



ARCHIVOS DE BRONCONEUMOLOGIA

www.archbronconeumol.org



Técnicas de imagen en la exploración de la vía aérea pequeña: asma y EPOC

Tomás Franquet

Jefe de la Sección de Radiología Torácica, Hospital de San Pablo, Profesor asociado de Radiología, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España

RESUMEN

Palabras clave:

Pequeña vía aérea
Asma
Bronquiolitis
Tomografía computarizada de alta resolución
Resonancia magnética

Las técnicas de imagen son herramientas diagnósticas muy útiles en el estudio de las enfermedades de la vía aérea pequeña. Sin embargo, a pesar de ser diferentes, desde un punto de vista clínico-patológico, las enfermedades de la vía aérea pequeña presentan manifestaciones radiológicas similares.

La tomografía computarizada de alta resolución (TCAR) es la técnica de elección para estudiar las enfermedades difusas y las de la vía aérea pequeña; los cortes complementarios en espiración deben formar parte del protocolo de estudio de la patología de la vía aérea pequeña.

Sobre la base de los hallazgos de la TCAR, las enfermedades de la vía aérea pequeña se dividen en dos grandes grupos: *a*) las que presentan signos morfológicos directos de afectación bronquiolar, y *b*) las que presentan signos indirectos de afectación bronquiolar (atrapamiento aéreo/patrón "en mosaico").

La TCAR es muy útil para estudiar las complicaciones asociadas al asma (aspergilosis broncopulmonar alérgica) o para valorar los procesos que clínicamente son muy similares, como la neumonitis por hipersensibilidad. En los pacientes asmáticos, la TC con multidetectores (TCMD) permite establecer una correlación directa entre los síntomas clínicos, el engrosamiento de la pared de la vía aérea y el grado de obstrucción al flujo aéreo. La TCMD es también útil para valorar cuantitativamente el grado de atrapamiento aéreo en los pacientes con enfisema.

La resonancia magnética (RM) tras la inhalación de diferentes gases, como el ^3He y xenón-129, y la TC con energía dual (TCED) son también técnicas de imagen útiles en la valoración directa o indirecta del grado de obstrucción al flujo aéreo (atrapamiento).

© 2010 SEPAR. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Imaging techniques in the examination of the distal airways: asthma and COPD

ABSTRACT

Keywords:

Small airways
Asthma
Bronchiolitis
High-resolution computed tomography
Magnetic resonance

Imaging techniques are highly useful diagnostic tools to study small airway diseases. Despite their differences, from a clinical pathological perspective, these diseases show similar radiological manifestations. High-resolution computed tomography (CT) is the technique of choice to study diffuse diseases and those of the small airways; the slices obtained in expiratory high-resolution CT scan should form part of the study protocol of small airway diseases. Based on the findings of high-resolution CT, small airway diseases can be divided into two large groups: (a) those presenting direct morphological signs of bronchiolar involvement, and (b) those showing indirect signs of bronchiolar involvement (air trapping/mosaic pattern). High-resolution CT is highly useful to study the complications of asthma (allergic bronchopulmonary aspergillosis) and to evaluate clinically similar processes, such as hypersensitivity pneumonitis. In asthmatic patients, multi-detector CT (MDTC) allows clinical symptoms, thickening of the airway wall and the degree of airflow obstruction to be directly correlated. MDTC is also useful for quantitative evaluation of the degree of air trapping in patients with emphysema.

Magnetic resonance imaging after inhalation of distinct gases, such as ^3He and xenon-129 and dual-energy CT are also useful imaging techniques in the direct or indirect evaluation of the degree of airflow obstruction (air trapping).

© 2010 SEPAR. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Puntos clave

- Utilidad de las técnicas de imagen en el estudio de la patología de las vías aéreas distales.
- Valoración y cuantificación del remodelado de la pared bronquial y del grado de atrapamiento aéreo.
- Diferenciación morfológica de los diferentes componentes que afectan a los pacientes con asma y enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

En países desarrollados, el tabaquismo es el causante del 85-90% de los casos de bronquitis crónica. Otras enfermedades de la vía aérea pequeña, como el asma, presentan hallazgos clínicos e histológicos que se solapan con los de la bronquitis crónica.

Actualmente, las técnicas de imagen son herramientas diagnósticas muy útiles en el estudio de los pacientes con asma y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Sin embargo, la rentabilidad diagnóstica de estas técnicas dependerá de su indicación, de la selección adecuada del tipo de estudio y del protocolo utilizado. En el presente trabajo revisaremos las diferentes técnicas de imagen utilizadas en el estudio de la vía aérea pequeña, haciendo hincapié en su indicación y rentabilidad diagnóstica.

Vía aérea pequeña

El término "vía aérea pequeña" se refiere a las vías aéreas que tienen un diámetro inferior a 2 mm y que incluyen a los bronquiolos terminales, bronquiolos respiratorios y ductos alveolares¹⁻⁴. Existen diferentes clasificaciones de las enfermedades de las vías aéreas pequeñas basadas en criterios histológicos, clínicos e incluso radiológicos⁴. El término "enfermedad de la vía aérea pequeña" puede utilizarse para describir los diferentes procesos inflamatorios que afectan principalmente a los bronquiolos y que, a pesar de ser diferentes, desde un punto de vista clínico-patológico presentan manifestaciones radiológicas similares⁵⁻⁷. En algunas enfermedades, como el asma y la bronquitis crónica, también se afectan los bronquios de mayor tamaño.

Técnicas de imagen en el estudio de la vía aérea pequeña

Tomografía computarizada

La tomografía computarizada (TC) es una técnica sensible, con una excelente resolución espacial, y que aporta un detalle anatómico en muchos casos superponible a la valoración patológica. Las imágenes se obtienen mediante un tubo emisor de rayos que gira de modo circular sobre el paciente, produciendo haces de radiación en diferentes ángulos sobre un mismo plano de corte. La radiación emitida se recoge por un grupo de detectores situados en el punto opuesto al foco emisor. Los diferentes valores de absorción recibidos por los detectores se transformarán en diferentes tonalidades (escala de grises), configurando la imagen de un corte anatómico axial. Los valores densitométricos de cada estructura se determinan en unidades Hounsfield (UH), nombre utilizado en honor al descubridor de la TC. Dichas unidades oscilan entre los valores negativos representados por el aire (-1.000 UH) y los valores positivos representados por el hueso (+1.000 UH). Entre estos dos extremos se sitúan los valores densitométricos correspondientes a las diferentes estructuras del organismo (p. ej., la grasa tiene un valor de atenuación negativo situado entre -10 y -40 UH)^{8,13}.

