

# 磁共振扩散峰度成像在乳腺良恶性病变鉴别诊断中的价值

王莹莹, 张焱, 程敬亮, 靳雅楠, 汤文瑞

**【摘要】** 目的:探讨磁共振扩散峰度成像(DKI)在乳腺良恶性病变鉴别诊断中的价值。方法:回顾性分析经穿刺活检或手术病理证实的45例乳腺病变患者的病例资料。45例患者共53个病灶,其中良性病灶31个(23例),恶性病灶22个(22例),所有患者均行双侧乳腺的常规MRI检查及DKI扫描,通过后处理工作站获得乳腺良、恶性病变组织的平均峰度(MK)、轴向峰度(AK)、径向峰度(RK)值。采用Mann-Whitney U秩和检验比较MK、AK及RK值在乳腺良、恶性病变中的统计学差异。采用受试者操作特性(ROC)曲线评价上述参数对乳腺良、恶性病变的诊断效能。结果:乳腺恶性病变的MK、AK及RK值均明显高于良性病变,且差异均具有统计学意义( $P$ 均 $<0.001$ )。MK、AK、RK的ROC曲线下面积(AUC)分别是0.886、0.930、0.881;良恶性诊断阈值分别为0.45900、0.7250、0.3430;敏感度分别为95.6%、86.4%、90.9%;特异度分别为64.5%、87.1%、66.7%。结论:DKI获得的MK、AK、RK在乳腺良恶性病变的鉴别诊断中具有一定的价值。

**【关键词】** 乳腺肿瘤; 扩散峰度成像; 诊断, 鉴别; 磁共振成像

**【中图分类号】** R737.9; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2017)02-0135-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2017.02.008

**The value of the diffusion kurtosis imaging in differential diagnosis of benign and malignant breast lesions** WANG Ying-ying, ZHANG Yan, CHENG Jing-liang, et al. Department of MRI, the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China

**【Abstract】 Objective:** To investigate the value of diffusion kurtosis imaging (DKI) in the differential diagnosis of benign and malignant breast lesions. **Methods:** A retrospective analysis of 45 cases with 53 breast lesions confirmed by biopsy or operation and pathology were reviewed, including 31 benign lesions and 22 malignant lesions. All patients underwent routine MRI scan and DKI scan with a 3.0T GE 750 unit. All parameters were measured at the workstation, including the mean kurtosis (MK), axial kurtosis (AK) and radial kurtosis (RK) of malignant lesions and benign lesions. Mann-whitney U test was used to compare the parameters between malignant lesions and benign lesions. Receiver operating characteristic (ROC) were used to compare the diagnostic capability of the MK, AK and RK. **Results:** The values of MK, AK and RK in malignant lesions were higher than those in benign lesions and there was significant statistical difference in MK, AK and RK values between the malignant lesions and benign lesions ( $P < 0.001$ ). The areas under the ROC curve (AUC) of MK, AK, RK were 0.886, 0.930, 0.881, respectively. Using the 0.4590, 0.7250, 0.3430 as the cutoff of the evaluation of benign and malignant lesions respectively, the sensitivity was 95.6%, 86.4%, 90.9% and the specificity was 64.5%, 87.1%, 66.7% respectively. **Conclusion:** The parameters (MK, AK and RK) derived from the diffusion kurtosis imaging (DKI) could be helpful for differentiation between benign and malignant breast lesions.

