

特集1：分子機能情報を活用した医学生理学研究の展開**躯幹部拡散強調 MRI 画像の臨床応用と有用性**

竹内 麻由美, 松崎 健司, 西谷 弘

徳島大学病院放射線科

(平成20年11月17日受付)

(平成20年11月20日受理)

はじめに

拡散強調 MRI 画像 (Diffusion-weighted imaging: DWI) は組織レベルでの拡散現象を画像化したものであり, 急性期脳梗塞の早期診断など中枢神経領域での有用性については確立された手法である。近年, 躯幹部においても臨床応用が報告され, 癌の検出やステージングにおける有用性が期待されている。本項では躯幹部領域における DWI の臨床応用と有用性について概説する。

DWI において高信号を呈する機序

さまざまな病因により組織の水分子の運動 (ブラウン運動) が制限され拡散能が低下すると, DWI にて信号上昇を認める。中枢神経領域では急性期脳梗塞による細胞性浮腫が組織の拡散能の低下をきたし, 発症後数時間以内に明瞭な信号上昇を認めるため, 診断に有用である。躯幹部領域では, 細胞密度が高い充実性腫瘍や, 内部が粘稠な膿瘍などの診断に有用性が高い。正常な組織と比較して悪性腫瘍は一般に細胞密度が上昇するため間質が狭くなり, 水分子の運動が制限され DWI にて高信号を呈する。また, 粘稠な液体は漿液性の液体と比して水分子の運動が制限されるため, やはり信号上昇をきたす。感染による膿瘍形成では内部に粘稠な膿汁を含むため, 著明な高信号を呈する。

DWI は T2 強調画像をベースに拡散能を重み付けしているため, 組織の T2 値にも影響される。組織の T2 値が長いと T2 強調画像で高信号を呈するため, DWI にて信号が高く描出されることがあり (いわゆる T2-shine through 効果), 注意が必要である。DWI の画像における T2 値の影響を少なくするためには b 値 (どの程度

拡散を強調しているかを示す数値) を高く設定する必要があるが, 信号雑音比の低下による画質低下の原因となるため, 躯幹部では b 値は水が高信号を呈さない 800~1000 程度に設定されることが多い。実際の拡散能を評価するためには, 拡散係数 (ADC 値) をマッピングした ADC map を作成し, ROI を設定して ADC 値を測定する。これにより組織の拡散能を定量的に評価可能となる。

躯幹部への臨床応用

躯幹部への DWI の臨床応用として, 広範囲な撮像による腫瘍のスクリーニングが挙げられる。DWIBS (Diffusion-weighted whole-body imaging with background body signal suppression) あるいは MR PETgraphy と称されるが, DWI 画像を白黒反転表示させることにより視認性が向上し, FDG-PET に類似した画像が得られ, 病変の検出が容易となる¹⁾。被曝や侵襲性のないがん検診のモダリティとして期待されている。

肝臓領域では原発性および転移性の悪性腫瘍を高感度に検出できる²⁾。呼吸による体動の影響を抑えるため, 上腹部の撮像時には呼吸同期を併用する。心拍動の影響のため, 近接する左葉ドーム下については画質低下が問題となっており, 心電図同期による画質改善も試みられている。また, 血管腫と嚢胞はいずれも液体成分に富むため従来のシーケンスでは鑑別困難であり, 造影剤の使用による造影効果の有無により鑑別を行っていた。DWI では造影剤を使用しなくても血管腫と嚢胞が容易に鑑別可能である。これは, 嚢胞が低信号を呈するのに比して, 血管腫では内部の豊富な隔壁構造による拡散能の低下をきたすため強い高信号に描出されることによる (図 1 a, b)。

