

• 腹部影像学 •

非对比剂增强 MR 血管成像技术在肝动脉血管成像中的应用价值

邹显伦, 竺笛, 汤浩, 陈晓, 沈亚琪, 王秋霞, 李震, 胡道予

【摘要】 目的:以 CTA 为对照,探讨基于多反转空间标记脉冲技术的非对比剂增强 MR 血管成像技术(SLEEK-MRA)在肝动脉血管成像中的应用价值。**方法:**37 例同时行 CTA 及 SLEEK-MRA 检查的临床怀疑肝脏占位患者纳入研究,CTA 检查后 7 天内行 SLEEK-MRA 检查。由两位腹部影像诊断医师分别对 CTA 和 SLEEK-MRA 图像进行独立评估,评估内容包括四分法图像质量主观评价及最大显示分支级别评估。比较 CTA 与 SLEEK-MRA 在肝动脉成像图像质量及最大显示分支级别上的差异。**结果:**两位医师对 CTA 及 SLEEK-MRA 图像质量评分的一致性均为良好及以上(Kappa 值:CTA 为 0.645~0.814;SLEEK-MRA 为 0.633~0.877)。除肝左动脉一级分支和肝右动脉一级分支外,SLEEK-MRA 与 CTA 两种方法在肝总动脉、肝固有动脉、肝左动脉及肝右动脉血管成像图像质量评分上差异均无统计学意义(P 值均 >0.05)。CTA 显示最大分支级别的能力优于 SLEEK-MRA ($P=0.020$)。37 例病例中,CTA 显示有 7 例出现肝动脉变异,SLEEK-MRA 显示了其中 6 例。**结论:**SLEEK-MRA 作为一种无创、无辐射、无需使用对比剂的血管成像方法,在肝动脉血管成像上具有一定的应用价值。

【关键词】 肝动脉;磁共振成像;磁共振血管成像;非对比增强

【中图分类号】 R543.5; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2018)01-0035-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.01.007

Application of non-contrast-enhanced MR angiography in hepatic arteriography ZOU Xian-lun, ZHU Di, TANG Hao, et al. Department of Radiology, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China

【Abstract】 Objective: To explore the value of non-contrast-enhanced MR angiography using spatial labeling with multiple inversion pulses (SLEEK-MRA) in hepatic arteriography, and to compare the results with CT angiography (CTA). **Methods:** Patients ($n=37$) who had undergone both CTA and SLEEK-MRA exams between October 2011 and September 2016 were enrolled in this study. SLEEK-MRA was performed within 7 days after completion of CTA. Images of both CTA and SLEEK-MRA were analyzed by two radiologists specialized in abdominal imaging to evaluate the image quality (four-point scale) and the ability of maximal visualization of hepatic artery branches. Differences between CTA and SLEEK-MRA in image quality and the ability of maximal visualization of hepatic artery branches were compared with using statistical software. **Results:** The inter-observer agreement between two radiologists was good to excellent (all $P<0.001$, Kappa: CTA, 0.645~0.814; SLEEK-MRA, 0.633~0.877). Except for the first branches of the left and right hepatic artery, CTA and SLEEK-MRA showed no statistical differences in image quality of the common hepatic artery, proper hepatic artery, left hepatic artery and right hepatic artery (all $P>0.05$). CTA was superior to SLEEK-MRA in displaying the largest artery branches ($P=0.020$). Among 37 patients, there were 7 patients who had anatomical variation in hepatic arteries and 6 of them were visualized by SLEEK-MRA. **Conclusion:** As a noninvasive angiography method, SLEEK-MRA avoids radiation and the use of contrast a-

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

作者简介:邹显伦(1991-),男,江西赣州人,硕士研究生,主要从事腹部影像学研究工作。

通讯作者:胡道予, E-mail: daoyuhu@hust.edu.cn

基金项目:国家自然科学基金(81571642);中央高校基本科研业务费专项资金(2017KFYXJJ126);湖北省自然科学基金(2017CKB900)

gent and is a valuable approach in hepatic arteriography.

