

朱兰, 潘自来. 磁共振弥散加权成像在直肠癌淋巴结转移评估中的价值综述[J]. CT 理论与应用研究, 2014, 23(3): 527-533.
Zhu L, Pan ZL. The utilization of diffusion weighted magnetic resonance imaging in the detection of lymph-node metastasis in rectal cancer[J]. CT Theory and Applications, 2014, 23(3): 527-533.

磁共振弥散加权成像在直肠癌淋巴结转移评估中的价值综述

朱兰, 潘自来[✉]

(上海交通大学医学院附属瑞金医院放射科, 上海 200025)

摘要: 随着生活水平的提高, 直肠癌在我国的发病率明显提高^[1], 随之而来的是对诊疗水平要求的提升。据国内外多项研究表明, 直肠癌患者是否伴淋巴结转移, 是否进行术前辅助放化疗、手术方式及范围的选择, 是否进行术后放疗, 局部复发率以及远端转移率等密切相关, 是一项重要的影响预后的因素^[2]。而常规的成像方式对淋巴结状态的评估差强人意^[3]。目前磁共振成像在直肠癌的淋巴结状态判断方面日益受到重视。本文就其在直肠癌淋巴结转移中应用及展望进行综述。

关键词: 直肠癌; 淋巴结转移; 磁共振成像; 弥散加权成像

文章编号: 1004-4140 (2014) 03-0527-07 **中图分类号:** R 445.2 **文献标志码:** A

传统的直肠癌淋巴结状态的评估主要依靠无创性检查, 包括经直肠超声成像、CT、MRI 及 PET/CT。总体来说各有千秋, 尚没有一种手段是令人满意的。目前诊断主要依赖淋巴结大小的改变, 良恶性淋巴结的大小有很大重叠^[4]。Brown 等^[5]发现 58% 的转移性淋巴结小于 5 mm, 特别是经过放化疗后的多小于 3 mm^[4]。这就给临床上临界值的设定带来了困难。Pomerri 等^[6]以 5 mm 作为临界值, 发现直肠内超声对淋巴结的诊断准确率只有 65%, 且经直肠腔内超声由于受分辨率等的限制, 对上段直肠周围情况、小于 5 mm 的淋巴结、肠腔狭窄患者以及盆腔淋巴结转移检出率有限, 同时受检查医师经验的影响较大。Pomerri 等^[6]和 Mizukami 等^[7]以 10 mm 作为临界值, 其 CT 平扫对直肠癌淋巴结转移的准确率达 62%~81%。

CT 增强可通过观察淋巴结的灌注情况并描绘时间密度曲线来反映淋巴结状态, 但造影剂使用量大, 而碘剂在肾功能不全患者中可加速肾功能损害^[8]。Quadros 等^[9]应用 PET/CT 对直肠癌淋巴结状态进行评估, 直肠系膜外的淋巴转移检出率达 40%, Tsunoda 等^[10]的研究表明以标准摄取值 $\text{suv} = 1.5$ 为临界值, 对大肠癌的淋巴结转移诊断的准确率达 80.1%, 但价格昂贵且具有放射性, 这就限制了其成为常规检查的可能。

具有高软组织分辨率以及无辐射伤害的 MRI 在直肠癌的诊断中逐渐受重视, 特别是相控阵表面线圈的使用, 对直肠肠壁的显示接近解剖层次, 成为直肠癌术前分期的重要

收稿日期: 2013-12-16。

影像学手段,特别是对 T 分期以及环周切缘(CRM)的累及情况,但对淋巴结状态的判断能力有限^[3, 11]。淋巴造影剂超顺磁性氧化铁微粒(USPIO)的原理是正常淋巴结内含大量单核巨噬细胞(MPS),吞噬 USPIO,而 T2 变短,在 T2WI 上表现为信号减低,缺乏 MPS 的肿瘤组织则相对信号较高,但是 USPIO 未获得 FDA 批准上市,且需要 24~36 小时才能成像,应用较少。

