

LA RESONANCIA MAGNÉTICA EN EL ESTUDIO DE LA PATOLOGÍA TORÁCICA

L. Marti-Bonmati, J.C. Paniagua y J. Vilar.

Departamento de Radiodiagnóstico. Hospital Dr. Peset. Valencia.

Introducción de la resonancia magnética

La aparición de la tomografía computarizada (TAC) supuso hace aproximadamente 15 años un avance importante en la detección y caracterización de la patología torácica en general.

La introducción de la resonancia magnética (RM) supone un nuevo avance en este campo. Esta nueva técnica ofrece ventajas importantes sobre la TAC, ya que proporciona un mayor contraste entre los tejidos, permite obtener imágenes en cualquier plano del espacio, las grapas y suturas metálicas no invalidan el estudio tanto como en la TAC y es capaz de demostrar los vasos sanguíneos sin necesidad de inyectar contraste yodado endovenoso. También existen desventajas en esta técnica, especialmente relacionadas con los artefactos que genera el movimiento (respiración, latidos cardíacos) y la limitación en la resolución espacial, que es algo inferior a la de la TAC. Estos últimos inconvenientes se intentan reducir disminuyendo al máximo la duración de las secuencias RM (pasando de minutos a segundos) y adquiriendo la imagen en un momento determinado del ciclo cardíaco o respiratorio (técnicas de sincronismo). Nosotros utilizamos actualmente siempre el sincronismo cardíaco en los estudios RM (fig. 1).

Este trabajo pretende explicar de forma resumida las características de la RM en el estudio del tórax, valorar sus aplicaciones en ciertas patologías y apuntar las probables perspectivas futuras.

Semiología

La RM es una técnica tomográfica, esto es, las imágenes representan planos del sujeto de mayor o menor grosor. Se diferencia de otras técnicas en que las imágenes obtenidas se producen como consecuencia de los fenómenos de relajación magnética de los

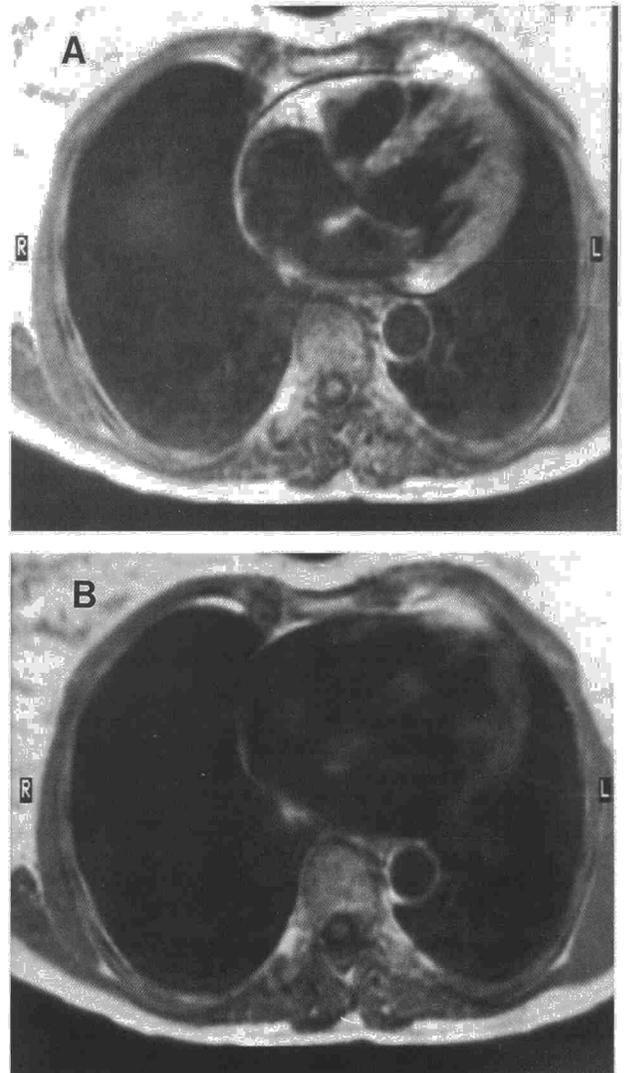


Fig. 1. Corte transversal con sincronismo cardíaco (A) y sin sincronismo (B) que evidencia la pérdida de definición anatómica en los estudios realizados sin la sincronización.

