

非对比剂增强 MR 血管成像技术在门静脉成像中的应用

汤浩, 王秋霞, 孟晓岩, 王梓, 李建军, 王艳春, 刘小玉, 胡军武, 胡晓萌, 胡道予

【摘要】 目的:探讨非对比剂增强磁共振血管成像(NCE-MRA)在评估肝脏门静脉解剖中的临床价值,并与 MSCT 门静脉成像(MSCTP)进行对照。**方法:**选择 30 例受试者分别行 SLEEK 序列 NCE-MRA 和 MSCTA 门静脉成像检查,其中肝硬化 10 例,肝癌 10 例,健康体检者 10 例。由两位医师分别对所有患者的 NCE-MRA 和 MSCTP 门静脉成像质量进行评分(4 级评分法)并进行统计学分析。**结果:**NCE-MRA 组和 MSCTP 组中,门静脉成像质量评分在 2 分以上者分别占 93.3%(28/30)和 96.7%(29/30)。两种方法均能显示所有受试者的 3 级及 3 级以下的肝内门静脉,符合率为 100%(30/30)。2 例(6.7%)健康志愿者的门静脉第 6 级分支在 NCE-MRA 上未显示,而在 CTP 上可以显示;3 例(10%)肝硬化门静脉高压患者的门静脉第 5 级分支在 CTP 上未显示,而在 NCE-MRA 上可以显示;2 例(6.7%)肝肿瘤患者门静脉的部分第 4 级分支在 CTP 上未显示,而在 NCE-MRA 上可以显示。两种方法的门静脉图像质量评分的差异无统计学意义($P < 0.05$),两位诊断医师对 NCE-MRA 门静脉成像质量评分的一致性较高,Kappa 值为 0.95。**结论:**SLEEK 序列 NCE-MRA 是一种无需使用对比剂的非侵入性血管成像方法,能有效地对肝脏门静脉进行评估。

【关键词】 门静脉; 肝脏疾病; 磁共振成像; 血管成像; 非对比增强

【中图分类号】 R445.2; R543.6; R575 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2014)12-1434-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2014.12.021

Application of non-contrast-enhanced MR angiography (NCE-MRA) for imaging of hepatic portal vein TANG Hao, WANG Qiu-xia, 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 explore the diagnostic performance of non-contrast-enhanced MR angiography (NCE-MRA) in the anatomic assessment of hepatic portal vein (PV) using comparative study with multi-slice CT portography (MSCTP). **Methods:** Thirty patients including ten patients with hepatic cirrhosis without ascites and ten patients with hepatocellular carcinoma and ten healthy volunteers underwent MSCTP and NCE-MRA with SLEEK (spatial labeling with multiple inversion pulses) technique. Imaging quality of hepatic portal veins on NCE-MRA and MSCTP was evaluated and graded with a four-point scale by two radiologists respectively, and the difference of scores between two imaging methods was analyzed with chi-square test. **Results:** There were 28 cases (28/30, 93.3%) with score of image quality more than 2 in NCE-MRA group, and 29 cases (29/30, 96.7%) in MSCTP group, respectively. All the segments of PV with grade 1~3 were clearly showed both on NCE-MRA and CTP images. Only 2 segments with grade 6 were missed in NCE-MRA group, but were showed in CTP group; and 3 segments with grade 5 and 2 segments with grade 4 were missed in CTP group. There was no statistic difference between the scores of portography in NCE-MRA and CTP group. The agreement of the scores of portography by two radiologist in NCE-MRA group was high with Kappa value (0.95) larger than 0.75. **Conclusion:** NCE-MRA with SLEEK technique is a non-invasive and effective method which could provide comprehensive assessment of the hepatic portal vein without using contrast medium.

