

论 著

DKI、DWI联合DCE-MRI鉴别乳腺良恶性结节的效能

孟 旭 梁 泉 蔡 军*

中国人民解放军东部战区总医院(南京大学医学院附属金陵医院)放射诊断科
(江苏 南京 210002)

【摘要】目的 分析扩散峰度成像(DKI)、扩散加权成像(DWI)联合动态对比增强核磁共振成像(DCE-MRI)鉴别乳腺良恶性结节的效能。**方法** 选取2021年1月至2022年6月我院收治的乳腺癌病变患者87例作为本文观察对象,所有患者均行DKI、DWI、DCE-MRI检查。以病理诊断作为金标准,比较DKI、DWI、DCE-MRI以及三者联合检查与病理结果的一致性。比较良恶性病变患者表现弥散系数(ADC)、容积转运常数(Ktrans)、速率常数(Kep)、血管外细胞外容积分数(Ve)值、平均峰度(MK)、平均弥散系数(MD)值。**结果** 87例患者的病理结果显示良性病变患者69例,恶性病变患者18例。将乳腺结节患者病理结果为金标准,DKI检查灵敏度为77.78%,特异度为76.81%,Kappa值为0.438;DWI检查灵敏度为83.33%,特异度为76.81%,Kappa值为0.475;DCE-MRI检查灵敏度为77.78%,特异度为81.16%,Kappa值为0.497;DKI+DCE-MRI检查灵敏度为94.44%,特异度为76.81%,Kappa值为0.541。良性病变患者Ve、ADC和MD明显高于恶性病变患者,Ktrans、Kep和MK明显低于恶性病变患者($P<0.05$)。**结论** DKI、DWI和DCE-MRI对乳腺良恶性病变具有良好的诊断价值,联合应用可提高诊断的特异性。

【关键词】 乳腺结节; 动态对比增强核磁共振成像; 扩散峰度成像; 扩散加权成像

【中图分类号】 R445.2

【文献标识码】 A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.07.028

Efficiency of DKI Combined with DWI and DCE-MRI in the Differential Diagnosis of Benign and Malignant Breast Nodules

MENG Xu, LIANG Quan, CAI Jun*.

Department of Diagnostic Radiology, Jinling Hospital, Medical School of Nanjing University, Nanjing 210002, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective To analyze the efficiency of diffusion-kurtosis imaging (DKI) combined with diffusion-weighted imaging (DWI) and dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI) in the differential diagnosis of benign and malignant breast nodules. **Methods** A total of 87 patients with breast cancer admitted to the hospital were enrolled as the observation objects between January 2021 and June 2022. All underwent DKI, DWI and DCE-MRI examinations. Taking pathological diagnosis as the golden standard, the consistency of DKI, DWI, DCE-MRI and combined detection with pathological results was compared. The apparent diffusion coefficient (ADC), volume transfer constant (Ktrans), rate constant (Kep), volume fraction of extravascular extravascular space (Ve), mean kurtosis (MK) and mean diffusivity (MD) in patients with benign and malignant lesions were compared. **Results** In the 87 patients, pathological results showed that there were 69 cases with benign lesions and 18 cases with malignant lesions. Taking pathological diagnosis as the golden standard, sensitivity, specificity and Kappa value of DKI, DWI, DCE-MRI and combined detection were (77.78%, 76.81%, 0.438), (83.33%, 76.81%, 0.475), (77.78%, 81.16%, 0.497) and (94.44%, 76.81%, 0.541), respectively. Ve, ADC and MD in patients with benign lesions were significantly higher than those with malignant lesions, while Ktrans, Kep and MK were significantly lower than those with malignant lesions ($P<0.05$). **Conclusion** DKI, DWI and DCE-MRI have good diagnostic value for benign and malignant breast lesions, and combined detection can improve diagnostic specificity.