【Key words】 Hepatic artery; Magnetic resonance imaging; Magnetic resonance angiography; Non-contrast enhancement

术前无创了解肝动脉解剖及变异在外科肝脏部分切除术、肝动脉化疗栓塞以及肝移植供体及受体评估等方面具有重要意义^[1]。DSA 目前是诊断肝动脉病变的金标准,但存在有创、辐射量大等不足^[2,3];CTA 是目前评价血管及分支不逊于 DSA 的影像方法,但是扫描过程中的辐射问题仍不能避免,且不适用于有严重肾功能不全等对比剂禁忌的患者,临床应用受到一定限制^[4,5]。近年来,基于多反转空间标记脉冲技术的非对比剂增强 MR 血管成像技术(non-contrast-enhanced magnetic resonance angiography using spatial labeling with multiple inversion pulses, SLEEK-MRA)因无创、无辐射、无需使用对比剂等优势,在肾动脉、门静脉、肺动脉血管成像等方面应用广泛^[6-9],本文旨在探讨 SLEEK-MRA 技术在肝动脉血管成像中的应用价值。

材料与方法

1. 研究对象

2011 年 10 月—2016 年 9 月共 37 例临床怀疑肝脏占位患者纳入本研究,其中男 19 例,女 18 例,年龄 17~61 岁。纳入标准:①患者知情并同意行 CTA 及 SLEEK-MRA 检查;②CTA 检查后 7 天内行 SLEEK-MRA 检查。

2. 检查方法

采用 1.5T MR 扫描仪(EXCITE HD, GE Healthcare)行 MRI 检查,采用 8 通道心脏线圈并施加呼吸门控技术。检查前对患者进行呼吸训练,嘱其保持均匀规律呼吸。肝动脉 SLEEK-MRA 扫描反转带放置方法如下:在与人体长轴平行方向放置一反转带,将覆盖区域内的所有软组织及血液信号反转;另在与肝脏上缘平行方向放置一反转带,将反转了的动脉血再次激发反转,利用流入增强效应使选择区动脉成像。扫描参数:TR 3.9 ms, TE 2.0 ms,带宽±125 kHz,翻转角 75°,血液抑制反转时间(BSP TI)800~1400 ms,层厚 2 mm,矩阵 224×256,视野 40 cm×32 cm,呼吸间隔 1,激励次数 0.8。

CTA 扫描在 GE LightSpeed VCT 64 层螺旋 CT 机上完成,扫描前患者空腹 4 h 以上,经肘静脉注射碘对比剂,注射流率 3 mL/s,分别于注药开始后 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、层间距均为 5 mm,重建层厚 1.25 mm,管电压 120 kV,管电流 350 mA,螺距 1.375。

3. 图像处理

将 SLEEK-MRA 及 CTA 扫描图像传至 AW4.6 工作站,由两位放射诊断医师采用盲法分别评估两种成像方法对肝动脉的显示情况,后处理技术包括最大密度投影、多平面重建、容积再现等。参照相关文献的图像评估方法^[6,10,11],分别进行图像质量主观评价和最大显示级别评估。采用四分法分别评价肝总动脉、肝固有动脉、肝左动脉、肝右动脉、肝左动脉一级分支、肝右动脉一级分支的显示情况,评分标准为:1 分,图像质量差,图像信噪比差,动脉显示模糊,运动伪影重,不能满足诊断需求;2 分,图像质量一般,图像信噪比一般,动脉锐利度较差,能大体显示动脉走形及轮廓,基本满足诊断需求;3 分,图像质量良好,图像信噪比较高,动脉较锐利,较少出现静脉污染及运动伪影;4 分,图像质量优秀,图像信噪比很高,动脉清晰锐利,无静脉污染及运动伪影。评估肝动脉成像能显示的最大级别,各级别代码为:①肝总动脉;②肝固有动脉;③肝左/右动脉;④肝左/右动脉分支。对于出现肝动脉变异情况,记录变异类型及两种方法的显示情况。

4. 统计学分析

采用 SPSS 17.0 软件和 MedCalc 11.4.2 软件进行统计学分析。SLEEK-MRA 与 CTA 在肝动脉成像上的图像质量评分差异及最大显示动脉级别差异采用配对 Wilcoxon 检验进行比较。采用 Kappa 检验分析两位医师评估的一致性,Kappa 值 0.81~1.00 为一致性非常好,0.61~0.80 为一致性好,0.41~0.60 为一致性中等,0.21~0.40 为一致性一般,Kappa 值≤0.2 为一致性差。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

