

肺动脉非对比剂增强 MR 血管成像应用的扫描技术探讨

王秋霞, 陈亮, 孟晓岩, 汤浩, 胡道予, 胡军武

【摘要】 目的:观察不同翻转带放置方法时多翻转空间标记脉冲技术(SLEEK)非对比剂增强肺动脉血管成像的效果,探讨肺动脉 SLEEK-MRA 最佳翻转带放置方法。**方法:**将 40 例无肺动脉及肺部疾病的健康志愿者作为研究对象,利用 1.5T MRI 扫描仪对所有志愿者行肺动脉 SLEEK-MRA 扫描,每例志愿者分别采用“十”字交叉法和肺野平行放置法放置翻转带,扫描完成后将原始图像传至工作站进行图像后处理,由 2 位影像学诊断医师采用 4 分法对肺动脉 4 级分支的图像质量进行主观评分,并测量肺动脉主干及左、右肺动脉干的对比信噪比(CNR)及信号信噪比(SNR)。利用单因素方差分析对计量资料进行统计学分析;利用 Cohen's Kappa 检验评估 2 位医师之间判断结果的一致性。**结果:**40 例志愿者均顺利完成扫描。两位读片医师对肺动脉 4 级分支(主干、左右肺动脉干、叶间动脉和段间动脉)图像质量评分的一致性非常好(Kappa 值分别为 0.931、0.880、0.778 和 0.778)。在肺野平行放置法 MRA 图像上,两位医师对肺动脉 4 级分支的图像质量评分的均值分别为 2.71 ± 0.52 、 2.67 ± 0.34 、 2.48 ± 0.29 和 2.44 ± 0.21 ,均高于“十字”交叉法(分别为 2.17 ± 0.41 、 1.79 ± 0.34 、 1.43 ± 0.15 和 0.72 ± 0.31),两组间差异均有统计学意义($P < 0.05$)。肺动脉主干及左、右肺动脉干的 CNR 及 SNR,在肺野平行放置法图像上(CNR:524.81、470.65、428.71;SNR:539.31、486.14、436.12)均优于“十字”交叉法(CNR:289.58、302.81、285.71;SNR:310.14、314.01、311.61),差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论:**使用肺野平行放置法设置翻转带进行 SLEEK-MRA 肺动脉成像,可清晰显示肺动脉主干及其外周小分支动脉,成像效果较佳,可作为临床上 SLEEK-MRA 检查时的常规翻转带放置方法。

【关键词】 肺动脉;磁共振血管成像;多翻转空间标记脉冲技术;翻转带

【中图分类号】 R445.2; R534.5 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2015)12-1221-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2015.12.016

Non-contrast-enhanced MR angiography of pulmonary artery using spatial labeling with multiple inversion pulses sequence: investigation of scanning technique WANG Qiu-xia, CHEN Liang, MENG Xiao-yan, et al. Department of Radiology, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, P. R. China

