

非增强 MRA 诊断下肢动脉病变的应用研究

冯飞, 刘晓怡, 戚玉龙, 刘汉桥, 田鑫, 刘新, 刘鹏程

【摘要】 目的:探讨 QISS 非增强 MRA 技术诊断下肢动脉闭塞性病变的临床应用价值。**方法:**51 例下肢动脉病变患者行双下肢 QISS-MRA 和 CE-MRA 扫描,评价两种检查方法的图像质量,并以 CE-MRA 为参照标准,计算 QISS MRA 诊断下肢动脉显著性狭窄($\geq 50\%$)的敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值和诊断准确性,并以配对 χ^2 检验分析两种检查方法对诊断下肢动脉显著性狭窄($\geq 50\%$)的差异有无统计学意义,两种检查方法的相关性采用 kappa 检验。**结果:**51 例中 48 例成功行 QISS-MRA 检查,其中图像质量优、良、差者分别为 40(78.43%)、8(15.69%)和 3 例(5.88%)。按血管节段计算,QISS-MRA 诊断下肢动脉显著性狭窄的敏感度和特异度分别为 90.15%和 98.87%,阳性预测值和阴性预测值分别为 96.75%和 96.42%,总体符合率为 95.91%。对于下肢动脉显著性狭窄的诊断,QISS-MRA 与 CE-MRA 的差异无统计学意义($\chi^2=3.76, P>0.05$),且两种检查方法具有极好的相关性(r 值为 0.950, $P<0.001$)。**结论:**QISS-MRA 检查成功率较高、图像质量良好并且诊断效果接近 CE-MRA,对诊断下肢动脉闭塞性病变有一定的临床应用潜力。

【关键词】 磁共振血管成像; 下肢; 动脉病变; 诊断

【中图分类号】 R445.2; R543.5 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2012)11-1267-04

Evaluation of non-contrast-enhanced MR angiography in patients with lower extremity peripheral arterial disease FENG Fei, LIU Xiao-Yi, QI Yu-Long, et al. Department of Radiology, Shenzhen Hospital of Peking University, Guangdong 518036, P. R. China

【Abstract】 Objective: To evaluate the value of non-contrast-enhanced MR angiography using quiescent-interval single-shot (QISS) technique in the diagnosis of lower extremity peripheral arterial disease. **Methods:** Fifty-one patients with peripheral arterial disease in lower extremity underwent QISS-MRA and contrast-enhanced MRA (CE-MRA) examinations. Imaging quality and diagnostic accuracy of QISS-MRA for detecting significant artery stenosis ($\geq 50\%$ or occlusion) were assessed using CE-MRA as a standard reference. Paired χ^2 test was used to analyze the difference of diagnostic accuracy between CE-MRA and QISS-MRA. Cohen's kappa was used to assess agreement between the two methods in the diagnosis of significant artery stenosis. **Results:** Forty-eight patients had successfully undergone QISS-MRA and 486 arterial segments had diagnosable image quality. The sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value and accuracy of QISS-MRA for detecting significant stenosis were 90.15%, 98.87%, 96.75%, 96.42% and 95.91%, respectively. There was no significant difference between the two methods ($\chi^2=3.76, P>0.05$). The interobserver reliability of the two methods was very good (r value=0.950, $P<0.001$). **Conclusion:** High success rate and reliable image quality were demonstrated by QISS-MRA. It had equivalent diagnostic accuracy for detecting significant artery stenosis in comparison with CE-MRA and may be a potential clinical technique for the evaluation of lower-extremity arterial disease.

【key words】 Magnetic resonance angiography; Lower-extremity; Artery diseases; Diagnosis

