

# 肺部疾病 MR 背景抑制扩散成像应用初探

吴华伟 程杰军 许建荣 路青 戈欣 李磊

**【摘要】** 目的 初步评价 MR 背景抑制扩散成像(DWIBS)最大密度投影(MIP)图像及表观扩散系数(ADC)值的定量测量在肺部疾病中的应用价值。方法 61 例患者接受了肺部 DWIBS, 其中肺癌 38 例, 肺部炎性病变 23 例, 分析肺部疾病三维(3D) MIP 重组图像表现, 确定肺部病变的 ADC 值范围, 评价 DWIBS 对肺部疾病的诊断价值。结果 DWIBS 上肺癌及炎性病变表现为不同形态的信号强度密集区域。DWIBS 上中央型肺癌平均 ADC 值为  $(1.05 \pm 0.23) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ , 周围型肺癌平均 ADC 值为  $(1.10 \pm 0.17) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ , 各种炎性病变平均 ADC 值为  $(1.69 \pm 0.29) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ , 周围型肺癌与炎性病变的平均 ADC 值差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。3.0 T MRI + DWIBS 对肺部疾病诊断的敏感性、特异性及准确性(分别为 86.84%、82.60% 和 85.24%) 高于单纯 MRI 诊断(分别为 78.94%、78.26% 和 78.68%)。结论 DWIBS 能够立体、直观地显示病灶, 实现了肺部病变 ADC 值的定量测量, 有望成为肺部疾病鉴别诊断的方法之一。

**【关键词】** 肺肿瘤; 肺疾病; 磁共振成像; 扩散

The preliminary study of MR diffusion weighted imaging with background body signal suppression on pulmonary diseases WU Hua-wei, CHENG Jie-jun, XU Jian-rong, LU Qing, GE Xin, LI Lei. Department of Radiology, Renji Hospital, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200127, China Corresponding author: XU Jian-rong, Email: xujianr@hotmail.com

**【Abstract】** Objective To evaluate maximum intensity projection(MIP) images and apparent diffusion coefficient(ADC) values of MR diffusion weighted imaging with background body signal suppression(DWIBS) on pulmonary diseases. Methods Sixty-one patients with pulmonary diseases underwent DWIBS. The findings in three dimensional(3D) MIP image were observed and the ADC values of diseased region were measured. The diagnostic value of DWIBS on pulmonary diseases was evaluated. Results Lung cancer and inflammatory disease were all demonstrated as dense intensity area on DWIBS. The mean ADC value of central lung cancer was  $(1.05 \pm 0.23) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ . The mean ADC value of peripheral lung cancer was  $(1.10 \pm 0.17) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ . The mean ADC value of the inflammatory disease was  $(1.69 \pm 0.29) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ . The mean ADC value had significant difference between peripheral lung cancer and the inflammatory disease ( $P < 0.05$ ). The MR sensitivity, specificity and accuracy in diagnosing the pulmonary diseases with DWIBS(86.84%, 82.60%, 85.24%, respectively) was higher than conventional MRI(78.94%, 78.26%, and 78.68%, respectively). Conclusion DWIBS can demonstrate clearly the lesion's shape with 3D display. The quantitative measurement of ADC values is feasible. DWIBS may be a potential diagnostic method for differentiation on pulmonary diseases.

**【Key words】** Pulmonary neoplasms; Pulmonary diseases; Magnetic resonance imaging; Diffusion

MR 背景抑制扩散成像(diffusion weighted imaging with background body signal suppression, DWIBS)技术为一种最新的 MR 扩散加权成像(DWI)技术, 它可以在自由呼吸状态下完成大范围(包括胸部、腹部及盆腔)薄层扫描, 经最大密度投影(MIP)重组得到高信噪比、高分辨率的图像; 通过背景抑制及黑白反转技术, 对病变的显示达到同正电子发射体层成像(PET)相似的效果, 直观、立体地

