

动态增强磁共振在直肠癌 T 分期中的应用

谢宗源¹, 谭志斌¹, 董健², 王志强¹, 王雅静¹, 李晖¹, 刘涛¹

1. 华北理工大学附属医院磁共振室, 河北 唐山 063000; 2. 开滦总医院林西医院普外科, 河北 唐山 063100

摘要: **目的** 探讨动态增强磁共振(DCE-MRI)在直肠癌 T 分期中的应用及其价值。**方法** 回顾性分析 2014 年 1 月至 2017 年 12 月经手术病理证实的直肠癌患者 83 例的临床资料,术前均行 MRI 常规平扫及 DCE-MRI 检查,与术后病理作对照,比较 MRI 常规平扫及 MRI 常规平扫结合 DCE-MRI 检查对直肠癌 T 分期的诊断效能。测算 DCE-MRI 定量灌注参数[容积转运常数(K^{trans})、血管外细胞外容积分数(V_e)和速率常数(K_{ep})]值,分析不同直肠癌 T 分期 DCE-MRI 定量灌注参数的变化。**结果** 以病理诊断为准,MRI 常规平扫及 MRI 常规平扫结合 DCE-MRI 检查 T 分期诊断准确率分别为 74.7% (62/83)、85.5% (71/83)。与术后病理 T 分期诊断的一致性,MRI 常规平扫 $Kappa = 0.64$,MRI 常规平扫结合 DCE-MRI 检查 $Kappa = 0.79$,后者与病理 T 分期诊断的一致性更高。DCE-MRI 定量灌注参数 K^{trans} 、 V_e 、 K_{ep} 值也随直肠癌 T 分期的增高而递升(P 均 < 0.01)。**结论** DCE-MRI 与 MRI 常规平扫结合可提高与直肠癌 T 分期病理诊断的一致性;DCE-MRI 定量灌注参数 K^{trans} 、 V_e 、 K_{ep} 值可反映不同 T 分期的直肠癌微循环的差异。

关键词: 直肠癌; 磁共振成像; 动态增强; 定量灌注参数; T 分期; 病理诊断; 一致性

中图分类号: R 445.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-8182(2019)04-0464-04

Application of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging in T- staging of rectal cancer

XIE Zong-yuan*, TAN Zhi-bin, DONG Jian, WANG Zhi-qiang, WANG Ya-jing, LI Hui, LIU Tao

* Department of Magnetic Resonance Imaging, Affiliated Hospital of North China University of Science and Technology, Tangshan, Hebei 063000, China

Abstract: Objective To evaluate the value of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI) in the diagnosis of rectal cancer T-staging. **Methods** A retrospective study was performed in 83 patients with rectal cancer confirmed by surgery and pathology from January 2014 to December 2017. For contrasting with postoperative pathological results, all patients underwent routine MRI and DCE-MRI examinations before operation. The diagnostic efficacy was compared between conventional MRI and routine MRI combined with DCE-MRI in diagnosis of rectal cancer T-staging. The values of quantitative perfusion parameters (K^{trans} , V_e and K_{ep}) of DCE-MRI were measured to analyze their changes in various T-stages of rectal cancer. **Results** Based on pathological diagnosis, T-staging accuracy was 74.7% (62/83) by conventional MRI and 85.5% (71/83) by conventional MRI combined with DCE-MRI. The latter was more consistent with postoperative pathological T-staging ($Kappa = 0.79$) than the former ($Kappa = 0.64$). The values of quantitative perfusion parameters (K^{trans} , V_e and K_{ep}) of DCE-MRI significantly increased with the increase of T-staging of rectal cancer (all $P < 0.01$). **Conclusions** In diagnosing rectal cancer T-staging, conventional MRI plain scan combined with DCE-MRI can increase the consistency with pathological diagnosis. The values of K^{trans} , V_e and K_{ep} of DCE-MRI quantitative perfusion parameters can reflect the differences in microcirculation of various T-staging rectal cancer.

