

総 説

躯幹部拡散強調 MRI Whole-body diffusion-weighted magnetic resonance imaging

小 竹 文 雄
 Fumio KOTAKE

東京医科大学茨城医療センター放射線科
 Department of Radiology, Tokyo Medical University, Ibaraki Medical Center

1. はじめに

水分子の拡散が MR 信号に反映されることは 50 年以上前から認識されていたが¹⁾、エコープラナー法 (EPI) により分子の拡散運動を画像化できるようになり拡散強調画像が実用化された。そして、1990 年代後半になって頭部領域の診断、特に超急性期の脳梗塞の診断に対する有用性が確立された。1998 年には single shot EPI 法を用いて腹部の拡散強調画像が撮影されたが²⁾、腹部は頭部に比べ脂肪が多く、腸管内の空気の影響や体動・拍動の影響が大きいため画像の歪みや信号雑音比 (SNR) の低下から臨床応用は困難であった。しかし、近年、parallel imaging の開発により画質が向上し³⁾、躯幹部でも臨床応用が可能となった⁴⁾。本稿では頭頸部および躯幹部の拡散強調画像を中心に概説する。

2. 拡散強調像と拡散係数

通常の MRI は組織のプロトン密度を画像化したもので、T1 強調像と T2 強調像が基本である。拡散強調像は水分子のランダムな拡散運動 (Brown 運動) を画像化したもので、T1 強調像や T2 強調像とは異なる物理現象である。組織は大きく分けて細胞とその間の細胞間隙の 2 つに分けられる。拡散コントラ

ストを決定するのは主に細胞間隙にある水分子の動きである。悪性腫瘍では細胞数が増加あるいは細胞の大きさが増大して細胞間隙が狭小化し、そこにある水分子の動きが制約されて異常信号となる⁵⁾。他に拡散抑制が認められる状態は脳梗塞などの細胞性浮腫や膿瘍などの粘稠な液体および出血などがある。

拡散強調像のシーケンスは spin echo 法をベースにしているため、T2 コントラストの影響を受ける。そのため、拡散強調像の信号強度は T2 値に比例し、拡散の程度に反比例する。従って、真の拡散運動を求めるには T2 コントラストを除外した ADC (見かけの拡散係数) マップが必要となる。拡散運動を数値化したものが ADC 値で脳梗塞や悪性腫瘍では低値を示し、良性腫瘍では比較的高い値となる。その値は撮影装置や撮影条件でやや異なるが、 $1.00 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{sec}$ 以下の腫瘍性病変は悪性腫瘍の可能性があり、 $1.30 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{sec}$ 以上の場合は良性腫瘍が疑われる。ただし、正常中枢神経は細胞間隙の狭小化と髄鞘の存在のため ADC 値は灰白質で $0.8 \sim 0.9 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{sec}$ 、白質で $0.5 \sim 0.8 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{sec}$ と他の臓器に比べ明らかに低い⁶⁾。その為、悪性脳腫瘍であっても脳梗塞ほど強い異常信号とならないことも多い。

平成 23 年 11 月 7 日受付、平成 24 年 1 月 12 日受理

キーワード: MRI、拡散強調像、躯幹部

(別冊請求先: 〒 300-0395 茨城県稲敷郡阿見町中央 3-20-1 東京医科大学茨城医療センター放射線科 小竹文雄)

TEL: 029-887-1161 (内線 7120) FAX: 029-887-1512

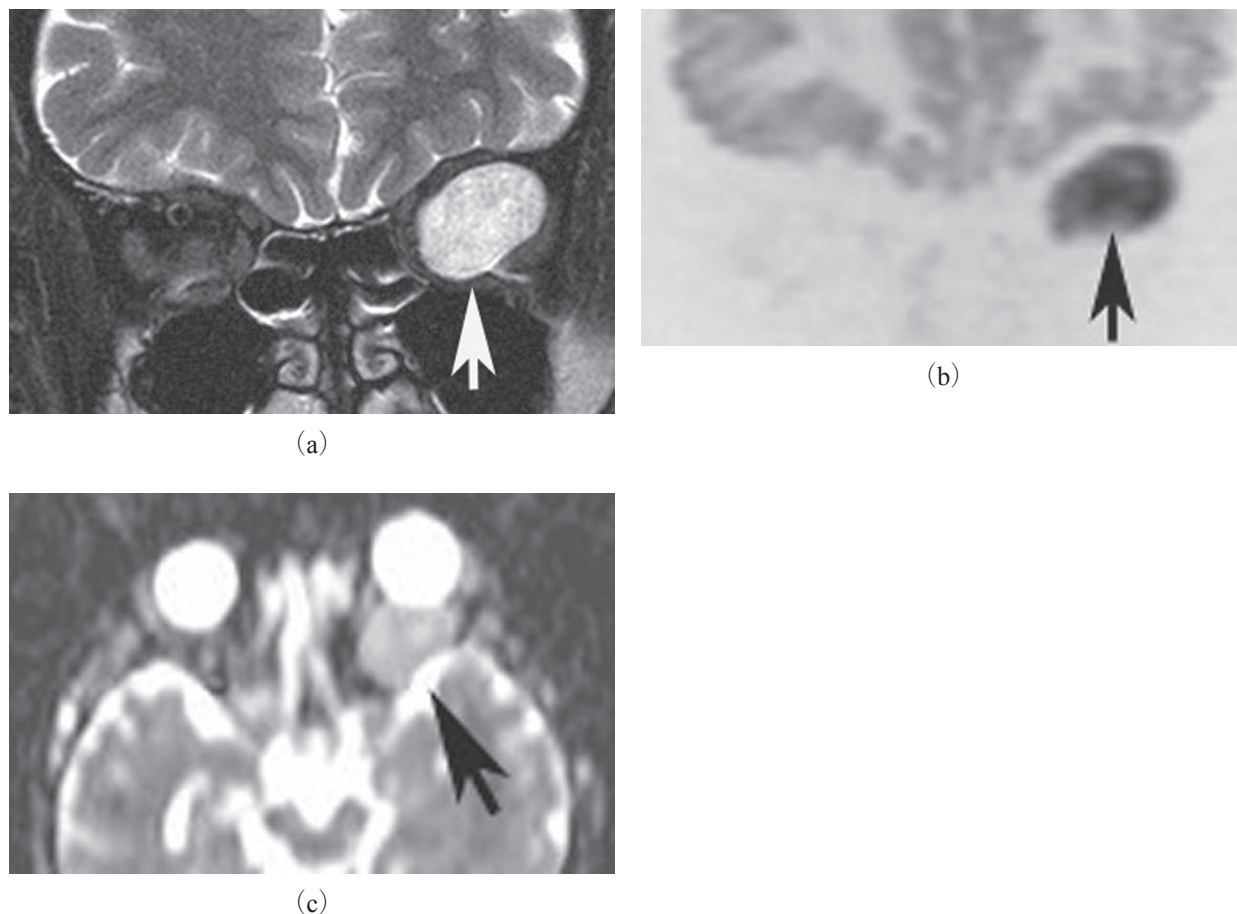


Fig. 1 Cavernous hemangioma (A 47-year-old man)

- a: Fat-suppressed T2-weighted coronal image demonstrates a well-defined oval mass with high signal intensity in the intraconal space (white arrow).
 b: MPR-coronal diffusion-weighted image (monochrome reverse imaging) shows a high signal intensity (black arrow).
 c: ADC map shows the mass with slight high signal intensity (black arrow) and the ADC value is $1.26 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$.