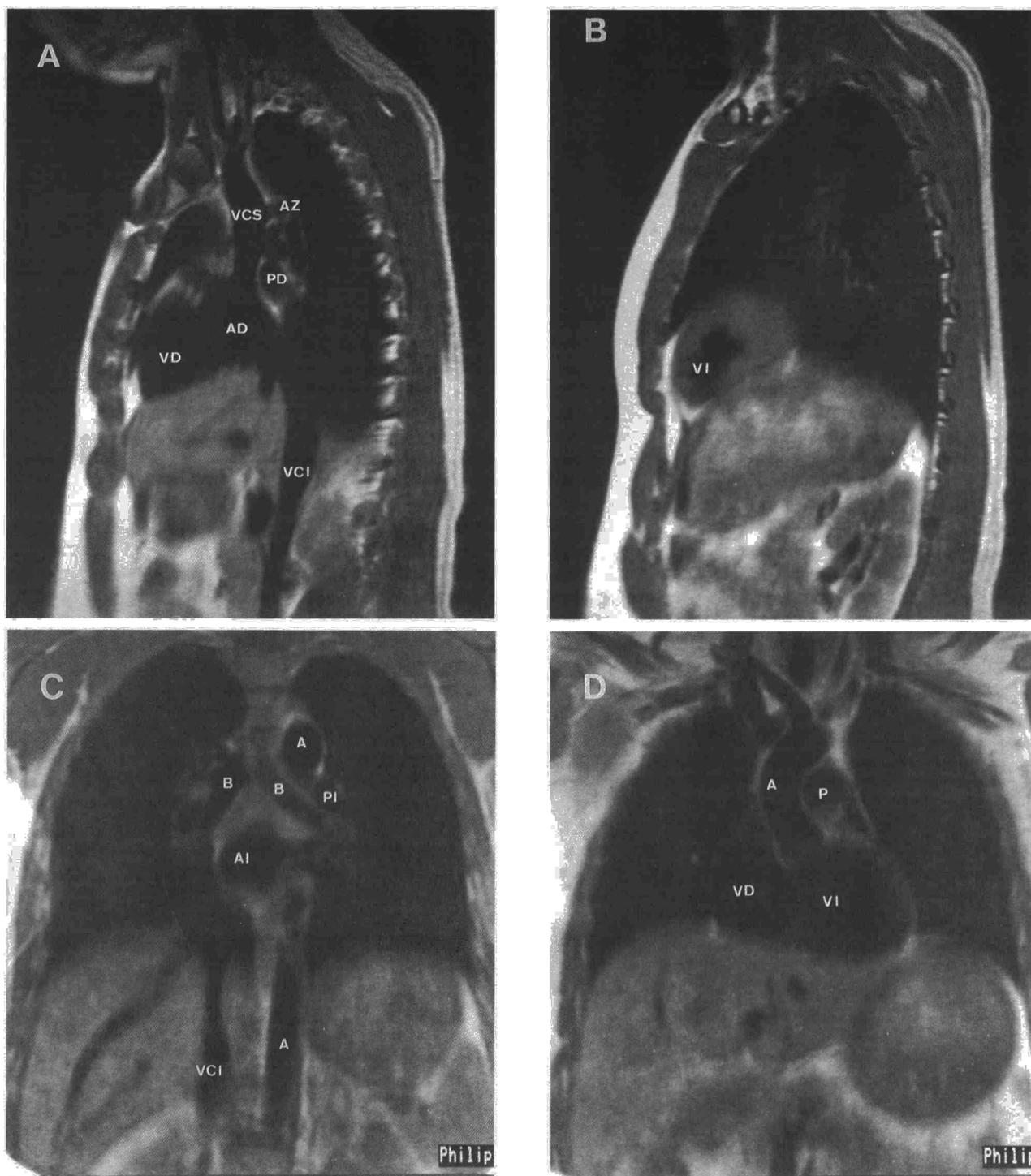


Fig. 2. Planos sagital (A, central; B, parasagital) y coronal (C, a nivel carinal; D, más anterior). Se evidencian los vasos y bronquios con ausencia de señal (negros) respecto a la grasa mediastínica muy intensa. A = aorta, AD = aurícula derecha, AZ = ácigos, B = bronquios principales, P = arteria pulmonar principal, PD = arteria pulmonar derecha, PI = arteria pulmonar izquierda, VD = ventrículo derecho, VI = ventrículo izquierdo, VCI = vena cava inferior, VCS = vena cava superior.

núcleos en los diversos tejidos. Estos fenómenos, que nosotros provocamos con un campo magnético y ondas de radiofrecuencia, van a dar lugar a una *señal* emitida por los tejidos, detectada por el aparato y analizada digitalmente. En la RM es posible distinguir

unos tejidos de otros gracias a estas diferencias en la intensidad de la señal generada (más blanco o más negro en la imagen). Una característica adicional de la RM es que un mismo tejido puede aparecer con distinta intensidad de señal si modificamos ciertos pará-



metros en la adquisición de las imágenes, generando imágenes distintas que llamamos potenciada en T1, T2 o densidad protónica. Estas representan diferencias en la composición físico-química tisular y nos sirven bien para caracterizar mejor una lesión o tejido, o bien para delimitar mejor su morfología y situación.

Anatomía mediante resonancia magnética

El estudio del tórax mediante RM identifica con precisión las estructuras anatómicas normales. Mientras que en los cortes axiales la anatomía es similar a la ya descrita en la TAC, el estudio en los planos sagitales y coronales proporciona una información no disponible hasta el momento actual, debido a que las estructuras orientadas longitudinalmente pueden ser estudiadas a lo largo de su eje mayor, fundamentalmente los grandes vasos y la tráquea¹ (fig. 2).

El parénquima pulmonar produce una escasa señal por su baja densidad protónica; sin embargo, se puede objetivar una discreta hiperseñal en las zonas más declives del pulmón secundaria a la congestión hidrostática y al mínimo componente atelectásico en la posición supina (gradiente gravitacional). Las vías aéreas principales se presentan como estructuras carentes de señal por el aire que contienen, diferenciables de los vasos por su localización.

En los vasos, el flujo sanguíneo rápido provoca normalmente una ausencia de señal dentro de las estructuras vasculares, siendo fácilmente distinguibles de la hiperintensidad proveniente de la grasa que los rodea sin la necesidad de inyectar contraste. En las áreas en las que los vasos contactan con el parénquima pulmonar, la pared vascular se evidencia como una estructura lineal de intensidad discretamente inferior a la de la grasa, no observándose generalmente la sangre de su interior.

Los ganglios linfáticos de tamaño normal (menores de 1 cm de diámetro) se evidencian cuando aparecen como estructuras nodulares de intensidad intermedia en la mayoría de las secuencias. El timo y el esófago se objetivan como regiones de menos intensidad que la grasa.

Aplicaciones clínicas de la resonancia magnética

Una revisión reciente en un hospital americano indicó que el 35 % de los estudios de RM de tórax fueron por neoplasias broncopulmonares, el 31 % patología aórtica, el 23 % lesiones cardíacas y un 11 % de estudios misceláneos.

En este trabajo vamos a revisar las aplicaciones más claras de la RM en el tórax, excluyendo la patología cardíaca.

Lesiones mediastínicas

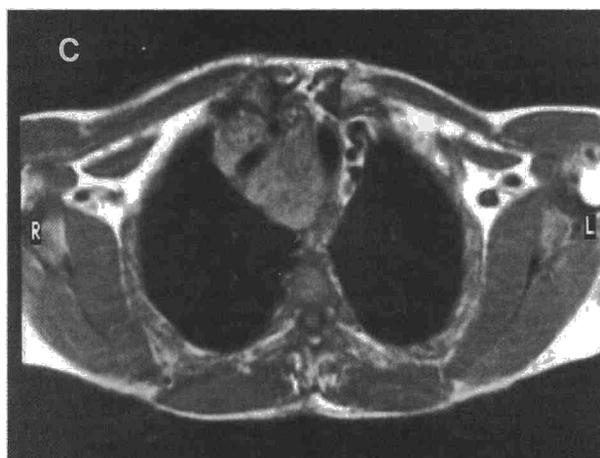
La capacidad de identificar los vasos directamente y la posibilidad de obtener las imágenes en los distintos planos (transversal, sagital y coronal) permiten

que la RM sea una técnica excelente para aclarar tanto las lesiones vasculares del mediastino como la relación de las diversas tumoraciones con el resto de las estructuras mediastínicas². La patología aórtica (como el aneurisma, la disección o la coartación) puede ser perfectamente evidenciada, así como el lugar de la obstrucción o compresión y la causa en pacientes con patología congestiva de los grandes troncos venosos (como el síndrome de vena cava superior)³.

