



· 论 著 ·

DCE-MRI和IVIM-DWI评估直肠癌微血管含量的比较研究

袁杰¹, 朱璟¹, 叶恺¹, 吴宏勇¹, 沈嫻¹, 丘兆臻¹, 王子元², 刘孟潇³, 姚明荣¹

1. 上海中医药大学附属曙光医院影像医学科, 上海 201203 ;

2. 上海中医药大学附属曙光医院病理科, 上海 201203 ;

3. 西门子医疗系统有限公司, 上海 200120

[摘要] 目的: 探讨动态对比增强磁共振成像 (dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging, DCE-MRI) 和体素内不相干运动弥散加权成像 (intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging, IVIM-DWI) 在评估直肠癌微血管含量中的差异。方法: 研究2019年12月—2022年12月上海中医药大学附属曙光医院经病理学检查诊断为直肠腺癌并行IVIM-DWI和DCE-MRI扫描的患者23例。Tofts模型计算DCE-MRI参数为容积分数 (volume fraction, V_e)、容量转移常数 (space transport coefficient, K^{trans}) 和速率常数 (rate constant, K_{ep})。IVIM-DWI参数: 单纯弥散系数 (simple diffusion coefficient, D)、灌注相关弥散系数 (perfusion related diffusion coefficient, D^*)、灌注分数 (perfusion fraction, f)。通过计算双指数模型得到。对与直肠癌微血管含量相关的DCE-MRI和IVIM-DWI定量参数进行分析比较。结果: 不同病理学分级的直肠癌 K^{trans} 和 D 差异有统计学意义 ($F=9.159, P=0.002; F=5.106, P=0.016$)。在评估直肠癌病理学分级时, K^{trans} 优于 D 。灌注参数 K^{trans} , K_{ep} 和 D^* 与直肠癌微血管含量呈显著正相关 ($r=0.734, P<0.001; r=0.617, P=0.002; r=0.456, P=0.029$)。其中 DCE-MRI 定量参数评估直肠癌微血管含量优于 IVIM-DWI 定量参数。结论: 与 IVIM-DWI 相比, DCE-MRI 评价直肠癌分化程度和微循环状态方面效能更佳。但是考虑到 IVIM-DWI 不需要注射对比剂, IVIM-DWI 仍然可以被推荐用于直肠癌分化程度和微循环状态。

[关键词] 直肠癌; 动态对比增强磁共振成像; 体素内不相干运动弥散加权成像; 微血管

中图分类号: R735.3+7; R445.2 文献标志码: A DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2024.03.014

A comparative study of DCE-MRI and IVIM-DWI in evaluating microvascular content in rectal cancer YUAN Jie¹, ZHU Jing¹, YE Kai¹, WU Hongyong¹, SHEN Qiang¹, QIU Zhaozhen¹, WANG Ziyuan², LIU Mengxiao³, YAO Mingrong¹ (1. Department of Radiology, Shuguang Hospital Affiliated to Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China; 2. Departments of Pathology, Shuguang Hospital Affiliated to Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China; 3. Siemens Healthineers Ltd, Shanghai 201203, China)

Correspondence to: YAO Mingrong E-mail: randonph@163.com

[Abstract] **Objective:** To compare dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI) with intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging (IVIM-DWI) in evaluating microvascular content in rectal cancer. **Methods:** This study was conducted on 23 patients with rectal adenocarcinoma confirmed by preoperative endoscopic pathology in Shuguang Hospital Affiliated to Shanghai University of Traditional Chinese Medicine from December 2019 to December 2022. All subjects underwent IVIM-DWI and DCE-MRI scans before surgery. The DCE-MRI parameters calculated by the Tofts model were extracellular space volume fraction (V_e), space transport coefficient (K^{trans}), and rate constant of extracellular space return to intravascular space (K_{ep}). The IVIM-DWI parameters were calculated by the double exponential model: simple diffusion coefficient (D), perfusion related diffusion coefficient (D^*), and perfusion fraction (f). The correlation between DCE-MRI and IVIM-DWI quantitative parameters and microvascular content in rectal cancer was analyzed and compared. **Results:** There were significant differences in K^{trans} and D values of colorectal cancer in different pathological grades ($F=9.159, P=0.002; F=5.106, P=0.016$). K^{trans} was superior to the D value in evaluating rectal cancer grading. K^{trans} , K_{ep} and D^* were positively correlated with microvascular content in rectal cancer ($r=0.734, P=0.000; r=0.617, P=0.002; r=0.456, P=0.029$). DCE-MRI quantitative parameters were superior

