

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2018.18.015

文章编号: 1005-8982 (2018) 18-0076-06

## 基于 BI-RADS 分类多参数乳腺 MRI 对肿块性病变的诊断效能研究 \*

柏玉涵<sup>1</sup>, 李玉萍<sup>2</sup>, 彭红芬<sup>1</sup>, 蒋玮丽<sup>1</sup>, 张东友<sup>1</sup>

(1. 湖北省武汉市第一医院 放射科, 湖北 武汉 430022; 2. 中国人民解放军第二六六医院 放射科, 河北 承德 067000)

**摘要: 目的** 评价乳腺 MRI 乳腺影像报告和数据系统 (BI-RADS) 分类各观察指标对肿块性乳腺病变的阳性预测价值 (PPV) 及诊断效能; 探讨乳腺肿块性病变的动态增强磁共振 (DCE-MRI) 征象、功能磁共振成像 (DWI-ADC) 值联合应用对该类良、恶性病变诊断的价值。**方法** 回顾性分析 194 例乳腺肿块性病变, 计算 BI-RADS 分类各指标的 PPV, 并分析 MRI 常规检查 (形态、边界、边缘及内部强化方式)、动态增强扫描 [时间-信号曲线 (TIC)] 和 DWI 结果; 以病理结果为“金标准”, 分别得出 PPV 和 Kappa 值。**结果** 194 例肿块性病变中, BI-RADS 3~5 类 PPV 分别为 0.114、0.286、0.904; 依据 MRI BI-RADS 词汇形态学描述, 形态不规则 PPV 为 0.780, 边缘不规则/毛刺 PPV 为 0.849, 边缘强化 PPV 为 0.889; TIC 平台型和流出型 PPV 分别为 0.613 和 0.833; ADC 值  $\leq 1.18 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  PPV 高达 0.901。形状、病灶强化方式与病理结果吻合度较弱 kappa 值分别为 0.410 和 0.386, 边界与病理结果吻合度检验水平一般 kappa 值 0.570。TIC 曲线及 ADC 值与病理结果吻合度检验水平较高 kappa 值分别为 0.735 和 0.823。Logistic 回归分析结果表明 ADC 值、边缘及 TIC 类型对乳腺良、恶性病变的诊断能力较准确 ( $\hat{OR} = 0.1041, 3.156$  和  $2.217$ ), ADC 值  $\leq 1.18 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、边缘毛刺征、TIC II 型和 III 型为 MRI 诊断恶性乳腺肿块性病变的危险因素 ( $\hat{OR} = 0.1041, 3.156$  和  $2.217$ )。**结论** 运用 BI-RADS 词汇中的标准术语对乳腺 MRI 中肿块性病变特点进行严谨评估, 对预测肿块性病变的恶性可能性有很大作用。边缘、TIC 曲线及 ADC 值在乳腺良、恶性病变诊断中具有良好的诊断效能。

**关键词:** 乳腺影像报告和数据系统; 乳腺肿瘤; MRI; 动态增强; 弥散加权

**中图分类号:** R81

**文献标识码:** A

## Diagnostic value of multi-parameter BI-RADS classification MRI in breast lesions\*

Yu-han Bai<sup>1</sup>, Yu-ping Li<sup>2</sup>, Hong-fen Peng<sup>1</sup>, Wei-li Jiang<sup>1</sup>, Dong-you Zhang<sup>1</sup>

(1. Wuhan No.1 Hospital, Wuhan, Hubei 430022 China; 2. Department of Radiology, PLA266 Hospital, Chengde, Hebei 067000, China)

**Abstract: Objective** To evaluate the diagnostic value of breast MRI BI-RADS classification in breast mass. **Method** Totally 194 cases with breast mass lesions was involved in this study. Positive predictive value (PPV) of the BI-RADS classification index, MRI examination (edge shape, boundary, and the internal enhancement), dynamic enhanced scan (TIC curve) and DWI was performed and recorded. Statistical analysis was conducted for identification of predictive significance. **Result** PPV of breast mass as BI-RADS 3, 4, and 5 were 0.114, 0.286, and 0.904, respectively. PPV of irregular shape, irregular margin, marginal enhancement was 0.780, 0.849, and 0.889, respectively. The PPV of Platform type and washout type were 0.613 and 0.833 respectively. PPV of ADC

