

直肠癌新辅助治疗后再分期的影像学评估及进展

刘文娟, 王振常, 李玉意, 吕晗, 李佳

【摘要】 影像学检查是直肠癌新辅助治疗后局部再分期的重要手段, 可供选择的检查方法很多, 对于再分期的价值各不相同。针对特定临床场景的影像学检查临床适用性评价工作可以提高检查的应用效能, 减少不必要的检查和医疗花费。笔者从不同影像检查技术, 包括直肠腔内超声、CT、MRI、PET 检查入手, 分别介绍不同检查手段及其新技术、新方法评估直肠癌新辅助治疗后再分期的应用价值, 以期临床选择合适检查提供依据。

【关键词】 直肠癌; 新辅助治疗; 再分期; 影像学检查临床适用性评价

【中图分类号】 R735.37; R445.2; R814.42 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1000-0313(2022)07-0899-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.07.019

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



直肠癌是全球发病率排名第三的消化道恶性肿瘤^[1], 且多数患者确诊时已属中晚期^[2]。直肠癌进行术前新辅助治疗(neoadjuvant chemoradiotherapy, NCRT)的目的是提高手术的切除率和保肛率, 从而延长患者的无病生存期。《中国结直肠癌诊疗规范(2020 版)》^[3]推荐临床 T3 期和(或)N+ 期的可切除直肠癌患者进行术前的新辅助放化疗, T4 期或局部晚期不可切除的患者必须行 NCRT。NCRT 后再分期的准确性直接影响临床治疗方案的选择。影像检查为临床直肠癌局部分期的重要手段, 常用的影像检查包括 MRI、直肠腔内超声(endorectal ultrasonography, ERUS)、CT、正电子发射断层显像(positron emission tomography, PET)等^[4-6]。然而, 肿瘤放化疗后的坏死、瘤周组织的水肿及炎性反应、残留的癌组织与替代的纤维瘢痕组织均成为影像分期准确性的巨大挑战, 也给临床医师选择合适的检查方法带来困难。近年来基于 CT 和 MRI 的影像组学、超声的弹性成像等新的技术手段也不断用于直肠癌 NCRT 的疗效评估^[7-9]。本团队提出的我国影像学检查的临床适用性评价(medical imaging clinical appropriateness, MICA)是影像科与临床医生基于循证医学共同慎重评价某种影像学检查的必要性和合理性, 最终以指南方式呈现, 对于我国医疗资源优化配置和使用有很大的促进作用^[10]。本文对不同影像检查方法和手段对直肠癌

NCRT 后再分期的应用价值进行综述, 旨在对直肠癌 NCRT 后再分期这一临床场景进行影像学检查的临床适用性评价。

ERUS

1. 常规超声

ERUS 是直肠癌术前分期的常用影像学检查方法, 具有操作简单、价格低廉、重复性好等优点。一项 2014 年的 Meta 分析显示 ERUS 判断 NCRT 后直肠癌 T0 期的敏感度、特异度约为 37.0%、93.9%, 而对于 T3~T4 期的敏感度、特异度分别为 87.6%、66.4%; 判断淋巴结转移的敏感度、特异度为 49.8%、78.7%^[5]。2019 年我国一项研究^[4]表明 ERUS 诊断 T 再分期的总体符合率为 67.4%(58/86, kappa=0.483), 其中 T3 期的超声诊断符合率最高, 这也与其他研究^[6]相一致。ERUS 对 T 再分期总体的符合率不高可能是因为经 NCRT 后肿瘤坏死组织被纤维化瘢痕组织所替代, 表现为低回声信号与肿瘤组织相似, 会对 T0~T2 期的肿瘤过高分期。同时, 这项研究发现肿瘤发生部位是影响直肠癌 NCRT 后的 ERUS 再分期符合率的独立因素, 中高位的直肠癌准确性较高^[6], 低位直肠解剖结构特殊, 该段直肠包绕内、外括约肌、肛提肌等肌群, 治疗后各肌层水肿、粘连, 容易导致误分期。有一项针对 NCRT 后淋巴结的研究发现, 直径<3 mm 的淋巴结约占 50%, 而 ERUS 对这类淋巴结的甄别能力较差, 导致其评估 N 分期的符合率低^[11]。治疗后的淋巴结也会发生纤维化, 表现为与通常转移性淋巴结不同的强回声^[12]。