1 弥散加权成像(DWI)原理

1.1 技术原理

采用两个方向相反大小相同的弥散敏感梯度磁场,第一个弥散敏感梯度磁场标记水分子,后一个读取被标记的水分子的状态。探测组织内水分子的不规则运动(弥散)信号,以反映局部水分子含量以及弥散程度。水分子含量多,弥散快在弥散加权成像(Diffusion-weighted Imaging, DWI)上即表现为较低信号或信号减低,反之则较高信号或信号增高。

b 值,扩散敏感因子,即弥散加权系数,相当于两个弥散敏感梯度磁场的时间间隔, b 值越大,则图像越反映弥散性能, b 值越小则血流灌注及 T2 对图像的贡献越大。一般说来,随着 b 值的增大,组织信号减低,这是因为组织内弥散快的组分的信号逐渐衰减,即不同组织的信号强度随 b 值增大衰减的模式不同。

1.2 生理学原理

DWI 反映的是局部组织自由水含量。特定组织在生理情况下自由水的相对含量相对稳定,所以有特定的信号强度。且细胞内的水分子多为结合水,弥散运动弱于细胞外液的水分子。所以在给定 b 值的图像上,组织信号由细胞密度、胞内外水含量及其比、细胞膜的通透性等共同决定。表观扩散系数(Apparent Diffusion Coefficient, ADC)即可反映局部组织的弥散性能。

1.3 病理学原理

肿瘤系细胞不同程度失去分化能力和接触性抑制而无限增殖形成。肿瘤局部的细胞密度增大,肿瘤细胞的核浆比增大,肿瘤细胞间间隙减小,所以表现为弥散受限而高信号。但是某些生长速度很快和或肿瘤供血障碍的肿瘤,可发生坏死液化囊变而区域性信号减低。肿瘤细胞经淋巴管引流至淋巴结,在其内增殖引起淋巴结增大,或者肿瘤细胞在淋巴结内局灶性增殖,而不引起大小的明显改变,或者表现为浸润致淋巴结内部的坏死液化囊变,突破被膜至周围脂肪组织,或与其他淋巴结粘连成簇。肿瘤放化疗后高剂量的射线和化疗药物,通过多种机制使细胞死亡,蛋白质功能丧失,细胞膜崩解。

2 DWI 在直肠癌淋巴结转移的应用发展

DWI 的优势在于反映的是淋巴结内组织成分的弥散特性,而不依赖于形态学。可以更更早准确检出转移淋巴结,无需引入造影剂,没有电离辐射,不具放射性。但长期以来由于技术的限制限于急性脑梗死等脑部疾病的诊断,现在随着多项技术的发展,DWI 在体部的应

用不断增多, 且逐步成为一种常规检查。

DWI 的不足在于信噪比不高, 对解剖结构的显示差, 运动伪影和磁敏感性伪影等^[12]。

2.1 ADC

ADC 可以定量反映成像体素的弥散性能。但是 ADC 的作用目前尚未在多研究机构中取得较一致的结果。Curvo-Semedo 等^[13]研究表明直肠癌患者的转移性淋巴结 ADC 值要低于阴性者, Rechichi 等^[14]的研究发现 ADC 可以以评估子宫内膜癌患者的盆腔淋巴结状态。但是 Mizukami 等^[7] Lambregts 等^[15]和 Heijnen 等^[16]研究发现 ADC 值在淋巴结的判断方面并无意义, 特别是对盆腔小淋巴结的评估^[17]。

ADC 值的测量与 ROI 区域的选择密切相关, 这可能是造成研究结果偏倚的原因之一^[18], Cho 等^[19]在高分辨率的 T2WI 图像上描绘 ROI 后 ADC, 提高了诊断特异性, Lambregts 等^[15]也发现 ADC 与 T2WI 结合以后的淋巴结判断的准确率要高于单纯 T2WI 和 ADC, 可达 91%~96%。

另外 ADC 的测量较耗时耗精力, 特别是对任务繁重的医生来说, 也是 ADC 未被应用于临床的原因之一。现有的 ADC 测量基于单指数模型, 即假定成像体素是均匀的, 利用 2 到 3 个 b 值反映 ROI 内体素平均弥散性能, 并不是反映真实体素内各成分的真实弥散性能, ADC 的临界值难以确定, 并且良恶性病变的 ADC 值有较多重叠^[20]。这就需要多个 b 值来将体素内不同弥散性能的成分区分开, 即利用体素内非相干运动 (Intravoxel Incoherent Motion, IVIM) 来成像。