La diferencia entre un estudio TC convencional y una tomografía computarizada de alta resolución (TCAR) radica en el grosor de corte y el algoritmo de reconstrucción de las imágenes. En la TC convencional se utiliza un grosor de corte de 8-10 mm, mientras que en la TCAR el grosor de corte es de 1-2 mm.

La TCAR es la técnica de elección para estudiar las enfermedades difusas y las de la vía aérea pequeña. Un complemento del estudio de

alta resolución son los cortes obtenidos en espiración (dinámicos) y utilizados para demostrar posibles cambios en la atenuación pulmonar que sugieran la existencia de atrapamiento aéreo. Las enfermedades de la vía aérea pequeña deberán estudiarse con TCAR y cortes complementarios espiratorios^{14,15}.

Otra de las aplicaciones de la TC en el estudio de las enfermedades de la vía aérea pequeña es la capacidad de cuantificar, mediante programas de *software* adecuados, las zonas de atrapamiento aéreo (fig. 1).

El avance técnico más importante en la actualidad es la TC helicoidal dotada con múltiples coronas de detectores (TCMD). Esta técnica facilita la adquisición de hasta 40 imágenes por segundo, lo que mejora de un modo muy significativo la calidad de la reconstrucción espacial de éstas. Una vez obtenidos los datos y mediante la aplicación de programas de posproceso, podemos realizar reconstrucciones coronales y sagitales del tórax, reconstrucciones tridimensionales (3D), volumétricas axiales y estudios de broncoscopia virtual.

Hallazgos en la tomografía computarizada de alta resolución en las enfermedades de la vía aérea pequeña

Sobre la base de los hallazgos de la TCAR, las enfermedades de la vía aérea pequeña se dividen en dos grandes grupos: *a*) las que presentan signos morfológicos directos de afectación bronquiolar, y *b*) las que presentan signos indirectos de afectación bronquiolar (atrapamiento aéreo/patrón "en mosaico")^{14,15}.

Los signos directos e indicativos de patología bronquiolar son: *a*) engrosamiento de la pared bronquiolar; *b*) dilatación de la luz bronquiolar, y *c*) relleno e impactación de la luz bronquiolar por moco o material infectado (fig. 2).

En el parénquima pulmonar, la alternancia de áreas con diferentes valores de atenuación (áreas negras y blancas) produce visualmente un patrón radiológico descrito como "patrón en mosaico". Este patrón es inespecífico y puede verse tanto en las enfermedades infiltrativas difusas como en las enfermedades de la vía aérea pequeña o en enfermedades pulmonares de causa vascular^{14,15}.

En los individuos normales, cuando se realizan cortes espiratorios, la densidad del parénquima pulmonar aumenta de modo uniforme debido a la disminución fisiológica del aire intrapulmonar. El aumento uniforme de la densidad pulmonar no existe en las enfermedades pulmonares en las que hay atrapamiento aéreo.

En la TCAR dinámica, los cambios tanto de la densidad pulmonar, como del área seccional durante las fases inspiratoria y espiratoria, se utilizan como índices de la ventilación pulmonar. La presencia de atrapamiento aéreo es un hallazgo radiológico indirecto de enfermedad pulmonar obstructiva y se asocia frecuentemente a las enfermedades con afectación de la vía aérea pequeña (bronquiolitis/asma) (fig. 3) Los pacientes con sospecha clínica de enfermedad de la vía aérea pequeña en los que el estudio tomográfico inspiratorio sea normal deben estudiarse siempre con cortes de TC complementarios en espiración para descartar definitivamente la existencia de atrapamiento aéreo¹⁰.

En las áreas de atrapamiento aéreo (zonas hiperlucetas/negras en la TC), los vasos pulmonares son de menor calibre que en las zonas normalmente ventiladas. Este hallazgo se debe al desarrollo de una vasoconstricción secundaria a la hipoxia existente en las áreas de atrapamiento. En los pacientes con patología bronquiolar crónica irreversible, la disminución del calibre de los vasos se debe a cambios estructurales en la pared de éstos (hipertrofia)¹⁰.

Finalmente, el patrón de "perfusión en mosaico" asociado a enfermedad vascular pulmonar primaria (enfermedad trombo-embólica y/o hipertensión pulmonar arterial) se origina por la alternancia de áreas parenquimatosas hiperperfundidas (mayor densidad radiológica/blanca) con áreas hipoperfundidas (menor densidad radiológica/negra). En este grupo de enfermedades, el calibre de los vasos pulmonares es mayor en las zonas hiperperfundidas (blancas).