37 例患者均成功进行了 SLEEK-MRA 检查,单一 BSP TI 参数下的 SLEEK-MRA 扫描时间为 2~3 min。两位医师对各段动脉的平均图像质量评分、平均最大显示分支级别评估以及两位医师评估一致性的结果见表 1。两位医师对 CTA 及 SLEEK-MRA 图像质量评分的一致性均为良好及以上(所有 P 值均 <0.001 ,Kappa 值:CTA 为 0.645~0.814;SLEEK-MRA 为 0.633~0.877)。综合两位医师的评估结果,在 SLEEK-MRA 组中,肝总动脉、肝固有动脉、肝左动脉、肝右动脉、肝左动脉一级分支及肝右动脉一级分支图像质量评分在 2 分及以上者分别占 100%、100%、88.33%、100%、31.67%、66.67%;CTA 组中,肝总动

表 1 两位医师对各段动脉的平均图像质量评分、平均最大显示分支级别以及评估一致性结果

动脉	医师 1				医师 2				Kappa 值	
	CTA (分)	SLEEK-MRA (分)	Z 值	P 值	CTA (分)	SLEEK-MRA (分)	Z 值	P 值	CTA	SLEEK-MRA
肝总动脉	3.57±0.57	3.40±0.56	-1.147	0.251	3.53±0.68	3.47±0.57	-0.355	0.723	0.807	0.875
肝固有动脉	3.50±0.63	3.40±0.56	-0.655	0.513	3.53±0.68	3.33±0.61	-1.213	0.225	0.814	0.877
肝左动脉	2.57±0.68	2.30±0.84	-1.685	0.092	2.50±0.68	2.27±0.78	-1.507	0.132	0.762	0.833
肝右动脉	2.90±0.76	2.90±0.71	0.000	1	2.73±0.69	2.80±0.71	-0.347	0.729	0.737	0.840
肝左动脉一级分支	1.70±0.47	1.30±0.47	-3.464	0.001	1.67±0.55	1.37±0.56	-2.183	0.029	0.645	0.699
肝右动脉一级分支	2.03±0.61	1.77±0.68	-2.000	0.046	2.00±0.59	1.77±0.63	-1.941	0.052	0.757	0.633
最大显示分支级别	3.93±0.25	3.77±0.47	-2.333	0.020	3.90±0.31	3.67±0.48	-2.333	0.020	0.783	0.769

脉、肝固有动脉、肝左动脉、肝右动脉、肝左动脉一级分支及肝右动脉一级分支图像质量评分在 2 分及以上者分别占 100%、100%、100%、100%、66.67%、86.67%。除肝左动脉一级分支(医师 1: $Z = -3.464$, $P = 0.001$; 医师 2: $Z = -2.183$, $P = 0.029$)及肝右动脉一级分支(医师 1: $Z = -2.000$, $P = 0.046$; 医师 2: $Z = -1.941$, $P = 0.052$)外, SLEEK-MRA 与 CTA 两种方法在肝总动脉、肝固有动脉、肝左动脉及肝右动脉血管成像图像质量评分上差异均无统计学意义(P 值均 > 0.05)。在最大显示分支级别方面, CTA 显示能力优于 SLEEK-MRA ($Z = -2.333$, $P = 0.020$)。37 例患者中, CTA 显示有 7 例出现肝动脉变异, SLEEK-MRA 显示了其中 6 例(4 例肠系膜上动脉发出分支供应肝右叶, 1 例胃左动脉发出分支供应肝左叶, 1 例肝

左动脉起自胃十二指肠动脉), 1 例肠系膜上动脉发出分支供应肝右叶, 同时胃左动脉发出分支供应肝左叶的病例, SLEEK-MRA 仅显示了肠系膜上动脉发出的分支, 而胃左动脉发出的分支未显示。CTA 与 SLEEK-MRA 对肝动脉正常解剖及变异的显示情况见图 1~3。

讨 论

不论是外科肝脏部分切除术、肝动脉化疗栓塞术还是肝移植手术, 术前充分了解肝动脉解剖及变异是很有必要的^[1]。DSA 与 CTA 均能有效显示肝动脉, 但都存在电离辐射, 且需要使用对比剂, 因而在严重肾功能不全等对比剂禁忌患者人群中应用受限。对比剂增强 MRA 虽可避免辐射损害, 但与含钆磁共振对比

