

· 专题论著 ·



孙轶群，复旦大学影像医学与核医学专业在读博士，研究方向为MRI在直肠癌侵袭性及新辅助化疗评估中的应用，导师为顾雅佳教授。硕士就读于复旦大学影像医学与核医学专业，研究课题为高分辨率MRI评价T3期直肠癌浸润深度及预测新辅助治疗反应。研究期间于国内核心期刊及SCI收录期刊发表数篇论著。

3D-SPACE序列在直肠癌术前T分期中的诊断价值

孙轶群，童彤，顾雅佳，信超，彭卫军

复旦大学附属肿瘤医院放射诊断科，复旦大学上海医学院肿瘤学系，上海 200032

【摘要】 目的：探讨三维可变反转角快速自旋回波(3D sampling perfection with application optimized contrasts using different flip angle evolution, 3D-SPACE)序列在直肠癌术前T分期中的临床应用价值。**方法：**回顾性分析复旦大学附属肿瘤医院2015年12月—2016年11月经肠镜活检确诊为直肠癌的患者，其术前未接受放化疗，但行直肠MRI检查。共收集178例，其中107例肿瘤轴位T2WI使用薄层小视野(field of view, FOV) T2WI序列(以下简称高分辨率T2WI序列)，71例使用3D SPACE的T2WI序列(以下简称3D SPACE序列)，并于2周内进行手术。将MRI所得T分期结果与病理结果进行对照分析，比较两种MRI技术评估直肠癌T分期的灵敏度、特异度、准确率。**结果：**高分辨率T2WI序列诊断T分期的总准确率为75.7%，3D SPACE序列诊断总准确率为83.0%。对早期T1、T2期的诊断准确率(T1:98.6% vs. 88.8%；T2:87.3% vs. 75.7%)，3D SPACE序列均高于高分辨率T2WI序列；对T3期的诊断准确率，两者相当(85.9% vs. 86.0%)；而对T4期的诊断，3D SPACE序列优势不明显(95.8% vs. 99.1%)。**结论：**3D SPACE序列可获得高信号比、高分辨率图像，提高直肠癌T分期的准确率，尤其对早期直肠癌的诊断有优势。

【关键词】 直肠癌；磁共振成像；T分期；高分辨率；三维可变反转角快速自旋回波
中图分类号：R445.2 文献标志码：A 文章编号：1008-617X(2017)01-0025-05

Diagnostic value of MRI with 3D SPACE sequence in T staging of rectal cancer SUN Yiqun, TONG Tong, GU Yajia, XIN Chao, PENG Weijun (Department of Diagnostic Radiology, Fudan University Shanghai Cancer Center; Department of Oncology, Shanghai Medical College, Fudan University, Shanghai 200032, China)

Correspondence to: GU Yajia E-mail: cjr.guyajia@vip.163.com

【Abstract】 Objective: To analyze the diagnostic value of MRI with 3D sampling perfection with application optimized contrasts using different flip angle evolution (3D SPACE) sequence in T staging of rectal cancer. **Methods:** A total of 178 rectal cancer patients who received surgical resection without neoadjuvant therapy in Fudan University Shanghai Cancer Center between December 2015 and November 2016 were selected. Among them, 107 patients underwent primary MRI with high-resolution T2WI sequence, and 71 patients underwent MRI with 3D SPACE T2WI sequence. The patients received operation in two weeks. The MRI results of T staging were compared with pathological results. The sensitivity, specificity and accuracy were evaluated. **Results:** The overall accuracy of T staging was 75.7% using high-resolution T2WI, 83.0% using 3D SPACE. The accuracies of T1 and T2 staging diagnosed by 3D SPACE were higher than those by high-resolution T2WI (T1: 98.6% vs. 88.8%; T2: 87.3% vs. 75.7%). The accuracy was the same for T3 staging (85.9% vs. 86.0%). There were no obvious advantages for T4 staging using 3D SPACE. **Conclusion:** 3D

SPACE sequence can obtain high signal intensity ratio and high resolution of images, and has advantages for early T staging of rectal cancer.