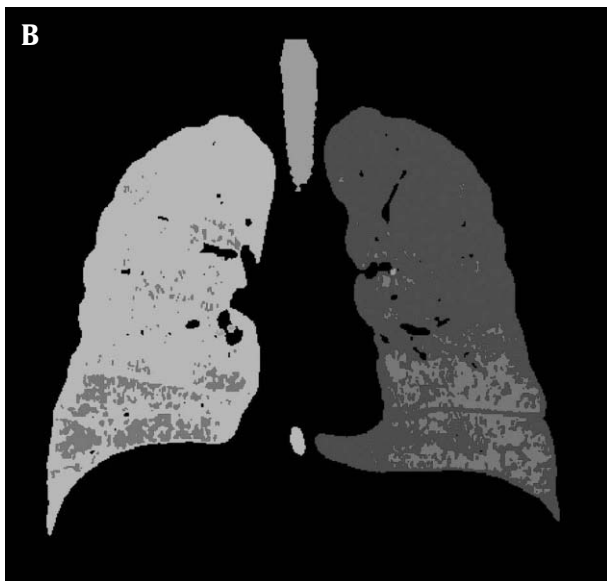
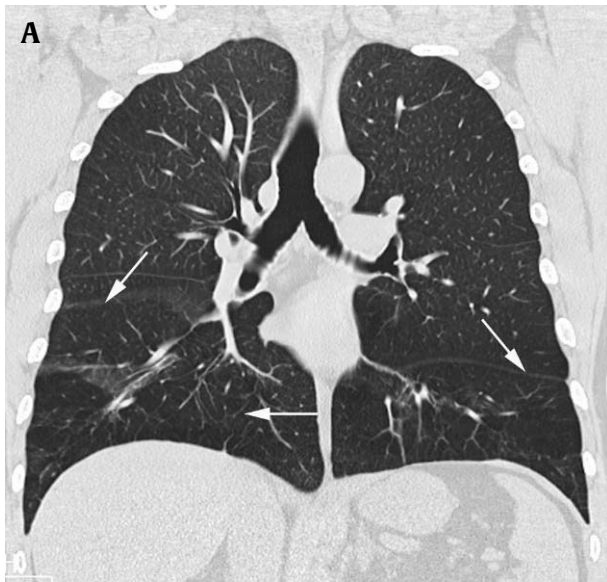


Figura 1 Paciente de 48 años con déficit de alfa1 antitripsina. A) La reconstrucción coronal a partir de un estudio de tomografía computarizada helicoidal dotada con múltiples coronas de detectores muestra zonas radiolucientes en ambas bases pulmonares (flechas). B) La tomografía computarizada de cuantificación muestra claramente las áreas de enfisema.

Sin embargo, en los cortes espiratorios, no existe atrapamiento aéreo en las zonas hipoperfundidas (negras). Ante un patrón de “perfusión en mosaico” debe hacerse un estudio dinámico con cortes espiratorios complementarios para demostrar o excluir atrapamiento aéreo¹⁶⁻¹⁹.

Resonancia magnética funcional del pulmón. Ventilación pulmonar utilizando ³He

Las imágenes de RM del parénquima pulmonar no son de buena calidad y no tienen actualmente ninguna aplicación clínica²⁰. Sin embargo, se está estudiando la utilidad de la RM pulmonar tras la inhalación de diferentes gases como el ³He y xenón-129. El ³He es un gas noble que puede polarizarse mediante una fuente láser de alta intensidad. Tras este proceso se obtiene un gas hiperpolarizado con una intensidad de señal varias veces mayor que la producida por el hidrógeno.

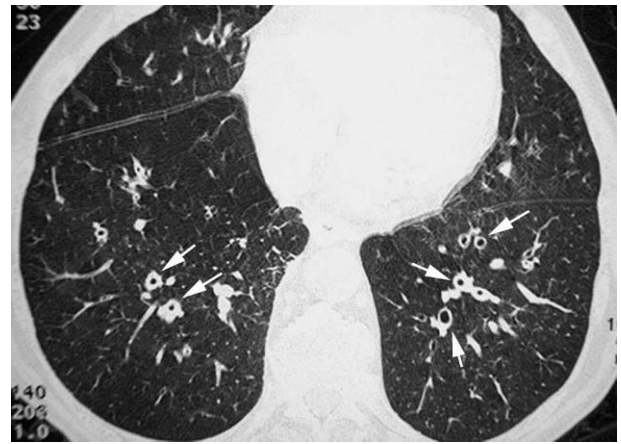


Figura 2 Paciente de 56 años con bronquitis crónica. El corte de tomografía computarizada de alta resolución en las bases pulmonares demuestra engrosamiento de las paredes bronquiales y bronquiolares (flechas).

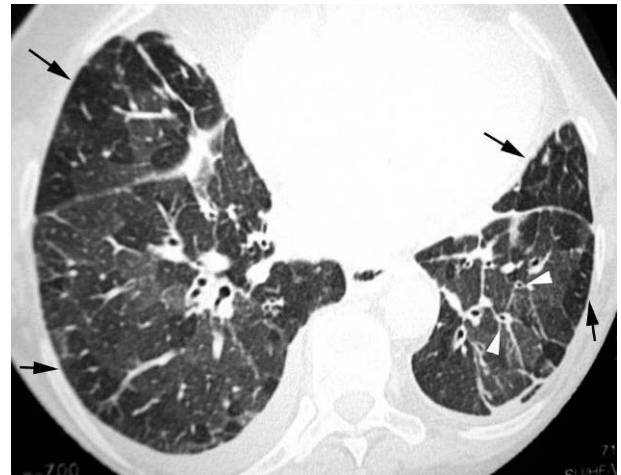


Figura 3 Paciente de 42 años con asma bronquial. El corte de tomografía computarizada de alta resolución en espiración muestra un patrón difuso bilateral de perfusión en mosaico. Las áreas radiolucientes (negras) representan atrapamiento aéreo intralobulillar (flechas). Existe asociado un engrosamiento de las paredes bronquiales y bronquiolares (cabezas de flechas).

Cuando un sistema convencional de RM se sintoniza con la frecuencia de señal característica del gas hiperpolarizado, en este caso ³He, la inhalación de dicho gas originará una imagen RM de alta intensidad localizada en el interior de las zonas ventiladas traqueo-bronquiales y pulmonares²¹. El ³He no difunde hacia las zonas del parénquima pulmonar que no se encuentran ventiladas adecuadamente. Mediante estos estudios se pueden identificar morfológicamente las áreas pulmonares no ventiladas (fig. 4). Existen, no obstante, algunos problemas inherentes al ³He que condicionan en la actualidad su uso. En primer lugar, los equipos de RM deberían estar equipados con un sistema de radiofrecuencia más amplia y con una bobina sintonizada con las frecuencias apropiadas para obtener imágenes. La mayoría de los equipos preparados para estudios de espectroscopia podrán utilizarse para estudios con gases como hidrógeno-1, ³He y xenón-129. En segundo lugar, el helio es un gas caro y su preparación (hiperpolarización) no está todavía comercialmente disponible²¹.