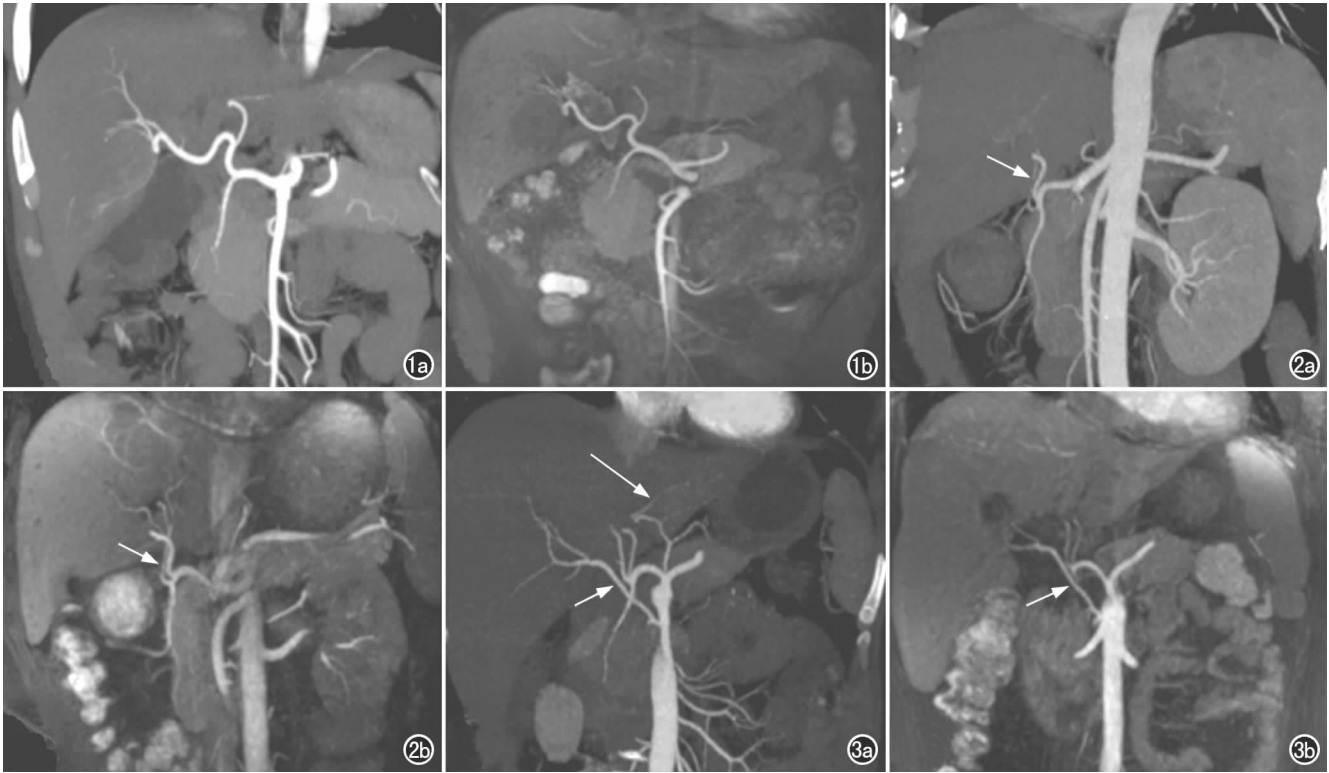


图 1 a) CTA 图像; b) SLEEK-MRA 图像, CTA 与 SLEEK-MRA 在肝总动脉、肝固有动脉、肝左动脉及肝右动脉的显示效果相似。图 2 a) CTA 图像示肝左动脉起自胃十二指肠动脉(箭); b) SLEEK-MRA 图像, 显示效果优于 CTA。图 3 a) CTA 图像示肠系膜上动脉发出分支(短箭)供应肝右叶, 同时胃左动脉发出分支(长箭)供应肝左叶; b) SLEEK-MRA 图像只显示肠系膜上动脉发出的分支(箭), 胃左动脉发出的分支未显示。