收稿日期: 2017-06-09

\* 基金项目: 武汉市卫生计生委科研基金 (No: WX12B12)

[通信作者] 彭红芬, E-mail: penghongfen@126.com

values  $\leq 1.18 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  was as high as 0.901. Shape, Margin, and features of enhancement did not match well with pathological results. TIC curve and ADC value matched satisfactorily with pathological results. Logistic regression analysis results showed that ADC values, irregular margin and TIC curve type were independent risk factors for diagnosis of malignant breast lesions, with OR value as 1.041, 3.156, and 2.217, respectively.

**Conclusion** BI-RADS may be able to predict malignancy of breast lesions. Margin, TIC curve and ADC values are independent risk factors for malignant breast lesions.

**Keywords:** breast imaging reporting and data system; breast tumor; MRI; DCE; DWI

乳腺 MRI 乳腺影像报告和数据库系统 (breast imaging reporting and data system, BI-RADS) 是由美国放射学会 (american college of radiology, ACR) 组织编写的一个国际专家共识 (包括各种形态特征定义和图解、乳腺 MRI 检查技术因素及动态曲线描述)。根据病灶结构特征和动态增强曲线在鉴别良、恶性肿瘤的特点后, 提出相应的指导处理病灶原则。目的是对乳腺 MRI 报告的用词进行标准化, 帮助临床医师理解 MRI 报告和选择处理方式, 帮助不同研究之间的交流。本研究旨在评价乳腺 MRI BI-RADS 分类对肿块性乳腺病变的阳性预测价值 (positive predictive value, PPV); 确定并证实肿块性病变更基于 BI-RADS 分类最具恶性预测价值 MRI 特点, 并对乳腺肿块性病变的动态增强磁共振 (dynamic contrast enhanced magnetic resonance imaging, DCE-MRI) 征象、功能磁共振成像 (diffusion weighted imaging—apparent diffusion coefficient, DWI-ADC) 值进行分析, 探讨两者联合应用对该类良、恶性病变诊断的价值, 提高对 BI-RADS 乳腺肿块性病变更诊断的特异性和准确性。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

选取 2012 年 12 月—2015 年 12 月该院经乳腺 MRI 诊断为 BI-RADS 的肿块性病变更患者 (180 例, 194 个病灶), 病变均经 DCE-MRI 和 DWI 扫描, 且得到手术或穿刺活检病理证实。其中, 年龄 18 ~ 77 岁, 平均 45 岁。纳入标准: ①所有病例均有最终病理结果, 获取病理结果的方式包括活检或手术; ②符合实验设计的统一检查程序和参数; ③临床报告给出 BI-RADS 分类预测和良、恶性预测; ④ MRI 检查前 3 个月未活检或局部手术, 避免水肿干扰。排除标准: ①新辅助化疗干扰; ②其他原发恶性肿瘤或者系统性疾病。

### 1.2 检查方法

MR HDXT 3.0T 4 通道相控阵乳腺专用线圈, 患者

取俯卧位, 双乳自然悬垂。扫描序列包括: ①横轴位 SE EPI/DWI, TR 8400 ms, TE 93.8 ms, 并行采集因子 2, b 值  $1000 \text{ s/mm}^2$ , 矩阵  $128 \times 128$ , 激励次数 (number of excitation, NEX) = 2; ②横轴位脂肪抑制 FSE/T<sub>2</sub>WI, 化学饱和法脂肪抑制, TR/TE 4700 ms/78 ms, 矩阵  $320 \times 256$ , NEX=2, 视野  $320 \text{ mm} \times 320 \text{ mm}$ , 层厚 4 mm, 层间距 1 mm; ③横轴位 FSE/T<sub>2</sub>WI: TR/TE 500 ms/9 ms, NEX=2, 视野  $320 \text{ mm} \times 352 \text{ mm}$ , 矩阵  $320 \times 224$ , 层厚 4 mm, 层间距 1 mm; ④动态增强: 采用体积成像乳房评估序列, TR 4.7 ms, TE 2.2 ms, 矩阵  $320 \text{ mm} \times 320 \text{ mm}$ , 层厚 1.0 mm, 176 层横轴位扫描。动态增强重复 6 次, 每次扫描时间 120 s (时间分辨率), 其中第 1 次为预扫描, 第 1 次扫描结束后经肘静脉团注造影剂钆喷替酸葡甲胺, 速度 2 ml/s, 按照 0.1 mmol/kg 给药, 注射后用 20 ml 生理盐水冲刷。