【Key words】 Portal vein; Hepatic diseases; Magnetic resonance imaging; Angiography; Non-contrast enhancement

经颈静脉门体静脉分流术和肝脏肿瘤、胆道及肝脏移植手术等,均需要在术前对门静脉血管进行准确评估。MSCT 门静脉成像是目前临床上评价门静脉的主要手段^[1-3],但是存在电离辐射,需要注射大剂量含碘对比剂,有引起肾毒性和过敏反应的风险^[4,5]。

而对于对比剂增强磁共振血管成像,近年来有文献报道基于钆的对比剂可能导致肾功能不良的患者发生肾源性系统性纤维化^[6-7]。非对比剂增强磁共振血管成像(non-contrast-enhanced magnetic resonance angiography, NCE-MRA)技术,利用特殊的 MRI 序列和方法,无需使用对比剂即能有效显示肝脏血管,是一种正在不断发展的新技术^[8-9]。本研究中采用 NCE-MRA 评估正常活体肝脏内门静脉(portal vein, PV)的解剖,并与 MSCT 门静脉成像(computed tomography portography, CTP)进行对照,旨在探讨 NCE-MRA 技术

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(汤浩、王秋霞、孟晓岩、王梓、李建军、王艳春、刘小玉、胡军武、胡道予); 430023 武汉,武汉市医疗救治中心消化科(胡晓萌)

作者简介: 汤浩(1984—),男,河南平顶山人,博士,住院医师,主要从事腹部影像诊断工作。

通讯作者: 胡道予, E-mail: daoyuhutjh@126.com

基金项目: 国家自然科学基金(81271528); 湖北省自然科学基金(2013CFB110)

显示肝脏门静脉血管的可行性及临床价值。

材料与方法

1. 临床资料

将 2013 年 1 月—2013 年 7 月在本院就诊的 30 例患者纳入本研究,其中临床诊断为肝癌的患者 10 例、临床诊断为肝硬化的患者 10 例,健康体检者 10 例;女 6 例,男 24 例,年龄 39~75 岁,平均 58 岁。所有患者行 CTP 检查后 1~7 天内行 NCE-MRA 扫描。所有患者由护理人员详细说明检查内容和步骤,并签署知情同意书。本研究获得本院伦理委员会的批准。

2. 检查方法

MSCT 门静脉成像使用 GE LightSpeed VCT 64 层螺旋 CT 机。检查前患者饮水 800~1000 mL。经肘静脉注入碘帕醇(370 mg I/mL)80 mL,注射流率 3.5 mL/s,分别于开始注药后的 20~25 s 和 50~55 s 行动脉期和门静脉期增强扫描,扫描参数:层厚 5 mm,层间距 5 mm,120 kV,350 mA,螺距 1.375,1.25 r/s,准直宽度 20 mm,进床速度 13.75 cm/s,扫描范围自膈顶上缘至髂嵴上缘。

NCE-MRA 检查使用 GE Propeller HDMR 1.5T 超导磁共振机和 8 通道相控阵线圈。由于胃肠道液体可能影响背景抑制的效果,因此检查前嘱患者空腹 4~6 h。利用呼吸触发多翻转空间标记脉冲(spatial labeling with multiple inversion pulses,SLEEK)准备的三维快速平衡稳态进动成像(fast imaging employing steady state acquisition,FIESTA)序列行门静脉 NCE-MRA。将一个斜向添加的与门静脉主干垂直的翻转带置于肝门位置,抑制肝动脉和静脉系统,利用流入增强效应来显示门静脉。扫描参数:TE 2.0 ms,TR 3.9 ms,翻转角 75°,血液抑制翻转时间(blood suppression inversion time,BSP TI)800~1400 ms,层厚 2 mm,视野 38 cm×30 cm,矩阵 224×256,激励次数 0.79,带宽±125 kHz,呼吸间隔 1。每个序列的扫描时间约为 3~5 min。

3. 图像后处理

为了清楚显示和评估肝脏门静脉的解剖,将 MSCTA 和 NCE-MRA 门静脉成像的原始图像或者重建图像传输至 AW 4.3 工作站进行后处理,主要方法为最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)和多平面重组(multiple planar reconstruction, MPR)技术。

