

¿Cómo asegurar el grado de inspiración máxima al realizar una radiografía de tórax?

T. Gutiérrez Jiménez¹, A. Herrera de la Rosa², J. M. Martínez Albiach¹, J. Escobar Sacristán¹, J. C. Hernández Navarro³, F. Hervás Maldonado⁴, C. Pérez de Oteyza⁵

Med Mil (Esp) 2003; 59 (1): 17-21

RESUMEN

Introducción: La dificultad a la hora de obtener una radiografía de tórax en inspiración, puede ser debida a fallo del paciente que no llega a inspiración máxima o a fallo del radiólogo o del técnico de rayos que no aprieta el interruptor en el momento preciso. **Objetivo:** Valorar si la incorporación de un inspirómetro al aparato de rayos corrige tanto los errores atribuibles al paciente, como los errores atribuibles al profesional que realiza la radiografía. **Material y métodos:** Se midieron la capacidad pulmonar total por el método radiográfico planimétrico, la distancia del espacio retroesternal y la altura del arco del hemidiafragma derecho. Estas mediciones se hicieron primero sobre las radiografías de tórax de 22 pacientes (doce EPOC y diez restrictivos), clínicamente estables, en las que se cuidó el grado de inspiración y después sobre radiografías de tórax de los mismos pacientes y en las mismas condiciones pero midiendo la inspiración máxima con un inspirómetro incorporado al aparato de rayos. Para el análisis de las diferencias se efectuó una comparación de medias de valores pareados y se calculó el valor y significación de "t". **Resultados:** La diferencia de las medias de la Capacidad Pulmonar total ($p = 0'007$), de la distancia del espacio retroesternal ($p = 0'167$) y de la altura del arco del hemidiafragma derecho ($p = 0'849$) fueron favorables, en el primer caso con significación estadística, a las radiografías de tórax obtenidas con el inspirómetro incorporado al aparato de rayos. **Conclusión:** Con el inspirómetro, incorporado al aparato de rayos, se consiguen radiografías de tórax con mayor volumen y grado de inspiración y se corrigen tanto los errores de técnica atribuibles al paciente como los errores atribuibles al radiólogo o técnico de rayos.

PALABRAS CLAVE: Inspirómetro. Radiografía en inspiración máxima. Capacidad Pulmonar Total. Método radiográfico planimétrico.

INTRODUCCIÓN

La radiografía de tórax sigue siendo una exploración fundamental para el diagnóstico de las enfermedades del tórax. Decimos que la radiografía de tórax está bien hecha cuando está bien centrada, tiene un grado de exposición adecuado y está en inspiración máxima.

En algunas ocasiones las radiografías de tórax no alcanzan el grado de inspiración adecuado, a pesar de la buena voluntad, tanto del paciente como del técnico de rayos. La dificultad, en unas ocasiones, es debida a fallo del paciente que no llega a capacidad inspiratoria máxima bien sea por distracción, hipoacusia, nerviosismo etc., y en otras es debido a la dificultad que tiene el técnico de rayos de saber el momento en que el paciente ha alcanzado la inspiración máxima y por tanto de conocer el momento preciso de apretar el interruptor.

Obtener radiografías de tórax espiradas da una visión errónea de parámetros como el índice cardiorácico, o dificulta la valoración del tamaño de los vasos hiliares (1) y del cociente arteria pulmonar bronquio (2) o de la altura real de los hemidiafragmas, o de

la distancia del espacio retroesternal o de la densidad pulmonar, haciendo sospechar patologías como son la cardiomegalia, la plétora pulmonar, la insuficiencia cardiaca congestiva, la hipertensión pulmonar (3), la elongación de los troncos supraaórticos o el patrón de refuerzo de trama cuando en realidad sólo se trata de defectos de técnica. En otras ocasiones la radiografía de tórax espirada impide la sospecha radiológica de enfermedades, como el enfisema, al no mostrar de forma evidente los signos radiológicos de hiperinsuflación y atrapamiento aéreo.

