

## 论著

## HR-T2WI联合DCE-MRI、DWI评估直肠癌术前分期及环周切缘的价值

张馨允\* 杨志忠 任建伟  
郭子豪 孙兴红  
河南省直第三人民医院外一科  
(河南 郑州 450006)

**【摘要】目的** 分析高分辨率T2加权成像(HR-T2WI)联合对比增强磁共振成像(DCE-MRI)、扩散加权成像(DWI)评估直肠癌术前分期及环周切缘(CRM)的价值。**方法** 选取医院2019年4月至2024年6月期间收治的102例直肠癌患者为研究对象,患者术前均行HR-T2WI、DCE-MRI及DWI检查,术后均行病理活检,以术后病理学检查为“金标准”,分析HR-T2WI联合DCE-MRI、DWI对直肠癌术前分期及CRM的评估价值。**结果** 102例直肠癌患者经手术病理检查证实,T1期15例、T2期23例、T3期25例、T4期39例;N0期35例、N1期42例、N2期25例;CRM阳性48例、阴性54例。HR-T2WI、DCE-MRI、DWI及三者联合评估术前T分期的准确率分别为74.51%(76/102)、78.43%(80/102)、82.35%(84/102)、92.16%(94/102),三者联合评估术前T分期的准确率显著高于HR-T2WI、DCE-MRI、DWI单独评估,且差异有统计学意义( $\chi^2=11.819$ ,  $P<0.05$ )。HR-T2WI、DCE-MRI、DWI及三者联合评估术前N分期的准确率分别为75.49%(77/102)、77.45%(79/102)、85.29%(87/102)、92.16%(94/102),三者联合评估术前N分期的准确率显著高于HR-T2WI、DCE-MRI、DWI单独评估,且差异有统计学意义( $\chi^2=12.465$ ,  $P<0.05$ )。三者联合评估术前CRM的灵敏度、特异度及准确率分别为89.58%、94.44%、92.16%,特异度及准确率显著高于HR-T2WI、DCE-MRI、DWI单独评估,且差异有统计学意义( $\chi^2=8.831$ 、13.736,  $P<0.05$ )。**结论** HR-T2WI联合DCE-MRI、DWI可提高对直肠癌术前分期及CRM的评估价值。

**【关键词】** 直肠癌; 术前分期; 环周切缘; 高分辨率T2加权成像; 对比增强磁共振成像; 扩散加权成像

**【中图分类号】** R735.3+7

**【文献标识码】** A

**DOI:**10.3969/j.issn.1672-5131.2025.12.045

## Value of HR-T2WI Combined with DCE-MRI and DWI in Evaluating Preoperative Staging and Circumferential Resection Margin in Rectal Cancer

ZHANG Xin-yun\*, YANG Zhi-zhong, REN Jian-wei, GUO Zi-hao, SUN Xing-hong.

Department of General Surgery I, The Third People's Hospital of Henan Province, Zhengzhou 450006, Henan Province, China

## ABSTRACT

**Objective** To analyze the value of high-resolution T2-weighted imaging (HR-T2WI) combined with dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI) and diffusion-weighted imaging (DWI) in evaluating preoperative staging and circumferential resection margin (CRM) in rectal cancer. **Methods** A total of 102 patients with rectal cancer admitted to the hospital from April 2019 to June 2024 were selected as the research subjects. All patients underwent HR-T2WI, DCE-MRI and DWI examinations before surgery, and pathological biopsy after surgery. Postoperative pathological examination was used as the gold standard to analyze the value of HR-T2WI combined with DCE-MRI and DWI in evaluating preoperative staging and CRM in rectal cancer. **Results** Surgical and pathological results showed 15 cases in T1 stage, 23 cases in T2 stage, 25 cases in T3 stage and 39 cases in T4 stage, 35 cases in N0 stage, 42 cases in N1 stage and 25 cases in N2 stage, 48 cases positive for CRM and 54 cases negative for CRM. The accuracy rates of HR-T2WI, DCE-MRI, DWI, and their combination for evaluating preoperative T staging were 74.51% (76/102), 78.43% (80/102), 82.35% (84/102), and 92.16% (94/102), respectively. The accuracy rate of joint evaluation was significantly higher than that of separate evaluation ( $\chi^2=11.819$ ,  $P<0.05$ ). The accuracy rates of HR-T2WI, DCE-MRI, DWI, and their combination for evaluating preoperative N staging were 75.49% (77/102), 77.45% (79/102), 85.29% (87/102), and 92.16% (94/102), respectively. The accuracy of joint evaluation was significantly higher than that of separate evaluation ( $\chi^2=12.465$ ,  $P<0.05$ ). The sensitivity, specificity and accuracy of combination of the three for evaluating preoperative CRM were 89.58%, 94.44%, and 92.16%, respectively. The specificity and accuracy were significantly higher than those of separate evaluation ( $\chi^2=8.831$ , 13.736,  $P<0.05$ ). **Conclusion** HR-T2WI combined with DCE-MRI and DWI can improve the evaluation of preoperative staging and CRM in rectal cancer.