**【Key words】** Breast neoplasms; Diffusion kurtosis imaging; Diagnosis, differential; Magnetic resonance imaging

乳腺癌占有所有女性恶性肿瘤的30%,严重威胁着女性身心健康<sup>[1]</sup>。早发现、早诊断、早治疗是提高乳腺癌生存率的关键。MRI检查因其无创性及较高的软组织敏感性,在乳腺检查中具有独特的优势,特别是扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI),能够显示水分子的扩散,从而评价水分子运动的动态分布状况<sup>[2]</sup>,但是, DWI仅能反映水分子扩散能力的改变,无法测定其各向异性的情况。扩散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)通过在6个非共线方向上施加扩散敏感梯度场,获得组织内水分子扩散程度和

方向性的信息,其在乳腺良恶性病变的鉴别中有一定意义<sup>[3]</sup>。然而, DWI、DTI技术均以水分子扩散呈高斯分布为理论基础,即生物组织中水分子以自由、非受限的形式进行扩散运动<sup>[4]</sup>,但事实上,高b值( $>1000$  s/mm<sup>2</sup>)时,水分子的扩散因受生物组织复杂结构的影响,其扩散及分布偏离高斯分布,且扩散信号衰减呈非单指数形式<sup>[5]</sup>,扩散峰度成像(diffusion kurtosis imaging, DKI)的提出弥补了上述不足<sup>[6]</sup>。DKI作为非高斯成像技术,反映组织微结构的变化<sup>[7]</sup>,近年来,已初步应用到胶质瘤分级<sup>[8]</sup>、帕金森综合征的结构差异<sup>[9]</sup>、脑梗死各期改变<sup>[7]</sup>、正常肾脏成像<sup>[10]</sup>、原发性癫痫研究<sup>[11]</sup>、前列腺良恶性病变鉴别<sup>[12]</sup>等方面,并已取得初步研究成果。本文旨在探讨DKI技术在乳腺

作者单位:450052 郑州,郑州大学第一附属医院磁共振科

作者简介:王莹莹(1989-),女,河南兰考人,硕士研究生,主要从事乳腺磁共振诊断工作。

通讯作者:张焱, E-mail: L200812@163.com

良恶性病变鉴别诊断中的价值。

## 材料与方法

### 1. 一般资料

搜集本院 2015 年 9 月—2016 年 1 月经病理证实的 45 例乳腺良恶性病变患者的病例资料。45 例患者均为女性,年龄 18~60 岁,平均(42.3±12.6)岁。共检出 53 个病灶,其中良性病灶 31 个(23 例):纤维腺瘤 23 个、乳腺腺病 3 个、慢性肉芽肿性乳腺炎 4 个、导管扩张症 1 个;恶性病灶 22 个(22 例):非特殊类型浸润性癌 18 个、导管内癌伴浸润性癌 2 个、粘液性癌 1 个、浸润性癌伴髓样特征 1 个。

纳入标准:①检查前 1 周末行手术、放化疗或穿刺活检;②检查后 2 周内行手术或穿刺获得明确病理结果;③检查图像质量无明显运动伪影。

### 2. MRI 检查方法

采用 GE Discovery 750 3.0T 超导型 MRI 扫描仪,乳腺专用 8 通道阵列线圈。患者取俯卧位,双乳自然悬垂于线圈双孔内。

常规 MRI 扫描:所有病例均行 MRI 平扫。扫描序列及参数:①横轴面快速梯度回波 T<sub>1</sub>WI,视野 32 cm×32 cm,矩阵 512×512,TR 640 ms,TE 最小值,层厚 4 mm,层间距 1 mm,激励次数 1;②横轴面脂肪抑制快速自旋回波 T<sub>2</sub>WI,视野 32 cm×32 cm,矩阵 512×512,TR 2587 ms,TE 85 ms,层厚 4 mm,层间距 1 mm,激励次数 2;③单 b 值 DWI,采用单次激发自旋平面回波序列,b 值=800 s/mm<sup>2</sup>,视野 32 cm×32 cm,矩阵 256×256,TR 5600 ms,TE 最小值,层厚 4 mm,层间距 1 mm,激励次数 6。

DKI:b 值为 0、500、1000、1500、2000、2500 s/mm<sup>2</sup>,视野 32 cm×32 cm,矩阵 512×512,TR 4025 ms,TE 最小值,层厚 4 mm,层间距 1 mm,激励次数 2,每个 b 值扩散敏感梯度场施加的方向数为 15 个,扫描时间为 10 min 48 s。

