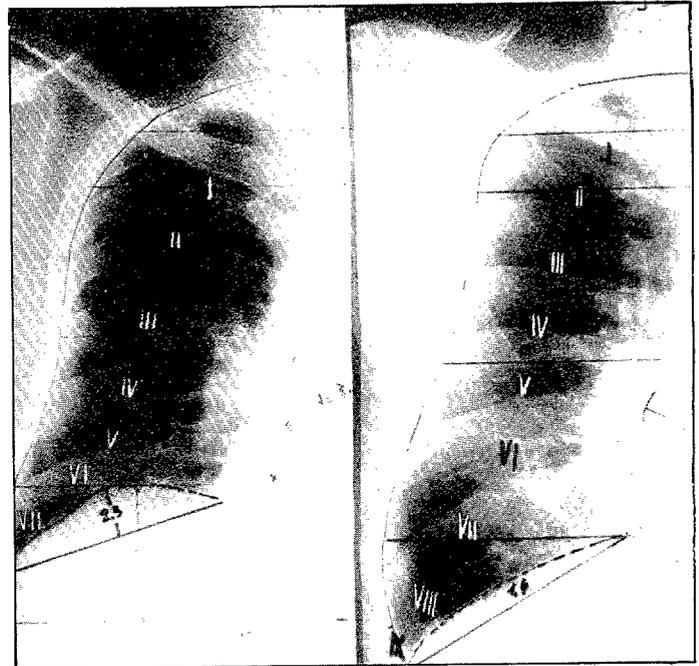


FIG. 13

logo inviten e instruyan al enfermo para que realice una inspiración máxima cuando reciba tal orden o la de apnea en el gabinete radiológico,

con el mismo interés en que insiste que realice una espiración máxima cuando sospecha la presencia de neumotórax o desea seguir su evolución,

ya que sólo con una radiografía en inspiración máxima serán rentables las medidas que posteriormente se realicen sobre ella (3).

## BIBLIOGRAFIA

- BARNHARD, H. J.; PIERCE, J. A.; JOYCE, J. W.; BATES, J. H.: «Roentgenographic determination of total lung capacity». AMER. J. MED., 28: 51, 1960.
- COTES, J. E.; BILLET, et al.: «Lung function assesment and application in medicine». 3rd Edition Verlag. Blackwell Scientific. Publications, Scite 381.
- CRAPO, R. O.; MONTAGNE, T.; ARMSTRONG, J.: «Inspiratory lung volume achieved on routine chest films». INVEST. RADIOL., 14: 137-140, 1979.
- DARLING, R. C.; RICHARDS, D. N., y Cournand, A.: «Studies on intrapulmonary mixture of gases: III open circuit method for measurin residual air». J. CLIN. INVEST., 19: 609, 1940.
- DAYMAN, H. G.: «Expiratory Spirogram». AMER. REV. RESP. DIS., 83: 842-855, 1961.
- Dechoux, V.; Pivoteau, C.: «La capacité de diffusion alveolo-capillaire (sa mesure chez le sujet normal et le silicoticque)». REV. TUB. PNEUMOL., 24: 267-282, 1960.
- DUBOIS, A. B.; BOTELHO, S. Y.; BELLELL, G. N.; MARSHALL, R., y COMROE, J.: «Rapid plethysmographic method for measuring thoracic gas volume: comparison with nitrogen washout method for measuring functional residual capacity in normal subjects». J. CLIN. INVEST., 35: 322-326, 1956.
- FRAILE BANCO, J.; FUEJO LAGOS; GRANADOS S. TAMARIT: «Mecánica respiratoria en el enfisema pulmonar». REV. CLINICA. ESP., 133: 131-140.
- FRY, D. L.; HYATT, R. E. Mc.; CALL, C. B.; MALLOS, A.: «Evaluation of three types of respiratory flowmeters». J. APPL. PHYSIOL., 10: 210, 1957.
- HARRIS, T. R.; PRATT, P. C.; KILBURN, K. H.: «Total lung capacity measured by roentgenograms». AM. J. MED., 50: 756-763, 1971.
- KNUDSON, R. J.; SLATIN, R. C.; LEBOWITZ, M. D.; BURROWS, B.: «The maximal expiratory flow-volume curve». AMER. REV. RESP. DIS., 113: 587-600, 1976.
- LOYD, H. M.; STRING, S. T.; DUBOIS, A. B.: «Radiographic and plethysmographic determination of total lung capacity». RADIOLOGY, 86: 7, 1966.
- MATHYS, H.: «The assesment of airways obstruction». BULL. PHYSIOPATH. RESP., 9: 961-978, 1973.
- MERCELEY, G. R.; KALTHEIDER, N. L.: «Lung volumen determined by helium». J. CLIN. INVEST., 28: 129-139, 1949.
- OREHEK, J.; GRIMAND, Ch.: «La courbe débit expiratoire maximal-volume». Le Poumon et le coeur, XXXI, 5, 259-262, 1975.
- PRATT, P. C.; KLUGH, G. A.: «A method for the determination of total lung capacity from posteroanterior and lateral chest roentgenograms». AMER. REV. RESP. DIS., 96: 548, 1967.
- RIES, A. L.; CLAUSEN, J. L.; FRIEDMAN, P. J.: «Measurements of lung volumes from supine portable chest radiographs». J. APPL. PHYSIOL., 47: 1332-1335, 1979.
- RUBIN, E. H., y RUBIN, M.: «Enfermedades del tórax». Pág. 198. Ed. Toray. Barcelona. 1964.
- RUIZ DE ANDRES, S.; ESTADO, J.: «Estudio pletismográfico del volumen residual en los mecanismos funcionales de obstrucción bronquiolar». EXTRACTO DE MEDICAMENTO, 473: 3-7, 1970.
- SIMON, G.; PRIDE, N. B.; JONES, N. L.; RAYMONDI, A. C.: «Relation between Abnormalities in the chest radiograph and changes in Pulmonary Function in chronic bronchitis and Emphysema». THORAX, 28: 15, 1973.
- TIFFENEAU, R.; PINELLIM, A. F.: «La capacité pulmonaire utilisable a l'effort: test pour l'exploration de la fonetion ventilatrice pulmonaire». X Congres National de la Tuberculose. Strasbourg, 1948. Citado por Denolin H. Sadoul, P. Orie NGM. L'Exploration Fonctionnelle Pulmonaire Editions Médicales Flammarion. 1967.