Fig. 1 は眼窩海綿状血管腫の症例で脂肪抑制 T2 強調像において腫瘍は強い高信号を呈している。そのため拡散強調像でも信号強度が強く、T2 shine-through と呼ばれている。ADC マップでは低信号となっておらず、ADC 値も $1.26 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ と比較的高い値を呈している。Fig. 2 は脈絡膜悪性黒色腫の症例で脂肪抑制 T2 強調像において腫瘍は paramagnetic effect により強い低信号を呈している。そのため拡散強調像では信号強度が低く、T2 related signal loss と呼ばれている。ADC マップでは強い低信号となっており、ADC 値は $0.30 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ と非常に低い値を呈している。これらの症例のように拡散強調像の信号強度のみで診断するのは危険で、ADC マップの信号強度や ADC 値を測定することが必要となる。

3. 頭頸部の拡散強調像

頭頸部領域の拡散強調像は Wang ら⁷⁾ が最初に報告し、97 患者に横断像での拡散強調像を施行したが、副鼻腔の空気が原因となる EPI 特有の磁化率アーチファクトにより正確な ADC 値の測定が困難であった。そのため 16 患者は対象から除外するしかなかったと述べている。しかし、ADC 値が測定可能であった腫瘍の検討では悪性リンパ腫 $0.66 \pm 0.17 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ 、上皮性癌 $1.13 \pm 0.43 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ 、良性充実性腫瘍 $1.56 \pm 0.51 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ 、良性嚢胞性腫瘍 $2.05 \pm 0.62 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ と良悪性鑑別の可能性を示唆している。

眼窩部領域の拡散強調像も下方に上顎洞の空気があるため磁化率アーチファクトが強く、直接冠状断撮影は診断に用いられなかった。しかし、視神経の評価には横断像ではパーシャルボリューム効果によ

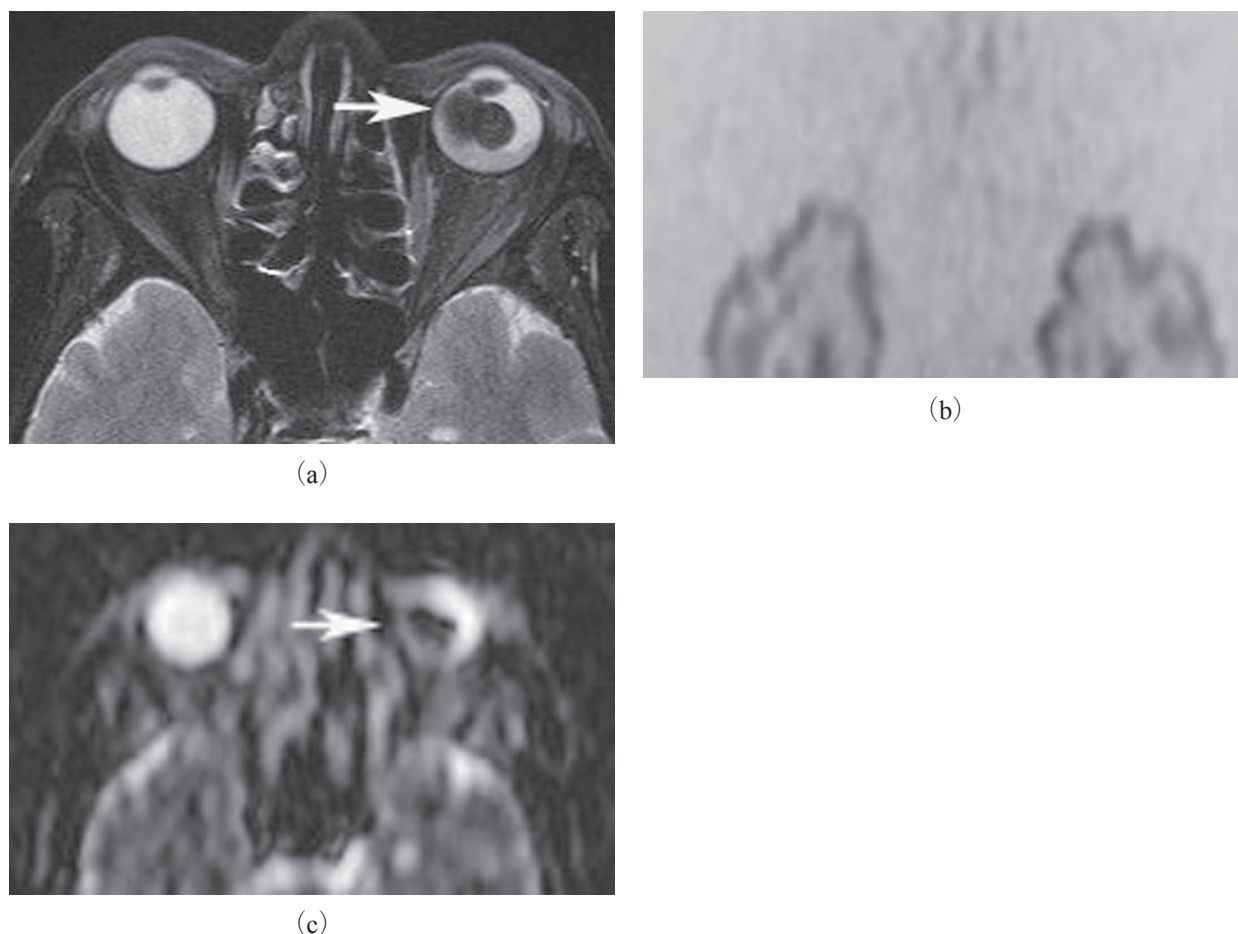


Fig. 2 Malignant melanoma (A 65-year-old man)

a : Fat-suppressed T2-weighted axial image demonstrates a mass with strong low signal intensity in the left globe (white arrow).

b : Diffusion-weighted image (monochrome reverse imaging) shows no high signal intensity (T2 related signal loss).

c : ADC map shows the mass with a very low signal intensity (white arrow) and the ADC value is reduced significantly to $0.30 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$.

