

直肠癌新辅助治疗后的 MR 评估



伍兵, 方鑫

四川大学华西医院放射科(成都 610041)

局部进展期直肠癌的治疗已从最初的放射治疗或联合化疗及放疗的方式转变为使用新辅助放化疗, 该方案明显降低了术后局部复发率, 提高了长期生存率及保肛率。有文献^[1]报道, 局部进展期直肠癌患者经过新辅助治疗及手术治疗后, 有 15%~17% 的患者在病理检查结果中显示无肿瘤细胞存活, 即达到了病理完全缓解, 这部分患者的长期预后明显好于有残留肿瘤细胞的患者。因此, 对患者进行准确的影像学评估和早期预测转归将使治疗方案更加个性化和有效化。对新辅助放化疗有良好临床反应的患者, 通过“观察和等待”以取代手术的方案已成为一种选择^[2]; 对转归不良患者的预测, 可以提供更加激进治疗方案的选择。因此, 如何应用影像学方法来准确预测与评估直肠癌新辅助放化疗后的转归情况便成了一个非常迫切的问题。

对于直肠癌新辅助放化疗后的影像学评估, 磁共振(magnetic resonance, MR)成像是目前被推荐最高、准确性相对最高、最常用的影像诊断技术, 也被美国国立综合癌症网络、欧洲肿瘤内科会议与中国大肠癌诊治规范所推荐。随着功能 MR 在临床上的逐步应用, 一些新方法不断完善如扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)与动态对比增强在预测直肠癌新辅助放化疗转归方面体现了良好的结果, 其中 DWI 与常规形态学 T2WI 图像相比在评估直肠癌患者的转归反应方面体现了巨大的潜力^[3]。此外, 近些年来一些新技术, 如 MR 波谱法(magnetic resonance spectroscopy, MRS)、影像组学等也在临床研究中体现出一些诊断直肠癌转归方面的优势。现就形态学 MR 成像、DWI、MR 灌注成像以及一些尚在临床研究阶段的技术的应用价值做一介绍。

1 新辅助治疗后组织病理转归的评估指标

术后肿瘤退缩分级(tumor regression grade, TRG)主要是对术后病理检查的残留肿瘤、细胞数量及治疗后的纤维化进行分级, 是对新辅助放化疗治疗转归情况的一种评估。目前临床上常用 Mandard 等^[4]或 Dworak 等^[5]报道的 TRG 法。Mandard TRG 法分为 5 级: 1 级: 完全转归, 没有残存的肿瘤细胞且肠管壁各层由纤维组织替代; 2 级: 残留极少量的肿瘤细胞; 3 级: 纤维化组织占主导, 但有一定量残存肿瘤细胞; 4 级: 残存肿瘤细胞占大多数; 5 级: 并未发生转归。Dworak TRG 法由坏到好分为 5 级: 0 级: 未发生转归; 1 级: 残存肿瘤占大多数并伴有纤维组织; 2 级: 纤维性改变为主导伴少量残存肿瘤; 3 级: 极少量的肿瘤细胞残存; 4 级: 完全转归, 仅有纤维组织。Siddiqui 等^[6]将 Mandard TRG 1、2 级和 Dworak TRG 3、4 级定义为转归良好, 其余级别定义为转归不良。

2 形态学 MR 成像

2.1 形态学 MR 成像对新辅助放化疗前的分期评估

常规 MR 成像在新辅助放化疗前对直肠癌 T 分期进行一系列评估是可靠的, 如测量肿瘤浸润范围, 确定肿瘤与直肠系膜及环周切缘的距离, 从而了解到哪些患者环周切缘未受侵犯, 哪些患者可能受益于新辅助放化疗^[7]。尤其是高分辨薄层 MR 成像可以精准确认肿瘤与腹膜返折的关系以及肿瘤外血管侵犯的存在, 这些重要的局部解剖结构在判断预后中非常重要。

形态学 MR 成像在评估肿瘤 N 分期方面也有一定价值。高分辨薄层 MR 成像除了可以判断淋巴结大小之外, 还可以从淋巴结形态特征方面进行评估, 如淋巴结的形状、边缘及内部信号强度^[8]。然而, 对直径<5 mm 的淋巴结, 常规 MR 成像很难在形态学方面进行判断, 有文献^[9]报道, 直肠癌中超过一半的淋巴结转移正是来源于这些直径<5 mm

