



中国临床医学

Chinese Journal of Clinical Medicine

ISSN 1008-6358

CN 31-1794/R

磁共振DKI成像预测直肠癌TN分期、分化和脉管侵犯的应用价值

段书峰, 郁晓路, 冯峰

引用本文:

段书峰, 郁晓路, 冯峰. 磁共振DKI成像预测直肠癌TN分期、分化和脉管侵犯的应用价值[J]. 中国临床医学, 2020, 27(6): 1020–1025.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20201841>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

直肠内超声检查与磁共振成像对直肠癌术前分期诊断价值的对比

Diagnostic value of ultrasound and MRI in the preoperative staging of rectal cancer

中国临床医学. 2017, 24(4): 545–547 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2017.20161103>

生长因子受体结合蛋白2表达与结直肠癌进展和预后的相关性

The relationship between growth factor receptor-bound protein 2 expression and the progression and prognosis of colorectal cancer

中国临床医学. 2016, 23(5): 570–575 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2016.20160103>

Onlay法预防性置入补片可降低腹腔镜经腹会阴联合直肠根治术后远期造口旁疝发生率

Onlay prophylactic patch placement can reduce the incidence of long-term parastomal hernia after laparoscopic transperineal radical resection of rectal cancer

中国临床医学. 2019, 26(2): 256–259 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2019.20181330>

自制悬吊子宫装置在女性腹腔镜直肠癌根治术中的应用及疗效分析

Application and effect analysis of a self-made device to suspend the uterus in female laparoscopic radical rectectomy

中国临床医学. 2019, 26(6): 889–892 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2019.20190661>

左结肠动脉保留预防中低位直肠癌术后吻合口狭窄的临床疗效

Clinical value of preservation of left colonic artery to the postoperative anastomotic stenosis of mid and low rectal cancer

中国临床医学. 2020, 27(2): 260–262 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20191531>

DOI:10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20201841

磁共振 DKI 成像预测直肠癌 TN 分期、分化和脉管侵犯的应用价值

段书峰¹, 郝晓路^{2*}, 冯 峰^{1*}

1. 南通市肿瘤医院影像科, 南通 226001

2. 海军军医大学护理系, 上海 200433

[摘要] **目的:**探讨磁共振 DKI 成像技术预测直肠癌 TN 分期、分化和脉管侵犯的应用价值。**方法:**选取 2017 年至 2019 年南通市肿瘤医院住院的 43 例直肠癌患者,行常规 MRI 及 DKI 扫描,经后处理软件获得 DKI 参数,并于 1 周内行病灶切除及送病理检查。**结果:**随着 T 分期增加,MK 值升高,各参数在各组患者间差异均有统计学意义($P<0.05$),MD 值组间差异无统计学意义。直肠腺癌病理分化程度越低,MD 值越低,MK 值越高,各组患者总体差异均有统计学意义($P<0.05$)。有脉管侵犯的病例 MK 值较无脉管侵犯者更大,两者间差异有统计学意义($P<0.05$),AUC 为 0.772,灵敏度为 81.0%,特异度为 68.7%。MK 及 MD 值在有淋巴结转移的直肠癌组间差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论:**MK 值可辅助诊断直肠癌 T 分期情况;MK 联合 MD 值可预测直肠癌病理分化程度。MK 值可预测直肠癌周围脉管有无侵犯;MK 联合 MD 可辅助诊断直肠癌是否发生淋巴结转移,具有更好的诊断效能。

[关键词] MRI;DKI;直肠癌;TN 分期;病理分级;脉管侵犯**[中图分类号]** R 735.3+7 **[文献标志码]** A

Application value of magnetic resonance diffusion kurtosis imaging in predicting TN stage, differentiation and vascular invasion of rectal cancer