り正確な信号や ADC 値が得られなかった。筆者ら⁸⁾は MRI 用ファントムと自作ファントムおよび正常ボランティアに対し multiplanar reconstruction (MPR) による拡散強調冠状断像を作製し、直接拡散強調冠状断像と比較した。磁化率アーチファクトの影響が大きい環境下での MRI 用ファントム実験では直接拡散強調冠状断像の歪み率は -23.2% で強い歪みが認められたが、MPR による拡散強調冠状断像の歪み率は 1.1% と許容範囲であった。磁化率アーチファクトの影響の少ない環境下での自作ファントム実験では ADC 値は直接拡散強調冠状断像と MPR による拡散強調冠状断像で有意差はなく、ADC 値計測に MPR による冠状断 ADC マップを用いることが可能と考えられた。以上の実験結果により眼窩領域では直接拡散強調冠状断像より MPR に

よる拡散強調冠状断像のほうが画像が良好で、ADC 値測定にも支障がないことから臨床症例にも使用可能と考えられた。当センターで施行した眼窩疾患 46 症例（海綿状血管腫 6 例、神経鞘腫 2 例、髄膜腫 1 例、多形腺腫 3 例、眼窩蜂窩織炎 1 例、眼窩炎症性偽腫瘍 9 例、反応性リンパ過形成 3 例、涙腺炎 2 例、甲状腺眼症 3 例、視神経炎 2 例、solitary fibrous tumor 1 例、悪性黒色腫 2 例、脈絡膜転移 3 例、涙腺腺癌 1 例、悪性リンパ腫 5 例、悪性 solitary fibrous tumor 1 例、網膜芽腫 1 例）の拡散強調像では良性疾患 ($n=33$) の ADC 値 ($1.26 \pm 0.24 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$) は悪性疾患 ($n=13$) の ADC 値 ($0.69 \pm 0.24 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$) より有意に高い値を呈した ($P<0.01$)。また、細胞密度の高い悪性リンパ腫の ADC 値 ($0.60 \pm 0.07 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$) や悪性黒色腫の ADC 値 ($0.30 \times$

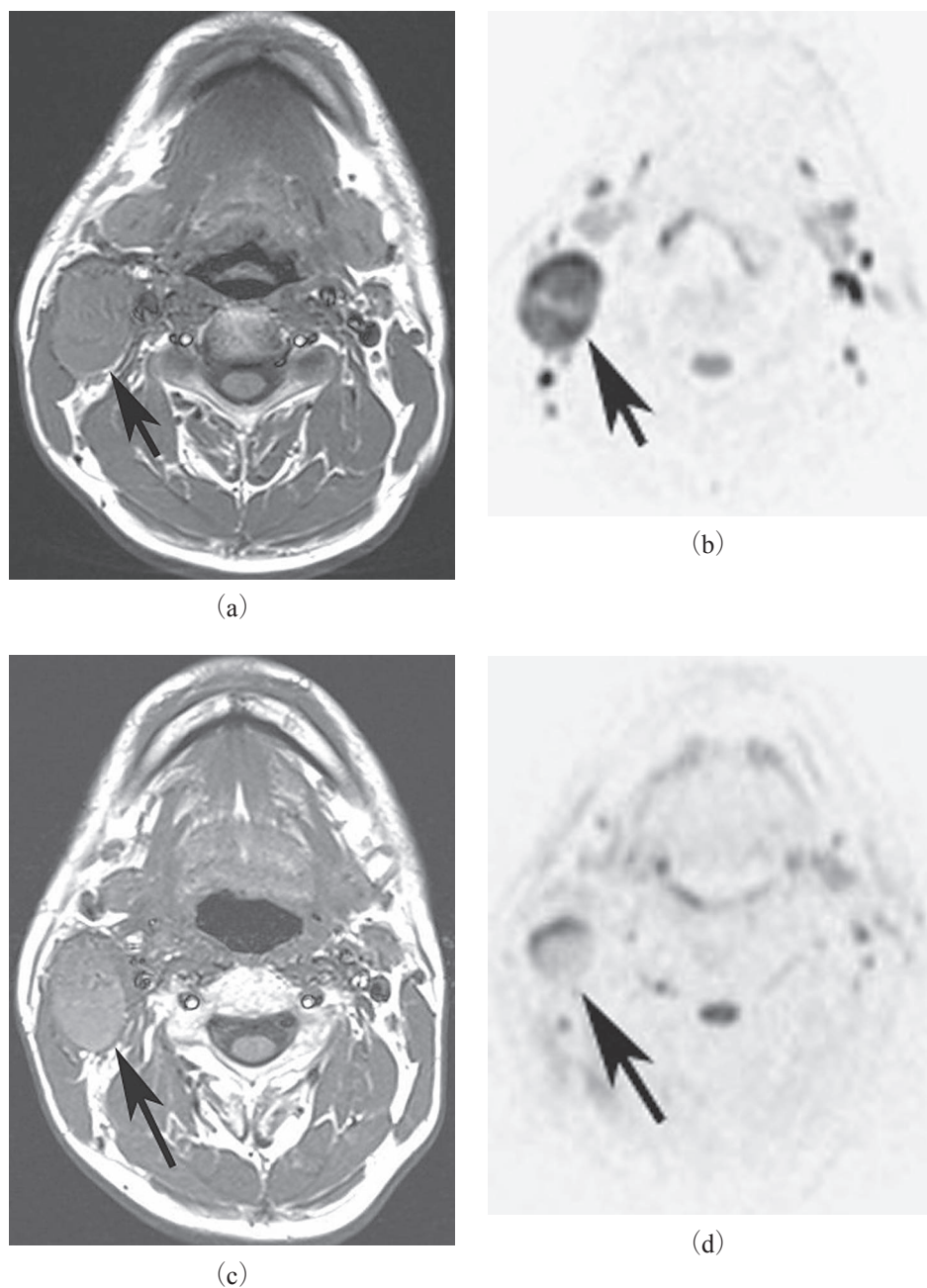


Fig. 3 Cervical lymph node metastasis from an oropharyngeal squamous cell cancer (A 43-year-old man)

a : T1-weighted axial image shows an enlarged right superior internal jugular node (black arrow)

b : Diffusion-weighted image (monochrome reverse imaging) shows high signal intensity (black arrow) and the ADC value is $0.72 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$.

c : T1-weighted axial image after the radiation therapy (total dose, 40Gy) shows no change in the size of the lymph node (black arrow).

d : The signal intensity of the lymph node decreases in diffusion-weighted image (monochrome reverse imaging) after the radiation therapy (black arrow), and the ADC value increases to $1.46 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$.