4. 图像分析

每例患者均有 NCE-MRA 和 CTP 两组图像,将 30 例的 60 组图像随机编号为 1~60。按照成像方法

分为实验组(NCE-MRA)和对照组(CTP),由两位放射科诊断医师独立对每组资料采用双盲法进行评估。

对 NCE-MRA 和 CTP 图像上肝脏门静脉的显示质量进行主观评分。4 分:SNR 高,门静脉锐利度好,能门静脉分支显示清晰,无肝静脉系统的干扰和运动伪影,图像质量优(图 1a);3 分:SNR 较高,门静脉锐利度较好,门静脉及其分支显示较清晰,有较少的静脉系统干扰和运动伪影,图像质量良(图 1b);2 分:SNR 较低,门静脉锐利度较差,能大体显示门静脉主干及主要分支的走形及轮廓,基本可以满足诊断的需要,图像质量一般(图 1c);1 分:SNR 低,门静脉显示模糊,运动伪影明显,不能满足诊断的需要,图像质量差(图 1d)。然后,按照解剖结构将门静脉及其分支进行分级,将门静脉主干(1 级)分为左、右支(2 级),其中门静脉右支再分为右前和右后支(3 级),门静脉左支移行为矢状部后分为左内和左外支(3 级),依次类推,各级分支逐渐变细。记录图像上显示的 5~6 级以上细小分支的数目。最后,对于图像的诊断信息进行观察评估,包括门静脉主干的宽度、有无狭窄,门静脉属支进入肝脏各叶、段的方式,门静脉变异的数目、方向、内径和行径。

5. 统计分析

将两位医师对 NCE-MRA 和 CTP 图像质量的评分结果分别取平均值,采用卡方检验中的 Fisher 确切概率法对 2 组图像质量评分的差异进行统计学分析。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。采用 Cohen's Kappa 检验来判断两位诊断医师对 NCE-MRA 和 CTP 图像质量评分的一致性,Kappa 值 ≥ 0.75 为两位医师间具有良好的诊断一致性。

结 果

两位诊断医师对于 NCE-MRA 组和 CTP 组中肝脏门静脉的图像质量的评分结果见表 1。

表 1 两位医师对 2 组图像上门静脉显示质量的评价结果 (例)

图像质量评分	CTP		NCE-MRA	
	医师 A	医师 B	医师 A	医师 B
1 分	1	1	2	2
2 分	4	5	5	4
3 分	15	14	15	16
4 分	10	10	8	8

NCE-MRA 组中,93.3%(28/30)的患者图像评分在 2 分以上,有 6.7%(2/30)患者的图像不能作出诊断;CTP 组中得分在 2 分以上者占 96.7%(29/30),只有 3.3%(2/30)的图像不合格。NCE-MRA 组平均得分为 2.98 比 CTP 组(3.12)稍低,但是两组间差异无统计学意义($\chi^2=0,P=1$)。