【Abstract】 Objective: To compare the image quality of unenhanced magnetic resonance pulmonary artery (PA) angiography using spatial labeling with multiple inversion pulses (SLEEK) technique with two different methods to set presaturation band. **Methods:** 40 healthy volunteers who had no contraindications to MRI and no recent health problems or surgeries were recruited in the study. All subjects underwent SLEEK-MRA on a 1.5T MRI system for assessing pulmonary artery by using two different methods to place presaturation band. The presaturation band was put in the lung field either parallel (group A) or crossed (group B) to each other. All original data from SLEEK scan were transmitted to an imaging workstation for post-processing. The images were assessed by two radiologists, the image quality of pulmonary artery (4 main segments including main trunk, left and right PA, segmental PA) was evaluated on the basis of a four-point scale, and the contrast-to-noise ratio (CNR) and signal-to-noise ratio (SNR) of the 4 main segments of PA were measured and calculated. The ability of SLEEK MRA to evaluate PA was analyzed by using the one-ANOVA test, and the Cohen's Kappa was used to examine the concordance between the two readers. **Results:** A total of 40 patients were successfully examined with SLEEK MRA, image quality of all patients was acceptable. The scores of the image quality of the 4 main segments of PA evaluated by the two radiologists showed excellent concordance (Kappa=0.931, 0.880, 0.778 and 0.778, respectively). On SLEEK MRA using method A, the image quality of the 4 segments of PA was 2.71 ± 0.52 , 2.67 ± 0.34 , 2.48 ± 0.29 and 2.44 ± 0.21 , which was higher than that (2.17 ± 0.41 , 1.79 ± 0.34 , 1.43 ± 0.15 and 0.72 ± 0.31) on SLEEK MRA using method B with statistical difference ($P < 0.05$). The CNRs and SNRs of main trunk, left and right PA in method A group were 524.81, 470.65, 428.71 and 539.31, 486.14, 436.12, which were higher than those in method B group (289.58, 302.81, 285.71 and 310.14, 314.01 and 311.61), with statistic difference ($P < 0.05$). **Conclusion:** SLEEK MRA with parallel presaturation bands in the lung field could clearly show pulmonary artery, it could be a reliable method in SLEEK MRA.

【Key words】 Pulmonary artery; Magnetic resonance angiography; Spatial labeling with multiple inversion pulses

作者单位: 430030 武汉, 华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科(王秋霞、孟晓岩、汤浩、胡道予、胡军武); 256603 山东, 滨州医学院附属医院放射科(陈亮)

作者简介: 王秋霞(1981-), 女, 四川广元人, 硕士, 副主任技师, 主要从事 MRI 技术工作。

通讯作者: 胡军武, E-mail: hujw620924@aliyun.com

基金项目: 湖北省自然科学基金资助项目(2013CFB018、2013CFB110), 国家自然科学基金青年基金(81501447), 山东省医药卫生科技发展计划(2014WS0492)

technique; Inversion band

DSA 是临床诊断血管性管腔病变的金标准,然而 DSA 的有创性、价格昂贵等缺点限制了其在临床诊断中的广泛应用^[1-2]。随着 CT 技术的发展,快速扫描及强大的后处理技术等使其在临床中得到广泛应用,CTA 的高分辨率薄层图像进一步提高了诊断准确性^[3],然而 CTA 具有电离辐射、碘对比剂毒副作用等缺点。对比增强磁共振血管成像(CE-MRA)虽无电离辐射及含碘对比剂引起的副作用,但研究发现含钆对比剂可导致部分肾功能不全的患者产生肾纤维化^[4]。近年来,非对比剂增强磁共振血管成像技术在临床上得到广泛应用^[5-6],其中多翻转空间标记脉冲技术(spatial labeling with multiple inversion pulses, SLEEK)是一种通过放置合适的翻转带并选择合适的血流及背景信号翻转时间,从而获得良好的目标血流信号的新技术,目前在肾脏血管非对比剂成像中得到广泛应用^[7],但针对肺血管成像的研究较少,本文旨在探讨 SLEEK-MRA 应用于肺动脉成像时最佳的翻转带放置方法。

材料与方法

1. 临床资料

将 2014 年 12 月—2015 年 3 月本院 40 例无高血压、心脏病、肺动脉及肺部疾病的拟行胸部 MRI 检查者作为研究对象,所有受试者均无 MRI 检查禁忌证,并签署知情同意书。其中男 17 例,年龄 28~72 岁,中位年龄 45 岁;女 23 例,32~68 岁,中位年龄 51 岁。

2. 检查方法及扫描参数

使用 GE Excite HD 1.5T 超导磁共振扫描仪和 8 通道体部相控阵线圈。扫描前嘱患者检查过程中保持均匀呼吸,双上肢上举放置于头部两侧,以减少卷褶伪影及磁敏感伪影。所有受试者先行常规序列扫描,然后采用呼吸触发 SLEEK 序列行肺动脉 MRA(冠状面)检查。MRA 检查前采用屏气法快速平衡稳态序