【 Key words 】 Rectal cancer; Magnetic resonance imaging; T staging; High resolution; 3D sampling perfection with application optimized contrasts using different flip angle evolution

术前准确判断直肠癌分期是合理制订治疗方案的关键^[1]。高分辨率MRI是直肠癌术前分期的主要影像学方法,其临床应用价值已得到广泛认可^[2-3]。三维可变反转角快速自旋回波(3D sampling perfection with application optimized contrasts using different flip angle evolution, 3D-SPACE)是一种较新的MRI成像技术^[4-5],提供了高分辨率的三维快速自旋回波(turbo spin echo, TSE)对比度成像,在临床上应用越来越广,从开始的头部扫描延伸至腹部及骨关节成像,甚至血管成像,满足了高精度的诊断需求^[6-8]。本研究通过对比3D SPACE-TSE技术与快速自旋回波(fast spin echo, FSE)技术对直肠癌分期的准确率,探讨3D SPACE序列在直肠癌术前分期中的临床应用价值。

1 资料和方法

1.1 临床资料

纳入标准:术前未接受放化疗且有完整MRI资料,并于复旦大学附属肿瘤医院接受术后治疗

者。排除标准:有盆腔手术史;伴有或患过其他肿瘤并接受盆腔放疗和(或)化疗;图像质量不能满足诊断要求。共收集178例,其中107例肿瘤轴位T2WI使用薄层小视野(field of view, FOV) T2WI序列(以下简称高分辨率T2WI序列),71例使用3D SPACE的T2WI序列(以下简称3D SPACE序列)。男性111例、女性67例;年龄20~94岁,中位年龄60岁。所有患者均于MRI检查后2周内接受手术治疗,手术按全直肠系膜切除术(total mesorectal excision, TME)原则进行。

1.2 检查方法

MRI扫描前患者尽量排空内容物,未经药物抑制肠道蠕动,未使用肠道对比剂。分别采用GE公司Milwaukee及SIEMENS公司MAGNETOM Skyra MR,场强均为3.0 T使用相控阵表面线圈完成图像采集。患者仰卧位,脚先进。GE主要扫描序列包括常规T1WI、高分辨T2WI及扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)序列。SIEMENS主要扫描序列包括常规T1WI、3D SPACE-T2WI序列及DWI序列,以上均为不抑脂序列。主要扫描参数见表1。

表1 主要MRI扫描参数

成像技术	序列	FOV(mm)	扫描方位	矩阵	TR(ms)	TE(ms)	层厚(mm)	层间距(mm)
FSE	T1WI	370	体轴位	384×192	230	2.4	8	2
	高分辨T2WI	20	肿瘤轴位	384×224	4 000	105	3	1
3D SPACE-TSE	T1WI	380	体轴位	384×269	7 50	13	5.5	2
	3D SPACE T2WI	230	肿瘤轴位	320×292	1 500	99	1.5	0

TR:重复时间;TE:回波时间

1.3 研究方法

应用高分辨率T2WI或3D SPACE的T2WI序列,必要时结合矢状位,判断肿瘤T分期。分期标准如下:T1期,肿瘤信号未超过黏膜下层,与邻近黏膜下层的高信号相比,肿瘤呈相对低信号;T2期,肿瘤信号侵入肌层,肌层与黏膜下层间的分界消失;T3期,肿瘤信号穿透肌层,伸入肠周脂肪,肌层与周围脂肪间分界面消失;T4期,肿瘤信号明显侵入周围结构或脏器^[9]。由一名影像科医师术前分析两种不同序列的MRI图

像,根据标准判断T分期,分析遇到困难时,请另外一名医师读片,经两人讨论后给出意见。术后分期按美国癌症联合委员会(American Joint Committee on Cancer, AJCC) TNM分期标准进行,并与术后病理结果进行对比分析。

1.4 统计学处理

采用SPSS统计软件,计算MRI诊断T分期的灵敏度、特异度及准确率, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 MRI术前T分期与病理T分期比较

高分辨率T2WI序列诊断T分期的总准确率为

75.7%，3D SPACE序列的总准确率为83%。两种序列诊断直肠癌各分期的灵敏度、特异度及准确率详见表2~5。

表 2 高分辨率T2WI序列术前T分期与病理结果的比较

MRI分期	病理分期				总数
	T1	T2	T3	T4	
T1	1	0	0	0	1
T2	12	21	4	0	37
T3	0	10	56	1	67
T4	0	0	0	2	2
总数	13	31	60	3	107

表 3 高分辨率T2WI序列诊断T分期的准确率

	灵敏度(%)	特异度(%)	准确率(%)
T1	7.7 (1/13)	100.0 (94/94)	88.8 (95/107)
T2	67.7 (21/31)	78.9 (60/76)	75.7 (81/107)
T3	93.3 (56/60)	76.6 (36/47)	86.0 (92/107)
T4	66.7 (2/3)	100.0 (104/104)	99.1 (106/107)