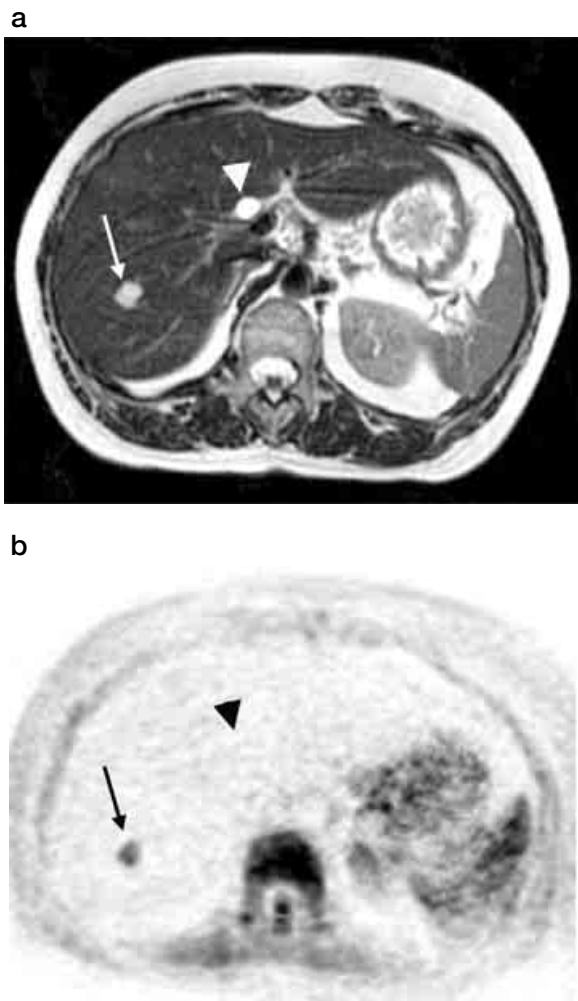


図1：a:T2WI;b:DWI（白黒反転表示），血管腫（矢印）および嚢胞（矢頭）はいずれもT2WIにて高信号を呈するが，DWIにて血管腫は高信号，嚢胞は低信号を呈し，鑑別可能である。

DWIは膵胆道系の悪性腫瘍の検出にも有用であり（図2a, b），MRCPと組み合わせることにより黄疸症例での腫瘍性の閉塞部位の同定や結石による閉塞との鑑別，膵癌と慢性腫瘍形成性膵炎の鑑別にも有用性が高い³⁾。ただし，急性期の炎症もDWIにて信号上昇をきたすため，閉塞性膵炎を合併した膵癌や，自己免疫性膵炎などの診断には注意を要する。

一般にFDG-PETも腫瘍の検出に有用であるが，尿路系に排泄されるため腎臓や尿管，膀胱等の評価には限界がある。DWIは高感度に尿路系腫瘍を検出でき，MR Urographyと組み合わせることにより腫瘍による閉塞部位の同定や多発腫瘍の描出が可能である（図3）⁴⁾。造影剤を使用しないため腎機能の低下した症例や造影剤ア