的小淋巴结。

2.2 形态学 MR 成像对新辅助放化疗后的分期评估

形态学 MR 成像在新辅助放化疗后的再分期评估中存在明显的劣势。据文献^[10-11]报道,形态学 MR 成像在评估未进行放疗的直肠癌分期方面的总体准确性为 85%,但在评估新辅助放化疗治疗后这一比例下降到 50%,这一差异主要源于新辅助放化疗后局部组织的变化,大多数肿瘤在新辅助放化疗后会产生纤维组织,导致 T2WI 图像信号的下降以及肿瘤体积的缩小,这使得在常规 MR 成像上区分新辅助放化疗后产生的纤维组织与残存肿瘤变得非常困难^[12]。因此,在直肠癌新辅助治疗后采用常规 MR 成像并不能准确对疗效进行评估。

3 MR DWI

DWI 通过探测不同组织间水分子的扩散差异来反映组织的结构特性,这项技术在大多数 MR 设备上都可以实施并且不需要在血管内注射对比剂。DWI 对水分子的运动非常敏感,随着水分子运动的增加,信号逐渐减小,而水分子运动的能力与细胞外间隙的扭曲程度、组织的细胞密度、细胞膜的完整性等密切相关。在正常组织中,组织的细胞密度较低,水分子扩散较快,在 DWI 上呈低信号;而大多数恶性肿瘤因其内部细胞密度高、细胞外间隙严重扭曲、细胞膜的完整性被破坏等原因,导致内部的水分子扩散受限,继而在 DWI 上呈高信号。目前 DWI 在临床上评估直肠癌新辅助放化疗后的转归情况主要有视觉评估、体积评估、表观扩散系数 (apparent diffusion coefficient, ADC) 测量^[13]等。

3.1 视觉评估

视觉评估是临床实践中最基本也是最容易实现的方法,它需要评估代表肿瘤的高信号是否在新辅助放化疗后在原发部位仍然可见。虽然新辅助放化疗之后会产生纤维组织,并且纤维组织会在一定程度上限制水分子的扩散,但纤维组织主要是由疏松的结缔组织纤维网络构成,所以这种限制作用并不像有着高组织细胞密度的肿瘤区域那么明显。此外,也有其他因素会导致在 DWI 图像上呈现高信号,如直肠腔内的液体高信号的穿透效应、淋巴结等解剖结构致密的组织、脓肿等炎症显示的高信号干扰^[14]。因此,凭单一的视觉评估并不能十分有效地预测直肠癌患者新辅助放化疗后的转归情况。

3.2 体积评估

新辅助放化疗后肿瘤体积的改变是研究中常见的转归预测因子,利用 MR 成像三维兴趣区体积测量,将每个感兴趣的横断面区域乘以切片厚度和切片数量即可以得出肿瘤体积。Barbaro 等^[15]研究认为,经过新辅助治疗后肿瘤体积缩小 70% 以上者的预后在那些降期和未能降期的患者中存在明显差异。Nougaret 等^[16]的研究结果类似,认为在多因素分析中体积缩小分数是一个重要的预后相关因素,对预测无病生存与肿瘤术后 TRG 的等级有很大帮助。与形态学 MR 成像评估相比,体积分析更少受到内脏运动和肿瘤不规则形状的影响,然而直肠癌患者新辅助治疗后在常规 T2WI 上进行体积分析由于纤维组织的产生而价值有限。在这方面,DWI 体积评估相较于常规 T2WI 体现出了很大优势,能提供其不能反映的功能信息,有助于在诊断时鉴别残存肿瘤与治疗后的改变。Lambregts 等^[17]的研究表明,在选择对新辅助放化疗有病理完全反应的患者方面,T2WI 体积评估灵敏度是 55%~60%、特异度是 74%~89%,而 DWI 体积评估的灵敏度则为 65%~70%、特异度为 76%~98%。相较于常规 T2WI 体积评估法,DWI 体积评估提供了更好的诊断性能。