Keywords: Breast Nodule; Dynamic Contrast-enhanced Magnetic Resonance Imaging; Diffusion Kurtosis Imaging; Diffusion-Weighted Imaging

乳腺癌被认识全身性、系统性的疾病,其死亡率居女性癌症首位,严重危害女性患者身心健康^[1]。乳腺癌具有浸润性和转移性,在疾病早期,肿瘤细胞就可以进入循环系统,引起血行转移、甚至可能早于淋巴结转移,亚临床阶段的微微转移灶是术后复发和转移的根源^[2-3]。因此,早期发现、准确诊断与有效治疗对乳腺癌进展控制及预后具有重要意义。核磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)是多种肿瘤的术前诊断的一种影像学检查方法,动态对比增强核磁共振成像(Dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging, DCE-MRI)不仅能评估乳腺肿瘤病变的形态学特征,还能反映乳腺肿瘤组织的微观生理性变化,是提高乳腺病变检查率的重要方法^[4]。磁共振扩散峰度成像(diffusion kurtosis imaging, DKI)一种表征非高斯扩散的成像方法,可敏感反应生物组织微观结构的复杂程度,同时量化组织中水分子扩散位移概率分布偏离高斯分布的程度^[5]。扩散加权成像(Diffusion weighted imaging, DWI)是在乳腺MRI中应用最广的功能成像技术,是目前检测人体组织中水分子运转状态的唯一方法,显著提高了乳腺癌诊断的特异性^[6]。本研究通过对乳腺结节患者进行DKI、DWI、DCE-MRI检查,分析不同检查方案对患者乳腺良恶性结节情况的诊断,初步探讨在乳腺良恶性检查中诊断价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2021年1月至2022年6月我院收治的乳腺癌病变患者87例作为本文观察对象,均为女性,且经手术病理检测。年龄20~66岁,平均年龄(45.13±7.88)岁;均为单侧病变。

纳入标准: 入组患者经病理检查确诊为乳腺结节病变;术前两周内行DK、IDWI和DCE-MRI扫描;既往无胸部手术治疗史;3个月内未进行乳腺穿刺活检;病理治疗完整;肿瘤直径>3mm的实性强化成分。排除标准:孕产妇患者;接受放化疗等非手术方法治疗者;获取图像不清晰,无法诊断分析患者;核磁共振检查禁忌者;合并其他恶性肿瘤;伴有严重感染情况;伴有造血功能障碍疾病;患者存在精神障碍和沟通障碍。本研究已与患者及家属详细沟通本次研究内容与目的,并获得患者的知情同意书。本院医学伦理委员会已批准本研究并实施。

1.2 方法

1.2.1 检查方法 (1)常规MRI方法:采用3.0T 磁共振扫描仪(GE Discovery 750),进行检测,选择16 通道双侧乳房相控线圈。指导患者采取俯卧位,叮嘱患者平静呼吸,避免呼吸运动伪影。行常规扫描轴位T₁加权成像(T₁ weighted image, T₁WI)及三方位T₂