下肢动脉闭塞性病变是动脉粥样硬化累及周围动脉的一种疾病,多见于中老年人,表现为不同程度的管腔狭窄或闭塞,严重者出现肢体的溃疡或坏疽,早期发现和评价下肢动脉病变是预防和治疗的重要措施。目前,对比增强磁共振血管成像(contrast-enhanced magnetic resonance angiography, CE-MRA)是目前临床上广泛应用的影像学诊断手段^[1],但近年来有报道指出,肾功能中重度不全的患者使用磁共振钆对比剂可能引起一种称为肾源性系统性纤维化(nephrogenic

systemic fibrosis, NSF)的严重并发症^[2],目前欧美国家已明确禁止在严重肾功能不全的患者中使用对比剂。因此,出于患者安全的考虑,不使用对比剂的非对比增强 MRA(noncontrast enhanced MRA, NCE-MRA)具有重要的临床意义。静脉间隔单次激发(quiescent-interval single-shot, QISS)是近期发展的一种新的、用于外周血管的非增强 MRA 技术,在健康志愿者中取得了不错的成像效果^[3]。本文的研究目的在于探讨 QISS-MRA 成像技术对下肢动脉闭塞性病变的临床诊断价值。

材料与方法

1. 临床资料

作者单位: 518036 广东,北京大学深圳医院医学影像科(冯飞、刘晓怡、戚玉龙、刘汉桥、田鑫、刘鹏程); 518055 广东,中国科学院深圳先进技术研究院生物医学成像研究中心(刘新)

作者简介: 冯飞(1968—),男,湖南祁阳人,副主任医师,主要从事 MR 影像技术工作。

通讯作者: 刘鹏程, E-mail: liupengcheng111@yahoo. com. cn

2010 年 3 月—2011 年 6 月对 51 例下肢动脉病变患者进行双下肢 MRA 扫描,男 33 例,女 18 例,年龄 34~82 岁,平均(60.20±11.69)岁。主要表现为不同程度的肢端发凉、静息痛,间歇性跛行,溃疡或坏疽。其中 2 例患者在 MRA 检查前已分别行右下肢和右小腿截肢术。所有患者均签署了知情同意书。

2. 扫描方法

使用 Siemens Magnetom Avanto 1.5T MR 扫描机,梯度场强 45 mT/m,切换率 200 mT/(m·s),外周血管专用线圈和体部相控阵表面线圈。配备心电门控装置和 Medrad 双筒高压注射器,扫描范围为整个下肢。患者仰卧位足先进,建立肘静脉或手背静脉通道,妥善固定患者并嘱其在扫描过程中尽量保持不动。所有患者在 CE-MRA 检查前行 QISS-MRA 扫描。

QISS-MRA 采用平衡稳态自由进动(balanced steady-state free precession,bSSFP)为基础序列的单次激发 2D QISS 序列。使用心电门控,分 7 段采集整个下肢动脉。扫描参数:TR 3.0 ms,TE 1.4 ms,扫描野 40 cm×40 cm,翻转角 90°,矩阵 280×400,分辨力 1.0 mm×1.0 mm×3.0 mm,层厚 3 mm,一般性自动校准部分并行采集(generalized autocalibrating partially parallel acquisition,GRAPPA)值为 2,每段扫描时间 4~6 min,总扫描时间 28~42 min。

CE-MRA 扫描为三站式(腹盆部、股部、小腿)自动移床 CE-MRA,采用三维快速小角度激发(three dimensional fast low angle shot,3D FLASH)序列,3 个部位具体扫描参数见表 1。

表 1 CE-MRA 扫描参数

参数	腹盆部	股部	小腿部
TR(ms)	3	3	3
TE(ms)	1	1	1
视野(cm ²)	40×40	40×40	40×40
翻转角(°)	25	25	25
矩阵	384×384	384×384	384×384
层厚(mm)	1.0	1.0	1.0
体素(mm ³)	1.0×1.0×1.0	1.0×1.0×1.0	1.0×1.0×1.0

以梯度回波序列采集腹盆部至小腿远端靶血管的平扫图像作为减影蒙片。增强扫描定位与平扫相同,经肘前静脉以 2.5 ml/s 流率注射钆喷酸葡胺,总剂量为 0.2 mm/kg,后用 2.5 ml 的流率注射生理盐水 30 ml 冲管。应用 Care-Bolus 技术动态监测对比剂到达腹主动脉后,手动启动 3D FLASH 序列,扫描时间 2~3 min。增强图像与平扫蒙片自动减影。

在后处理工作站上,采用 composing 软件拼接 QISS-MRA、CE-MRA 原始图像,以最大强度投影(maximum intensity projection,MIP)重组完整的双侧下肢动脉 QISS-MRA 和 CE-MRA 图像,用于分析图像

