

## 肺癌画像診断：解剖から質的診断まで

## 肺腫瘍性病変の MRI

藤本公則<sup>1</sup>

**要旨** 胸部領域の疾患における MRI は多くの経験が得られてきたが、肺癌の病期診断におけるその役割は限られている。胸壁や縦隔浸潤、胸郭入口部腫瘍、肺門部腫瘍と末梢性二次性変化との鑑別などの評価の際、CT で十分な判定ができない場合に行う価値がある。最近では、造影ダイナミック MRI を用いた肺腫瘍の良、悪性の鑑別や病理像との比較といった腫瘍そのものの評価に関しても報告されているが、臨床の有用性はまだ限られている。本稿では、肺腫瘍性病変における MRI の臨床的有用性について画像を呈示し概説する。(肺癌・2002;42:729-734)

**索引用語** 肺野腫瘍性病変, 肺癌, MRI, ダイナミック MRI

## MR Imaging of Pulmonary Nodular Lesions

Kiminori Fujimoto<sup>1</sup>

**ABSTRACT** Considerable experience has been gained with MR imaging of thoracic diseases, however the clinical role of MR imaging for staging of lung cancer remains limited. It offers advantages such as the assessment of chest-wall/mediastinal invasion, superior sulcus tumor, or differentiating hilar tumor from secondary peripheral obstructive changes in patients in whom CT remains equivocal. Although the evaluations of tumor characteristics using contrast-enhanced dynamic MR imaging, such as differentiating malignant from benign nodules or imaging-pathologic correlation, have been reported recently, only a limited number have been shown to have a significant clinical usefulness. In this article, the clinical usefulness of MR imaging for pulmonary nodule is illustrated and reviewed. (JJLC. 2002;42:729-734)

**KEY WORDS** Pulmonary nodular lesion, Lung cancer, MR imaging, Dynamic MR imaging

## はじめに

肺腫瘍性病変における MRI の役割は、CT に次ぐ補助的診断法<sup>1,2</sup> というのが一般的な解釈と思われる。そこで、肺癌の浸潤判定に有用と思われる部位や所見を呈示し、どのような場合にどのような方法を用いて MRI を施行する価値がありそうかという点について述べる。また、特徴的と思われる MRI 所見についても概説する。さらに、Gd-enhanced dynamic MRI に関する最近の私見についても述べる。

## 肺癌の進展度診断

1991 年の非小細胞肺癌の病期分類における CT と MRI の診断能に関する Radiologic Diagnostic Oncology Group による報告<sup>3</sup> では、縦隔浸潤については MRI が CT より優れていた(縦隔浸潤例は 11 例と少ないが、 $P = 0.047$ )が、その他では差がなかったと述べられている。Conventional study においては MRI を撮像する意義は少ないと思われたが、これを受けて、MRI 撮像の拠り所として、X 線被曝がないこと、多方向の観察が可能なこと、

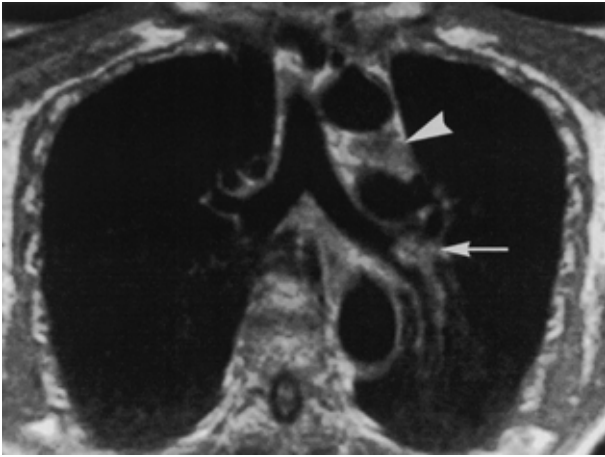
<sup>1</sup> 久留米大学医学部放射線科。

別刷請求先：藤本公則，久留米大学医学部放射線科，〒830-0011 福岡県久留米市旭町 67。

<sup>1</sup>Department of Radiology, Kurume University School of Medicine, Japan.

Reprints: Kiminori Fujimoto, Department of Radiology, Kurume University School of Medicine, 67 Ashahi-machi, Kurumeshi, Fukuoka 830-0011, Japan.