La patología tumoral mediastínica, bien sea primaria o metastásica, se distingue fácilmente de las estructuras normales (fig. 3). En los estudios T1, el tejido tumoral, con un mayor tiempo de relajación longitudinal, presenta menor intensidad de señal que la grasa mediastínica adyacente. En los estudios T2, el tumor y la grasa tienen valores similares y se presentan en esta secuencia como estructuras de aproximadamente la misma intensidad de señal, dificultando su delimitación. Sin embargo, los estudios T2 pueden aportar información acerca del contenido tumoral, con un incremento significativo de la intensidad de señal si existe componente quístico o necrótico. Esta capacidad para caracterizar los líquidos aporta información fundamental para el diagnóstico diferencial de las tumoraciones quísticas mediastínicas, algunas de ellas (como el quiste broncogénico) de difícil evaluación mediante TAC debido a su alta densidad proteica o contenido calcáico (que condiciona un elevado coeficiente de atenuación).

La detección de adenopatías y tumores mediastínicos se basa en las diferencias de señal entre el tumor y la grasa mediastínica y el desplazamiento o invasión traqueo-bronco-vascular. En la detección de adenopatías, la RM no ha superado a la TAC, excepto en aquellos casos en los que no es posible inyectar contraste yodado por alergia. La RM tampoco es capaz de diferenciar las adenopatías neoplásicas de las inflamatorias, incluso es incapaz de valorar adecuadamente las adenopatías granulomatosas calcificadas⁴. Las calcificaciones intratumorales se presentan en RM como áreas de disminución de señal, siendo difíciles de identificar. A este respecto, la TAC posee una mayor sensibilidad en la detección del calcio. Aunque la RM posee una mayor capacidad de contraste tisular, la mayor resolución espacial de la TAC ofrece una mejor identificación de los ganglios linfáticos de tamaño normal.

La TAC se ha demostrado también superior o igual en el estudio del timo y su patología, ya que el estudio mediante RM no aporta la caracterización distinta entre timoma e hiperplasia tímica, siendo además similar el estudio de la extensión tumoral entre los dos métodos diagnósticos tomográficos⁵. Una excepción es la afectación tímica por el linfoma, donde la RM valora adecuadamente las áreas fibróticas en el tumor inicial y la existencia de tumor viable en las masas residuales. Así, cuando existen dudas en los linfomas tratados sobre si existe recidiva tumoral o se trata de tejido fibroso remanente residual, la RM puede ser útil ya que en imágenes T2 la fibrosis aparece con baja intensidad de señal y el tejido tumoral con una inten-



sidad de señal alta. Estos cambios son ya detectables a partir de las doce semanas de tratamiento^{6,7}.

Respecto al carcinoma de esófago, la RM tampoco aporta ninguna ventaja en la evaluación del estadiaje tumoral, siendo la TAC el método de elección en estos pacientes.

Alteraciones hiliares

En condiciones normales, la señal producida por el hilio pulmonar proviene de las paredes de los vasos y los bronquios. Los bronquios principales se distinguen de los vasos pulmonares por su localización en el hilio⁸. Pueden ser visibles pequeñas colecciones de grasa y ganglios linfáticos sin significación patológica. Estos acúmulos son mayores, y pueden ser interpretados erróneamente como engrosamiento hiliar gangliónar patológico en tres localizaciones específicas: a nivel de la bifurcación de la arteria pulmonar derecha, en el origen del bronquio del lóbulo medio y a nivel del bronquio del lóbulo superior izquierdo⁹.

En pacientes con masa hiliar notable, la información diagnóstica proveniente de la TAC con contraste yodado y la RM es similar. Sin embargo, cuando la masa es pequeña o no se ha administrado contraste o la opacificación de las estructuras vasculares es insuficiente, la identificación de la alteración hiliar puede ser difícil en la TAC; en estos casos, la RM es definitivamente superior a la TAC y está indicada cuando ésta no sea concluyente.

En los pacientes con carcinoma bronquial existen comunmente alteraciones del contorno de la vía aérea cuya visualización permite guiar la biopsia endoscópi-

Fig. 3. Carcinoma tiroideo con invasión mediastínica, perfectamente delimitada en los planos sagital (A), coronal (B) y axial (C), que engloba la vena subclavia derecha y desplaza lateralmente la tráquea.

ca. Debido a la mayor capacidad de resolución espacial, los bronquios son evaluados con mayor precisión con TAC. A nivel de tráquea y carina, los cortes sagitales y coronales pueden facilitar el conocimiento de la extensión lesional (fig. 4).

Alteración parenquimatosa pulmonar

En la actualidad, las alteraciones parenquimatosas pulmonares son de difícil evaluación en RM debido al

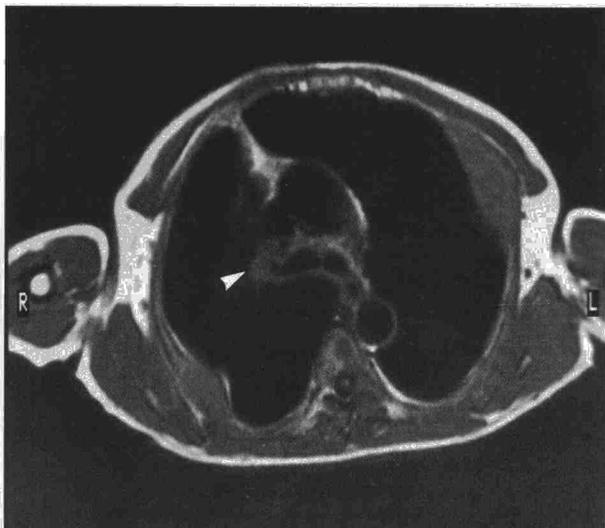


Fig. 4. Carcinoma broncopulmonar en varón de 56 años. Se evidencia una masa hilar derecha englobando el bronquio del LSD (cabeza de flecha). También se evidencian dos metástasis costales con importante masa de partes blandas. La excelente resolución de contraste permite delimitar el tumor, los vasos y el bronquio.



Fig. 5. Tuberculosis fibrocavitaria en ambos vértices.