表 4 3D SPACE序列术前T分期与病理结果的比较

MRI分期	病理分期				总数
	T1	T2	T3	T4	
T1	1	1	0	0	2
T2	1	25	3	0	29
T3	0	4	32	0	36
T4	0	0	3	1	4
总数	2	30	38	1	71

表 5 3D SPACE序列诊断T分期的准确率

	灵敏度(%)	特异度(%)	准确率(%)
T1	50.0 (1/2)	100.0 (69/69)	98.6 (70/71)
T2	83.3 (25/30)	90.2 (37/41)	87.3 (62/71)
T3	84.2 (32/38)	87.9 (29/33)	85.9 (61/71)
T4	100.0 (1/1)	95.7 (67/70)	95.8 (68/71)

3 讨 论

MRI可多角度、多方位、多参数成像，软组织分辨率高且无辐射损伤，加之直肠位置相对固定，周围有良好的脂肪衬托等解剖优势，可更好地显示直肠肠壁的各层结构及与直肠相关的解剖细节，因此成为术前评估直肠癌患者局部情况的重要影像学方法^[10]。MRI诊断直肠癌T分期准确率的研究从未止步，但相关meta分析显示其T分期诊断的准确率从44%~100%不等^[11]，差异明显。MRI技术及影像学判读标准是导致结果差异的重要原因^[12]。

目前，通常采用的直肠MRI常规检查序列有横断位T1WI、矢状位T2WI、高分辨率T2WI(肿瘤轴位)序列(以上均为不抑脂序列)、DWI、横断位抑脂T1增强及矢状位抑脂T1增强序列。DWI有利于检出直肠癌，但空间分辨率低，且随着b值增加，解剖结构变形明显，对肿瘤细节显示不佳，因此不能增加对T分期诊断的准确率^[13]。横断位抑脂T1增强序列由于FOV较大，加之直肠系膜内脂肪信号降低，直肠癌周围增生纤维组织及炎性反应同样强化，也不能增加直肠癌T分期的准确率^[14-15]。因此，高分辨率T2WI仍是诊断T分期的主要参考序列。

为更清晰地显示直肠各层及周围组织结构，本研究试用SIEMENS公司SPACE技术进行直肠MRI扫描。此序列最初是由美国维吉尼亚大学的Mugler等学者首先提出，为TSE的一种变异。相对于二维TSE成像，SPACE具有如下几点优势：

① 真正的高分辨率。通常二维TSE成像能提供相当高的层面内分辨率，但层厚一般在3 mm以上，再考虑到层间距，层面方向的分辨率进一步降低，体素的这种几何形状在一定程度上使其层面内高分辨率丧失了意义。细小的病灶极有可能由于部分容积效应而被掩藏起来。SPACE扫描一般提供各向同性的分辨率，不仅减轻了部分容积效应，还支持任意平面重建，实际上提高了成像效率。

② 高信噪比。二维成像中选择较厚的层片，部分源于硬件的限制，例如最大选层梯度的局限，而信噪比的制约也是一个原因，以牺牲层面方向的分辨率换取层面内高分辨率。与二维成像不同，三维激发的信号区域一般较大，信号强度极高，其信噪比足以支持所有维度的高分辨率成像。

③ 高采集效率。三维成像允许SPACE采用超长回波链，长度甚至达1 000以上，二维成像中由于受相位编码步限制，是不可能实现的。此外，三维成像为并行采集和K空间重排提供更大的自由度，具备更高的加速潜力，这些都是二维成像的局限所在^[16]。SPACE具备上述技术优势，提供了快速高分辨率的三维TSE成像，临床应用越来越广。

