

论 著

基于多模态MRI定量分析诊断宫颈癌宫旁浸润的研究*

牛俊巧 王 佳 刘 焱
曲 源 张建亮 李 辉*新疆维吾尔自治区人民医院放射影像中心
(新疆 乌鲁木齐 830001)

【摘要】目的 探讨多模态MRI定量分析诊断宫颈癌宫旁浸润的价值。方法 回顾性分析2019年1月~2021年12月新疆维吾尔自治区人民医院收治的86例宫颈癌患者临床资料,根据病理结果分为宫旁浸润组31例与非宫旁浸润组55例。所有患者均接受MRI常规平扫及扩散加权成像(DWI)扫描、动态对比增强磁共振成像(DCE-MRI)扫描,获得感兴趣区表观弥散系数(ADC)值和对比剂容积转换常数(K^{trans})、速率常数(K_{ep})、血管外细胞间隙容积分数(V_e)等多模态MRI定量参数。比较宫旁浸润组和非宫旁浸润组临床特征、ADC值和DCE-MRI定量参数;Pearson相关性分析宫颈癌宫旁浸润患者ADC值和 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 的关系;受试者工作特征曲线(ROC)分析ADC值和 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 对宫颈癌宫旁浸润的诊断效能。结果 宫旁浸润组与非宫旁浸润组肿瘤直径和病理分级的分布差异比较,差异有统计学意义($P<0.05$);宫旁浸润组 K^{trans} 、 K_{ep} 和 V_e 均明显高于非宫旁浸润组($P<0.05$);Pearson相关性显示,宫颈癌宫旁浸润患者ADC值与 V_e 值呈明显的正相关($P<0.05$);ROC显示, K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 值诊断宫颈癌宫旁浸润的曲线下面积(AUC)分别为0.876、0.821和0.864($P<0.05$)。结论 多模态MRI定量参数对宫颈癌宫旁浸润具有较好的诊断价值,可为宫颈癌宫旁浸润的影像诊断提供量化参考。

【关键词】多模态MRI; 扩散加权成像;
动态对比增强磁共振成像;
表观弥散系数; 宫颈癌; 宫旁浸润

【中图分类号】R445.2; R711.74

【文献标识码】A

【基金项目】新疆维吾尔自治区人民医院内项目
(20200210);
新疆维吾尔自治区自然科学基金资助
项目(2021D01C211)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.05.043

Diagnosis Value of Multimodal MRI Quantitative Analysis for Parametrial Infiltration in Cervical Cancer*

NIU Jun-qiao, WANG Jia, LIU Yan, QU Yuan, ZHANG Jian-liang, LI Hui*.

Radiography Center, People's Hospital of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830001, Xinjiang, China

ABSTRACT

Objective To explore the diagnosis value of multimodal MRI quantitative analysis for parametrial infiltration in cervical cancer. **Methods** A retrospective analysis was performed on the clinical data of 86 patients with cervical cancer admitted to People's Hospital of Xinjiang Uygur Autonomous Region between January 2019 and December 2021. According to pathological results, they were divided into parametrial infiltration group (31 cases) and non-infiltration group (55 cases). All underwent routine MRI plain scan, diffusion-weighted imaging (DWI) scan and dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI) scan to obtain multimodal MRI quantitative parameters [apparent diffusion coefficient (ADC) in region of interest (ROI), volume transfer constant (K^{trans}), rate constant (K_{ep}), extravascular extracellular space fractional volume (V_e)]. The clinical characteristics, ADC values and DCE-MRI quantitative parameters between the two groups were compared. The relationship between ADC value and K^{trans} , K_{ep} , V_e was analyzed by Pearson correlation analysis. The diagnostic efficiency of ADC value, K^{trans} , K_{ep} and V_e for parametrial infiltration was analyzed by receiver operating characteristic (ROC) curves. **Results** There were significant differences in tumor diameter and pathological grading between the two groups ($P<0.05$). K_{ep} and V_e in parametrial infiltration group were significantly higher than those in non-infiltration group ($P<0.05$). Pearson correlation analysis showed that ADC value was significantly positively correlated with V_e ($P<0.05$). ROC curves analysis showed that area under curve (AUC) values of K^{trans} , K_{ep} and V_e in the diagnosis of parametrial infiltration were 0.876, 0.821 and 0.864, respectively ($P<0.05$). **Conclusion** The multimodal MRI quantitative parameters have good diagnostic value for parametrial infiltration in cervical cancer, which can provide quantitative reference for imaging diagnosis of parametrial infiltration.

