

论 著

T2WI联合ADC值对判断直肠腺癌固有肌层突破及癌旁肿瘤沉积的临床价值*

李雪娇¹ 卢廷勇² 唐 秋²
陈河林² 郑 欣^{2,*} 文 明³

1.重庆市中医院放射科(重庆 400021)

2.重庆市潼南区中医院放射科(重庆 402660)

3.重庆医科大学附属第一医院放射科
(重庆 400016)

【摘要】目的 探讨T2WI联合ADC值预测直结肠腺癌固有肌层突破及癌旁肿瘤沉积(TDs)的临床应用价值。**方法** 将2018年1月至2023年6月间经病理证实的81例直结肠腺癌患者MR图像进行回顾性总结。分别测量肿块的ADC_{mean}、ADC_{min}及ADC_{msi},分析其对判断直结肠腺癌固有肌层突破及TDs的诊断效能。**结果** ADC_{mean}值预测直结肠腺癌肌层突破及TDs时,其线下面积(AUC)分别为0.762和0.781,联合T2WI对判断肿块固有肌层突破的符合率为91.4%;ADC_{min}值预测直结肠腺癌肌层突破及TDs时,其AUC分别为0.720和0.756,联合T2WI对判断肿块固有肌层突破的符合率为86.4%;ADC_{msi}值预测直结肠腺癌肌层突破及TDs时,其AUC分别为0.675和0.729,联合T2WI对判断肿块固有肌层突破的符合率为82.7%。**结论** T2WI联合ADC值对预测直结肠腺癌的固有肌层突破及TDs具有临床应用价值,而ADC_{mean}值作为影像指标综合效能最好。

【关键词】 磁共振成像; 表观扩散系数;
直肠肿瘤; 诊断效能

【中图分类号】 R735.3+7

【文献标识码】 A

【基金项目】 重庆市潼南区2021年区级实施项目(TK-2021-18);
成都中医药大学2020年度
“杏林学者”医院专项
(YYZX2020039);
成都中医药大学2020年度教改课题
(JGJD202031)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.01.045

The Clinical Value of T2WI Combined ADC Value in the Detection of Muscle Breakthrough and Paracancer Tumor Deposition in Rectal Adenocarcinoma*

Li Xue-jiao¹, LU Ting-yong², TANG Qiu², CHEN He-lin^{2,*}, ZHENG Xin^{2,*}, WEN Ming³.

1.Department of Radiology,Chongqing Traditional Chinese Medicine Hospital, Chongqing 400021, China

2.Department of Radiology,Chongqing Tongnan Hospital of Traditional Chinese Medicine, Chongqing 402660, China

3.Department of Radiology,The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China

ABSTRACT

Objective To investigate the clinical application value of T2WI combined ADC value in predicting the intramural breakthrough and paracancer tumor deposition (TDs) in rectal adenocarcinoma. **Methods** A retrospective analysis was performed on MR images of 81 patients with pathologically confirmed rectal adenocarcinoma from January 2018 to June 2023. The ADC_{mean},ADC_{min},and ADC_{msi} values of the lesions were measured, and their diagnostic performance in predicting intramuscular invasion and TDs was evaluated. **Results** The AUC for predicting intramuscular invasion and TDs using ADC_{mean} was 0.762 and 0.781, with a combined accuracy rate of 91.4% when using both ADC_{mean} and T2WI for prediction. The AUC for predicting intramuscular invasion and TDs using ADC_{min} was 0.720 and 0.756,with an accuracy rate of 86.4% when using both ADC_{min} and T2WI for prediction.The AUC for predicting intramuscular invasion and TDs using ADC_{msi} was 0.675 and 0.729,with an accuracy rate of 82.7% when using both ADC_{msi} and T2WI for prediction. **Conclusion** T2WI combined ADC value has clinical application value in predicting the muscularis propria breakthrough and TDs of rectal adenocarcinoma, and ADC_{mean} value as an image index has the best comprehensive efficacy.