列进行扫描,获得横轴面和冠状面定位像,定位像内应包括肺动脉主干、上下腔静脉及心脏。然后在定位像上确定 MRA 扫描方案,采用 2 种方法放置翻转带。方法 A:在横轴面定位像上采用“十字”交叉的方法放置 2 条翻转带(简称“十字”交叉法),纵向翻转带主要用于翻转心脏及大血管信号,横向翻转带主要翻转全部肺野及与纵向翻转带相重叠的区域(图 1);方法 B:在横轴面定位像上分别在左、右肺野内各放置一条翻转带(简称“平行放置法”),右侧翻转带内缘紧邻上、下腔静脉外缘,左侧翻转带内缘沿室间隔方向放置(图 2)。MRA 扫描参数:血液抑制翻转时间(blood suppression inversion time, BSP TI)700 ms,矩阵 224×256,翻转角 75°,TE 2.0 ms,TR 3.9 ms,层厚 2 mm,层数 60~82,激励次数 0.79,视野 40 cm×32 cm,带宽 ±125 kHz,呼吸间隔 1。MRA 扫描时间 8~10 min。

3. 图像后处理及数据测量

所有扫描图像传至 GE ADW4.3 工作站,采用最大密度投影(MIP)及多平面重组(MPR)等技术进行后处理,图像质量评价采用客观和主观指标。

客观指标:包括对比噪声比(contrast noise ratio, CNR)和信号噪声比(signal noise ratio, SNR)。在原始横轴面图像上进行测量,手动绘制感兴趣区(ROI),分别放置在肺动脉主干、左右肺动脉干及肺外带肺实质内,每个 ROI 测量 3 次取其平均值。以肺外带肺实质作为参考组织(避开血管),分别计算 CNR 和 SNR:

$$\text{CNR} = \frac{\text{血管信号强度} - \text{肺实质信号强度}}{\text{血管信号强度}} \quad (1)$$

$$\text{SNR} = \frac{\text{血管信号强度}}{\text{肺实质信号强度}} \quad (2)$$

主观指标:依据血管是否显示、是否连续、边缘是否规则、锐利以及有无流动伪影及静脉污染,由两位有 5 年以上胸部影像学诊断经验的医师对图像质量进行主观评分,采用 4 级评分法,观察肺动脉 4 级分支(1. 肺动脉主干;2. 左右肺动脉干;3. 叶间动脉;4. 段间动