【第一作者】孟 旭,男,技师,主要研究方向:医学影像检查技术方面研究。E-mail: mengxu0120@126.com

【通讯作者】蔡 军,男,副主任技师,主要研究方向:医学影像检查技术方面研究。E-mail: 171253624@qq.com

加权成像(T_2 weighted image, T_2WI)扫描平扫序列扫描参数: $T_1WI(TSE)$: $TE=14\text{ ms}$, $TR=600\text{ ms}$, 层厚 5 mm , 层数36层, 层间距 1 mm , $FOV 280\text{ mm} \times 340\text{ mm} \times 144\text{ mm}$, 重建矩阵: 480 , 激励次数(NSA): 2 ; $T_2WI(SPAIR)$: $TE=28\text{ ms}$, $TR=4800\text{ ms}$; 层厚 5 mm , 层数36层, 层间距 1 mm ; $FOV 250\text{ mm} \times 340\text{ mm} \times 144\text{ mm}$, 重建矩阵: 576 , 激励次数(NSA): 2 。(2)DWI检查: 患者进行冠状、横断、矢状位定位扫描后, 将仪器设为自旋回波序列实施DWI检查。(3)DCE-MRI检查: 随后进行DCE-MRI扫描, 于增强前多翻转角扫描, 随后采取轴位压脂 T_1 动态增强序列及延迟期薄层扫描, 对其采用Vibrant成像技术, 在其图像预扫描效果较为良好之后, 可开始注射磁共振对比剂, 剂量维持在 $0.15\sim 0.25\text{ mmol/kg}$ 之间。(4)行扩散加权成像和DKI检查, 扩散加权成像参数: FOV 为 $30\text{ cm} \times 30\text{ cm}$, TR 为 $3\ 600\text{ ms}$, TE 为 54 ms , 层间距 1 mm , 层厚 3 mm , 矩阵 160×160 , 激励次数为 4 , $b=0, 1\ 000\text{ s} \cdot \text{mm}^2$ 。DKI参数: FOV 为 $30\text{ cm} \times 30\text{ cm}$, TR 为 $4\ 500\text{ ms}$, TE 为 103 ms , 层间距 0 , 层厚 3 mm , 矩阵 128×128 , 激励次数 2 , $b=0, 1\ 000, 2\ 000\text{ s} \cdot \text{mm}^2$ 。

1.3 诊断标准^[7-8] DWI诊断标准为: 以ADC值为准, $>1.05 \times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$ 为良性, $\leq 1.05 \times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$ 为恶性; DKI诊断标准为, 以MK值为准, $>0.78 \times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$ 为恶性, $\leq 0.78 \times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$ 为良性; DCE-MRI诊断标准: 以TIC为准, 即I、II型作为良性病变; DKI联合DCE-MRI诊断标准: 符合DKI、DCE-MRI中恶性标准任意一项为恶性; DWI联合DCE-MRI诊断标准: 符合DWI、DCE-MRI中恶性标准任意一项为恶性。

1.4 图像后处理 将扫描结果传图影像工作站, 获得表观弥散系数(Apparent dispersion coefficient, ADC)图, 测量ADC值; 将DKI原始数据传至DKI模型, 测量平均峰度(mean kurtosis, MK)、平均弥散系数(mean diffusivity, MD)值。将DCE-MRI数据输入软件进行图像后处理, 计算出ROI病灶的3个定量参数值, 包括容积转运常数(volume transfer constant of contrast agent, K^{trans})、速率常数(reflux rate constant of contrast agent, K_{ep})和血管外细胞外间隙体积分数(volume fraction of extravascular extravascular space, V_e), 并生成相应的伪彩图。

1.5 观察指标 (1)观察所有乳腺结节患者病理诊断结果。(2)比较所有患者DKI、DWI和DCE-MRI检查结果与病理检查的诊断结果的一致性。(3)比较所有患者DKI+DWI+DCE-MRI检查结果与病理检查的诊断结果的一致性。(4)比较乳腺良恶性病变患者影像学参数。

1.6 统计学处理 使用SPSS 23.0软件统计学分析本文研究所得数据。对于 V_e 、ADC、MD、 K^{trans} 、 K_{ep} 和MK等计量资料($\bar{x} \pm s$)行两样本独立t检验比较良恶性病变患者之间差异。对于影像诊断结果等计数资料采用[例(%)]表示, 以病理结果作为金标准, Kappa一致性DKI、DWI和DCE-MRI法诊断乳腺良恶性病变的敏感度、特异性及准确性, 采用并联的方式联合诊断乳腺良恶性病变的敏感度、特异性及准确性。检验水准为 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 患者病理结果 87例患者的病理结果显示良性病变患者69例, 其中纤维腺瘤27例, 纤维囊性乳腺病21例, 导管内乳头状瘤13例, 囊肿8例; 恶性病变患者18例, 其中浸润性导管癌10例, 原位癌6例, 髓样癌2例。患者影像结果见图1。