DUAN Shu-feng¹, YU Xiao-lu^{2*}, FENG Feng^{1*}

1. Department of Imaging, Nantong Tumor Hospital, Nantong 226001, Jiangsu, China

2. School of Nursing, Naval Medical University, Shanghai 200433, China

[Abstract] **Objective:** To explore the value of magnetic resonance diffusion kurtosis imaging (DKI) in the prediction of TN staging, differentiation and vascular invasion of rectal cancer. **Methods:** Forty-three patients with rectal cancer hospitalized in our hospital from 2017 to 2019 underwent routine MRI and DKI were selected, and DKI parameters were obtained by post-processing software. The lesions were resected and sent for pathological examination within one week. **Results:** With the increase of T staging, the MK value increased, and the difference of each parameter in each group of patients was statistically significant ($P<0.05$), and the MD value was not significantly different. The lower the degree of pathological differentiation of rectal adenocarcinoma, the lower the MD value, and the higher the MK value. The overall differences in each group of patients were statistically significant ($P<0.05$). The MK value of cases with vascular invasion was greater than that without vascular invasion, and the difference between the two was statistically significant ($P<0.05$), with an AUC of 0.772, a sensitivity of 81.0%, and a specificity of 68.7%; there was no statistical difference in MD values. MK and MD values are statistically significant between the two groups of rectal cancer with lymph node metastasis ($P<0.05$). **Conclusions:** MK value can assist in the diagnosis of rectal cancer T staging. MK and MD values can predict the degree of pathological differentiation of rectal cancer. The MK value can be used to predict whether there is vascular invasion around rectal cancer. MK and MD can assist in the diagnosis of lymph node metastasis in rectal cancer, and the combination of MK and MD has better diagnostic efficiency.

[Key Words] MRI; DKI; rectal cancer; TN stage; pathological grading; vascular invasion**[收稿日期]** 2020-08-18**[接受日期]** 2020-10-28

[基金项目] 吴阶平医学基金会临床科研专项资助基金(320.6750.2020-08-9),南通市第五期“226 工程”科研项目(通委组发[2019]84 号)。Supported by Clinical Research Funds of Wu Jieping Medical Foundation (320.6750.2020-08-9) and Research Fund of the Fifth ‘226 Project’ of Nantong, Jiangsu (2019-84)。

[作者简介] 段书峰,硕士,主治医师。E-mail: 14668241@qq.com

* 通信作者(Corresponding authors)。Tel:021-81871497, E-mail:yuxiaolu0509@163.com; Tel: 0513-86712073, E-mail: drfengfeng@163.com

2018 年全球癌症统计报告^[1]显示,结直肠癌的发病率及死亡率位于第三位及第二位,男性发病率高于女性,发达国家的发病率高于不发达国家。2015 中国癌症统计数据^[2]显示:中国结直肠癌的发病率及死亡率在所有恶性肿瘤中均为第五位,大部分人发现时已是中晚期。随着当今社会发展,我国结直肠癌的发病率呈持续上升态势,年轻群体的发病率也逐年提高^[3]。直肠癌的治疗方案需要综合临床病理及预后等多种因素,其中最重要的指标包括肿瘤的 TN 分期^[4]、周围脉管侵犯情况^[5]、病理分化程度^[6]及年龄是否大于 70 岁等^[7]。

近年来,MRI 被越来越多地应用于直肠癌患者的检查,其中功能性 MRI 成像能间接反映活体组织生物学行为,有助于肿瘤的疗效评价及预后。磁共振扩散峰度成像(diffusion kurtosis imaging, DKI)是基于扩散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)技术进一步拓展而来的。近年来 DKI 技术在脑卒中、脑胶质瘤、帕金森综合征等脑部疾病及肝脏疾病、子宫内膜癌、鼻咽癌、前列腺癌等诊断方面取得了初步效果^[8-12],但在直肠癌方面的应用较少,因此本研究主要探讨磁共振 DKI 成像在直肠癌术前诊断中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2017 年 11 月至 2019 年 11 月南通市肿瘤医院收治的 43 例直肠癌患者,收集患者的病理及临床资料,其中男性 34 例,女性 9 例。纳入标准:(1)术前均经消化道内镜活检病理证实;(2)患者无远处转移,可行手术治疗;(3)术前常规行盆腔 MRI 平扫、动态增强扫描及多 b 值 DWI 扫描,且图像可满足诊断要求;(4)行手术切除并行病理检查。排除标准:(1)术后证实病理为黏液腺癌及其他非腺癌患者;(2)术前进行过新辅助放化疗的患者;(3)术后病理未进行分化程度描述;(4)图像质量不佳,不能用于诊断。本研究经南通市肿瘤医院伦理委员会审核批准(通肿伦审 2019-026),所有患者均知情并签署知情同意书。