2.2 b 值的选择

DWI 可通过 b 值的设定来调节弥散权重, 一般来说, 随着 b 值的增加, 信号强度降低。 b 值的正确选择对成像至关重要。如 Cho 等^[19]发现, $b=800 \text{ s/mm}^2$ 时可用于区分恶性淋巴结与良性反应性增生淋巴结。Kurihara 等^[21]采用 $b=1000 \text{ s/mm}^2$ 可有效克服 T2 穿透效应和微灌注的影响, 增加高信号的正常结构与病变的区分度。为了反映弥散性能而采用高 b 值, 不可避免引起空间分辨率下降, 一些在 DWI 上高信号的正常组织结构, 如脾脏, 前列腺和血管断面等, 易被误判为病变, 所以 DWI 多用于辅助鉴别诊断, Mizukami 等^[7]利用 T1WI 和 T2WI 解剖结构的清晰显示, 与 DWI 相结合, 对淋巴结状态评估的准确率达 84%, 但也有人认为 DWI 的加入并不能提高准确率, 只提高淋巴结的检出率^[15]。

现在普遍认为体素内是不均匀的, 描绘体素或组织的信号强度随 b 值变化曲线, 建构不同数学模型, 反映体素内不同组分, 从而提高诊断准确率, 孙美玉等^[22]的研究表明此方法可以鉴别前列腺增生和前列腺癌, Klauss 等^[23]则利用双指数函数的参数同样区分前列腺癌、慢性前列腺炎及正常前列腺组织。但在试图与病理组成取得一致时, 各家的意见不一, Tamura 等^[24]利用双指数函数模型对乳腺癌的研究, 认为快弥散组分代表细胞外间隙, 而慢弥散组分代表细胞密度大及细胞内成分, Niendorf 等^[25]对鼠的类似研究发现, 随着细胞内水增多 (水肿引起), 慢弥散组分所占的比重越大, 但也发现快弥散组分并不与细胞外成分所占比例完全相关, 这与其他研究相同^[26]。Vandendries 等^[27]则更进一步将体素组成按弥散性能分为高中低三组分, 根据大脑半球水肿区各组分含量区分出了水肿是肿瘤浸润造成的还是血管性水肿。

2.3 技术层面的改进及基于背景信号抑制的全身弥散加权成像的应用

主要是针对加快成像速度,减少图像伪影而进行的一些技术上的改进,如平面回波成像(EPI)、敏感性编码(SENSE)等。现在用于结直肠癌的DWI多采用单次激发平面回波序列(SSEPI),同时应用SENSE,并行采集技术,加快扫描和采集速度,减少运动伪影,提高信噪比(SNR)。

Takahara T 首先应用的全身DWI成像,将DWI、EPI和短反转时间反转恢复技术(STIR)三者结合。利用脂肪抑制技术,去除背景信号同时也去除平面回波造成的化学位移伪影,同步安装多个线圈,实现平静呼吸下的全身弥散成像^[28],被称为类PET技术,但必须与具有高空间分辨率的常规MRI图像相结合。Akay等^[29]对恶性肿瘤全身骨转移的研究中发现全身DWI现象堪比PET/CT,特别是与T2WI图像融合以后^[30],这提示可用于直肠癌盆腔淋巴结转移的显像。杨栋等^[31]研究表明MR-DWIBS对直肠癌术前分期准确率很高,且可检测出肠系膜血管根部淋巴结,但此项技术在转移性淋巴结中研究还不够多。

3 DWI 的未来改进及展望

3.1 数字图像处理技术的应用

好的成像技术,好的测量指标,必须有好的测量精准度。比如ADC值的测量须建立在有效ROI的选择,正确划分ROI需要将ROI定在实性部分,可以结合数字图像处理技术,将可疑淋巴结分割出来。进行逐像素的分析,理论上既可以分出坏死囊变区,还可以定义一种新标准。取最小的ADC与原发灶ADC相比,更加准确反映变化,还可利用图像灰度翻转技术,提高诊断准确率^[20, 32]。

可以借鉴PET/CT的思想及技术,把T2WI和DWI的图像融合,以达更高的准确率^[33]。利用多 b 值的体素内非相干运动(Intravoxel Incoherent Motion, IVIM)成像也必须借助数字图像处理技术的伪彩色及图像融合技术,才能真正实现^[27]。