Otros de los inconvenientes de la obtención de la radiografía de tórax espiradas es, que una vez detectada, se mandará repetir de nuevo, lo que implica molestias y nueva dosis de radiación para el paciente, aumento de trabajo para el personal de rayos e incremento del gasto sanitario.

¿Existe alguna forma de corregir tanto los fallos atribuibles al paciente como los fallos atribuibles al técnico de rayos?

Pensamos que sí, y para ello ideamos un inspirómetro, que mide el grado de inspiración que alcanza un paciente cuando se le dice que "llene el pecho de aire" al hacerle una radiografía de tórax y que, además, está dotado de un dispositivo luminoso y acústico, que avisa al técnico de rayos del momento en el que el paciente ha llegado a capacidad inspiratoria máxima (4).

MATERIAL Y MÉTODOS

Material

A cada uno de los 22 pacientes (doce con obstrucción crónica de la vía aérea y diez con trastorno ventilatorio restrictivo), proce-

¹ Col. Médico.

² Col. Médico Res. Servicio de Neumología del H. M. Gómez-Ulla

³ Col. Médico. Servicio de Radiología del H. M. "Gómez-Ulla".

⁴ Col. Médico. Servicio de Microbiología del H. M. "Gómez-Ulla".

⁵ Profesor Titular de Medicina. UCM. Madrid.

Dirección para correspondencia: Teodoro Gutiérrez Jiménez. Servicio de Neumología. Hospital Militar "Gómez-Ulla". Glorieta del Ejército, s/n. 28047-Madrid.

Recibido: 6 de agosto de 2002.

Aceptado: 7 de febrero de 2003.

dentes de la consulta externa de Neumología y clínicamente estables, se les practicó:

1. Una radiografía pósterio-anterior y lateral de tórax a una distancia foco-placa de 185 cm, ensayando previamente con el paciente para conseguir una inspiración máxima.
2. En una revisión posterior, a los 6 meses y en las mismas condiciones, se realizó a cada paciente una nueva radiografía pósterio-anterior y lateral de tórax pero realizando el paciente la inspiración sobre un inspirómetro incorporado al aparato de rayos, cuando el radiólogo o técnico de rayos le mandaban llenar el pecho de aire. Se aprovechó la revisión de cada paciente para no hacerle dos radiografías de tórax en la misma visita.

El Inspirómetro (Fig. 1) Ms-05 de la casa Poch-Millas, diseñado para este trabajo, permite medir la capacidad vital inspiratoria (VCIN) y el flujo pico inspiratorio (PIF), apareciendo en su pantalla los valores reales, teóricos y porcentajes. El inspirómetro consta de un cuerpo que se fija al aparato de rayos, un tubo corrugado con una boquilla desechable y un dispositivo luminoso y acústico que se fija en el borde superior de la columna de la derecha del equipo de rayos (Fig. 2) y que se enciende y pita cuando el paciente ha finalizado la capacidad inspiratoria máxima, avisando al radiólogo del momento adecuado para obtener la radiografía.

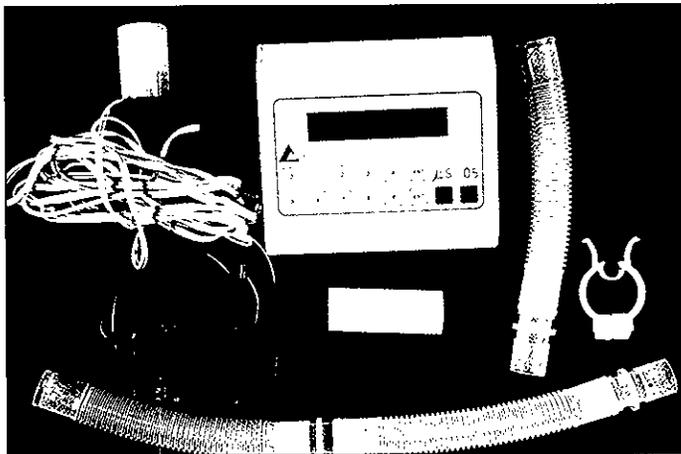


Figura 1.

