

## • 肿瘤专题

# MRI 功能成像在直肠癌诊断中的研究进展

谢林洪

(广西医科大学附属武鸣医院放射诊断科, 广西 南宁 530199)

**【摘要】**直肠癌属于临床较为多见的消化道恶性肿瘤之一, 其具体病因尚未明确, 但通常认为其可能与遗传、环境、生活习惯等因素息息相关。如何早期发现与诊断直肠癌, 并确定其临床分期, 是影响临床治疗方式的选择及预后的重要因素。现如今, MRI 已经广泛应用于直肠癌的临床诊断, MRI 功能成像更是在早期诊断中具有重要意义, 并能为直肠癌患者后续手术及放疗等治疗方案的制定提供依据。因此, 现就 MRI 功能成像在直肠癌诊断中的研究进展进行综述, 为直肠癌的诊断提供依据。

**【关键词】**直肠癌; 扩散加权成像; MRI; 肿瘤分期; 研究进展; 诊断

**【中图分类号】**R735.3+7

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**2096-3718.2023.12.0035.04

**DOI:** 10.3969/j.issn.2096-3718.2023.12.012

恶性肿瘤疾病逐渐成为严重威胁人类健康与社会进步的重大疾病, 结直肠癌是世界上第 3 类常见的癌症, 其中直肠癌约占结直肠癌的 65%<sup>[1-2]</sup>。随着人们生活质量的提升, 受社会环境、遗传因素及饮食习惯的影响, 直肠癌发病逐渐趋于年轻化, 严重威胁人们的健康, 临床需给予高度重视。早期诊断和治疗是改善直肠癌患者预后、减轻患者疾病负担的关键。直肠癌的诊断主要基于临床症状及影像学检查, 目前, MRI、CT 及超声内镜 (EUS) 是临床使用较广泛的操作方式<sup>[3]</sup>。EUS 能对浅表肿瘤诊断分期, 但其仅可显示整个肠系膜, 对高度狭窄的肿瘤难以触及, 针对晚期肿瘤诊断的准确率相对较低, 尤其是针对肿瘤对盆腔浸润方面的评估。CT 检查具有一定辐射损伤, 且对软组织的分辨能力较差, 难以评估直肠癌对周围组织的浸润状况。而 MRI 对软组织分辨力较高, 无辐射损伤, 能为临床提供多方位的参数, 清晰地显示肿瘤与盆腔其他组织的浸润关系<sup>[4]</sup>。鉴于此, 本文就近年来临床针对 MRI 功能成像在直肠癌诊断中的应用相关研究进行分析, 现综述如下。

## 1 MRI 概述

临床主要使用影像学方式开展直肠癌分期、治疗方案制定、确立手术方案等。CT 与钡剂灌肠是临床较多见的直肠癌诊断方式, 随着影像学技术的提升, MRI 逐渐被广泛应用于直肠癌诊断中, 该检查方式具有无辐射、可多方位成像等优势, 能有效显示直肠壁中的三层结构、肿瘤浸润深度及周围器官受损状况, 逐渐成为直肠癌术前分期检

查的主要方式<sup>[5]</sup>。MRI 检查是目前一种常见的影像检查方式, 其是一项生物磁自旋成像技术, 借助磁共振现象从机体中获取电磁信号, 经过计算机重建技术将同组织内不同化学结构及相同密度不同组织以不同的影像显示出来, 从而了解检查部位是否存在病变及病变范围、严重程度等。MRI 具有较高的分辨率、对比度, 不但能提升定位诊断的准确性, 还可检查微小病变。直肠癌检查的主要序列为轴面 T1WI、轴面 T2WI、冠状面 T2WI 及矢状面 T2WI, 近年来, 高分辨力 MRI 已被越来越多地应用于直肠肿瘤的诊治中, 其可以清晰地反映肿瘤的大小, 并对肿瘤的侵袭程度进行分级, 从而为制定合理的手术方案奠定基础。与此同时, 随着功能成像学、分子成像学的发展, 以及 MRI 新技术的融合, MRI 越来越多地被用于肿瘤生物学及病理学特性预测、新辅助治疗疗效评价等领域中。