基金项目: 国家自然科学基金青年基金 (81703885); 国家自然科学基金面上基金 (82374188)

通信作者: 姚明荣 E-mail: randonph@163.com

to IVIM-DWI quantitative parameters in evaluating microvascular content in rectal cancer. **Conclusion:** DCE-MRI was superior to IVIM-DWI in evaluating the differentiation degree and microcycle status of rectal cancer. However, considering that IVIM-DWI does not require injection of contrast agents, IVIM-DWI can still be recommended for the microcirculation of rectal cancer.

[**Key words**] Rectal cancer; Dynamic contrast enhanced-magnetic resonance imaging; Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging; Microvessel

复发和转移是直肠癌患者最主要的死亡因素^[1], 前期研究^[2]表明肿瘤局部微循环状态与肿瘤的复发转移具有显著的相关性。对直肠癌微循环状态进行准确评估, 对于患者早诊早治至关重要。然而直肠癌肿瘤微循环状态必须通过活检或术后病理学检查获得, 但这种方法不能检测肿瘤微循环功能在体内的变化, 探索无创、可视化的定量磁共振技术具有重要的临床意义。

动态对比增强磁共振成像 (dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging, DCE-MRI) 和体素内不相干运动弥散加权成像 (intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging, IVIM-DWI) 是可以反映肿瘤灌注情况的成像方法, 可以评估肿瘤微循环状态^[3-4]。DCE-MRI是使用外源性对比剂的双室药代动力学模型, IVIM-DWI是没有外源性造影剂的灌注模型, 这两种方法在反映肿瘤微循环的状态中的研究报道少见。本研究拟分析免疫组织化学CD34反映的直肠癌微血管含量与IVIM-DWI和DCE-MRI定量参数之间的相关性, 探讨两种方法在反映肿瘤微循环中的价值。

1 资料和方法

1.1 临床资料

选取2019年12月—2022年12月于上海中医药大学附属曙光医院经病理学检查诊断为直肠腺癌并行直肠常规高分辨率MRI、IVIM-DWI、DCE-MRI序列扫描的患者共23例。其中男性10例, 女性13例, 平均年龄 (64.00 ± 12.47) 岁, 年龄范围为35~82岁。纳入标准: ① 18周岁及以上; ② 总体状态尚可; ③ 经肠镜活检, 确诊直肠腺癌 (直肠癌); ④ 无远处转移, 能接受手术切除治疗; ⑤ 术前化疗, 未行手术治疗; ⑥ 无其他恶

性肿瘤同时发病; ⑦ MRI检查与手术间隔1周以内。本研究经医院医学伦理委员会批准, 患者均已签署知情同意书。

1.2 MRI检查方法

采用德国Siemens公司的MAGNETOM Skyra 3.0 T MRI仪。线圈选用18通道体部相控阵线圈, 体表定位标记为耻骨联合上缘, 直肠全段均为扫描范围。扫描时先进行矢状位定位扫描, 与直肠壁垂直的正交轴位影像设计在肿瘤层面, 与横轴位垂直的为冠状位影像定位。

常规MRI扫描方案: 轴位T2加权成像 (T2-weighted imaging, T2WI) (层厚5 mm), 高分辨率正交轴位T2WI [层厚 2mm, 视野 (field of view, FOV) = 350 mm × 350 mm], 矢状位T2WI, 冠状位T2WI, 正交轴位T1WI。

