·乳腺影像学专题(一)·

乳腺癌的 MRI 成像技术及其诊断价值

赵斌，阮正敏，高佩虹，蔡世峰

【摘要】 **目的**：探讨乳腺癌的 MRI 特征表现，分析各种 MR 成像技术的临床应用价值和存在的不足。**方法**：38 例乳腺癌患者术前均经 MRI 平扫、DWI、动态增强及 ^{1}H-MRS 检查，回顾性分析乳腺癌的 MRI 表现，并分析各种乳腺 MR 成像技术的应用价值及存在的不足。**结果**：在平扫 T_1WI、压脂 T_2WI 乳腺癌多表现为等或低信号；DWI 中 b=0 时病灶呈明显高信号，随 b 值增加病灶信号强度依次降低；以形状不规则、毛刺征、环形强化、早期增强率≥70%和Ⅱ型或Ⅲ型曲线作为诊断乳腺癌标准，其敏感度分别为 65%、67.5%、80%、95%和 95%；^{1}H-MRS 显示乳腺癌出现明显升高的 Cho 峰，Cho/Cr 升高，基于 Cho 峰的出现诊断乳腺癌的敏感度为 77.5%。**结论**：乳腺癌 MRI 病灶形态学、动态增强特点具有特征性，DW 和 ^{1}H-MRS 检查具有重要的辅助诊断价值，但是部分良、恶性病灶的表现存在部分重叠，对乳腺导管原位癌的诊断 MRI 无明显优势。

【关键词】 磁共振成像；扩散加权成像；磁共振波谱学；乳腺肿瘤

【中图分类号】R445.2；R737.9 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2007)11-1131-04

Imaging Techniques and Their Diagnostic Value of MRI in Breast Cancer ZHAO Bin, RUAN Zheng-min, GAO Pei-hong, et al. Shandong Medical Imaging Research Institute, Jinan 250021, P. R. China

【**Abstract**】 **Objective**: To study the MRI characteristics of breast cancer, and to analyze the clinical value and their pitfalls of MR techniques in the diagnosis of breast cancer. **Methods**: Thirty-eight patients with breast cancer were examined with plain MRI, diffuse weighted imaging (DW), dynamic contrast-enhanced MRI and ^{1}H-MRS before surgery. The MR characteristics of breast cancer were retrospectively reviewed, and to analyze the clinical value of various breast MR imaging techniques and their pitfalls. **Results**: Most of the breast cancers showed iso-or hypo- intensity on T_1-weighted images and fat-suppressed T_2-weighted images. And the lesions appeared as marked hyper- intensity on DWI (b value=0). The higher the b value, the lower the signal intensity on DWI. With irregular shape, spiculated margin, rim enhancement, early contrast enhancement (≥70%), signal intensity time curve (type Ⅱ or Ⅲ) were taken as diagnostic criteria for breast cancer, the diagnostic sensitivity were as follows: 65%、67.5%、80%、95%、95% respectively. On ^{1}H-MRS, marked increase of the peak value of choline containing compounds and higher Cho/Cr ratio appeared in most of the breast cancers. The sensitivity of breast cancer diagnosis based on increased peak value of choline-containing compounds was 73.3%. **Conclusion**: There were characteristic morphological and dynamic contrast enhanced features of breast cancer. DWI and ^{1}H-MRS provided important adjunct diagnostic information, yet there were overlapping in the MRI features of benign and malignant breast lesions. MRI showed no obvious preponderance in the diagnosis of breast ductal carcinoma in situ.