Keywords: Magnetic Resonance; Apparent Diffusion Coefficient; Rectal Cancer; Diagnostic Efficiency

晚期直肠癌(T3~4期)接受外科治疗前先进行新辅助化疗(NAT),其局部的复发风险较直接接受外科手术的患者降低约50%^[1],而早期直肠癌(T1-2期)则术前不需进行NAT。中国结直肠癌诊疗规范(2020版)将T2期与T3期鉴别的是根据直肠癌肿块浸润范围是否突破固有肌层来定义^[2]。癌旁的肿瘤沉积(tumor deposits, TDs)与直肠癌术后复发与转移关系较密切,合并TDs的患者生存率明显减低^[3]。因此术前判断直肠癌固有肌层突破及TDs具有重要的临床价值。研究显示肿块的表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC值)与直肠癌组织类型及直肠癌分期存在相关性^[4];当ADC值的测量方法不同时,所获得ADC值是否对预测直肠癌T3-4期及TDs产生影响,现阶段其研究相对较少。本研究拟分析T2WI序列联合不同方法测量所获得的ADC值,对预测直肠癌固有肌层突破及TDs的应用价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象 收集自2018年1月至2023年6月间,行腹盆腔MRI检查,且确诊的直肠腺癌患者81例,其中男性42例,女性39例,男女比率1.08/1;年龄区间为44~78岁,平均(59.75±8.42)岁。本研究的病例入组标准为:(1)入组病例在外科治疗前均未接受放射治疗及药物干预;(2)MR扫描时其扫描参数一致;(3)所得图像均满足影像质控标准;(4)手术治疗在完成MR检查1周内进行,且其病理结果完整。排除标准:(1)合并有其他类型的肿瘤;(2)严重的肝肾功能异常;(3)患者有MRI检查的禁忌症。

本研究入组病例含有5例高分化腺癌,49例中分化腺癌,27例低分化腺癌。依据病理结果肿瘤是否突破固有肌层为基础,本研究将入组病例分为肌层突破组和肌层未突破组;其中未突破组病例为30例;突破组病例为51例。证实TDs的病例为15例,未出现TD病例为66例。所有患者在接受检查前已签订知情同意书及钆对比剂使用同意书;本研究已通过重庆市潼南区中医院伦理委员会的伦理审查。

1.2 MR检查方法 患者以仰卧足位接受MR检查;为降低肠道内容物对于MR图像的影像,患者禁食4小时再行MR检查。MR设备选择GE医疗3.0T MR扫描仪,体部相控阵线圈选用8通道。MR扫描序列采用:矢状位及冠状位的非脂肪T2WI序列,重复时间(repetition time, TR)3500ms,回波时间(echo time, TE)90ms,层厚选择5mm,层间距1mm,激励次数(number of excitation, NEX)2,扫描野(scan field of view, FOV)400mm×400mm,矩阵512×512;横断位DWI选择单次激发平面回波成像序列,TR 4600ms,TE 65ms,层厚3mm,层间距1mm,NEX 6,FOV 280mm×280mm,矩阵256×256;扩散敏感系数(b值)为0s/mm²和1000s/mm²。动态增强扫描采用

【第一作者】李雪娇,女,主治医师,主要研究方向:腹部影像组学。E-mail: 1272968707@qq.com

【通讯作者】郑 欣,男,副主任医师,主要研究方向:腹部磁共振诊断。E-mail: pilot1384@sina.com

LAVA序列, TR 2.6ms, TE 1.2ms, 层厚3mm, NEX 1, FOV 310mm×310mm, 矩阵大小256×256,共采集5次。选择钆喷酸葡胺注射液作为对比剂,依据0.1mmol/kg来确定对比剂用量,速率的选择是2mL/s。

1.3 ADC值测量 检查结束后,将图像传送至GE公司AW4.6工作站,利用系统自备的Functool软件重建ADC图,使用自由笔功能勾画肿瘤活性区域的感兴趣区(region of interest, ROI)。本研究参考笔者既往研究所采用的ADC值勾勒方案^[5]:(1)勾勒T2WI序列中肿块实性成分最明显的区域(图2B),并在相应ADC图像上将其勾勒出来作为ROI(图2C),所获得的ADC值作为(ADC_{mean});(2)测量并记录ADC值肿瘤增强图像上强化最明显的区域(图2D)作为ROI,并在ADC图上找到相应区域(图2E)测量其ADC值(ADC_{msi});(3)测量肿瘤ADC图上视觉最黯淡的区域(图2F)的ADC值(ADC_{min}),ROI面积为10-20mm²。由两名10年以上诊断经验的影像医师分别测量,每种方法均测量3次取平均值作为最终的ADC值。在前述的测量中,应避免病灶内较明显的坏死、囊变区域。若对ROI选择存在歧义时协商解决。