© 2002 The Japan Lung Cancer Society



**Figure 1.** Oblique-coronal (along the trachea) T1-weighted image clearly shows primary squamous cell carcinoma (arrow) arising from the bronchial spur between the left upper and lower bronchi. Also note subaortic lymph node metastasis (arrowhead)

コントラスト分解能に優れ、縦隔構造、胸膜外脂肪層や骨軟部組織などの関連を見るのに優れていること、造影剤を用いなくても大血管を認識できることなどが挙げられた。

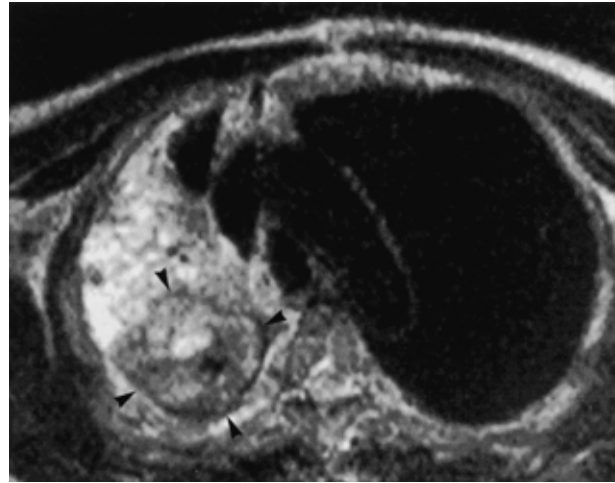
### 気管、太い気管支壁、上下幹分岐部浸潤

比較的太い気道壁への浸潤は、壁の肥厚、壁信号の消失や信号変化（腫瘍と同等の信号強度変化や造影剤による増強効果）として描出されることがあり、CTよりも把握しやすい。上下幹分岐部に発生した腫瘍は横断像のみでは把握が困難なことがあるが、冠状断像で明瞭に描出されることがある (Figure 1)。この場合、気管の傾きに沿った斜軸で断層面を得るとより把握しやすくなる。

### 肺門部肺癌と末梢性二次性変化との区別

肺門部の太い気管支に発生した肺癌の進展範囲と閉塞性肺炎や無気肺などの末梢性の二次性変化を正確に区別することは、手術適応や放射線治療を行う際の照射野の決定に重要である。

T2強調像における信号強度の検討<sup>4</sup>では、腫瘍部と器質性肺炎、無気肺との間に信号強度の有意差はなく、有意差があったのはコレステロール肺炎と粘液栓を伴う気管支拡張で、これらは腫瘍部より高信号を呈する (Figure 2) と述べられている。Gd-DTPAを用いた造影MRIの検討<sup>5</sup>では、造影剤を用いた方がT2強調像に比して二次性変化と腫瘍部の鑑別により有用と報告されている。また、dynamic MRIを用い、経時的な造影効果の違いを指標として腫瘍部と無気肺を区別する方法もある (Figure 3)。



**Figure 2.** On T2-weighted image, primary squamous cell carcinoma (arrowheads), which is less intense than subcutaneous fat, is differentiated from peripheral cholesterol pneumonitis, which is hyperintense relative to fat.

### 胸壁浸潤

#### 壁側胸膜、胸膜外脂肪層

壁側胸膜が腫瘍に牽引され浸潤が疑われる所見として、胸膜外脂肪層の脂肪信号が腫瘍に牽引され巻き込まれる様が明瞭に描出されることがあり、胸壁浸潤の診断に有用である。

#### 肋骨、肋間筋

顕著な骨破壊を伴わない骨浸潤、骨髄への浸潤や転移はCT像では把握困難なことがあるが、MRIでは優れたコントラスト分解能により、骨信号の変化として捉え得ることが多い (Figure 4)。また、肋骨や肋間筋への浸潤もT2強調像、STIR像 (Figure 5) やGd造影T1強調像がその把握に有用である。

