

Dr. Carlos Rivera Argeñal<sup>1</sup>  
 Dr. José Luis Ciales<sup>1</sup>  
 Dr. José Manuel Cardoso<sup>1</sup>  
 Dra. Renata Báez<sup>2</sup>  
 Dra. Alejandra Ramírez<sup>2</sup>

## Análisis densitométrico del enfisema con Tomografía Computada Helicoidal de tórax

### RESUMEN:

Se realizó estudio transversal, descriptivo y comparativo de la Tomografía Computada Helicoidal (TCH) y las pruebas funcionales respiratorias en pacientes con diagnóstico de enfisema pulmonar.

**Objetivo:** Comparar los resultados de la evaluación cuantitativa del enfisema utilizando la TCH de tórax, con las pruebas de función respiratoria; y determinar así el rango de densidad tomográfica correspondiente al grado de severidad establecido por las pruebas de función respiratoria.

**Metodología:** A 18 pacientes con diagnóstico clínico y funcional de enfisema pulmonar, se les realizó TCH de tórax. Se seleccionaron 6 niveles pulmonares de la TC para

medición de la densidad, y se compararon los resultados con las pruebas funcionales.

**Resultados:** El rango densitométrico propuesto según la experiencia de la investigación, obtuvo una sensibilidad de 93% y una especificidad de 95.3%.

**Conclusión:** La medición sistemática de densidad con TCH de tórax en pacientes con enfisema se correlaciona con las pruebas de función respiratoria, por lo cual es un método útil y alternativo para establecer el grado de obstrucción respiratoria.

**PALABRAS CLAVE:** Enfisema pulmonar, Pruebas de función respiratoria, Tomografía Computada Helicoidal de tórax.

<sup>1</sup> CT Scanner de México

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias.  
 Copias (copiaes) Dr. Carlos Rivera Argeñal. Puebla No. 228, Col. Roma 06700, México, D.F.  
 © Sociedad Mexicana de Radiología e Imagen, A.C.

### Introducción

Más de 10 millones de personas en Norteamérica padecen de enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Este término comprende un grupo de enfermedades caracterizadas por obstrucción de las vías respiratorias distal al bronquiolo terminal y comprende básicamente la bronquitis crónica y el enfisema.<sup>1,2</sup>

La bronquitis crónica es un diagnóstico clínico que se hace mediante el interrogatorio; se caracteriza por un exceso en la producción de moco traqueobronquial, suficiente para causar tos con expectoración al menos durante 3 meses al año, por más de 2 años consecutivos.<sup>3</sup>

El enfisema se caracteriza por destrucción irreversible de las vías aéreas lo que produce disnea de esfuerzo.<sup>4,5</sup> Se puede clasificar en centrilobular, panlobular, paraseptal y cicatricial, según su distribución en los acinos o en relación con el lobulillo pulmonar secundario.<sup>6</sup>

Debido al incremento del hábito del tabaquismo en nuestra población, ha aumentado también el número de casos de enfisema, cuyos cambios son irreversibles.<sup>7</sup> El tratamiento médico brinda solamente un alivio sintomático, particularmente en personas de edad avanzada. El trasplante pulmonar puede ser el mejor tratamiento a largo plazo; pe-

ro hay poca disponibilidad de donadores y muchos pacientes, que por su condición o edad avanzada, no son candidatos para trasplante. Una nueva técnica es la cirugía de reducción de volumen pulmonar en los pacientes con enfisema, la cual mejora la calidad de vida de los pacientes enfisematosos.<sup>8</sup> Desde el advenimiento de esta técnica, el papel de la imagenología en la evaluación cuantitativa y cualitativa del enfisema, ha incrementado su importancia.

La TCH se considera un método electivo para dicha evaluación; ya que permite, la medición de densidades en distintas áreas pulmonares las cuales son modificadas por el enfisema pulmonar.

El principal interés del presente estudio fue determinar la relación de los cambios densitométricos pulmonares del paciente enfisematoso con sus pruebas de función respiratoria, estableciendo así valores numéricos en relación al grado de obstrucción funcional.

## Metodología

La presente investigación se realizó en 18 pacientes seleccionados de la consulta externa del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER), con diagnóstico clínico y funcional de enfisema pulmonar. Fueron de una edad promedio de 60 años, con los siguientes criterios:

### Criterios de inclusión:

Pacientes de cualquier sexo  
Edad promedio de 60 años  
Pacientes del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER).  
Con diagnóstico clínico de enfisema pulmonar, con pruebas de función respiratoria, realizados en el transcurso de diez días antes o después de la fecha de estudio tomográfico.