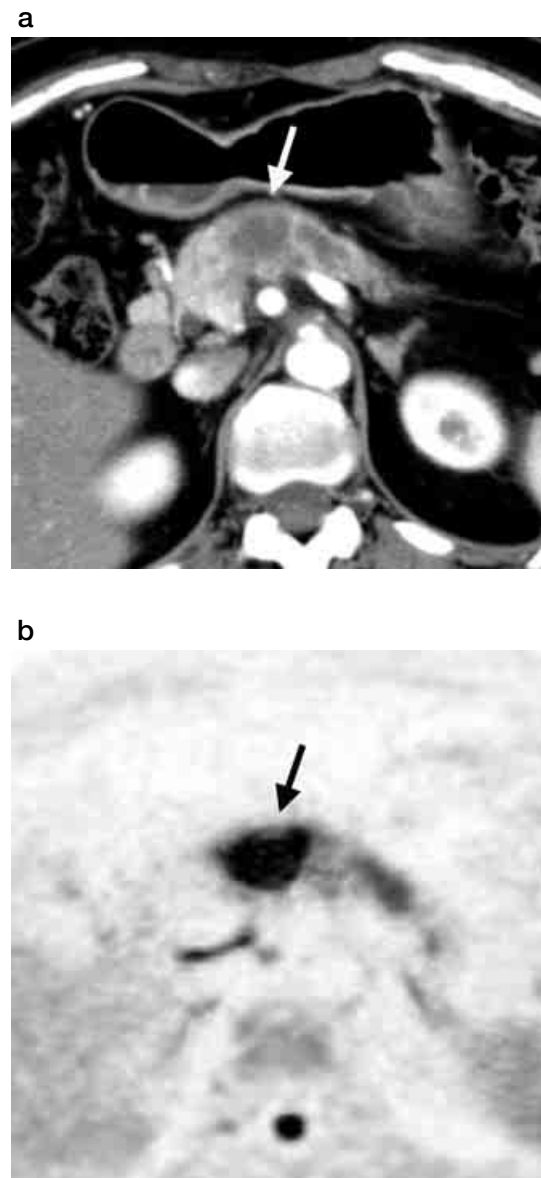


図2：a:造影CT;b:DWI（白黒反転表示），造影CTにて低濃度を呈する膵癌（矢印）はDWIにて強い高信号を呈してみられる。

レルギー患者でも検査可能であり，X線被曝がなく若年女性や小児の検査にも適している。

婦人科領域では卵巣腫瘍の良悪性鑑別（図4a, b）や子宮癌の検出と浸潤範囲の描出，放射線治療や化学療法後の効果判定や再発の評価に有用である⁵⁾。その他，リンパ節転移や骨転移，腹腔内の播種性病変も高感度に検出できるため，悪性腫瘍のステージングにも有効な撮像法である（図5a, b）。腫瘍性病変以外では，炎症性病変に対する感度も高く，腹腔内膿瘍の検出や炎症性腸疾患の活動性の評価など，広範な臨床応用が期待される。

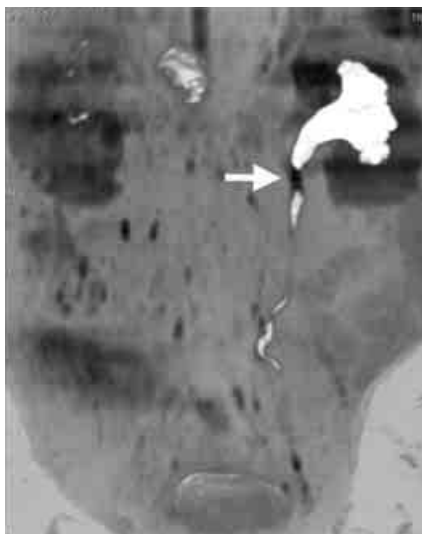


図3：MR Urography と DWI (白黒反転表示) の融合画像 (冠状断像), 左尿管癌 (矢印) による水腎症を認める。

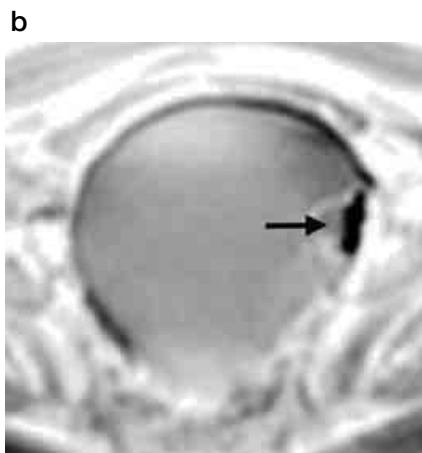
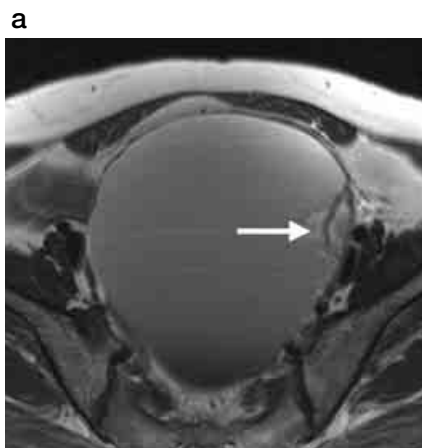