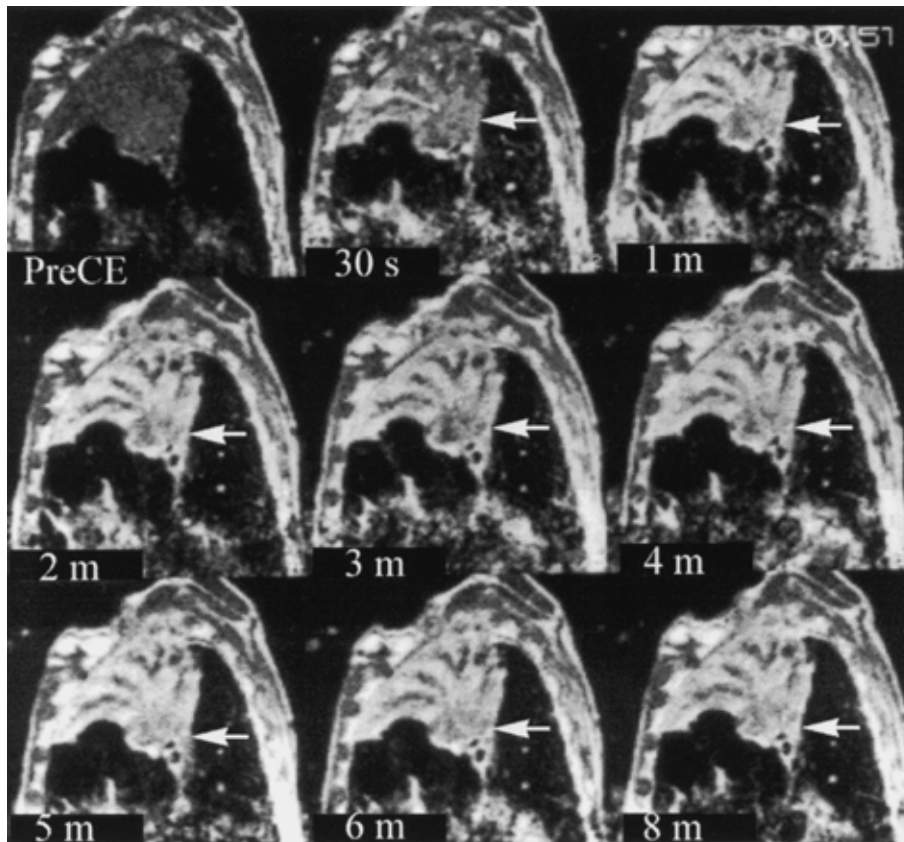
### 縦隔浸潤

縦隔の脂肪信号はT1強調像で高信号を呈し、比較的low signalを呈する腫瘍が浸潤すると、コントラストの差によって把握しやすい。また、腫瘍信号の血管壁信号への連続性、腫瘍に接する壁信号の消失、flow signal voidの狭窄様変化や途絶様変化といった所見が大血管浸潤の判定に有用である。最近では、ECG-gateを用いたGd造影MRAが大血管浸潤判定に有用と報告されている<sup>6</sup>。

心筋への直接浸潤は稀ではあるが、MRI (特に水成分を強調するSTIR法) で把握しやすい (Figure 6)。

### 胸郭入口部 Thoracic inlet

MRIの有用な部位として、胸郭入口部が挙げられる。この領域は軟部組織、骨性胸郭、血管系、神経 (特に腕



**Figure 3.** Contrast-enhanced dynamic sagittal MR images, obtained by using a spin-echo sequence (SE 160/10) before administration of contrast material (PreCE) at 30 seconds (30 s), 1, 2, 3, 4, 5, 6, and 8 minutes (1 m to 8 m) after completion of administration of contrast material (Gd-DTPA), demonstrate enhancement of central primary squamous cell carcinoma (arrows). The enhancement pattern of peripheral atelectasis is different from that of the central tumor. Note non-enhanced curved lines (mucoid impaction) in atelectasis.