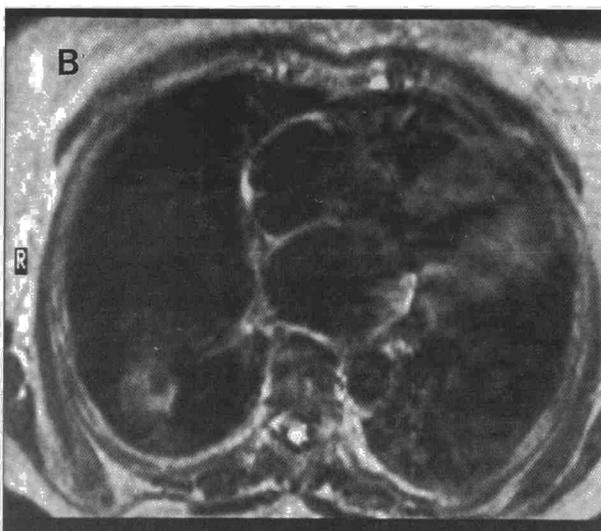
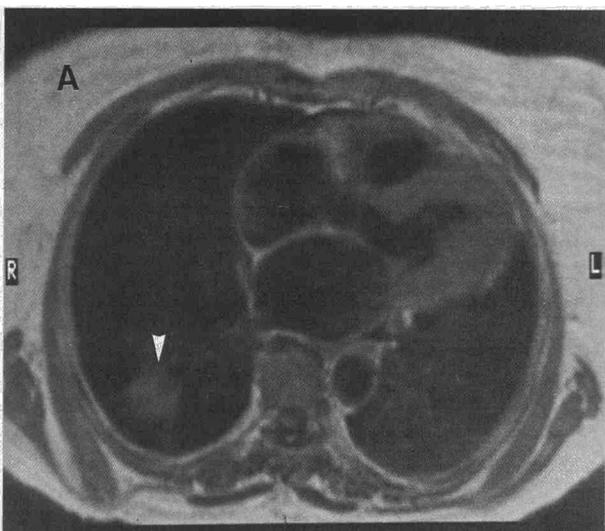


Fig. 6. Metástasis de carcinoma papilar tiroideo. Se evidencia una masa en el LID, isointensa al músculo en secuencias potenciadas en T1 (A) y discretamente hiperintensa en la potenciada en T2 (B), con cavitación excéntrica.

movimiento respiratorio, a la inferior resolución espacial con respecto a la TAC, a la mínima señal producida por el parénquima pulmonar dada su escasa cantidad de protones (núcleos de hidrógeno) y a la dificultad de identificar calcificaciones intralesionales.

Sin embargo, la RM genera una información distinta a la de la TAC (fig. 5), por lo que deben valorarse sus posibles aplicaciones. Así, la diferenciación entre un nódulo pulmonar y el extremo más distal de un vaso es más fácil en RM por la ausencia de señal que produce el flujo sanguíneo y la señal presente en el nódulo. Los nódulos pulmonares mayores de 1 cm se evidencian por igual en TAC y RM (fig. 6), aunque la

configuración de los márgenes y la existencia de calcificación o grasa en su interior se describen mejor con TAC. Además, como los bronquios segmentarios y las cisuras no se observan generalmente en RM, la localización exacta de las lesiones parenquimatosas puede ser muy dificultosa.

Respecto a la afectación alveolar, las áreas de consolidación pulmonar se evidencian contrastando sobre la ausencia de señal del parénquima pulmonar normal (figs. 7 y 8). Las neumonías y las atelectasias postobstructivas se suelen distinguir bien del tumor central, ya que en las secuencias T1 el tumor produce mayor señal que la neumonía distal, mientras que en T2 la masa central aparece menos intensa que la

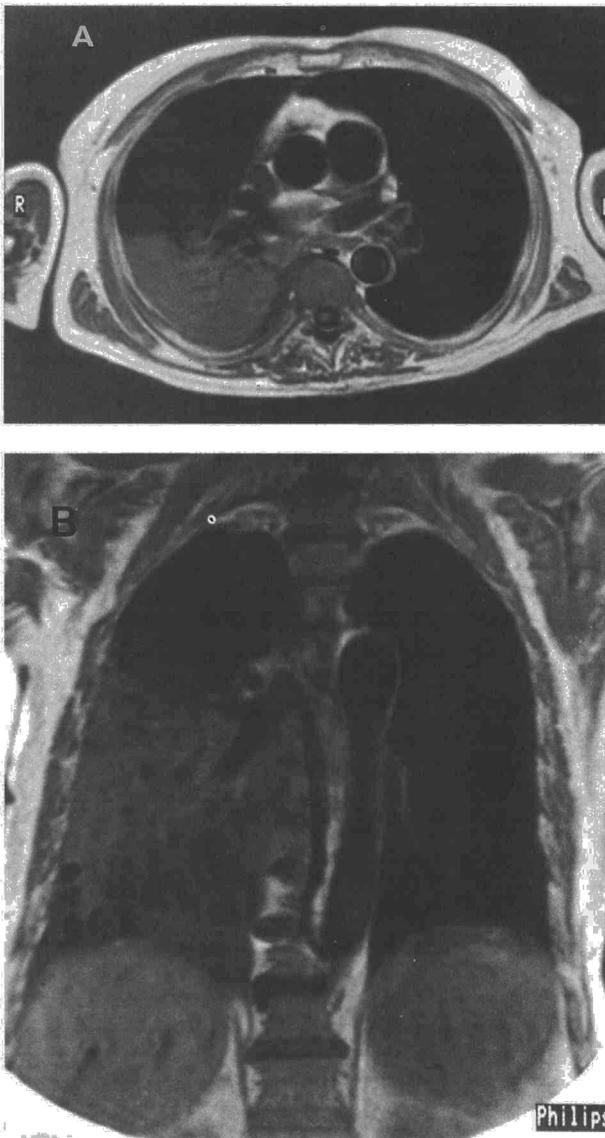
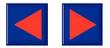


Fig. 7. Neumonía tórpidá en varón de 74 años, evidenciada en estudio T1 (A, transversal; B, coronal) como una consolidación en el LID con broncograma aéreo.

consolidación secundaria muy intensa (fig. 9). Este dato está aún por contrastar ya que según algunos autores, la TAC con contraste es superior a la RM en la distinción entre pulmón colapsado y masa¹⁰. En la proteinosis alveolar se ha descrito un patrón característico hiperintenso en T1¹¹, mientras que la hemosis pulmonar presenta una discreta hiperseñal en T1, pero una disminución de la señal en T2¹².