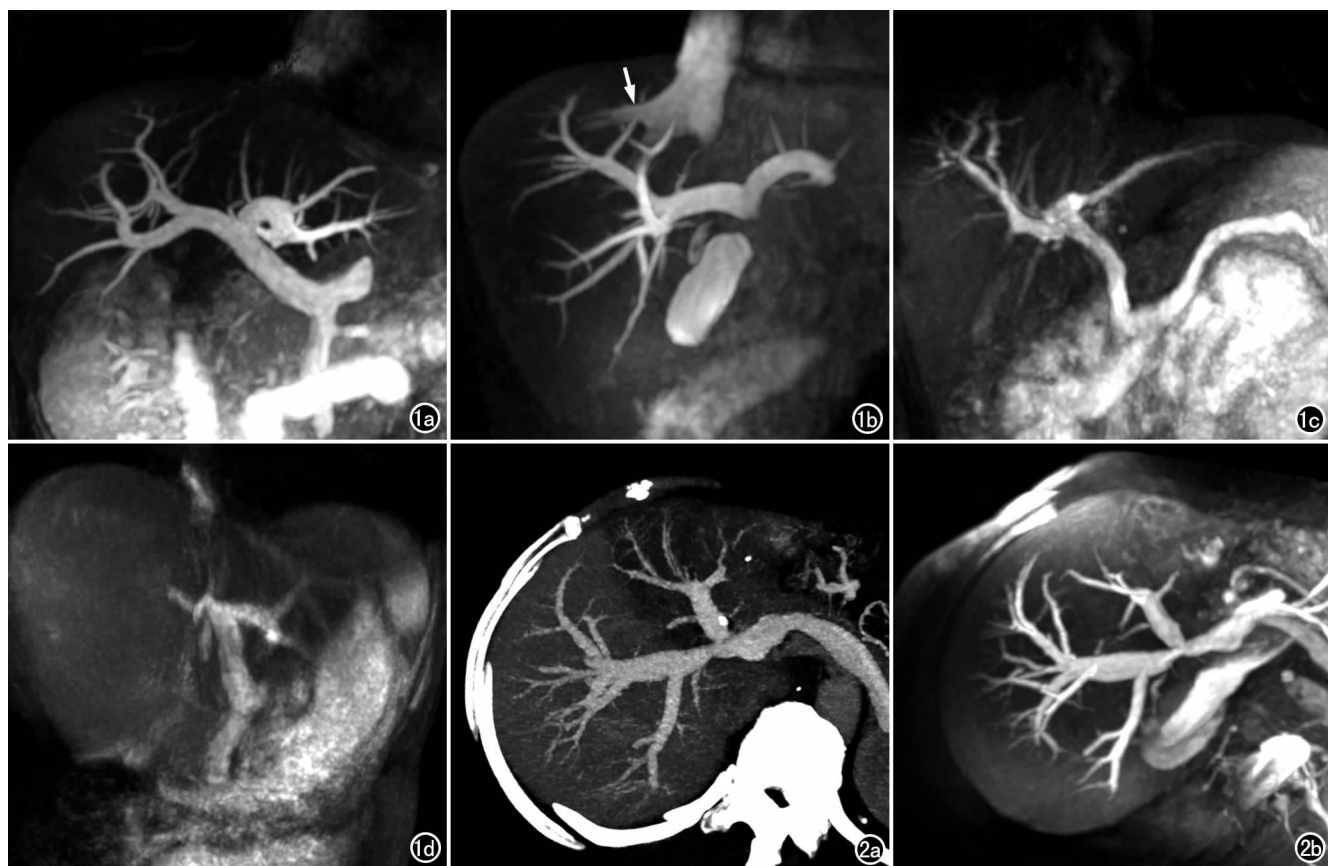


图1 NCE-MRA 门静脉图像质量的评估。a) 门静脉显示清晰锐利,可显示6级以上分支,图像评分为4分; b) 门静脉显示较好,但可见肝静脉伪影(箭),图像评分为3分; c) 评分为2分的门静脉图像,门静脉显示尚可,有少许运动伪影; d) 门静脉显示模糊,运动伪影严重,图像评分为1分。 图2 57岁健康志愿者,NCE-MRA 和 CTP 对肝脏门静脉的显示效果相似。a) CTP 图像; b) NCE-MRA 图像。

