

类风湿性关节炎手部非增强磁共振血管成像技术研究

田鑫, 石桥, 冯飞, 戚玉龙, 邹立秋, 刘新, 刘鹏程

【摘要】 目的:研究基于血流敏感散相的平衡稳态自由进动序列的非增强磁共振技术(FSD-bSSFP NC-MRA, FSD-bSSFP)在类风湿性关节炎手部血管成像的应用价值。**方法:**20 例类风湿性关节炎患者采用 FSD-bSSFP 序列及增强 MRA 成像(CE-MRA)进行手部血管成像。由 2 名 5 年以上 MRI 诊断经验的放射科医师测量两种成像方式获得手部动脉血管影像的信噪比(SNR)、对比噪声比(CNR),并对图像质量、静脉污染及手部动脉及分支显示情况进行评分。**结果:**入组病例 17 例。FSD-bSSFP 序列 SNR 高于 CE-MRA($t=3.707, P<0.05$), FSD-bSSFP 序列与 CE-MRA 显示手部血管成像 CNR 无显著性差异($t=0.600, P>0.05$); FSD-bSSFP 序列动脉图像质量评分高于 CE-MRA ($Z=-2.271, P<0.05$), 静脉污染程度低于 CE-MRA($Z=-2.722, P<0.05$), 动脉分支显示评分无统计学差异($Z=-1.027, P>0.05$)。**结论:**FSD-bSSFP 技术应用于类风湿性关节炎患者可获得较好的手部血管成像, 避免对比剂对肾脏的潜在损害。

【关键词】 磁共振血管造影术; 关节炎, 类风湿

【中图分类号】 R445.2; R593.22 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2013)06-0685-04

A preliminary study on non-enhanced magnetic resonance angiography techniques for hand arteries in patients with rheumatoid arthritis TIAN Xin, SHI Qiao, FENG Fei, et al. Department of Radiology, Peking University Shenzhen Hospital, Guangdong 518036, P. R. China

【Abstract】 Objective: To study the value of non-enhanced magnetic resonance technology based on sensitive scattered phase of the blood flow balanced steady-state free precession sequence (FSD-bSSFP NC-MRA, also called FSD-bSSFP) in displaying the hand arteries of patients with rheumatoid arthritis. **Methods:** Twenty cases of patients with rheumatoid arthritis were performed with FSD-bSSFP sequence and enhanced MRA (CE-MRA) to display the hand arteries. Image quality control parameters including signal-to-noise ratio (SNR) and contrast-to-noise ratio (CNR) were assessed by two radiologists with more than 5 years experience, and the score of image quality, venous contamination to hand artery and the capability to display the artery branches were evaluated in consensus. **Results:** Seventeen patients were included into the group. SNR of FSD-bSSFP was superior to that of CE-MRA ($t=3.707, P<0.05$), no significant difference ($t=0.600, P>0.05$) existed between the CNR of the two methods. The image quality score of FSD-bSSFP sequence was significant superior than that of CE-MRA ($Z=-2.271, P<0.05$). The venous contamination to hand artery in FSD-bSSFP was less than that in CE-MRA ($Z=-2.722, P<0.05$), and the visibility of arterial branch show no significant difference between the two methods ($Z=-1.027, P>0.05$). **Conclusion:** FSD-bSSFP technique could obtain better hand angiography compared to CE-MRA in patients with rheumatoid arthritis, and avoid the potential damage to renal function.

【Key words】 Magnetic resonance angiography; Arthritis, rheumatoid

目前, 常规外周血管的 MRA 基本上都需要使用含钆的对比剂, 而近年来对对比剂肾病的研究, 使影像检查中使用的各种对比剂对肾功能可能造成的潜在损害逐渐得到重视。本研究拟通过基于血流敏感散相的平衡稳态自由进动序列的非增强磁共振技术(non-enhanced MRA based on balance steady-state free precession with flow-sensitive dephasing magnetization preparation, FSD-bSSFP)对类风湿性关节炎(rheumatoid arthritis, RA)手部血管的成像, 初步研究该非

增强 MRA 技术在 RA 手部血管成像应用的价值。

材料与方法

1. 一般资料

扫描病例共 20 例, 其中女 19 例, 男 1 例, 年龄(40.7 ± 12.4)岁, 临床血液生化及免疫学指标检测已确诊类风湿性关节炎。

2. 检查机器与扫描方法

MRI 扫描仪为 Siemens Avanto 1.5T。常规 MRI 扫描序列包括 T_1 WI、 T_2 WI、STIR, 冠状面、横轴面、矢状面扫描。完成后行基于 FSD-bSSFP 技术的 MRA、增强扫描及 CE-MRA。常规扫描及增强扫描均按照 MRI 标准扫描规程进行。基于 FSD-bSSFP 技术的 MRA 扫描方法及参数如下: ①应用 2D flash 序列进

作者单位: 518036 广东, 北京大学深圳医院医学影像科(田鑫、石桥、冯飞、戚玉龙、邹立秋、刘鹏程); 中国科学院深圳先进技术研究院(刘新)

作者简介: 田鑫(1974—), 男, 湖南衡阳人, 主管技师, 主要从事 MRI 影像技术研究工作。

通讯作者: 刘鹏程, E-mail: docshi@126.com

基金项目: 深圳市科技计划项目(201103005)