$10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$) は他の悪性疾患の ADC 値 ($0.90 \pm 0.11 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$) より有意に低い値を呈した ($P < 0.01$)。ADC 値が $0.95 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ 以下を悪性疾患とした場合、sensitivity や specificity および accuracy はそれぞれ 92%、88%、89% であった⁹⁾。

頭頸部は全身のなかでも多くのリンパ節が集中し、1 cm 前後の正常リンパ節が多く認められる部位でもある。リンパ節は拡散強調画像で高信号に描出され、高コントラストのため認識率は向上する。そのため拾い上げ診断には優れているが、リンパ節の

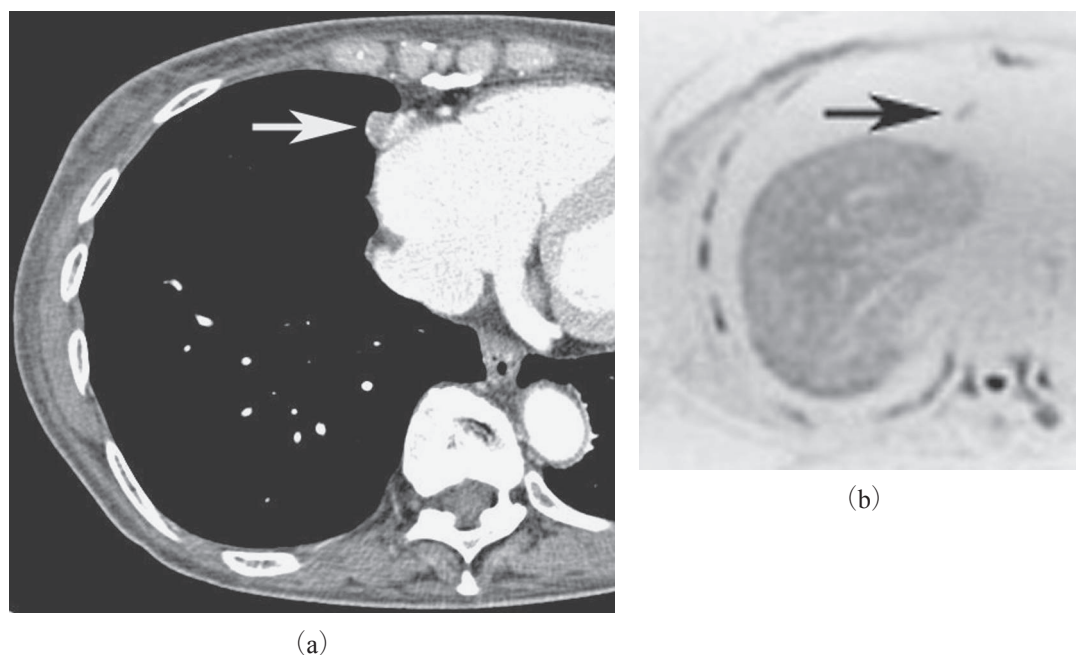


Fig. 4 ACTH-producing pulmonary carcinoid tumor (A 68-year-old woman)

a : Contrast-enhanced CT scan shows a 12mm-diameter poorly enhancing nodule in the middle lobe (white arrow).

b : Diffusion-weighted image (monochrome reverse imaging) shows slight high signal intensity (black arrow).

良・悪性判定は難しく、従来用いられてきた大きさの診断基準を加味して診断する必要がある。しかし、壊死組織では ADC 値は上昇し viable な腫瘍と鑑別できるため¹⁰⁾、リンパ節転移の治療効果判定には有用な事がある (Fig. 3)。

4. 胸部の拡散強調像

肺や縦隔の画像診断には時間分解能や空間分解能に優る CT が主に用いられ、MRI が撮影されることは少なかった。しかし、近年の parallel imaging の進歩と普及により肺腫瘍性病変や縦隔腫瘍の報告が散見される¹¹⁻¹⁵⁾。肺の拡散強調像は周囲に MR 信号の極端に少ない肺実質が存在することや空気の磁化率アーチファクトおよび画像の歪みの影響、呼吸や心拍動の存在など多くの障害因子がある。そのため、野口分類の Type A または B のような含気型腫瘍の場合は拡散強調像で描出されないことがあり、ADC 値にも信頼性がない¹¹⁾。Regier¹²⁾ らも径 5 mm 以下の結節の検出能は低いと指摘している。しかし、Satoh¹³⁾ らは径 5 mm 以上の結節は拡散強調像の信号強度から悪性と良性の鑑別が可能と報告している。また、Liu ら¹⁴⁾ は良性病変の ADC 値は悪性腫瘍の ADC 値より有意に高いと述べている。縦隔腫瘍に関しても Razek ら¹⁵⁾ は悪性縦隔腫瘍の ADC 値

は $1.09 \pm 0.25 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{sec}$ で良性縦隔腫瘍の $2.38 \pm 0.56 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{sec}$ より低く、両者には有意な違いがみられたと報告している。

当センターにおける肺腫瘍 71 症例（炎症性腫瘍 10 例、結核 2 例、膿瘍 2 例、クリプトコッカス 1 例、ウェジェナー肉芽腫 1 例、アスペルギルス 2 例、過誤腫 2 例、サルコイドーシス 3 例、mucoid impaction 1 例、肺癌 44 例、転移性肺腫瘍 3 例）の検討では良性肺腫瘍 ($n=24$) の ADC 値 ($1.33 \pm 0.34 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{sec}$) は悪性肺腫瘍 ($n=47$) の ADC 値 ($0.99 \pm 0.12 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{sec}$) より有意に高値であった ($P<0.01$)。また、膿瘍の ADC 値は他の良性肺腫瘍の ADC 値より有意に低値であった ($P<0.01$)。肺の腺癌や扁平上皮癌および小細胞癌の ADC 値には有意な差は認められなかった。ADC 値が $1.10 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{sec}$ 以下を悪性疾患とした場合、sensitivity や specificity および accuracy はそれぞれ 85.1%、87.5%、85.9% であった¹⁶⁾。