2. 超声弹性成像

超声弹性成像是通过应变率比值反映病变与邻近

作者单位: 100050 北京, 首都医科大学附属北京友谊医院放射科(刘文娟、王振常、吕晗、李佳); 272000 山东, 山东省济宁市第一人民医院肛肠外科(李玉意)

作者简介: 刘文娟(1982—), 女, 山东省兖州人, 在站博士后, 主要从事基于自然语言处理的影像学检查临床适用性评价研究。

通讯作者: 王振常, E-mail: cjr.wzhch@vip.163.com

基金项目: 北京友谊医院科研启动基金资助项目(yyqdk-bh2020-9); 北京学者(京人社专家发[2015]160 号)

组织相对硬度的检查手段,可量化评估肿瘤治疗效果。国内有学者应用压迫性弹性成像技术可将 ERUS 对于 T0~T2 期诊断的符合率从 45.0%~58.5% 提高到 69.0%~70.1%^[13-14]。剪切波弹性成像时一种新型弹性技术,可以通过测量剪切波速度获得病变的绝对弹性值,绝对弹性值的增加可以反映 NCRT 后病变浸润深度的增加,为评估分期提供了新的维度的信息。杨蕊等^[15]应用直结肠内剪切波弹性成像选取 58 kPa 作为最佳诊断临界点时,超声弹性成像诊断 NCRT 后病变局限于肠壁内的符合率为 78.9%,选取 43 kPa 作为最佳诊断临界点时,诊断 T0 期的符合率为 89.7%,均较常规 ERUS 显著提高。

ERUS 诊断直肠癌 NCRT 后再分期时,对于 T3~T4 期的准确性要高于 T0~T2 期,以 T3 期为最高,且中高位直肠癌准确性较高。超声弹性成像可以提高直肠癌 T0~T2 期的诊断准确性。ERUS 对直肠癌 NCRT 后 N 再分期准确性不高。

CT

1. 常规 CT

CT 是直肠癌临床最常用的影像检查手段之一,主要应用于晚期直肠癌患者的分期,尤其是合并其他脏器转移方面。CT 检查用于评估 NCRT 后直肠癌再分期研究较少。国内研究发现,CT 增强扫描评价中低位直肠癌 NCRT 后 T 分期、N 分期、环周切缘受累符合率分别为 63.6% (68/107)、52.3% (56/107)、92.5% (99/107),T 分期、N 分期中分别有 23 例、29 例为过高分期,11 例、19 例为过低分期^[16]。国外的一项报道增强 CT 对于直肠癌 NCRT 后再分期 T 分期、N 分期、环周切缘受累符合率分别为 37%、62%、71%^[17]。T 分期的符合率低可能与放化疗后的瘢痕组织在 CT 图像上显示密度不均,边缘凹凸不平,局部可能呈毛刺状所致。目前淋巴结转移被认为是短径 > 5 mm,形态不规则、边缘毛糙,且强化不均匀,但研究表明无论是从淋巴结的 CT 密度还是大小都无法准确区分转移性淋巴结和反应性增生淋巴结^[16]。胸腹盆 CT 增强检查可在一小部分直肠癌 NCRT 后的围手术期患者中发现新的转移灶,从而改变治疗策略^[18]。

2. CT 影像组学

影像组学是从医学影像图像中挖掘高通量的定量影像特征,使用统计学方法筛选出能够提供有用的诊断、预测或预后信息等最有价值的影像特征,可用于疾病的定性、疗效评估和预后预测等研究。Bibault 等^[19]学者应用深度学习神经网络模型预测病理完全缓解(pathological complete response, pCR)的符合率可以达到 80% (ypT0N0 期)。李华秀等^[20]采用受试