**Keywords:** Rectal Cancer; Preoperative Staging; Circumferential Resection Margin; High-resolution T2-Weighted Imaging; Dynamic Contrast-enhanced Magnetic Resonance Imaging; Diffusion-Weighted Imaging

直肠癌作为临床常见的消化道恶性肿瘤,其主要表现为血便、局限性腹痛腹泻等。随着现代饮食结构的转变及生活压力增加,直肠癌发病率及死亡率均显著升高,对患者生命健康造成严重威胁<sup>[1-2]</sup>。现阶段外科手术是治疗该疾病的有效方式,而术前分期评估是手术方式及辅助治疗方式选择的重要参考依据;同时对于环周切缘(CRM)的准确评估,能提高患者生存率,改善预后。磁共振成像(MRI)是直肠癌术前分期评估的常规检查,具备多序列、多平面成像等优势,随着MRI的发展,临床应用价值良好<sup>[3]</sup>。其中高分辨率T2加权成像(HR-T2WI)作为MRI基础序列,能为术前分期评估提供良好的解剖信息<sup>[4]</sup>。扩散加权成像(DWI)能反映活体组织中水分子的随机运动,在肿瘤术前诊断中应用广泛<sup>[5]</sup>。对比增强磁共振成像(DCE-MRI)能评估组织血流动力学特征,对肿瘤的鉴别及诊断均有良好的应用价值<sup>[6]</sup>。而HR-T2WI联合DCE-MRI、DWI是否能提高对直肠癌分期及CRM评估准确度,临床尚未报道。故本次研究选取102例直肠癌患者,分析以上三种检查方式联合对术前分期及CRM的评估价值。

## 1 资料与方法

**1.1 对象** 选取医院2019年4月至2024年6月期间收治的102例直肠癌患者为研究对象。

**纳入对象:** 均满足《中国结直肠癌诊疗规范(2023版)》<sup>[7]</sup>中相关诊断标准,经病理学检查确诊为直肠癌;术前均行HR-T2WI、DCE-MRI、DWI检查,图像质量优;首次发病,术前均未行放疗、化疗;受试者及其家属对本次研究均知情同意;预计生存期超过3个月;临床影像学资料完整。排除标准:存在其他恶性肿瘤;对比剂过敏者;存在传染性感染者;无法配合各项检查者。其中男性68例、女性34例;年龄42~78岁,平均年龄(60.14±9.21)岁;体质指数(BMI)为18~26kg/m<sup>2</sup>,平均BMI(22.05±1.98)kg/m<sup>2</sup>;肿瘤位置:高45例、中36例、低21例。本次研究经医院伦理委员会审核通过。

**1.2 方法** 检查前30 min为患者进行肠道准备,肌肉注射东莨菪碱20 mg,以减轻肠道蠕动;采用3.0T MRI扫描仪(美国,GE Signa Architect),以及16通道体部相控阵线圈;取患者仰卧位,磁场中心为耻骨上缘,对患者盆腔进行扫描;(1)采集矢状位、轴位及冠状位HR-T2WI扫描。T2WI参数:重复时间(TR)=3120 ms,回波时间(TE)=80 ms,视野