【**Key words**】 Magnetic resonance imaging; Diffusing weighted imaging; Magnetic resonance spectroscopy; Breast neoplasms

乳腺癌是妇女最常见的恶性肿瘤之一，近年来受饮食习惯及其它因素的影响，其发病率明显增高。随着乳腺外科的发展，要求保乳手术者逐渐增多，临床迫切需要对乳腺癌进行术前定性和判断有无多发病灶，乳腺磁共振各种成像技术在乳腺肿瘤的鉴别诊断中显示出其突出优势。本笔者综合运用了乳腺 MRI 平扫、扩散加权成像(diffusion-weighted imaging，DWI)、动态增强(dynamic contrast enhanced MRI，DCE-MRI)及质子磁共振波谱(proton MR spectroscopy，^{1}H-MRS)技术，探讨乳腺癌的 MRI 表现，分析其临床应用价值和存在的不足。

材料与方法

经手术病理证实的 38 例(共 40 个病灶)乳腺癌患者，女，年龄 20～73 岁，平均 41.6 岁。其中浸润性导管癌 26 例(28 个病灶、浸润性小叶癌 8 例、导管原位癌 2 例、髓样癌 1 例、混合性粘液癌 1 例。所有病例术前均经乳腺 MRI 平扫、扩散加权成像、动态增强和 ^{1}H-MRS 检查。

采用 Siemens Magnetom Sonata Maestro Class 1.5T 超导磁共振机，双环极阵列乳腺线圈，患者取俯卧位，双侧乳腺自然悬垂于乳腺线圈内，扫描过程中制动。

作者单位：250021 济南，山东医学影像研究所
作者简介：赵斌(1956－)，男，山东邹平人，博士，主任医师，主要从事综合影像诊断工作。

MRI 平扫：快速反转恢复磁化准备压脂 SE T_2WI，横断面扫描，TR 9020 ms，TE 67 ms，TI 150 ms，扫描时间 227 s；快速小角度激发三维成像 T_1WI 序列，横断面扫描，TR 11 ms，TE 4.76 ms，层厚 2.0 mm，扫描时间 88 s。

DWI：使用单次激发平面回波成像（echo-planar imaging，EPI）技术，TR 2900 ms，TE 84 ms，扫描时间 68 s，b 值分别取 0、500 和 1000 s/mm^2。所有病灶取非液化坏死部位之中心区域为感兴趣区（region of interest，ROI），测量 3 次取其平均值，兴趣区面积不小于 2 mm^2，取 b 值为 0 和 1000 s/mm^2 计算 ADC 值。

DCE-MRI：快速小角度激发三维动态成像压脂 T_1WI，TR 4.42 ms，TE 1.49 ms，层厚 1.2 mm，重复扫描 6 次，每次扫描时间 60 s，第一、二次间隔 20 s，用于注射对比剂（Gd-DTPA），经手背静脉注射，剂量 0.1 mmol/kg，总扫描时间 6 min19 s。在 Leonardo 工作站进行图像后处理及血流动力学分析。计算 ROI 早期增强率（注药后 2 min），并绘制时间-信号强度百分比曲线。增强扫描完毕行矢状面和冠状面压脂 T_1WI 扫描。

^{1}H-MRS：采用单体素波谱（single voxel spectroscopy，SVS）检查方法，点分辨波谱分析法（point resolved spectroscopy，PRESS）进行数据的采集，TR 1500 ms、TE 135 ms，翻转角 90°，采集次数 192，扫描时间 4 min 54 s。^{1}H-MRS 采集到的数据经 Leonardo 工作站软件进行后处理。主要观察的代谢物有胆碱（choline，Cho）和肌酸（Creatine，Cr）。

结 果

MRI 平扫：97.5%（39/40）乳腺癌病灶 T_1WI 呈等或低信号；75%（30/40）病灶压脂 T_2WI 呈等或低信号，5%（2/40）呈略高信号，5%（2/40）病灶内压有低信号分隔。

40 个乳腺癌病灶行 DW-MRI 检查，在 b 值为 0 时病灶呈明显高信号，随 b 值增加信号强度依次降低（图 1）。在 b 值为 0 和 1000 s/mm^2 时，病灶的平均 ADC 值为 0.96×10^{-3} mm^2/s，95%可信区间为 $(0.81\sim1.09)\times10^{-3}$ mm^2/s；以 1.01×10^{-3} mm^2/s 作为乳腺癌病灶的 ADC 值临界值[1]，诊断敏感度为 62.5%（25/40）。