Método

A cada una de las radiografías de tórax de los 22 pacientes, realizadas en la primera consulta, se le hicieron las siguientes mediciones: La Capacidad pulmonar total por el método radiográfico planimétrico (5) (TLC-M. planim.), la distancia del espacio retroesternal (\varnothing ERE) y la altura del arco del hemidiafragma derecho (\uparrow arco HD).

Las mismas mediciones se hicieron sobre las radiografías de tórax de los 22 pacientes, realizadas en la revisión de los 6 meses, en las cuales el paciente realizaba la inspiración máxima sobre el inspirómetro incorporado al aparato de rayos.

Para el análisis de las diferencias se efectuó una comparación de medias de valores pareados y se calculó el valor de significación de "t", ($p < 0.05$) para un intervalo de confianza del 95%.

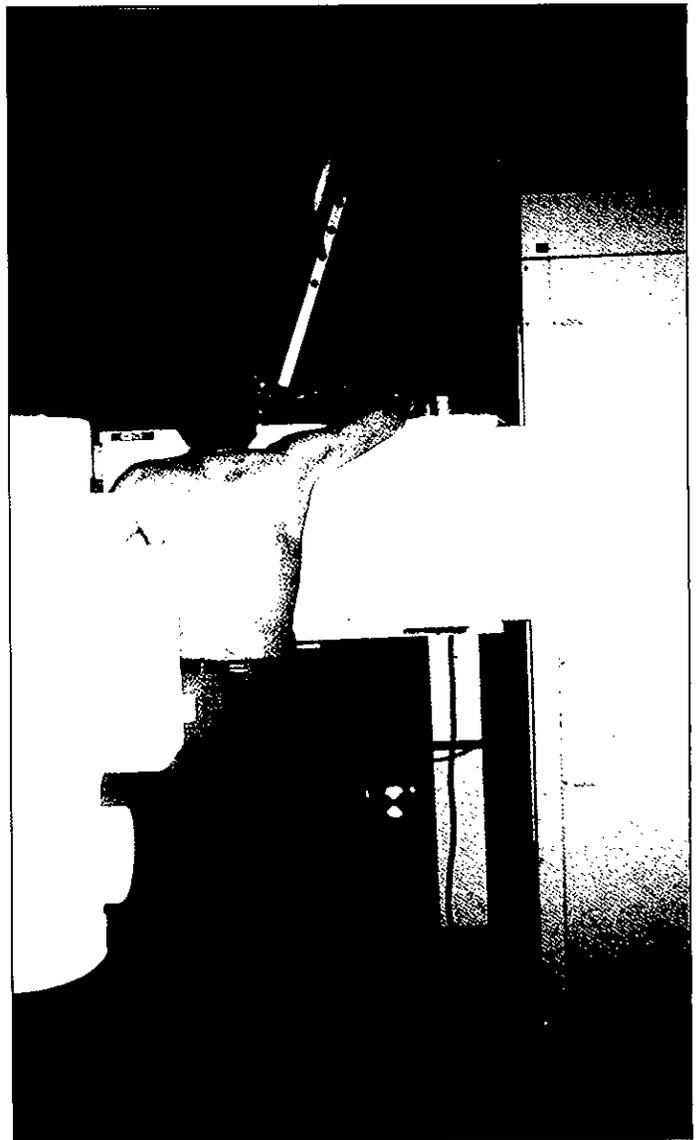


Figura 2.