## 2 直肠癌 MRI 影像学特征

直肠癌的影像学检查, 一般包括 CT 和 MRI 的检查, 通过影像学检查, 可以明确肠管有没有病变, 可以发现肠管是否有扩张, 肠管壁是否有增厚, 部分可表现为管腔狭窄、管壁僵硬、肠管黏膜破坏等, 通过 CT 还可以观察直肠癌肿物是否侵犯周围的脏器, 是否侵犯膀胱前列腺、子宫等脏器; MRI 能明确肿瘤的形态, 较为准确地测量病灶的直径及其下缘距肛缘的距离, 从而协助临床判断是否能够采取保肛手术。在直肠癌中, 以弥漫或局限的肠壁增厚、偏心性狭窄和肠腔不规则为特征。软组织肿块在平扫时表现为略长的 T1 和 T2 信号, 且信号比较一致, 在肠道

的远端表现为“截断征”和“袖口征”，在增强时表现为中度至显著的强化<sup>[6]</sup>。扩散加权成像（DWI）显示，病灶呈高信号，而表观弥散系数（ADC）则呈弱信号。高分辨T2WI，因为对直肠壁的分辨率有了很大的提高，可以清楚地观察到病变对肠壁和直肠周围的侵犯情况<sup>[7]</sup>。因此直肠癌的影像学表现，对治疗也会起到很好的辅助作用。

### 3 MRI 技术在直肠癌诊断中的应用

常规 MRI 可以更直接地显示出病变的整体形态和信号变化，更好地反映出新辅助放化疗后的病变，但是在治疗后的某些细节上，特别是残留病变的识别上，还存在着一定的困难。所以，能够从细胞层面更好地反映肿瘤的生理学及生物学特性的 MRI，可以用来评价直肠癌的治疗效果。

**3.1 常规 MRI 技术** MRI 是直肠癌局部分期最准确、有效的方法，直肠癌患者行单纯全直肠系膜切除术（TME）还是 TME 手术并新辅助放化疗的决策取决于 MRI 所见。针对直肠癌诊断的常用影像学检查方式有 MRI 增强 T1WI，即静脉注射钆-二乙二胺五醋酸，它是目前 MRI 检查中常用的对比剂，属于一种细胞外间隙对比剂，与蛋白质具有较强的亲和力，为评估肿瘤复发或血管成像，将其注入人体，可提高诊断的可信度；另外，其具有水溶性，通过肾小球过滤，经尿路排泄<sup>[8]</sup>。彭军等<sup>[9]</sup>研究显示，使用 MRI 检查对结直肠癌术前评估，可有效评估结直肠癌患者术前病理分期，相较于 CT 检查，MRI 对 T、N 分期的诊断准确率更高。因此，MRI 可观察病变浸润深度、盆腔淋巴结情况、有无累及邻近器官及远处转移，进而对术前分期进行准确诊断，为临床医师选择合理的手术方式，判断术前、术后是否需要辅助放化疗等提供参考依据，实现患者个体化治疗。

**3.2 直肠腔内线圈** 直肠腔内线圈能清楚地反映出直肠的黏膜层、黏膜下层及肌肉层，临床上应用直肠腔内超声诊断方法对直肠肿瘤的淋巴结转移、临床分期的诊断与病理诊断结果的一致性较高，直肠腔内超声诊断淋巴结转移与临床分期的准确性分别为 93.9%、87.9%<sup>[10]</sup>。但其不足之处是：成像面积较小，不能完整地展现肿瘤的影像，且不能清楚地反映出直肠周边的有关结构；由于直肠线圈的定向特性，在与其同向的辐射部位，其信噪比较高，但其信号衰减较快，不能直接观察到肿瘤对直肠系膜及周围器官的侵犯，所以，单纯应用本技术并不能对其进行准确诊断，也不能被身体虚弱的患者所采用。已有研究显示，将直肠腔内部的线圈和体表相控阵的线圈联合起来，可以明显地提高临床上的诊断价值<sup>[11]</sup>。随着线圈制作工艺和技术的提高，直肠腔内表面线圈对肠管的机械性刺激将逐渐