MRI 动态增强扫描:采用美国 GE 公司开发的乳腺容积成像序列(Vibrant),共 5 期。视野 36 cm×36 cm,矩阵 512×512,TR 3.9 ms,TE 1.7 ms,层厚 1.4 mm,层间距 0。对比剂为 Gd-DTPA,剂量 0.2 mmol/kg,采用磁共振专用高压注射器经肘静脉以 1.5~2.0 mL/s 的流率快速团注,注射后追加 10~20 mL 生理盐水冲管。注药前先扫描一期蒙片,扫描停止后若蒙片扫描无异常,则控制高压注射器注药,并在注药后 25 s 进行增强扫描,连续扫描 5 期。

### 3. 图像后处理

扫描完成后,将 DKI 原始数据传至 GE Advantage Windows 4.5 后处理工作站,采用 Function

Tools 软件后处理分别得到 DKI 相关参数图:平均峰度(mean kurtosis, MK)图、轴向峰度(axial kurtosis, AK)图及径向峰度(radial kurtosis, RK)图。

在强化最明显处选取感兴趣区(ROI)并测量病灶各参数值,避开囊变、坏死、出血区,面积约 20~140 mm<sup>2</sup>,每个 ROI 的 MK、AK、RK 值分别测量 3 次,然后取平均值。由 2 名主治医师及以上职称的影像科医师共同阅片,并最终达成一致意见。

### 4. 统计学分析

采用 SPSS 21 统计包进行统计学分析,所有数据均以  $\bar{x} \pm s$  表示。采用 Mann-Whitney U 秩和检验比较各参数在乳腺良恶性组织间的差异, $P < 0.05$  认为有统计学差异。绘制各参数的受试者操作特性(ROC)曲线,计算曲线下面积(AUC),根据最大约登指数(约登指数=敏感度+特异度-1)确定各参数最佳诊断切点值,评价各参数对乳腺良恶性病变的诊断效能。

## 结果

45 例乳腺良恶性病变共发现 53 个病灶,所有病灶均经手术或穿刺病理证实。病灶最大径为 20~95 mm,平均 30.3 mm。45 例病变的影像及病理图见图 1、2。

### 1. DKI 各参数的比较

乳腺恶性病变的 MK、AK、RK 值均高于良性病变,各参数值差异均具有统计学意义( $P$  均  $< 0.05$ , 表 1)。

表 1 乳腺良恶性病变的 DKI 各参数值比较

	良性病变	恶性病变	Z 值	P 值
MK 值	0.4038±0.1354	0.6631±0.1957	-4.757	<0.001
AK 值	0.5709±0.1341	0.9032±0.2415	-5.299	<0.001
RK 值	0.2983±0.1231	0.5251±0.1716	-4.694	<0.001

注:MK 值、AK 值、RK 值均为无单位纲量。

### 2. ROC 曲线分析

以病理结果为金标准绘制 MK、RK、AK 的 ROC 曲线(图 3)得出:MK、AK、RK 的曲线下面积(AUC)分别为 0.886、0.930、0.881;良恶性界值分别为 0.4590、0.7250、0.3430;最大约登指数分别为 0.601、0.735、0.576;敏感度分别为 95.6%、86.4%、90.9%;特异度分别为 64.5%、87.1%、66.7%(表 2)。

表 2 MK、AK、RK 值的 ROC 曲线结果

参数	AUC	最佳诊断界值	最大约登指数	敏感度(%)	特异度(%)
MK	0.886	0.4590	0.601	95.6	64.5
AK	0.930	0.7250	0.735	86.4	87.1
RK	0.881	0.3430	0.576	90.9	66.7