Keywords: Multimodal MRI; Diffusion-weighted Imaging; Dynamic Contrast-enhanced Magnetic Resonance Imaging; Apparent Diffusion Coefficient; Cervical Cancer; Parametrial Infiltration

宫颈癌宫旁浸润是宫颈癌组织突破宫颈间质浸润宫颈旁阔韧带内脂肪、血管、神经和淋巴管等结缔组织的女性生殖道恶性肿瘤,是鉴别IIA和IIB期的关键,也是决定宫颈癌治疗方式的主要因素^[1-2]。因此,采用简便准确率高的检查方法对是否存在宫旁浸润进行精准诊疗,是控制宫颈癌患者疾病发展、改善预后的重要保障。MRI是当前临床术前评价宫颈癌分期的重要影像学手段,可通过肿瘤大小、侵袭及淋巴结状态等信息对肿瘤异质性、浸润性和淋巴结转移进行无创评估,准确预测宫颈癌分期,有利于临床诊疗决策的制定^[3-4]。但MRI常规序列对宫颈癌的分期诊断主要通过组织解剖信息的置管观察,易受相似声像图的影响导致特异性较低,存在一定的应用局限性^[5]。多模态MRI是联合如扩散加权成像(diffusion-weighted Imaging, DWI)、动态对比增强磁共振成像(dynamic contrast enhanced magnetic resonance imaging, DCE-MRI)等可反映组织功能状态MRI序列及参数的多角度分析方法,具有客观、准确量化组织扩散状态和微循环灌注的优势,为宫颈癌宫旁浸润的评估提供了可靠的定量分析^[6-7]。既往研究报道了多模态MRI在宫颈癌盆腔良恶性淋巴结鉴别诊断的临床应用情况^[8],但目前临床关于宫颈癌宫旁浸润的多模态MRI定量分析相关研究较为少见。本研究主要基于多模态MRI定量分析诊断宫颈癌宫旁浸润的应用价值,旨在为宫颈癌术前精准的临床分期提供影像依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析2019年1月至2021年12月新疆维吾尔自治区人民医院收治的86例宫颈癌患者临床资料。

纳入标准:符合宫颈癌诊断标准^[9],经临床病理证实;FIGO分期为I期~II期;无MRI扫描禁忌,均接受MRI检查;临床资料完整。排除标准:合并严重脏器功能不全及免疫相关疾病;出现肿瘤转移;关键病理数据缺失;影像质量差,无法诊断和测量病变。根据病理结果分为宫旁浸润组31例与非宫旁浸润组55例。本研究符合《赫尔辛基宣言》相关伦理准则。

1.2 检查方法 使用PHILIP 3.0T超导磁共振扫描仪进行检查,使用人体表面线圈和相控阵线圈,依次进行TSE序列的横断位、矢状位、冠状位T₁WI和横断位及矢状位T₂WI等MRI常规平扫及DWI扫描、DCE-MRI扫描。患者采取仰卧头先进位,扫描过程中配合憋气。扫描参数设置:(1)DWI轴位扫描:TR=4000ms,TE=78ms,扩散加权因子(b)值分别选取0 s/mm²、1000s/mm²,层厚=3.5mm,层间距=1mm,视野(field of view, FOV)=24cm×24cm;(2)T₁WI:TR=150ms,TE=4ms,层厚