利用3D SPACE序列高信噪比、高分辨率和

高采集效率的成像优势来提高直肠癌T分期的准确率是本研究的目的。共收集病例178例，其中107例肿瘤轴位T2WI成像使用高分辨率T2WI序列，71例使用3D SPACE序列。对于总T分期准确率(83.0% vs. 75.7%)，早期T1、T2期准确率(T1: 98.6% vs. 88.8%; T2: 87.3% vs. 75.7%)，3D SPACE序列均高于高分辨率T2WI序列，对于T3期的准确率，两者相当(85.9% vs. 86.0%)。高分辨率T2WI序列诊断T1~2期的主要错误是过分期。13例T1期直肠癌中，12例过分期为T2期(图1A)；31例T2期患者中，10例过分期为T3期(图1B)。而应用3D SPACE序列可获得高信噪比、高分辨率图像；对肠壁各层等细微结构尤其是黏膜层、肌层的显示更清晰(正常肠管不同状态下肠壁各层的显示见图2A~2C)，因此有利于对早期直肠癌准确判断(图2D)。3D SPACE序列对T1~2期的诊断也存在过分期，但相对较少；肠壁周围发生的炎症反应引起的异常信号及良性反应性纤维增生误认为是肿瘤侵犯深度增加^[16]。大多数直

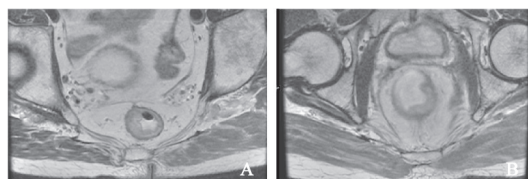


图1 直肠癌高分辨率T2WI序列

A: 直肠肠壁增厚，主要累及右侧肠壁，在11点钟方向肌层与黏膜下层间的分界消失，术前诊断为T2期，病理证实为T1期直肠癌；B: 直肠肠壁增厚，主要累及左侧肠壁，在3点钟方向肌层与周围脂肪间分界面消失，术前诊断为T3期，病理证实为T2期直肠癌

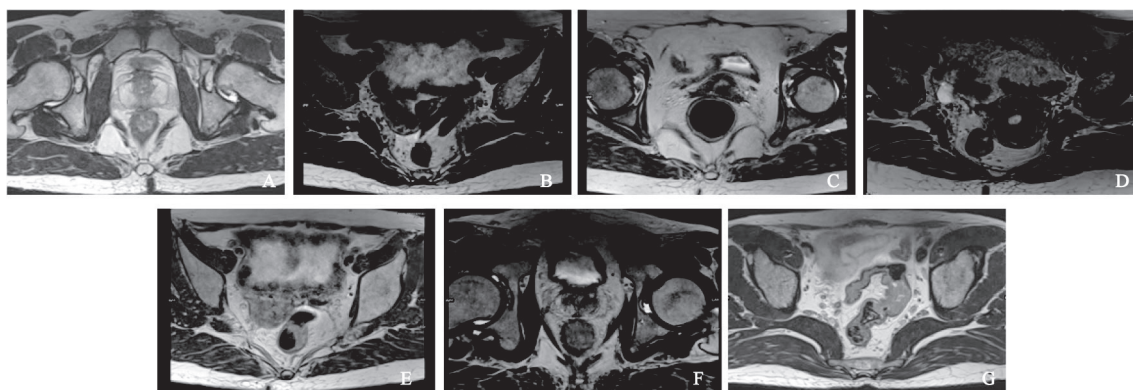


图2 直肠癌3D SPACE T2WI序列

A: 肠管收缩状态下肠壁各层显示；B: 肠管稍扩张状态下肠壁各层显示；C: 肠管明显扩张状态下肠壁各层显示；D: 显示T1期直肠癌，直肠肠壁结节样增厚，肌层光整；E: 显示T2期直肠癌，直肠左侧肠壁局部增厚，肌层破坏；F: 显示T3期直肠癌，直肠壁增厚，累及整个肠壁，局部结节突入直肠系膜内；G: 诊断腹膜返折水平上直肠壁肿块，肿瘤累及腹膜反折，术前误诊为T4a，术后病理证实为T3，这里由于部分容积效应影响腹膜反折与肿瘤之间距离的判断，导致肿瘤过分期

肠癌为T2及T3期,而T2期及临界T3期即T3a(肿瘤浸润直肠系膜深度 $<1\text{ mm}$)的鉴别是临床工作的重点和难点。研究认为,肿瘤信号结节样突入直肠系膜内是肿瘤肠外侵犯的可靠依据,3D SPACE序列空间分辨率高,细节显示清楚,也有助于对这一征象的判断(图2E~2F)。需指出的是,3D SPACE序列中3例T3期直肠癌过分期,这是因为直肠肠壁增厚范围较广,一部分位于腹膜返折水平上方的肿瘤(图2G)由于部分容积效应,影响系膜筋膜与肿瘤之间距离的判断,导致肿瘤过分期。