减小，逐渐被临床医师与患者所接受，直肠癌术前两种线圈结合将可能会提高分期准确率。

### 4 MRI 新技术对直肠癌治疗前诊断价值

现如今，临床上的直肠癌分期标准为抗癌联盟（UICC）及美国癌症联合委员会（AJCC）于 2010 年联合制定的第 7 版 TNM 分期标准。《直肠癌诊断与治疗指南》也提出，对于已发生转移的直肠癌患者，需先行新辅助放化疗，缩小肿块或淋巴结，争取根治性切除。有报道认为：TN 的分期不但可以确定放疗和化疗的选择，而且可以判断患者的手术效果<sup>[12]</sup>。T 期越高，淋巴结转移越多，患者的生存率降低。T 期环周切缘阳性对直肠癌的侵袭和转移有较好的预测作用。目前，TME 已经成为直肠癌外科治疗的“金标准”，TME 有较高的术后复发率，故对其进行常规放疗后的 TN 分期，可为个体化放疗提供参考。

**4.1 磁共振弥散加权成像** DWI 是 MRI 中的一种扫描序列，其是目前可以无创伤地探测到活体内组织中水扩散和移动的一种影像手段，可以通过对组织和病灶的形态反应来对肿瘤进行定位和定性，同时还可以对肿瘤的治疗和复发进行监控，避免了传统的 T1 和 T2 序列不能反映细胞功能损伤的局限<sup>[13]</sup>。ADC 是用来表征水分子在水中的扩散速率和移动幅度的参量，ADC 值增大，代表水分子弥散增加，DWI 信号降低，反之亦然。水分子在细胞内部和外部的扩散过程是不一样的，由于蛋白质和细胞器等大分子的存在，水分子在细胞内部的扩散过程受到很大的限制。郭鑫等<sup>[14]</sup>研究显示，针对老年直肠癌患者给予 T2WI 联合 DWI 进行评估，对于 T 分期患者，诊断准确率达 91.25%，且与病理结果具有良好的一致性；对于 N 分期患者，诊断准确率达 81.25%，其诊断价值较高。刘玉霞等<sup>[15]</sup>研究显示， $b=800 \text{ s/mm}^2$  时 DWI 检查的图像质量较好，多 b 值扩散加权成像与传统 MRI 相结合，可更好地判断肿瘤的分级。弥散加权成像不仅可以区分肿瘤的性质，和对 T、N 分期的诊断，而且可以对放化疗的疗效作出判断。有研究学者认为，可以以患者的 ADC 值变化为基础，来评价治疗的降期状态及术后复发风险，如果在治疗后，患者的 ADC 值都有很大的上升，那么在治疗后的降期效果一般会比 ADC 值上升较小的患者要高，而且病理完全缓解率也会有一定的提高，因此，该技术能对新辅助化疗的效果进行评估，合理地制定手术方案<sup>[16]</sup>。但该技术也存在一定不足，其空间分辨能力较低，仅能显示出直肠大致轮廓，难以对肠壁分层进行分析，为此，为进一步提升诊断准确性，临床通常采取联合其他序列检查的方式开展。

此外，TME 是目前治疗直肠癌的标准术式，该术式比



传统直肠癌根治术明显降低了术后局部复发率,提高了生存率。相关研究表明,在 TME 手术方面,环状切缘是评价 TME 手术的一个重要指标,也是造成患者局部复发的根源。利用 DWI 结合传统的磁共振,环状切缘具有高软组织解析力,能很好地显示重要盆腔内的直肠系膜和固有筋膜,并能有效地筛选出环状切缘的实际状况,从而便于患者及时治疗,改善预后。