### 1.3 图像处理与分析

ADW4.5 图像处理工作站 (美国 GE 公司) 完成图像处理: ①时间—信号曲线 (time-to-intensity curve, TIC) 测量: 第 1 增强时相强化率  $\geq 120\%$  病灶均需测量 TIC, 测量感兴趣区 (region of interest, ROI)  $< 3$  个体素, ROI 尽量小以避免部分容积效应。体积较大病灶取多点测量, 取最代表恶性的曲线纳入计算。曲线分类参照 KUHL 等<sup>[1]</sup>划分方式, 但第 2 增强时相后强化率降低  $> 20\%$  定义为廓清型曲线 (III 型), 扫描时间内波动  $\pm 20\%$  者定义为平台型曲线 (II 型), 持续强化  $> 20\%$  定义为流入型曲线 (I 型); ② ADC 值测量: 在  $b=1000 \text{ mm}^2/\text{s}$  图像上高于乳腺实质信号和 TIC 测量病灶均进行 ADC 测量, ROI  $< 3$  个体素。对较大病灶、同一病灶内不同信号特征的部分均需多次测量, 单个病灶多点测量时取最小值纳入计算; ③图像分析: 由 2 位有经验 MRI 医师采用双盲法独自阅片常规 MRI 图像分析。肿块性病变更定义为肿块性病变更在三维空间上有明确的占位效应, 推压周围正常的乳腺或脂肪, 单个肿块性病变更内部不会夹杂脂肪或正常腺体组织。依据 2013 版最新修订 BI-RADS 词汇对每一个肿块性病变更

病变进行描述, 肿块形状分为椭圆形、圆形及不规则形; 边缘描述分为清晰与不清晰 (又分为毛刺与不规则); 内部强化特征分为均匀强化、不均匀强化、边缘强化及内部分隔不强化; 依据形状是否规则、边缘是否清楚将病变分为良、恶性。内部强化、均匀强化及内部分隔不强化归为良性, 不均匀及边缘强化归为恶性。TIC 为 I 型归为良性组, II 型和 III 型归为恶性组。

### 1.4 病理学分析

穿刺或手术切除后的标本, 经苏木精-伊红染色法和 (或) 免疫组织化学法染色后, 由指定的乳腺病理学专家进行诊断。

### 1.5 统计学方法

数据分析采用 SPSS 13.0 统计软件, 以病理结果为金标准, 计算各种成像参数诊断的 PPV 和 Kappa 值; 采取多因素 Logistic 回归分析各观察指标对肿块良恶性的预测概率, 以 DWI-ADC 值指标、常规 BI-RADS-MRI、ADC+ 常规 BI-RADS-MRI 作为新变量, 做 ROC 曲线, 并计算曲线下面积。P < 0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 病例构成

194 个肿块病变均经穿刺或手术得到病理证实。其中, 恶性 125 例, 良性 69 例; 125 例恶性病灶, 5 例行穿刺活检, 21 例行病灶局部切除, 26 例行局部扩大切除, 67 例行单侧乳腺全切, 3 例行双侧乳腺全切, 另有 3 例处理方式未知; 病理类型、BI-RADS 分类及各分类 PPV 见表 1。126 个病灶划为 BI-RADS V 类, 114 例证实为恶性, 21 个病灶划为 BI-RADS IV 类, 6 例证实为恶性; 39 例 BI-RADS III 类病灶中 5 例病理证实为恶性。