Key words: Rectal cancer; Magnetic resonance imaging; Dynamic contrast-enhanced; Quantitative perfusion parameters; T-staging; Pathological diagnosis; Consistency

Fund program: Science and Technology Plan Project of Hebei Province (162777139); Hebei Provincial Medical Science Research Key Project (20181454)

直肠癌是常见的消化系统恶性肿瘤,其预后依赖于术前准确分期及选择合理的治疗方案^[1]。磁共振

成像(MRI)具有较高的软组织分辨率,是直肠癌术前分期主要影像学检查方法^[2]。动态增强磁共振(dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging, DCE-MRI)描述肿瘤的血流动力学变化情况,既可动态显示肿瘤的形态学变化及强化特征,又可评价肿瘤微循环灌注情况,定量评估肿瘤病理分级程度^[3]。本研究对比分析 MRI 常规平扫、MRI 常规平扫结合 DCE-MRI 对直肠癌 T 分期的诊断效能,分析不同直肠癌 T 分期 DCE-MRI 定量灌注参数[容积转运常数(K^{trans});血管外细胞外容积分数(V_e);速率常数(K_{ep})]值的变化,以期为临床选择直肠癌术前分期的检查方法提供依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集我院 2014 年 1 月至 2017 年 12 月行直肠癌手术患者 83 例的临床资料进行回顾性分析,其中男 51 例,女 32 例;年龄(50.8 ± 11.6)岁。入选标准:所有受检者术前均未进行放化疗治疗;均进行盆腔 MRI 常规平扫和 DCE-MRI 检查,且无 MRI 检查禁忌证。

1.2 仪器与方法 采用 Siemens Skyra 3.0T 超导磁共振扫描仪,18 通道体部相控阵线圈。受检者于检查前 1 天晚上清洁灌肠,依次完成 MRI 常规平扫(矢状位 T_2 WI、轴位 T_1 WI、 T_2 WI 序列和冠状位 T_2 WI 序列)及 DCE-MRI 轴位扫描。DCE-MRI 检查应用 T_1 加权容积内插体部扫描序列(T_1 -VIBE),共采集 35 个时相,在第 3 个时相扫描开始由高压注射器经肘静脉以 3 ml/s 流率注射对比剂钆双胺(Gd-DTPA),剂量 0.1 mmol/kg,随后以 3 ml/s 流率注入生理盐水 20 ml,扫描时间共 280 s。DCE-MRI 检查结束后行 T_1 WI 矢状位、冠状位延迟增强扫描。

1.3 图像分析及后处理 所有图像均由两位经验丰富的 MRI 诊断医师共同判读,依据第 7 版美国癌症联合委员会(AJCC)直肠癌 TNM 分期指南分别评价 MRI 常规平扫及 MRI 常规平扫结合 DCE-MRI 检查对直肠癌 T 分期诊断的准确性,意见不一致时经讨论达到共识。参考 MRI 常规平扫图像,在肿瘤实质部分的最大层面上,选取 DCE-MRI 上明显强化区为感兴趣区(ROI),尽量避开液化坏死及周围血管等结构,面积约 30 mm²。测量肿瘤药代动力学定量灌注参数(图 1): K^{trans} 、 V_e 和 K_{ep} 。

1.4 统计学方法 所有数据采用 SPSS 19.0 统计学

软件进行分析处理。采用 *Kappa* 检验评估 MRI 常规平扫 T 分期诊断及 MRI 常规平扫结合 DCE-MRI T 分期诊断与病理 T 分期诊断的一致性。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,对不同直肠癌 T 分期 DCE-MRI 定量灌注参数 K^{trans} 、 V_e 、 K_{ep} 值的变化采用单因素方差分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 术后病理结果及不同 T 分期的 MRI 影像表现

83 例患者术后病理均为直肠腺癌,病理 T 分期结果:T1 期 12 例,T2 期 14 例,T3 期 37 例,T4 期 20 例。直肠癌在 MRI 常规平扫上表现为肠壁不均匀增厚、僵直,或软组织肿块。在 T_1 WI 表现为等或稍低信号,在 T_2 WI 上表现为等或稍高信号,肠腔有不同程度狭窄,增强后肿瘤常表现为明显强化。T1 期表现为肿瘤侵犯黏膜下层,增强后肌层连续,强化不明显。T2 期表现为肿瘤侵犯肌层但局限于肠壁,周围脂肪间隙清晰,增强后肌层外缘光整、信号完整。T3 期表现为肿瘤穿透肌层,达腹膜反折以上的浆膜下层或腹膜反折以下的直肠系膜脂肪,肠周脂肪间隙与肌层分界面不清或消失,增强后肌层信号不连续,可见突入直肠系膜的结节及异常索条影。T4 期表现为肿瘤侵犯腹膜或邻近组织、器官,增强后见明显强化的肿瘤及轻微强化索条达周围结构。