对于3级及3级以下的门静脉分支,两种方法显示血管分支的数目完全一致,两组的总体诊断符合率为100%。而对于4级及4级以上的血管分支,有3例(10%)肝硬化门静脉高压患者的门静脉第5级分支在CTP上未显示,而NCE-MRA上可以显示;2例(6.7%)肝肿瘤患者门静脉的部分第6级分支在CTP图像上未能显示,而在NCE-MRA上可以显示。需要说明的是,显示门静脉血管分支的级别受到疾病状态的影响。对于健康体检人群,通常门静脉成像清晰,边缘光整,走行柔顺自然,各级分支逐渐变细,无局限性狭窄、充盈缺损、血管中断及推移现象,可以显示6级及以上的细小分支(图2)。对于肝硬化患者,随着肝硬化程度的加重可见血管逐渐扭曲、僵直,再生结节较大时可见血管受推移表现,门静脉主支增粗变形,末梢分支稀少,可显示的血管分支级别及分支数目降低(图3)。而对于肝肿瘤患者,肿瘤较大时可见门静脉分支受压,有的甚至形成瘤栓阻塞门静脉的分支,可显示的血管分支级别也会降低(图4)。经统计分析,采用SLEEK法NCE-MRA显示正常肝脏内门静脉的分级的均值为5.6,明显比肝硬化和肝癌要多(分别为

4.6和4.4),差异有统计学意义($P=0.013$ 和 0.007),而在肝癌和肝硬化患者中显示的门静脉分级的差异无统计学意义($P=0.793$)。

对于SLEEK NCE-MRA显示门静脉的图像质量,两位医师之间评估的一致性的Kappa值为0.95,说明两者的评价结果具有良好的一致性。

讨 论

肝脏血管的解剖是实施肝脏手术前必须评估的重要内容之一。在临床外科工作中,显示门静脉的各级分支、门静脉与肿瘤的三维空间关系对肝叶或肝段的外科手术切除、半肝或者全肝移植和肿瘤切除术中相关血管的结扎等均有极大的帮助,不仅可减少术中出血,还可能有利于保留更多的肝组织以维持相对正常的肝功能。多排螺旋CT门静脉成像是目前临床评价门静脉的主要手段^[1-3],CTP的成像质量与门静脉内对比剂浓度密切相关,虽然增加对比剂剂量、浓度、注射流率等均能增加动脉期血管内的CT值,但是这些方法对增加门静脉期门静脉内的CT值作用有限,而且对比剂的增加使对比度增加的同时也会增加线束硬



图 3 肝硬化患者。a) NCE-MRA 图像上门静脉显示清晰;b)CTP 在显示肝脏门静脉左支方面不及 NCE-MRA。 图 4 男, 53 岁, 肝癌患者门静脉血管成像。a)CTP 图像上门静脉左支显示稍欠清晰(箭);b)NCE-MRA 在显示肝脏门静脉左支(箭)方面略优于 CTP;c)CTP 图像上肝脏门静脉内瘤栓显示清晰(箭);d)NCE-MRA 图像对门静脉瘤栓的显示与 MRA 相似(箭)。

化伪影^[10,11]。门静脉内对比剂的浓度受多种因素的制约,如心功能状况、脾灌注状态和肠系膜上静脉的情况等,理想的扫描时机常难以捕捉甚至不存在,为保证成像质量,扫描时常需行多期动态增强扫描,从中选择相对理想的扫描时相的图像重组门静脉,但多期动态扫描模式虽可提高获得理想门静脉成像的时机,但也显著增加了患者接受的辐射剂量。而采用增加对比剂用量和注射流率的方法来显示门静脉,不仅会增加对肾功能的影响,还会增加对比剂外漏的风险^[12,13]。

作为最近几年发展起来的一种新技术,非对比剂增强磁共振血管成像的优势在于规避了使用对比剂的风险和诸多禁忌证,逐渐成为 CT 门静脉成像的替代方法。SLEEK 序列作为 NCE-MRA 中的一种影像技术,因其无射线伤害性和较高的诊断敏感性,特别是能选择性的显示感兴趣的血管,因此此项技术逐渐在临床得到广泛应用和发展^[14,15]。