【第一作者】牛俊巧,女,主治医师,主要研究方向:腹部影像诊断。E-mail: jghg20230220@163.com

【通讯作者】李 辉,男,主任医师,主要研究方向:腹盆腔影像诊断。E-mail: jghg20230220@163.com

=3.0mm, 层间距=1mm, FOV=24cm×24cm; (3)T₂WI: TR=4000ms, TE=100ms, 层厚=3.0mm, 层间距=1mm, FOV=24cm×24cm; (4)DCE-MRI扫描: 以矢状位T₂WI为定位相, 以0.2mL/kg剂量和2.5mL/s注射速度经肘中静脉注入造影剂Gd-DTPA, 总剂量约20mL, 并以相同速度注入20mL生理盐水冲洗, 扫描完成后行矢状位及冠状位、横断位T₁WI脂肪抑制序列(T₁WI short tau inversion recovery, T₁WI STIR)平扫, 扫描参数: TR=4.07ms, TE=1.86ms, 层厚=3.0mm, 层间距=0.72mm, FOV=29.7cm×38.0cm。注入造影剂Gd-DTPA后以相同STIR序列及参数、定位重复扫描6期, 每期动态增强时间设置为30s, 获取动态增强图像, 将图像数据传输至后处理工作站进行后续处理。

1.3 图像后处理 由本院放射影像中心2位工作经验丰富的影像科医师在工作站上对获取的MRI图像进行双盲法阅片, 分析T₁WI、T₂WI、DWI及DCE-MRI肿瘤及周围组织的形态、信号特点, 统计并记录病例数及各成像序列上的影像特点, 评估宫颈癌是否存在宫旁浸润。结合DWI图像的ADC图上找出肿瘤位置, 取病灶最大层面的图像上手动勾勒出感兴趣区域(region of interest, ROI), 勾选过程中尽量避免病灶内囊变、坏死区域, 计算并记录ROI区表观弥散系数(apparent diffusion coefficients, ADC)值。将DCE-MRI图导入美国GE公司的Omni-Kinetics软件手动勾画出肿瘤及宫旁组织ROI, 记录系统定量参数, 包括对比剂容积转换常量(contrast agent volume transfer constant, K^{trans})、速率常数(rate constant, K_{ep})及血管外细胞间隙容积分数(extravascular extracellular space fractional volume, V_e)值。

1.4 统计学处理 数据分析使用SPSS 21.0统计学软件, 计量资料采用($\bar{x} \pm s$)表示, 差异采用t检验, 计数资料用%表示, 差异采用 χ^2 检验; Pearson相关性分析宫颈癌宫旁浸润患者ADC值和K^{trans}、K_{ep}、V_e等多模态MRI定量参数的关系; 受试者工作特征曲

线(receiver operating characteristic curve, ROC)分析ADC值和K^{trans}、K_{ep}、V_e等多模态MRI定量参数对宫颈癌宫旁浸润的诊断效能; 以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 宫颈癌宫旁浸润的MRI表现 宫颈癌的MRI典型表现为T₁WI等信号和T₂WI稍高信号, 宫颈癌宫旁浸润的MRI典型表现通常为肿瘤组织突破宫颈范围向宫旁组织侵犯, 局部可发现软组织肿块, 周围脂肪间隙浸润及分界不清。T₂WI序列宫颈间质低信号完整性破坏, 存在明显的肌纤维基质低信号中断现象, DWI序列中呈现高信号, DCE-MRI呈现为显著的强化, 增强扫描后期呈弱强化, K^{trans}伪彩图呈蓝红黄混杂, K_{ep}伪彩图呈以蓝红混杂为主, V_e伪彩图呈红蓝混杂。见图1。

2.2 宫旁浸润组和非宫旁浸润组临床特征比较 宫旁浸润组与非宫旁浸润组年龄、BMI无显著差异(P>0.05); 两组肿瘤直径和病理分级的分布差异比较, 差异有统计学意义(P<0.05)。见表1。

2.3 宫旁浸润组和非宫旁浸润组ADC值和DCE-MRI定量参数比较 宫旁浸润组ADC值低于非宫旁浸润组, 但两组间差异无统计学意义(P>0.05); 宫旁浸润组K^{trans}、K_{ep}和V_e均明显高于非宫旁浸润组(P<0.05)。见表2。