2.2 MRI 常规平扫 T 分期和术后病理 T 分期比较

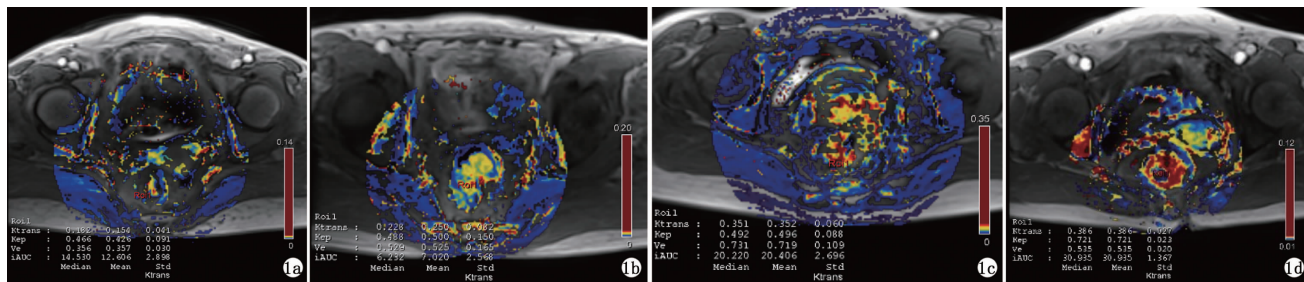
MRI 常规平扫术前 T 分期诊断准确率为 74.7% (62/83),其中,T1 期 8 例,T2 期 10 例,T3 期 28 例,T4 期 16 例;MRI 常规平扫术前 T 分期诊断与术后病理 T 分期一致性较好($Kappa = 0.64$)。见表 1。

2.3 MRI 常规平扫结合 DCE-MRI 检查 T 分期和术后病理 T 分期比较

MRI 常规平扫结合 DCE-MRI 检查术前 T 分期诊断准确率为 85.5% (71/83),其中,T1 期 9 例,T2 期 11 例,T3 期 33 例,T4 期 18 例;MRI 常规平扫结合 DCE-MRI 术前 T 分期诊断与术后病理 T 分期具有高度一致性($Kappa = 0.79$)。见表 2。

2.4 术后不同病理 T 分期 DCE-MRI 定量灌注参数的变化

DCE-MRI 定量灌注参数 K^{trans} 、 V_e 、 K_{ep} 值随直肠癌 T 分期的增高而递升(P 均 < 0.01),提示 DCE-MRI 定量灌注参数 K^{trans} 、 V_e 、 K_{ep} 值可反映不同 T 分期直肠癌微循环的差异,或可作为 T 分期的参考指标。见表 3。



注: 1a: T1 期, $K^{trans} = 0.15/\text{min}$, $V_e = 0.36$, $K_{ep} = 0.43/\text{min}$; 1b: T2 期, $K^{trans} = 0.25/\text{min}$, $V_e = 0.53$, $K_{ep} = 0.50/\text{min}$; 1c: T3 期, $K^{trans} = 0.35/\text{min}$, $V_e = 0.72$, $K_{ep} = 0.50/\text{min}$; 1d: T4 期, $K^{trans} = 0.39/\text{min}$, $V_e = 0.54$, $K_{ep} = 0.72/\text{min}$ 。

图 1 T1 ~ T4 期直肠癌 DCE-MRI 定量灌注参数 K^{trans} 、 V_e 、 K_{ep} 伪彩图

表 1 MRI 常规平扫 T 分期和术后病理 T 分期比较 (例)

病理 T 分期	MRI 常规平扫 T 分期				总计
	T1	T2	T3	T4	
T1	8	4	0	0	12
T2	0	10	4	0	14
T3	0	3	28	6	37
T4	0	0	4	16	20
总计	8	17	36	22	83

表 2 MRI 常规平扫结合 DCE-MRI 检查 T 分期和术后病理 T 分期比较 (例)

病理 T 分期	MRI 常规平扫结合 DCE-MRI T 分期				总计
	T1	T2	T3	T4	
T1	9	3	0	0	12
T2	0	11	3	0	14
T3	0	1	33	3	37
T4	0	0	2	18	20
总计	9	15	38	21	83

表 3 术后不同病理 T 分期 DCE-MRI 定量灌注参数的变化 ($\bar{x} \pm s$)