### 2.2 各观察指标诊断效能

以病理结果为状态变量, 绘制 ADC 值 ROC 曲线, 及 ROC 曲线下面积 (AUC) 为 0.871, 且对应的良、恶性诊断最佳界值为  $1.18 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 。各种成像参数诊断 PPV 和 Kappa 值 (见表 2)。以病理结果为因变量, 各种成像参数 MR 诊断结果 (包括 ADC 值、形状、边缘、内部强化及 TIC 类型) 为自变量, 进行多因素 Logistic 回归分析; 以  $P \leq 0.05$  为选入变量标准, 以  $P \geq 0.10$  为剔除变量标准, 逐步排除统计学意义不大的观察指标, 计算 OR 值; 各 BI-RADS-MRI 观察指标 Logistic 多

表 1 MRI 分级与病理的对应关系

病理诊断	BI-RADS 分类				合计
	V 类	IV 类	III 类	II 类	
浸润性导管癌	103	3	3		109
导管内癌	5	1	1		7
导管内原位癌	1				1
黏液癌	4	1			5
叶状肿瘤		1	1		2
小叶原位癌	1				1
合计	114	6	5		125
导管不典型增生	4	1	3	2	10
导管内乳头状瘤	2	4	1		7
腺瘤	2	4	17		23
腺病	2	5	13	1	21
乳腺炎	2		4		6
囊肿		1			1
正常			1		1
合计	12	15	39	3	69
总数	126	21	44	3	194
PPV	0.904	0.286	0.114		

表 2 各观察指标诊断效能

MRI 征象	病理		PPV	Kappa 值
	良性	恶性		
形状				
圆形 / 椭圆形	38	15	0.283	0.410
不规则	31	110	0.780	
边缘				
清晰	50	18	0.264	0.570
不规则 / 毛刺	19	107	0.849	
内部强化特征				
均匀	29	17	0.370	0.368
内部分隔不强化	6	1	0.143	
不均匀	30	75	0.714	
边缘强化	4	32	0.889	
TIC 类型				
良性 (流入型)	37	6	0.140	0.735
平台型	12	19	0.613	
流出型	20	100	0.833	
ADC 值				
$> 1.18 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$	60	43	0.417	0.823
$\leq 1.18 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$	9	82	0.901	

因素回归分析结果见表 3。回归分析结果表明, ADC 值、边缘及 TIC 类型对乳腺良、恶性病变诊断能力较强 ( $P < 0.05$ )。ADC 值  $\leq 1.18 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、边缘毛刺征及 TIC II 型和 III 型为 MRI 诊断恶性乳腺肿块性病变的危险因素 ( $P < 0.05$ )。

### 2.3 DWI-ADC 值、常规 BI-RADS MRI、ADC+ 常规 BI-RADS MRI 诊断效能比较

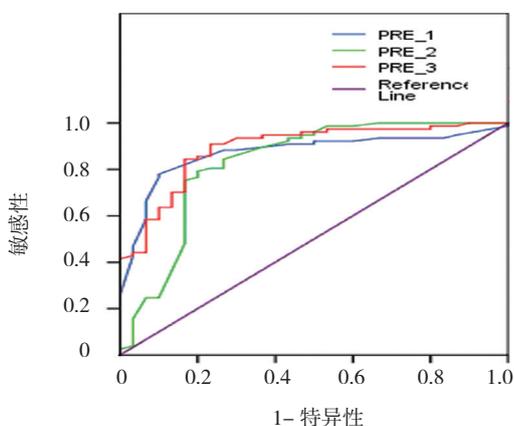
ADC+ 常规 BI-RADS MRI ROC 曲线下面积  $>$  DWI-ADC 值 ROC 曲线下面积  $>$  常规 BI-RADS MRI 曲线下面积见表 4 和附图。

表 3 基于 BI-RADS MRI 观察指标 Logistic 回归分析相关参数

因素	b	$S_b$	Wald $\chi^2$	df	P 值	$\hat{OR}$	95%CI	
							下限	上限
ADC 值	-3.203	1.138	7.919	1	0.005	1.041	1.037	1.354
边缘	1.149	0.487	5.569	1	0.018	3.156	2.799	7.028
TIC 类型	0.796	0.398	3.991	1	0.046	2.217	1.873	4.291
常量	-0.755	2.407	0.098	1	0.754	0.470		