### Criterios de exclusión:

Pacientes con anormalidades parenquimatosas focales o difusas que afecten más de un segmento pulmonar  
Pacientes con bronquiectasias.  
Pacientes con derrame pleural  
Pacientes con historia clínica de asma bronquial  
Pacientes con enfermedad cardíaca severa  
Pacientes con enfermedad renal

La TCH de tórax se realizó en el centro CT Scanner de México, utilizando un equipo modelo CT Pro Speed (GE). Se adquirieron cortes tomográficos en inspiración con la modalidad helicoidal en una o dos apneas, en posición supina, desde el opérculo torácico hasta las bases pulmonares, sin medio de contraste. Los cortes fueron de 10mm de espesor por 10mm de desplazamiento, con 300 mA, 120 KVp, y un segundo de tiempo por cada corte.

## Evaluación

El grado de obstrucción al flujo espiratorio, medido con el VEF1 (volumen de espiración forzada en un segundo), se determinó según los siguientes valores del mismo en:

Normal: VEF1 > 80% del valor predecible para la edad y sexo.  
Leve: VEF1 = 66-79%

Moderada: VEF1 = 51-65%

Severa: VEF1 < 50%<sup>10,11</sup>

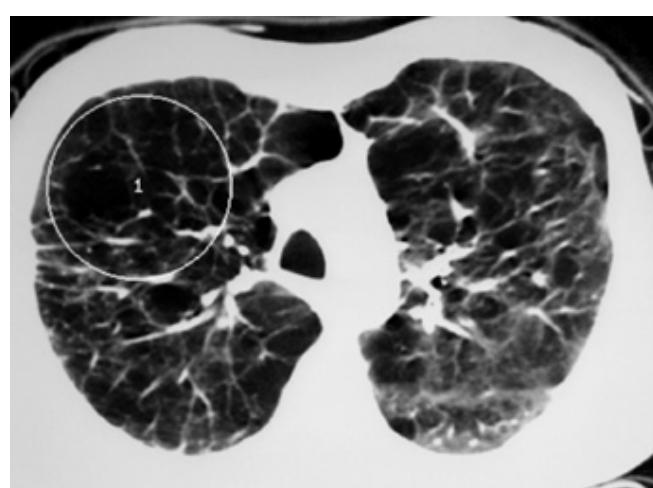
En todos los pacientes, para la evaluación de densidad en los estudios de Tomografía Computada, se seleccionaron 6 niveles de corte:

1. Unión esternoclavicular.
2. Origen de Arteria innominada.
3. Borde inferior del arco aórtico.
4. Arteria pulmonar izquierda.
5. Arteria pulmonar derecha.
6. Porción inferior de la Aurícula izquierda.

En cada uno de los niveles anteriores, se midió la densidad pulmonar con una muestra o área de interés (R.O.I.) de 41.95 cm, tanto en el pulmón derecho como en el izquierdo, para un total de 12 mediciones para cada paciente. Se seleccionó el sitio con menor cantidad de tejidos blandos circundantes posible, como son vasos y bronquios (Figura No. 1).

Para cada nivel se obtuvo un promedio de densidad que a su vez fue promediado para obtener un resultado global de todos los niveles de ambos pulmones.

Este promedio densitométrico global se comparó con la prueba funcional respiratoria correspondiente.



**Figura No. 1.** Ejemplo de medida de densidad. Se seleccionó sitio con la menor cantidad de tejido blando circundante, y con un R.O.I. de 41.95 cm.

**Cuadro I.** Relación del grado de severidad de acuerdo al VEF1, la densidad pulmonar promedio, y el grado de obstrucción de acuerdo a los valores densitométricos.

Paciente	VEF1	Grado funcional	Densidad	Grado por TCH
1	41%	Severo	-914.56	Severo
2	27%	Severo	-905.10	Severo
3	63%	Leve	-815.54	Leve
4	31%	Severo	-879.40	Moderado
5	29%	Severo	-941.43	Severo
6	32%	Severo	-886.40	Moderado
7	53%	Leve	-860.50	Leve
8	23%	Severo	-934.14	Severo
9	21%	Severo	-908.20	Severo
10	66%	Leve	-872.00	Leve
11	61%	Moderado	-887.95	Moderado
12	64%	Leve	-843.05	Leve
13	56%	Moderado	-895.06	Moderado
14	51%	Moderado	-897.10	Moderado
15	64%	Moderado	-889.20	Moderado
16	34%	Severo	-908.40	Severo
17	26%	Severo	-918.00	Severo
18	28%	Severo	-915.00	Severo

## Resultados

Los pacientes fueron seleccionados al azar, sin importar su grado de obstrucción. El 55.6% (n = 10) fueron severos, 22.2% (n = 4) fueron moderados; y 22.2% (n = 4) leves.