病理 T 分期	例数	DCE-MRI 定量灌注参数		
		$K^{trans} (\text{min}^{-1})$	V_e	$K_{ep} (\text{min}^{-1})$
T1	12	0.20 ± 0.08	0.43 ± 0.15	0.47 ± 0.08
T2	14	0.26 ± 0.06	0.52 ± 0.16	0.52 ± 0.11
T3	37	0.32 ± 0.08	0.57 ± 0.12	0.58 ± 0.11
T4	20	0.43 ± 0.08	0.66 ± 0.16	0.63 ± 0.06
F 值		22.54	8.30	7.60
P 值		<0.01	<0.01	<0.01

3 讨论

直肠癌术前评估至关重要,术前准确分期有助于临床制定最合理的治疗方案。传统的影像学方法只能在形态学上对肿瘤进行评估,DCE-MRI 结合了病变形态学与血流动力学特点,能更精确地评估肿瘤的分度程度。

本研究结果显示,MRI 常规平扫 T 分期准确率为 74.7% (62/83)。回顾分析影像学资料,发现 4 例 T1 期肿瘤由于黏膜下层较薄、周围肠壁水肿及肌层受到肿瘤压迫^[4],局限于黏膜下层的肿瘤与肌层分界不清,在 T₂WI 上表现为高信号的黏膜下层消失,高估为 T2 期。其中 1 例在结合 DCE-MRI 后表现为

肿瘤强化,肌层内缘轻微强化,连续性完整,准确判断为 T1 期。4 例 T2 期肿瘤在常规 T₂WI 上表现肌层不光滑,可见索条样低信号,误以为肿瘤突破肌层达周围脂肪间隙导致过度分期为 T3 期,病理结果为肿瘤周围炎性反应及纤维化。其中 1 例在结合 DCE-MRI 后表现细长索条且为边界光滑的明显强化影,判断为非癌性索条影,准确判断为 T2 期。在 T₂WI 上 3 例 T3 期肿瘤表现为肠周脂肪间隙清晰,低估为 T2 期。其中 2 例在结合 DCE-MRI 后表现瘤体明显强化,肌层连续性中断,提示肿瘤超出肌层达肠周脂肪间隙,准确判断为 T3 期。3 例 T3 期误判为 T4 期是由于肿瘤穿透肌层达肠周脂肪间隙,1 例肿瘤靠近腹膜,2 例肿瘤外缘的索条影达腹膜,误认为是肿瘤浸润,判断为 T4 期。其中 2 例在结合 DCE-MRI 后表现为边界光滑的明显强化细长索条影与腹膜相连,判断为非癌性索条影,准确分为 T3 期。3 例 T3 期误判为 T4 期是由于肿瘤较大位于直肠下段与周围结构分界不清,误认为肿瘤浸润较薄的直肠周围系膜、肛门括约肌及肛提肌。其中 1 例在结合 DCE-MRI 后表现为肿瘤与肛提肌分界清晰,准确判断为 T3 期。4 例靠近腹膜及周围结构的 T4 期肿瘤不能准确判断为微转移误判为 T3 期。其中 2 例在结合 DCE-MRI 后表现为直肠系膜结节样轻度强化影,为肿瘤微小转移结节,准确判断为 T3 期。本研究表明,MRI 常规平扫结合 DCE-MRI 检查后 T 分期的诊断准确率较 MRI 常规平扫有所升高,与何鑫等^[5]常规 MRI 结合 DCE 序列 T 分期准确率 83.61% 的报道相符。结合 DCE-MRI 对 T1 与 T2 期直肠癌鉴别有所帮助,但仍较困难。区分 T2 期与 T3 期直肠癌的关键为肿瘤是否突破肌层、是否侵犯肠周脂肪间隙,以及癌性浸润与炎性纤维化的鉴别^[6-7]。笔者发现肿瘤所在肠壁周围的细长索条,注入 GD-DTPA 后明显强化,多为非癌性索条影。而与肿瘤相连的短而尖的索条或肿瘤周围结节状突起,注入 GD-DTPA 后无明显强化或仅轻度强化,多为癌性索条影及结节。