2.4 宫颈癌宫旁浸润患者ADC值和DCE-MRI定量参数的相关性分析 Pearson相关性显示, 宫颈癌宫旁浸润患者ADC值和K^{trans}、K_{ep}无相关性(r=0.114, 0.642, P>0.05), 与V_e值呈正相关关系(r=0.035, P<0.05)。见图2。

2.5 DCE-MRI定量参数对宫颈癌宫旁浸润的诊断效能 ROC结果显示, K^{trans}、K_{ep}、V_e值诊断宫颈癌宫旁浸润的曲线下面积(area under the curve, AUC)分别为0.876、0.821和0.864, 提示K^{trans}对宫颈癌宫旁浸润具有最佳诊断效能(P<0.05)。见图3、表3。

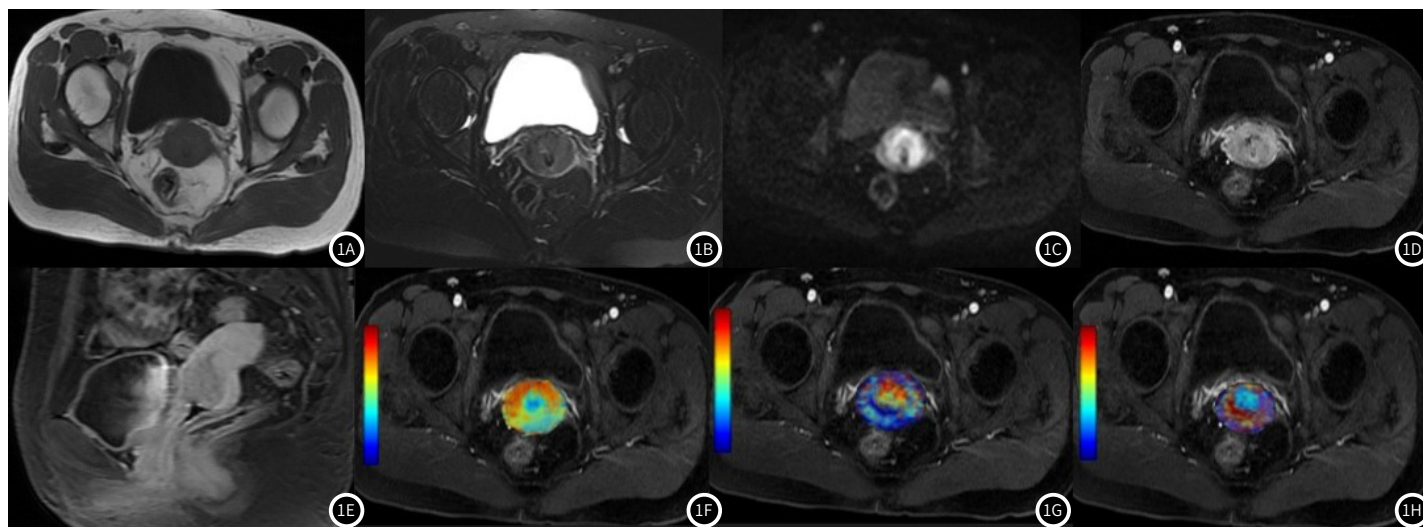


图1A-图1H 宫颈癌宫旁浸润MRI典型图片; 图1A T₁WI序列 宫颈增大, 宫颈肿块呈等信号; 图1B T₂WI序列宫颈表面低信号中断; 图1C DWI序列b=1000宫颈肿块呈明显高信号; 图1D T₁增强轴位 肿块强化, 宫颈前壁、右侧壁边缘毛糙, 局限性向外突出; 图1E T₁增强矢状位, 肿块较正常肌层呈略低强化; 图1F K^{trans}伪彩图; 图1G K_{ep}伪彩图; 图1H V_e伪彩图。