IVIM-DWI扫描参数设置: 采用自旋回波-平面回波序列, 设置7个弥散敏感梯度场, b 值分别为0、20、50、70、150、400、800 s/mm², 重复时间 (repetition time, TR) /回波时间 (echo time, TE) = 10 200 ms / 78 ms, FOV = 200 mm × 200 mm, 层厚2 mm, 体素0.9 mm × 0.9 mm × 2.0 mm, 层数50。

DCE-MRI参数: 采用2D VIBE T1加权动态灌注序列扫描, TR/TE = 4.87 ms / 1.87 ms, FOV = 200 mm × 200 mm, 层厚2 mm, 体素为1.3 mm × 1.3 mm × 2.0 mm。翻转角为2°和15°, 扫描48个时相。时间分辨率每期为7.4 s。采用多翻转角扫描与动态增强扫描, 总时间为303 s。使用高压注射器经肘部正中静脉注射对比剂钆特酸葡胺注射液, 使用对比剂的剂量为0.2 mL/kg, 注射速率为2 mL/s。

1.3 图像分析

使用Platform for Research in Medicine Imaging 0.4 (PMI 0.4) 对所有DCE-MRI图像进行后处

理,采用Tofts药代动力学模型进行DCE-MRI定量参数计算。采用德国Siemens公司独立开发的图像分析处理后处理软件(DiffusionToolbox)进行IVIM-DWI定量参数计算。通过与T2WI图像对比,在直肠癌浸润最深平面勾画感兴趣区(region of interest, ROI),避开出血、坏死的囊性区域、肠内容物和肠系膜进行勾画,ROI面积不小于1 cm²。DCE-MRI定量参数包括容积分数(space volume fraction, V_e)、容量转移常数(space transport coefficient, K^{trans})和速率常数(rate constant, K_{ep})。IVIM功能定量参数:简单弥散系数(simple diffusion coefficient, D)、灌注相关弥散系数(perfusion related diffusion coefficient, D*)、灌注分值(perfusion fraction, f)通过双指数模型计算得出。

1.4 病理学资料分析

直肠癌病理学检查在肿瘤浸润最深层次的横断面取材,后进行HE染色和CD34免疫染色。根据切除腺癌标本的显微镜下腺管的形态学特征和腺样结构的多少,直肠腺癌分为高分化型、中分化型、低分化型3种类型。将CD34免疫染色切片

扫描后,使用数字图像分析软件ImageJ的IHC插件进行图像处理和测量。采用“面积法”,利用ImageJ的阈值工具选择阳性染色区域和阴性染色区域所占的总面积,计算CD34阳性面积^[5]。

1.5 统计学处理

采用SPSS 19.0统计学软件进行数据分析。首先使用Kolmogorov-Smirnov检验,对每个组的DCE-MRI和IVIM参数进行正态性检查。应用单因素方差分析比较不同分化程度直肠癌血管含量、DCE-MRI和IVIM参数差异。应用Spearman检验分析直肠癌DCE-MRI和IVIM定量参数与血管含量的相关性。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 DCE-MRI和IVIM定量参数与直肠癌分化程度的关系

本研究中低分化腺癌患者6例,中分化腺癌12例,高分化腺癌5例。组间K^{trans}值和D值比较差异均有统计学意义($P < 0.05$),K_{ep}、V_e、D*和f比较差异无统计学意义($P > 0.05$,表1)。