En pacientes diagnosticados de fibrosis quística se ha identificado característicamente el moco intra-bronquial perihiliar, diferenciándolo de vasos. En el síndrome de McLeod, o pulmón hiperclaro unilateral, se evidencia la hipointensidad del pulmón afecto con pérdida de volumen y las bronquiectasias; sin embargo, la técnica de elección en el estudio de esta patología es la TAC en inspiración y espiración¹³.

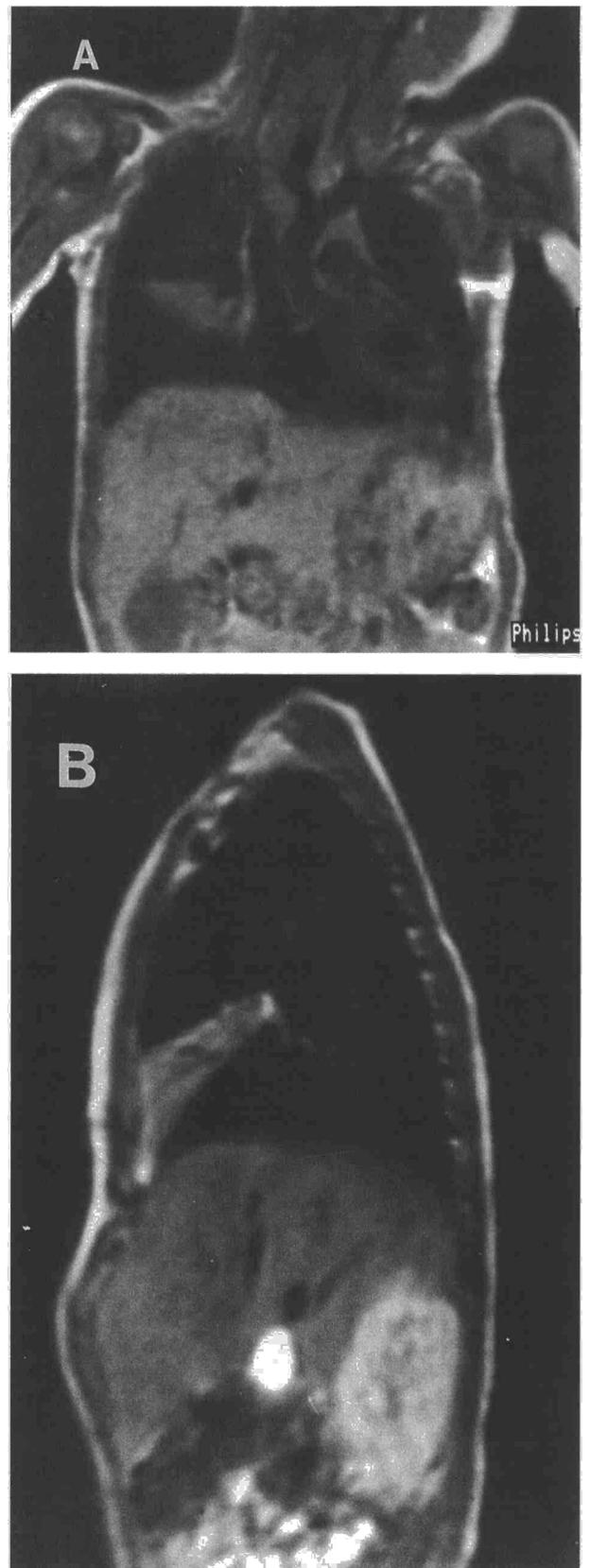


Fig. 8. Niño de dos años con atelectasia del LM, evidenciada en RM como una estructura triangular en los planos coronal potenciado en T1 (A) y sagital potenciado en T2 (B).

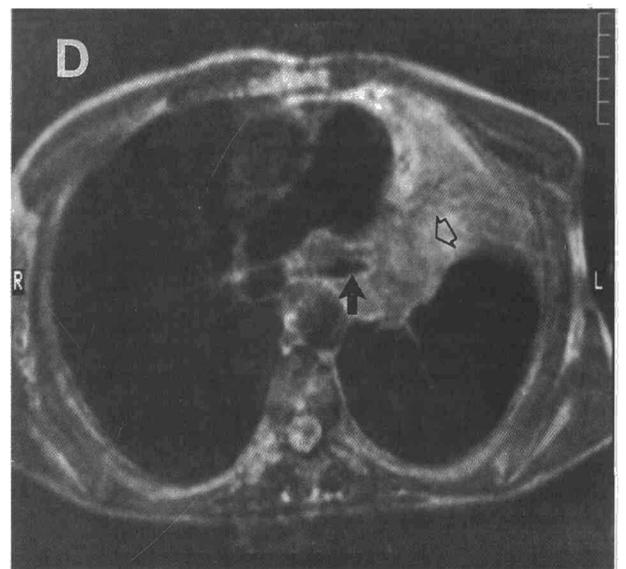
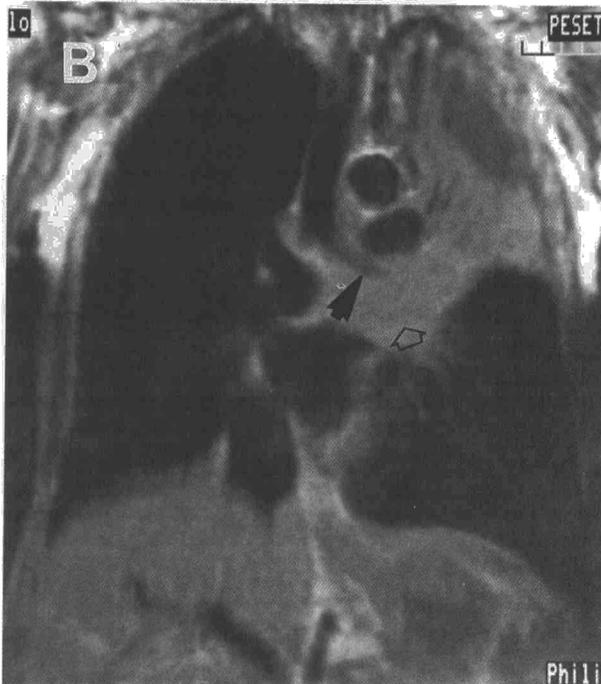
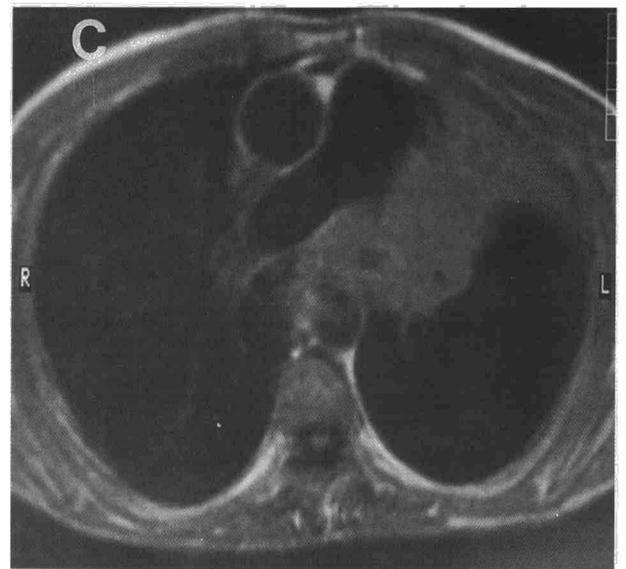
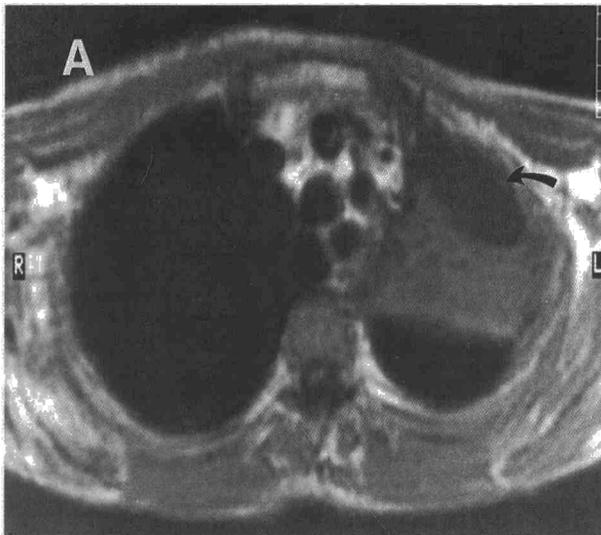
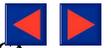