3.3 ADC

ADC 值是 DWI 中定量反映组织微观结构的改变导致水分子扩散改变的参数,其值的大小与组织的细胞密度成反比。在恶性肿瘤中,肿瘤增殖活跃,细胞密度高使得水分子运动减弱,扩散受到限制,ADC 值降低。但可以通过调整 b 值改变扩散灵敏度,随着 b 值的增高,运动的水分子信号衰减也越大,因此高 b 值的 ADC 图消除了血液、脑脊液等宏观扩散因素的影响,能更好地反映组织细胞外微观水分子的扩散情况,在区分炎症反应与残存肿瘤上有较好的表现。

3.3.1 ADC 值评估新辅助治疗后的转归情况 较多的临床研究认为新辅助治疗前后 ADC 值及其改变与肿瘤的转归存在一定联系。Jacobs 等^[18]认为,治疗前 ADC 值在治疗后有良好转归效果的患者中显著低于转归不良的患者,这可能是因为 ADC 值较高的肿瘤相比 ADC 值较低的肿瘤更容易坏死,坏死后的肿瘤可能与组织灌注不良、酸性微环境以及低氧浓度有关,从而导致其对化疗和放疗的耐受性更高。相反,Blazic 等^[19]认为,治疗前的 ADC 值并不能有效地预测肿瘤的转归情况,这与 Ha 等^[20]研究结果相似。有文献^[19-22]报道,治疗后的 ADC

值高的患者较 ADC 值低的患者转归情况更好,且治疗前后 ADC 值变化的百分比也具有良好的预测价值,转归较好的患者 ADC 增加的百分比显著高于转归不良的患者,这可能源于以下原因:首先,新辅助放化疗后导致细胞死亡,细胞密度降低,ADC 值随之升高;其次,新辅助放化疗后引起肿瘤微环境发生变化,产生水肿,增加了水分子流动性,从而增加 ADC 值。这些情况可能对所有患者均有影响,但在转归良好的患者中更加明显。最近有学者^[23]认为治疗后 ADC 值降低与转归良好相关,这种情况的出现可能与新辅助放化疗后进行检查的时间间隔较长有关。

3.3.2 ROI 的选择对 ADC 值评估诊断效果的影响

据文献^[19,24]报道,对病理完全缓解的患者来说,测量治疗后 DWI 信号能提供比 ADC 值更好的诊断效果,这可能与 ADC 值测量时感兴趣区域的选择有关。Blazic 等^[19]的研究认为,感兴趣区域的选择非常重要,由于单一层面感兴趣区域是否能够包括肿瘤的代表性区域,以及对代表性区域的评估是否能良好的预测转归情况等尚不清楚,并且肿瘤组织中通常包含坏死区域,因此感兴趣区域的大小、选择的个数及位置都是很关键的问题。结果提示,更精确的转归预测来自更大的评估区域,覆盖所有肿瘤区域(包括坏死及纤维组织)的 ADC 测量比只覆盖残存肿瘤区域的测量能更加准确地预测肿瘤对治疗的反应。

3.4 灌注分数

Bakke 等^[23]研究认为,灌注分数与新辅助放化疗后患者的转归情况相关。虽然灌注分数是从 DWI 中得到的参数,但它反映的是水分子在血管内的流动而不是细胞外间隙的扩散,即高灌注分数表示血管化良好,低灌注分数表示血管化不良,低灌注分数可能反映肿瘤缺氧,这会导致肿瘤对新辅助放化疗耐受性增高。因此,治疗前灌注分数越高意味着治疗后转归情况较好;研究还认为,将治疗前灌注分数值与治疗前肿瘤体积相结合时,对 TRG 1、2 级的预测准确度明显提高(灵敏度为 88%,特异度为 91%,阳性预测值为 93%,阴性预测值为 83%)。Zhu 等^[25]则认为灌注分数值在病理完全缓解和未完全缓解患者中没有明显区别。

3.5 其他

有研究^[3,26]认为,T2WI 结合 DWI 序列,从而根据不同组织内水分子扩散的差异,可以提高对细胞结构定量以及定性判断的准确度。但是,由于部分患者只对单一 T2WI 或者 DWI 序列检查灵敏度较