また、充実性縦隔腫瘍 37 症例（非浸潤性胸腺腫 4 例、神経鞘腫 9 例、神経節神経腫 1 例、リンパ管腫 1 例、成熟型奇形腫 3 例、縦隔内甲状腺腫 2 例、浸潤性胸腺腫 6 例、胸腺癌 6 例、悪性リンパ腫 3 例、悪性胚細胞性腫瘍 1 例、未熟型奇形腫 1 例）の検討では良性縦隔腫瘍 ($n=20$) の ADC 値 (1.69 ± 0.38

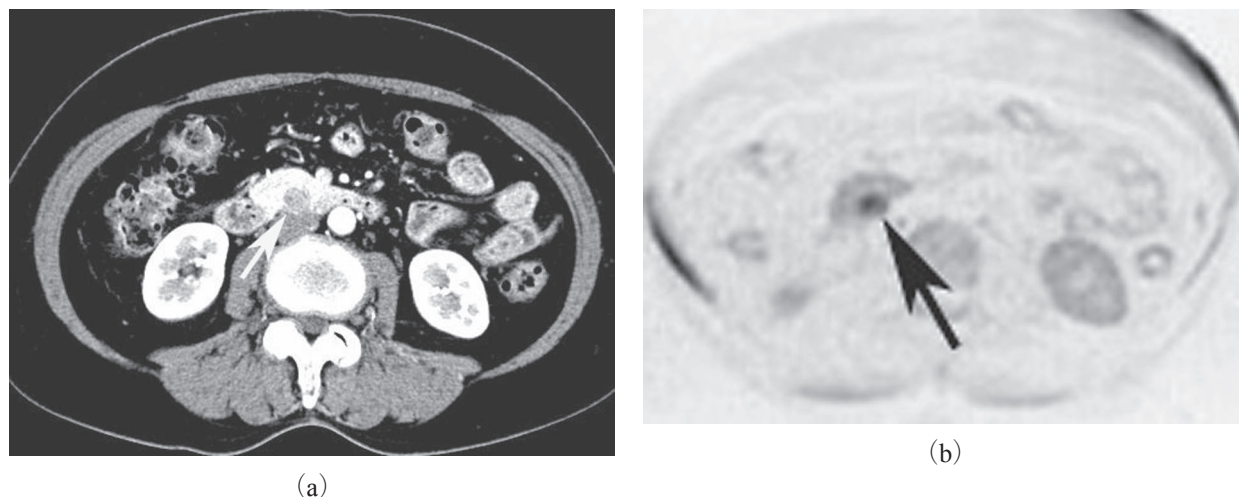


Fig. 5 Pancreatic carcinoma (A 71-year-old woman)

a : Arterial phase contrast-enhanced CT scan demonstrates a 1.5 cm poorly enhanced mass (white arrow) in the pancreatic uncinate process.

b : Diffusion-weighted image (monochrome reverse imaging) depicts a mass (black arrow) showing high signal intensity. The ADC value is $0.93 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$.

$\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$) は悪性縦隔腫瘍 ($n=17$) の ADC 値 ($1.01 \pm 0.29 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$) より有意に高値であった ($P<0.01$)。胸腺癌の ADC 値は浸潤性胸腺腫や非浸潤性胸腺腫の ADC 値より有意に低値であったが、浸潤性胸腺腫と非浸潤性胸腺腫の ADC 値には有意差はなかった。ADC 値が $1.20 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ 以下を悪性疾患とした場合、sensitivity や specificity および accuracy はそれぞれ 70.6%、95.0%、83.8% であった¹⁷⁾。

当センターでは呼吸運動による画像の劣化を少なくするため呼吸同期法を用いて拡散強調像を撮像している。若干検査時間が延びるが、それでも 3~4 分程度で撮像可能で、撮像時間の割に有用な情報が得られることが多いと実感している。Fig. 4 は異所性 ACTH 産生腫瘍の症例で CT では右中葉 S5 に小結節が認められるが、腫瘍と断定困難であった。しかし、拡散強調像では異常信号として描出され腫瘍が疑われた。CT と拡散強調像では腫瘍と肝臓の位置関係が異なるが、CT は吸気時の撮影で拡散強調像は呼気時の呼吸同期法のためと考える。¹⁸F-fluorodeoxyglucose-positron emission tomography (FDG-PET) でも異常集積が認められたため胸腔鏡下腫瘍摘出術が施行され、ACTH 産生カルチノイドと診断された。この症例のように肺の拡散強調像は CT による質的診断に難渋する径 1 cm 以上の肺充実性結節の鑑別に対する臨床的役割が期待される。

5. 腹部の拡散強調像

拡散強調像の画質を左右する因子の一つに b 値 (拡散強調傾斜磁場の強さ) がある。以前は高 b 値を用いると腸管の空気による磁化率アーチファクトや SNR の低下により画像の劣化が強く使用できなかった。そのため低 b 値を用いると T2 コントラストの影響が強くなり、臨床応用は困難であった。近年、parallel imaging 法が臨床応用され、磁化率アーチファクトの軽減や高 b 値による拡散強調像の撮像が可能となり、安定した品質の高い画像が得られるようになった。しかし、横隔膜下の小病変や心拍動の影響を受ける肝左葉外側区にある病変は検出能が低下することがある。

脾臓の ADC 値は肝臓や膵臓および腎臓より低値で拡散強調像では高信号となる¹⁸⁾。また、副腎および正常リンパ節も高信号として描出され、リンパ節転移の有無は従来用いられてきた大きさの診断基準を加味して診断する必要がある。

肝血管腫は肝嚢胞より T1 強調像でわずかに高信号、T2 強調像でやや低信号となるが、造影検査をしないと鑑別困難なことも多い。拡散強調像では肝嚢胞は ADC 値が高く異常信号とならないが、肝血管腫は ADC 値が比較的 low、T2 shine-through により異常信号となり鑑別ができる。