显示病变部位、形态、大小及范围, 并可行表观扩散系数(ADC)值的定量测量。本研究利用 DWIBS 技术初步探讨其对肺部病变的诊断价值。

## 资料与方法

### 一、临床资料

搜集行胸部 MR 检查的患者 61 例, 其中男 42 例, 女 19 例; 年龄 24 ~ 83 岁, 平均  $(58 \pm 12)$  岁; 肺癌 38 例, 其中中央型肺癌 13 例, 孤立性周围型肺癌 24 例, 弥漫性肺泡细胞癌 1 例; 病变直径 1.9 ~ 6.8 cm, 平均  $(3.7 \pm 1.0)$  cm。肺部炎性病变 23 例,

包括大叶性肺炎 13 例, 肺结核 4 例, 肺脓肿 2 例, 肺部霉菌感染 3 例, 肺隔离症并发感染 1 例, 共有病灶 28 处。38 例肺癌中 21 例经手术证实, 7 例经支气管镜活检证实, 3 例经痰细胞学检查证实, 2 例经胸水细胞学检查证实, 5 例经穿刺活组织检查证实。23 例肺部炎性病变中 3 例经手术证实, 2 例经穿刺活检证实, 其余均经支气管镜活检阴性后临床治疗随访证实; 主要临床表现为咳嗽、痰中带血、胸痛、气急、声音嘶哑、发热和消瘦等, 其中 5 例为体检时发现。

## 二、检查方法

使用 Philips Intera Achieva 3.0 T 双梯度超导型 MR 扫描仪及配备的相应软件, 使用敏感性编码 (SENSE) 心脏线圈, SENSE 加速因子 2.0 ~3.5。患者取仰卧位, 双手抱头, 心电及呼吸触发。每例常规行胸部横断面  $T_1$  WI 和  $T_2$  WI 及  $T_2$  WI-频率选择抑制反转恢复序列 (SPAIR), 矢状面及冠状面  $T_2$  WI 或  $T_2$  WI-SPAIR。

扫描参数: 常规 MR  $T_1$  WI TR 15 ms, TE 2.3 ms;  $T_2$  WI TR 1800 ms, TE 80 ms, 层厚 8 mm。层间距 1 mm; 视野 (FOV) 350 mm × 350 mm, 矩阵 256 × 256。  $T_2$  WI-快速自旋回波 (FSE) -SPAIR TR 1750 ms, TE 80 ms, 层厚 8 mm, 层间距 2 mm; 快速因子为 29; 预饱和反转恢复序列 (SAT SPIR); 信号平均次数 (NSA) 为 1; FOV 350 mm × 350 mm, 矩阵 256 × 256。横断面  $T_2$  WI-FSE 及  $T_2$  WI-SPAIR 序列均分 3 个采集段施加局部预饱和带, 预饱和带带宽 60 mm。

DWIBS 应用短时反转恢复抑脂序列 (STIR) -回波平面成像 (EPI) 序列, 高梯度模式 80 mT/m, SENSE 加速因子 3.5, TR 6000 ms 以上, TE 56 ms, 层厚 4 mm, 层间距 1 mm, 在相互垂直的 X、Y、Z 轴 3 个方向上 180° 脉冲前后施加扩散敏感梯度, 采用 2 个大小不同的扩散敏感梯度强度进行成像, 对应的敏感梯度因子 (b) 值分别为 0 和 500 s/mm<sup>2</sup>。NSA 为 3, 反转时间 (TI) 235 ms。EPI 因子 39, 采集 60 层; 矩阵 160 × 256, 采集时间 7 ~9 min。采用三维 (3D) MIP 重组图像, 应用黑白反转技术进行显示。

## 三、图像分析

DWI 数据通过后处理生成 ADC 图, 将图像传输至工作站进行处理。利用 ADC 图测量各病变的 ADC 值: 根据  $T_2$  WI 表现选取感兴趣区 (ROI), ROI > 15 mm × 15 mm。中央型肺癌测量肿瘤实质部分、瘤内坏死灶、远端炎症肺不张组织的 ADC 值。