La medición de la capacidad pulmonar total, a partir de la radiografía de tórax, por el método radiográfico planimétrico de Prat, modificado por Harris, se realizó midiendo el área radiográfica de cada pulmón en la radiografía pósterio-anterior y lateral de tórax, transformando dichas mediciones en volumen por medio de la ecuación de Harris ($TLC = 8.5 \times \text{Área pulmonar (PD + PI + PL)} - 1.2$). Previa a la medición con el planímetro se delimitaron los campos pulmonares derechos e izquierdo en la radiografía pósterio-anterior de tórax, excluyendo la silueta cardiaca y el mediastino. El trazado se realizó siguiendo el margen interno de las costillas y los bordes del mediastino. En la radiografía lateral de tórax el límite inferior se marcó por una línea equidistante de ambos hemidiafragmas; para el límite posterior se trazó una línea siguiendo los márgenes posteriores de los cuerpos vertebrales, para el límite anterior se siguió el borde interno de las costillas y para el trazado del vértice se unieron las líneas anterior y posterior describiendo un suave arco.

La medición con el planímetro se hace fijando el brazo largo en un punto de la superficie radiográfica que permita el desplaza-

¿Cómo asegurar el grado de inspiración máxima al realizar una radiografía de tórax?

miento del otro brazo por el borde de la radiografía de tórax, previamente marcado (Fig 3). Una vez que se localiza con la lupa la línea o borde marcado, se recorre dicha línea sin levantar la lupa hasta completar, cada una por separado, las tres superficies que corresponden a: pulmón derecho (PD) y pulmón izquierdo (PI) en la radiografía pósterio-anterior y la superficie radiográfica (PL) de la radiografía lateral de tórax.

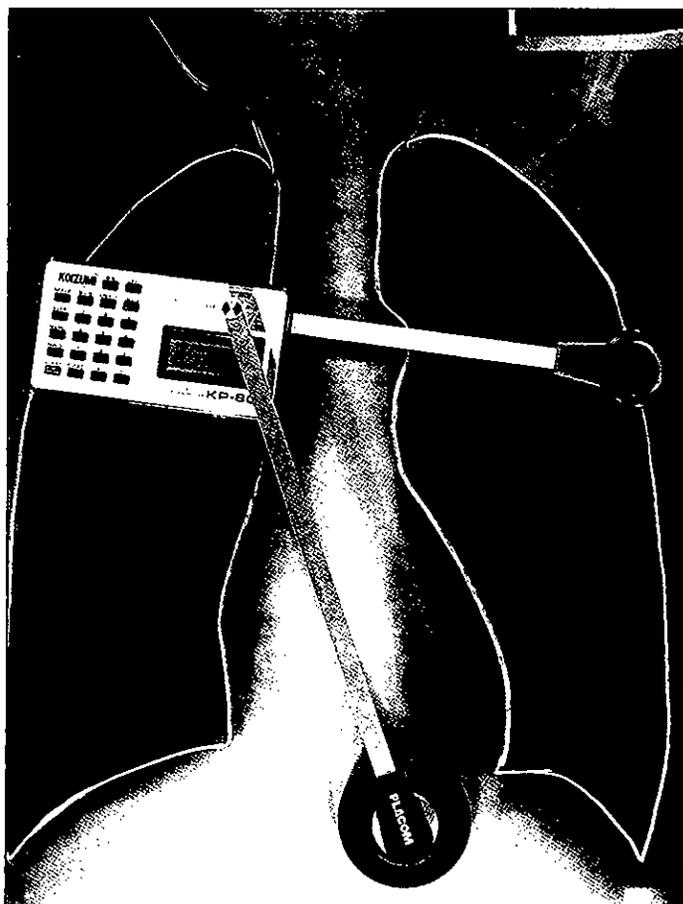


Figura 3.

Los valores obtenidos de cada superficie o área medida aparecen en la pantalla en cm^2 . Para su transformación en volumen se aplica la fórmula, ya conocida de Harris, en la que la $\text{TLC}_{\infty} = 8 \cdot 5 \times \text{Área pulmonar (PD + PI + PL) planimétrica} - 1 \cdot 2$.

La medición de la distancia del espacio retroesternal se hizo midiendo la distancia entre el esternón, a 3 cms por debajo del manubrio esternal, y el borde anterior de la aorta ascendente. También se midió la altura del arco del hemidiafragma derecho, como expresión del grado de inspiración de la radiografía pósterioanterior de tórax.