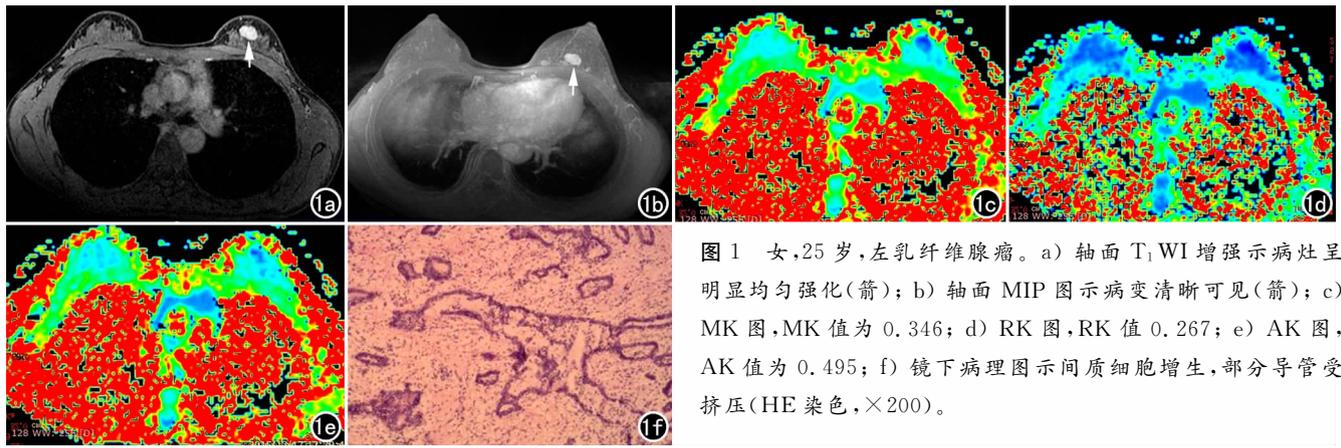


图1 女,25岁,左乳纤维腺瘤。a) 轴面  $T_1$ WI 增强示病灶呈明显均匀强化(箭); b) 轴面 MIP 图示病变清晰可见(箭); c) MK 图, MK 值为 0.346; d) RK 图, RK 值 0.267; e) AK 图, AK 值为 0.495; f) 镜下病理图显示间质细胞增生,部分导管受挤压(HE 染色,  $\times 200$ )。

## 讨论

### 1. DKI 各参数在鉴别乳腺良恶性病变中的价值

DKI 是在 DWI 的基础上采用同一类型的脉冲序列得到的;采用多 b 值,且需要较高的 b 值。对于乳腺组织,笔者发现在以往研究<sup>[5,13,14]</sup>中, b 值最小为  $2000 \text{ s/mm}^2$ ,且至少需要 3 个 b 值。本文中 b 值最高为  $2500 \text{ s/mm}^2$ ,取 5 个 b 值,此要求在 3.0T 磁共振成像系统较易获得满足;此外,DKI 扩散敏感梯度施加的方向至少为 15 个,本文设定 15 个方向。

MK 是 DKI 最具代表性的参数;是峰度在所有方向上的平均值;是反映组织微结构复杂程度的指标;是反映扩散受限程度的无量纲参数<sup>[4]</sup>。MK 值的大小由所选 ROI 内组织结构的复杂程度决定,结构越复杂,水分子扩散受限越显著, MK 值越大。肿瘤组织与正常组织的差异性及其细胞核形态多样性越明显,间质血管越丰富,细胞密度越大,则 MK 值越大。本文结果显示,乳腺恶性病变的 MK 值( $0.6631 \pm 0.1957$ )明显高于良性病变( $0.4038 \pm 0.1354$ ),两者差异具有统计学意义( $P < 0.001$ ),与 Sun 等<sup>[13]</sup>的研究结果一致,说

明乳腺恶性肿瘤组织结构复杂程度更高、间质血管更丰富、细胞密集程度更高。上述结论与 Van 等<sup>[8]</sup>应用 DKI 探讨胶质瘤分级的结果一致:即高级别胶质瘤 MK 值较低级别胶质瘤高;恶性肿瘤级别越高,组织结构越复杂。