3.2 多 b 值(multi- b)的应用

综上所述,采用multi- b 值,建立不同数学模型及数字图像处理技术,将体素根据弥散性能进行细化分解,更准确地反映真正的组织组分,并力争与病理取得一致。丁玖乐^[34]等对32例透明细胞癌回顾性分析中发现,单指数模型对其术前分级的准确率低于双指数模型。现在的弥散成像是基于单室模型,利用双指数函数模型即可实现二室成像,Mulkern等^[35]以二室模型成像增加脑肿瘤内的不均匀性的区分度。Vandendries等^[27]则更进一步,将体素内按弥散性能分为高中低三组分,利用数字图像处理技术,得到了更加细致的弥散图像。

另外,multi- b 值曲线所提供的信息远不止于此,还有待进一步研究。根据这些研究,我们有理由相信,multi- b 值将会在淋巴结状态评估中有很大大前景,特别对微转移灶的检出,而且随着图像处理技术的成熟,多参数成像的发展在提高疾病诊断准确率的同时也大大节省了放射医师的工作量。

3.3 目前研究的不足

直肠癌转移性淋巴结的分布与预后相关^[36],特别是盆腔淋巴结的评估临床意义重大,低位低分化的直肠癌更容易发生盆腔淋巴结的转移,盆腔淋巴结清扫的术后并发症较严重,

如二便失禁及性功能障碍等^[37], 所以应重视对盆腔淋巴结状态的评估。但盆腔结构复杂, 磁共振成像伪影多, 淋巴结较小, 对放射学家来说评估盆腔淋巴结是一项巨大挑战, 目前 DWI 受分辨率限制, 在这方面的应用研究不多。另外目前对 DWI 在直肠癌及其淋巴结状态评估的应用较少涉及直肠癌不同病理分型。

参考文献

- [1] Li M, Gu J. Changing patterns of colorectal cancer in China over a period of 20 years[J]. *World Journal of Gastroenterology*, 2005, 11(30): 4685-4688.
- [2] Lezoche G, Baldarelli M, Guerrieri M, et al. A prospective randomized study with a 5-year minimum follow-up evaluation of transanal endoscopic microsurgery versus laparoscopic total mesorectal excision after neoadjuvant therapy[J]. *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques*, 2008, 22(2): 352-358.
- [3] Beets-Tan RG. Pretreatment MRI of lymph nodes in rectal cancer: An opinion-based review[J]. *Colorectal Disease*, 2013, 15(7): 781-784.
- [4] 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]. *Diseases of the Colon & Rectum*, 2009, 52(7): 1278-1284.
- [5] Brown G, Richards CJ, Bourne MW, et al. Morphologic predictors of lymph node status in rectal cancer with use of high-spatial-resolution MR imaging with histopathologic comparison[J]. *Radiology*, 2003, 227(2): 371-377.
- [6] Pomerri F, Pucciarelli S, Maretto I, et al. Prospective assessment of imaging after preoperative chemoradiotherapy for rectal cancer[J]. *Surgery*, 2011, 149(1): 56-64.
- [7] Mizukami Y, Ueda S, Mizumoto A, et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging for detecting lymph node metastasis of rectal cancer[J]. *World Journal of Surgery*, 2011, 35(4): 895-899.
- [8] Weisbord SD, Mor MK, Resnick AL, et al. Incidence and outcomes of contrast-induced AKI following computed tomography[J]. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 2008, 3(5): 1274-1281.
- [9] Quadros CA, Lopes A, Araujo I. Retroperitoneal and lateral pelvic lymphadenectomy mapped by lymphoscintigraphy for rectal adenocarcinoma staging[J]. *Japanese Journal of Clinical Oncology*, 2010, 40(8): 746-753.
- [10] Tsunoda Y, Ito M, Fujii H, et al. Preoperative diagnosis of lymph node metastases of colorectal cancer by FDG-PET/CT[J]. *Japanese Journal of Clinical Oncology*, 2008, 38(5): 347-353.
- [11] Al-Sukhni E, Milot L, Fruitman M, et al. Diagnostic accuracy of MRI for assessment of T category, lymph node metastases, and circumferential resection margin involvement in patients with rectal cancer: A systematic review and meta-analysis[J]. *Annals of Surgical Oncology*, 2012, 19(7): 2212-2223.
- [12] Ozaki M, Inoue Y, Miyati T, et al. Motion artifact reduction of diffusion-weighted MRI of the liver: Use of velocity-compensated diffusion gradients combined with tetrahedral gradients[J]. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 2013, 37(1): 172-178.
- [13] Curvo-Semedo L, Lambregts DM, Maas M, et al. Diffusion-weighted MRI in rectal cancer: Apparent diffusion coefficient as a potential noninvasive marker of tumor aggressiveness[J]. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 2012, 35(6): 1365-1371.
- [14] Rechichi G, Galimberti S, Oriani M, et al. ADC maps in the prediction of pelvic lymph nodal metastatic regions in endometrial cancer[J]. *European Journal of Radiology*, 2013, 23(1): 65-74.
- [15] Lambregts DM, Maas M, Riedl RG, et al. Value of ADC measurements for nodal staging after chemoradiation in locally advanced rectal cancer-a per lesion validation study[J]. *European*