质量和血管狭窄程度,MIP 图像上病变不确定时需要结合原始图像进行分析。

3. 图像分析

将扫描所得的下肢血管划分为股动脉、腘动脉、胫前动脉、胫后动脉和腓动脉 5 个动脉节段进行分析。由两位有经验的放射科医师共同评价所有患者 CE-MRA 下肢动脉的狭窄程度。另由两位有经验的放射科医师在不知道 CE-MRA 结果的情况下,在 QISS-MRA 上对所有患者下肢动脉的图像质量和狭窄程度进行评价。

QISS-MRA 图像质量分为优、良、差 3 级。优:靶血管显示清晰,信号较均匀,静脉污染无或较少,伪影无或较少,符合诊断要求;良:靶血管显示良好,信号较均匀,部分静脉污染,轻度伪影,不影响诊断分析;差:靶血管显示差或未显示,信号不均匀,大部分静脉污染,伪影明显,不符合诊断要求。血管病变的狭窄程度分为以下 4 级。0 级:血管管径正常;1 级:血管管径狭窄<50%,无节段性血流信号缺失;2 级:血管管径狭窄≥50%,有局限性血流信号缺失;3 级:管腔闭塞,其远端无血流信号。若某个节段动脉有多处狭窄,按狭窄级别高的归类。

4. 统计学分析

运用 SPSS 16.0 统计学软件,检验水准 α=0.05。以 CE-MRA 为标准,采用配对 χ² 检验评价两种检查方法对诊断血管显著性狭窄(≥50%和闭塞)的差异性;计算 QISS-MRA 诊断下肢动脉显著性狭窄(狭窄程度≥50%和闭塞)敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值和符合率;采用 Spearman 检验评价两种检查方法诊断血管显著性狭窄的相关性,r>0.8 时表明两种检查方法具有极好的一致性。

结 果

51 例中 48 例(94%)患者成功进行了 QISS-MRA 检查,3 例失败的原因为患者在检查过程中肢体出现明显运动,导致 2 例患者股动脉及腘动脉显示不清,1 例患者整个下肢动脉显示不清,最后纳入研究的动脉节段共 486 个。51 例患者均成功实施 CE-MRA 检查,共获取 502 个动脉节段的资料。

1. 图像质量

CE-MRA 图像质量优者 37 例(38/51=74.51%),质量良者 13 例(13/51=25.49%),无图像质量差者。QISS-MRA 图像质量优者 40 例(40/51=78.43%),质量良者 8 例(8/51=15.69%),质量差者 3 例(3/51=5.88%)。在对 51 例患者进行的 QISS-MRA 扫描中,所有患者均未出现静脉污染。而 CE-MRA 中 13 例患者出现不同程度的深静脉污染。

2. QISS-MRA 与 CE-MRA 比较

486 个动脉节段的 CE-MRA 和 QISS-MRA 不同级别狭窄程度的比较见表 2。

表 2 2 组中下肢动脉血管狭窄程度的分级对照 (段)

QISS-MRA	CE-MRA				合计
	0 级	1 级	2 级	3 级	
0 级	271	8	2	0	281
1 级	4	67	8	3	82
2 级	1	3	69	2	75
3 级	0	0	11	37	48
合计	276	78	90	42	486

CE-MRA 和 QISS-MRA 分别发现 90 和 75 个血管节段 2 级狭窄,42 和 48 个节段闭塞(图 1~3)。

① 配对 χ^2 检验示 QISS-MRA 和 CE-MRA 对下肢动脉病变显著性狭窄($\geq 50\%$ 和闭塞)的诊断差异无统计学意义($\chi^2=3.76,P>0.05$)。

② QISS-MRA 诊断血管显著性狭窄的敏感度和特异度分别为 90.15%和 98.87%,阳性预测值和阴性预测值分别为 96.75%和 96.42%,符合率为 95.91%。Spearman 检验显示两种检查方法诊断血管显著性狭窄的 r 值=0.950($P<0.001$)。