**4.2 背景抑制体部磁共振弥散加权成像** 直肠癌背景抑制体部磁共振扩散加权成像(DWIB)建立在 DWI 成像的基础上,该技术不需要呼吸触发和抑制,可在正常呼吸状态下,对机体进行大范围的 DWI,叠加多重信号的无间断薄层扫描,其主要利用重弥散及脂肪抑制预脉冲的背景抑制。通过对影像的处理,得到的影像具有最高的密度,压制了正常的肌肉、血管、脂肪等体部的背景信号,使影像更加清楚地显示出病灶的位置。该技术采用“黑-白”转换技术,能够得到类似于正电子发射计算机断层显像(PET)的病变图像,因而被称作“类 PET”,对转移性病变的检测准确率更高,是一种便捷、快速的影像手段。

**4.3 动态增强核磁共振** 动态增强核磁共振近年来在直肠癌诊断中应用较多,在肛门注射气体后,经肘前静脉注射相应对比剂,再行核磁共振增强检查,将造影前、中、后的一组高分辨率 MRI 影像显示出来,可清楚地反映出肿瘤的血液供应及损伤的范围,是一项将形态与血液动力学相结合的新技术。相关研究表明,普通盆腔增强扫描直肠癌的 TNM 分期诊断精确度较低<sup>[17]</sup>,探究其原因可能是,由于肠壁隔层清晰度不足,在检查前借助体部相控阵线圈进行扫描,未将肠道充盈所致。直肠高分辨率动态增强 MRI 扫描可以提高 T 分期的精确度,即便肠周脂肪较少的患者 T2、T3 期的诊断符合率也是较高的,可能是由于增强扫描时在直肠腔内线圈的帮助下,通过向肠道内注入一定的气体,使肠壁各层的通透性增加,从而有利于临床分期的诊断。张婷等<sup>[18]</sup>研究显示,针对直肠癌患者使用 3.0 T 动态增强磁共振功能评估,能准确地显示癌区良、恶性淋巴结,有效提升诊断的灵敏度、准确度及特异性,掌握病灶特征,对疾病分期具有更精准的评估。刘静等<sup>[19]</sup>研究显示,动态对比增强磁共振联合 DWI 检查,能够更加有效地诊断结肠癌术前 T、N 分期、膜淋巴结性质。因此,对于无明显肠周浸润而已经有淋巴结转移的直肠癌,动态对比增强磁共振联合 DWI 检查可以提高了检出率。

**4.4 高分辨率 MRI** 高分辨 MRI 是一种小视野、薄层、与肠道长轴垂直或平行的 T2WI 影像,在国外已被广泛应用。3.0 T 的高分辨率 MRI 具有较高的空间分辨能力,可以区分 T1 期和 T2 期,但在早期,尤其是在 T1 期直肠癌的诊断中仍然有一定的局限。T 分期存在的主要误区是

T1/2 期过分期、T3/4 期分期不足,可能是因为影像医生对 TN 分期临界面(黏膜下层、肌层、肠周脂肪、周围器官及盆腔)的判断存在主观因素。T2 及 T3 期的鉴别是能否进行 NCRT 的标准之一,同时也是目前影像学研究 T 分期鉴别的重点及难点。

**4.5 体素内不相干运动扩散加权成像** 最近出现的一种基于 DWI 的磁共振非相关移动弥散加权成像,利用双指数的弥散衰减特性,解决了传统 DWI 方法无法充分反映生物组织在 DWI 中所表现出来的问题。在此基础上,提出了 3 个量化指标,其中 D 代表真实水分子扩散运动,D\* 代表毛细血管网灌注信息,f 为灌注相关扩散占总扩散的百分比。具有恶性倾向低级别星形细胞瘤的 D\* 和 f 值在预测 2 年生存率方面有很大潜力,其灵敏度和特异度均较高。这一方法最初被用于大脑,之后逐步被用于腹腔,但是对于腹腔器官的研究还很少。

**4.6 影像组学** 影像组学主要指的是从收集到的海量影像学图像中对图像进行提取和量化,对图像进行整合,并通过多学科协作,构建出一个包括特征数据和个体数据等数据的数据库。所提取的影像特征主要有:①传统的影像学定义,如部位、尺寸、形态等;②病灶组织中存在看不见的非均匀性。目前,影像组学在直肠癌的临床应用中,以纹理分析为主。纹理分析是一种可以对影像像素的灰度统计、组织空间分布及结构等信息进行量化的工具,其可以突破肉眼观察病变的局限,用得到的参数来反映病变内部的异质性。通过软件分提取图像粗细不同的纹理,得出感兴趣区内像素灰度值均值(mean)、混杂程度反应值(entropy)、直方图峰态(Kurtosis)等参数。