【第一作者】张馨允,女,主治医师,主要研究方向:肛肠。E-mail: 15136420522@163.com

【通讯作者】张馨允

(FOV)=360 mm×360 mm, 矩阵=512×512, 层厚=3.0 mm, 层间距=0.9 mm。(2)DCE-MRI: 采用T1WI, 使用高压注射器, 以2.5mL/s注射速率注射对比剂钆喷酸葡胺(Gd-DTPA), 共采集35个时相, 扫描时间为280 s, 扫描参数如下: TR=3.1 ms, TE=1.4 ms, FOV=375 mm×298 mm, 矩阵250×198。(3)DWI: TR=4500 ms, TE=9.3 ms, FOV=280 mm×340 mm, 矩阵=198×198, 层厚=4.0 mm, 层间距=1.5 mm, 扫描时间为87 s, 取弥散敏感系数b值为0、1000 s/mm<sup>2</sup>。

**1.3 图像分析** 扫描完成后初始图像上传至后处理工作站, 处理完成收集所有患者影像学资料, 由2名由工作经验5年以上的放射科医师进行阅片, 且医师阅片前对患者临床资料、病理结果均不知情; 采用双盲法进行阅片, 内容包括直肠癌分期及CRM评估; 当出现意见不一致的情况, 双方商议后给出统一诊断意见。

**1.4 评估标准** (1)直肠癌分期评估标准: 根据第八版《AJCC肿瘤分期手册》<sup>[6]</sup>中的分期标准对患者进行分期评估; T1期: 肿瘤位于黏膜下层, 未侵犯固有肌层; T2期: 肿瘤侵犯但未穿透固有肌层; T3期: 肿瘤穿透固有肌层, 周围脂肪可见肿瘤; T4期: 肿瘤发生转移, 侵犯周围盆腔器官(子宫、膀胱、前列腺等)。N0期: 未发生区域淋巴结转移; N1期: 直肠周围区域淋巴结转移1~3个; N2期: 局部淋巴结直径≥8 mm, 直肠周围区域淋巴结转移个数≥4个。(2)MRI判断CRM标准<sup>[9]</sup>: MRI图像上肿瘤外缘与直肠系膜筋膜间的距离小于1 mm为阳性, 反之为阴性。对于没有系膜覆盖的直肠下段肿瘤, 需要测量病灶与肛提肌间最近的距离, 然后进行判断。

**1.5 统计学方法** 本研究中, 所有收集到的数据均借助SPSS 25.0

统计学软件进行详尽分析, 其中计数资料采用[n(%)]表示,  $\chi^2$ 检验两组之间的差异;  $\alpha=0.05$ 为检验水准。

**2 结果**

**2.1 直肠癌患者病理结果分析** 102例直肠癌患者经手术病理检查证实, T1期15例、T2期23例、T3期25例、T4期39例; N0期35例、N1期42例、N2期25例; CRM阳性48例、阴性54例。

**2.2 HR-T2WI、DCE-MRI、DWI评估直肠癌术前T分期与病理结果对比** HR-T2WI、DCE-MRI、DWI及三者联合评估术前T分期的准确率分别为74.51%(76/102)、78.43%(80/102)、82.35%(84/102)、92.16%(94/102), 三者联合评估术前T分期的准确率显著高于HR-T2WI、DCE-MRI、DWI单独评估, 且差异有统计学意义( $\chi^2=11.819, P<0.05$ )。见表1。

**2.3 HR-T2WI、DCE-MRI、DWI评估直肠癌术前N分期与病理结果对比** HR-T2WI、DCE-MRI、DWI及三者联合评估术前N分期的准确率分别为75.49%(77/102)、77.45%(79/102)、85.29%(87/102)、92.16%(94/102), 三者联合评估术前N分期的准确率显著高于HR-T2WI、DCE-MRI、DWI单独评估, 且差异有统计学意义( $\chi^2=12.465, P<0.05$ )。见表2。