- Radiology, 2011, 21(2): 265-273.
- [16] Heijnen LA, Lambregts DM, Mondal D, et al. Diffusion-weighted MR imaging in primary rectal cancer staging demonstrates but does not characterise lymph nodes[J]. European Radiology, 2013, 23(12): 3354-3360.
- [17] Roy C, Bierry G, Matau A, et al. Value of diffusion-weighted imaging to detect small malignant pelvic lymph nodes at 3T[J]. European Radiology, 2010, 20(8): 1803-1811.
- [18] Lambregts DM, Beets GL, Maas M, et al. Tumour ADC measurements in rectal cancer: Effect of ROI methods on ADC values and interobserver variability[J]. European Radiology, 2011, 21(12): 2567-2574.
- [19] Cho EY, Kim SH, Yoon JH, et al. Apparent diffusion coefficient for discriminating metastatic from non-metastatic lymph nodes in primary rectal cancer[J]. European Journal of Radiology, 2013, 82(11): e662-668.
- [20] Soyer P, Lagadec M, Sirol M, et al. Free-breathing diffusion-weighted single-shot echo-planar MR imaging using parallel imaging (Grappa 2) and high b value for the detection of primary rectal adenocarcinoma[J]. Cancer Imaging, 2010, 10: 32-39.
- [21] Kurihara Y, Yakushiji YK, Tani I, et al. Coil sensitivity encoding in MR imaging: Advantages and disadvantages in clinical practice[J]. American Journal of Roentgenology, 2002, 178(5): 1087-1091.
- [22] 孙美玉, 刘爱连, 宋清伟, 等. 3.0 T 多 b 值弥散加权成像在前列腺癌与前列腺增生鉴别诊断中的应用[J]. 生物医学工程与临床, 2013, 17(4): 349-354.
- Sun MY, Liu AL, Song QW, et al. 3.0T multiple b -value DWI on differentiation of prostate cancer and benign prostate hyperplasia[J]. Biomedical Engineering and Clinical Medicine, 2013, 17(4): 349-354.
- [23] Klauss M, Lemke A, Grunberg K, et al. Intravoxel incoherent motion MRI for the differentiation between mass forming chronic pancreatitis and pancreatic carcinoma[J]. Investigative Radiology, 2011, 46(1): 57-63.
- [24] Tamura T, Usui S, Murakami S, et al. Comparisons of multi b -value DWI signal analysis with pathological specimen of breast cancer[J]. Magnetic Resonance in Medicine, 2012, 68(3): 890-897.
- [25] Niendorf T, Dijkhuizen RM, Norris DG, et al. Biexponential diffusion attenuation in various states of brain tissue: Implications for diffusion-weighted imaging[J]. Magnetic Resonance in Medicine, 1996, 36(6): 847-857.
- [26] Schwarcz A, Bogner P, Meric P, et al. The existence of biexponential signal decay in magnetic resonance diffusion-weighted imaging appears to be independent of compartmentalization[J]. Magnetic Resonance in Medicine, 2004, 51(2): 278-285.
- [27] Vandendries C, Ducreux D, Lacroix C, et al. Statistical analysis of multi- b factor diffusion weighted images can help distinguish between vasogenic and tumor: Infiltrated edema[J]. Journal of Magnetic Resonance Imaging, 2013.
- [28] Takahara T, Imai Y, Yamashita T, et al. Diffusion weighted whole body imaging with background body signal suppression (DWIBS): Technical improvement using free breathing, STIR and high resolution 3D display[J]. Radiation Medicine, 2004, 22(4): 275-282.
- [29] Akay S, Kocaoglu M, Emer O, et al. Diagnostic accuracy of whole-body diffusion-weighted magnetic resonance imaging with 3.0 T in detection of primary and metastatic neoplasms[J]. Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology, 2013, 57(3): 274-282.
- [30] Tsushima Y, Takano A, Taketomi-Takahashi A, et al. Body diffusion-weighted MR imaging using high b -value for malignant tumor screening: Usefulness and necessity of referring to T2-weighted images and creating fusion images[J]. Academic Radiology, 2007, 14(6): 643-650.
- [31] 杨栋, 段全红, 任斌. MR-DWIBS 在直肠癌淋巴结转移评估中的应用[J]. 山东医药, 2012, 52(14): 52-54.
- [32] Abdel Razek AA, Soliman NY, Elkharny S, et al. Role of diffusion-weighted MR imaging in cervical lymphadenopathy[J]. European Journal of Radiology, 2006, 16(7): 1468-1477.