增强 MRI：①67.5%（27/40）病灶可见毛刺征（图 2a、b），以毛刺征作为诊断乳腺癌的标准，敏感度为 67.5%。②65%（26/40）病灶形状不规则（图 3a），5%（2/40）病灶为分叶状。以形状不规则作为诊断乳腺癌的标准，敏感度为 65%。③不均匀强化见于 95%（38/40）病灶。④75%（30/40）病灶呈环形强化，且以早、中期显示较好（图 2a、b）。以环形强化作为诊断乳腺癌的标准，敏感度 80%。⑤乳腺癌平均早期增强率为 126.91%±51.67%，中位数 122.13%；以早期增强率＞100%为明显强化（28 个），70%～100%为中度强化（10 个），＜70%为轻度强化（2 个）；如果以早期增强率≥70%为诊断乳腺癌标准，敏感度95%。⑥将时

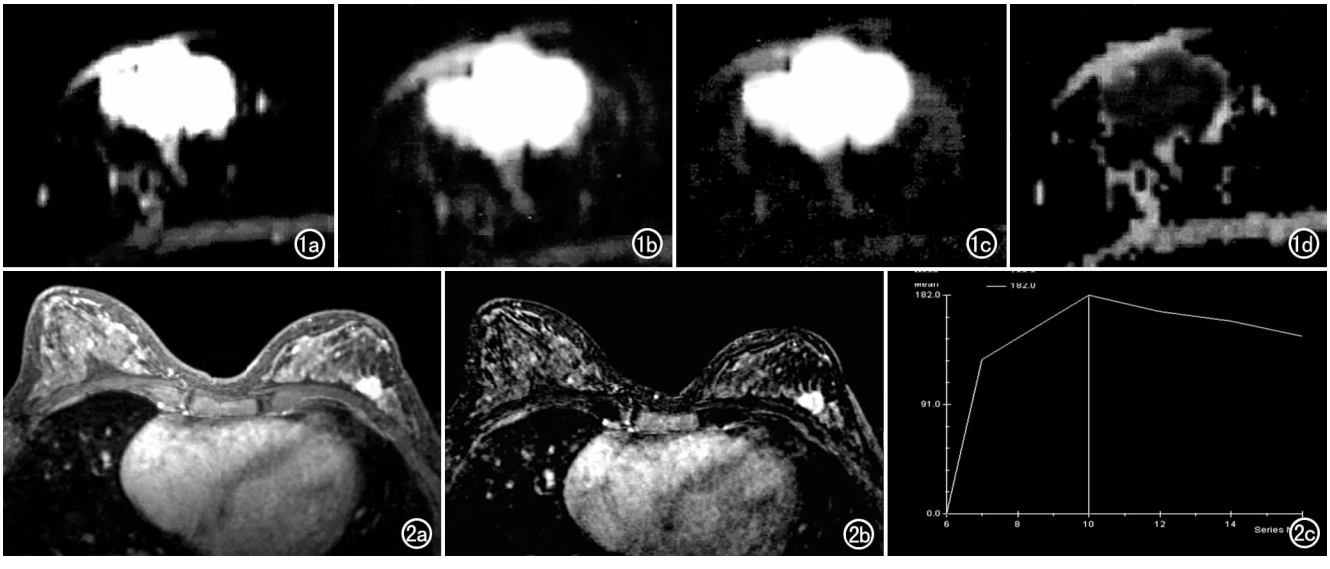

图 1 浸润性导管癌。a) DWI（b=0 s/mm^2）示病灶信号非常高呈灯泡样改变；b) DWI（b=500 s/mm^2）示病灶信号强度略降低；c) DWI（b=1000 s/mm^2）示病灶信号强度更低，但仍明显高于正常腺体组织；d) ADC 图示病变呈明显低信号，与周围组织分界清晰。 **图 2** 浸润性导管癌。a) 增强扫描 FS-T_1WI 示左乳外下象限结节状异常信号灶，呈环形强化，边缘可见细长毛刺；b) 强化后减影图像示病灶显示更清晰，边缘可见长毛刺；c) 时间-信号强度百分比曲线呈Ⅲ型。