2.2 DKI、DWI和DCE-MRI检查与病理检查结果比较 以患者病理检查结果为金标准, 对比DKI结果发现, 检出病理诊断为良性

病变患者中存在良性病变53例, 恶性病变16个; 检出病理诊断为恶性病变患者中良性病变患者4例, 恶性病变患者14例, Kappa值为0.438。对比DWI结果发现, 检出病理诊断为良性病变患者中存在良性病变53例, 恶性病变16个; 检出病理诊断为恶性病变患者中良性病变患者3例, 恶性病变患者15例, Kappa值为0.475。对比DCE-MRI结果发现, 检出病理诊断为良性病变患者中存在良性病变56例, 恶性病变13个; 检出病理诊断为恶性病变患者中良性病变患者4例, 恶性病变患者14例, Kappa值为0.497。见表1和表2。

2.3 DKI + DWI + DCE-MRI检查与病理检查结果比较 以患者病理检查结果为金标准, 对比DKI+DWI+DCE-MRI结果发现, 检出病理诊断为良性病变患者中存在良性病变53例, 恶性病变16例; 检出病理诊断为恶性病变患者中存在良性病变1例, 恶性病变17例; 灵敏度为94.44%, 特异度为76.81%, 准确率为80.46%, 阳性预测值为51.52%, 阴性预测值为98.15%, Kappa值为0.545。见表3。

2.4 两组患者影像学参数比较 良性病变患者 V_e 、ADC和MD明显高于恶性组患者, K^{trans} 、 K_{ep} 和MK明显低于恶性病变患者($P<0.05$)。见表4。

表1 DKI、DWI和DCE-MRI检查与病理检查结果比较(n,%)

检查方法		病理检查结果		合计	灵敏度(%)	特异度(%)	Kappa
		恶性	良性				
DKI	恶性	14	16	30	77.78	77.78	0.438
	良性	4	53	57			
合计		18	69	87			
DWI	恶性	15	16	31	83.33	76.81	0.475
	良性	3	53	56			
合计		18	69	87			
DCE-MRI	恶性	14	13	27	77.78	81.16	0.497
	良性	4	56	60			
合计		18	69	87			

表2 DKI、DWI和DCE-MRI检查结果

检查方法	灵敏度(%)	特异度(%)	准确率(%)	阳性预测值(%)	阴性预测值(%)
DKI	77.78	77.78	77.01	46.67	92.98
DWI	83.33	76.81	78.16	48.39	96.64
DCE-MRI	77.78	81.16	80.46	51.85	93.33

表3 DKI + DCE-MRI检查与病理检查结果比较(n,%)

DKI+DWI+DCE-MRI	病理结果		合计	Kappa
	恶性	良性		
恶性	17	16	33	0.545
良性	1	53	54	
合计	18	69	87	

表4 两组患者影像学参数比较

组别	n	$K^{trans}(\text{min}^{-1})$	$K_{ep}(\text{min}^{-1})$	V_e	$ADC(\times 10^3, \text{mm}^2/\text{s})$	MK	$MD(\times 10^3, \text{mm}^2/\text{s})$
良性病变	69	0.47 ± 0.16	0.55 ± 0.06	0.88 ± 0.09	1.38 ± 0.14	0.53 ± 0.06	1.68 ± 0.17
恶性病变	18	0.83 ± 0.09	0.86 ± 0.09	0.63 ± 0.07	1.07 ± 0.21	1.10 ± 0.12	1.05 ± 0.11
t		9.149	17.460	10.936	7.483	28.376	14.894
P		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