肝膿瘍は液状壊死を伴った肝転移と鑑別困難なこ

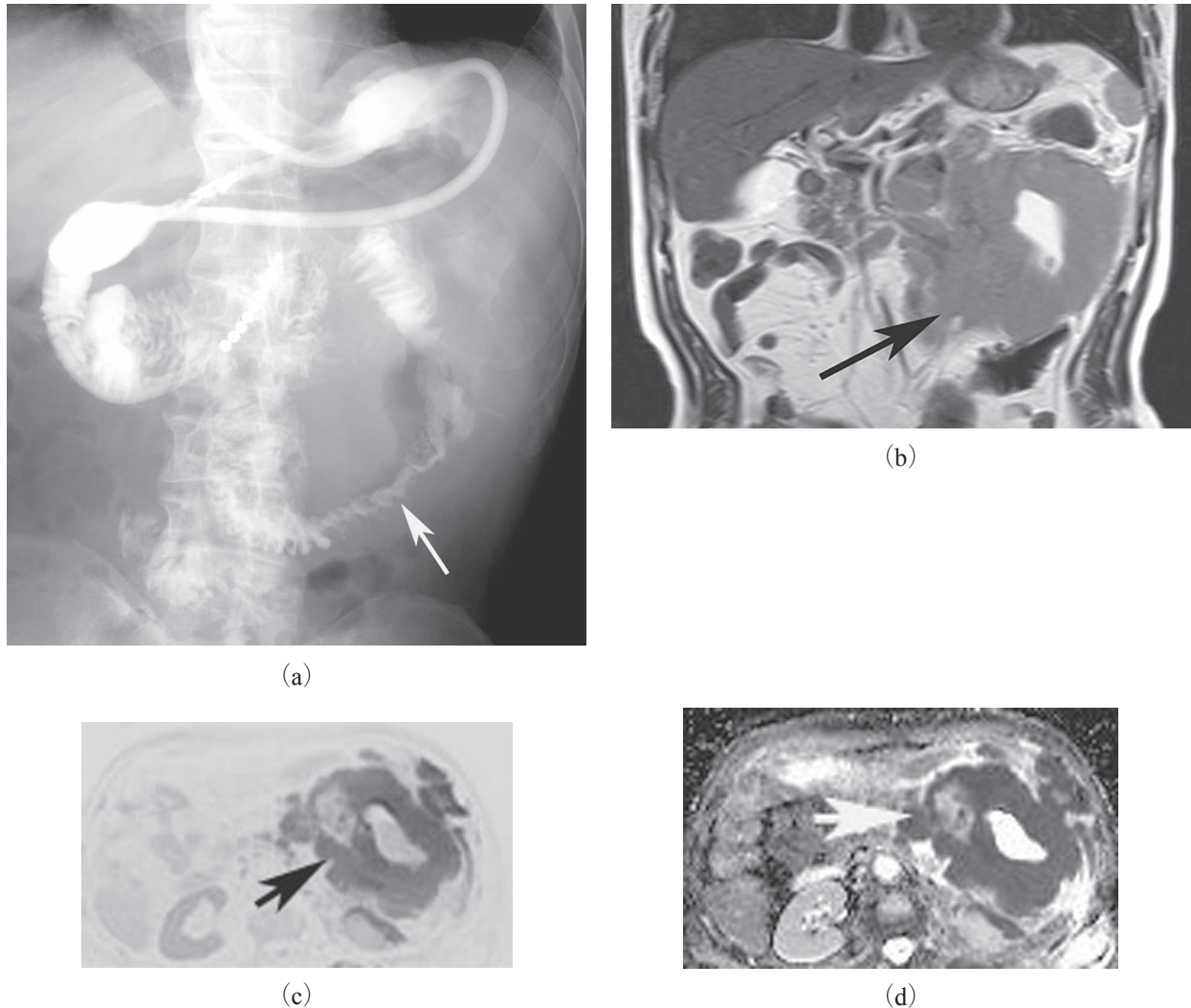


Fig. 6 Malignant lymphoma of small intestine (A 67-year-old man)

a : Contrast study of small intestine shows irregular luminal narrowing of jejunum (white arrow).

b : T2-weighted image demonstrates a 120-mm large mass with intermediate intensity containing a cavity (black arrow).

c : Diffusion-weighted MR image (monochrome reverse image) shows high signal intensity (black arrow).

d : ADC map shows the mass with a low signal intensity (white arrow), and the ADC value was considerably reduced to $0.63 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$.

とがあるが、肝膿瘍の ADC 値は $0.67 \pm 0.35 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ で壊死性肝転移の $2.65 \pm 0.49 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ より有意に低値を呈し、拡散強調像で内部が強い高信号となり鑑別可能となる¹⁹⁾。

肝細胞癌の肝動脈塞栓療法やラジオ波焼灼術後の治療効果判定や再発腫瘍の評価には造影 CT や MRI の動脈相で濃染像の有無をみるが、気管支喘息などのヨード造影剤やガドリニウム造影剤の禁忌症例では検査ができない。その場合、当センターでは超音波検査や MRI の拡散強調像で経過観察をしている。

当センターの膵腫瘍 27 症例（膵癌 16 例、悪性リンパ腫 2 例、粘液性囊胞腺癌 1 例、転移性膵腫瘍 2 例、インシュリノーマ 1 例、solid-pseudopapillary tumor

1 例、自己免疫性膵炎 3 例、腫瘍形成性膵炎 1 例）の検討では良性病変 ($n=6$) の ADC 値 ($1.35 \pm 0.19 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$) は悪性病変 ($n=21$) の ADC 値 ($0.95 \pm 0.16 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$) より有意に高値を呈した ($P<0.01$)。悪性リンパ腫の ADC 値は他の悪性腫瘍の ADC 値より有意に低値であった ($P<0.01$)。 $1.05 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ 以下を悪性疾患とした場合、sensitivity や specificity および accuracy はそれぞれ 86%、100%、89% であった²⁰⁾。この検討では最小 1.5 cm の膵癌も拡散強調像で良好に描出された (Fig. 5)。

消化管腫瘍 23 症例 (low-risk group の gastrointestinal stromal tumor 4 例、血管腫 1 例、脂肪腫 2 例、high-risk group の gastrointestinal stromal tumor 6 例、