者操作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析 CT 影像组学标签的诊断效能,ROC 曲线下面积(area under curve, AUC)为 0.791,该研究认为联合临床癌胚抗原(carcinoembryonic antigen, CEA) $\geq$ 3.4 ng/mL、临床分期为 T4 期构建的联合预测模型诊断效能(AUC=0.881)大于影像组学标签模型,具有临床应用价值。对于淋巴结再分期,Huang 等^[21]基于增强 CT 影像组学及临床联合模型可将转移性淋巴结的预测符合率提高到 77.8%。预测直肠癌 NCRT 后效果的 CT 影像组学研究较少,样本量较少,尚需进行大样本研究。

增强 CT 对于直肠癌 NCRT 后 T、N 再分期准确性均不高,但判断环周切缘受累的准确性较高。胸腹盆 CT 增强检查在围手术期可能改变治疗策略。CT 影像组学及临床联合模型可以提高 T、N 再分期的准确性。

MRI

1. 常规 MRI

MRI 是各国指南公认的直肠癌治疗前局部分期的推荐影像学检查^[3,22]。因此,对于 NCRT 后的直肠癌分期研究也比较多,普遍认为 MRI 对与 NCRT 后直肠癌再分期的效果不如治疗前分期^[23]。2014 年的 Meta 分析结果 MRI 判断 NCRT 后直肠癌 T0 期的敏感度、特异度约为 15.3%、94.6%,对于 T3~T4 期的敏感度、特异度分别为 82.1%、53.5%;判断淋巴结转移的敏感度、特异度为 61.8%、72.0%;判断环周切缘受累的敏感度、特异度为 85.4%、80.0%^[5]。另外有研究发现对于 T 分期来说, MRI 总的诊断符合率是 60%,但对于 T3 期的诊断符合率可以达到 83.5%,对于 T0~T2 期肿瘤的诊断符合率却只有 25%,淋巴结分期的符合率为 55%^[12]。2019 年的一项涵盖 1262 例直肠癌放化疗后再分期的 Meta 分析结果显示, MRI 对 T3~T4 期直肠癌诊断敏感度为 81%,特异度为 67%,对淋巴结转移诊断敏感度为 77%,特异度为 77%^[24]。对于放化疗敏感的肿瘤会因肿瘤坏死产生炎性反应、水肿以及形成黏液湖,在 T₂WI 上呈高信号,会在肿瘤周围脂肪组织显示为稍高信号的模糊状影,和肿瘤细胞的浸润鉴别不开,所以分期不准确的大多为病理的 T0~T2 期错误分为 T3 期。

2. 扩散加权成像

扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)及表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)图有助于 NCRT 后直肠癌黏液变和直肠系膜内纤维条索增生的鉴别诊断^[25]。Lambregts 等^[26]研究结果显示 T₂WI 联合 DWI 能提高直肠癌 NCRT 后的

T 分期符合率。Intven 等^[27]的研究也认为 DWI 及 ADC 的改变是直肠癌 NCRT 后病理学 T0 期的最佳诊断方法。也有具有争议的基础研究指出,直肠癌 NCRT 后多伴有邻近组织的水肿及炎性改变可能会导致细胞内水分子扩散受限而引起 DWI 信号增高,仅从 DWI 信号来看可能与肿瘤组织混淆,会导致 T 再分期不准确^[28]。对于淋巴结来说,Lambregts 等^[29]研究表明 NCRT 后的转移性淋巴结的 ADC 值会明显低于非转移性的,但 NCRT 后淋巴结会发生反应性增生,ADC 值同样会减低。因此,NCRT 后的淋巴结再分期依然具有挑战。因此,国外报道认为预测 pCR 的最佳方法是综合 MRI 的 T₂WI、DWI 及内镜检查^[30]。

体素内不相干运动 (intravoxel incoherent motion, IVIM) 扩散加权成像是基于多 b 值的可以定量评估人体组织扩散和灌注的指数模型。对于 IVIM 是否有助于预测 pCR,既往研究仍然具有争议,部分研究^[31-32]认为应用 IVIM 有助于预测直肠癌 NCRT 后 pCR,而有的研究^[33]则持相反意见。近年来扩散峰度成像 (diffusion kurtosis imaging, DKI) 也用于直肠癌 NCRT 后的分期评估,这种技术也是 DWI 基础上进一步的发展延伸,平均扩散系数 (mean diffusion, MD) 和平均峰度系数 (mean kurtosis, MK) 可以定量评估肿瘤水分子扩散程度和量化扩散差异。程鑫涛等^[34]和 Hu 等^[35]的研究均显示 MK 评估 NCRT 疗效价值最高, AUC 分别为 0.823 和 0.908。但 Yang 等^[36]最新的研究表明, pCR 组 NCRT 后 MD 值明显高于非 pCR 组, NCRT 后 MD 值的 AUC 值最高 (0.788), 敏感度为 82.9%。因此, IVIM 和 DKI 在 NCRT 后直肠癌再分期方面还有较大的研究价值。