Fig. 9. Carcinoma broncopulmonar hilar izquierdo que produce una obliteración de la arteria pulmonar izquierda y atelectasia del LSI, con enfisema compensador del LII. La tumoración engloba y estenosa el bronquio del LSI (flecha en B y D). En secuencia T1 se diferencia el derrame de la atelectasia (flecha curva en A) y en tanto en T1 como en T2 el tumor de la atelectasia (flecha hueca en B y D).

El papel de la RM en las alteraciones difusas pulmonares está aún por decidir. Aunque la TAC es superior en el diagnóstico de estas alteraciones debido a su mayor resolución espacial y menor tiempo en la realización del corte tomográfico, existen patologías específicas en las que la RM aporta una información fundamental, como es el caso de la aspergilosis broncopulmonar invasiva (fig. 10) en la que la identificación de colecciones hemáticas intranodulares (hiperintensas en T1) en el interior de áreas cavitadas posibilita el diagnóstico etiológico¹⁴. Esta capacidad para caracte-

terizar la sangre permite utilizar la RM para distinguir entre infarto pulmonar (hemorrágico e hiperintenso en T1) y la consolidación parenquimatosa (mucho menos intensa en T1).

La capacidad de contraste tisular permite valorar los patrones pulmonares intersticiales respecto a su estadio inflamatorio activo (hiperintensos en T2) o fibroso crónico (hipointenso en T2), mejorando la aproximación terapéutica¹⁵. También nos permite diferenciar el tejido fibroso-cicatricial del tejido tumoral en secuencias T2, demostrando la presencia de recidiva tumoral en el seno de una fibrosis postradiación (ésta última con menor intensidad de señal que el área tumoral)¹⁶.

Patología pleural

En general, el derrame pleural aparece en estudios T1 como una zona hipointensa en las porciones más

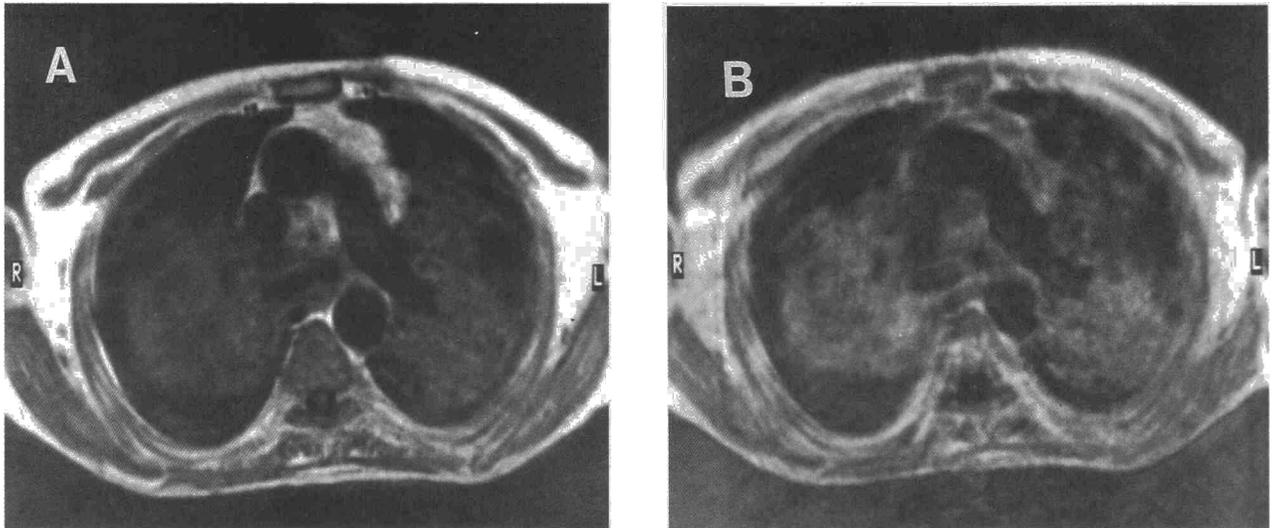
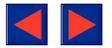


Fig. 10. Varón de 65 años afecto de leucemia y aspergilosis broncopulmonar invasiva. En RM se evidencia la neumonía bilateral con pequeñas cavitaciones y en el interior de algunas de ellas nódulos iso-hiperintensos.