表 4 3 种诊断指标 ROC 曲线下面积比较

检验变量	面积	$S_b$	P 值	95%CI	
				下限	上限
DWI-ADC 值	0.871	0.037	0.000	0.800	0.943
常规 BI-RADS MRI	0.827	0.053	0.000	0.724	0.931
ADC+ 常规 BI-RADS MRI	0.890	0.035	0.000	0.822	0.959



PRE\_1: DWI-ADC 值; PRE\_2: 常规 BI-RADS MRI; PRE\_3: ADC+ 常规 BI-RADS MRI

附图 几种不同诊断指标 ROC 曲线

## 3 讨论

乳腺 MRI 临床运用的主要优势在于对乳腺癌检出的高敏感性, 早期研究报告指出其敏感性高达 94% ~ 100%<sup>[2-3]</sup>。但由于良、恶性病变 MRI 表现的部分特点有交叉重叠之处, 乳腺 MRI 对病变检出的特异性较敏感性低很多<sup>[1, 4-6]</sup>。由于乳腺 MRI 成像技术有很大差异性, 导致影像表现也有差异, 影响观察者对影

像表现的解读和报告内容, 不利于临床处置和随访检测。相较于钼靶和超声图像运用 BI-RADS 评估乳腺病变的明确标准和广泛运用, 关于 BI-RADS-MRI 对病变 (尤其是 BI-RADS III、IV 类病变) 指导的标准及运用相当有限, 所以规范乳腺 MRI 报告变得非常必要。

本研究中, MRI-BIRADS IV 类病灶的 PPV 与文献持平<sup>[7-8]</sup>。文献中对 BIRADS III 类病变, 其恶性概率 0.8% ~ 10.0%<sup>[9-10]</sup>, 差距大除试验设计、入组标准不同外, 还有各个机构对于 BI-RADS 3 类定义不尽相同。SADOWSKI 等<sup>[11]</sup>对 79 例 BI-RADS MRI III 类的患者进行随访 14 ~ 18 个月后发现, 其中 6% 为恶性, 且 BI-RADS MRI III 类中恶性概率高于钼靶 BI-RADS III 类的概率。

有研究对 BI-RADS II、III 类病变的临床处理原则提出不同看法。法国学者 MARTINE BOISSERIE 等<sup>[12]</sup>通过对 218 个 BI-RADS III 类病变进行 1 年的追踪观察。SPICK<sup>[13]</sup>对 192 例 MRI 诊断为 BI-RADS II 类病变回顾性统计分析, 建议对 BI-RADS II 类病变无进行活检的必要。

乳腺常规 MRI 一般通过基于动态增强扫描显示的病灶形态特征 (包括观察病灶形状、边界、边缘及

病灶强化方式),判断病变的良、恶性。形态学特征能反映病变的生长方式。由于多数恶性肿瘤呈浸润性生长方式,形态一般表现为不规则,边缘呈星芒状或蟹足样毛刺,边缘不清。BI-RADS-MRI 发布之前,国外已有很多研究评估运用乳腺 MRI 中病灶形态学及动力学特点来预测其良、恶性价值。如 NUNE 等<sup>[14]</sup>研究表明,边缘光滑或分叶对良性病变有 97% ~ 100% 的预测率,而环形强化能预测 79% ~ 92% 的恶性病变。但基于形态学的乳腺 MRI 未形成 1 个标准化的分级系统,有很多局限性。2003 年,ACR 公布 BI-RADS-MRI 评分系统后,乳腺 MRI 日臻成熟运用于临床,同年 ACS 将乳腺 MRI 作为乳腺癌筛查工具。BAUM<sup>[15]</sup>指出,BI-RADS 结合动力学的参数和形态学特征,较以前乳腺 MRI 的评分系统,能提供更多更细的分析。SHIN 等<sup>[16]</sup>研究表明,依据 BI-RADS-MRI 的特征,对病变预后评价也有很大意义:边缘毛刺的病变预后相对较好,而环形强化和延迟期廓清的癌灶预后较差。PASCAL<sup>[17]</sup>通过研究也推测动态期强化,达峰时间短且体积较大的病变预后较差。HANAA 等<sup>[18]</sup>将 Fischer 评分系统与 BI-RADS-MRI 相结合,将 BI-RADS 分类用评分方式标准化,指出这种方法诊断恶性病变的敏感性、特异性分别为 96%、67%,对乳腺 BI-RADS-MRI 初学者很有帮助,也为乳腺 MRI 诊断标准化提供新思路。TOZAKI 等<sup>[19]</sup>在一项回顾性研究中发现,乳腺肿块性病变边缘分叶及不规则形状是预测其为恶性病变最具预测价值的形态特征。WENDY 等<sup>[20]</sup>对 855 个乳腺病灶回顾性分析研究发现,最具乳腺癌预测性诊断的模型是综合性临床指标、肿瘤大小及血流动力学状况。