本研究有以下不足:各T分期病例分布不均匀,尤其是T1及T4期病例较少,主要是由于早期直肠癌症状隐匿,大多数患者因发觉症状而就诊时肿瘤明显且分期较高,而T4期患者属于局部进展期,此次入组的T4期患者大部分因为拒绝新辅助治疗或出现肠道梗阻征象而行手术治疗。

综上所述,3D SPACE序列可获得高信噪比、高分辨率图像,提高直肠癌T分期的准确率,尤其对早期直肠癌的诊断有优势。3D SPACE序列对直肠癌淋巴结转移的诊断是今后研究重点之一。

参考文献

- [1] TAYLOR F G, QUIRKE P, HEALD R J, et al. Preoperative high-resolution magnetic resonance imaging can identify good prognosis stage I, II, and III rectal cancer best managed by surgery alone: a prospective, multicenter, European study [J]. *Ann Surg*, 2011, 253(4): 711-719.
- [2] BURTON S, BROWN G, DANIELS I, et al. MRI identified prognostic features of tumors in distal sigmoid, rectosigmoid, and upper rectum: treatment with radiotherapy and chemotherapy [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2006, 65(2): 445-451.
- [3] 孙轶群, 童彤, 信超. 直肠癌弥散加权成像与病理预后因子的对照研究 [J]. *肿瘤影像学*, 2015, 24(2): 123-128.
- [4] MUGLER J P III, MEYER H, KIEFER B. Practical implementation of optimized tissue-specific prescribed signal evolutions for improved turbo-spin-echo imaging [J]. *Proc ISMRM*, 2003, 11: 203.
- [5] MORITA S, UENO E, MASUKAWA A, et al. Comparison of SPACE and 3D TSE MRCP at 1.5 T focusing on difference in echo spacing [J]. *Magn Reson Med Sci*, 2009, 8(3): 101-105.
- [6] LV P, DAI Y, LIN J, et al. A comparison study between 3D T2-weighted SPACE and conventional 2D T2-weighted turbo spin echo in assessment of carotid plaque [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2016. doi: 10.1007/s10554-016-1017-7.
- [7] GIL B, HWANG E J, LEE S, et al. Detection of leptomeningeal metastasis by contrast-enhanced 3D T1-SPACE: comparison with 2D FLAIR and contrast-enhanced 2D T1-weighted images [J]. *PLoS one*, 2016, 11(10): e0163081.
- [8] AHN S J, JEONG Y M, LEE B G, et al. Using three-dimensional isotropic SPACE MRI to detect posterolateral corner injury of the knee [J]. *Acta Radiol*, 2016: 57(10): 1251-1260.
- [9] MORENO C C, SULLIVAN P S, KALB B T, et al. Magnetic resonance imaging of rectal cancer: staging and restaging evaluation [J]. *Abdom Imaging*, 2015, 40(7): 2613-2629.
- [10] 孙应实, 张晓燕, 张晓鹏. 直肠癌的术前评估—MRI的作用 [J]. *中国医学前沿杂志(电子版)*, 2011, 3(6): 18-22.
- [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]. *Ann Surg Oncol*, 2012, 19(7): 2212-2223.
- [12] 姚旬, 宋幸鹤, 王屹. 3.0 T 高分辨率磁共振成像对直肠癌浸润深度的诊断价值 [J]. *中华胃肠外科杂志*, 2016, 19(6): 668-674.
- [13] 陆志华, 钱伟新, 曹文洪, 等. 磁共振扩散加权成像对直肠癌T分期的诊断价值 [J]. *中华胃肠外科杂志*, 2015, 18(3): 257-261.
- [14] JAO S Y, YANG B Y, WENG H H, et al. Evaluation of gadolinium-enhanced T1-weighted magnetic resonance imaging in the preoperative assessment of local staging in rectal cancer [J]. *Colorectal Dis*, 2010, 12(11): 1139-1148.
- [15] VLIEGEN R F A, BEETS G L, VON MEYENFELDT M F, et al. Rectal cancer: MR imaging in local staging—is gadolinium-based contrast material helpful? [J]. *Radiology*, 2005, 234(1): 179-188.
- [16] BEETS-TAN R G H, BEETS G L, VLIEGEN R F A, et al. Accuracy of magnetic resonance imaging in prediction of tumor-free resection margin in rectal cancer surgery [J]. *Lancet*, 2001, 357(9255): 497-504.

(收稿日期: 2017-02-01)