③ 在血管狭窄程度 $<50\%$ 的病例中 QISS-MRA 对 4 个节段的血管狭窄程度有高估;在狭窄 $\geq 50\%$ 病例中,QISS-MRA 将 11 个节段的动脉诊断为完全闭塞,而相应的 CE-MRA 仅显示为重度狭窄(图 2)。

讨 论

由于磁共振含钆类对比剂潜在的危险,非增强

MRA 近年来再度成为研究热点,尤其是外周血管非增强 MRA^[4]。传统血管成像技术时间飞跃法(time of flight,TOF)是一种对流动敏感的成像技术,在湍流部位容易高估血管的狭窄程度,并且空间分辨力相对较低,信噪比相对较差。另外,TOF 在大范围的双下肢扫描中时间非常长,患者难以接受,尤其是有下肢静息痛的患者往往因不能忍受较长时间的检查而在扫描过程中出现运动致失败。因此,常规的 TOF 方法不适用于外周血管成像。随着磁共振硬件的改善和成像方法的进步,Miyazaki 等^[5]提出一种针对外周血管成像、称为新鲜血流成像(fresh blood imaging,FBI)的非增强 MRA 方法。FBI 以 3D SE 为基础序列,配合使用半傅里叶转换、心电门控技术并选择性施加血流敏感散相梯度而形成的一项非增强 MRA 技术^[6]。FBI 需根据不同的患者和不同的扫描动脉节段设定个性化的延迟时间和血流敏感散相梯度,收缩期血流信号的采集必需在动脉流速的峰值时刻进行。但就目前的临床应用来看,动脉远端和近端、病变部位和正常部位动脉峰值流速不同致扫描延迟时间难以准确把握而临床效果欠佳^[7]。

本研究中采用的 QISS 技术是一种依赖血液流入增强效应的技术^[8]。QISS-MRA 是以梯度回波的快速稳态进动(true fast imaging with steady-state precession,True FISP)即 bSSFP 序列为基础,合并使用反转脉冲、空间饱和带以及心电门控的一项新的 MRA 技术。True FISP 序列具有成像速度快、图像的信噪比较高及较少受血液流动造成的失相位影响等优



图 1 男,56 岁,糖尿病 10 年,跛行半年。a) CE-MRA 示左侧股动脉、腓动脉边缘不规则,左侧胫前动脉 2 级狭窄,右侧腓动脉闭塞;b) QISS-MRA 所示与 CE-MRA 一致。

图 2 女,50 岁,糖尿病 5 年,双下肢疼痛半个月。a) CE-MRA 示双侧股动脉边缘毛糙、不规则,双侧胫前动脉 2 级狭窄;b) QISS-MRA 所示股动脉、右侧胫前动脉病变程度与 CE-MRA 一致,左侧胫前动脉显示 3 级闭塞。

图 3 男,63 岁,糖尿病 20 年。a) CE-MRA 示双侧股动脉中段闭塞,周围可见细小侧枝血管影,左侧腓动脉 2 级狭窄,腓动脉及胫前动脉闭塞,右侧胫前动脉中下段闭塞,腓动脉 1 级狭窄;b) QISS-MRA 所示病变与 CE-MRA 一致。

点。此序列在扫描区域的下方(即足部方向)施加一个预饱和带,因动脉与静脉的血流方向往往相反,下肢静脉的血流方向为从下往上,当 MR 射频脉冲激发时,流入成像区域的静脉血已经饱和和不再产生信号;同时使用反转脉冲将背景信号抑制,提高动脉与周围背景组织的对比度;配合使用心电门控,减少搏动伪影对图像质量的影响^[9]。