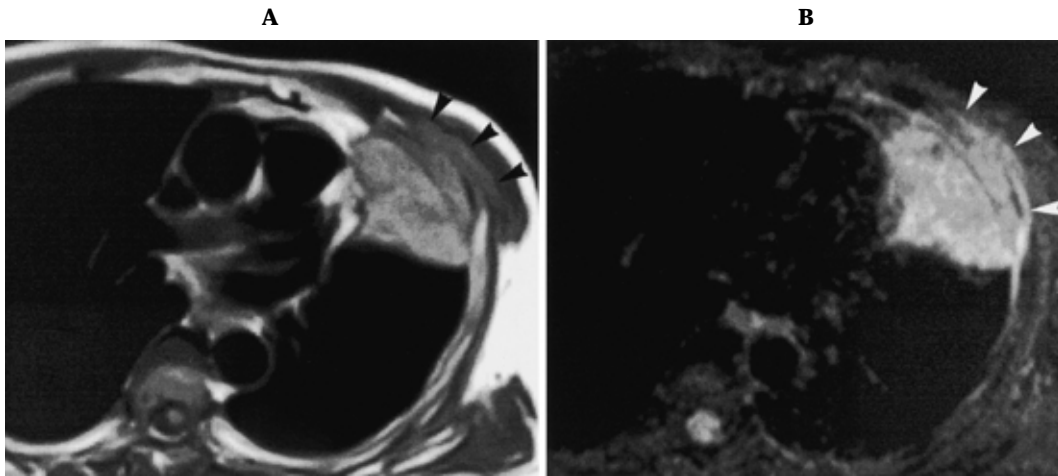
**Figure 4.** Short inversion time inversion recovery (STIR) image demonstrates posterior mediastinal tumor (neuroblastoma) involving the posterior rib (arrowheads).

神経叢)などで複雑に構成され,空間分解能のみならずコントラスト分解能も重要な要素となる.また,頭尾方向にはドーム状を呈するので,横断像のみの観察では十分な把握が困難で,多方向からの観察が必要である.

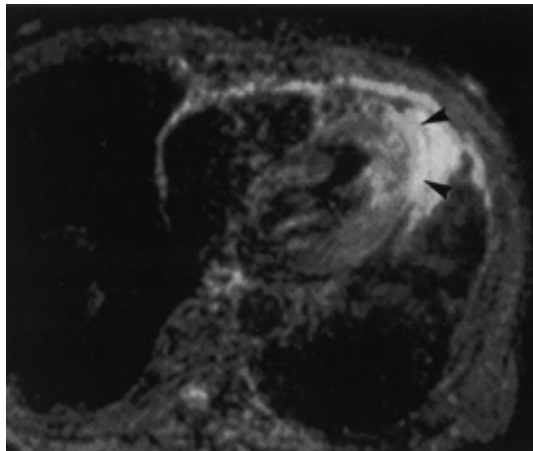
Superior sulcus tumor (Pancoast tumor)においては,特に冠状断,矢状断による観察が骨軟部組織,血管系への浸潤の把握に有用<sup>2</sup>で,通常条件のCTより診断価値が高い.今後,MDCTを用いた再構成画像がどこまで診断に寄与するか検討が必要である.

#### 腕神経叢症<sup>7</sup>

腕神経叢はC5(ときにC4)~Th1の脊髄神経の前枝より形成され,鎖骨上部でC5とC6が上,C7が中,C8とTh1が下神経幹となり,前斜角筋と中斜角筋の間を通過して,鎖骨下動静脈を取り巻くように鎖骨下部から上腕に至り,橈骨,尺骨,正中,筋皮神経などに分かれる.通常,横断,冠状断で,またT1,T2強調像ともに低信号の線状構造として確認されるが,しばしば矢状断像にお



**Figure 5.** T1-weighted image (A) and STIR image (B) show adenocarcinoma in the lingula with extensive chest wall invasion. Note the spread of tumor through the intercostal musculature (arrowheads) on STIR image, which is clearer than on T1-weighted image.



**Figure 6.** STIR image shows adenocarcinoma in the lingula with cardiac muscle invasion. Note increase in signal of cardiac muscle (arrowheads)



**Figure 7.** Postoperative state of lung adenocarcinoma in a patient who had undergone preoperative neo-adjuvant chemoradiotherapy. Oblique sagittal T1-weighted image shows thickening and irregular shape of the cords of the brachial plexus (arrowheads) adjacent the subclavian artery (black arrow) and just superior to the subclavian vein (white arrow)