DCE-MRI 通过药代动力学 Tofts 双室模型分析肿瘤血管内、外对比剂浓度的变化,从而反映肿瘤内微循环及血流灌注情况,通过后处理软件,获得药代动力学定量灌注参数 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 值。 K^{trans} 值代表对比剂从血管转运至细胞外血管外间隙(EES)的速率。本研究显示, K^{trans} 值随着肿瘤 T 分期的增加而递升,差异具有统计学意义。随着肿瘤 T 分期的增加,肿瘤细胞生长活跃,新生血管丰富,对比剂流入增加,由于新生血管结构及功能发育不成熟,具有较高的渗透性和血流量,对比剂渗出增加, K^{trans} 值升高。 V_e 值代表 EES 中的对比剂容积占整个体素的百分数。本研究显示, V_e 值随着肿瘤 T 分期的增加而递升,由于 T 分期越高的肿瘤新生血管量及血管渗透性增加,在 EES 中的分布对比剂容积增加, V_e 值增大。 K_{ep} 值代表分布在 EES 中的对比剂回流入微血管的速率。本研究显示, K_{ep} 值随着肿瘤 T 分期的增加而递升,由于肿瘤新生血管通透性增高且存在动静脉瘘,分布在 EES 的对比剂向血管廓清的速率亦增加, K_{ep} 值增大。Yeo 等^[8]报道, K_{ep} 较 K^{trans} 能更加准确地反映肿瘤局部微血管灌注及通透情况。关于 K^{trans} 、 V_e 、 K_{ep} 值与直肠癌 T 分期的研究结果差异较大。唐翠等^[9]研究数据显示 T3~4 期直肠癌 K^{trans} 值及 K_{ep} 值显著高于 T1~2 期,与杨晓棠等^[10]研究结果相似。Kim 等^[11]研究数据显示直肠癌 K_{ep} 、 V_e 值与 T 分期无相关性。分析与以上部分研究结论不一致的原因可能是肿瘤的综合状况不同,采用的药代动力学模型不同、选取 ROI 部位不一致而导致研究结果不同。

总之,DCE-MRI 结合 MRI 常规平扫有助于提高直肠癌术前 T 分期与术后病理 T 分期诊断的一致性;DCE-MRI 定量灌注参数随直肠癌 T 分期增高而递升。DCE-MRI 有助于更准确地判断肿瘤浸润深度,反映肿瘤局部微循环及血流灌注情况,可为临床选择直肠癌术前分期的检查方法及制定合理的治疗

方案提供参考依据。

参考文献

- [1] 郑贤应,曹代荣,游瑞雄,等. 比较 3.0 T MRI 不同成像序列对直肠癌 T 分期诊断的效用[J]. 临床放射学杂志,2016,34(12): 1925-1928.
- [2] 张翀达,张红梅,孟闫凯,等. T2 加权成像和扩散加权成像在直肠癌分期中的应用[J]. 中华肿瘤杂志,2018,40(1):46-51.
- [3] 杨心悦,肖晓娟,卢宝兰,等. DCE-MRI 定量灌注参数鉴别直肠癌病理分级的 Meta 分析[J]. 中国循证医学杂志,2017,17(5): 536-543.
- [4] 宇文谦,常红,李海玲,等. 高分辨 3.0T MRI 扫描对直肠癌术前分期的临床应用[J]. 中国临床医学影像杂志,2017,28(7):504-506,515.
- [5] 何鑫,朱丽娜,刘艳,等. 3.0T 磁共振在直肠癌术前评估中扫描序列的优选[J]. 实用放射学杂志,2014,30(5):841-844.
- [6] 王铮,黄仲奎,廖锦元,等. 3.0T MR 高分辨率成像对直肠癌局部浸润的术前影像学评价[J]. 实用放射学杂志,2017,33(8): 1196-1200.
- [7] 唐娜,尚乃舰,张红霞. 3.0T 高分辨率 MRI 在直肠癌术前 T 分期中的价值[J]. 中国临床医学影像杂志,2016,27(8):562-564,569.
- [8] Yeo DM, Oh SN, Jung CK, et al. Correlation of dynamic contrast-enhanced MRI perfusion parameters with angiogenesis and biologic aggressiveness of rectal cancer: Preliminary results[J]. J Magn Reson Imaging, 2015, 41(2):474-480.
- [9] 唐翠,续晋铭,卢晓玲,等. 不同病理特征直肠癌的 MR 灌注成像参数分析[J]. 中国医学影像技术,2016,32(10):1540-1544.
- [10] 杨晓棠,张建新,杜笑松,等. 动态增强 MRI 定量与半定量分析在直肠癌术前 T、N 分期中的应用价值[J]. 中华解剖与临床杂志,2016,21(2):109-114.
- [11] Kim YE, Lim JS, Choi J, et al. Perfusion parameters of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging in patients with rectal cancer: correlation with microvascular density and vascular endothelial growth factor expression[J]. Korean J Radiol, 2013, 14(6):878-885.

收稿日期:2018-07-01 修回日期:2018-08-04 编辑:王国品