高,而在另一种检查序列中灵敏度相对较低,所以 T2WI 结合 DWI 序列会使近 1/3 的获得临床缓解的患者被误判。

总的来说,虽然目前关于 DWI 序列的相关研究结果仍有一定的差异,但其相较于常规 MR 成像在预测直肠癌新辅助治疗后的转归方面仍具有较大的优势。

4 MR 灌注成像

MR 灌注成像结合了良好的解剖细节和量化血管参数的能力,作为肿瘤血管生成的间接测量手段,它已被越来越多地运用于评估原发肿瘤特性以及治疗后的转归情况。目前临床上最常用的灌注技术是动态增强 MR 成像。基于动态对比增强的影像参数分析多种多样,包括使用药代动力学模型进行定量分析、使用信号强度曲线的曲线下面积、初始值等相关特征参数,这些参数可以通过计算对比剂容积转移常数、血管外细胞外间隙容积分数和流出速率常数以量化的方式进行评估。

通常来说,肿瘤组织由于血管生成过程紊乱,所形成的血管质量较差,其灌注效率要低于正常组织。有研究^[13,27]认为,治疗前高转移常数表明肿瘤血管化和渗透良好,血管密度的增加会带来更多的氧,这会使肿瘤对新辅助放化疗的反应更好;治疗后纤维组织和坏死的形成使转移常数降低时,预期会有较好的转归情况,相反,治疗后转移常数依旧很高,表示仍有残存肿瘤。Gollub 等^[28]研究表明,转移常数在鉴别肿瘤体积消退 90% 以上的患者转归中有一定的效用,但不能鉴别未达到病理完全缓解的患者。Intven 等^[29]认为,新辅助放化疗后转移常数在区分病理完全缓解的准确率低于新辅助放化疗前后转移常数的变化值。Htker 等^[30]研究则认为,转移常数与新辅助放化疗后肿瘤的转归不存在相关性。

5 MRS

MRS 是一种表征分子结构、组成变化的有效方法,通过研究许多细胞生化过程,了解细胞基本化学性质的信息。¹H(质子)光谱法最易实施,且灵敏度最高。其他磁核灵敏度由高到低依次为¹⁹F(氟)、³¹P(磷)和¹³C(碳)。

MRS 临床实践中评估的代谢产物主要包括胆碱(与磷脂代谢相关)、肌酸(与能量代谢相关)、柠檬酸盐(正常前列腺组织中的重要代谢物)和乳酸(糖酵解的产物)^[31]。MRS 在临床上常用于大脑、乳

腺癌及前列腺癌的影像。在直肠癌中, MRS 的研究较少。有研究^[32]表明, 直肠癌患者在进行新辅助放化疗之前, 胆碱代谢产物的峰值较高, 经过治疗之后, 大多数患者的胆碱峰值均消失。近年来, MRS 在直肠癌诊断中尚处于实验研究阶段, 很多作用尚不明确, 还需更多更大规模的实验研究来探索 MRS 在直肠癌诊断中的价值。

6 其他探索研究

准确预测并选出新辅助放化疗后转归良好的患者, 将为患者后期提供更多的治疗选择, 能提高直肠癌患者的保肛率及生活质量, 同时也能为转归不良的患者及时调整治疗方案, 以期取得好的治疗效果。近年来, 在提高直肠癌诊断及预测转归准确性方面也有许多探索研究。

Pham 等^[3]提出 MRI 多参数成像联合功能成像可以更加全面地对肿瘤进行生理评估, 更好地预测直肠癌患者的转归情况。

随着影像技术与计算机技术的逐步发展, 影像组学相关方面的研究也日益增多。影像组学旨在通过定量方法分析生物学成像, 从而能够检测出正常或肿瘤组织的病理特征, 有研究^[33-34]认为, 与常规 MR 成像及功能 MR 成像相比, 影像组学在诊断晚期直肠癌转归方面表现出更好的水准, 其中, Cusumano 等^[35]认为分形分析(在不同检测标准上重复显示同一组图像的结构, 并用参数进行量化)在影像组学中具有重要作用, 不仅可以提供肿瘤大体结构的有效信息, 还可以提供其内部亚群的有价值信息, 从而提高预测直肠癌新辅助放化疗后转归情况的准确度。