RESULTADOS

Los resultados de la capacidad pulmonar total por el método radiográfico planimétrico, obtenidos de la medición de las radiografías de tórax hechas sin y con el inspirómetro, arrojan los siguientes resultados (Tabla 1). La media de la Capacidad pulmonar

total obtenida por el método planimétrico sobre radiografías de tórax realizadas sin el inspirómetro incorporado ($\text{TLC-M. planim-Rx sin}$) fue de 6083 cc, unos 202 cc menor que la media de la Capacidad pulmonar total obtenida por el método radiográfico planimétrico sobre radiografías de tórax realizadas con el inspirómetro incorporado ($\text{TLC-M. planim-Rx con}$) que fue de 6285 cc, suficiente para obtener una diferencia ($p = 0 \cdot 007$) significativa.

Tabla 1. Valores de capacidad pulmonar total por método radiográfico planimétrico sobre radiografías pósterioanterior y lateral de tórax realizadas sin medir el grado de inspiración ($\text{TLC-M. planim. Rx sin}$) y midiendo el grado de inspiración con un inspirómetro incorporado al aparato de rayos ($\text{TLC-M. planim. Rx con}$).

Paciente	TLC-M. planim. Rx sin Insp.	TLC-M. planim. Rx con Insp.	Dif.
1	8050	8190	-140
2	8420	8410	10
3	6150	6400	-250
4	5910	5710	200
5	7160	6860	300
6	5950	6080	-130
7	7430	7620	-190
8	6890	6930	-40
9	6290	6600	-310
10	7260	8070	-810
11	7320	7350	-40
12	6356	7600	-1250
13	4152	4242	-90
14	3423	3522	-98
15	6201	6591	-360
16	5681	5861	-180
17	3241	3421	-121
18	4831	4881	-50
19	4621	5051	-430
20	5561	5581	-20
21	6741	7613	-272
22	6152	6301	-149
Media	6083	6285	-202
S D	1366	1415	322

$p = 0 \cdot 007$ (significativa).

Los resultados de la medición de la distancia del espacio retroesternal sobre las radiografías laterales de tórax hechas sin el inspirómetro y con el inspirómetro se encuentran expuestas en la (Tabla 2). La media de la distancia del espacio retroesternal obtenida en la radiografía lateral de tórax realizada sin el inspirómetro incorporado ($\varnothing \text{ERE-Rx lat. sin}$) fue de 4'09 cms, unos 0'25 cms menor que la media de la distancia del espacio retroesternal obtenida sobre radiografía lateral de tórax realizada con el inspirómetro incorporado ($\varnothing \text{ERE-Rx lat. con}$), fue de 4'34 cms no alcanzando significación estadística ($p = 0 \cdot 167$).

Los resultados de la medición de la altura del arco del hemidiafragma derecho sobre la radiografía pósterio anterior de tórax, hechas sin y con el inspirómetro incorporado, se encuentran expuestos en la (Tabla 3). La media de la altura del arco del hemidiafragma derecho obtenida de las radiografías posteroanterior de

Tabla 2. Distancia del espacio retroesternal sobre la radiografía lateral de tórax realizada sin la medición de la inspiración (\emptyset ERE Rx lat. sin) y con el inspirómetro incorporado (\emptyset ERE Rx lat. con).