3. 动态增强 MRI

动态增强 (dynamic contrast-enhanced, DCE) MRI 在获得肿瘤形态学信息的同时,还可以动态监测病变的强化方式,获得肿瘤组织的生理性变化情况,可对组织的特征进行半定量、定量、定性分析。兴趣区的容量转移常数 (K_{trans}) 是肿瘤诊断和分期最常用的 DCE 参数之一。Shen 等^[37]研究表明 T₂WI 联合 DCE-MRI 对于直肠癌 NCRT 后再分期的准确性可达到 86.4%。Wei 等^[24]研究表明,钆剂增强 MRI 也可用于提高诊断转移性淋巴结的特异度。目前的研究均认为 DCE-MRI 对于直肠癌 NCRT 后 pCR 的定性分析价值较高,关于其他分期及定量分析的研究尚少,另外 DCE-MRI 分析对于勾画兴趣区要求较高,实际操作时可能会造成误差。

4. MRI 影像组学

影像组学可从常规 MRI 图像提取海量的影像定量特征,识别出大量图像征象表达受限的信息,得到肿

瘤的全面特征。因此近年来应用影像组学评估直肠癌 NCRT 疗效的临床研究日渐增多,且多数研究认为影像组学评估 pCR 的价值较高。不同学者基于 T₂WI 的影像组学评估 NCRT 后 pCR 的 AUC 可达 0.91、0.88^[38-39],基于 T₂WI 及 DWI 的影像组学评估 pCR 的 AUC 为 0.83~0.86、0.918~0.971^[40-41]。但应用 MRI 影像组学预测直肠癌 NCRT 后其他 T 分期研究较少。Zhu 等^[21]学者将直肠癌 NCRT 前、后的 MRI 数据、兴趣区淋巴结的影像组学特征建立联合预测模型,可以较准确的预测患者的术前分期 (AUC=0.82)。Zhou 等^[42]学者证实放射科医生的分期结果结合 MRI 影像组学分析有助于预测直肠癌患者在 NCRT 后的淋巴结状态,特别是对于治疗后的 MR T1~T2 期肿瘤患者。目前的 MRI 影像组学研究样本量相对较小,可重复性及稳定性较差,需要进行多中心、大样本的前瞻性研究。

MRI 对于 NCRT 后直肠癌 T 再分期的效果不如治疗前分期,且 T0~T2 期的符合率低于 T3~T4 期,对于 N 再分期的准确性亦不高。DWI 及动态增强 MRI 可以提高再分期的效果。影像组学的研究被认为可以预测直肠癌 NCRT 后 pCR 及淋巴结的状态。

PET

PET 是唯一可在活体上显示生物分子代谢、受体及神经介质活动的新型影像技术,85% 是用于肿瘤的检查。PET 可与 CT、MRI 有机结合可以实现解剖结构和功能/代谢/生化影像的实时融合。有研究指出氟代脱氧葡萄糖 (fludeoxyglucose, FDG)-PET/CT 预测直肠癌 NCRT 后再分期的准确性优于 MRI 分期,93.5% 的阴性预测值表明 FDG-PET/CT 基本可以排除 pCR^[43]。一项关于 PET/MRI 的研究报道 PET/MRI 和 MRI 对于直肠癌 NCRT 后 T 分期的符合率为 92%、89%, N 分期的符合率为 92%、86%^[44]。PET 作为一种无创的全身检查手段,不仅可以对直肠癌 NCRT 后进行肿瘤的局部再分期,还可监测远处转移情况,可作为一种重要的评估方法。但因其价格昂贵,没有完全普及,在这方面的研究尚少,是否可以将其作为直肠癌 NCRT 后唯一的检查手段尚需大样本研究。