## 5 MRI 在直肠肿瘤放射疗法中的应用价值

**5.1 MRI 在放疗靶区勾画中的应用** 在直肠癌的术前放射治疗中,精确地描绘出目标区域,是实现直肠癌精确放射治疗的关键,也是决定患者放射治疗效果和不良反应的关键。除了依据基本病史、临床体检之外,现有的诊断方法还依赖于 CT、MRI、腔道超声等影像学方法。常规的 CT 扫描是目前放射治疗中最常用的方法,但是由于肿瘤局部水肿的存在,CT 扫描上的大体肿瘤靶区(GTV)往往会导致实际的放疗范围变大。前期研究中,通过比较核磁共振与内窥镜对直肠癌细胞 GTV 的精确度差异,结果表明,内窥镜所能显示的 GTV 值显著低于核磁共振,且核磁共振可以检测到更多的疑似淋巴结<sup>[20]</sup>,因此,在肿瘤放疗之前,骨盆 MRI 可以更好地勾画出 GTV 的轮廓,并可以帮助肿瘤细胞的淋巴结勾画。

**5.2 MRI 在放疗疗效预测中的应用** 目前,局部进展期的直肠癌推荐行术前新辅助放化疗,以达到降期目的,使

原本不能手术的患者重新获得手术机会，同时也在一定程度上间接提高了术后病理缓解率。传统放疗疗效的评价通常在放疗后 4 周左右行 CT 检查评估肿瘤病灶体积大小的变化<sup>[21-22]</sup>。但由于放疗后肿瘤周围存在短期局部水肿反应，导致肉眼观察肿瘤体积变化并不明显，影响了肿瘤放疗疗效的准确评价。国内有学者发现，在预测和评价新辅助放化疗后病理反应方面，DWI 相比于正电子发射计算机断层显像（PET-CT）而言，其灵敏度及特异度均优于正电子发射断层（FDG-PET）或 FDG-PET/CT，尤其是对单独的腺癌包括黏液型腺癌的灵敏度更高<sup>[23-24]</sup>。而动态增强核磁共振则通过观察造影剂在血管内外的交换过程来研究造影剂在组织中的浓度，随时间变化的规律，从而利用 ADC 值定量描述肿瘤微血管生成及通透性等血流动力学信息。

## 6 小结与展望

MRI 具有无辐射、高分辨率、多角度影像等优点，可以客观反映出直肠肿瘤浸润肠壁、淋巴结信号改变等情况。随着医疗技术的进步，磁共振功能影像对直肠肿瘤的浸润范围、淋巴结转移情况等有了更准确的评估，对其分期及制订治疗策略具有重要意义。但目前在对淋巴结转移的判断指标的选择、b 值选取等方面，还需要进行深入的研究。

## 参考文献

- [1] WHITE P M, SAHU M, POLES M A, et al. Colorectal cancer screening of high-risk populations: A national survey of physicians[J]. BMC Res Notes, 2012, 5(1): 64.
- [2] JEMAL A, SIEGEL R, XU J. et al. Cancer statistics, 2010[J]. CA Cancer J Clin, 2010, 60(5): 277-300.
- [3] 王宾,王爱珠,文宠佩,等. MRI、经直肠超声评估直肠癌术前 T 分期的准确性研究 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2022, 20(3): 153-155.
- [4] 段亚杰,陈新宇. 经直肠腔内超声、MRI 检查对直肠癌术前 T 分期诊断的价值分析 [J]. 中国肛肠病杂志, 2022, 42(2): 31-33.
- [5] 田博,杨得振,贾勇,等. CT、MRI 影像诊断对直肠癌临床术前分期价值研究 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2015, 13(11): 108-110, 114.
- [6] 韩召春,刘松国. MRI 常规序列及扩散加权成像在直肠癌术前诊断的价值研究 [J]. 影像研究与医学应用, 2022, 6(8): 89-91.
- [7] 陈志勇,黄文忠,王力,等. MRI 平扫结合扩散加权成像在直肠癌中的临床应用价值 [J]. 放射学实践, 2015, 30(1): 58-62.
- [8] 王欢,秦佳明,王俊逸,等. 直肠癌开腹低位前切除术手术难度影响因素的术前 MRI 评估 [J]. 国际医学放射学杂志, 2022, 45(1): 39-43.
- [9] 彭军,宋光林,罗强. CT、MRI 检查在结直肠癌术前评估中的应