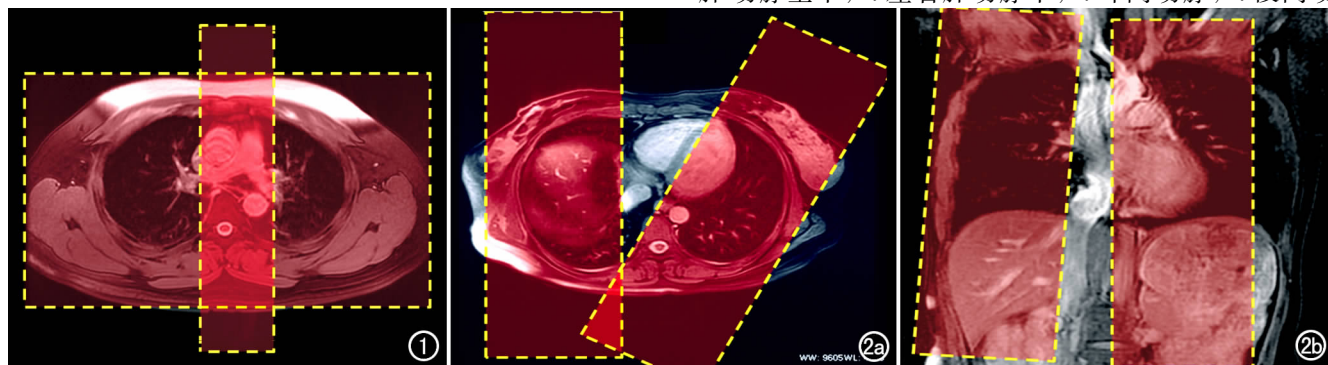


图 1 横轴面图像,显示“十字”交叉法放置两条翻转带。图 2 “平行放置法”放置的两条翻转带。a) 横轴面图像;b) 冠状面图像。

脉)。评分标准^[8]:0 分,图像无法用于诊断(血管未显示);1 分,图像质量较差,但尚可以诊断(血管连续,但边缘不锐利;血管信号不均匀,可见中度流动伪影,存在较明显的静脉污染);2 分,图像质量良(血管规则,边缘锐利,存在少许伪影或存在轻度静脉污染);3 分,图像质量优(血管连续,边缘规则、锐利,无静脉污染)。

4. 统计学分析

采用 SPSS 16.0 统计软件。采用单因素方差分析法(one-way ANOVA)对 2 组图像的主观评分、信号噪声比及对比信噪比进行比较, $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。利用 Cohen's Kappa 检验对 2 位阅片医师评分结果的一致性进行评估,Kappa 值 0.81~1.00 为一致性高,0.61~0.80 为一致性良好,0.41~0.60 为一致性中等,0.21~0.41 为一致性较差。

结 果

1. 读片医师间的一致性分析

本研究中 40 例受试者均成功完成 SLEEK- MRA 肺动脉成像。Cohen's kappa 检验结果显示(表 1),两位阅片医师对肺动脉主干、左右肺动脉干图像质量评分结果的一致性高,对叶间动脉及段间动脉图像质量评分结果的一致性良好。

2. 不同方法的肺动脉 MRA 成像效果

对两位读片医师的数据进行综合,最终获得的 2 种翻转带放置方法所获图像的评分结果见表 2。采用

表 1 观察者间的一致性分析

部位	不一致例数	不一致率 (%)	Kappa 值
肺动脉主干	1	2.5	0.931
左右肺动脉干	3	7.5	0.880
叶间动脉	4	10.0	0.778
段间动脉	4	10.0	0.778

肺野平行放置法的 4 级肺动脉的图像质量评分均优于“十字”交叉法(图 3),差异有统计学意义($P<0.05$)。

表 2 两种方法的各级动脉的主观评分及比较

部位	主观评分		F 值	P 值
	肺野平行放置法	“十字”交叉法		
肺动脉主干	2.70±0.61	2.16±0.46	20.256	0.000
左右肺动脉干	2.69±0.38	1.84±0.31	116.580	0.000
叶间动脉	2.40±0.28	1.41±0.27	253.843	0.000
段间动脉	2.39±0.23	0.80±0.29	743.782	0.000

图像质量的客观评价指标的测量值见表 3。采用肺野平行放置法的图像上肺动脉主干及左右肺动脉干的 CNR 和 SNR 均高于“十字”交叉法,差异有统计学意义($P<0.001$)。

表 3 两种方法的图像质量客观评价结果

指标	CNR			SNR		
	PAT	RPA	LPA	PAT	RPA	LPA
肺野平行放置法	523.19	475.08	426.70	538.94	483.41	433.57
十字交叉法	294.30	303.96	281.06	310.03	311.03	307.52
F 值	2094.98	1647.87	1108.61	1477.39	1108.39	455.53
P 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