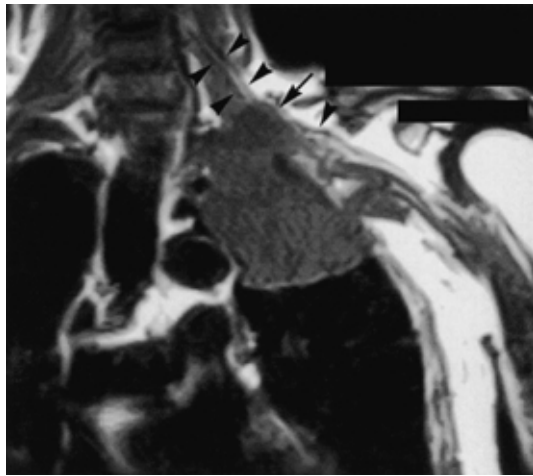
ける小円形ないし点状の信号が鎖骨下動静脈との区別に有用である。

非外傷性の腕神経叢症の原因として、放射線治療後の線維症、乳癌の転移巣による影響、肺癌 (Superior sulcus tumor) によるものが高頻度で、神経原性腫瘍によるものは比較的頻度が低い。放射線線維症では神経の腫脹、不整像 (Figure 7)、T2 強調像や STIR 法で淡い信号上昇、Gd による淡い線状の増強効果が見られ診断に有用である。また、腫瘍によるものでは近傍の鎖骨下動静脈も含めた腫瘍への巻き込み (Figure 8) や神経叢そのものが描出されないなどの所見が重要である。

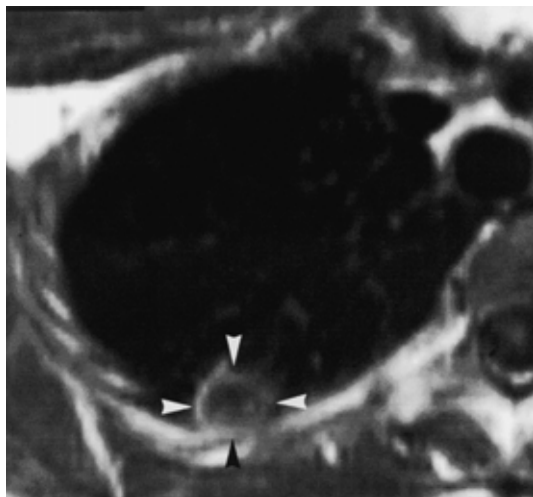
### 特徴的な MRI 所見

#### Thin-rim enhancement

末梢性小型肺癌は、一般的に壊死が広範に見られないことが多く、Gd 造影 T1 強調像ではその T1 短縮効果により高信号として描出されるが、結核腫では内部の信号は乾酪壊死のため増強されず、辺縁部の線維性組織が thin-rim ないし ring 状に増強される<sup>8</sup> ため、両者の鑑別に有用というものである (Figure 9)。肉芽腫、一部の囊胞性腫瘍ないし良性腫瘍、稀ながら中心部が完全壊死に



**Figure 8.** Coronal T1-weighted image shows primary adenocarcinoma in the upper lobe of the left lung invading superiorly ( arrow ) and involving the cords of the brachial plexus ( arrowheads )

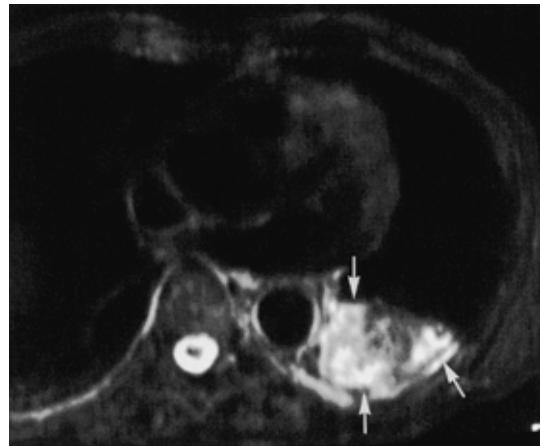


**Figure 9.** Gd-DTPA-enhanced T1-weighted image demonstrates thin-rim enhancement ( ring like enhancement  $\chi$  arrowheads ) in a patient with pulmonary tuberculoma.

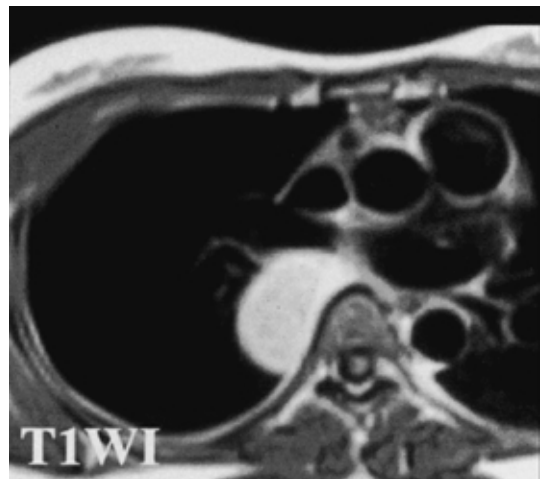
陥った肺癌や転移性腫瘍でも同様の増強を示すことがあり、この sign が結核腫に特異的というものではない。<sup>9</sup>しかし、経験的、頻度的には悪性を除外する根拠の一助にはなると思われる。