总之, 目前许多技术仍处于临床研究阶段, 不同研究实验结果差异也较大, 因此, 还需要更多更大规模的前瞻性研究来进一步确认其诊断价值。

参考文献

- 1 Maas M, Nelemans PJ, Valentini V, *et al.* Long-term outcome in patients with a pathological complete response after chemoradiation for rectal cancer: a pooled analysis of individual patient data. *Lancet Oncol*, 2010, 11(9): 835-844.
- 2 Renehan AG, Malcomson L, Emsley R, *et al.* Watch-and-wait approach *versus* surgical resection after chemoradiotherapy for patients with rectal cancer (the OnCoRe project): a propensity-score matched cohort analysis. *Lancet Oncol*, 2016, 17(2): 174-183.
- 3 Pham TT, Liney G, Wong K, *et al.* Study protocol: multi-parametric magnetic resonance imaging for therapeutic response prediction in rectal cancer. *BMC Cancer*, 2017, 17(1): 465.
- 4 Mandard AM, Dalibard F, Mandard JC, *et al.* Pathologic assessment of tumor regression after preoperative chemoradiotherapy of esophageal carcinoma. Clinicopathologic correlations. *Cancer*, 1994, 73(11): 2680-2686.
- 5 Dworak O, Keilholz L, Hoffmann A. Pathological features of rectal cancer after preoperative radiochemotherapy. *Int J Colorectal Dis*, 1997, 12(1): 19-23.
- 6 Siddiqui MR, Bhoday J, Battersby NJ, *et al.* Defining response to radiotherapy in rectal cancer using magnetic resonance imaging and histopathological scales. *World J Gastroenterol*, 2016, 22(37): 8414-8434.
- 7 Beets-Tan RG, Beets GL, Vliegen RF, *et al.* Accuracy of magnetic resonance imaging in prediction of tumour-free resection margin in rectal cancer surgery. *Lancet*, 2001, 357(9255): 497-504.
- 8 MERCURY Study Group, Shihab OC, Taylor F, *et al.* Relevance of magnetic resonance imaging-detected pelvic sidewall lymph node involvement in rectal cancer. *Br J Surg*, 2011, 98(12): 1798-1804.
- 9 Wang C, Zhou Z, Wang Z, *et al.* Patterns of neoplastic foci and lymph node micrometastasis within the mesorectum. *Langenbecks Arch Surg*, 2005, 390(4): 312-318.
- 10 Chen CC, Lee RC, Lin JK, *et al.* How accurate is magnetic resonance imaging in restaging rectal cancer in patients receiving preoperative combined chemoradiotherapy? *Dis Colon Rectum*, 2005, 48(4): 722-728.
- 11 van der Paardt MP, Zagers MB, Beets-Tan RG, *et al.* Patients who undergo preoperative chemoradiotherapy for locally advanced rectal cancer restaged by using diagnostic MR imaging: a systematic review and meta-analysis. *Radiology*, 2013, 269(1): 101-112.
- 12 Nougaret S, Reinhold C, Mikhael HW, *et al.* The use of MR imaging in treatment planning for patients with rectal carcinoma: have you checked the "DISTANCE"? *Radiology*, 2013, 268(2): 330-344.
- 13 Lambregts DM, Maas M, Stokkel MP, *et al.* Magnetic resonance imaging and other imaging modalities in diagnostic and tumor response evaluation. *Semin Radiat Oncol*, 2016, 26(3): 193-198.
- 14 Lambregts DM, Delli Pizzi A, Lahaye MJ, *et al.* A pattern-based approach combining tumor morphology on MRI with distinct signal patterns on diffusion-weighted imaging to assess response of rectal tumors after chemoradiotherapy. *Dis Colon Rectum*, 2018, 61(3): 328-337.
- 15 Barbaro B, Fiorucci C, Tebala C, *et al.* Locally advanced rectal cancer: MR imaging in prediction of response after preoperative chemotherapy and radiation therapy. *Radiology*, 2009, 250(3): 730-739.
- 16 Nougaret S, Rouanet P, Molinari N, *et al.* MR volumetric measurement of low rectal cancer helps predict tumor response and outcome after combined chemotherapy and radiation therapy. *Radiology*, 2012, 263(2): 409-418.
- 17 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. *Ann Surg*, 2015, 262(6): 1034-1039.
- 18 Jacobs L, Intven M, van Lelyveld N, *et al.* Diffusion-weighted MRI for early prediction of treatment response on preoperative chemoradiotherapy for patients with locally advanced rectal cancer: a feasibility study. *Ann Surg*, 2016, 263(3): 522-528.
- 19 Blazic IM, Lilic GB, Gajic MM. Quantitative assessment of rectal