综上所述,直肠癌 NCRT 后 T 再分期时,ERUS、MRI、CT 的诊断准确性相差不大,均低于治疗前分期,T0~T2 期的肿瘤患者可能会被高估为 T3~T4 期。评估淋巴结分期时三者的准确性均不满意,但 CT、MRI 评估环周切缘准确性较高。鉴于国内各医院对 ERUS 的使用情况不一,对于直肠癌 NCRT 后再分期的影像学检查临床使用性评价, MRI 平扫加增

强、ERUS 及超声弹力成像均是通常适用的,结合 MRI 影像组学可以提高分期的准确性。MRI 平扫因其较高的软组织分辨力是可能适用的。CT 检查会产生电离辐射,但 CT 增强检查因其对环周切缘阳性判断的符合率高,在局部再分期时是可能适用的,胸腹盆 CT 增强检查可能改变直肠癌 NCRT 后围手术期的治疗方案。CT 的平扫检查对于软组织分辨力差,且存在电离辐射,通常不适用。PET/CT 及 PET/MRI 因其价格昂贵,局部再分期时也通常不适用。以上仅是基于证据的综合评价,最终指南的制订须遵循指南报告规范^[45]。另外,影像学检查的临床适用性评价是普适性的方法,临床医师要严格的把握患者影像检查的禁忌症,根据具体情况进行灵活决策。

参考文献:

- [1] Siegel RL, Miller KD, Jemal A. Cancer statistics, 2019 [J]. CA Cancer J Clin, 2018, 69(1): 7-34.
- [2] 王锡山. 中美结直肠癌流行病学特征看结直肠癌早诊早治的重要性[J]. 中华结直肠疾病电子杂志, 2021, 10(1): 26-33.
- [3] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 中国结直肠癌诊疗规范(2020 版)[J]. 中华消化外科杂志, 2020, 19(6): 563-588.
- [4] 凌通, 陆绍龙, 叶志华, 等. 经直肠超声、CT 及 MRI 在局部进展期直肠癌新辅助治疗后再分期中的应用价值[J]. 广西医学, 2019, 41(4): 454-459.
- [5] Zhao R, Wang H, Zhou Z, et al. Restaging of locally advanced rectal cancer with magnetic resonance imaging and endoluminal ultrasound after preoperative chemoradiotherapy[J]. Dis Colon Rectum, 2014, 57(3): 388-395.
- [6] 黄伟钦, 唐丽娜, 沈友洪, 等. 直肠腔内超声在直肠癌新辅助治疗后 T 再分期的应用及影响因素[J]. 中华医学杂志, 2019, 99(30): 2344-2347.
- [7] Yuan Z, Frazer M, Rishi A, et al. Pretreatment CT and PET radiomics predicting rectal cancer patients in response to neoadjuvant chemoradiotherapy[J]. Rep Pract Oncol Radiother, 2021, 26(1): 29-34.
- [8] 刘明璐, 沈浮, 陆建平. 基于 MR T2WI 的影像组学对直肠癌新辅助治疗疗效的评估[J]. 放射学实践, 2021, 36(3): 371-376.
- [9] 崔宁宜, 王勇, 唐源, 等. 直肠腔内剪切波弹性成像对局部进展期直肠癌新辅助放疗后 T 分期的价值[J]. 中华结直肠疾病电子杂志, 2020, 9(6): 586-591.
- [10] 吕晗, 王振常, 刘晓清, 等. 影像学检查的临床适用性评价: 基于循证医学证据, 合理选择检查方法[J]. 中华外科杂志, 2020, 58(11): 831-834.
- [11] Perez RO, Pereira DD, Proscurshim I, et al. Lymph node size in rectal cancer following neoadjuvant chemoradiation—can we rely on radiologic nodal staging after chemoradiation? [J]. Dis Colon Rectum, 2009, 52(7): 1278-1284.
- [12] Martellucci J, Scheiterle M, Lorenzi B, et al. Accuracy of transrectal ultrasound after preoperative radiochemotherapy compared to computed tomography and magnetic resonance in locally advanced rectal cancer[J]. Int J Colorectal Dis, 2012, 27(7): 967-973.
- [13] 丛悦, 廖盛日, 范智慧, 等. 经直肠腔内超声弹性成像在局部进展期直肠癌新辅助放疗后的应用研究: 与病理对照[J]. 中华超声影像学杂志, 2017, 26(10): 882-886.
- [14] 仲光熙, 吕珂, 戴晴, 等. 直肠腔内弹性成像对直肠癌新辅助治疗后肿瘤浸润深度降期的评估[J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2016, 13(1): 51-55.
- [15] 杨蕊, 杨瑞静, 闵斌英, 等. 经直肠超声弹性成像及超声造影量化分析在评价直肠癌新辅助治疗效果中的应用[J]. 中华超声影像学杂志, 2017, 26(4): 315-319.
- [16] 任胜, 孙振强, 王海江. MRI 和 MSCT 对进展期直肠癌新辅助疗效评估价值对比研究[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2017, 24(5): 337-340, 343.
- [17] Pommeri FM, Pucciarelli SM, Maretto IM, et al. Prospective assessment of imaging after preoperative chemoradiotherapy for rectal cancer[J]. Surgery, 2011, 149(1): 56-64.
- [18] Hendrick LE, Buckner JD, Guerrero WM, et al. What is the utility of restaging imaging for patients with clinical stage II/III rectal cancer after completion of neoadjuvant chemoradiation and prior to proctectomy? [J]. Am Surg, 2021, 87(2): 242-247.
- [19] Bibault J, Giraud P, Housset M, et al. Deep learning and radiomics predict complete response after neo-adjuvant chemoradiation for locally advanced rectal cancer[J]. Sci Rep, 2018, 8(1): 12611.
- [20] 李华秀, 李振辉, 李鹏, 等. CT 影像组学预测局部进展期直肠癌新辅助治疗的效果[J]. 中国医学影像学杂志, 2020, 28(1): 44-50.
- [21] Huang Y, Liang C, He L, et al. Development and validation of a radiomics nomogram for preoperative prediction of lymph node metastasis in colorectal cancer[J]. J Clin Oncol, 2016, 34(18): 2157-2164.
- [22] Fowler KJ, Kaur H, Cash BD, et al. ACR appropriateness criteria pretreatment staging of colorectal cancer[J]. J Am Coll Radiol, 2017, 14(5S): S234-S244.
- [23] Blazic IM, Campbell NM, Gollub MJ. MRI for evaluation of treatment response in rectal cancer[J]. Br J Radiol, 2016, 89(1064): 20150964.
- [24] Wei M, Zhao Z, Wang J. The diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging in restaging of rectal cancer after preoperative chemoradiotherapy: A meta-analysis and systematic review[J]. J Comput Assist Tomogr, 2020, 44(1): 102-110.
- [25] 都雪朝, 孙朋涛, 潘振宇, 等. 直肠癌新辅助治疗后病理变化的 MRI 信号特点[J]. 放射学实践, 2018, 33(3): 256-258.
- [26] Lambregts DM, Rao SX, Sassen S, et al. MRI and diffusion-weighted MRI volumetry for identification of complete tumor responders after preoperative chemoradiotherapy in patients with rectal cancer: A bi-institutional validation study[J]. Ann Surg, 2015, 262(6): 1034-1039.
- [27] Intven M, Monninkhof EM, Reerink O, et al. Combined T₂W volumetry, DW-MRI and DCE-MRI for response assessment after neo-adjuvant chemoradiation in locally advanced rectal cancer[J]. Acta Oncol, 2015, 54(10): 1729-1736.
- [28] Zhang XY, Sun YS, Tang L, et al. Correlation of diffusion-weighted imaging data with apoptotic and proliferation indexes in CT26 colorectal tumor homografts in balb/c mouse[J]. J Magn Reson Imaging, 2011, 33(5): 1171-1176.
- [29] Lambregts DM, Maas M, Riedl RG, et al. Value of ADC measure-