1.4 本研究判断直肠癌固有肌层突破及TDs的标准 因高分辨率T2WI在直肠癌的局部分期起着关键作用^[6],本研究以T2WI序列判断结果为基础。T2WI序列可明确诊断时以T2WI结果为准;当

T2WI序列对肿块固有肌层突破及TD的判断可能具有歧义时,结合ADC图及ADC值综合判断。由两名有5年以上腹部诊断经验的医师对图像进行判读;所有结果将由一名19年诊断经验的副主任医师进行复核。以病理结果作为最终诊断依据。

1.5 统计学方法 数据分析分别采用SPSS 26.0及MedCalc 19.0。当计量数据有正态分布的趋势时,则以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)方式进行标示,采用独立样本t检验分析;分析ADC值对直肠癌患者肌层产生突破的预测效能时,则以受试者工作特征曲线(ROC)来分析并明确诊断阈值。以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料 本研究突破组及未突破组患者的性别及年龄间均不存在统计学差异(P>0.05)。

2.2 不同勾勒方法取得ADC值测量结果的一致性比较 ADC_{msi}的一致性组间相关系数(ICC)值为0.815;ADC_{mean}的一致性ICC值为0.752;ADC_{min}的一致性ICC值为0.761;提示ADC_{msi}值测量结果一致性很好,ADC_{mean}和ADC_{min}值测量结果的一致性较好。

2.3 ADC值对于判断直肠癌固有肌层突破及TDs的价值 本研究所测量的ADC_{mean}、ADC_{msi}及ADC_{min}对判断直肠癌腺癌固有肌层突破及TDs均具有统计学价值,具体数据如表1、表2。

表1 ADC值判断直肠癌固有肌层突破的效能

ADC值	突破组(10 ⁻³ mm ² /s)	未突破组(10 ⁻³ mm ² /s)	t值	P值	阈值(10 ⁻³ mm ² /s)	线下面积(AUC)	敏感度	特异度
ADC _{mean}	1.085±0.032	1.056±0.025	4.548	0.000	1.07	0.762	80.39%	63.33%
ADC _{msi}	0.992±0.055	0.958±0.058	2.577	0.012	0.996	0.675	62.75%	73.33%
ADC _{min}	0.867±0.047	0.839±0.033	3.372	0.001	0.854	0.720	78.43%	66.67%

表2 ADC值判断直肠癌合并TDs的效能

ADC值	TD组(10 ⁻³ mm ² /s)	无TD组(10 ⁻³ mm ² /s)	t值	P值	阈值(10 ⁻³ mm ² /s)	线下面积(AUC)	敏感度	特异度
ADC _{mean}	1.072±0.031	1.043±0.023	3.489	0.001	1.05	0.781	73.33%	71.21%
ADC _{msi}	0.979±0.056	0.931±0.059	3.007	0.004	0.986	0.729	86.67%	59.09%
ADC _{min}	0.850±0.034	0.824±0.030	2.788	0.007	0.823	0.756	73.33%	83.33%

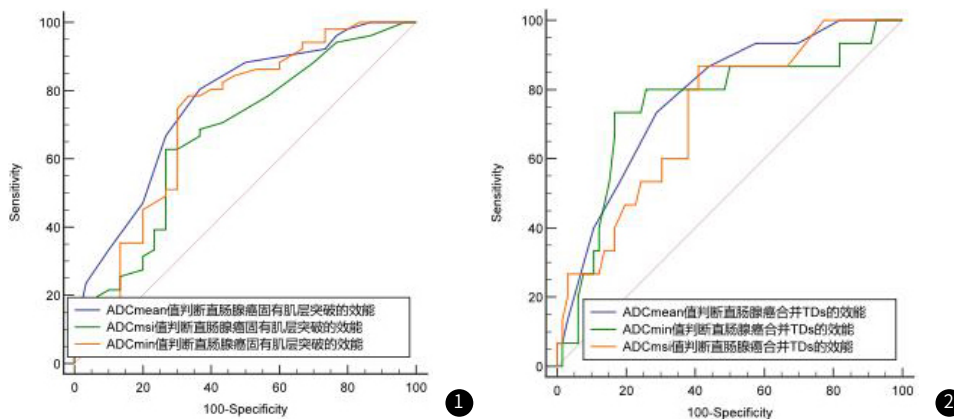


图1 利用ADC值评价直肠癌固有肌层突破的诊断效能。图2 利用ADC值评价直肠癌TDs的诊断效能。

2.4 不同ADC值联合T2WI评价直肠癌肌层突破的临床应用价值 ADC_{mean}联合T2WI鉴别直肠癌肌层突破其整体符合率为91.4%(74/81);ADC_{msi}联合T2WI鉴别直肠癌肌层突破其整体符合率为82.7%(67/81);ADC_{min}联合T2WI鉴别直肠癌肌层突破其整体符合率为86.4%(70/81)。