AK 是指峰度在扩散本征矢量中最大的扩散本征值<sup>[6]</sup>,主要反映沿导管方向的峰度信息。AK 值的大小取决于轴向方向上水分子扩散受限的程度, AK 值越大,说明该方向上受限程度越大<sup>[4]</sup>。本文结果显示,乳腺恶性病变的 AK 值( $0.9032 \pm 0.2415$ )明显高于良性病变( $0.5709 \pm 0.1341$ ),说明在沿导管方向上,恶性病变水分子扩散受限程度较良性病变高。

RK 是指垂直于本征值最大的本征矢量方向的平均峰度值<sup>[6]</sup>,主要反映的是垂直于导管方向的峰度信息,其大小取决于该方向上扩散受限的程度。本文结果发现:乳腺恶性病变的 RK 值( $0.5251 \pm 0.1716$ )高于良性病变( $0.2983 \pm 0.1231$ ),两者差异具有统计学意义( $P < 0.001$ )。

### 2. 诊断效能分析

本文采用 ROC 曲线来评价 MK、AK、RK 值在乳

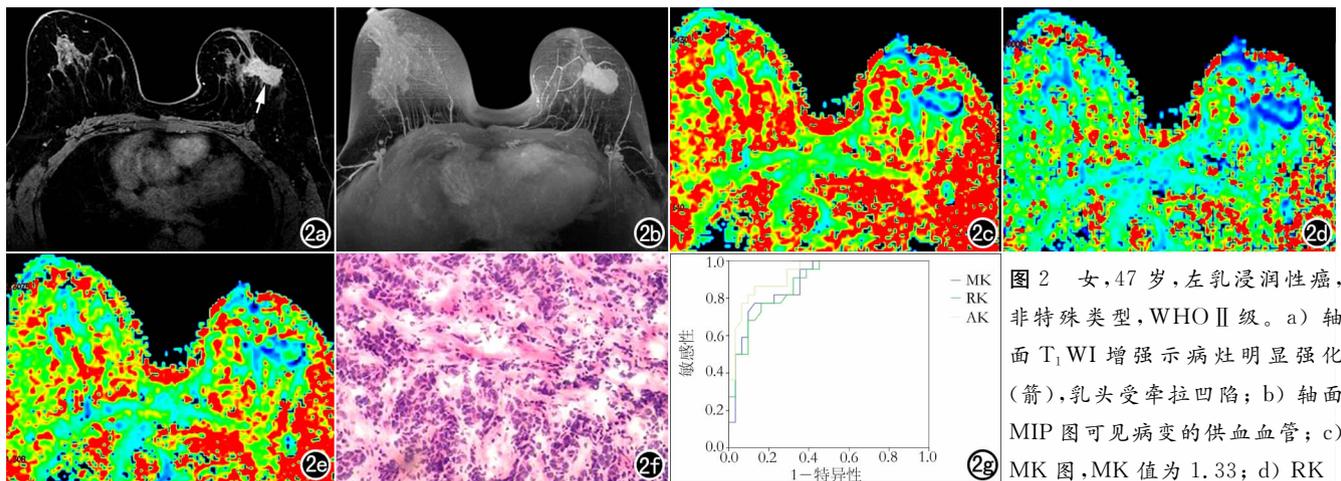


图2 女,47岁,左乳浸润性癌,非特殊类型,WHO II 级。a) 轴面  $T_1$ WI 增强示病灶明显强化(箭),乳头受牵拉凹陷; b) 轴面 MIP 图可见病变的供血血管; c) MK 图, MK 值为 1.33; d) RK 图, RK 值为 1.1; e) AK 图, AK 值为 1.65; f) 镜下病理图显示导管上皮增生,细胞排列紊乱,细胞核呈异型性(HE 染色,  $\times 200$ )。