测量周围型肺癌及各种炎性病变的 ADC 值, 避开坏死、囊变及钙化区域。每个 ADC 值为 3 ~5 个 ROI 的平均值。由 2 名相同年资的呼吸系统影像科医师共同对 38 例肺癌及 23 例炎性病变进行盲法阅片, 分别行仿 PET 图像、ADC 图以及仿 PET 图像 + ADC 图阅片并记录结果, 读片结果与最终结果符合者记 3 分, 读片结果为不能确定诊断者记 2 分, 读片结果误导最终结果者记 1 分。2 名医师还分别对 38 例肺癌图像阅片寻找病变, A 医师单纯阅读常规 MRI (包括  $T_1$  WI、 $T_2$  WI、 $T_2$  WI-SPAIR 以及冠状面和矢状面  $T_2$  WI), B 医师先阅读仿 PET 图像, 再行常规 MRI 阅片, 对阅片时间 (得出初步诊断的时间) 及病灶数目进行统计分析。

## 四、统计学方法

利用 Microsoft Excel 建立数据库, 用 SPSS 11.5 软件包进行统计。两两比较采用独立样本 t 检验; 配对资料采用配对 t 检验。A、B 2 名医师发现病灶数目差异采用 Wilcoxon 秩和检验; 3 种读片总和结果采用 Kendall s 等级秩和检验; 3 组读片结果间两两比较采用 Wilcoxon 配对秩和检验。P < 0.05 为差异有统计学意义。

## 结 果

### 一、肺部疾病阅片评分结果

2 名相同年资的呼吸系统影像科医师对 38 例肺癌及 23 例肺炎性病变患者的仿 PET、ADC 值及 2 种方法结合的阅片评分结果见表 1。

表 1 不同病变 3 种读片结果的评分情况 (例)

病变类型	仿 PET			ADC 值			仿 PET + ADC 值		
	3 分	2 分	1 分	3 分	2 分	1 分	3 分	2 分	1 分
肺癌	14	20	4	29	4	5	28	7	3
炎性病变	7	12	4	15	5	3	17	3	3
合计	21	32	8	44	9	8	45	10	6

注: PET 为正电子发射计算机断层成像, ADC 为表观扩散系数

### 二、肺部疾病 DWIBS 仿 PET 图像表现

仿 PET 图像上 13 例中央型肺癌 (图 1) 表现为肺门邻近的信号强度密集区域, 其中 9 例伴有远端肺组织的炎性不张, 表现为肿瘤远端扇形或三角形信号强度密集区域, 而且肿瘤与炎性肺不张组织间的信号强度不同。24 例周围型肺癌 (图 2) 表现为局部结节或肿块样信号强度密集区域, 病灶内信号强度可疏密不均。23 例共 28 处炎性病变 (图 3) 表现为大片状、小斑片状或结节状信号强度密集区域, 病灶清晰显示 18 例, 显示不清 7 例, 不显示 3 例。

淋巴结(图 4)表现为结节状信号强度密集区域,可孤立存在或相互融合。

### 三、肺部病变 ADC 值的定量测量

各种肺部病变的 ADC 值测量结果见表 2。经统计学分析,中央型肺癌肿瘤实质与瘤内坏死灶间 ADC 值差异有统计学意义( $t = 5.896, P < 0.05$ ),肿瘤实质与远端炎症间 ADC 值差异有统计学意义( $t = 4.899, P < 0.05$ )(图 5)。中央型肺癌与周围型肺癌的平均 ADC 值间差异无统计学意义( $t = 0.475, P > 0.05$ )。周围型肺癌(图 6)的平均 ADC 值与各种炎性病变(图 7, 8)的平均 ADC 值间差异有统计学意义( $t = -4.894, P < 0.05$ )。

表 2 各种肺部病变的 ADC 值( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ )

肺部病变	例数	ADC 值范围	平均 ADC 值(±s)
中央型肺癌瘤灶实质	13	0.81 ~1.33	1.05 ±0.23
中央型肺癌瘤内坏死	13	1.71 ~3.26	2.11 ±0.33
中央型肺癌远端炎症	13	1.36 ~1.87	1.54 ±0.26
周围型肺癌	24	0.76 ~1.62	1.10 ±0.17
肺部炎性病变	23	1.28 ~3.11	1.69 ±0.29