表3 ADC_{mean}联合T2WI鉴别对鉴别直肠癌肌层突破

ADC _{mean} + T2WI	术后病理分期		合计
	未突破组	突破组	
未突破组	26	3	29
突破组	4	48	52
合计	30	51	81

表4 ADC_{msi}联合T2WI鉴别对鉴别直肠癌肌层突破

ADC _{msi} + T2WI	术后病理分期		合计
	未突破组	突破组	
未突破组	23	7	30
突破组	7	44	51
合计	30	51	81

表5 ADC_{min}联合T2WI鉴别对鉴别直肠癌肌层突破

ADC _{min} + T2WI	术后病理分期		合计
	未突破组	突破组	
未突破组	24	5	29
突破组	6	46	52
合计	30	51	81

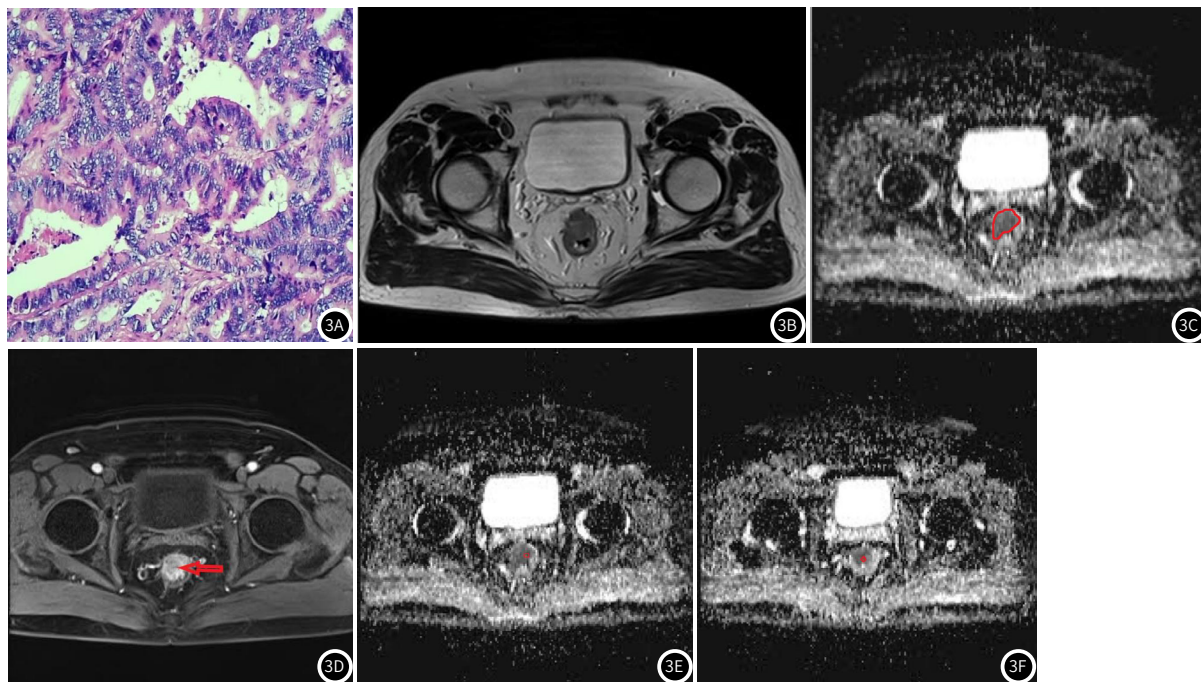


图3A~3D 68岁男性患者，中分化腺癌，侵出外膜层，合并脉管侵犯。图3A为该患者术后病理切片的图像(HE染色，20倍放大)；图3B为肿块最大层面的图像，图3C测量ADC_{mean}值为 $1.04 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ ；图3D为患者增强扫描图像，显示强化明显的区域；图3E测量ADC_{msi}值为 $0.976 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ ；图3F测量患者ADC_{min}值为 $0.889 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 。