间-信号强度百分比曲线分为 3 型：Ⅰ型，在动态观察时间内信号强度持续增加；Ⅱ型，早期（注药后 2 min 内）强化后，在增强的中、后期（注药后 2～4 min 为中期，注药 4 min 以后为后期）信号强度维持在一个平台水平；Ⅲ型，早期强化后，在增强的中、后期信号强度降低。本组病例 52.5%（21/40）的病灶的时间-信号强度百分比曲线为Ⅱ型（图 3b），42.5%（17/40）为Ⅲ型（图 2c），以Ⅱ型、Ⅲ型曲线作为诊断乳腺癌的标准，敏感度 95%。

^{1}H-MRS 显示有 31 个（31/40）病灶出现明显升高的 Cho 峰（图 3c），位于 3.10～3.26 ppm 处，基于 Cho 峰的出现诊断乳腺癌的敏感度为 77.5%；Cho/Cr 升高，平均值为 3.84±1.70。

本组 2 例导管原位癌在 MRI 中表现为 T_1WI 呈略低信号，T_2WI 呈等或略高信号，沿导管方向走行的条带状强化（图 4a），动态增强时间-信号强度百分比曲线呈Ⅱ型，局部则表现为Ⅰ型曲线（图 4b）；^{1}H-MRS 示病灶见明显升高的 Cho 峰，但波谱噪声较大（图 4c），可靠性较低。

讨　论

1. 乳腺癌 MRI 平扫特点

在乳腺平扫 T_1WI 良恶性病变多表现为等或低信号，单纯依据 T_1WI 明确病灶性质困难。在压脂 T_2WI 中，乳腺癌多表现为等或低信号，与发生于年轻女性的乳腺粘液腺瘤（高信号改变）信号明显不同，但与纤维腺瘤的信号特点大部分相似，特异性较低[2]。

2. 乳腺癌 DWI 特点

DWI 是目前惟一能观察活体水分子微观运动的成像方法，能够检测出与组织含水量改变有关的形态学和生理学的早期改变。以往研究[1]亦证实了乳腺恶性病变、良性病变和正常腺体三者 ADC 值依次升高，且差异有统计学意义。DWI 诊断乳腺良、恶性病变的敏感度较低（64.0%），特异度较高（96.7%），但 DWI 空间分辨力较低，解剖图像质量远不如增强扫描。本组研究中单纯应用 DWI 诊断乳腺癌，敏感度仅为 62.5%。因此，必须将常规 MRI 平扫、动态增强扫描与 DWI 联合应用。

3. 乳腺癌动态增强表现及价值分析

增强扫描在乳腺病变诊断和鉴别诊断中具有重要意义。乳腺 MRI 评价局限性肿块时主要依据其形态及边缘特征。不规则或毛刺状边缘的病变则其为恶性病变的阳性率可能为 84%～91%[3]。环形强化与乳腺癌高度相关（阴性预测值 84%）[4]；然而此类典型特征并不常见，仅有 16%的出现率。非占位性的中等度明显强化的局限性肿块，其阳性预测值达 59%[3]。局部强化伴有小结节者既可以出现在良性病变（如纤维囊性乳腺病）中，也可以在恶性病变中存在[3]。柄状强化通常与低度恶性的病变相联系。其他一些与恶性病变相关的表现包括内部不均匀强化和内部强化的分