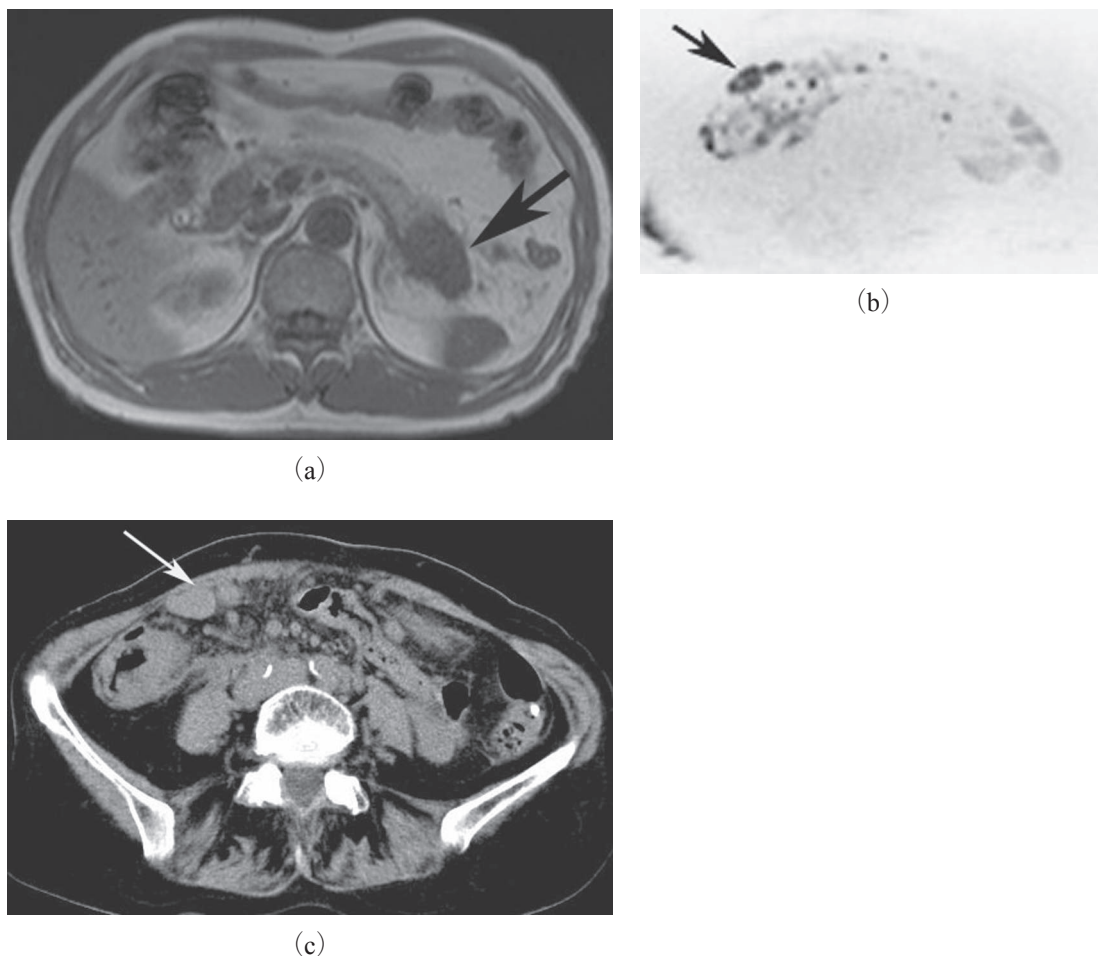


Fig. 7 Peritoneal dissemination from pancreatic adenocarcinoma without ascites (A 62-year-old woman)

a : T1 weighted image shows a adenocarcinoma in the pancreatic tail (black arrow).

b : Diffusion-weighted image (monochrome reverse image) visualizes many abnormal signals of nodules of a few to 20 mm in diameter on the peritoneum and mesentery (black arrow).

c : Non-contrast enhanced CT visualizes mesenteric nodules detected by diffusion-weighted image as vascular structures, and peritoneal nodules of 20 mm in diameter as part of the intestine (white arrow). Examination during surgery showed a myriad of disseminated lesions on the peritoneum and mesentery.

胃癌2例、大腸癌5例、悪性リンパ腫3例)の検討では良性腫瘍($n=7$)のADC値($1.30 \pm 0.32 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{sec}$)は悪性病変($n=16$)のADC値($0.89 \pm 0.18 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{sec}$)より有意に高値を呈した($p < 0.01$)。 $1.10 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{sec}$ 以下を悪性疾患とした場合、sensitivityやspecificityおよびaccuracyはそれぞれ93.8%、71.4%、87.0%であった。悪性リンパ腫のADC値は他の悪性腫瘍より低い値を呈し、診断に有用であった(Fig. 6)。low-risk groupとhigh-risk groupのgastrointestinal stromal tumorのADC値には有意差は認められなかった²¹⁾。

腹膜播種の存在は手術適応を大きく左右する大切な情報である。CTや従来のMRIでは腹水を伴った腹膜肥厚や結節およびomental cakeなどが典型的

な癌性腹膜炎の所見であるが、腹水のない腹膜播種は診断困難で正診率も高くない。一方、拡散強調像は白黒反転像で背景の信号を抑制することで小さな播種性病変も明瞭なコントラストで描出することが可能である(Fig. 7)。当センターでの癌性腹膜炎15症例の検討ではCTのsensitivity、specificity、accuracyはそれぞれ60%、80%、68%で、従来のMRIでは67%、90%、76%、拡散強調像では87%、100%、92%であった²²⁾。

6. 骨盤部の拡散強調像

骨盤部は腹部に比べ呼吸運動によるアーチファクトの影響が少なく、骨盤部を腹壁が動かないように固定し自由呼吸下に撮像している。腸管の蠕動運動

からのアーチファクトを抑制するため抗コリン剤を投与して撮像することもある。

直腸癌は術後に仙骨前面に肉芽腫が形成することが多く、再発腫瘍との鑑別が困難なことがある。良性の肉芽腫はほぼ線維化のみにより形成されているため、T2 強調像のみならず拡散強調像でも低信号を呈する。一方、再発腫瘍は細胞が多く含まれるため高信号として描出され、鑑別可能となる²³⁾。

前立腺癌の画像診断は MRI が有用で辺縁域健常部が T2 強調像で高信号となり、癌は低信号を呈するため検出は比較的容易である。一方、移行域は低信号となるため癌とのコントラストが低下し検出が困難となる。通常の b 値 $1,000 \text{ sec/mm}^2$ の拡散強調像では正常前立腺は信号強度が強く、癌病巣とのコントラストが低下するため、 $1,500 \sim 2,000 \text{ sec/mm}^2$ が使用されている。Tanimoto ら²⁴⁾ の検討では癌部の ADC 値は $0.93 \pm 0.11 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ で辺縁域の非癌部 $1.72 \pm 0.35 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ や移行域の癌部 $1.46 \pm 0.16 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ より有意に低値を示したと述べている。

女性骨盤では拡散強調像で正常子宮内膜と卵巣が高信号として描出される。また、内膜症性嚢胞や成熟奇形腫ではほとんどの症例に全体的または部分的に強い異常信号が認められる²⁵⁾。そのため子宮体癌および内膜症性嚢胞や成熟奇形腫の悪性転化の評価には注意が必要となる。

おわりに

頭頸部や軀幹部の拡散強調像および ADC 値について概説した。拡散強調像の問題点として 1. MRI 禁忌（心臓ペースメーカー、人工内耳、磁性体脳動脈瘤クリップなど）がある。2. 義歯などの金属や空気があると磁化率アーチファクトや像の歪みが生じる。3. リンパ節転移の診断に対し感度は高いが、反応性リンパ節腫大も高信号を呈するため特異度が低いなどがあげられる。しかし、拡散強調像は正常組織と病変のコントラストが良好で、病変の拾い上げ能力が高い。さらに ADC 値を測定することによって悪性腫瘍と良性腫瘍の鑑別がある程度可能になると思われる。また、撮像時間も短く、通常のルーチン検査法として今後定着すると思われる。