表1 不同分化程度IVIM和DCE MRI参数比较

组别	<i>n</i>	K ^{trans} /min ⁻¹	K _{ep} /min ⁻¹	V _e %	D × 10 ⁻³ / (mm ² ·s ⁻¹)	D* × 10 ⁻³ / (mm ² ·s ⁻¹)	f%
高分化	5	0.125 ± 0.052	0.789 ± 0.460	20.276 ± 6.046	0.607 ± 0.111	0.160 ± 0.140	20.110 ± 8.318
中分化	12	0.295 ± 0.102	1.335 ± 0.485	22.770 ± 6.485	0.849 ± 0.130	0.217 ± 0.088	18.999 ± 4.970
低分化	6	0.329 ± 0.064	1.302 ± 0.484	27.885 ± 10.758	0.854 ± 0.211	0.248 ± 0.097	19.592 ± 6.093
<i>F</i> 值		9.159	2.441	1.462	5.106	1.030	0.064
<i>P</i> 值 ^a		0.002	0.113	0.255	0.016	0.375	0.939

a: 单因素方差分析对应的*P*值。

2.2 微血管含量与直肠癌分化程度的关系

高、中、低分化程度直肠癌微血管含量分别为2.549% ± 1.04%、3.625% ± 1.629%和3.716% ± 1.221%,组间比较差异无统计学意义($F=1.175$, $P=0.329$)。

2.3 IVIM和DCE-MRI定量参数与直肠癌微血管含量的相关性

K^{trans}、K_{ep}和D*与直肠癌微血管含量的相关性差异均有统计学意义($r=0.734$, $P < 0.001$; $r=0.617$, $P=0.002$; $r=0.456$, $P=0.029$),而V_e、D和f差异均无统计学意义($r=0.101$, $P=0.647$; $r=0.199$, $P=0.362$; $r=-0.239$, $P=0.272$;表2,图1)。

表2 IVIM和DCE-MRI定量参数与CD34的相关性

IVIM和DCE参数	$K^{trans}/\text{min}^{-1}$	K_{ep}/min^{-1}	$V_e/\%$	$D \times 10^{-3}/(\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1})$	$D^* \times 10^{-3}/(\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1})$	$f/\%$
均值	0.267 ± 0.112	1.208 ± 0.510	23.562 ± 7.866	0.798 ± 0.177	0.213 ± 0.102	19.395 ± 5.795
r值	0.734	0.617	0.101	0.199	0.456	-0.239
P值 ^a	0.000	0.002	0.647	0.362	0.029	0.272