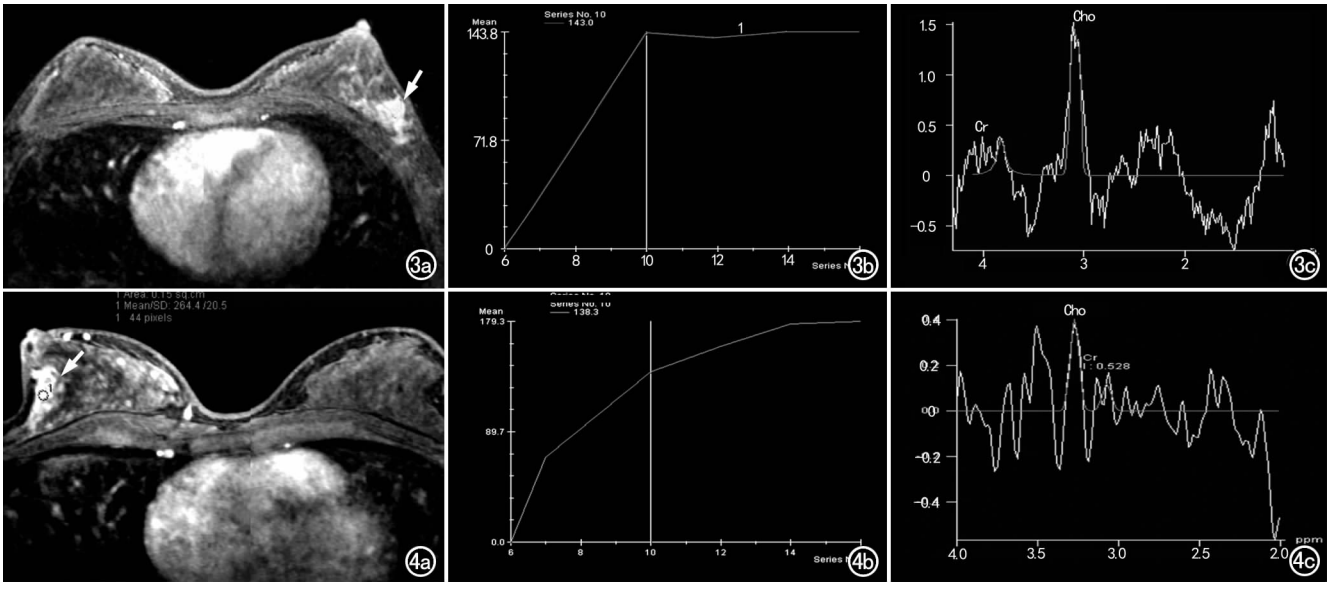

图 3　乳腺浸润性导管癌（Ⅱ级），部分为粘液腺癌。a）双乳增强扫描 FS-T_1WI 示左乳外下象限不规则形异常强化灶（箭），边界不清；b）时间-信号强度百分比曲线呈Ⅱ型；c）^{1}H-MRS 示 3.10 ppm 处明显升高的 Cho 峰，Cr 峰略高。　**图 4**　右乳导管原位癌。a）增强扫描 FS-T_1WI 示右乳外上象限沿导管走行方向的条带状异常强化灶（箭）；b）时间-信号强度百分比曲线呈Ⅰ型；c）^{1}H-MRS 示病变区明显升高的 Cho 峰。

隔。本组乳腺癌病例以形状不规则、毛刺征、环形强化、早期增强率≥70%和Ⅱ型或Ⅲ型曲线作为诊断乳腺癌标准，其敏感度分别为 65%、67.5%、80%、95%和 95%，与上述文献[3,4]报道基本一致。强化与强化后减影图像对于疾病的诊断也是非常有帮助的。建议采用小的视野和薄层厚，以获得高分辨力的图像评价形态学特征。

在绘制病变区的时间-信号强度百分比曲线时，兴趣区选择过大或位置不恰当也会影响诊断结果。应对病变早期强化最明显的部位进行测量，在得到的时间-信号强度百分比曲线上，就能清晰地显示一些特征表现，区分出曲线类型及相应的强化趋势。如果在肿瘤中将 ROI 随意选取，强化曲线就有较大变化，其特异性就较低。

由于良性病变和恶性病变其增强特性有部分重叠，仅仅依靠对病变血流动力学特点进行评价显然是不够的，单纯依靠Ⅰ型曲线排除乳腺癌会导致假阴性结果[4]。本组以早期增强率≥70%作为诊断乳腺癌的标准，敏感度为 95%。需要指出，与形态学相比，强化率对于发现恶性病变仅起辅助诊断作用。反映强化时间和形态的动力学信息其采集时间约为对比剂注射后 2 min 或更短[5]。