**2.4 HR-T2WI、DCE-MRI、DWI评估直肠癌术前CRM与病理结果对比** 三者联合评估术前CRM的灵敏度、特异度及准确率分别为89.58%、94.44%、92.16%, 特异度及准确率显著高于HR-T2WI、DCE-MRI、DWI单独评估, 且差异有统计学意义( $\chi^2=8.831、13.736, P<0.05$ )。见表3和表4。

**2.5 典型病例** 见图1~3。

**表1 HR-T2WI、DCE-MRI、DWI评估直肠癌术前T分期与病理结果对比**

检查方式	病理结果			
	T1	T2	T3	T4
HR-T2WI	T1	9	0	0
	T2	4	12	0
	T3	2	7	16
	T4	0	4	9
DCE-MRI	T1	10	0	0
	T2	3	13	0
	T3	2	5	18
	T4	0	5	7
DWI	T1	11	0	0
	T2	2	14	0
	T3	2	6	20
	T4	0	3	5
HR-T2WI+DCE-MRI+DWI	T1	13	0	0
	T2	1	19	0
	T3	1	2	23
	T4	0	2	2

**表2 HR-T2WI、DCE-MRI、DWI评估直肠癌术前N分期与病理结果对比**

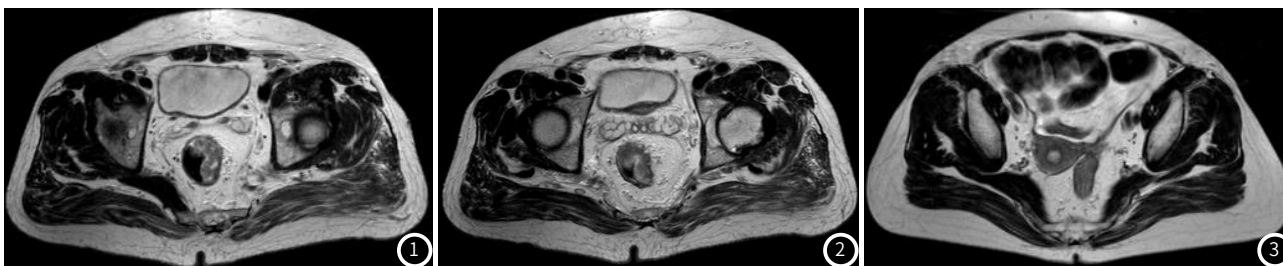
检查方式	病理结果		
	N0	N1	N2
HR-T2WI	N0	25	0
	N1	7	32
	N2	3	10
DCE-MRI	N0	24	0
	N1	8	34
	N2	3	8
DWI	N0	27	0
	N1	7	35
	N2	1	7
HR-T2WI+DCE-MRI+DWI	N0	32	0
	N1	3	38
	N2	0	2

**表3 HR-T2WI、DCE-MRI、DWI评估直肠癌术前CRM与病理结果对比**

检查方式		病理结果	
		阳性	阴性
HR-T2WI	阳性	35	12
	阴性	13	42
DCE-MRI	阳性	34	13
	阴性	14	41
DWI	阳性	36	7
	阴性	12	47
HR-T2WI+DCE-MRI+DWI	阳性	43	3
	阴性	5	51

**表4 HR-T2WI、DCE-MRI、DWI对直肠癌术前CRM的评估效能(%)**

检查方式	灵敏度	特异度	准确率
HR-T2WI	72.92(35/48)	77.78(42/54)	75.49(77/102)
DCE-MRI	70.83(34/48)	75.93(41/54)	73.53(75/102)
DWI	75.00(36/48)	87.04(47/54)	81.37(83/102)
HR-T2WI+DCE-MRI+DWI	89.58(43/48)	94.44(51/54)	92.16(94/102)
$\chi^2$	5.897	8.831	13.736
P	0.117	0.032	0.003



**图1** HR-T2WI图像, 直肠癌T4期, 68岁, 男性, 肿瘤局限于距肛缘5cm~6cm处见长约6cm的直肠壁不均匀增厚, 见不规则软组织肿块, 环肠壁约3/4, T2WI及压脂序列呈不规则高信号。肠腔狭窄, 周围直肠系膜筋膜模糊。  
**图2** DCE-MRI图像, 直肠癌T3期, 34岁, 男性, 直肠下端偏心增厚, 管腔狭窄, 肿瘤组织侵及固有肌层。  
**图3** DWI图像, 直肠癌T3期, 69岁, 女性, T2WI显示, 呈现混杂稍高信号, 浆膜层局部略毛糙, 侵犯直肠肌层, DWI弥散受限, 周围脂肪间隙清晰。