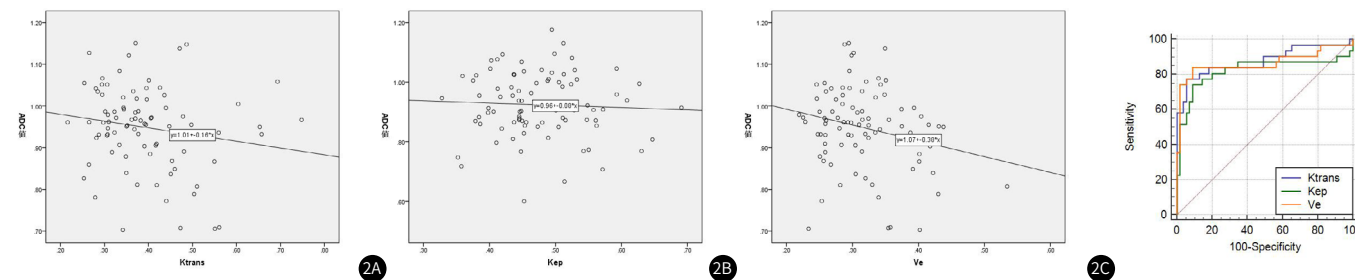
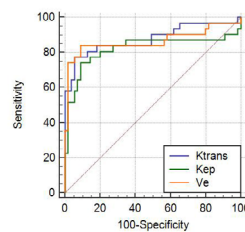


图2A-图2C K^{trans}、K_{ep}、V_e与ADC值的相关性分析

图3 DCE-MRI定量参数预测宫颈癌宫旁浸润的ROC曲线



3

表1 宫旁浸润组和非宫旁浸润组临床特征比较[例(%)]

指标	宫旁浸润组(n=31)	非宫旁浸润组(n=55)	t/χ ²	P
年龄(岁)	49.95±5.80	50.18±5.49	0.182	0.855
BMI(kg/m ²)	23.72±1.45	23.44±1.02	0.046	0.298
肿瘤直径(cm)	<4 ≥4	34(61.82) 21(38.18)	6.144	0.013
病理分级	低分化 中分化 高分化	21(38.18) 32(58.18) 2(3.64)	8.596	0.014

表2 宫旁浸润组和非宫旁浸润组ADC值和DCE-MRI定量参数比较

组别	例数	ADC值(×10 ⁻³ mm ² /s)	K ^{trans} (min ⁻¹)	K _{ep} (min ⁻¹)	V _e
宫旁浸润组	31	0.89±0.12	0.49±0.10	0.62±0.09	0.36±0.07
非宫旁浸润组	55	0.92±0.09	0.34±0.05	0.47±0.06	0.29±0.04
t值		1.312	9.281	13.156	5.912
P值		0.192	0.000	0.000	0.000

3 讨 论

宫颈癌是感染人乳头瘤病毒引起的常见女性生殖系统恶性肿瘤，通过影像检查早期明确诊断患者是否出现宫旁浸润等病理特征，是指导根据临床分期制定合理治疗方案的关键^[10]。目前临床多使用安全、无辐射、组织分辨率高的MRI检查对宫颈癌宫旁浸润进行多角度、多方位成像观察和评估诊断，但较易受检查者主观因素影响导致诊断误差^[11]。近年来DWI和DCE-MRI等多模态MRI定量参数在可通过水分子扩散和血管生成信息反映肿瘤的组织微循环特性，在肿瘤临床分期的辅助决策中应用广泛^[12-13]。本研究主要探讨分析多模态MRI定量分析在宫颈癌宫旁浸润的应用价值。

本研究中，宫颈癌的MRI典型表现为T₁WI等信号和T₂WI稍高信号，宫颈癌宫旁浸润的MRI典型表现通常为肿瘤组织突破宫颈范围向宫颈旁组织侵犯，局部可发现软组织肿块，周围脂肪间隙浸润及分界不清。T₂WI序列宫颈间质低信号完整性破坏，存在明显的肌纤维基质低信号中断现象，DCE-MRI呈现为显著的强化，增强扫描后期呈弱强化^[14]。DWI序列中呈现高信号，ADC呈低信号^[15]。本研究结果显示，宫旁浸润组与非宫旁浸润组肿瘤直径、FIGO分期和病理分级的分布差异显著，说明肿瘤直径大和病理分化低的宫颈癌患者更容易出现宫旁浸润，提示临床应重点关注具备上述临床特征的宫颈癌患者，给予相关检查对其宫旁浸润风险进行早期评估和干预，以改善远期生存率。