1.2 MR 机器选择、扫描方法及参数 所有受试者均采用 3.0 T 磁共振扫描仪(Siemens VERIO;西门子公司,德国),4 通道相控阵体线圈。扫描中心位于耻骨联合上 2 cm 处,术前禁食 6 h,训练患者呼吸气,以减少盆腔脏器移动伪影。

常规 MRI 扫描,定位于矢状面,TSE T₂WI:TR 4 440 ms,TE 107 ms,层厚 3 mm,间隔 0.6 mm,FOV 180 mm×180 mm,矩阵 384×180,激励次数 4;横轴面 TSE T₂WI:TR 2 100 ms,TE 64 ms,层厚 3 mm,间隔 0.6 mm,FOV 180 mm×160 mm,矩阵 384×320,激励次数 4;冠状位 TSE T₂WI:TR 3 500 ms,TE 103 ms,层厚 3 mm,间隔 0.6 mm,FOV 180 mm×180 mm,矩阵 320×180,激励次数 4。

多 b 值 DWI 检查采用单次激发平面回波(SS EPD)序列轴面成像,扫描参数:TR 5 000 ms,TE 78 ms,层厚 5 mm,间隔 1 mm,FOV 380 mm×180 mm,矩阵 192×120,DKI b 值取 0、500、1 000、1 500、2 000、2 500 s/mm²,激励次数 1~4 次。病灶 MR 连续增强扫描层面垂直于病灶长轴,增强扫描 T1-vibe 序列:TR 3.41 ms,TE 1.3 ms,层厚 3 mm,间距 0.6 mm,FOV 380 mm×210 mm,矩阵 320×224,激励次数 1。

1.3 术后病理及临床数据统计 术后标本由具有 10 年临床工作经验的病理诊断医师进行取材及分析。病理指标主要包括肿瘤 TN 分期、肿瘤分化程度、周围脉管侵犯及淋巴结转移情况。

依据 2017 版结直肠癌诊疗规范^[2],肿瘤 T 分期分为 4 期,肿瘤 N 分期分为 3 期。根据 WHO 2010 版结直肠癌组织学分级标准^[13],依照显微镜下肿瘤的腺样结构的多少及腺管形态特征分为 3 级。

周围脉管侵犯的判定标准:显微镜下送检组织的小动、静脉或淋巴管的管壁受到肿瘤细胞浸润及破坏,或直接发现管腔内瘤栓。

1.4 图像分析与数据采集 所有常规 MRI 图像均由 2 名具有 10 年影像诊断经验的医师独立进行 TNM 分期,且阅片者均不知晓患者的病理结果。当出现较大分歧时,经共同讨论得出结果。另将患者的 DKI 序列图像导入 DKE 软件进行数据处理分析。ROI 选取方式遵循以下原则:选取肿瘤最大层面且面积尽量大,参考 T₂WI 平扫高扫描图像及弥散图像,选取实性成分最明显区域,同时避开出血、坏死、囊变及其内大血管组织(图 1A)。选取合适的感兴趣区域(region of interest, ROI),所有 ROI 均为人工绘制。对同一患者在不同时间测量 3 次,取其平均值。通过软件计算 DKI 参数值,包括 MD 值和 MK 值(图 1B、1C)。