注: ADC 为表观扩散系数

周围型肺癌瘤灶实质 ADC 值的 95% 可信区间为  $(0.82 \sim 1.38) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ , 炎性病变 ADC 值的 95% 可信区间为  $(1.21 \sim 2.16) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ , 以恶性肿瘤 95% 可信区间上界  $1.38 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  定为炎性病变与恶性肿瘤的 ADC 值界值, 诊断的敏感性为 86.36%, 特异性为 82.60%, 总正确率

为 84.44%。

### 四、DWIBS 对肺部疾病诊断的应用价值

1. 仿 PET 图像对阅片速度的影响: 每例 MRI 的平均阅片时间 A 医师为 4.5 ~6.5 min, 平均 5.7 min; B 医师为 2.5 ~4.0 min, 平均 3.3 min, A、B 2 名医师的平均阅片时间经配对 t 检验显示差异具有统计学意义( $t = 2.358, P < 0.05$ )。对 38 例肺癌图像进行阅片记录病变数目、淋巴结数目和胸部转移灶数目, A 医师的结果分别为 43、60 和 6 个, B 医师的结果分别为 43、68 和 10 个, A、B 2 名医师发现病灶数目差异无统计学意义( $Z = -1.342, P > 0.05$ )。

2. DWIBS 的综合诊断评价: 3 种读片总和结果间经 Kendall s 等级秩和检验, 表明差异有统计学意义( $\chi^2 = 38.678, P < 0.05$ ), 仿 PET 图像、ADC 图以及仿 PET 图像 + ADC 图阅片记分的平均秩次分别为 1.49、1.82 和 2.59。经 Wilcoxon 配对秩和检验, 行 3 组间两两比较后差异均有统计学意义(Z 值分别为 -4.808、-5.976 和 -3.806, P 值均  $< 0.05$ )。结合常规 MRI 与仿 PET 图像 + ADC 图盲法阅片, 将诊断为肺癌及高度怀疑肺癌的归入肺癌组, 其他列入非肿瘤病变组。常规 MRI 读片结果(表 3)对 2 组疾病诊断的敏感性、特异性及准确性分别为 78.94%、78.26%、78.68%; 常规 MRI + 仿 PET 图像 + ADC 图阅片(表 4)对 2 组疾病诊断的敏感性、特异性及准确性分别为 86.84%、82.60% 和 85.24%。