Paciente	\emptyset ERE Rx lat sin	\emptyset ERE Rx lat con	Dif.
1	5'2	5'2	0
2	5'5	5'4	0'1
3	4'3	6'3	-2
4	6'4	5	1'4
5	5	4	1
6	3	3	0
7	5	5'5	-0'5
8	5	5'8	0'8
9	4'1	4'7	0'6
10	4'4	4'9	-0'5
11	4	4'5	-0'5
12	3'6	4'8	-1'2
13	2'2	4	-1'8
14	2'5	2'7	-0'2
15	3'3	3'2	0'1
16	3'5	3'1	0'4
17	3'2	3'2	0
18	3'2	2'5	0'7
19	4	4'4	0'4
20	3'8	3'2	0'6
21	5'1	5'7	-0'6
22	3'8	4'5	-0'7
Media	4'09	4'34	-0'25
SD			0'819

p = 0'167

tórax realizada sin el inspirómetro incorporado (\uparrow arco HD- Rx PA sin) fue de 1'52 cms, unos 0'02 cms mayor que la media de la altura del arco del hemidiafragma derecho obtenido de las radiografía pósterioanterior de tórax realizada con el inspirómetro incorporada (\uparrow arco HD-Rx PA con), que fue de 1'50 con una p = 0'8496.

DISCUSIÓN

Como se aprecia en los resultados expuestos, la media de la capacidad pulmonar total obtenida de las radiografías de los 22 pacientes del estudio, que se hicieron mientras se medía la inspiración máxima con un inspirómetro, superaron la media de la capacidad pulmonar total de las radiografías que se hicieron sin el inspirómetro. La diferencia obtenida alcanzó significación estadística (p = 0'007).

Ya había comprobado nuestro grupo (6) una gran diferencia de volumen entre las radiografías de tórax, hechas de forma rutinaria y las radiografías de tórax en las que se cuidaba que estuvieran en inspiración máxima y a una distancia foco-placa de 185 cm. Hay autores, como Ríes (7), que señalan que la precisión de las técnicas radiográficas depende de una adecuada instrucción a los pacientes hasta llegar a conseguir y mantener la inspiración máxima, pero no hemos encontrado, en la bibliografía revisada, trabajos en los que se mejore el grado de inspiración de las radiografías en las que se cuidó el grado de inspiración.

Tabla 3. Altura del arco del hemidiafragma derecho medido sobre la radiografías pósterioanterior de tórax realizadas sin el inspirómetro incorporado al aparato de rayos (\uparrow arco HD Rx PA sin) y con el inspirómetro incorporado al aparato de rayos (\uparrow arco HD Rx PA con).

Paciente	\uparrow arco HD Rx PA tórax sin	\uparrow arco HD Rx PA tórax con	Dif.
1	1'3	1	0'3
2	1'3	1	0'3
3	2'2	2'5	-0'2
4	0'5	0'8	-0'3
5	1	1'3	-0'3
6	1'8	1'9	-0'1
7	1'2	1'6	-0'4
8	1'8	1'9	-0'1
9	2'1	1'9	0'2
10	1'9	0'9	1
11	1'6	1'9	0'3
12	1'9	1'8	0'1
13	0'7	1'4	0'7
14	2'6	2'6	0
15	0'3	1'4	1'1
16	1'9	1'7	0'2
17	1'2	0'8	0'4
18	0'5	1	-0'5
19	1'9	0'3	1'6
20	2	2'2	-0'2
21	1'9	1'8	0'1
22	1'4	1'3	0'1
Media	1'52	1'50	0'02
SD			0'58

p = 0'849

No podemos pasar por alto la sorpresa que obtuvimos al comprobar que la media de la capacidad vital inspiratoria (VC IN) (2563 ml) y del flujo inspiratorio pico (PIF) (3142 ml) obtenidos por el inspirómetro eran menores que la VC IN (2905 ml) y el PIF (4396 ml), medidos en una espirometría previa. Con estos resultados hubiera parecido que con el inspirómetro los pacientes no llegaban a capacidad inspiratoria máxima, a pesar de que las radiografías, así obtenidas, sí parecían más inspiradas que las realizadas sin el inspirómetro. La justificación a esta disminución de la media de la VC IN y del PIF obtenida por el inspirómetro frente a la media de la VC IN y del PIF obtenido por espirometría, la encontramos al observar que para realizar la inspiración con el inspirómetro incorporado al aparato de rayos hay que levantar los brazos (Fig. 2), lo que condiciona que partamos de un grado de semiinspiración y, por tanto, se alcance antes la inspiración máxima, circunstancia que no ocurre cuando se hace una espirometría que se inicia la inspiración desde situación de reposo o desde espiración máxima.