- ments for nodal staging after chemoradiation in locally advanced rectal cancer-a per lesion validation study[J]. *Eur Radiol*, 2011, 21(2):265-273.
- [30] Maas M, Dijkhoff RAP, Beets-Tan R. Rectal cancer: assessing response to neoadjuvant therapy[J]. *Magn Reson Imaging Clin N Am*, 2020, 28(1):117-126.
- [31] Lu W, Jing H, Ju-Mei Z, et al. Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging for discriminating the pathological response to neoadjuvant chemoradiotherapy in locally advanced rectal cancer[J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1):8496.
- [32] 信超, 孙轶群, 毛健, 等. 体素内不相干运动扩散加权成像在预测局部进展期直肠癌新辅助放化疗疗效中的初步研究[J]. *中国癌症杂志*, 2017, 27(12):985-991.
- [33] Zhu HB, Zhang XY, Zhou XH, et al. Assessment of pathological complete response to preoperative chemoradiotherapy by means of multiple mathematical models of diffusion-weighted MRI in locally advanced rectal cancer: A prospective single-center study [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2017, 46(1):175-183.
- [34] 程鑫涛, 崔艳芬, 杨晓棠. 弥散峰度成像对局部进展期直肠癌新辅助放化疗疗效的评估价值[J]. *中华解剖与临床杂志*, 2019, 24(6):531-536.
- [35] Hu F, Tang W, Sun Y, et al. The value of diffusion kurtosis imaging in assessing pathological complete response to neoadjuvant chemoradiation therapy in rectal cancer: a comparison with conventional diffusion-weighted imaging [J]. *Oncotarget*, 2017, 8(43):75597-75606.
- [36] Yang L, Xia C, Zhao J, et al. The value of intravoxel incoherent motion and diffusion kurtosis imaging in the assessment of tumor regression grade and T stages after neoadjuvant chemoradiotherapy in patients with locally advanced rectal cancer[J]. *Eur J Radiol*, 2021, 136:109504.
- [37] Shen FU, Lu J, Chen L, et al. Diagnostic value of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging in rectal cancer and its correlation with tumor differentiation[J]. *Mol Clin Oncol*, 2016, 4(4):500-506.
- [38] Yi X, Pei Q, Zhang Y, et al. MRI-based radiomics predicts tumor response to neoadjuvant chemoradiotherapy in locally advanced rectal cancer[J]. *Front Oncol*, 2019, 9:552.
- [39] Aker M, Ganeshan B, Afaq A, et al. Magnetic resonance texture analysis in identifying complete pathological response to neoadjuvant treatment in locally advanced rectal cancer[J]. *Dis Colon Rectum*, 2019, 62(2):163-170.
- [40] 舒震宇, 方松华, 丁忠祥, 等. 磁共振纹理分析技术在预测直肠癌新辅助放化疗疗效中的应用价值[J]. *中华胃肠外科杂志*, 2018, 21(9):1051-1058.
- [41] Bulens P, Couwenberg A, Intven M, et al. Predicting the tumor response to chemoradiotherapy for rectal cancer: Model development and external validation using MRI radiomics[J]. *Radiother Oncol*, 2020, 142:246-252.
- [42] Zhou X, Yi Y, Liu Z, et al. Radiomics-based preoperative prediction of lymph node status following neoadjuvant therapy in locally advanced rectal cancer[J]. *Front Oncol*, 2020, 10:604.
- [43] Huh JW, Kwon SY, Lee JH, et al. Comparison of restaging accuracy of repeat FDG-PET/CT with pelvic MRI after preoperative chemoradiation in patients with rectal cancer[J]. *J Cancer Res Clin Oncol*, 2015, 141(2):353-359.
- [44] Crimi F, Spolverato G, Lacognata C, et al. ¹⁸F-FDG PET/MRI for rectal cancer TNM restaging after preoperative chemoradiotherapy: initial experience[J]. *Dis Colon Rectum*, 2020, 63(3):310-318.
- [45] 陈耀龙, 王小琴, 王琪, 等. 遵循指南报告规范提升指南报告质量[J]. *中华内科杂志*, 2018, 57(3):168-170.

(收稿日期:2021-05-08 修回日期:2021-08-07)