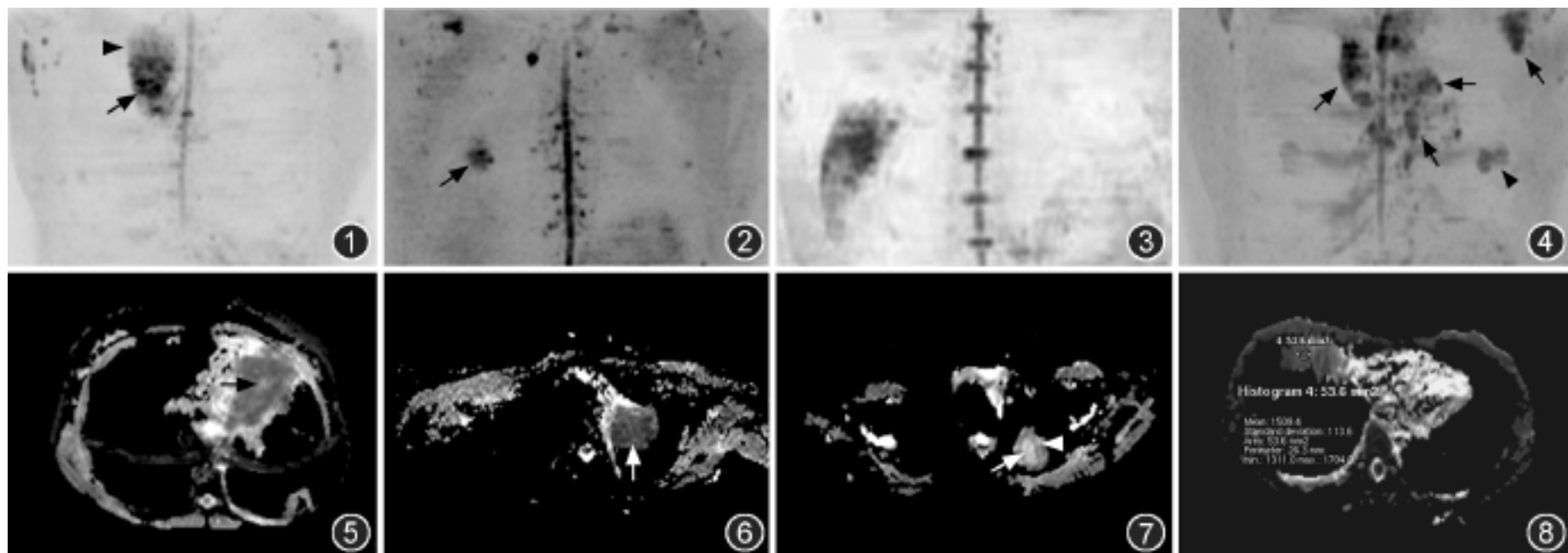


图 1 MR 背景抑制扩散成像(DWISS)仿正电子发射计算机体层成像(PET)图像。右上中央型肺癌(箭),远端见阻塞性炎症(箭头) 图 2 DWIBS 仿 PET 图像。右下肺周围型肺癌,为肺野内局灶性信号强度增高区(箭) 图 3 DWIBS 仿 PET 图像。右下肺大叶性肺炎,右下肺见片状信号强度增高区 图 4 DWIBS 仿 PET 图像。左下肺癌(箭头)伴左肺门、纵隔及左腋下多发淋巴结肿大(箭),为结节状信号强度密集区 图 5 表观扩散系数(ADC)图。左侧中央型肺癌伴远端肺组织炎症不张,肿瘤实质 ADC 值为  $1.19 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ , 瘤内坏死灶(箭) ADC 值为  $2.05 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  图 6 ADC 图。左肺尖肺上沟癌(箭),ADC 值为  $1.01 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  图 7 ADC 图。左肺尖结核,结核瘤壁(箭头) ADC 值为  $1.65 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ , 内部坏死灶(箭)为  $2.81 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  图 8 ADC 图。右肺中叶大叶性肺炎,ADC 值为  $1.40 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$

表 3 肺部疾病常规 MRI 诊断结果与最终诊断结果比较(例)

MRI 诊断结果	最终诊断结果		合计
	肺癌	非肿瘤病变	
肺癌	30	5	35
非肿瘤病变	8	18	26
合计	38	23	61

表 4 肺部疾病常规 MRI + DWIBS 诊断结果与最终诊断结果比较(例)

常规 MRI + DWIBS	最终诊断结果		合计
	肺癌	非肿瘤病变	
肺癌	33	4	37
非肿瘤病变	5	19	24
合计	38	23	61

注: DWIBS 为 MR 背景抑制扩散成像

## 讨 论

DWI 是惟一无创反映活体组织扩散的检查方法<sup>[1]</sup>。DWI 对脑缺血超早期的定性与定量诊断价值已经得到公认<sup>[2]</sup>。近年来,快速成像技术迅速发展,使得 DWI 技术在体部器官得以应用。Takahara 等<sup>[3]</sup>于 2004 年首次介绍了 DWIBS 的基本技术及临床应用。本研究利用 DWIBS 技术对肺部病变进行评价。

### 一、DWIBS 的基本技术要求

SENSE 技术的灵活应用可以明显降低回波链长度,消除或降低图像畸变和 EPI 的特征伪影<sup>[4]</sup>。DWIBS 为一种全新的技术来获得多层薄层 DWI,该方法为:(1)使用自由呼吸方式;(2)短 TI STIR-EPI 对脂肪进行有效抑制;(3)薄层 DWI 以保证 3D 重组的可行性;(4)合适的 b 值;(5)3D MIP 重组及黑白反转显示,达到与 PET 类似的效果,而称为“仿 PET”图像或“类 PET”图像。