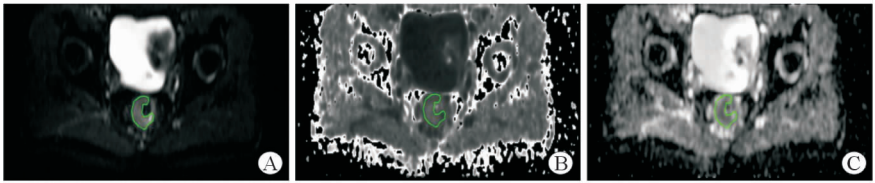


图 1 典型病例的 MRI 特征

患者,男性,50 岁,因大便秘结伴间断性出血入院,入院诊断直肠中上段癌,术前诊断分期 T₃N₁,腺癌Ⅱ级侵犯全层,周围脉管侵犯,肠旁淋巴结(6/18)。A:轴位选取肿瘤最大层面;B:MK 图像,其值为 0.784;C:MD 图像,其值为 1.728×10⁻³

1.5 统计学处理 采用 SPSS 21.0 分析数据。计量资料经正态性检验,对符合正态分布的数据均采用 $\bar{x}\pm s$ 表示。对直肠癌 T 分期早期(T₁+T₂)、晚期(T₃+T₄)组,有无周围脉管侵犯及有无淋巴结转移组间差异采用独立样本 *t* 检验或 Mann-Whitney *U* 检验。对直肠癌 T 分期各组间及病理分级间,多组比较采用单因素方差分析,进一步采用 LSD 法对两组间有统计学意义的指标进行两两比较。采用两组有统计学意义的参数值绘制受试工作者曲线(receiver operating characteristic curve, ROC),计算曲线下面积及各参数的灵敏度及特异度,并寻找出区分 2 组的最大阈值。检验水准(α)为 0.05。

2 结果

2.1 一般资料分析 共 43 例患者纳入本研究,其

中男性 34 例,女性 9 例,年龄 50~85 岁。T₁ 期 4 例、T₂ 期 8 例、T₃ 期 13 例、T₄ 期 18 例;N₀ 期 26 例、N₁ 期 10 例、N₂ 期 7 例;高分化腺癌(Ⅰ级)5 例,中分化腺癌(Ⅱ级)31 例、低分化腺癌(Ⅲ级)7 例;根据肿瘤是否突破肌层,分为早期组(T₁+T₂)12 例,晚期组(T₃+T₄)31 例;有脉管侵犯者 11 例,无脉管侵犯 32 例。

2.2 磁共振 DKI 各参数在肿瘤 T 分期间比较
2.2.1 不同 T 分期患者各参数比较 结果(表 1)显示:MK 在各组患者间差异均有统计学意义($P<0.05$)。MD 值在各组间差异无统计学意义。
2.2.2 T₁+T₂ 与 T₃+T₄ 分期患者各参数比较 结果(表 2)表明:MK 值在两组间差异有统计学意义($P<0.001$),MD 值差异无统计学意义。

表 1 不同 T 分期患者各参数比较

参数	T 分期				F 值	P 值
	T ₁ (n=4)	T ₂ (n=8)	T ₃ (n=13)	T ₄ (n=18)		
MK	0.487±0.063	0.547±0.085	0.657±0.129*△	0.716±0.113*△	7.279	0.001
MD(×10 ⁻³)	1.921±0.309	1.882±0.202	1.899±0.230	1.824±0.244	0.346	0.792

* $P<0.05$ 与 T₁ 期相比;△ $P<0.05$ 与 T₂ 期相比

表 2 T₁+T₂ 与 T₃+T₄ 分期患者各参数比较

参数	T ₁ +T ₂ (n=12)		T ₃ +T ₄ (n=31)		<i>t</i> 值	P 值
	$\bar{x}\pm s$		$\bar{x}\pm s$			
MK	0.527±0.081		0.691±0.121		4.295	<0.001
MD(×10 ⁻³)	1.895±0.229		1.856±0.237		0.484	0.631

2.2.3 MK 值对 T 分期的 ROC 曲线 结果(图 2)表明:MK 值在诊断 T 分期的 AUC 为 0.849,且 MK 诊断 T 分期的阈值为 0.564 时,灵敏度为 83.9%、特异度为 83.3%。

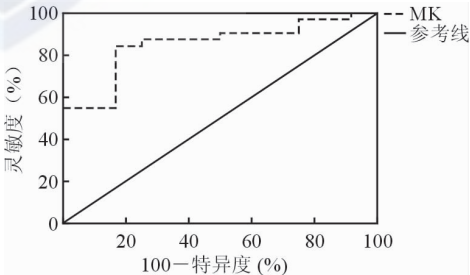


图 2 MK 值对 T 分期的 ROC 曲线分析

2.3 磁共振 DKI 各参数在病理分级间比较 不同病理分级患者 MK、MD 经单因素方差分析结果(表 3)显示,各组患者间差异均有统计学意义($P<0.05$)。