本研究结果显示，宫旁浸润组ADC值与非宫旁浸润组无显著差异，但K^{trans}、K_{ep}和V_e均明显高于非宫旁浸润组，与许敏^[16]等研究结果类似，说明K^{trans}、K_{ep}和V_e等DCE-MRI定量参数可作为评估宫颈癌宫旁浸润的多模态MRI参考指标。DWI可从分子水平观察肿瘤病灶内部微环境的变化，在肿瘤浸润程度及邻近组织侵犯评估中具有明显的优势，宫颈癌宫旁浸润癌细胞生长快，血管密度较未出现宫旁浸润患者增高，微循环灌注明显，表现为ADC值降低^[17]。DCE-MRI经静脉注入造影剂后使其时间、空间分辨率显著提高，可通过定量参数K^{trans}、K_{ep}和V_e值对造影剂灌注情况进行实时分析，观察判断病灶内部的血管及细胞密度情况，存在临近组织侵犯的肿瘤患者相对应病灶的K^{trans}、K_{ep}、V_e值越高^[18-19]。研究发现^[20]，K^{trans}、K_{ep}、V_e值在宫颈癌宫旁浸润评估效果早于其形态学改变，分析其原因可能与癌细胞侵犯周围淋巴管造成组织血管外细胞外间隙内成分发生变化有关。本研究采用Pearson相关性分析ADC值和DCE-MRI定量参数的关系，结果显示宫颈癌宫旁浸润患者ADC值和K^{trans}、K_{ep}无相关性，而与V_e值呈明显的正相关关系，说明宫颈癌宫旁浸润患者体内反映ADC值的水分子运动可能还与其组织微小循环灌注有关，证实了DCE-MRI定量参数对宫颈癌宫旁浸润的可靠的评估效果。ROC结果显示，K^{trans}、K_{ep}、V_e值诊断宫颈癌宫旁浸润的AUC分别为0.876、0.821和0.864，敏感度、特异度分别为77.4%、74.2%、83.9%和94.5%、90.9%和

表3 DCE-MRI定量参数预测宫颈癌宫旁浸润的ROC特征

指标	AUC	标准误	敏感度	特异度	截断值	95%CI	P
K ^{trans} 值	0.876	0.046	77.4%	94.5%	0.43min ⁻¹	0.788~0.937	0.000
K _{ep} 值	0.821	0.059	74.2%	90.9%	0.55min ⁻¹	0.724~0.895	0.000
V _e 值	0.864	0.052	83.9%	89.7%	0.34	0.773~0.928	0.000

89.7%，提示K^{trans}对宫颈癌宫旁浸润具有最佳诊断效能，其中V_e诊断宫颈癌宫旁浸润的敏感度最高。K^{trans}、K_{ep}和V_e等多模态MRI定量参数弥补了以往影像医师主观评估宫颈癌宫旁浸润风险带来的误差，有效提高了诊断的准确性。

综上所述，宫颈癌宫旁浸润患者表现为ADC值降低和K^{trans}、K_{ep}和V_e升高，多模态MRI定量参数对宫颈癌宫旁浸润具有较好的诊断价值，可为宫颈癌宫旁浸润的影像诊断提供量化参考。本研究的不足之处在于选取的样本数量有限，可能存在一定的统计偏倚及误差，后续仍需加大样本量深入研究验证。

参考文献

[1] Xu C, Ma T, Sun H, et al. Markers of prognosis for early stage cervical cancer patients (Stage IB1, IB2) undergoing surgical treatment [J]. Front Oncol, 2021, 2 (11): 6593-6594.

[2] Ran C, Sun J, Qu Y, et al. Clinical value of MRI, serum SCCA, and CA125 levels in the diagnosis of lymph node metastasis and para-uterine infiltration in cervical cancer [J]. World J Surg Oncol, 2021, 19 (1): 343-344.