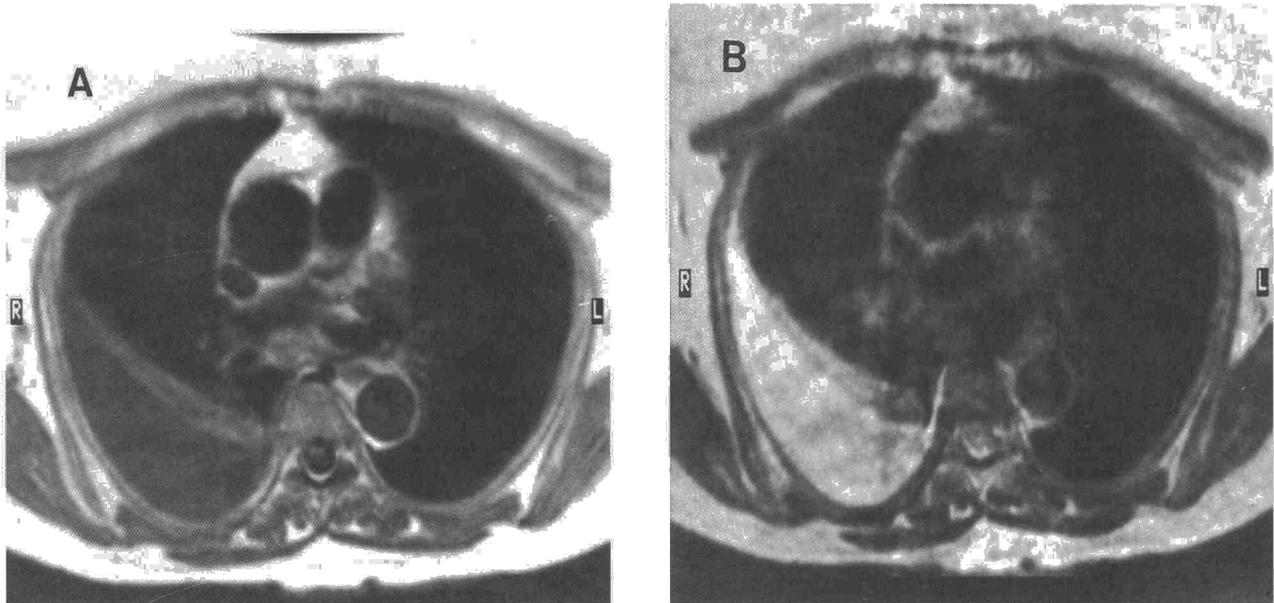


Fig. 11. Derrame pleural derecho hipointenso en T1 (A) e hiperintenso en T2 (B) con atelectasia del parénquima pulmonar subyacente.

declives del tórax que aumenta mucho su intensidad de señal en las secuencias T2 (fig. 11). Sin embargo, la intensidad de señal depende además de la concentración lipídica y protéica y de la existencia de productos del catabolismo de la hemoglobina del derrame, de tal manera que los derrames hemáticos se muestran generalmente con una muy alta intensidad de señal, tanto en T1 como en T2. Este hecho permite diferenciar los quilotórax y hemotórax de los otros derrames serosos.

Las calcificaciones pleurales son muy difíciles de evidenciar en RM. El engrosamiento pleural y las lesiones tumorales se identifican como zonas de densidad intermedia tanto en secuencias T1 como T2. La

existencia de fibrotórax se demuestra como una zona de hipointensidad en T2.

La diferenciación entre la patología pleural y aquellas otras patologías en su proximidad (extrapleural o pulmonar) se evalúa generalmente mejor con la ayuda de los planos sagitales y coroneales.

Áreas especiales

Una indicación clara de RM en la patología tumoral pulmonar es la evaluación del tumor de vértice pulmonar, pues la RM mejora a la TAC en la evaluación de la invasión de pared costal, arteria subclavia y plexo braquial^{17, 18}.

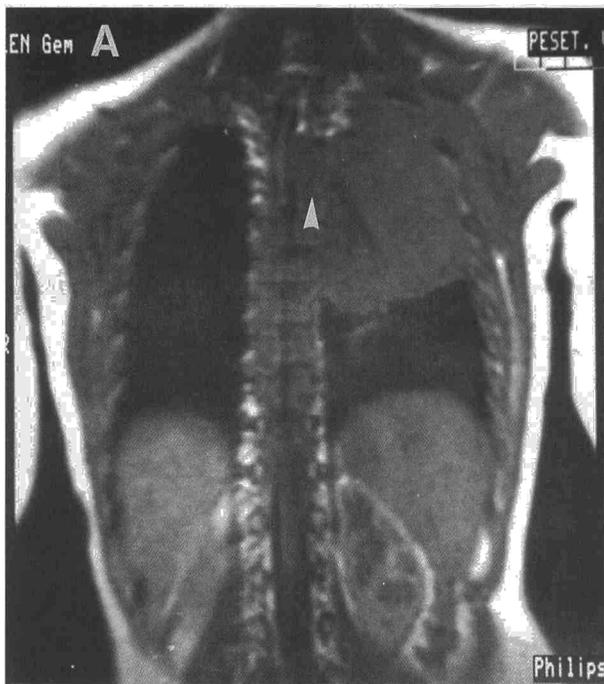


Fig. 12. Medulloepitelioma en un niño de dos años con extensión intrarraquídea (cabeza de flecha) (A, coronal potenciado en T1) e intercostal (B, sagital potenciado en T2).



Las lesiones situadas en las zonas de transición toracoabdominales y cervico-torácicas son estudiadas mejor mediante RM debido a la posibilidad de obtener planos sagitales y coronales, los cuales permiten aclarar mejor la anatomía en estas áreas transicionales. Lo mismo ocurre con las lesiones de mediastino posterior, donde es posible ver la relación entre la lesión y las estructuras raquídeas nerviosas y medulares (fig. 12).

Patología congénita

Al igual que en el resto del organismo, la RM tiene un papel fundamental en la valoración y clasificación de la patología congénita pulmonar¹⁹. Así, es la técnica de elección en el diagnóstico de la ausencia proximal de arteria pulmonar (al detectar claramente la ausencia de arteria) y ante la sospecha de atresia bronquial (pues permite identificar el mucocelo en el interior del bronquio distal a la obstrucción, diferenciándolo de los vasos). En las hipoplasias pulmonares primarias creemos que valora adecuadamente tanto la cantidad de parénquima pulmonar existente como la distorsión de la anatomía bronco-vascular hiliar y mediastínica (fig. 13). Los quistes broncogénicos, como hemos visto, tienen un comportamiento en RM más fiable que en la TAC; son de intensidad variable, generalmente hipointensos en T1 y muy intensos en T2. En el secuestro pulmonar se pueden identificar, sin necesidad de inyectar contraste yodado, los vasos nutricios anómalos en aquellos casos en los que éstos sean de un calibre suficiente.