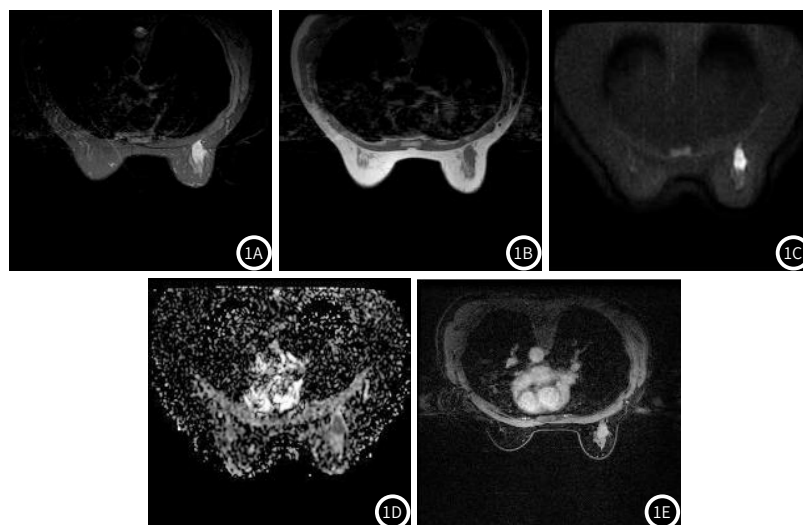


图1 乳腺横切面影像结果分析。注：图1A：乳腺横切面在T2WI上呈高信号；图1B：乳腺横切面在T1WI上呈低信号；图1C：乳腺横切面在DWI上呈高信号；图1D：乳腺癌横切面在ADC上呈低信号；图1E：乳腺横切面增强扫描早期明显强化。

3 讨论

乳腺癌是女性死亡率最高的恶性肿瘤，早期发现和治疗的BC患者预后尚可，5年生存率较理想^[9]。由于乳腺癌早期发病无明显特异性，且存在转移，患者临床确诊时已是乳腺癌中晚期^[10]。普查是早期诊断乳腺癌最有效的手段，尤其是乳腺隐性病灶的发现，随着乳腺疾病普查的大范围实施，越来越多乳腺隐匿性病变在影像学上被发现。目前临床上对于乳腺病变主张采用常规超声插件，可明确病变部位、结节数目、大小、形态等，但常规超声检查容易受医师个人技能及临床经验的影响，增加误诊率以及漏诊率。因此，临床亟需寻找有效的影像学诊断手段及早发现、准确诊断，这对有效防治乳腺结节病变患者尤为重要。

本研究中，87例乳腺结节病变患者的病理结果显示69例患者表现为良性病变，18例患者表现为恶性病变。以病理诊断结果作为金标准，DKI检查乳腺良恶性的灵敏度为77.78%，特异度为76.81%，Kappa值为0.438；DWI检查乳腺良恶性的灵敏度为83.33%，特异度为76.81%，Kappa值为0.475；DCE-MR检查乳腺良恶性的灵敏度为77.78%，特异度为81.16%，Kappa值为0.497。这一研究结果说明DKI、DWI和DCE-MRI检查与病理检查的一致一般。进一步分析发现，以病理诊断结果作为金标准，DKI+DWI+DCE-MRI联合乳腺良恶性的灵敏度为94.44%，特异度为76.81%；说明DKI、DWI与DCE-MRI联合检查乳腺良恶性与病理结果具有较好的一致性，临床可采用联合检查的方式提高诊断特异性。

DCE-MRI可以评估病灶血供情况，还能提供微循环量化参数，既有定性和可视化分析的作用，还具有半定量分析、定量分析的效果^[11-12]。本研究中，良性组患者 V_e 、ADC和MD明显高于恶性组患者， K^{trans} 、 K_{ep} 和MK明显低于恶性组患者。随着影像学成像技术的发展与成熟，DCE-MRI在乳腺癌诊断中具有良好的分辨率及高质量的成像效果，可以反映乳腺肿瘤组织血管密度及血流状况^[13-14]。DCE-MRI是一种动态检查技术，可以通过药物动力学模型计算出 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 等值进行定量评估，客观反应肿瘤组织血流动力学变化和微血管通透性，无创反映组织的微循环情况，为临床判断肿瘤良恶性提供重要数据^[15]。既往有研究显示^[16]，乳腺结节良性患者DCE-MRI定量参数 K^{trans} 、 K_{ep} 明显低于恶性患者，这与本研究结果存在异曲同工之处。DKI技术是一种新的DWI模型，可在四阶三维模式下观察生物组织水分子的运动。既往有研究显示，乳腺良性病变患者ADC、MD值明显高于恶性病变患者，MK值明显低于恶性病变患者，这与本研究基本相似^[17]。