a: Spearman相关性分析对应的P值。

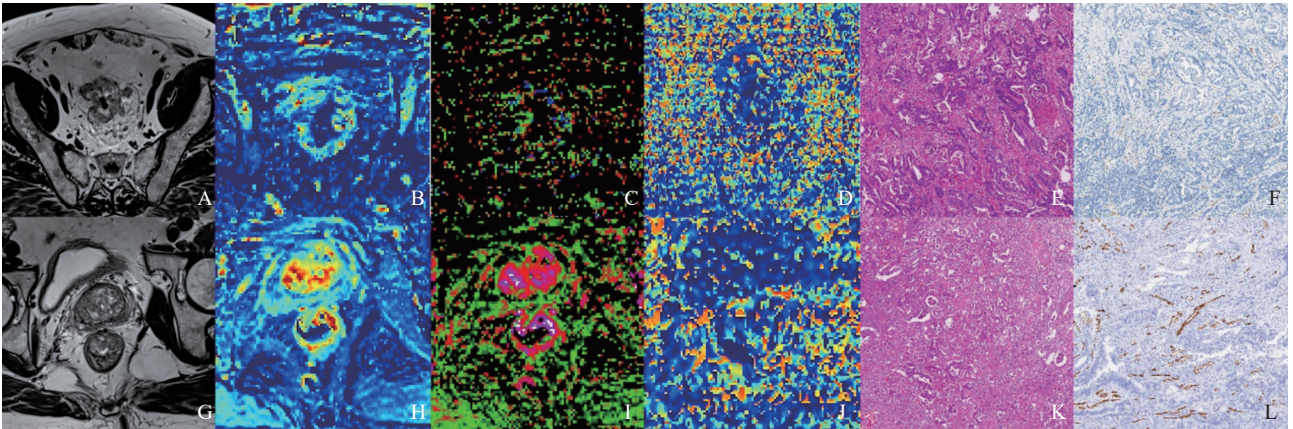


图1 典型病例影像图及病理学表现

A~F: 患者, 男性, 65岁, 直肠癌; A: 横断位T2WI图像显示肠壁增厚; B: K^{trans} 图显示增厚肠壁呈稍高信号 ($K^{trans}=0.137 \text{ min}^{-1}$); C: K_{ep} 图显示增厚肠壁呈低信号 ($K_{ep}=0.926 \text{ min}^{-1}$); D: D^* 图显示增厚肠壁呈低信号 ($D^*=0.118 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$); E: HE染色示中分化管状腺癌 ($\times 200$); F: CD34染色示血管阳性 ($\times 200$), (血管阳性面积比为1.280%)。G~L: 患者, 男性, 66岁, 直肠癌; G: 横断位T2WI图像显示肠壁增厚; H: K^{trans} 图显示增厚肠壁呈高信号 ($K^{trans}=0.394 \text{ min}^{-1}$); I: K_{ep} 图显示增厚肠壁呈低信号 ($K_{ep}=2.001 \text{ min}^{-1}$); J: D^* 图显示增厚肠壁呈高信号 ($D^*=0.346 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$); K: HE染色示低分化管状腺癌 ($\times 200$); L: CD34染色示血管阳性 ($\times 200$) (血管阳性面积比为5.625%)。

3 讨 论

DCE-MRI是一种利用双室药物动力学模型评估局部组织微灌注情况的影像学方法, 通过使用外源对比剂观察两腔内造影剂的分布情况: 血管腔和血管外细胞外间隙 (extravascular extracellular space, EES) [6]。DCE-MRI定量参数包括 K^{trans} , K_{ep} 和 V_e , 可以用于评价生物组织微循环状态, 其中 K^{trans} 反映对比剂通过血管到达EES的速度。 K_{ep} 表示造影剂通过EES到达血管内的速度, 与 K^{trans} 呈正比, 与 V_e 呈反比。IVIM不需要外源对比剂, 通过DWI中多个小b值进行成像, 将组织的弥散和灌注信息按照双指数模型拟合分离出来 [7]。IVIM主要灌注参数包括真实弥散系数D, 血液循环产生的假弥散系数 D^* , 灌注分数f。

本研究发现, K^{trans} 、 K_{ep} 和 D^* 与直肠癌微血

管含量均具有较好的相关性, 其中 K^{trans} 和 K_{ep} 优于 D^* 。 K^{trans} 和 K_{ep} 反映EES和微血管之间对比剂出入的速度, 因此这两个参数受局部微血管血流状态和表面渗透面积的影响较为显著。 K^{trans} 和 K_{ep} 的增加显示肿瘤的局部血管表面积较大, 血液流速也较快。由此可以推测, 直肠癌的局部微循环血管通透性较大, 局部血管内皮细胞间隙增大或血管成熟度较差, 本研究的病理学结果与直肠癌的局部微循环血管的通透性也是一致的。一项回顾性研究 [8]发现, 在直肠癌的壁外血管侵犯组中, K^{trans} 和 V_e 的作用明显高于血管侵犯阴性组, 其中 K^{trans} 的作用更大。肿瘤对营养和氧的供给要求更为严格, 比正常组织具有更强的清除代谢废物和 CO_2 的能力, 所以它们需要制造出更多的新血管 [9]。血管生成是由原有的血管形成新的血管, 导致大量的、不规则的、弯曲的、脆弱的、高渗透的血管。这使得血液很容易迅速流出血液循环, 最终导致 K^{trans} 增加, 并使血液迅速流

入血管,最终导致 K_{ep} 增加^[10]。 K^{trans} 和 K_{ep} 可以更精确地反映出直肠癌的微血管含量。 D^* 与肿瘤局部毛细血管含量和局部血流速度有关联,可以评估肿瘤微循环状态,定量反映肿瘤抗血管生成治疗效果^[11]。本研究表明, D^* 也可反映直肠癌微血管含量。DCE-MRI和IVIM两种灌注方法均能反映直肠癌微血管含量,其中 K^{trans} 和 K_{ep} 诊断优于 D^* 。