El 100% de los pacientes selectos eran fumadores, 88.8% (n = 16) del sexo masculino y 11.2% (n = 2) del sexo femenino. Se seleccionaron aleatoriamente, sin importar su grado de obstrucción.

Se realizaron las mediciones densitométricas sin conocimiento previo de los resultados funcionales. Al finalizar se corroboraron éstos entre sí y con sus respectivas pruebas funcionales, proponiendo así los siguientes rangos densitométricos, para la clasificación de la severidad:

Obstrucción leve: mayor a -875 U.H.

Obstrucción moderada: entre -875 U.H. y -900 U.H.

Obstrucción severa: menor a -900 U.H.

Los resultados de la valoración densitométrica de cada paciente se muestran en el Cuadro I.

Con los anteriores valores, se obtuvo una sensibilidad de 93.3%, especificidad de 95.3%, valor predictivo positivo de 89% y un valor predictivo negativo de 93.3%. (Cuadro II).

En 55.5% (n = 10) de la muestra se observó enfisema pulmonar del tipo centrilobulillar (Figuras No. 2 a la 4), 38.8% (n = 7) panlobulillar (Figura No. 5), y el 5.5% (n = 1) fue mixto.

Entre otros hallazgos en los pacientes del presente protocolo, 77.7% (n = 14) presentaron datos de aterosclerosis, 33.3% (n = 6) datos de hipertensión pulmonar y a un paciente se le detectó un nódulo pulmonar con características to-

mográficas de malignidad, lo cual se corroboró con biopsia pulmonar (Figura No. 6). Este fue el único caso del estudio que presentó patología agregada en un segmento pulmonar. Para realizar la medición en dicho segmento, se posicionó el R.O.I. en el sitio con menor tejido blando circundante evitando la inclusión del nódulo.

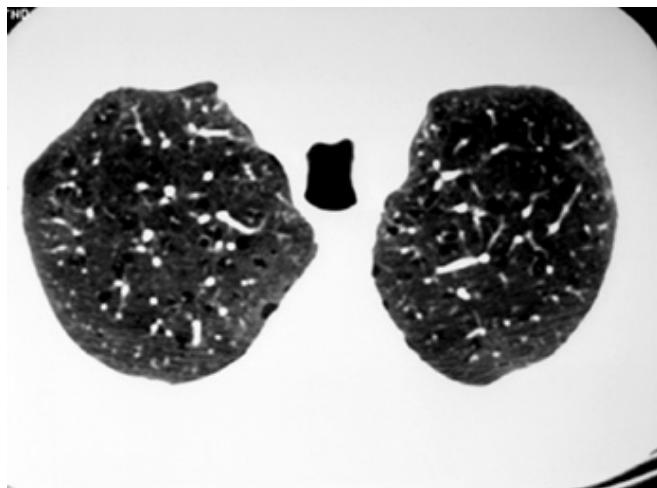
## Discusión

En este estudio prospectivo se demuestra la utilidad de la medición densitométrica con TCH en pacientes con enfisema pulmonar para cuantificar la enfermedad.

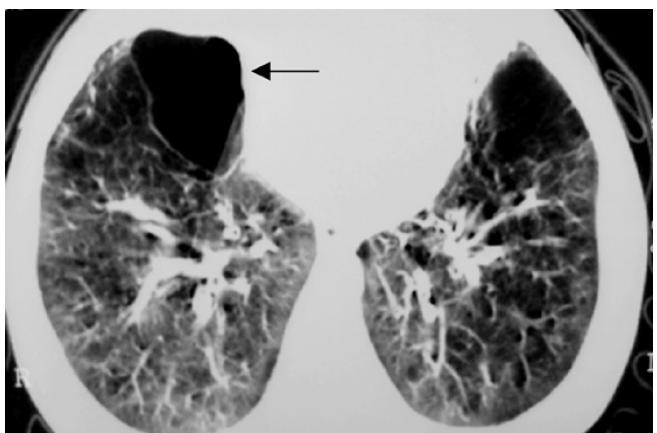
De total, solamente 11% (n = 2) no concordó con el grado de obstrucción demostrado en las pruebas funcionales. Estos pacientes fueron funcionalmente severos y en la valoración densitométrica moderados, razón por la cual la especificidad para la valoración de pacientes con grado moderado de obstrucción fue de 86% y la sensibilidad para los pacientes con grado severo de 80%.