### 3 讨论

直肠癌治疗方式以手术为主, 早期手术能有效提高患者生存率, 改善预后, 精确治疗依赖于术前分期诊断, 判断错误可能导致过度治疗, 分期诊断不足可能导致术后复发。故术前分期准确评估能为直肠癌手术治疗提供可靠的决策依据, 且可根据患者CRM等情况制定个性化诊疗, 对患者临床及预后至关重要。

现阶段MRI已成为直肠癌术前TN分期评估的重要影像学检查手段, 多参数成像的优势也逐渐被认可, MRI参数包括HR-T2WI、DCE-MRI及DWI, 其中HR-T2WI是MRI基础序列之一, 以其清晰的软组织分辨率和丰富的成像手段, 在直肠癌术前TN分期及环周切缘评估中发挥着重要作用<sup>[10]</sup>。DCE-MRI是常规MRI补充方法, 能显示组织血管数量及通透性, 在鉴别肿瘤性质中具有较好的应用价值<sup>[11]</sup>。DWI可明确肿瘤与周边组织的分界情况, 有助于区分肿瘤的浸润深度以及是否存在转移<sup>[12]</sup>。在本次研究中, HR-T2WI、DCE-MRI、DWI三者联合评估术前T、N分期的准确率显著高于单独评估, 表明HR-T2WI联合DCE-MRI、DWI可提高对直肠癌术前分期的评估价值。HR-T2WI能够清晰显示直肠癌病灶及其周围软组织的结构, 包括肿瘤形态、位置、浸润深度以及肠周淋巴结的大小和边缘是否规整等, 这是评估TN分期的基础<sup>[13]</sup>。通过HR-T2WI, 可以准确判断肿瘤是否浸润到黏膜下层、固有肌层或更深的浆膜下层, 从而确定T分期。但肿瘤周围的炎症反应可能导致局部组织水肿、血管增生等, 这些变化在HR-T2WI上可能与肿瘤浸润相似, 从而干扰对肿瘤实际浸润深度的判断; 且肠道气体干扰、患者肠道蠕动等, 可能导致CRM的成像质量下降, 影响评估的准确性。为了克服以上局限性, 通常会结合其他成像技术进行综合评估, 以提高术前分期的准确性和可靠性。DCE-MRI能够评估病变组织中微循环的病理生理特性, 通过动态增强扫描获取对比剂在肿瘤血管内外、组织间隙的分布及代谢情况, 且能反映不同分期癌组织的微血管通透性差异, 有助于T分期的判断<sup>[14]</sup>。DWI通过测量组织内水分子的扩散运动来反映组织的微观结构变化。在直肠癌中, 肿瘤细胞的密度、核浆比以及细胞膜完整性等都会影响水分子的扩散速率, DWI通过捕捉到这些微观变化, 为TN分期提供重要信息<sup>[15]</sup>。研究指出DWI结合MRI常规成像序列, 可进一步提高直肠癌术前TN分期的准确性<sup>[16]</sup>。通过分析DWI图像上的信号强度变化, 可以更加精确地评估肿瘤的分期, 为制定治疗计划提供重要依据。以上三种方式联合应用, 显著提高对直肠癌术前分期的评估价值。

在CRM评估方面, HR-T2WI能够清晰显示直肠系膜及环周切缘的结构, 帮助医生判断CRM是否受累, 从而制定更精确的治疗方案。DWI能够清晰地显示直肠癌肿瘤在直肠系膜内的浸润范围, 包括是否侵犯到CRM, 因此在术前CRM中具有一定的评估价值。研究指出, DWI诊断直肠癌CRM的价值低于DCE-MRI<sup>[17]</sup>。DCE-MRI的敏感性较高, 能够检测到微小病灶, 能清晰显示肿瘤浸润范围, 包括是否侵犯到CRM, 对于判断手术切缘的安全距离至关重要。在本次研究中, 三者联合评估术前CRM的灵敏度、特异度及准确率分别为89.58%、94.44%、92.16%, 特异度及准确率显著高于HR-T2WI、DCE-MRI、DWI单独评估, 说明三者联合诊断有助于避免单一诊断造成的结果误差。