表 3 不同病理分级患者各参数比较

参数	病理分级			F 值	P 值
	I 级(n=5)	II 级(n=31)	III 级(n=7)		
MK	0.464±0.185	0.595±0.127*	0.836±0.006*△	5.700	0.007
MD(×10 ⁻³)	2.256±0.731	1.760±0.197*	1.266±0.015*△	9.475	<0.001

* P<0.05 与 I 期相比;△P<0.05 与 II 期相比

2.4 DKI 参数在有无脉管侵犯患者间比较

2.4.1 有无脉管侵犯患者间各参数比较 结果(表 4)显示:有脉管侵犯患者 MK 值明显高于无脉管侵犯患者,差异有统计学意义(P<0.05)。MD 值组间差异无统计学意义。

表 4 有无脉管侵犯患者各参数比较

参数	无脉管侵犯(n=32)	有脉管侵犯(n=11)	t 值	P 值
MK	0.703±0.196	0.848±0.096	2.344	0.024
MD(×10 ⁻³)	1.743±0.464	1.563±0.175	1.249	0.219

2.4.2 MK 值对脉管侵犯的 ROC 曲线 结果(图 3)表明:MK 值对脉管侵犯的 ROC 曲线的 AUC 为 0.810,诊断脉管侵犯的阈值为 0.772 时,灵敏度为 81.8%,特异度为 68.7%。

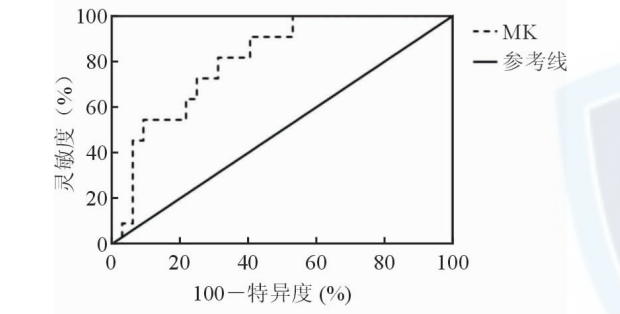


图 3 MK 对脉管侵犯的 ROC 曲线

2.5 DKI 参数在直肠癌有无淋巴结转移患者间比较 结果(表 5)显示:有淋巴结转移的患者 MK 高于无淋巴结转移患者,有淋巴结转移患者 MD 低于无淋巴结转移患者,差异有统计学意义(P<0.05)。

表 5 有淋巴结转移患者间各参数比较

参数	无淋巴结转移(n=27)	有淋巴结转移(n=16)	t 值	P 值
MK	0.647±0.126	0.853±0.228	3.775	0.001
MD(×10 ⁻³)	1.802±0.441	1.498±0.388	2.310	0.026