#### Angiogram sign

もともと CT angiogram sign として、肺葉性に広がる粘液産生型の細気管支肺胞上皮癌 ( bronchiolo-alveolar carcinoma: BAC ) の所見として提唱された。肺血管や既存構造を比較的保ち、気腔、気道が何らかの水分、細胞で充満され広範な consolidation を示す症例に比較的急



**Figure 10.** Heavy T2-weighted image shows white lung sign in a patient with mucinous bronchioloalveolar carcinoma. The area of high-signal-intensity mucinous consolidation ( arrows ) involving the lower lobe of the left lung is isointense with respect to cerebrospinal fluid in the thoracic subarachnoid space.



**Figure 11.** T1-weighted image shows a bronchogenic cyst located in the mid-mediastinum. Note the very high signal intensity of the cyst ( shortening of T1-relaxation time )

速な造影を行うと、低吸収を示す領域のなかに造影された肺血管が明瞭なコントラストをもって描出されることをいう。<sup>10</sup> Gd 造影 MRI においても同様の所見を認め得る。しかし、このような機序は悪性リンパ腫、消化器癌の転移、大葉性肺炎、肺結核、肺梗塞などでも見られるため、病変内部がこのような状態にあるということを認識できる点において有用である。

#### White lung sign

ムチン産生型 BAC では気腔に貯留した粘液が heavy

T2 強調像で著明な高信号を呈し、肺実質が白く見えるためこのように称された。粘稠で高蛋白液を含まない部分と区別されるため、ムチンが産生されたと思われる病変部の広がりを把握するのに有用とされる (Figure 10)。<sup>11</sup>しかし、Figure 2 に呈示したようにコレステロール肺炎のような末梢性二次性変化でも同様の所見を呈することがある。

### T1 強調像で高信号を呈する腫瘍

胸部領域の粘液を含む腫瘍は高濃度の蛋白を含んでいるものが多い。正常の気管支の粘液は 95~98% が水分で、残りの約 60% が糖蛋白である。粘液は水分含量が高いため、CT、MRI では水とほぼ同等の吸収値や信号を呈し、造影剤にて造影されない。しかし、腫瘍内や閉鎖空間などにとじこめられた粘液は、水分が再吸収され、自由水が減少し、蛋白成分が高濃度となる。<sup>11</sup>CT では 20 HU 以上、高いときでは 130 HU にも達することがある。MRI では蛋白濃度が上昇すると T1 緩和時間が短縮し、T1 強調像では信号が上昇する。特に蛋白濃度が 9000 mg/dl を越えると高信号を呈する。<sup>12</sup>

縦隔でこのような所見がみられる腫瘍としては気管支原性嚢胞のような神経腸管系嚢胞が挙げられ、診断価値が高い (Figure 11)。肺内では気管支原性嚢胞の他、気管支閉鎖症や高度狭窄に併発する気管支瘤などでみられる。その他、可能性としてはムチン嚢胞腺癌や粘液産生型悪性腫瘍からの転移も起こり得る。

脂肪織を含む腫瘍として過誤腫があるが、T1 強調像で高信号を呈し、脂肪抑制画像で信号が抑制され、診断に有用なことがある。

### 肺腫瘍の鑑別診断

横隔膜病変や後腹膜脂肪層が脱出する無症候性の Bochdalek 孔ヘルニアと肺腫瘍との鑑別には、多方向からの息止め T1 強調像や高速撮像が有用である。血管性病変や肺分画症が疑われるときには MRA が有用である。

その他、dynamic MRI を用いて、腫瘍の経時的増強効果を検討し、良、悪性の鑑別を評価した検討<sup>13</sup> が幾つか見られる。一般的に dynamic MRI では悪性腫瘍は肉芽腫、結核腫や陳旧性炎症巣病変に比して、早期増強効果が強い傾向を有す。多数例での限局性器質化肺炎と癌腫との増強効果の検討では両者間に有意差を認めしたが、疾患単位で見るとオーバーラップが多く、dynamic MRI のみでは鑑別が難しい。<sup>14</sup>