Además de los estudios convencionales con TCAR, la RM con ³He es un método diagnóstico útil para demostrar el grado de afectación pulmonar por enfisema²². La demostración del grado de enfisema y su

distribución es muy importante en aquellos pacientes que son candidatos a cirugía reductora de volumen pulmonar.

Asma

El asma afecta al 5% de la población de los EE. UU. y es la causa de 2.000.000 de consultas a los servicios de urgencias, 470.000 hospitalizaciones y 4.500 muertes anuales.

El asma es una de las causas más frecuentes de tos crónica (24-29%) en los pacientes no fumadores. Clínicamente, el paciente experimenta episodios intermitentes de tos, disnea y sibilancias que pueden desencadenarse tras la exposición específica a sustancias sensibles (asma extrínseca). En el asma intrínseca no existen atopias o agentes externos desencadenantes de la broncoconstricción. Los síntomas pueden revertir de modo espontáneo o como resultado del tratamiento.

Los cambios histológicos de la vía aérea en el asma son bien conocidos a partir de estudios necrópsicos. Dichos hallazgos, sin embargo, suelen representar los estadios finales de la enfermedad. Macroscópicamente, los pulmones se encuentran hiperinsuflados debido a la existencia de impactaciones mucosas múltiples.

Histológicamente, en la vía aérea, se observa daño o desaparición completa de la mucosa bronquial y engrosamiento de la pared debido a la existencia de edema submucoso y a un infiltrado celular inflamatorio de eosinófilos y, en ocasiones, de células plasmáticas y linfocitos²³. Otros cambios que contribuyen al engrosamiento difuso de la pared bronquial son la hipertrofia de las glándulas mucosas, el engrosamiento de la membrana basal y la hiperplasia de la musculatura lisa de la pared.

Estudios de imagen en el asma

La radiografía de tórax no debe ser un estudio rutinario en el diagnóstico del asma. En los adultos asmáticos, puede verse un aumento del volumen y de la transparencia pulmonar, un discreto engrosamiento de las paredes bronquiales y un aumento del calibre de los vasos hiliares. Sin embargo, no es infrecuente que la radiografía de tórax sea prácticamente normal o que los cambios radiológicos sean mínimos y difíciles de valorar. En el paciente asmático, la radiografía de tórax es útil para descartar complicaciones asociadas como la presencia de consolidación, atelectasias subsegmentarias secundarias a impactaciones mucosas, aspergilosis broncopulmonar alérgica y neumotórax o neumomediastino. La condensación en el paciente asmático es generalmente de causa infecciosa; en algunos casos puede deberse a focos de neumonía eosinófila.

En la mayoría de pacientes sintomáticos, la TC muestra alteraciones de la vía aérea y del parénquima pulmonar; sin embargo, esta técnica no debe utilizarse de forma rutinaria en el manejo del paciente asmático. Los hallazgos tomográficos característicos incluyen: engrosamiento y dilatación de las paredes bronquiales y bronquiolares, impactaciones mucosas presentando una morfología típica de "árbol en gemación", atelectasias discoideas y áreas parcheadas de perfusión en mosaico y atrapamiento aéreo²⁴⁻²⁶. En el asma grave, el patrón de perfusión en mosaico es indistinguible del que aparece en la bronquiolititis obliterante (constrictiva)²⁴.

En los pacientes en los que se sospeche una bronquiolititis obliterante (constrictiva), se debe hacer una biopsia pulmonar cuando los síntomas clínicos, la función respiratoria y los hallazgos en la TCAR no permitan establecer un diagnóstico de certeza.

La mejora en las técnicas de TC y el desarrollo conjunto de algoritmos cuantitativos para medir el grosor de la pared de la vía aérea y el área de su luz son útiles para cuantificar el atrapamiento aéreo²⁷. Dichos métodos de imagen se utilizan cada vez de forma más rutinaria en el estudio de las enfermedades obstructivas del pulmón²⁸.

Desde un punto de vista clínico, es muy importante conocer los diversos fenotipos de asma; los individuos obesos pueden tener un

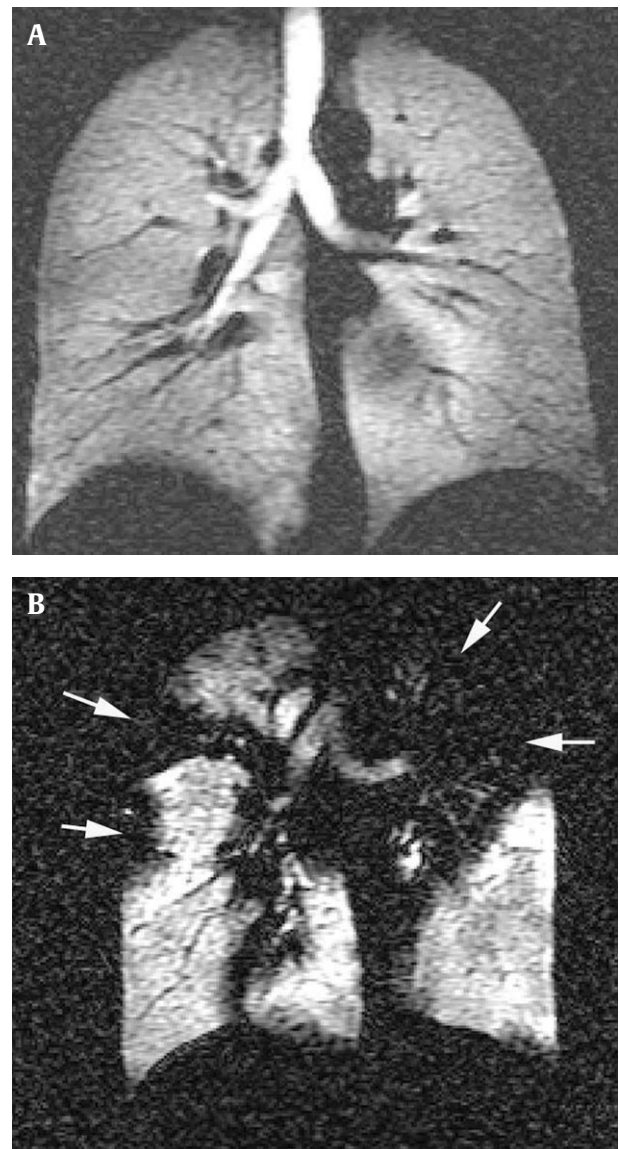


Figura 4 Resonancia magnética con helio hiperpolarizado. A) Estudio normal. La reconstrucción coronal muestra una señal uniforme en ambos pulmones. B) Paciente con enfermedad obstructiva pulmonar. El estudio muestra múltiples áreas no ventiladas (flechas) en ambos pulmones. (Cortesía del Dr. Page McAdams, Durham, Estados Unidos).

fenotipo de asma específico caracterizado por una gravedad mayor y un peor control con la medicación.