在我们的研究中,血管含量与肿瘤分化程度之间并未显示出显著的相关性,这暗示直肠癌的分化程度可能主要由其他因素决定,诸如肿瘤的细胞形态、密度以及异型等。值得注意的是,随着肠癌分化程度的降低, K^{trans} 值呈现上升趋势。这一现象可能归因于低分化肿瘤中新生血管的成熟度较差,血管通透性增强,从而使得对比剂更容易从血管内渗透到血管外。先前回顾性研究^[12]发现, K^{trans} 可以区分直肠癌不同分化程度,可能有助于预测直肠癌的预后。在卵巢癌中也发现, K^{trans} 可以鉴别不同分型的卵巢癌^[13]。相关研究^[14-15]表明,IVIM和DCE-MRI联合应用可以有效地鉴别乳腺癌良恶性,并有助于子宫内膜癌的风险分层。尽管先前的研究^[16]表明直肠癌的分化程度与水分子弥散受限之间并无显著关联,而另一项研究^[17]则持不同观点,认为肿瘤分化程度越差,水分子受限现象越显著。然而,在本研究中,我们观察到 D 值(水分子弥散系数)随着肿瘤分化等级的升高而呈现增加的趋势,这与先前的研究^[16]结果存在明显的差异。我们推测可能是由于分化较差的肿瘤内部存在坏死区域,这些区域可能导致细胞密度的降低以及细胞外间隙的增大,进而使得水分子在其中的弥散更为自由。尽管在勾画ROI时,我们已尽量规避了囊变坏死区,但微小的坏死区域仍可能被纳入ROI内,从而可能对最终的测量值产生影响。为了更准确地揭示直肠癌分化程度与弥散定量参数之间的关系,并减少潜在的误差,未来的研究或许需要进一步扩大样本量,并优化ROI的勾画方法,以确保结果的可靠性和准确性。

DCE-MRI通过药代动力学模型分析对比剂的动态分布反映生物组织的微循环状态,IVIM-

DWI也可用于反映微循环情况,与DCE-MRI相比,不仅消除了对对比剂的需求,还可以提供水分子弥散的额外信息。本研究结果表明,直肠癌的微循环状态可以进行非侵入性评估,无论是DCE-MRI还是IVIM-DWI。在评估直肠癌微循环灌注方面,DCE-MRI比IVIM-DWI更佳。临床优先推荐DCE-MRI评估直肠微循环状态,但是对于不能静脉注射对比剂的患者,IVIM-DWI可以作为一种有效的替代方法。

本研究仍具有一定的局限性。首先,本研究样本量相对较小,未来需要通过更大样本量 and 多中心的研究来进一步验证当前的研究结果,以确保其可靠性和广泛适用性。其次,尽管我们在勾画ROI方面尽可能地选择肿瘤浸润最深的层面,但是与病理学检查取材层面仍做不到精准的匹配,未来我们需要探索更精准的定位方法。最后,尽管我们在勾画ROI时,尽量避开了囊肿坏死区,但一些微小的坏死区可能就会在兴趣区域内勾画出来。虽然CD34免疫染色在识别肿瘤血管方面展现出了较好的灵敏度和特异度,但却无法准确区分肿瘤新生血管与正常血管。因此,我们仍需要进一步探索更具特异性的血管影像学标志物,以满足未来深入研究的需求。

[参 考 文 献]