注: PAT 肺动脉主干、RPA 右肺动脉主干、LPA 左肺动脉主干。

讨 论

非对比剂增强磁共振血管成像目前在临床工作中得到广泛应用^[4-7],这种方法避免了因含钆对比剂的使用而可能导致的肾纤维化等副作用。传统的 MRA 序列如时间飞跃法、相位对比法及 3D-SSFP 等在临床上应用较为广泛,但是由于受到呼吸运动、空气等因素的影响,这些技术在肺动脉成像中的应用受到很大限制。目前,仅少量文献中报道了利用 3D-SSFP 序列可行肺动脉成像,这种方法主要是选择性地地在肺动脉干区域放置 3D 扫描野来获得肺动脉图像,但该方法缺乏对血管的精确定位,所获肺动脉图像无法完全避免静脉污染,同时对背景组织的信号抑制不佳^[9],因此图像质量不够满意而影响诊断效果。在非对比增强肺动脉 MRA 检查中选择一种能清晰显示肺动脉的扫描技术是至关重要的。

呼吸触发 SLEEK 是一种动脉自旋标记技术^[2,5,7-8]。翻转带的放置直接

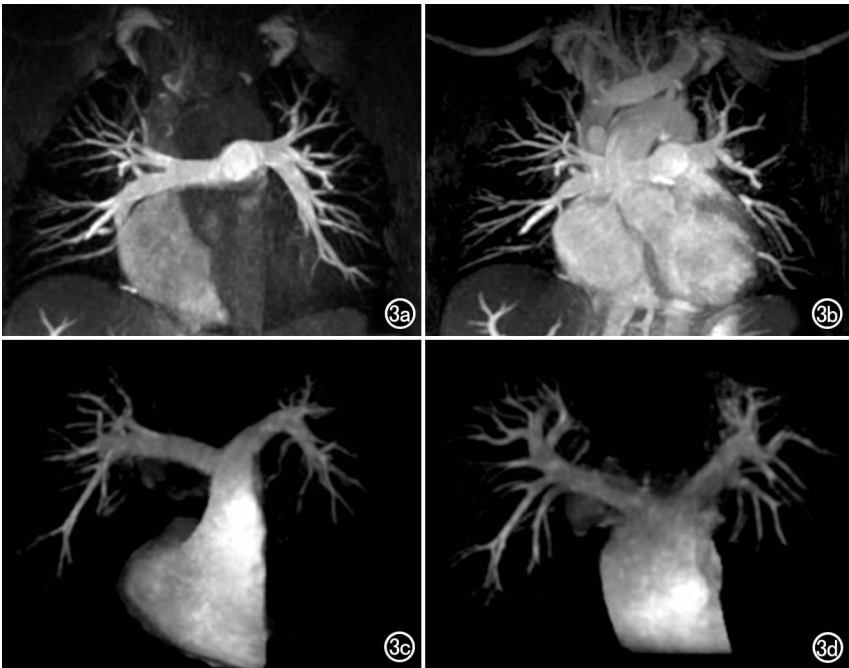


图 3 肺野平行放置法图像上血管显示清晰锐利,边缘光滑,静脉污染很轻,图像显示为良,“十字”交叉法图像上血管边缘稍模糊,边缘欠锐利,中度静脉污染,图像质量为差。a) 肺野平行放置法 MIP 图像; b) “十字”交叉法 MIP 图像; c) 肺野平行放置法 3D 图像; d) “十字”交叉法 3D 图像。

影响流入血液的信号强度及背景信号的抑制程度及效果。本研究中对比了两种翻转带放置方法(即肺野平行放置法和“十字”交叉法)对肺动脉成像效果的影响,结果显示,对各级肺动脉图像质量的主观评分,肺野平行放置法均优于“十字”交叉法;肺动脉主干及左右肺动脉干的对比信噪比及信号噪声比,肺野平行放置法均优于“十字”交叉法。肺野平行放置法通过翻转左心室及双侧肺实质的信号,有效抑制了背景组织的信号,并有效排除了主动脉系统对肺动脉成像效果的影响,由于流入增强效应,上下腔静脉及右心房、右室内未被翻转的高信号血流,流入到被翻转为低信号的肺野里,使肺动脉主干及远端细小分支得以清晰显示,成像效果最佳;“十字”交叉法是借鉴肾动脉扫描中的“十字交叉”法,这种扫描方法在肾动脉及移植肾动脉成像中应用广泛,然而在应用于肺动脉成像时,因无法高选择性地定位目标血流信号,而且两个翻转带交叉的部分相当于双翻转,不可避免地使胸腹主动脉显示为高信号,产生动脉污染,干扰对肺动脉的观察,从而降低了成像效果和诊断效能。