结果(图 4)表明:MK+MD 联合诊断淋巴结转移的价值最高。MK+MD 诊断淋巴结转移的阈值对应的灵敏度为 82.4%、特异度为 76.9%。

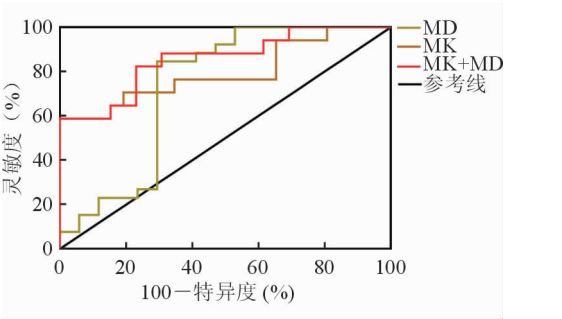


图 4 不同参数对淋巴结转移的 ROC 曲线

3 讨论

术前直肠癌准确的分期及分级对临床治疗方案选择及患者预后具有重要指导意义。DKI 采用的非高斯分布模型,能更好地反映高 b 值下组织内水分子的实际扩散分布情况,体现水分子扩散的受限程度及不均质性,从而更好地反映组织内部复杂的微观结构。谢辉等^[14]分别采用 DKI 和 DWI 定量参数评估直肠癌组织学特性,经比较发现,DKI 能反映直肠癌组织结构的复杂性,其定量参数 MD 和 MK 比 DWI 的定量参数 ADC 对直肠癌组织结构的复杂性更敏感。然而 DKI 对直肠癌病理分期的诊断价值尚未得到临床验证,还需要结合病理基础开展更进一步的研究。另外,胡飞翔等^[15]在一项研究中对 DKI 和 DWI 成像预测及评价直肠癌新辅助放化疗后病理完全缓解(pCR)的应用价值进行比较发现,DKI 的 MK 参数特异度高于 DWI,提示 DKI 可用于直肠癌患者在新辅助放化疗的疗效评价。本研究主要观察 DKI 在直肠腺癌中的应用价值。

3.1 DKI 各参数在直肠癌术前 T 分期中比较 本研究显示,MK 值在直肠癌各 T 分期的差异具有统计学意义,这与张玉娟等^[16]的研究结果类似,表明 MK 值可作为潜在的生物学指标应用于直肠癌术前分期中。究其原因,随着直肠癌 T 分期的增加,肿瘤病灶相对更大,肿瘤微血管组织等结构更复杂,细胞内密度更紧密,肿瘤向外浸润程度更深,瘤内可出现坏死囊变导致密度更加不均匀,其内微观结构更复杂。因此,中晚期直肠癌的肿瘤组织显微结

构较早期更为复杂和不均匀。组织的微观结构越复杂,水分子偏离高斯分布越明显,MK 值越高。所以临床上对早中期(T_1+T_2)患者多采用全直肠系膜切除术(total mesorectal excision, TME),对于局部晚期(T_3+T_4)患者一般先行新辅助化疗,然后再行手术。本研究发现, T_3+T_4 组的 MK 值高于 T_1+T_2 组,具有统计学意义。表明当临床仅凭高分辨 MRI 对 T_1+T_2 及 T_3+T_4 分期患者鉴别困难时,MK 值有一定的提示意义。本研究尚显示 MD 值在 T 分期各组之间差异无统计学意义。这是因为理论上随着 T 分期增加,病灶体积更大,恶性程度更高,细胞更密集,MD 值会降低;但实际上随着病灶增大,病灶内常出现坏死、出血及囊性变,进而导致 MD 值升高。这种病理变化过程导致 MD 值诊断价值有限。

3.2 DKI 参数在病理分级之间的比较 直肠癌的预后与肿瘤分化程度密切相关^[17],因此,术前评估肿瘤的分化程度在选择治疗方案及评估预后中有重要作用。有研究^[18]表明,应用 DKI 进行肿瘤分化程度的研究具有可操作性,认为 DKI 可用来评价组织内部微观结构的复杂性。本研究显示 MK 与病理分级正相关,MD 与病理分级负相关。直肠癌低分化的病理特征主要表现为周围组织解剖结构的浸润,细胞的增多、坏死、出血、内皮细胞增殖;其分化强度越低,肿瘤细胞所形成的腺体样结构越多,异型性越明显,肿瘤的异质性就越大。而高分化肿瘤病理学特征表现为肿瘤密度更均匀,细胞密度更低。所以低分化直肠癌比高分化直肠癌的肿瘤微环境更加复杂;肿瘤组织内部微环境越复杂,水分子扩散受限的程度就越严重,MD 值就越低;同时水分子发生非高斯运动的情况更多,偏离高斯运动的程度可能越大,MK 值越高^[19]。