文 献

- 1) Carr HY, Purcell EM : Effects of diffusion on free precession in nuclear magnetic resonance experiments. *Phys Rev* **94** : 630-638, 1954
- 2) Ichikawa T, Haradome H, Hachiya J, Nitatori T, Araki T : Diffusion-weighted MR imaging with a single-shot echoplanar sequence : detection and characterization of focal hepatic lesions. *AJR* **170** : 397-402, 1998
- 3) Kurihara Y, Yakushiji YK, Tani I, Nakajima Y, Cauteren MV : Coil sensitivity encoding in MR imaging : advantages and disadvantages in clinical practice. *AJR* **178** : 1087-1091, 2002
- 4) 那須克宏、黒木嘉典、黒木聖子、村上康二、縄野 繁、加藤芳人、藤川弘幸、秋元成美 : 体部における拡散強調画像の臨床応用 ; SENSE-DWI のもたらす body MRI の新局面。映像情報 medical **35** : 488-494, 2003
- 5) Lyng H, Haraldseth O, Rofstad EK : Measurement of cell density and necrotic fraction in human melanoma xenografts by diffusion weighted magnetic resonance imaging. *Magn Reson Med* **43** : 828-836, 2000
- 6) 佐々木真理、藤原俊郎 : 拡散強調画像最新画像温故知新 : 頭部領域での拡散強調像の臨床。日獨医報 **50** : 621-628, 2005
- 7) Wang J, Takashima S, Takayama F, Kawakami S, Saito A, Matsushita T, Momose M, Ishiyama T : Head and neck lesions : characterization with diffusion-weighted echo-planar MR imaging. *Radiology* **220** : 621-630, 2001
- 8) Kotake F, Morimoto K, Ozuki T, Arai G : Diffusion-weighted imaging in the orbital region : comparison of coronal images by direct imaging and multiplanar reconstruction. *J Tokyo Med Univ* **66** : 188-195, 2008
- 9) Kotake F, Morikawa R, Nishio R, Hoshina M, Tokuyue K : The usefulness of diffusion-weighted MR imaging using apparent diffusion coefficient value for the diagnosis of orbital lesions. *ECR EPOS™* : C-1775, 2010
- 10) Baur A, Reiser MF : Diffusion-weighted imaging of the musculoskeletal system in humans. *Skeletal Radiol* **29** : 555-562, 2000
- 11) 森谷浩史、緑川重夫、伊藤夕子、齋藤久美、安藤智則、高瀬裕子、海瀬俊治、北村奈央子、佐久間光太郎、高原太郎 : 胸部腫瘍に対する拡散強調像とみかけの拡散係数 (ADC) 測定の臨床評価。臨床放射線 **53** : 178-188, 2008
- 12) Regier M, Schwarz D, Henes FO, Groth M, Kooijman H, Begemann PG, Adam G : Diffusion-weighted MR-imaging for the detection of pulmonary nodules at 1.5 Tesla : intraindividual comparison with multidetector computed tomography. *J Med Imaging Radiat Oncol* **55** : 266-274, 2011

- 13) Satoh S, Kitazume Y, Ohdama S, Kimura Y, Taura S, Endo Y : Can malignant and benign pulmonary nodules be differentiated with diffusion-weighted MRI? *AJR* **191** : 464-470, 2008
- 14) Liu H, Liu Y, Yu T, Ye N : Usefulness of diffusion-weighted MR imaging in the evaluation of pulmonary lesions. *Eur Radiol* **20** : 807-815, 2010
- 15) Razek AA, Elmorsy A, Elshafey M, Elhadedy T, Hamza O : Assessment of mediastinal tumors with diffusion-weighted single-shot echo-planar MRI. *J Magn Reson Imaging* **30** : 535-540, 2009
- 16) Kotake F, Hoshina M, Kikushima S, Takara K : Apparent diffusion coefficient measurements with diffusion-weighted MR imaging for evaluation of pulmonary masses. Korean congress of radiology : SE04 CH-06. Seoul, 2011
- 17) Kotake F, Morikawa R, Hoshina M, Kikushima S, Takara K, Sugahara S, Tokuuye K : The usefulness of diffusion-weighted MR imaging using apparent diffusion coefficient value for the diagnosis of solid mediastinal tumors. *ECR EPOS™* : C-1129, 2011
- 18) Yoshikawa T, Kawamitsu H, Mitchell DG, Ohno Y, Ku Y, Seo Y, Fujii M, Sugimura K : ADC measurement of abdominal organs and lesions using parallel imaging technique. *AJR* **187** : 1521-1530, 2006
- 19) Chan JHM, Tsui EYK, Luk SH, Fung ASL, Yuen MK, Szeto ML, Cheung YK, Wong KPC : Diffusion-weighted MR imaging of the liver : distinguishing hepatic abscess from cystic or necrotic tumor. *Abdom Imaging* **26** : 161-165, 2001
- 20) Kotake F, Iwashiro R, Yoshimura M, Saito K, Matsushita M, Takahashi Y, Ozuki T : Diffusion-weighted MRI of pancreatic tumors. *ESGAR e-Poster* : P-276, 2008
- 21) Kotake F, Hoshina M, Kikushima S, Takara K, Sugahara S, Tokuuye K : The usefulness of diffusion-weighted MR imaging using apparent diffusion coefficient value for the diagnosis of gastrointestinal tumors. *ESGAR e-Poster* : SE-014, 2011
- 22) Kotake F, Uno R, Takahashi Y, Hoshina M, Nishio R, Tokuuye K : Detection of peritoneal carcinomatosis : evaluation by diffusion-weighted MR imaging. *ESGAR e-Poster* : P-225, 2009
- 23) 那須克宏、黒木嘉典 : 拡散強調画像の新展開 : 直腸癌への臨床応用と意義付け。画像診断 **25** : 729-736, 2005
- 24) Tanimoto A, Nakashima J, Kohno H, Shinmoto H, Kuribayashi S : Prostate cancer screening : The clinical value of diffusion-weighted imaging and dynamic MR imaging in combination with T2-weighted imaging. *J Magn Reson Imaging* **25** : 146-152, 2007
- 25) 小山 貴、玉井 賢、富樫かおり : 躯幹部拡散強調 MRI : 子宮・卵巣。臨床画像 **23** : 1019-1026, 2007