DCE-TIC 反映病变的血管密度、肿瘤血管通透性及肿瘤间质容积比。DCE-MRI 空间分辨率、时间分辨率均较高,可无创检测乳腺肿瘤微血管改变。时间信号强度曲线类型和乳腺病变性质具有一定的相关性<sup>[21]</sup>。有研究表明<sup>[22-23]</sup>,乳腺病变的血流动力学特征可减少形态学可疑恶性病灶的假阳性率。GWEON<sup>[24]</sup>最近的研究更是提出,若形态学可疑恶性病灶增强强度未达到阈值的 50% 或者延迟未呈流出型,应考虑对病灶追踪复查而不是活检。

ADC 值反映肿瘤的细胞密度、通透性及灌注状态。WOODHAMS 等<sup>[25]</sup>报道 ADC 阈值为  $1.6 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  时,敏感性和特异性最高。KUL 等<sup>[26]</sup>研究 ADC 值的阈值为  $0.92 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ ,敏感性和特异性为 91.4%、

86.5%,原因除灌注效应、样本量的影响,被提及的因素还包括细胞密度、肿块大小及测量方法不同等。JIN、WOODHAMS 等学者<sup>[25, 27]</sup>认为,ADC 值与细胞密度及细胞增生有关,并呈反比例关系。

综上所述,联合应用 DCE-MRI 与 DWI 诊断乳腺肿块性病变诊断效能大大提高,对肿块性病变动态增强 MRI 和 DWI 联合应用提供大量的诊断信息,并提高 MRI 诊断效能。因此 DWI 是对 BI-RADS 规范化诊断的一个重要补充,DWI 应纳入乳腺 MRI 常规标准化检查程序中。

#### 参 考 文 献:

- [1] KUHLE C K, MIELCARECK P, KLASCHIK S, et al. Dynamic breast MR imaging: are signal intensity time course data useful for differential diagnosis of enhancing lesions[J]. *Radiology*, 1999, 211(1): 101-110.
- [2] HARMS S E, FLAMIG D P, HESLEY K L, et al. MR imaging of the breast with rotating delivery of excitation off resonance: clinical experience with pathologic correlation[J]. *Radiology*, 1993, 187(2): 493-501.
- [3] OREL S G, SCHNALL M D, LIVOLSI V A, et al. Suspicious breast lesions: MR imaging with radiologic-pathologic correlation[J]. *Radiology*, 1994, 190(2): 485-493.
- [4] BLUEMKE D A, GATSONIS C A, CHEN M H, et al. Magnetic resonance imaging of the breast prior to biopsy[J]. *JAMA*, 2004, 292(22): 2735-2742.
- [5] HEYWANG S H, WOLF A, PRUSS E, et al. MR imaging of the breast with Gd-DTPA: use and limitations[J]. *Radiology*, 1989, 171(1): 95-103.
- [6] KUHLE C K, MIELCARECK P, KLASCHIK S, et al. Dynamic breast MR imaging: are signal intensity time course data useful for differential diagnosis of enhancing lesions[J]. *Radiology*, 1999, 211(1): 101-110.
- [7] MAHONEY M C, GATSONIS C, HANNA L, et al. Positive predictive value of BI-RADS MR imaging[J]. *Radiology*, 2012, 264(1): 51-58.
- [8] LIBERMAN L, MORRIS E A, LEE M J, et al. Breast lesions detected on MR imaging: features and positive predictive value[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2002, 179(1): 171-178.
- [9] EBY P R, DEMARTINI W B, GUTIERREZ R L, et al. Characteristics of probably benign breast MRI lesions[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2009, 193(3): 861-867.
- [10] LIBERMAN L, MORRIS E A, BENTON C L, et al. Probably benign lesions at breast magnetic resonance imaging: preliminary experience in high-risk women[J]. *Cancer*, 2003, 98(2): 377-388.
- [11] SARDANELLI F, FAUSTO A, PODO F. MR spectroscopy of the breast[J]. *Radiol Med*, 2008, 113(1): 56-64.
- [12] BOISSERIE-LACROIX M, ZIADE C, HURTEVENT-LABROT G, et al. Is a one-year follow-up an efficient method for better