- [33] Fischer MA, Nanz D, Hany T, et al. Diagnostic accuracy of whole-body MRI/DWI image fusion for detection of malignant tumours: A comparison with PET/CT[J]. *European Journal of Radiology*, 2011, 21(2): 246-255.
- [34] 丁玖乐, 邢伟, 陈杰, 等. 肾透明细胞癌多 b 值 DWI 的单指数函数与双指数函数分析比较[J]. *磁共振成像*, 2013, 4(4): 266-270.
Ding JL, Xing W, Chen J, et al. The comparison between monoexponential and biexponential function of multi- b DWI in evaluation of clear cell renal cell carcinoma[J]. *Chinese Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 2013, 4(4): 266-270.
- [35] Mulkern RV, Haker SJ, Maier SE. On high b diffusion imaging in the human brain: Ruminations and experimental insights[J]. *Magnetic Resonance Imaging*, 2009, 27(8): 1151-1162.
- [36] Huh JW, Kim YJ, Kim HR. Distribution of lymph node metastases is an independent predictor of survival for sigmoid colon and rectal cancer[J]. *Annals of Surgery*, 2012, 255(1): 70-78.
- [37] Ueno M, Oya M, Azekura K, et al. Incidence and prognostic significance of lateral lymph node metastasis in patients with advanced low rectal cancer[J]. *British Journal of Surgery*, 2005, 92(6): 756-763.

The Utilization of Diffusion-weighted Magnetic Resonance Imaging in the Detection of Lymph-node Metastasis in Rectal Cancer

ZHU Lan, PAN Zi-lai✉

Department of Radiology, Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China

Abstract: The incidence of rectal cancer has been increasing in China, which lays much pressure on doctors for more accurate diagnosis and treatment. Nodal involvement in rectal cancer is a poor prognostic factor for local and distant recurrence and is generally considered as an important indication for neoadjuvant chemoradiotherapy before surgery or radiotherapy after surgery in patients. A positive nodal status will therefore influence the outcome of treatment. Magnetic resonance imaging (MRI) is now being widely used in TNM staging of rectal cancer; however conventional imaging methods are not satisfactory in the assessment of nodal status. This is a review on the utilization of MR diffusion-weighted imaging in the evaluation of nodal status in rectal cancer.

Key words: rectal cancer; lymph node metastasis; magnetic resonance imaging; diffusion-weighted imaging



作者简介: 朱兰 (1990—), 女, 上海交通大学医学院附属瑞金医院影像医学与核医学专业在读硕士研究生, 主要从事肠道影像学的研究, Tel: 15216608983, E-mail: lennon1208@163.com; 潘自来✉ (1963—), 男, 上海交通大学医学院附属瑞金医院放射科主任医师, 主要从事心血管与胃肠道影像学方面的研究, Tel: 13636316478, E-mail: zilaipanlilly@163.com。