3 讨论

因直肠癌是否突破固有肌层决定了治疗方案选择^[2]，而合并TDs的患者生存率明显减低；因此有学者利用影像学方法对其进行了探讨。You等发现利用ADC图的纹理分析可提高T1-2期与T3-4期直肠癌的诊断准确率^[7]；Jin等利用T2WI联合深度学习可以较好的预测TDs^[8]。本研究拟分析联合T2WI和ADC值对评价直肠癌固有肌层突破的临床应用价值；因HRT2WI可视为术前诊断TDs的工具^[9]，故本研究仅分析ADC值对判断直肠癌TDs的价值，为临床提供参考。

DWI是一种可反映活体组织病理生理学改变的无创性检查技术，并将这些特征以ADC值的形式进行定量反应^[10]。当肿块内肿瘤细胞密集、增生活跃时，此时其核浆比值增加，肿瘤细胞内水分子的布朗运动能力减弱，表现为ADC值下降；因此当直肠癌T分期升高时，其ADC值存在下降的趋势^[11]。而动态增强作为一个MR功能成像，可以反应肿瘤的微循环状态^[12]；而肿瘤恶性程度与K_{trans}存在正相关^[13-14]。MSI反映了组织微循环的血流量^[15]，当MSI斜率较高时体现在增强图像上就是强化明显的区域。本研究发现ADC_{mean}值、ADC_{min}值及ADC_{msi}值对于判断直肠癌固有肌层

突破及TD时，入组病例间的ADC值均存在差异($P < 0.05$)。

ADC_{mean}值的特点是能够较客观的反映肿块的整体特征，笔者既往曾利用ADC_{mean}值的测量方法来预测中-低分化直肠癌的病理类型发现其临床价值更佳^[16]。本研究发现ADC_{mean}值选择 $1.07 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 作为阈值，对判断直肠癌固有肌层突破的敏感度和特异度分别为80.39%和63.33%，因其较高的敏感度可用于临床筛选；且ADC_{mean}联合T2WI鉴别直肠癌肌层突破其整体诊断符合率为91.4%。本研究同时发现直肠癌出现TDs和未出现TDs病例间ADC_{mean}存在差异。

虽有研究表明动态增强参数K_{ep}、V_e可用于鉴别T1-2期与T3a期直肠癌^[17]，MRI诊断T1-2期直肠癌更具优势^[18]，但临床工作中动态增强的价值多集中在利用肿块的强化程度来判断肿块的坏死区域及周围侵犯情况，动态增强参数对肿块性质判断的应用远不如ADC值。故本研究将关注点放在肿块强化明显区域，因该区域的新生血管丰富，肿瘤细胞的活性较高；故将该区域作为ADC值的测量部位。本研究发现ADC_{msi}值联合T2WI对判断直肠癌固有肌层突破的整体诊断符合率为82.7%；同时ADC_{msi}值对于判断直

肠腺癌TDs具有价值($P<0.01$)。

ADC_{min}值在直肠癌术前T分期的应用相对较少;目前临床上多用于术前预测直肠癌的病理类型, Liu等^[19]研究发现ADC_{min}可用于判断直肠癌的分化好与差,还可以作为评价直肠癌侵袭能力的定量指标。本研究发现ADC_{min}值对评价直肠腺癌的固有肌层突破及TDs具有价值($P<0.01$);且ADC_{min}值联合T2WI对于判断直肠腺癌固有肌层突破整体符合率为86.4%,其应用价值在三种方法处于中等。

本研究的不足:入组病例数较少,可能存在选择偏倚,今后在扩大样本继续探讨。总之,T2WI联合ADC值对预测直肠腺癌的固有肌层突破及TDs具有临床应用价值,其中ADC_{mean}值作为影像指标综合效能最好。