[3] Wang T, Sun H, Han F, et al. Evaluation of parametrial infiltration in cervical cancer with voxel-based segmentation of integrated ¹⁸F-FDG PET/MRI images: a preliminary study [J]. Eur J Radiol, 2019, 11 (8): 147-152.

[4] 张伟峰. MRI在诊断宫颈癌宫旁浸润中的研究进展 [J]. 医学影像学杂志, 2019, 29 (4): 670-673.

[5] 葛玉蕾, 杨国英, 周明. 术前MRI检查对宫颈癌病理分期及宫旁浸润评估的诊断价值 [J]. 现代仪器与医疗, 2021, 27 (6): 55-58.

[6] Hori M, Kamiya K, Murata K. Technical basics of diffusion-weighted imaging [J]. Magn Reson Imaging Clin N Am, 2021, 29 (2): 129-136.

[7] Ramirez-Suarez KI, Tierradentro-Garcia LO, Smith CL, et al. Dynamic contrast-enhanced magnetic resonance lymphangiography [J]. Pediatr Radiol, 2022, 52 (2): 285-294.

[8] 邢彦粉, 姚刚, 梁志鹏. 多模态MRI在宫颈癌盆腔恶性肿瘤淋巴结鉴别诊断的临床应用价值 [J]. 医学影像学杂志, 2022, 32 (8): 1356-1364.

[9] Koh WJ, Abu-Rustum NR, Bean S, et al. Cervical cancer, version 3. 2019, NCCN clinical practice guidelines in oncology [J]. J Natl Compr Canc Netw, 2019, 17 (1): 64-84.

[10] 闵智乾, 靳荣辉, 陈丽宏, 等. 多模态MRI评价I B1-II A2期宫颈癌宫旁浸润的应用研究 [J]. 实用肿瘤学杂志, 2022, 36 (5): 424-428.

[11] Qi YF, He YL, Lin CY, et al. Diffusion-weighted imaging of cervical cancer: feasibility of ultra-high b-value at 3T [J]. Eur J Radiol, 2020, 12 (4): 1087-1088.

[12] Gupta A, Caravan P, Price WS, et al. Applications for transition-metal chemistry in contrast-enhanced magnetic resonance imaging [J]. Inorg Chem, 2020, 59 (10): 6648-6678.

[13] Bordonaro V, Ciancarella P, Ciliberti P, et al. Dynamic contrast-enhanced magnetic resonance lymphangiography in pediatric patients with central lymphatic system disorders [J]. Radiol Med, 2021, 126 (5): 737-743.

[14] 李小燕, 孙洪赞, 卢再鸣. 宫颈癌宫旁浸润影像诊断研究进展 [J]. 现代肿瘤医学, 2020, 28 (9): 1571-1574.

[15] 赵波, 舒健, 刘艳. 1.5T MRI常规平扫与增强扫描检查对宫颈癌病理学特征及术前分期的诊断价值研究 [J]. 实用医院临床杂志, 2019, 16 (2): 67-70.

[16] 许敏, 何永胜, 戚轩, 等. ADC值和DCE-MRI定量参数对宫颈癌宫旁浸润的判定价值 [J]. 医学影像学杂志, 2022, 32 (3): 480-483.

[17] 黄建峰, 刘碧华. MRI评估宫颈癌宫旁浸润的研究进展 [J]. 癌症进展, 2022, 20 (16): 1627-1631.

[18] 何月明, 范良生, 罗锦文, 等. 基于MR-T₂WI纹理特征的决策树分类分析在FIGO-II期宫颈癌宫旁浸润中的诊断价值 [J]. 放射学实践, 2020, 35 (12): 1560-1565.

[19] 吴爽, 杨林沙, 郑涛, 等. 基于磁共振影像组学的列线图对宫颈癌淋巴管间隙浸润的评估研究 [J]. 中国医学装备, 2022, 19 (4): 30-36.

[20] 杨杨, 钱银锋. 体素内不相干运动扩散加权成像联合基于T₂WI纹理分析对宫颈癌宫旁浸润的诊断价值 [J]. 实用放射学杂志, 2021, 37 (7): 1140-1143.

(收稿日期: 2023-02-28) (校对编辑: 翁佳鸿)