Morfológicamente, el asma se caracteriza por la remodelación de la vía aérea con infiltración de la pared por células inflamatorias, depósito de tejido conectivo, aumento de la masa muscular lisa e hipertrofia de las glándulas mucosas.

Los hallazgos radiológicos asociados al asma suelen ser inespecíficos y consisten en el engrosamiento de la pared bronquial y una hiperinsuflación pulmonar secundaria. En los pacientes asmáticos sin enfisema asociado, la hiperinsuflación pulmonar es muy difícil de demostrar con radiología convencional. De hecho, en la radiografía simple de tórax, la mayoría de los pacientes asmáticos presentan un volumen pulmonar normal o reducido, incluso durante los episodios de exacerbación.

Es importante reducir el número de estudios radiológicos en los pacientes asmáticos, particularmente en los niños. La utilidad de la radiografía simple de tórax en el manejo del asma es un tema ampliamente debatido. La radiografía simple debe realizarse exclusivamente

en los pacientes con sintomatología atípica o ante la sospecha de complicaciones.

La TC es muy útil para estudiar las complicaciones asociadas con el asma (aspergilosis broncopulmonar alérgica) (fig. 5) o para valorar los procesos que clínicamente son muy similares como la neumonitis por hipersensibilidad²⁶.

Otra aplicación de la TC es la valoración del grado de obstrucción mediante cortes dinámicos en espiración. De hecho, los cortes espiratorios deben formar parte del protocolo de estudio mediante TC de cualquier proceso respiratorio en el que se sospeche la existencia de atrapamiento aéreo.

Los estudios mediante TCMD han demostrado una correlación directa entre los síntomas clínicos, el engrosamiento de la pared de la vía aérea y el grado de obstrucción al flujo aéreo (fig. 6). En los pacientes con asma grave, y a través de análisis cuantitativos tridimensionales con TCMD, se demuestra una buena correlación entre el grosor de la pared de la vía aérea y el grosor del epitelio valorado en biopsias endobronquiales²⁹.

En los pacientes con bronquiolitis constrictiva, la obstrucción de la vía aérea es generalmente refractaria a los broncodilatadores. La bronquiolitis en estos pacientes suele ser secundaria a procesos previos de naturaleza infecciosa, asociada a conectivopatías y en algunos casos idiopática. Puede ser muy difícil, e incluso imposible, distinguir clínicamente entre un asma refractaria y una bronquiolitis obliterante idiopática. La TCAR ayuda a distinguir entre dichos procesos cuando muestra áreas lobulares múltiples de atrapamiento aéreo con márgenes nítidos y una distribución geográfica; estos hallazgos son muy característicos de la bronquiolitis obliterante.

Utilizando la TC, en un estudio comparativo entre pacientes asmáticos y pacientes con bronquiolitis obliterante, se ha demostrado que la presencia de un "patrón de perfusión en mosaico", visible en cortes espiratorios, es el hallazgo más frecuente y significativo en los pacientes con bronquiolitis obliterante^{30,31}. Sin embargo, la TC no permite distinguir entre pacientes asmáticos y pacientes con bronquiolitis obliterante cuando el atrapamiento aéreo es importante y difuso.

En el diagnóstico diferencial del asma deberán incluirse también algunas enfermedades pulmonares infiltrativas difusas que cursan con obstrucción al flujo aéreo, como la sarcoidosis y la neumonitis por hipersensibilidad. En estos casos, los hallazgos en la TCAR son muy útiles para diferenciarlos del asma. Las áreas lobulares de atrapamiento aéreo distribuidas de forma parcheada, y coexistiendo con pequeños nódulos centrolobulilares mal definidos, son hallazgos muy sugestivos de la neumonitis por hipersensibilidad.

Enfermedad pulmonar obstructiva crónica

La EPOC es una enfermedad heterogénea en la que, en diferentes grados, coinciden la enfermedad de la vía aérea y el enfisema. Clínicamente, es una enfermedad prevenible y tratable, con afectación sistémica extrapulmonar y con importantes comorbilidades que puede contribuir a la gravedad de algunos pacientes²⁹. Sin embargo, dado que hay evidencia de que la remodelación de la vía aérea y el enfisema se deben a mecanismos patogénicos diferentes, es importante caracterizar a los pacientes según el grado de afectación de la vía aérea y del enfisema.

Bronquitis crónica

La bronquitis crónica es una enfermedad frecuente que afecta a más del 20% de la población adulta. El tabaquismo es el factor más importante asociado al desarrollo de la bronquitis crónica. Clínicamente, se define como un aumento crónico o recurrente del volumen de las secreciones bronquiales mucosas, suficiente para causar tos y expectoración en la mayor parte de los días durante 3 meses al año, en al menos 2 años consecutivos.