3.3 DKI 参数在有无脉管侵犯之间的比较 直肠脉管有无侵犯是直肠癌患者的重要预后因素^[20-21]。有脉管侵犯的患者,说明肿瘤已经发生转移。有研究^[20-21]表明,有脉管内癌栓的直肠癌患者生存率明显低于无脉管癌栓患者。本研究显示,脉管有侵犯的情况下肿瘤病灶 MK 值更大,差异有统计学意义,这与王锦锦等^[22]研究结果类似。使用 ROC 曲线分析,MK 诊断脉管侵犯的阈值为 0.772,此时对应的灵敏度为 81.8%、特异度为 68.7%。MK 值主要反映组织的复杂性,有脉管侵犯的患者恶性程度更高,分化程度可能更低;肿瘤内部出现大量不成

熟新生血管,细胞体积更大、形态多样,细胞排列更紧密,内部结构更复杂,肿瘤内异质性更明显,MK 值就越高。MD 参数无明显差异,可能由于本组有脉管侵犯的病例较少,导致统计结果误差较大,有待后续较大样本量的进一步研究。

3.4 DKI 参数对是否有淋巴结转移的直肠癌的分析 实际工作中淋巴结转移的诊断准确率较低,常规磁共振有时难以区分炎性增生淋巴结及转移性淋巴结。有时即使 MRI 结果阴性,却不能排除淋巴结内的微转移^[23]。本研究结果表明有淋巴结转移的直肠癌患者,MK 值更高,MD 值更低,其差异有统计学意义,此研究结果与 Yamada 等^[11]及 Yu 等^[24]类似,ROC 曲线分析显示 MK、MD 联合使用时拥有最大的曲线下面积,诊断效能高,这表明有淋巴结转移直肠癌患者的病灶内水分子弥散受限程度及内部异质性较无淋巴结转移者更明显。一种可能的解释是,与侵袭性较弱的直肠肿瘤相比,侵袭性较强的直肠肿瘤(有淋巴结转移)的细胞大小和形状有着更明显的差异。在侵袭性较强的肿瘤组织中,细胞数量的增加通常会导致组织内屏障增多,扰乱细胞内外的正常平衡,从而限制了水的扩散,细胞内的微结构更复杂,更不均匀。本研究通过直接测量直肠癌病灶生物学特性间接反映淋巴结转移情况。

本研究存在一定局限性:病例数较少;b 值选取不同及测量者之间有差异;采用单层 ROI 勾画而非肿瘤全体积参数分析,不能充分反映肿瘤的异质性而出现偏倚现象。

综上所述,DKI 参数 MK 值可辅助诊断直肠癌 T 分期。MK 值、MD 与病理分级分别呈正、负相关性,可预测直肠癌病理分化程度。DKI 参数 MK 值可用来预测直肠癌周围脉管是否有侵犯。DKI 参数 MK、MD 值可辅助诊断直肠癌是否发生淋巴结转移,MK、MD 联合时具有更好的诊断效能。

参考文献

- [1] 王 宁,刘 硕,杨 雷,等. 2018 全球癌症统计报告解读[J]. 肿瘤综合治疗电子杂志,2019,5(1):87-97.
- [2] 国家卫生计生委医政医管局,中华医学会肿瘤学分会. 中国结直肠癌诊疗规范(2017 年版)[J]. 中华普通外科学文献(电子版),2018,12(3):145-159.
- [3] 代 珍,郑荣寿,邹小农,等. 中国结直肠癌发病趋势分析和预测[J]. 中华预防医学杂志,2012,46(7):598-603.
- [4] ZLOBEC I, LUGLI A. Prognostic and predictive factors in colorectal cancer[J]. J Clin Pathol, 2008, 61(5):561-569.