**Cuadro II.** Sensibilidad (SENS), especificidad (ESPEC), valor predictivo positivo (VPP), valor predictivo negativo (VPN), según el grado de obstrucción y el total de cada una de ellas

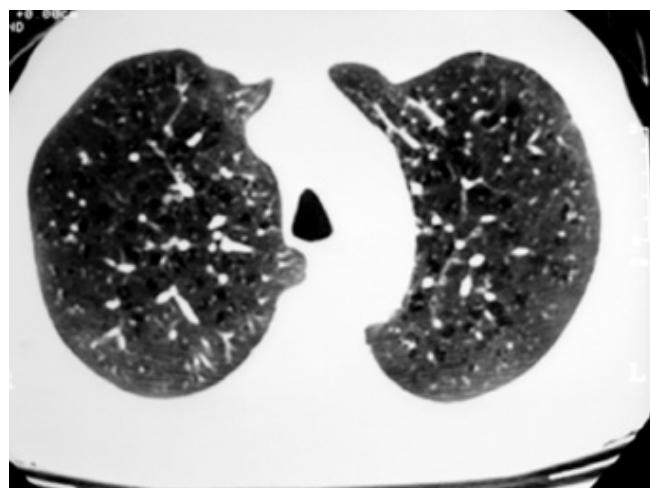
	SENS	ESPEC	VPP	VPN
Leve	100%	100%	100%	100%
Mod.	100%	86%	67%	100%
Severo	80%	100%	100%	80%
Total	93.3%	95.3%	89%	93.3%



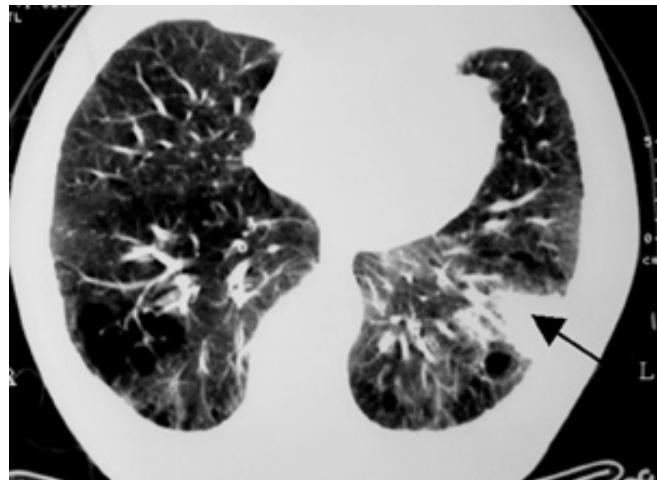
**Figuras 2 y 3.** Enfisema centrilobullilar. Cortes tomográficos en lóbulos superiores con múltiples imágenes radiolúcidas sin pared, que afectan la porción central del lóbulo pulmonar secundario.



**Figura No. 4.** Enfisema centrilobullilar con imagen radiolúcida mayor de 1 cm de pared delgada (bula).



**Figura No. 5.** Enfisema panlobular. Se observa disminución generalizada de la atenuación pulmonar, secundaria a destrucción uniforme del acino que se extiende desde el bronquiolo respiratorio hasta la parte más distal del alveolo.



**Figura No. 6.** Nódulo pulmonar con datos tomográficos de malignidad. Hallazgo incidental en un paciente del estudio.

Según Nakano<sup>12</sup> el valor límite densitométrico entre pulmón normal y patológico varía entre -900 U.H. y -960 U.H., utilizando programas especiales en donde se eliminan de la medición los tejidos blandos circundantes, los cuales elevan el valor. Similares valores refiere Robertson en su editorial sobre los métodos de estudio para la valoración de enfisema.<sup>13</sup> Adicionalmente se evaluaron en nuestro estudio 5 pacientes sin patología pulmonar, obteniendo valores densitométricos mayores a -800 U.H., con un promedio de -780 U.H. El valor máximo de densidad que se obtuvo en un paciente con obstrucción leve fue de -815.54 U.H.