此外,根据本研究得到的经验,检查前准备工作非常重要,在检查前对受试者进行训练,以确保扫描期间患者能尽量均匀呼吸,尽量使呼吸频率及呼吸幅度保持一致;同时,应向受试者详细解释检查步骤、所需时间及机器噪音等,以消除其紧张情绪;扫描过程中实验者应严密观察志愿者的呼吸频率变化,减少因呼吸不规则而引起的血管模糊效应,排除因呼吸频率不一致使两种扫描方法的成像效果受到影响。

本研究存在一定的不足之处:研究中仅对健康志

愿者的肺动脉 SLEEK-MRA 扫描方法进行了探讨,而未将肺动脉病变如肺栓塞等疾病患者纳入到研究中,因此这项技术在肺动脉疾病中的应用有待进一步探讨。

参考文献:

- [1] Ma ZH, Dai RP, Cao C, et al. Radiography comparison of the pulmonary embolism[J]. Chin J Radiol, 2007, 41(6): 602-606.
- [2] 袁思殊, 王梓, 夏黎明. 增强与非增强 MR 肺动脉血管成像诊断肺栓塞准确性的对比研究[J]. 磁共振成像, 2015, 6(5): 354-360.
- [3] Lummel N, Boeckh-Behrens T, Lutz J, et al. Evaluation of the supraaortic arteries using non-contrast-enhanced velocity MR angiography "Inhance"[J]. Neuroradiol, 2012, 54(11): 1215-1219.
- [4] Karlik SJ. Gadodiamide-associated nephrogenic systemic fibrosis[J]. AJR, 2007, 188(6): 548-584.
- [5] Pei Y, Shen H, Li J, et al. Evaluation of renal artery in hypertensive patients by unenhanced MR angiography using spatial labeling with multiple inversion pulses sequence and by CT angiography[J]. AJR, 2012, 199(5): 1142-1148.
- [6] Wheaton AJ, Miyazaki M. Non-contrast enhanced MR angiography: physical principles[J]. J Magn Reson Imaging, 2012, 36(2): 286-304.
- [7] Tang H, Wang Z, Wang L, et al. Depiction of transplant renal vascular anatomy and complications: unenhanced MR angiography by using spatial labeling with multiple inversion pulses[J]. Radiology, 2014, 271(3): 879-887.
- [8] 孟晓岩, 汤浩, 王秋霞, 等. 非对比剂增强磁共振血管成像联合多翻转空间标记脉冲技术(SLEEK-MRA)在肺动脉成像的可行性研究[J]. 磁共振成像, 2014, 5(5): 343-347.
- [9] Miyazaki M, Akahane M. Non-contrast enhanced MR angiography: established techniques[J]. J Magn Reson Imaging, 2012, 35(1): 1-19.

(收稿日期: 2015-09-29 修回日期: 2015-11-02)

下期要目

Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 影像学专题

RSNA2015 聚焦

硬脑膜占位病变的 MRI 诊断

脑胶质瘤外科手术后辅助放疗的 MRS 随访研究

DTI 在腰椎间盘突出性改变中的应用初探

能谱 CT 扫描水模不同基物质对准确性研究

CT 在黑斑息肉综合征中的应用价值(附 5 例报告)

CT 引导下经肺外通路纵隔结节/肿块粗针穿刺活检术的临床应用

低浓度低剂量对比剂宝石能谱 CT 肺动脉成像的初步研究

MRI 在对盆底康复治疗前后压力性尿失禁患者肛门

提肌的形态学评价