剂相关的肾源性纤维化、钆沉积等问题越来越受到关注^[12-14]。

有关非对比剂增强 MR 肝动脉成像已有一些文献报道,但未见与 CTA 进行比较的相关报道。Kalra 等^[15]利用流入反转恢复(in-flow inversion recovery, IFIR)序列进行非对比剂增强 MRA,发现在行肝脏动态磁共振增强扫描前,增加肝动脉 IFIR-MRA 扫描,可以显著提高肝动脉的显示效果($P < 0.001$)。Puippe 等^[10]对 84 例患者的研究结果显示,非增强 MRA(3D 真稳态反转恢复序列)能对 72% 的肝动脉及内脏动脉提供满足诊断要求的图像;在显示肝动脉及内脏动脉解剖结构方面,非增强 MRA 与对比剂增强 MRA 具有相似的准确度。本研究所采用的 SLEEK-MRA 是一种非对比剂增强磁共振血管成像技术,其利用多反转脉冲对血液空间标记,并利用流入增强效应而使选择区血管成像,该技术因可避免电离辐射,且无需使用对比剂,已成功应用于肾动脉、肾静脉、门静脉、肺动脉等血管成像^[6-9,16]。本研究中,单一 BSP TI 参数下的肝动脉 SLEEK-MRA 扫描时间与 Tang 等^[6]应用 SLEEK-MRA 进行肾动脉血管成像所需时间相近(2~3 min),与 Kalra 等^[15]应用 IFIR-MRA 进行肝动脉血管成像的时间(约 3~5 min)相比有较大缩短,从而降低了因扫描时间长而配合不佳导致检查失败或图像质量不高影响诊断的概率。本研究结果显示,除肝左动脉一级分支及肝右动脉一级分支外,SLEEK-MRA 与 CTA 两种方法在肝总动脉、肝固有动脉、肝左动脉及肝右动脉血管成像图像质量评分上差异均无统计学意义;关于肝右动脉一级分支的 CTA 与 SLEEK-MRA 图像质量评分比较,医师 1 认为 CTA 图像质量评分高于 SLEEK-MRA,两者差异有统计学意义($P = 0.046$),但医师 2 认为两者差异无统计学意义($P = 0.052$),因本研究样本量偏小,此结果有待扩大样本量进一步验证。

在动脉最大分支级别显示方面,SLEEK-MRA 不及 CTA。SLEEK-MRA 是利用流入增强效应使血管成像,细小动脉因管径小,流入的血液信号较弱,导致细小动脉成像效果较差;此外,当血流速度较慢时,也会使细小动脉内的信号减弱,血管显示效果下降。提高 BSP TI 值在一定范围内可提高血管显示范围,但随着 BSP TI 值的升高,背景组织恢复,将影响动脉的显示效果,因此,在 SLEEK-MRA 扫描过程中,需平衡血管显示效果与背景恢复的关系。

BSP TI 是腹部非对比剂增强磁共振血管成像的一个重要参数。Yu 等^[17]对 21 例肝移植受体进行 IFIR-MRA 扫描,发现 BSP TI 为 1400 ms 时,肝动脉成像效果最佳。Shimada 等^[18]应用 3D 真稳态联合动脉

自旋标记技术对肝动脉进行成像,结果显示 BSP TI 为 1200 ms 时肝动脉显示效果最佳。Pei 等^[19]发现 SLEEK-MRA 序列的最佳 BSP TI 值与患者呼吸及心率相关,扫描时需根据患者不同生理状态来选择 BSP TI 值,对心率或呼吸较慢患者,应适当延长 BSP TI。本研究中超过一半的患者(54%)在 BSP TI 为 1200 ms 时图像质量最佳。扫描时也可以根据患者呼吸频率、心率及血管显示情况,对 BSP TI 进行调节,平衡血管显示效果与背景恢复的关系,以获得最佳图像。

本研究存在以下不足:①样本量较小,可能会造成选择性偏差;②SLEEK-MRA 扫描受呼吸、心率等因素的影响,对于呼吸不规则患者,成像效果欠佳,因此,扫描前训练患者保持均匀规律呼吸是很有必要的;③SLEEK-MRA 对肝左、右动脉的细小动脉分支显示能力较差,有待进一步探索,以提高动脉标记效率及血管显示范围。

综上所述,尽管存在一些不足,但 SLEEK-MRA 作为一种无创、无辐射、无需使用对比剂的成像方法,在肝动脉血管成像上具有一定的应用价值,能满足临床诊断需求,SLEEK-MRA 与 CTA 在显示肝总动脉、肝固有动脉及肝左、右动脉方面无明显差异。随着磁共振软件、硬件的发展以及扫描技术的不断更新,SLEEK-MRA 肝动脉血管成像将不断完善。

参考文献:

- [1] Sahani D, Mehta A, Blake M, et al. Preoperative hepatic vascular evaluation with CT and MR angiography: implications for surgery [J]. Radiographics, 2004, 24(5): 1367-1380.
- [2] Green D, Parker D. CTA and MRA: visualization without catheterization [J]. Semin Ultrasound CT MR, 2003, 24(4): 185-191.
- [3] 曹登攀, 胡文豪, 殷薇薇, 等. MSCT 血管成像与 DSA 对肝动脉成像的对比研究 [J]. 实用放射学杂志, 2011, 27(11): 1744-1748.
- [4] Saba L, Mallarini G. Multidetector row CT angiography in the evaluation of the hepatic artery and its anatomical variants [J]. Clin Radiol, 2008, 63(3): 312-321.
- [5] Ho Y, Hsieh K, Kung F, et al. Nephrotoxic polypharmacy and risk of contrast medium-induced nephropathy in hospitalized patients undergoing contrast-enhanced CT [J]. AJR, 2015, 205(4): 703-708.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 汤浩, 王秋霞, 孟晓岩, 等. 非对比剂增强 MR 血管成像技术在门静脉成像中的应用 [J]. 放射学实践, 2014, 29(12): 1434-1438.
- [9] 孟晓岩, 汤浩, 王秋霞, 等. 非对比剂增强 MR 血管成像联合多反