Conclusiones

La RM es una técnica diagnóstica que ofrece ventajas notables sobre la TAC. La alta resolución de contraste, la posibilidad de obtener imágenes en cualquier plano del espacio, la visualización de los vasos sin necesidad de inyectar contraste y la ausencia de radiaciones ionizantes hacen de esta técnica un arma excelente en el análisis de la patología torácica. Sin embargo, las expectativas de que la RM podría llegar a ofrecer diagnósticos tisulares no se han visto cumplidas. La RM es un elemento diagnóstico más que debe de utilizarse como complemento de otras técnicas. Hemos revisado las indicaciones más claras de la RM (tabla I) y los pros y contras de la misma.

TABLA I
Indicaciones más importantes de la resonancia magnética torácica

Estadaje del carcinoma de pulmón (si existe alergia al yodo)
Nódulo pulmonar vs vaso sanguíneo (no aclarado en TAC)
Valoración de masas residuales en el linfoma tratado
Lesiones de grandes vasos y pericardio
Obstrucción venosa (síndrome de vena cava)
Lesión de la pared costal no aclarada
Lesiones congénitas pulmonares

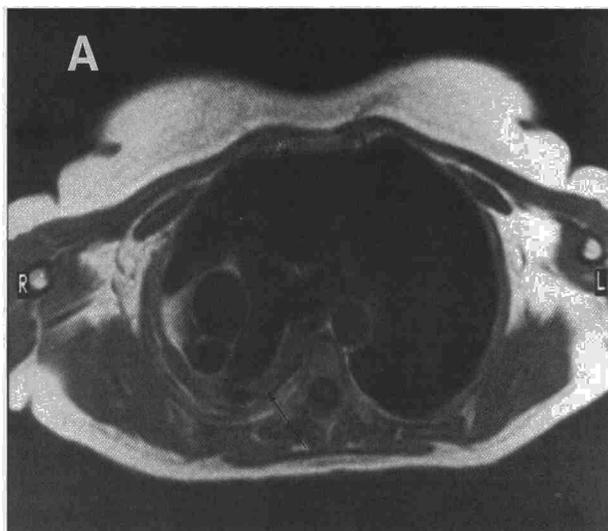


Fig. 13. Planos transversal (A) y coronal (B) de una hipoplasia pulmonar simple derecha con mínimo parénquima pulmonar (flecha), herniación del pulmón izquierdo y desplazamiento lateral y posterior mediastínico.

Es posible que futuros desarrollos tecnológicos lleven a la RM a un lugar preferente en el estudio de la patología pleuro-pulmonar.

BIBLIOGRAFÍA

- O'Donovan PB, Ross JS, Sivak ED et al. Magnetic resonance imaging of the thorax: the advantages of coronal and sagittal planes. *AJR* 1984; 143:1.183-1.188
- Webb WR, Moore EH. Differentiation of volumen averaging and mass on magnetic resonance images of the mediastinum. *Radiology* 1985; 155:413-416.
- Weinreb JC, Mootz A, Cohen JM. MRI evaluation of mediastinal and thoracic inlet venous obstruction. *AJR* 1986; 146:679-684.
- Ross JS, O'Donovan PB, Novoa R et al. Magnetic resonance of the chest. Initial experience with imaging and in vivo T1 and T2 calculations. *Radiology* 1984; 152:95-101.
- Batra p, Herrmann C Jr, Mulder D. Mediastinal imaging in myasthenia gravis: correlation of chest radiograph, CT, MR and surgical findings. *AJR* 1987; 148:515-520.
- Zerhouni EA, Fishman EK, Stitik FP. MR imaging of "sterilized" lymphoma. *Radiology* 1986; 161(P):207.
- Siegel MJ, Nadel SN, Glazer HS et al. Mediastinal lesions in children: Comparison of CT and MR. *Radiology* 1986; 160:241-244.
- Webb WR, Jensen BG, Sollito R et al. Bronchogenic carcinoma. Staging with MR compared with staging with CT and surgery. *Radiology* 1985; 156:117-124.
- Cohen MD. Respiratory system and mediastinum. En: *Pediatric magnetic resonance imaging*. Philadelphia WB Saunders 1986; 18.
- Tobler J, Levitt RG, Glazer HS et al. Differentiation of proximal bronchogenic carcinoma from postobstructive lobar co-

llapse by magnetic resonance imaging: comparison with computed tomography. *Invest Radiol* 1987; 22:538-541.

- Moore EH, Webb WR, Müller NL et al. MRI of pulmonary airspace disease: Experimental model and preliminary clinical results. *AJR* 1986; 146:1.123-1.128.
- Rubin DR, Edwards DK, Reicher MA et al. Diagnosis of pulmonary hemosiderosis by MR imaging. *AJR* 1989; 152:573-574.
- Marti-Bonmati L, Perales FR, Catalá F et al. CT findings in Swyer-James syndrome. *Radiology* 1989; 172:477-480.
- Herold CJ, Kramer J, Sertl K et al. Invasive pulmonary aspergillosis: Evaluation with MR imaging. *Radiology* 1989; 173:717-722.
- McFadden RG, Carr TJ, Wood TE. Proton magnetic resonance imaging to stage activity of interstitial lung disease. *Chest* 1987; 92:31-39.
- Glazer HS, Levitt RG, Lee JKT et al. Differentiation of radiation fibrosis from recurrent pulmonary neoplasm by magnetic resonance imaging. *AJR* 1984; 143:729-730.
- Heelan RT, Demas BE, Caravelli JF et al. Superior sulcus tumors: CT and MR imaging. *Radiology* 1989; 170:637-641.
- McLoud TC, Fillion RB, Edelman RR et al. MR imaging of superior sulcus carcinoma. *J Comput Assist Tomogr* 1989; 13:233-239.
- Naidich DP, Rumancik WM, Ettenger Na et al. Congenital anomalies of the lungs in adults: MR diagnosis. *AJR* 1988; 151:13-19.