- 用价值分析 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2022, 20(3): 143-145.
- [10] 吴仲兰,白阿妮. 直肠腔内超声与核磁共振对直肠癌转移和临床分期诊断准确性的比较 [J]. 中国肿瘤临床与康复, 2021, 28(12): 1485-1488.
- [11] 刘小银,刘广健,周智洋,等. 经直肠超声与体部线圈磁共振检查对直肠癌 T 分期的比较研究 [J]. 中国医学影像技术, 2015, 31(3): 420-424.
- [12] YUAN Y, LI M D, HU H G, et al. Prognostic and survival analysis of 837 Chinese colorectal cancer patients[J]. World J Gastroenterol, 2013, 19(17): 2650-2659.
- [13] 刘颖,刘鲁,徐永鸿. MSCT、MRI 检查对中低位直肠癌术前 T 分期诊断结果与腹腔镜术后病理对照分析 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2021, 19(5): 100-102.
- [14] 郭鑫,冯赞,伏红超,等. 分析 T2WI 联合 DWI 在老年直肠癌患者术前 TN 分期中的临床价值 [J]. 贵州医药, 2022, 46(2): 212-213.
- [15] 刘玉霞,谢瑞峰,胡延涛. 多 b 值 DWI 联合 MRI 常规扫描对直肠癌检查图像质量的影响 [J]. 实用癌症杂志, 2021, 36(7): 1111-1115.
- [16] 朱建伟,高友富,程好堂,等. 磁共振成像检查在直肠癌临床分期、环周切缘及壁外血管侵犯判断中的准确性 [J]. 中国医学装备, 2021, 18(5): 78-82.
- [17] LIU S, ZHONG G X, ZHOU, W X, et al. Can endorectal ultrasound, MRI, and mucosa integrity accurately predict the complete response for mid-low rectal cancer after preoperative chemoradiation? a prospective observational study from a single medical center[J]. Dis Colon Rectum, 2018, 61(8): 903-910.
- [18] 张婷,何卫红. 3.0T 动态增强磁共振功能成像鉴别直肠癌区域良性恶性淋巴结的临床价值 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2022, 20(3): 149-152.
- [19] 刘静,丁伟,陈丽君,等. DCE-MRI 联合 DWI 对直肠癌患者术前 T、N 分期及系膜淋巴结良恶性的诊断价值 [J]. 现代生物医学进展, 2020, 20(23): 4505-4509.
- [20] 刘媛媛. 直肠癌术后病理标本与术前 MRI/CT 定义肿瘤范围的对比研究 [D]. 衡阳: 南华大学, 2017.
- [21] 王林,汪志强,肖兰,等. 高分辨 MRI 评估直肠癌术前分期及环周切缘的应用价值 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2022, 20(9): 158-160.
- [22] 王廷婷. 弥散加权成像 (DWI)、动态对比增强磁共振成像 (DCE-MRI) 对局部进展期直肠癌新辅助放化疗疗效的预测价值研究 [J]. 中国医疗器械信息, 2023, 29(7): 89-91.
- [23] 刘学良. MRI 和 MSCT 评估进展期直肠癌新辅助治疗效果的价值观分析 [J]. 中国肛肠病杂志, 2022, 42(2): 25-27.
- [24] 周静静,李坤,李爱银,等. DWI-IVIM 在局部进展期直肠癌新辅助放化疗疗效评估中的研究现状 [J]. 中国辐射卫生, 2017, 26(6): 745-748.