图3 MK、RK、AK 鉴别乳腺良恶性病变的 ROC 曲线。

腺良恶性病变中的诊断效能,结果发现,相对于 MK 和 RK,AK 对判断乳腺良恶性病变的特异度(87.1%)较高,且最大约登指数(0.735)和 AUC(0.93)较大,故笔者认为 AK 对乳腺良恶性病变的鉴别具有较高的诊断效能。

### 3. 不足与展望

本研究的不足之处:①笔者发现随着 b 值的增高,图像信噪比逐渐下降,故有必要优化能够提高信噪比的更先进序列;②DKI 序列扫描时间较长,且要求患者为俯卧位,会给患者带来不适,从而限制其临床应用。

展望:DKI 技术能够真实地反映活体内非高斯分布的水分子扩散轨迹,在乳腺良恶性病变的鉴别诊断中具有一定意义,虽然乳腺 DKI 研究仍处于初步阶段,其临床应用价值仍有待进一步证实和完善,但相信随着研究的深入、进展,该技术可逐渐应用于临床,同时减少穿刺活检给患者带来的痛苦。

### 参考文献:

[1] 巴照贵,张玉敏,倪晓丽,等. 乳腺肿块性病变 MRI 动态增强与扩散加权成像联合诊断方法的探讨[J]. 实用放射学杂志,2014,30(10):1657-1660.

[2] 郭勇,蔡祖龙,蔡幼铨,等. 弥散加权成像鉴别乳腺良恶性病变的价值初探[J]. 中华放射学杂志,2001,35(2):132-135.

[3] 马智军,蒋瑞生,冯强,等. 扩散张量成像各向异性对乳腺良恶性肿瘤的鉴别诊断价值[J]. 中华放射学杂志,2014,48(3):180-183.

[4] Hui ES,Cheung MM,Qi L, et al. Towards better MR characterization of neural tissues using directional diffusion kurtosis analysis[J]. Neurimage,2008,42(1):122-134.

[5] Wu D,Li G,Zhang J, et al. Characterization of breast tumors using diffusion kurtosis imaging (DKI)[J]. PloS one,2014,9(11):e113240.

[6] Jenson JH,Helpers JA,Ramani A, et al. Diffusional kurtosis imaging: the quantification of non-gaussian water diffusion by means of magnetic resonance imaging[J]. Magn Reson Med,2005,53(6):1432-1440.

[7] 张顺,姚义好,张水霞,等. 脑梗死不同时期的 MR 扩散峰度成像[J]. 中华放射学杂志,2014,48(6):443-447.

[8] Van Cauter S,Veraart J,Sijbers J, et al. Gliomas: diffusion kurtosis MR imaging in grading[J]. Radiology,2012,263(2):492-501.

[9] Wang JJ,Lin WY,Lu CS, et al. Parkinson disease: diagnostic utility of diffusion kurtosis imaging[J]. Radiology,2011,261(1):210-217.

[10] 曲丽洁,周建军,丁玉芹,等. 磁共振体内不相干运动成像和扩散峰度成像在正常肾脏成像中的初步研究[J]. 放射学实践,2016,31(10):908-913.

[11] 张玉珍,李芳珍,高煜,等. 扩散峰度成像在大鼠海人酸癫痫模型中的研究[J]. 放射学实践,2014,29(4):382-386.

[12] Rosenkrantz AB,Prabhu V,Sigmund EE, et al. Utility of diffusional kurtosis imaging as a marker of adverse pathologic outcomes among prostate cancer active surveillance candidates undergoing radical prostatectomy[J]. AJR,2013,201(4):840-846.

[13] Sun K,Chen X,Chai W, et al. Breast cancer: diffusion kurtosis MR imaging-diagnostic accuracy and correlation with clinical-pathologic factors[J]. Radiology,2015,277(1):46-55.

[14] Nogueira L,Brandão S,Matos E, et al. Application of the diffusion kurtosis model for the study of breast lesions[J]. Eur Radiology,2014,24(6):1197-1203.

(收稿日期:2016-05-27 修回日期:2016-11-18)