- cancer response to neoadjuvant combined chemotherapy and radiation therapy: comparison of three methods of positioning region of interest for ADC measurements at diffusion-weighted MR imaging. *Radiology*, 2017, 282(2): 418-428.
- 20 Ha HI, Kim AY, Yu CS, *et al.* Locally advanced rectal cancer: diffusion-weighted MR tumour volumetry and the apparent diffusion coefficient for evaluating complete remission after preoperative chemoradiation therapy. *Eur Radiol*, 2013, 23(12): 3345-3353.
- 21 Kim SH, Lee JY, Lee JM, *et al.* Apparent diffusion coefficient for evaluating tumour response to neoadjuvant chemoradiation therapy for locally advanced rectal cancer. *Eur Radiol*, 2011, 21(5): 987-995.
- 22 Enkhbaatar NE, Inoue S, Yamamuro H, *et al.* MR imaging with apparent diffusion coefficient histogram analysis: evaluation of locally advanced rectal cancer after chemotherapy and radiation therapy. *Radiology*, 2018, 288(1): 129-137.
- 23 Bakke KM, Hole KH, Dueland S, *et al.* Diffusion-weighted magnetic resonance imaging of rectal cancer: tumour volume and perfusion fraction predict chemoradiotherapy response and survival. *Acta Oncol*, 2017, 56(6): 813-818.
- 24 Cai PQ, Wu YP, An X, *et al.* Simple measurements on diffusion-weighted MR imaging for assessment of complete response to neoadjuvant chemoradiotherapy in locally advanced rectal cancer. *Eur Radiol*, 2014, 24(11): 2962-2970.
- 25 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 Magn Reson Imaging*, 2017, 46(1): 175-183.
- 26 Maas M, Lambregts DM, Nelemans PJ, *et al.* Assessment of clinical complete response after chemoradiation for rectal cancer with digital rectal examination, endoscopy, and MRI: selection for organ-saving treatment. *Ann Surg Oncol*, 2015, 22(12): 3873-3880.
- 27 Tong T, Sun Y, Gollub MJ, *et al.* Dynamic contrast-enhanced MRI: Use in predicting pathological complete response to neoadjuvant chemoradiation in locally advanced rectal cancer. *J Magn Reson Imaging*, 2015, 42(3): 673-680.
- 28 Gollub MJ, Tong T, Weiser M, *et al.* Limited accuracy of DCE-MRI in identification of pathological complete responders after chemoradiotherapy treatment for rectal cancer. *Eur Radiol*, 2017, 27(4): 1605-1612.
- 29 Intven M, Reerink O, Philippens ME. Dynamic contrast enhanced MR imaging for rectal cancer response assessment after neoadjuvant chemoradiation. *J Magn Reson Imaging*, 2015, 41(6): 1646-1653.
- 30 Hötter AM, Tarlinton L, Mazaheri Y, *et al.* Multiparametric MRI in the assessment of response of rectal cancer to neoadjuvant chemoradiotherapy: A comparison of morphological, volumetric and functional MRI parameters. *Eur Radiol*, 2016, 26(12): 4303-4312.
- 31 Prezzi D, Goh V. Rectal cancer magnetic resonance imaging: imaging beyond morphology. *Clin Oncol (R Coll Radiol)*, 2016, 28(2): 83-92.
- 32 Kim MJ, Lee SJ, Lee JH, *et al.* Detection of rectal cancer and response to concurrent chemoradiotherapy by proton magnetic resonance spectroscopy. *Magn Reson Imaging*, 2012, 30(6): 848-853.
- 33 Nie K, Shi L, Chen Q, *et al.* Rectal cancer: assessment of neoadjuvant chemoradiation outcome based on radiomics of multiparametric MRI. *Clin Cancer Res*, 2016, 22(21): 5256-5264.
- 34 Horvat N, Veeraraghavan H, Khan M, *et al.* MR imaging of rectal cancer: radiomics analysis to assess treatment response after neoadjuvant therapy. *Radiology*, 2018, 287(3): 833-843.
- 35 Cusumano D, Dinapoli N, Boldrini L, *et al.* Fractal-based radiomic approach to predict complete pathological response after chemoradiotherapy in rectal cancer. *Radiol Med*, 2018, 123(4): 286-295.

收稿日期: 2018-08-31 修回日期: 2018-09-29
本文编辑: 蒲素清