El 93.3% de sensibilidad y 95.3% de especificidad de nuestro estudio, demuestran la utilidad del método, el cual utiliza parámetros reproducibles. Bankier<sup>14</sup> realizó un estudio con 62 pacientes, en donde compara la morfometría macroscópica, la densitometría con TC y la valoración visual del en-

efisema con TC; en donde demuestra que la valoración visual del enfisema para la clasificación de su severidad fue inferior al obtenido con la densitometría con TC.

Maki<sup>15</sup> estudió la radiografía de 57 pacientes con enfisema, previo al tratamiento quirúrgico del mismo, concluyendo que la radiografía de tórax puede ser suficiente para determinar qué pacientes podrían obtener un buen resultado de la cirugía. Sin embargo las radiografías fueron analizadas por cuatro especialistas en Radiología torácica y por un residente de Radiología. Nuestro método no depende de la experiencia del lector.

Bankier, además, comparó los cambios morfológicos y densitométricos del enfisema en los segmentos internos y externos del pulmón, demostrando que los internos eran los más afectados en el enfisema pulmonar. Nuestro estándar de oro fueron las pruebas funcionales respiratorias, las cuales valoran el funcionamiento global de ambos pulmones, motivo por el cual nuestra metodología utiliza el promedio general de los valores densitométricos para establecer un valor y compararlo con las pruebas respiratorias correspondientes a cada paciente.

## Referencias

1. Netter FH. Ciba collection of medical illustrations. Respiratory System. CIBA – GEIGY. New Jersey. 1980; 136 – 149.
2. Sánchez Alvarez Pedrosa C y cols. Pedrosa Diagnóstico por Imagen. Tratado de Radiología Clínica. McGraw Hill. 1997; 523 – 528.
1. Braunwald E y cols. Harrison: Principios de Medicina Interna, 11 edición, McGraw Hill; 1989; 1339 – 1348.
2. Grainger RG y cols. Diagnostic Radiology. 2da edición, Churchill Livingstone 1992; 263 – 270.
3. Guyton A. Tratado de fisiología médica. 7a. Edición. McGraw Hill, 1989; 647 – 700.
4. Cardoso JM y cols. Radiología e Imagen Diagnóstica y terapéutica, Tórax. Lippincott William and Wilkins. 1999; 135 – 139.
5. Juhl JH y cols. Paul and Juhl's Essentials of Radiologic Imaging, 2da edición. Lippincott – Raven. 1998; 947 – 949.
6. Holbert JM y cols. Changes in lung volume and volume of emphysema after unilateral lung reduction surgery: analysis with CT lung densitometry. Radiology 1996; 201:793 – 797.
7. Park KJ y cols. Quantitation of emphysema with three – dimensional CT densitometry: comparison with two – dimensional analysis, visual emphysema scores, and pulmonary function test results. Radiology 1999; 211: 5.
8. Farzan S. Neumología Clínica. Interamericana. 1982; 82 – 87.
9. Miller LG y cols., Manual Clínico de Neumología. McGraw Hill 1983; 5 – 41.
10. Nakano Y y cols. Comparison of low attenuation areas on computed tomographic scans between inner and outer segments of the lung in patients with chronic obstructive pulmonary disease: incidence and contribution to lung function. Thorax 1999; 54: 384 – 389.
11. Roberston Imaging in the evaluation of emphysema. Thorax 1999; 54: 379.
12. Bankier AA y cols. Pulmonary emphysema: subjective visual grading versus objective quantification with macroscopic morphometry and thin – section CT densitometry. Radiology 1999; 211: 851 – 858.
13. Maki DD y cols. Advanced Emphysema: Preoperative chest radiographic findings as predictors of outcome following lung volume reduction surgery. Radiology 1999; 212: 49 – 55.

## Conclusiones

1. La TCH es un método óptimo y rápido para la valoración adecuada de los cambios estructurales del enfisema pulmonar.
2. La TCH permite la medición de densidades, lo cual es de mucha utilidad en la valoración cuantitativa del enfisema pulmonar.
3. La medición sistemática de densidad en diferentes niveles pulmonares de pacientes con enfisema pulmonar se correlaciona con las pruebas respiratorias funcionales.
4. La valoración densitométrica con TCH es un método útil y alternativo para establecer el grado de obstrucción en pacientes con enfisema pulmonar.

## Abstract

Nowadays, millions of North Americans suffer emphysema. The purpose of this study is to show the use of Helical Computed Tomography for the quantitative evaluation of pulmonary obstruction in patients with emphysema, comparing it with respiratory function tests.