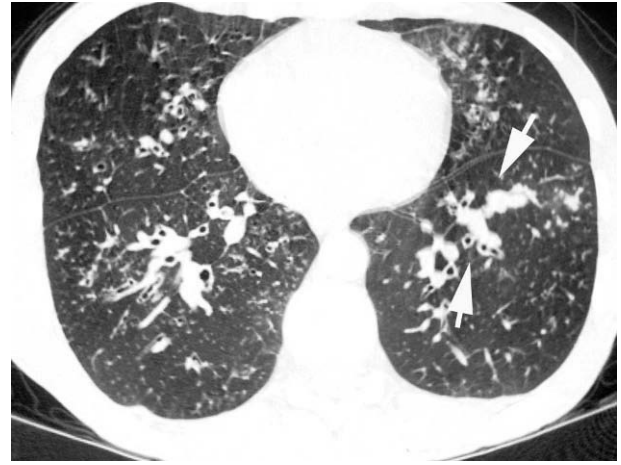


Figura 5 Paciente asmático con aspergilosis broncopulmonar alérgica. El corte de tomografía computarizada de alta resolución muestra engrosamiento de paredes bronquiales y bronquiolares asociadas a la presencia de dilataciones bronquiales centrales con impactaciones mucosas (flechas).



Figura 6 Paciente asmático de 38 años. La reconstrucción coronal a partir de un estudio de tomografía computarizada helicoidal dotada con múltiples coronas de detectores muestra engrosamiento de paredes bronquiales y bronquiolares (flechas) y zonas hiperlucentes de atrapamiento aéreo asociado en ambos lóbulos superiores (asteriscos).

La radiografía de tórax de forma infrecuente es diagnóstica en la EPOC. Sin embargo, es de gran valor para excluir diagnósticos alternativos y establecer la presencia de comorbilidades como la insuficiencia cardíaca.

La TC de tórax no debe utilizarse de modo rutinario en el estudio de los pacientes con EPOC. Los hallazgos radiográficos básicos en la bronquitis crónica "pura" incluyen la normalidad del estudio radiológico o el engrosamiento de las paredes bronquiales, con presencia de imágenes con morfología "anular" o en "raíl"; asimismo, pueden identificarse signos radiológicos de hiperinflación, así como aumento del tamaño de las estructuras vasculares proximales que reflejan la presencia de cor pulmonale (estos hallazgos se identifican en los pacientes con EPOC avanzada).

En la TCAR, el engrosamiento de las paredes bronquiales no es un signo patognomónico de bronquitis crónica (tabaquismo), ya que di-

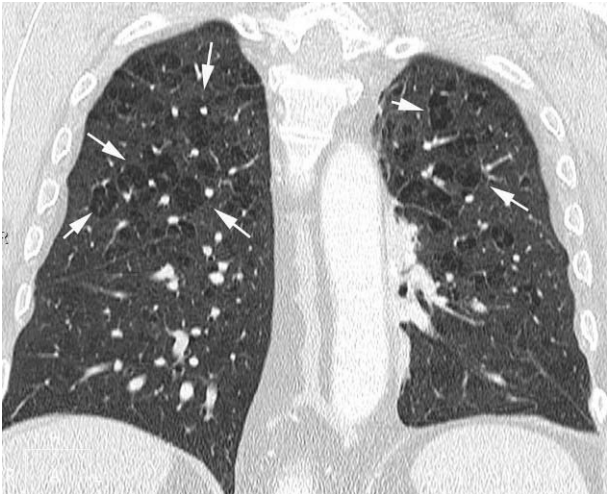


Figura 7 Enfisema centracinar en un paciente de 56 años. La reconstrucción coronal a partir de un estudio de tomografía computarizada helicoidal dotada con múltiples coronas de detectores muestra múltiples áreas radiolucientes que corresponden a zonas de enfisema centracinar (flechas) en ambos lóbulos superiores.

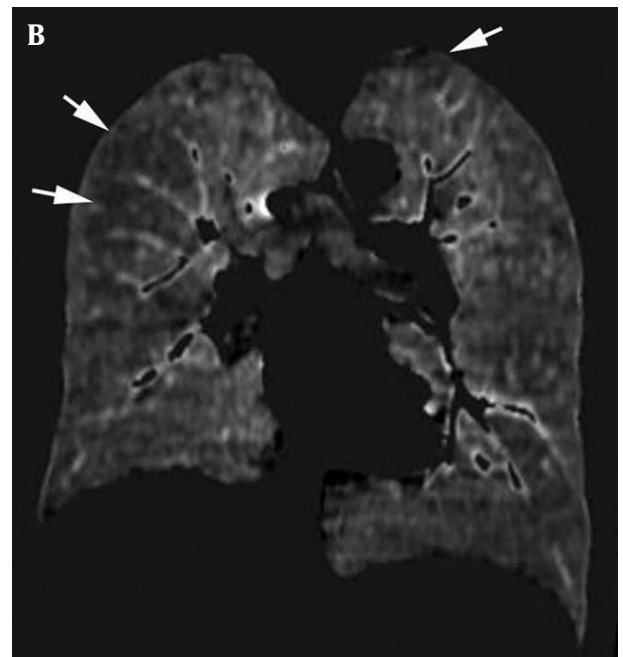
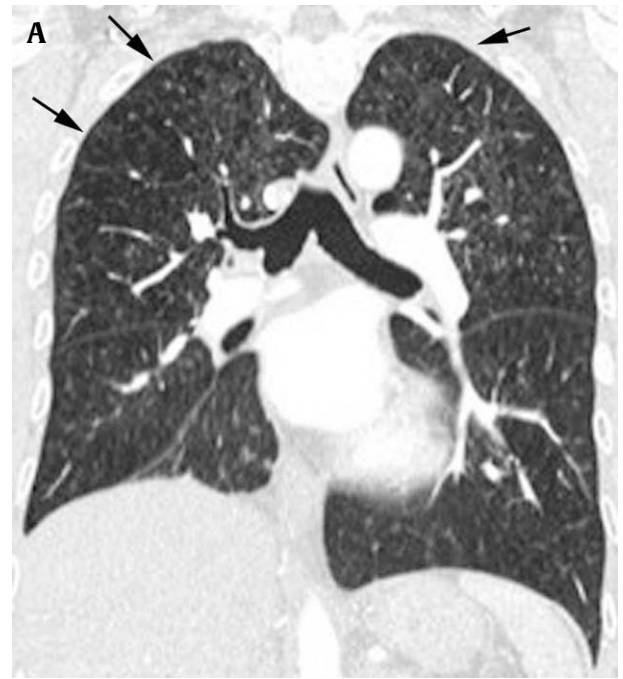


Figura 9 Paciente de 62 años con enfisema centracinar en grado discreto. A) El corte de tomografía computarizada convencional muestra pequeñas zonas hiperlucientes en ambos lóbulos superiores. B) La tomografía computarizada con energía dual muestra el déficit de perfusión pulmonar, que se corresponde con las áreas de enfisema visibles en el corte de la tomografía computarizada de alta resolución. (Cortesía de la Dra. M. Remy-Jardin, Lille, Francia).