### 二、肺部病变仿 PET 图像基本表现及诊断价值

仿 PET 图像肺部病变的基本表现符合疾病的一般形态特点。中央型肺癌表现为肺门部信号强度密集区域,周围型肺癌表现为肺野内结节状信号强度密集区域。炎症为斑片状或大片状信号强度密集区域。淋巴结表现为结节状信号强度密集区域。因此,应用 DWIBS 仿 PET 图像对病变的显示立体、直观,对病变的部位、数目、大小已有大致了解,对于观察 MR 繁多的序列以及复杂信号所构成的图像就能够做到有的放矢。本研究发现,通过先读仿 PET 图像可以明显提高阅片速度,从平均的 5.7 min 缩短为 3.3 min,并可获得相同的发现病灶的数目。由此可见,仿 PET 成像极具临床实用价值。

### 三、DWIBS 肺部病变的定量测量及诊断价值

作为 DWI 技术之一, DWIBS 可以通过 ADC 图对病变的 ADC 值进行定量分析。本研究结果显示,中央型肺癌肿瘤实质、瘤内坏死灶及远端炎症间 ADC 值不同,中央型肺癌与周围型肺癌间 ADC 值的差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。周围型肺癌与炎性病变的 ADC 值存在统计学差异,因此,通过 ADC 值的测量可以反映不同性质的病变。笔者尝试以恶性肿瘤 95% 可信区间上界  $1.38 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  定为炎性病变与恶性肿瘤的 ADC 值界值,诊断的敏感性为 86.36%,特异性为 82.60%,总的正确率为 84.44%,结果较令人满意。Kim 等<sup>[5]</sup>对肝脏局灶性占位的研究也表明, DWI 在肝脏局灶性占位的定性诊断方面较有优势。利用 DWI 及 ADC 值的测量可以鉴别 96% 的肝脏囊性良性病变与实质性恶性病变<sup>[6]</sup>。Guo 等<sup>[7]</sup>对乳腺良恶性病变的 ADC 值定量分析,对鉴别诊断也较有意义。本研究初步结果显示, DWIBS 对肺部疾病的诊断可以提供有价值的信息,应用 DWIBS 后, MRI 对本组肺癌与非肿瘤病变诊断的敏感性、特异性及准确性从常规 MRI 的 78.94%、78.26% 和 78.68% 提高到 86.84%、82.60% 和 85.24%,由此可见应用 DWIBS 可以提高 MRI 对肺部疾病诊断价值。当然, DWIBS 也会提供误导信息或无价值的信息,对肺部疾病的 DWIBS 诊断与鉴别诊断有待于今后进一步扩大样本量进行深入研究。

## 参 考 文 献

- [1] Le Bihan D, Turner R, Douek P, et al. Diffusion MR imaging: clinical applications. *AJR*, 1992, 159: 591-599.
- [2] Huisman TA. Diffusion-weighted imaging: basic concepts and application in cerebral stroke and head trauma. *Eur Radiol*, 2003, 13: 2283-2297.
- [3] Takahara T, Imai Y, Yamashita T, 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*, 2004, 22: 275-282.
- [4] 史浩, 丁红宇. 磁共振成像中的 SENSE 技术. *医学影像学杂志*, 2005, 15: 708-710.
- [5] Kim T, Murakami T, Takahashi S, et al. Diffusion-weighted single-shot echoplanar MR imaging for liver disease. *AJR*, 1999, 173: 393-398.
- [6] Namimoto T, Yamashita Y, Sumi S, et al. Focal liver masses: characterization with diffusion-weighted echo-planar MR imaging. *Radiology*, 1997, 204: 739-744.
- [7] Guo Y, Cai YQ, Cai ZL, et al. Differentiation of clinically benign and malignant breast lesions using diffusion-weighted imaging. *J Magn Reson Imaging*, 2002, 16: 172-178.

(收稿日期: 2007-09-27)

(本文编辑: 任晓黎)