本研究中,QISS-MRA 下肢动脉成像的特点是图像质量基本接近 CE-MRA,其最大的优点是基本上没有静脉出现,51 例患者的下肢动脉成像均未出现静脉污染。以 CE-MRA 为参照标准,对于动脉显著性狭窄的诊断两种基本相同($\chi^2=3.76, P>0.05$),且一致性极好($k=0.91$)。本研究中 QISS-MRA 对下肢动脉狭窄 $\geq 50\%$ 的诊断敏感度和特异度分别为 90.15% 和 98.87%,阳性预测值和阴性预测值分别为 96.75% 和 96.42%,符合率为 95.91%,特异度和阳性预测值高于之前的文献报道,敏感度和阴性预测值则较文献报道略低,但其值均达到了 90% 以上^[5,9]。其中 11 例 QISS-MRA 诊断为闭塞,过高估计血管的狭窄程度,而相应的 CE-MRA 上为重度狭窄。分析原因可能是血管严重狭窄的部位由于血流方式的改变,QISS-MRA 扫描时局部信号丢失,导致重组的 MIP 图像上未见明确显影。尽管 QISS-MRA 存在着一定的高估现象,但其仍具有一定的优势:无需注射钆对比剂,可以避免相关的肾源性系统纤维化的发生,这对肾功能中重度不全而又伴有下肢动脉病变的患者尤为重要;操作简便,完成整个双下肢动脉信号的采集时间约 6~8 min;成功率较高,容易在临床上实施,患者容易接受。

同时本研究也存在其一定的局限性:① True FISP 序列对磁场不均匀比较敏感,容易受磁敏感伪影的影响而产生条纹状伪影;②扫描过程中患者需尽量保持不动,否则会因运动致原始图像变形造成层面间的配准错误,出现扭曲的血管影,不符合诊断要求,本研究中有 3 例患者因运动致配准错误致图像不能诊断;③采用 2D 采集模式,空间分辨力较 CE-MRA 略低;④以 CE-MRA 作为计算 QISS-MRA 诊断准确性的金标准可能产生一些统计误差。本研究未能采用 X

线血管造影作为 QISS-MRA 和 CE-MRA 诊断血管狭窄的金指标,是因为目前临床上普遍采用 CE-MRA 作为外周血管的检查手段,很难收集足够具有血管造影资料的病例;另一方面,CE-MRA 对下肢动脉狭窄具有很高的诊断准确性,是目前公认的临床检查手段,可以作为非增强 MRA 的参考标准。

QISS-MRA 检查成功率较高、图像质量良好并且诊断效果接近 CE-MRA,对诊断下肢动脉闭塞性病变有一定的临床应用潜力。

参考文献:

- [1] Chan D, Anderson ME, Dolmatch BL, et al. Imaging evaluation of lower extremity infrainguinal disease: role of the noninvasive vascular laboratory, computed tomography angiography, and magnetic resonance angiography[J]. Tech Vasc Interv Radiol, 2010, 13(1): 11-22.
- [2] Grobner T. Gadolinium: a specific trigger for the development of nephrogenic fibrosing dermopathy and nephrogenic systemic fibrosis? [J]. Nephrol Dial Transplant, 2006, 21(4): 1104-1108.
- [3] Edelman RR, Koktzoglou I. Unenhanced flow-independent MR venography by using signal targeting alternative radiofrequency and flow independent relaxation enhancement [J]. Radiology, 2009, 250(1): 236-245.
- [4] Miyazaki M, Lee VS. Nonenhanced MR angiography[J]. Radiology, 2008, 248(7): 20-43.
- [5] Miyazaki M, Sugiura S, Tateishi F, et al. Non-contrast-enhanced MR angiography using 3D ECG synchronized half-fourier fast spin echo[J]. J Magn Reson Imaging, 2000, 12(5): 776-783.
- [6] Miyazaki M, Takai H, Sugiura S, et al. Peripheral MR angiography: separation of arteries from veins with flow-spoiled gradient pulses in electrocardiography-triggered three-dimensional half-fourier fast spin-echo imaging[J]. Radiology, 2003, 227(3): 890-896.
- [7] Lim RP, Hecht EM, Xu J, et al. 3D nongadolinium-enhanced ECG-gated MRA of the distal lower extremities: preliminary clinical experience[J]. J Magn Reson Imaging, 2008, 28(1): 181-189.
- [8] Edelman RR, Koktzoglou I. Unenhanced flow-independent MR venography by using signal targeting alternative radiofrequency and flow independent relaxation enhancement [J]. Radiology, 2009, 250(1): 236-245.
- [9] Hodnett PA, Koktzoglou I, Davarpanah AH, et al. Evaluation of peripheral arterial disease with nonenhanced quiescent-interval single-shot MR angiography[J]. Radiology, 2011, 260(7): 282-293.

(收稿日期: 2011-12-07 修回日期: 2012-07-31)