- [5] 黄 清, 朱海波, 周恩呈, 等. 脉管癌栓阳性与阴性的结直肠癌患者预后差异比较[J]. 中华全科医学, 2016, 14(10): 1647-1650.
- [6] 孙 荣, 姚 健, 杨 志, 等. 结直肠癌患者的临床特征及预后影响因素分析[J]. 中国肿瘤临床与康复, 2015, 22(12): 1420-1422.
- [7] MZOUGH I Z, BAYAR R, BACHA D, et al. Rectal adenocarcinoma: 154 cases prognosis study[J]. Tunis Med, 2016, 94(10):594-598.
- [8] HUANG Y, LIN Y, HU W, et al. Diffusion kurtosis at 3.0T as an in vivo imaging marker for breast cancer characterization: correlation with prognostic factors[J]. J Magn Reson Imaging, 2019, 49(3):845-856.
- [9] ABDALLA G, SANVERDI E, MACHADO P M, et al. Role of diffusional kurtosis imaging in grading of brain gliomas: a protocol for systematic review and meta-analysis[J]. BMJ Open, 2018, 8(12):e025123.
- [10] ZHU L H, ZHANG Z P, WANG F N, et al. Diffusion kurtosis imaging of microstructural changes in brain tissue affected by acute ischemic stroke in different locations[J]. Neural Regen Res, 2019, 14(2):272-279.
- [11] YAMADA I, YOSHINO N, HIKISHIMA K, et al. Oral carcinoma: clinical evaluation using diffusion kurtosis imaging and its correlation with histopathologic findings[J]. Magn Reson Imaging, 2018, 51:69-78.
- [12] CUI Y, YANG X, DU X, et al. Whole-tumour diffusion kurtosis MR imaging histogram analysis of rectal adenocarcinoma: correlation with clinical pathologic prognostic factors[J]. Eur Radiol, 2018, 28(4):1485-1494.
- [13] BOSMAN F T, CARNEIRO F, HRUBAN R H, et al. WHO classification of tumours of the digestive system[M]. 4th ed. Lyon: IARC press, 2010:1314.
- [14] 谢 辉, 吴光耀. 扩散峰度成像及直方图分析在直肠癌术前 T 分期中的应用价值[J]. 磁共振成像, 2018, 9(3): 208-213.
- [15] 胡飞翔, 童 彤, 彭卫军. 弥散峰度成像评价及预测直肠癌新辅助放疗后病理完全缓解的价值[J]. 肿瘤影像学, 2017, 26(1):49-57.
- [16] 张玉娟. 磁共振扩散峰度成像在胃癌侵袭性评估中的应用[D]. 南京:南京大学, 2017.
- [17] BORAS Z, KONDZA G, SISLJAGIĆ V, et al. Prognostic factors of local recurrence and survival after curative rectal cancer surgery: a single institution experience [J]. Coll Antropol, 2012, 36(4):1355-1361.
- [18] SUN Y, XIAO Q, HU F, et al. Diffusion kurtosis imaging in the characterisation of rectal cancer: utilizing the most repeatable region-of-interest strategy for diffusion parameters on a 3T scanner[J]. Eur Radiol, 2018, 28(12):5211-5220.
- [19] 文自强, 杨心悦, 陈 琰, 等. 磁共振成像扩散峰度成像在直肠癌组织学类型及病理分级中的应用[J]. 消化肿瘤杂志(电子版), 2018, 10(1):11-15.
- [20] 江慧洪, 林谋斌. DNA 甲基化在结直肠癌早期诊断中的研究进展[J]. 同济大学学报(医学版), 2019, 40(5):639-643.
- [21] LI X F, JIANG Z, GAO Y, et al. Combination of three-gene immunohistochemical panel and magnetic resonance imaging-detected extramural vascular invasion to assess prognosis in non-advanced rectal cancer patients [J]. World J Gastroenterol, 2016, 22(38):8576-8583.
- [22] 王锦锦. 3.0T MR 扩散峰度成像定量参数直方图分析与直肠腺癌病理预后因素的相关性研究及临床应用[D]. 苏州:苏州大学, 2019.
- [23] BAUER F. The importance of preoperative staging of rectal cancer using ultrparametric MRI part II: TNM cancer staging[J]. Chirurgia (Bucur), 2016, 111(6):463-475.
- [24] YU J, HUANG D Y, LI Y, et al. Correlation of standard diffusion-weighted imaging and diffusion kurtosis imaging with distant metastases of rectal carcinoma[J]. J Magn Reson Imaging, 2016, 44(1):221-229.

[本文编辑] 廖晓瑜, 贾泽军