図4：a:T2WI;b:DWI (白黒反転表示), 内膜症性嚢胞の悪性転化による卵巣癌。壁在する結節部がDWIにて強い高信号を呈し, 悪性転化が示唆される。

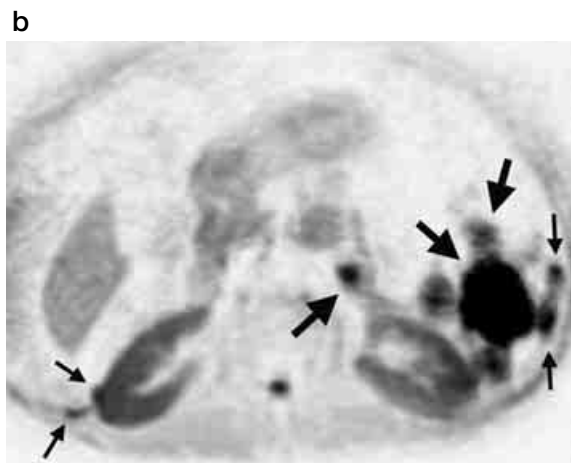


図5：a:T2WI;b:DWI (白黒反転表示), 卵巣癌による癌性腹膜炎。多量の腹水が貯留している。腹腔内の播種巣はT2WIでは大きな病変のみ同定可能だが, DWIでは大小多数の播種巣 (矢印) が明瞭な高信号域として描出される。

文 献

- 1) Takahara, T., Imai, Y., Yamashita, T., Yasuda, S., *et al.* : Diffusion weighted whole body imaging with background body signal suppression (DWIBS): technical improvement using free breathing, STIR and high resolution 3D display. *Radiat. Med.*, 22 : 275-282, 2004
- 2) Nasu, K., Kuroki, Y., Nawano, S., Kuroki, S., *et al.* : Hepatic metastases : diffusion-weighted sensitivity-encoding versus SPIO-enhanced MR imaging. *Radiology*, 239 : 122-130, 2006
- 3) Takeuchi, M., Matsuzaki, K., Kubo, H., Nishitani, H. : High-b-value diffusion-weighted magnetic resonance imaging of pancreatic cancer and mass-forming chronic

- pancreatitis : preliminary results. *Acta. Radiol.*, 49 : 383-386, 2008
- 4) Takeuchi, M., Matsuzaki, K., Kubo, H., Nishitani, H. : Diffusion-weighted MR imaging of urinary epithelial cancer with upper urinary tract obstruction : Preliminary results, *Acta. Radiol.* (in press)
- 5) Namimoto, T., Awai, K., Nakaura, T., Yanaga, Y., *et al.* : Role of diffusion-weighted imaging in the diagnosis of gynecological diseases. *Eur. Radiol.*, 2008 (Epub ahead of print).

Clinical application of body diffusion-weighted MR imaging

Mayumi Takeuchi, Kenji Matsuzaki, and Hiromu Nishitani

Department of Radiology, Tokushima University Hospital, Tokushima, Japan

SUMMARY

Recently the usefulness of diffusion-weighted MR imaging (DWI) in the body regions was reported in several studies. Various malignant tumors may show high signal intensity on DWI reflecting their high cellularity. Quantitative measurement of apparent diffusion coefficient (ADC) may be of value in distinguishing between benign and malignant tumors. We reviewed clinical application of body DWI in various diseases in this article.

Key words : magnetic resonance imaging (MRI), diffusion-weighted imaging (DWI), apparent diffusion coefficient (ADC)