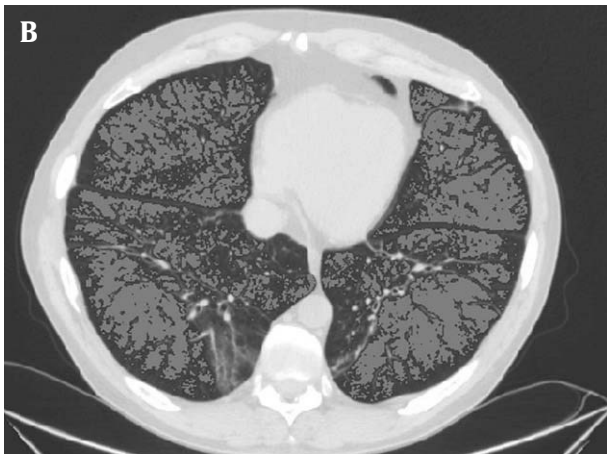
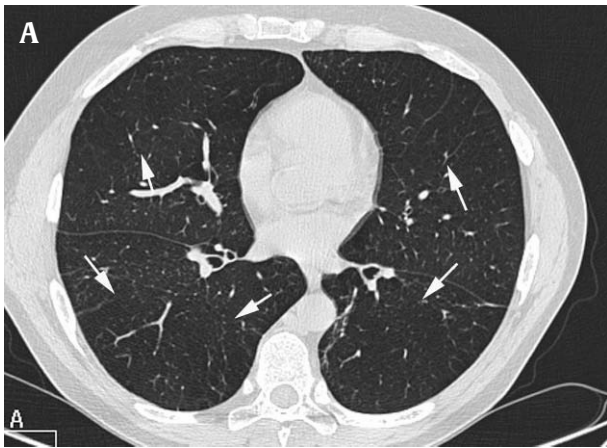


Figura 8 Cuantificación de enfisema centracinar en un paciente de 63 años. A) El corte de tomografía computarizada de las bases pulmonares demuestra múltiples áreas radiolucientes de destrucción parenquimatosa (flechas). B) El grado de enfisema queda demostrado de forma evidente en el estudio tomográfico cuantitativo.

cho hallazgo es inespecífico y puede verse en otras enfermedades inflamatorias de la vía aérea, entre las que se incluye el asma y las enfermedades infecciosas bronquiales. La dilatación bronquial no es un hallazgo morfológico asociado a la bronquitis crónica.

Enfisema pulmonar

El enfisema es la causa mayor de obstrucción al flujo aéreo. Histológicamente, se define por el aumento permanente de los espacios aéreos distales a los bronquiolos terminales, asociado a la destrucción de la pared alveolar, con o sin fibrosis evidente.

La sensibilidad de la radiografía en el estudio del enfisema es baja (24-80%). La radiografía simple detecta únicamente aquellos casos en los que la enfermedad se encuentra en un estadio muy avanzado; en

la proyección lateral de tórax, se aprecia un aumento del espacio reoesternal y en la proyección frontal un aplanamiento diafragmático³². Los criterios diagnósticos de enfisema basados en la presencia de atenuación o disminución del calibre de las estructuras vasculares deben utilizarse con cautela. El enfisema moderado no suele identificarse en los estudios radiológicos simples³³.

La TCAR es muy sensible y específica en el estudio del enfisema pulmonar y los hallazgos asociados al enfisema son fácilmente identificables³⁴. La TCAR permite identificar pequeñas zonas de enfisema que en ocasiones no tendrán una representación funcional (fig. 7). Los diversos tipos de enfisema, así como su distribución y gravedad, pueden identificarse y cuantificarse mediante la TCAR³³ (fig. 8). La cuantificación del enfisema pulmonar puede realizarse con diversos métodos, entre los que se incluyen la visualización subjetiva, medidas de densidades o análisis de la textura parenquimatosa utilizando técnicas posproceso³⁵. En los individuos normales, la densidad del parénquima pulmonar obtenida tras una inspiración completa varía entre -770 y 875 UH. En los estudios de pacientes con enfisema se ha establecido que la densidad de corte para establecer la existencia de enfisema debe ser de -950 HU.

La TC es una técnica de imagen que es capaz de diferenciar los diferentes componentes que afectan a los pacientes con EPOC. En los pacientes con EPOC, el desarrollo de técnicas que permitan calcular tanto las dimensiones de la pared bronquial como el grado de enfisema es importante no sólo para los investigadores, sino también para los médicos implicados en registrar la progresión de la enfermedad y su respuesta terapéutica³⁴.

Tomografía computarizada con energía dual

La tomografía computarizada con energía dual (TCED) es una nueva tecnología que está en fase de desarrollo utilizada, fundamentalmente, en estudios de perfusión pulmonar. En los pacientes con EPOC o en pacientes con enfisema, la TCED puede demostrar defectos de perfusión en las zonas del parénquima pulmonar donde exista una marcada destrucción de éste^{36,37} (fig. 9). La utilidad de esta nueva tecnología en el estudio de la EPOC está todavía en fase de experimentación^{38,39}.