综上所述, HR-T2WI联合DCE-MRI、DWI可提高对直肠癌术前分期及CRM的评估价值。

### 参考文献

- [1] 万智巍, 王雅琦. 江西省县域结直肠癌病例空间分布格局研究——基于风险扫描和时空异质性统计的分析[J]. 地域研究与开发, 2022, 41 (2): 34-39.
- [2] 吴梦吟, 顾凯, 吴春晓, 等. 1973—2017年上海市结直肠癌流行趋势及年龄-时期-队列分析[J]. 肿瘤, 2023, 43 (4): 325-336.
- [3] 周豪, 周亮, 张迎, 等. MRI评估直肠癌不同T分期的价值分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21 (2): 140-141.
- [4] 赵言, 刘文. HR-T2WI联合DWI在直肠癌壁外血管侵犯评估中的应用[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2022, 28 (5): 505-509.
- [5] 张首宁, 张孝先, 张宏凯, 等. DCE-MRI辅以DWI对直肠癌患者术前分期的诊断价值[J]. 实用癌症杂志, 2024 (4): 39.
- [6] 刘凯, 罗红兰, 柯楠, 等. DCE-MRI和IVIM-DWI在前列腺癌病理分级和临床分期中的诊断价值分析[J]. 中国性科学, 2022, 31 (7): 31-35.
- [7] 国家卫生健康委员会医政司, 中华医学会肿瘤学分会, 顾晋, 等. 中国结直肠癌诊疗规范(2023版)[J]. 消化肿瘤杂志: 电子版, 2023, 15 (3): 177-206.
- [8] AMIN MB, EDGE SB, GREENE FL, et al. AJCC cancer staging manual[J]. 8th ed. Chicago: Springer, 20.
- [9] 柴亚欣, 李振玉, 牛永超, 等. 高分辨率MRI在直肠癌术前TN分期及环周切缘评估中的应用价值[J]. 实用放射学杂志, 2021, 37 (11): 1830-1833, 1869.
- [10] 彭德新, 刘岚, 陈志军, 等. 磁共振高分辨扫描对直肠癌术前分期的应用价值[J]. 实用癌症杂志, 2023, 38 (10): 1706-1709.
- [11] 杨彦松, 李君, 张明珠, 等. DCE-MRI定量参数联合高分辨率T2WI预测直肠癌病理N分期的价值[J]. 放射学实践, 2023, 38 (4): 459-467.
- [12] 田启栋, 王天杰. MRI检查T2加权成像和弥散加权成像对直肠癌T、N分期的诊断价值[J]. 癌症进展, 2023, 21 (17): 1941-1944.
- [13] 王子, 葛宇曦, 贺锋, 等. 高分辨率T2WI联合合成双反转恢复图像判断直肠癌T分期[J]. 中国医学影像技术, 2022 (9): 38.
- [14] 许文森, 柳永康, 苗环, 等. MR扩散加权成像与动态对比增强MRI评价局部进展期直肠癌新辅助化疗疗效的价值[J]. 实用放射学杂志, 2023 (11): 39.
- [15] 王梓又, 王冲, 丁涛, 等. 基于图像空间重建技术的小视野DWI在直肠癌T分期中的应用价值[J]. 放射学实践, 2024, 39 (3): 383-387.
- [16] 李博云, 曾旭. DCE-MRI联合DWI在直肠癌术前TN分期中的应用价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21 (2): 142-144.
- [17] 杨华林, 汪飞, 刘骏, 等. 基于DCE-MRI与DWI评估直肠癌局部浸润, 淋巴结转移和环周切缘的价值研究[J]. 川北医学院学报, 2023, 38 (9): 1264-1267.

(收稿日期: 2025-02-26)

(校对编辑: 赵望淇)