综上所述，DKI、DWI和DCE-MRI法对诊断乳腺良恶性均具有一定价值，但DKI+DWI+DCE-MRI联合检查对诊断乳腺良恶性具有更高价值。本研究存在样本有限，且为单中心病例的局限性，今后需扩大样本量进一步分析研究。

参考文献

- [1]夏玉光. SMI技术联合ABVS、CDFI对乳腺癌早期的诊断价值[J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29(6): 49-51.
- [2]Grabinski VF, Brawley OW. Disparities in Breast Cancer[J]. Obstet Gynecol Clin North Am, 2022, 49(1): 149-165.
- [3]Zeng L, Li W, Chen CS. Breast cancer animal models and applications[J]. Zool Res, 2020, 41(5): 477-494.
- [4]王智宝, 周志强, 王哲, 等. 3.0T MRI动态增强扫描联合MB-DWI在乳腺癌诊断中的临床价值研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(5): 123-125.
- [5]Hu S, Peng Y, Wang Q, Liu B, Kamel I, Liu Z, Liang C. T2*-weighted imaging and diffusion kurtosis imaging (DKI) of rectal cancer: correlation with clinical histopathologic prognostic factors. Abdom Radiol (NY). 2022 Feb; 47(2): 517-529.
- [6]Rootman MS, Kornreich L, Osherov AN, et al. DWI Hyperintensity in the Fornix Fimbria on MRI in Children[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2022, 43(3): 480-485.
- [7]刘绍伟, 祝新, 崔文静, 等. DKI与DWI在乳腺良恶性病变诊断价值的对照研究[J]. 医学影像学杂志, 2017, 27(9): 1726-1730.
- [8]陈细香, 查云飞, 刘昌盛. DKI在乳腺的良恶性病变诊断中的价值[J]. 影像诊断与介入放射学, 2016, 25(6): 448-451.
- [9]Green VL. Breast Cancer Risk Assessment and Management of the High-Risk Patient[J]. Obstet Gynecol Clin North Am, 2022, 49(1): 87-116.
- [10]谢金美. 二维超声与彩色多普勒超声诊断乳腺癌的临床意义[J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29(7): 60-61.
- [11]Zhou J, Zhang Y, Chang KT, et al. Diagnosis of Benign and Malignant Breast Lesions on DCE-MRI by Using Radiomics and Deep Learning With Consideration of Peritumor Tissue[J]. J Magn Reson Imaging, 2020, 51(3): 798-809.
- [12]Fan M, Yuan W, Zhao W, et al. Joint Prediction of Breast Cancer Histological Grade and Ki-67 Expression Level Based on DCE-MRI and DWI Radiomics[J]. IEEE J Biomed Health Inform, 2020, 24(6): 1632-1642.
- [13]Calabrese A, Santucci D, Landi R, et al. Radiomics MRI for lymph node status prediction in breast cancer patients: the state of art[J]. J Cancer Res Clin Oncol, 2021, 147(6): 1587-1597.
- [14]Tang WJ, Kong QC, Cheng ZX, et al. Performance of radiomics models for tumour-infiltrating lymphocyte (TIL) prediction in breast cancer: the role of the dynamic contrast-enhanced (DCE) MRI phase[J]. Eur Radiol, 2022, 32(2): 864-875.
- [15]史倩菲, 丁军明, 赵妍. DCE-MRI联合DWI诊断乳腺良恶性病变的临床价值分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(4): 88-90.
- [16]Ziayee F, Mueller-Lutz A, Gross J, et al. Arterial input function for quantitative dynamic contrast-enhanced MRI to diagnose prostate cancer[J]. Diagn Interv Radiol, 2022, 28(2): 108-114.
- [17]卢立标, 倪兆敏, 杜斌. DKI及DWI对乳腺疾病良恶性诊断的效能分析[J]. 浙江创伤外科, 2021, 26(2): 366-368.

(收稿日期: 2023-02-25)

(校对编辑: 孙晓晴)