Conflicto de intereses

El autor declara no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Colby TV. Bronchiolitis. Pathologic considerations. *Am J Clin Pathol.* 1998;109:101-9.
- King TE, Jr. Overview of bronchiolitis. *Clin Chest Med.* 1993;14:607-10.
- Muller NL, Miller RR. Diseases of the bronchioles: CT and histopathologic findings. *Radiology.* 1995;196:3-12.
- Ryu JH, Myers JL, Swensen SJ. Bronchiolar disorders. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003;168:1277-92.
- Franquet T, Muller NL. Disorders of the small airways: high-resolution computed tomographic features. *Semin Respir Crit Care Med.* 2003;24:437-44.
- Teel GS, Engeler CE, Tashjian JH, duCret RP. Imaging of small airways disease. *Radiographics.* 1996;16:27-41.
- Visscher DW, Myers JL. Bronchiolitis: the pathologist's perspective. *Proc Am Thorac Soc.* 2006;3:41-7.
- Boiselle PM, Reynolds KF, Ernst A. Multiplanar and three-dimensional imaging of the central airways with multidetector CT. *AJR Am J Roentgenol.* 2002;179:301-8.
- Choi YW, McAdams HP, Jeon SC, et al. Low-dose spiral CT: application to surface-rendered three-dimensional imaging of central airways. *J Comput Assist Tomogr.* 2002;26:335-41.
- Grenier P, Cordeau MP, Beigelman C. High-resolution computed tomography of the airways. *J Thorac Imaging.* 1993;8:213-29.
- Kalender WA. Thin-section three-dimensional spiral CT: is isotropic imaging possible? *Radiology.* 1995;197:578-80.
- Kalender WA, Seissler W, Klotz E, Vock P. Spiral volumetric CT with single-breath-hold technique, continuous transport, and continuous scanner rotation. *Radiology.* 1990;176:181-3.
- Mayo JR, Webb WR, Gould R, et al. High-resolution CT of the lungs: an optimal approach. *Radiology.* 1987;163:507-10.
- Hansell DM. Small airways diseases: detection and insights with computed tomography. *Eur Respir J.* 2001;17:1294-313.
- Stern EJ, Frank MS. Small-airway diseases of the lungs: findings at expiratory CT. *AJR Am J Roentgenol.* 1994;163:37-41.
- Arakawa H, Webb WR, McCowin M, Katsou G, Lee KN, Seitz RF. Inhomogeneous lung attenuation at thin-section CT: diagnostic value of expiratory scans. *Radiology.* 1998;206:89-94.
- Bankier AA, Fleischmann D, Mallek R, et al. Bronchial wall thickness: appropriate window settings for thin-section CT and radiologic-anatomic correlation. *Radiology.* 1996;199:831-6.
- Desai SR, Hansell DM. Small airways disease: expiratory computed tomography comes of age. *Clin Radiol.* 1997;52:332-7.
- Hansell DM. HRCT of obliterative bronchiolitis and other small airways diseases. *Semin Roentgenol.* 2001;36:51-65.
- Kauczor H, Surkau R, Roberts T. MRI using hyperpolarized noble gases. *Eur Radiol.* 1998;8:820-7.
- Woods JC, Choong CK, Yablonskiy DA, et al. Hyperpolarized ³He diffusion MRI and histology in pulmonary emphysema. *Magn Reson Med.* 2006;56:1293-300.
- Van Beek EJ, Dahmen AM, Stavngaard T, et al. Hyperpolarised ³He MRI versus HRCT in COPD and normal volunteers: PHIL trial. *Eur Respir J.* 2009;34:1311-21.
- Corren J. Small airways disease in asthma. *Curr Allergy Asthma Rep.* 2008;8(6):533-9.
- Woods AQ, Lynch DA. Asthma: an imaging update. *Radiol Clin North Am.* 2009;47:317-29.
- Lynch DA, Newell JD, Tschomper BA, Cink TM, Newman LS, Bethel R. Uncomplicated asthma in adults: comparison of CT appearance of the lungs in asthmatic and healthy subjects. *Radiology.* 1993;188:829-33.
- Silva CI, Colby TV, Muller NL. Asthma and associated conditions: high-resolution CT and pathologic findings. *AJR Am J Roentgenol.* 2004;183:817-24.
- Gupta S, Siddiqui S, Haldar P, et al. Qualitative analysis of high-resolution CT scans in severe asthma. *Chest.* 2009;136:1521-8.
- Nakano Y, Van Tho N, Yamada H, Osawa M, Nagao T. Radiological approach to asthma and COPD—the role of computed tomography. *Allergol Int.* 2009;58:323-31.
- Aysola RS, Hoffman EA, Gierada D, et al. Airway remodeling measured by multidetector CT is increased in severe asthma and correlates with pathology. *Chest.* 2008;134:1183-91.
- Copley SJ, Wells AU, Muller NL, et al. Thin-section CT in obstructive pulmonary disease: discriminatory value. *Radiology.* 2002;223:812-9.
- Jensen SP, Lynch DA, Brown KK, Wenzel SE, Newell JD. High-resolution CT features of severe asthma and bronchiolitis obliterans. *Clin Radiol.* 2002;57:1078-85.
- Sanders C. The radiographic diagnosis of emphysema. *Radiol Clin North Am.* 1991;29:1019-30.
- Friedman PJ. Imaging studies in emphysema. *Proc Am Thorac Soc.* 2008;5:494-500.
- Kitaguchi Y, Fujimoto K, Kubo K, Honda T. Characteristics of COPD phenotypes classified according to the findings of HRCT. *Respir Med.* 2006;100:1742-52.
- Gierada DS, Bierhals AJ, Choong CK, et al. Effects of CT section thickness and reconstruction kernel on emphysema quantification relationship to the magnitude of the CT emphysema index. *Acad Radiol.* 2010;17:146-56.
- Ferda J, Ferdova E, Mirka H, et al. Pulmonary imaging using dual-energy CT, a role of the assessment of iodine and air distribution. *Eur J Radiol.* 2009.
- Lacout A, Marcy PY, El Hajjam M. Assessment of lobar perfusion in smokers according to the presence and severity of emphysema: preliminary experience with dual-energy CT angiography. *Eur Radiol.* 2010;20:2588-9.
- Pansini V, Remy-Jardin M, Faivre JB, et al. Assessment of lobar perfusion in smokers according to the presence and severity of emphysema: preliminary experience with dual-energy CT angiography. *Eur Radiol.* 2009.
- Park EA, Goo JM, Park SJ, et al. Chronic obstructive pulmonary disease: quantitative and visual ventilation pattern analysis at xenon ventilation CT performed by using a dual-energy technique. *Radiology.* 2010;256:985-97.