近年来有文献报道了一些新的 NCE-MRA 序列应用于肝脏门静脉的评估,均为将其与 CE-MRA 的成像效果进行比较^[8,9]。在本组研究中,应用 SLEEK NCE-MRA 来评估肝脏门静脉并与 CTP 进行对照。SLEEK 技术采用呼吸触发的多翻转脉冲空间标记血液并利用流入增强效应(动脉自旋标记的一种)来显示血管。它利用一个斜向放置的翻转带翻转掉其覆盖区域的所有软组织和血液信号,包括不希望显示的肝动

脉及肝静脉系统,而肠系膜上静脉及脾静脉的血液不被翻转,利用流入增强效应即可显示门静脉。为了提高图像质量,所有患者行 SLEEK 扫描之前均需要进行呼吸训练,训练患者保持均匀的呼吸幅度及呼吸频率,这样可以保证 SLEEK 序列在每次呼吸触发信号采集时肝脏保持在同一位置,从而可减少因呼吸不规则而引起的血管模糊效应。

NCE-MRA 可以直接采集三维立体血管影像,利用翻转带消除肝脏实质背景噪声和肝静脉的影响,在显示肝脏门静脉方面具有明显的优势。NCE-MRA 特有的空间分辨率高和对血流信号可三维成像的优势,使其对门静脉的显示更加清晰、直观。本研究中由两位放射科腹部专业的高年资诊断医师对 NCE-MRA 组和 CTP 组的图像质量进行主观评分,结果显示 NCE-MRA 组的相对评分稍低于 CTP 组,但 2 组的总体评分的差异无统计学意义($P>0.05$)。对于 3 级及 3 级分支以下的门静脉分支,两种方法显示的血管分支数目一致,总体诊断符合率为 100%。NCE-MRA 组有 3 例出现较为明显的图像运动伪影,主要是患者对检查空间的幽闭环境不能很好地适应,导致呼吸频率及节律不均匀,呼吸门控不能较好地消除膈肌的呼吸运动伪影,导致图像扭曲失真,影响了图像的诊断。还有 5 例肝脏巨大肿瘤性病变的患者,因肿瘤的挤压作用导致门静脉灌注减少,导致门静脉远端分支的显

示减少,但是对诊断没有造成重要影响,图像质量评分仍在 2 分以上。

尽管如此,本组研究结论显示,NCE-MRA 并不是完美的,还是可能漏掉一些细小的门静脉,显示门静脉分支的效能随级别的升高而降低,可能的原因在于 SLEEK 技术在很大程度上依赖于呼吸均匀及血流量充足。门静脉主干与其在肝内的细小分支内的血液流速有一定差异,SLEEK 序列采集的血液信号在细小血管内相对较弱,且随着 BSP TI 的延长被抑制的背景信号逐渐恢复,难免会影响对细小血管的显示。

对 NCE-MRA 上肝脏门静脉的显示情况,两位诊断医师的评估结果之间具有较高的一致性,Kappa 值高于 0.75。此外,NCE-MRA 对于显示细小静脉具有一定的局限性,一些小静脉的管径太小使流入的血液信号太弱时,则无法获得良好的显示。

本研究中发现合适的 BSP TI 对于门静脉的清晰显示至关重要,应根据患者的呼吸及心率来选择合适的 BSP TI(1000~1600 ms)。一般而言,当呼吸过快时,呼吸间隔时间缩小,可能与 BSP TI 时间不匹配,使 BSP TI 超过了扫描兴趣区内血液流入增强的最佳时间,导致图像质量下降,此时必须采用相对较短的 BSP TI;反之亦然。在门静脉血管成像中,肝脏的病理生理状态也会对成像质量产生影响,健康体检人群中门脉流速较快、血流量较大,使用较小的 BSP TI 即可使门静脉成像清晰,能显示 6 级及以上的细小分支。而随着肝硬化程度的加重,门脉血流速度降低,流量减少,如果使用较小的 BSP TI 时间,将使门静脉末梢分支的显示明显减少,此时可通过增加 BSP TI 来提高显示效果。