Respecto a la distancia del espacio retroesternal pudimos comprobar que la media de dicha distancia era mayor en las radiografías laterales que se hicieron con el inspirómetro incorporado al aparato de rayos que las que se obtuvieron de las radiografías hechas sin medir el grado de inspiración. Aunque no alcanzó significación estadística (p = 0'167). En estudios anteriores (6) compro-

¿Cómo asegurar el grado de inspiración máxima al realizar una radiografía de tórax?

bamos que si no se cuidaba que la radiografía se hiciese en inspiración máxima, dejaban, en ocasiones, de cumplir con los criterios radiológicos de atrapamiento aéreo (8). Hay que reconocer que pequeñas variaciones en las mediciones lineales, sobre la superficie radiográfica, suponen grandes cambios de volumen pulmonar. Con una muestra, calculada, de 71 pacientes hubiera alcanzado significación estadística.

Con relación a la altura del arco del hemidiafragma derecho también pudimos comprobar lo que pensábamos, que a mayor grado de insuflación más descenso y aplanamiento del diafragma y, por tanto, menos altura del arco del hemidiafragma derecho. Las diferencias obtenidas tampoco fueron significativas.

En conclusión, según nuestros resultados las radiografías de tórax, obtenidas mientras se mide la inspiración con un inspirómetro, consiguen un grado de inspiración y un volumen mayor que las radiografías de esos mismos pacientes obtenidas en las mismas condiciones, pero sin el inspirómetro incorporado al aparato de rayos. El inspirómetro incorporado al aparato de rayos corrige los errores de técnica que se pueden producir al hacer la radiografía de tórax pues, por un lado asegura que el paciente ha llegado a inspiración máxima y por otro avisa al radiólogo o técnico de rayos del momento en que el paciente ha llegado a inspiración máxima.

AGRADECIMIENTOS

A la Diplomada en Enfermería D.^a María Dolores Moronta Martín.

A los técnicos de rayos D. Jorge Pérez Balmaseda y D. Gregorio Piqueras Martínez.

Al Arquitecto D. Carlos Martínez Arrarás, que me facilitó el planímetro.

A D. Manuel Millás, de la casa Posch-Millás, que me facilitó el inspirómetro.

BIBLIOGRAFÍA

1. Chang CH. The normal roentgenographic measurement of the right descending pulmonary artery in 1085 cases. *Am J Roentgenol* 1962; 87, 929.
2. Woodring JH: Pulmonary artery-bronchus ratios in patients with normal lungs, pulmonary vascular plethora, and congestive heart failure. *Radiology* 1991;179, 115.
3. Hakin TS, Michel RP, Chang HK: Effect of lung inflation on pulmonary vascular resistance by arterial and venous occlusion. *J Appl Physiol* 1982; 53: 1110.
4. Langevin PB, Hellein V, Harms SM, Tharp WK, Cheun-Seekite, Lampotang S. Synchronization of radiograph film exposure with the inspiratory pause. Effect on the appearance of beside chest radiographs in mechanically ventilated patients. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999; 160 (6): 2067-71
5. Harris TR, Pratt PC, Kirbuum KH. Total lung capacity measured by roentgenograms. *Am J Med* 1971; 50: 756 -763.
6. Gutiérrez T, García Marcos F, Herrera de la Rosa A, Sáez Valls R. Volúmenes Pulmonares. Su relación radiológica funcional. *Medicina Militar* 1983; 39: 3: 10-17.
7. Rfes A. Measurement of Lung Volumes. *Clinics in Chest Medicine* 1989; 10: 2: 177-185.
8. Turlbeck WM, Simon G. Radiographic appearance of the chest in Emphysema. *Am J Roentgenol* 1978; 130: 429-440.