- 转空间标记脉冲技术在肺动脉成像的可行性研究[J]. 磁共振成像, 2014, 5(5): 343-347.
- [10] Puippe GD, Alkadhi H, Hunziker R, et al. Performance of unenhanced respiratory-gated 3D SSFP MRA to depict hepatic and visceral artery anatomy and variants[J]. Eur J Radiol, 2012, 81(8): e823-e829.
- [11] Kawahara S, Isoda H, Ohno T, et al. Non-contrast-enhanced hepatic MR arteriography with balanced steady-state free-precession and time spatial labeling inversion pulse: optimization of the inversion time at 3 Tesla[J]. Acta Radiologica Open, 2015, 4(12): 2058460115616427.
- [12] Bruce R, Wentland AL, Haemel AK, et al. Incidence of nephrogenic systemic fibrosis using gadobenate dimeglumine in 1423 patients with renal insufficiency compared with gadodiamide[J]. Invest Radiol, 2016, 51(11): 701-705.
- [13] Fraum TJ, Ludwig DR, Bashir MR, et al. Gadolinium-based contrast agents: a comprehensive risk assessment[J]. J Magn Reson Imaging, 2017, 46(2): 338-353.
- [14] Gulani V, Calamante F, Shellock FG, et al. Gadolinium deposition in the brain: summary of evidence and recommendations[J]. Lancet Neurol, 2017, 16(7): 564-570.
- [15] Kalra VB, Gilbert JW, Krishnamoorthy S, et al. Value of non-contrast sequences in magnetic resonance angiography of hepatic arterial vasculature[J]. Eur J Radiol, 2014, 83(6): 905-908.
- [16] 李晓娟, 陈晓, 孟晓岩, 等. 非对比剂增强 MRA 在肾静脉血管成像中的应用价值[J]. 放射学实践, 2017, 32(1): 52-56.
- [17] Yu PY, Chen MH, Ou HY, et al. Magnetic resonance angiographic inflow-sensitive inversion recovery technique for vascular evaluation before liver transplantation [J]. Transplant Proc, 2014, 46(3): 682-685.
- [18] Shimada K, Isoda H, Okada T, et al. Non-contrast-enhanced hepatic MR angiography with true steady-state free-precession and time spatial labeling inversion pulse: optimization of the technique and preliminary results[J]. Eur J Radiol, 2009, 70(1): 111-117.
- [19] Pei Y, Li F, Shen H, et al. Optimal blood suppression inversion time based on breathing rates and heart rates to improve renal artery visibility in spatial labeling with multiple inversion pulses: a preliminary study[J]. Korean J Radiol, 2016, 17(1): 69-78.

(收稿日期: 2017-10-19 修回日期: 2017-12-12)

《放射学实践》杂志微信公众平台开通啦!

2015 年 6 月,《放射学实践》杂志入选北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目“学术期刊评价及文献计量学研究”研究成果——《中国核心期刊要目总览》。这是继 1999, 2008 年之后的第 3 次入选临床医学/特种医学类核心期刊。

《放射学实践》杂志微信公众平台立足于准确地传递医学影像领域的最新信息,致力于为关注医学影像领域的广大人士服务。欢迎大家通过微信平台,以文字、图片、音频和视频等形式与我们互动,分享交流最新的医学影像资讯。您还可以通过微信平台免费阅读及搜索本刊所有发表过的论文,投稿作者可以查询稿件状态等。

您可以通过以下方式关注《放射学实践》杂志微信公众平台:

1. 打开微信,通过“添加朋友”,在搜索栏里直接输入“放射学实践”进行搜索。
2. 在“查找微信公众号”栏里输入“放射学实践”即可找到微信公众号,点击“关注”,添加到通讯录。
3. 打开微信,点击“扫一扫”,手机镜头对准下面的二维码,扫出后点击关注即可。



期待您的加入!