本组 2 例乳腺导管原位癌病灶表现为沿导管方向走行的条带状强化，形态较规则，其强化形态与其病理基础相联系。若肿瘤来源于近乳头的导管，在 MRI 上多表现为沿导管走行方向的条带状异常强化灶；当肿瘤来源于远离乳头的小导管或乳腺小叶，此时病变范围呈现不同的改变，一般表现为不规则片状异常信号。但对线状或枝状小管的强化评价较为困难，不易达成共识，此征象对评价恶性病变的阳性预测值变化较大(24%～85%)[6]。本组 2 例的时间-信号强度曲线以Ⅱ型为主，也可见Ⅰ型曲线，笔者分析可能为病变局限于导管内，测量时不能分辨出受累的小导管与正常乳腺组织；但也有文献[7]报道，部分乏血供的病灶可以是缓慢延迟强化，时间-信号强度曲线呈Ⅰ型，此时只能从病灶的形态学特征上来诊断。亦有文献[8]报道不同的时间-信号强度曲线分型与导管原位癌病理分级存在相关性。因研究病例数较小，未进行这方面的分析研究。

4. 乳腺癌波谱分析

乳腺^{1}H-MRS 主要测量组织内 Cho 的含量。Cho 及其代谢物的含量反映了乳腺上皮细胞的代谢水平，主要是参与细胞膜运输及扩散功能。作为活性代谢物的游离 Cho 在正常组织中浓度较低，Cho 含量升高反映细胞膜合成增加或细胞增殖加快。恶性肿瘤细胞增殖旺盛，快速的细胞分裂导致细胞增殖加快和膜转运增加，Cho 含量也随之升高；同样，良性肿瘤若在短期内迅速生长，Cho 含量也可升高[9]。本组中 40 个乳腺癌病灶，^{1}H-MRS 显示有 31 个出现明显升高的 Cho 峰，Cho/Cr 升高。

主磁场均匀度是 MRS 检查最基本的要求，应尽量避免患者体外金属等对磁场均匀性的影响，否则可造成假象谱线。乳腺组织含有大量的脂肪和水成分，^{1}H 虽然有很高的检测灵敏度和自然丰富度，但由于其化学位移范围较窄造成谱峰重叠，加上机器性能条件的限制，本研究 MRS 的水抑制及脂肪抑制不完全，造成较高的水峰和脂肪峰干扰。如果病变体积较小，则可能因^{1}H-MRS 扫描兴趣区定位不当或扫描过程中患者不自主的运动而影响准确波谱的获得。

参考文献：

[1] 赵斌，蔡世峰，高佩虹，等. MR 扩散加权成像鉴别乳腺良恶性病变的研究[J]. 中华放射学杂志，2005，39(5)：497-500.

[2] Kuhl CK，Klaschik S，Mielcarek P，et al. Do T_2-weighted Pulse Sequences Help with the Differential Diagnosis of Enhancing Lesions in Dynamic Breast MRI[J]. J Magn Reson Imaging，1999，9(2)：187-196.

[3] Nunes LW，Schnall MD，Orel SG. Update of Breast MR Imaging Architectural Interpretation Model[J]. Radiology，2001，219(2)：484-494.

[4] Schnall MD，Blume J，Bluemke DA，et al. Diagnostic Architectural and Dynamic Features at Breast MR Imaging：Multicenter Study[J]. Radiology，2006，238(1)：42-53.

[5] Kuhl CK，Schild HH，Morakkabati N. Dynamic Bilateral Contrast-enhanced MR Imaging of the Breast：Trade-off between Spatial and Temporal Resolution[J]. Radiology，2005，236(3)：789-800.

[6] Lee CH. Problem Solving MR Imaging of the Breast[J]. Radiol Clin North Am，2004，42(5)：919-934.

[7] 苗华栋，嵇鸣，叶春涛. 乳腺疾病的磁共振成像检查[J]. 医学影像学杂志，2003，13(5)：315-317.

[8] Neubauer H，Li M，Kuehne-Heid R，et al. High Grade and Non-high Grade Ductal Carcinoma in Situ on Dynamic MR Mammography：Characteristic Findings for Signal Increase and Morphological Pattern of Enhancement[J]. Br J Radiol，2003，76(901)：3-12.

[9] 赵斌，蔡世峰，于台飞，等. MR 氢质子波谱在乳腺肿块应用中的价值及技术干扰因素分析[J]. 中华放射学杂志，2006，40(3)：281-284.

(收稿日期：2007-09-28)