本研究还存在一些不足之处:由于样本量偏少,导致统计学结果的稳健性稍差,今后将增加样本量进行进一步研究。

综上所述,使用 SLEEK 序列 NCE-MRA 来评估肝脏的门静脉系统是可行的。NCE-MRA 和 MSCTP 两种技术在显示活体肝脏的门静脉的解剖方面,图像质量及对血管形态和解剖变异的显示方面并无明显差异。SLEEK 序列 NCE-MRA 是一种经济、无创、对肾功能无损伤的检查方法,具有较大的临床应用价值,值得进一步研究并推广。

参考文献:

- [1] Kitagawa K, George RT, Arbab-Zadeh A, et al. Characterization and correction of beam-hardening artifacts during dynamic volume CT assessment of myocardial perfusion[J]. Radiology, 2010, 256(1):111-118.
- [2] Zhu K, Meng X, Pang P, et al. Gastric varices in patients with portal hypertension: evaluation with multidetector row CT[J]. J Clin

Gastroenterol, 2010, 44(5):108-115.

- [3] Agarwal A, Jain M. Multidetector CT portal venography in evaluation of portosystemic collateral vessels[J]. J Med Imaging Radiat Oncol, 2008, 52(1):4-9.
- [4] Bradbury MS, Kavanagh PV, Chen MY, et al. Noninvasive assessment of portomesenteric venous thrombosis: current concepts and imaging strategies[J]. J Comput Assist Tomogr, 2002, 26(3):392-404.
- [5] Pieters PC, Miller WJ, Demeo JH. Evaluation of the portal venous system: complementary roles of invasive and noninvasive imaging strategies[J]. Radiographics, 1997, 17(4):879-895.
- [6] Karlik SJ. Gadodiamide-associated nephrogenic systemic fibrosis[J]. AJR, 2007, 188(6):584-585.
- [7] Leiner T, Herborn CU, Goyen M. Nephrogenic systemic fibrosis is not exclusively associated with gadodiamide[J]. Eur Radiol, 2007, 17(8):1921-1923.
- [8] Song Q, Zeng M, Chen C, et al. Non-contrast-enhanced magnetic resonance angiography using T₂-weighted 3-dimensional fat-suppressed turbo spin echo (SPACE): diagnostic performance and comparison with contrast-enhanced magnetic resonance angiography using volume interpolated breath-hold examination in the detection of portosystemic and portohepatic collaterals[J]. J Comput Assist Tomogr, 2012, 36(6):675-680.
- [9] Shimada K, Isoda H, Okada T, et al. Unenhanced MR portography with a half-fourier fast spin-echo sequence and time-space labeling inversion pulses: preliminary results[J]. AJR, 2009, 193(1):106-112.
- [10] Stenner P, Schmidt B, Allmendinger T, et al. Dynamic iterative beam hardening correction (DIBHC) in myocardial perfusion imaging using contrast-enhanced computed tomography[J]. Invest Radiol, 2010, 45(6):314-323.
- [11] Erturk SM, Ichikawa T, Sou H, et al. Effect of duration of contrast material injection on peak enhancement times and values of the aorta, main portal vein, and liver at dynamic MDCT with the dose of contrast medium tailored to patient weight[J]. Clin Radiol, 2008, 63(3):263-271.
- [12] Li J, Udayasankar UK, Tang X, et al. An optimal contrast dose indicator for the determination of hepatic enhancement in abdominal multidetector computed tomography: comparison of patient attenuation indicator with total body weight and body mass index[J]. J Comput Assist Tomogr, 2010, 34(6):874-878.
- [13] Perez-Johnston R, Lenhart DK, Sahani DV. CT angiography of the hepatic and pancreatic circulation[J]. Radiol Clin North Am, 2010, 48(2):311-330.
- [14] 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.
- [15] 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.

(收稿日期:2014-02-20 修回日期:2014-08-11)