肺癌の信号増強効果と病理像の比較では、早期増強効果は腫瘍血管密度、血管数に正の相関を、後期の増強効果ないし排泄は間質量と負の相関をする<sup>15</sup> ことが知られている。このことは dynamic MRI における増強効果の

違いは、良性、悪性というより、その病理像の違いが反映されていると思われ、血管に富む腫瘍や炎症性病変と癌腫の鑑別は理論上は困難であると思われる。従って、dynamic MRI を鑑別に用いるという立場からは、現時点では、肺野腫瘍性病変のうち、増強効果に乏しい結核腫のような肉芽腫の除外診断が可能であるという点において有用と思われる。

今後の検討が必要であるが、既知の癌腫に絞って dynamic MRI を行うことは、腫瘍内血管密度、血管数、間質量を推定するのに役立つ、血管新生因子の発現を推測するのに役立つかもしれない。

### REFERENCES

- Müller NL. Computed tomography and magnetic resonance imaging. Past, present, and future. *Eur Respir J.* 2002;19(Suppl 35):3S-12S.
- Schaefer-Prokop C, Prokop M. New imaging techniques in the treatment guidelines for lung cancer. *Eur Respir J.* 2002;19(Suppl 35):71S-83S.
- Webb WR, Gastonis C, Zerhouni EA, et al. CT and MR imaging in staging non-small cell bronchogenic carcinoma. Report of the Radiologic Diagnostic Oncology Group. *Radiology.* 1991;178:705-713.
- Bourgouin PM, Mcloud TC, Fitzgibbon JF, et al. Differentiation of bronchogenic carcinoma from postobstructive pneumonitis by magnetic resonance imaging. Histopathologic correlation. *J Thorac Imaging.* 1991;6:2-27.
- Kono M, Adachi S, Kusumoto M, et al. Clinical utility of Gd-DTPA-enhanced magnetic resonance imaging in lung cancer. *J Thorac Imaging.* 1993;8:18-26.
- Ohno Y, Adachi S, Motoyama A, et al. Multiphase ECG-triggered 3D contrast-enhanced MR angiography. Utility for evaluation of hilar and mediastinal invasion of bronchogenic carcinoma. *J Magn Reson Imag.* 2001;13:215-224.
- Wittenberg KH, Adkins MC. MR imaging of nontraumatic brachial plexopathies. Frequency and spectrum of findings. *Radiographics.* 2000;20:1023-1032.
- Sakai F, Sone S, Maruyama A, et al. Thin-rim enhancement in Gd-DTPA enhanced magnetic resonance imaging of tuberculoma. A new finding of potential differential diagnosis importance. *J Thorac Imaging.* 1992;7:64-69.
- Fujimoto K, Muller NL, Sadohara J, et al. Alveolar adenoma of the lung. Computed tomography and magnetic resonance imaging findings. *J Thorac Imaging.* 2002;17:163-166.
- 藤本公則, 寺崎 洋, 佐土原順子, 他. 悪性腫瘍に類似した所見を呈する良性疾患, 胸部. 臨床画像. 2002;18:130-143.
- Gaeta M, Vinci S, Minutoli F, et al. CT and MRI findings of mucin-containing tumors and pseudotumors of the thorax. Pictorial review. *Eur Radiol.* 2002;12:181-189.
- Nakata H, Egashira K, Watanabe H, et al. MRI of bronchogenic cysts. *J Comput Assist Tomogr.* 1993;17:267-270.
- Kono R, Fujimoto K, Terasaki H, et al. Gd-DTPA-enhanced dynamic MR imaging in 210 pulmonary diseases. Evaluation of usefulness in differentiating lung cancer from benign nodular lesion. *Radiology.* 2001;211(P):203.
- Fujimoto K, Sadohara J, Terasaki H, et al. Evaluation of dynamic MR imaging for differentiating peripheral primary pulmonary adenocarcinoma from focal organizing pneumonia. *Eur Radiol.* 2002;12(Suppl 1):386.
- Fujimoto K, Abe T, Terasaki H, et al. Small peripheral lung cancer evaluated using dynamic MR imaging. Correlation with histopathology, tumor-angiogenesis, and tumor interstitium. *Radiology.* 2001;211(P):206.