致谢:本研究的部分病例由重庆医科大学附属第一医院文明教授提供。作者利益冲突声明:全部作者均声明无利益冲突。

参考文献

- [1] Van Gijn W, Marijnen CA, Nagtegaal ID, et al. Preoperative radiotherapy combined with total mesorectal excision for resectable rectal cancer: 12-year follow-up of the multicentre, randomised controlled TME trial [J]. *Lancet Oncol*, 2011, 12: 575-582.
- [2] 中国结直肠癌诊疗规范(2020版)专家组. 国家卫生健康委员会中国结直肠癌诊疗规范(2020版) [J]. *中华胃肠外科杂志*, 2020, 23(6): 521-540.
- [3] Hsieh MH, Kung PT, Kuo WY, et al. Recurrence, death risk, and related factors in patients with stage 0 colorectal cancer: a nationwide population-based study [J]. *Medicine*, 2020, 99(36): e21688.
- [4] Li H, Chen GW, Liu YS, et al. Assessment of histologic prognostic factors of resectable rectal cancer: comparison of diagnostic performance using various apparent diffusion coefficient parameters [J]. *Sci Rep*, 2020, 10(1): 11554.
- [5] 郑欣, 张宏江, 赵英, 等. 不同测量方法所得直肠腺癌肿块ADC值与其病理学特征的对照研究 [J]. *肿瘤影像学*, 2018, 27(6): 499-503.
- [6] Li M, Xu X, Qian P, et al. Texture analysis in the assessment of rectal cancer: comparison of T2WI and diffusion-weighted imaging [J]. *Comput Math Methods Med*, 2021, 15(9): 9976440.
- [7] You J, Yin J. Performances of whole tumor texture analysis based on MRI: predicting preoperative t stage of rectal carcinomas [J]. *Front Oncol*, 2021, 11: 678441.
- [8] Jin YM, Yin HK, Zhang HL, et al. Predicting tumor deposits in rectal cancer: a combined deep learning model using T2-MR imaging and clinical features [J]. *Insights imaging*, 2023, 14(1): 221.
- [9] Lv BH, Cheng XJ, Cheng YL, et al. Identifying tumor deposits in patients with locally advanced rectal cancer: using multiplanar High-Resolution T2WI [J]. *Curr Med Imaging*, 2023 Aug 25.
- [10] Malayeri AA, El Khouli RH, Zaheer A, et al. Principles and applications of diffusion-weighted imaging in cancer detection, staging, and treatment follow-up [J]. *Radio Graphics*, 2011, 31(6): 1773-1791.
- [11] Ao W, Bao X, Mao G, et al. Value of apparent diffusion coefficient for assessing preoperative T staging of low rectal cancer and whether this is correlated with Ki-67 expression [J]. *Can Assoc Radiol J*. 2020, 71(1): 5-11.
- [12] Chen J, Si Y, Zhao K, et al. Evaluation of quantitative parameters of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging in qualitative diagnosis of hepatic masses [J]. *BMC Med Imaging*, 2018, 18(1): 56.
- [13] Xinyue Y, Yan C, Ziqiang W, et al. Non-invasive MR assessment of the microstructure and microcirculation in regional lymph nodes for rectal cancer: a study of intravoxel incoherent motion imaging [J]. *Cancer Imaging*, 2019, 19(1): 70.
- [14] Fusco R, Sansone M, Granata V, et al. Diffusion and perfusion MR parameters to assess preoperative short-course radiotherapy response in locally advanced rectal cancer: a comparative explorative study among Standardized Index of Shape by DCE-MRI, intravoxel incoherent motion and diffusion kurtosis imaging-derived parameters [J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2019, 44(11): 3683-3700.
- [15] Bakke KM, Grovik E, Meltzer S, et al. Comparison of Intravoxel incoherent motion imaging and multiecho dynamic contrast-based MRI in rectal cancer [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2019, 50(4): 1114-1124.
- [16] 郑欣, 周慧, 唐秋, 等. 2种表现扩散系数值在预测中至低分化直肠腺癌病理类型中的价值 [J]. *实用放射学杂志*, 2023, 39(12): 1976-1979.
- [17] Sun D, Wu X, Wang L, et al. Distinguishing T1-2 and T3a tumors of rectal cancer with texture analysis and functional MRI parameters [J]. *Diagn Interv Radiol*, 2022; 28(3): 200-207.
- [18] 牛敬伟. 直肠癌术前T、N分期诊断中应用多层螺旋CT扫描与MRI的临床价值 [J]. *罕见病杂志*, 2022, 29(3): 82-84.
- [19] Liu J, Li Q, Tang L, et al. Correlations of mean and minimum apparent diffusion coefficient values with the clinicopathological features in rectal cancer [J]. *Acad Radiol*, 2021 Nov; 28 Suppl 1: S105-S111.

(收稿日期: 2024-06-01)

(校对编辑: 韩敏求)