- management of MRI BI-RADS (R) 3 lesions[J]. *Breast*, 2016, 27: 1-7.
- [13] SPICK C, SZOLAR D H, TILLICH M, et al. Benign (BI-RADS 2) lesions in breast MRI[J]. *Clin Radiol*, 2015, 70(4): 395-399.
- [14] NUNES L W, SCHNALL M D, OREL S G, et al. Breast MR imaging: interpretation model[J]. *Radiology*, 1997, 202(3): 833-841.
- [15] BAUM F, FISCHER U, VOSSHENRICH R, et al. Classification of hypervascularized lesions in CE MR imaging of the breast[J]. *Eur Radiol*, 2002, 12(5): 1087-1092.
- [16] LEE S H, CHO N, KIM S J, et al. Correlation between high resolution dynamic MR features and prognostic factors in breast cancer[J]. *Korean J Radiol*, 2008, 9(1): 10-18.
- [17] BALTZER P A, VAG T, DIETZEL M, et al. Computer-aided interpretation of dynamic magnetic resonance imaging reflects histopathology of invasive breast cancer[J]. *Eur Radiol*, 2010, 20(7): 1563-1571.
- [18] AL-KHAWARI H, ATHYAL R, KOVACS A, et al. Accuracy of the fischer scoring system and the breast imaging reporting and data system in identification of malignant breast lesions[J]. *Hematol Oncol Stem Cell Ther*, 2009, 2(3): 403-410.
- [19] TOZAKI M, IGARASHI T, FUKUDA K. Positive and negative predictive values of BI-RADS-MRI descriptors for focal breast masses[J]. *Magn Reson Med Sci*, 2006, 5(1): 7-15.
- [20] DEMARTINI W B, KURLAND B F, GUTIERREZ R L, et al. Probability of malignancy for lesions detected on breast MRI: a predictive model incorporating BI-RADS imaging features and patient characteristics[J]. *Eur Radiol*, 2011, 21(8): 1609-1617.
- [21] 张丽娜, 赵作伟, 宋清伟, 等. 应用计算机辅助诊断技术评价血流动力学特征在乳腺 MRI 中的价值 [J]. *中华放射学杂志*, 2012, 46(11): 998-1001.
- [22] LEHMAN C D, PEACOCK S, DEMARTINI W B, et al. A new automated software system to evaluate breast MR examinations: improved specificity without decreased sensitivity[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2006, 187(1): 51-56.
- [23] WILLIAMS T C, DEMARTINI W B, PARTRIDGE S C, et al. Breast MR imaging: computer-aided evaluation program for discriminating benign from malignant lesions[J]. *Radiology*, 2007, 244(1): 94-103.
- [24] GWEON H M, CHO N, SEO M, et al. Computer-aided evaluation as an adjunct to revised BI-RADS Atlas: improvement in positive predictive value at screening breast MRI[J]. *Eur Radiol*, 2014, 24(8): 1800-1807.
- [25] WOODHAMS R, MATSUNAGA K, KAN S, et al. ADC mapping of benign and malignant breast tumors[J]. *Magn Reson Med Sci*, 2005, 4(1): 35-42.
- [26] KUL S, CANSU A, ALHAN E, et al. Contribution of diffusion-weighted imaging to dynamic contrast-enhanced MRI in the characterization of breast tumors[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2011, 196(1): 210-217.
- [27] JIN G, AN N, JACOBS M A, et al. The role of parallel diffusion-weighted imaging and apparent diffusion coefficient (ADC) map values for evaluating breast lesions: preliminary results[J]. *Acad Radiol*, 2010, 17(4): 456-463.

(唐勇 编辑)