- [1] AUGESTAD K M, KELLER D S, BAKAKI P M, et al. The impact of rectal cancer tumor height on recurrence rates and metastatic location: a competing risk analysis of a national database [J]. *Cancer Epidemiol*, 2018, 53: 56-64.
- [2] MATSUMOTO K, NAKAYAMA Y, INOUE Y, et al. Lymphatic microvessel density is an independent prognostic factor in colorectal cancer [J]. *Dis Colon Rectum*, 2007, 50(3): 308-314.
- [3] SZUBERT-FRANCZAK A E, NADUK-OSTROWSKA M, PASICZ K, et al. Intravoxel incoherent motion magnetic resonance imaging: basic principles and clinical applications [J]. *Pol J Radiol*, 2020, 85: e624-e635.
- [4] MADHURANTHAKAM A J, YUAN Q, PEDROSA I. Quantitative methods in abdominal MRI: perfusion imaging [J]. *Top Magn Reson Imaging*, 2017, 26(6): 251-258.
- [5] VARGHESE F, BUKHARI A B, MALHOTRA R, et al. IHC Profiler: an open source plugin for the quantitative evaluation and automated scoring of immunohistochemistry images of human tissue samples [J]. *PLoS One*, 2014, 9(5): e96801.

- [6] ZHANG J, WANG L, LIU H F. Imaging features derived from dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging to differentiate malignant from benign breast lesions: a systematic review and meta-analysis [J] . J Comput Assist Tomogr, 2022, 46(3): 383-391.
- [7] ZHOU Y, ZHENG J, YANG C, et al. Application of intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging in hepatocellular carcinoma [J] . World J Gastroenterol, 2022, 28(27): 3334-3345.
- [8] WANG K X, YU J, XU Q. Histogram analysis of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging to predict extramural venous invasion in rectal cancer [J] . BMC Med Imaging, 2023, 23(1): 77.
- [9] WANG Y, YAO X P, GE J, et al. Can vascular endothelial growth factor and microvessel density be used as prognostic biomarkers for colorectal cancer? A systematic review and meta-analysis [J] . Sci World J, 2014, 2014: 102736.
- [10] 张 静, 赵 亮, 武永杰. DCE-MRI参数联合血清CA19-9、CA724水平评价直肠癌患者分化程度的临床研究 [J] . 肿瘤影像学, 2022, 31(3): 301-308.
- [11] ÖZ A, SERVER S, KOYUNCU SÖKMEN B, et al. Intravoxel incoherent motion of colon cancer liver metastases for the assessment of response to antiangiogenic treatment: Results from a pilot study [J] . Med Princ Pract, 2020, 29(5): 429-435.
- [12] KIM H R, KIM S H, NAM K H. Association between dynamic contrast-enhanced MRI parameters and prognostic factors in patients with primary rectal cancer [J] . Curr Oncol, 2023, 30(2): 2543-2554.
- [13] ZHOU Q, JIN J, WANG Y F, et al. Dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging in epithelial ovarian tumor categorization: comparison with apparent diffusion coefficient histogram analysis and the tumor cell proliferation marker [J] . Am J Transl Res, 2023, 15(3): 1862-1870.
- [14] ARIAN A, SEYED-KOLBADI F Z, YAGHOOBPOOR S, et al. Diagnostic accuracy of intravoxel incoherent motion (IVIM) and dynamic contrast-enhanced (DCE) MRI to differentiate benign from malignant breast lesions: a systematic review and meta-analysis [J] . Eur J Radiol, 2023, 167: 111051.
- [15] WANG H X, YAN R F, LI Z, et al. Quantitative dynamic contrast-enhanced parameters and intravoxel incoherent motion facilitate the prediction of TP53 status and risk stratification of early-stage endometrial carcinoma [J] . Radiol Oncol, 2023, 57(2): 257-269.
- [16] 孙轶群, 童 彤, 信 超, 等. 直肠癌弥散加权成像与病理预后因子的对照研究 [J] . 肿瘤影像学, 2015, 24(2): 123-128.
- [17] ZHOU B J, ZHOU Y M, TANG Y B, et al. Intravoxel incoherent motion MRI for rectal cancer: correlation of diffusion and perfusion characteristics with clinical-pathologic factors [J] . Acta Radiol, 2023, 64(3): 898-906.

(收稿日期: 2024-01-10 修回日期: 2024-03-03)