行 3 轴定位。②cine-TD-scout 序列测定 trigger delay (TD) 值。该序列为一 2D GRE 序列, 加入了损毁梯度并采用最短 TR、TE 值优化, 后处理采用 cinema 功能以方便浏览, 此序列应用心电门控技术。定位: 垂直于靶血管走行方向, ROI 定在靶血管位置处, slice=1, 层厚 6 mm, TR 29.4 ms, TE 3.4 ms, 激励次数 1, 回波串联 1, 矩阵 256×256 , 视野 $300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$, FOV phase 50%, voxel: $1.2 \text{ mm} \times 1.2 \text{ mm} \times 6.0 \text{ mm}$ 。③测定最佳黑血信号时的 ml 值。slice=1, 层厚 5 mm, TR 227.23 ms, TE 1.6 ms, 激励次数 1, 回波串联 1, 矩阵 256×256 , 视野 $250 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$, FOV phase 30%, voxel: $1.0 \text{ mm} \times 1.0 \text{ mm} \times 5.0 \text{ mm}$ 。此序列为一 k 空间中心填充的 Trufisp 序列, 应用心电门控触发扫描(设置上个序列测得的 TD 值), 应用最小 TE 值来优化时间, 此序列分别用依次增加的 ml 值进行扫描, 初始为 60, 每次递增 10, 将图像数据载入 Mean-Curve 后处理, 选取靶血管测定信号强度曲线, 找出最优 ml 值。④应用最优 ml 值行 FSD-bSSFP 序列成像。此序列为一基于 trufisp 并加入流动散相技术的高分辨率 3D 序列。采用 k 空间中心填充, 以及最小 TE 值, 并采用了心电门控技术。层厚 1, slice per slab=40, TR 331.75 ms, TE 1.65 ms, 激励次数 1, 回波串联 1, 矩阵 288×288 , 视野 $280 \text{ mm} \times 280 \text{ mm}$, FOV phase=80%, 部分傅里叶 6/8, voxel: $1.0 \text{ mm} \times 1.0 \text{ mm} \times 1.0 \text{ mm}$ 。定位: 将冠状面与靶血管走行方向平行定位, 设置 TD 值, ml 值。此序列扫描两次, 先亮血后黑血, 减影即得血管图像。

3. 图像后处理及数据测量

图像后处理使用 Siemens syngo MMWP 图形工作站和配套图像后处理软件, 版本号 VE31A。

信号强度测量: 分别测量 FSD-bSSFP 序列动脉信号强度及 CE-MRA 相同位置手部动脉信号强度, ROI 面积约 $10 \sim 20 \text{ mm}^2$, 放置于同一血管的相同位置, 获得相应序列动脉的信号强度 SI 动脉, 测量邻近手掌肌肉 SI 肌肉及同层背景噪声标准差(SD 背景), 测量如土色 3 次, 取平均值。注意避开搏动伪影, SD 背景测量位置位于相位编码方向。

$$\text{信噪比}(\text{signal-to-noise ratio}, \text{SNR}) = \frac{\text{SI 动脉}}{\text{SD 背景}}$$

$$\text{对比噪声比}(\text{contrast-to-noise ratio}, \text{CNR}) = \frac{\text{SI 动脉} - \text{SI 肌肉}^{[1]}}{\text{SD 背景}}$$

图像质量评价: 由 2 名 MRI 医师在不知道扫描方式的情况下对 FSD-bSSFP 序列及 CE-MRA 序列获得患者手部动脉成像图像进行评分, 评分项目包括图像质量、静脉污染程度及血管分支显示。图像质量评分标准为 1 分: 图像质量极差, 动脉血管显示不清, 图像模糊, 伪影很多, 完全不能用于诊断; 2 分: 图像质量

差, 动脉血管轮廓大致能够辨认但信号不均匀, 有明显伪影; 3 分: 图像质量一般, 动脉结构能够辨认, 图像中度模糊或伪影, 不影响诊断分析; 4 分: 图像质量良好, 动脉边缘锐利, 信号较均匀, 图像轻度模糊或伪影。符合诊断要求; 5 分: 图像质量好, 动脉边缘锐利, 图像清晰, 无伪影, 完全符合诊断要求。

手部血管静脉污染评分采用 4 分法^[2]。1 分无静脉污染; 2 分浅静脉污染, 不影响诊断; 3 分浅静脉和(或)深静脉污染, 但不影响诊断; 4 分浅静脉和(或)深静脉显影, 影响一个或多个血管节段的诊断。手部动脉血管分支显影评分标准: 尺桡动脉显影为 1 分, 掌浅弓显影为 2 分, 掌浅弓分支显影为 3 分, 掌深弓显影为 4 分。

4. 数据统计分析

使用 SPSS 18.0 统计软件包进行数据分析。两种扫描序列 SNR、CNR 比较采用配对 *t* 检验; 两种序列图像评分比较采用 Wilcoxon 秩和检验。 $P < 0.05$ 为统计学有显著性差异。

结 果

20 例 RA 患者中 2 例未进行 CE-MRA 成像, 1 例未行 FSD-bSSFP 成像, 最终入组病例 17 例。两种序列成像图像质量评估参数比较(表 1) FSD-bSSFP 序列手部血管成像 SNR 高于 CE-MRA($P < 0.05$), 两序列 CNR 无显著性差异($P > 0.05$, 图 1)。FSD-bSSFP 序列图像质量评分优于 CE-MRA($P < 0.05$), 静脉污染程度低于 CE-MRA($P < 0.05$, 图 1), 两种序列对手部血管分支的显示无显著性差异($P > 0.05$, 表 2)。

表 1 FSD-bSSFP 与 CE-MRA 手部血管成像质控参数比较

质控指标	FSD-bSSFP	CE-MRA	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
SNR	118.906 ± 39.770	64.883 ± 30.050	3.707	0.003
CNR	58.293 ± 23.051	52.184 ± 27.165	0.600	0.561

注: SI: 信号强度; SNR: 信噪比; CNR: 对比噪声比

表 2 FSD-bSSFP 与 CE-MRA 手部血管成像比较

评价指标	FSD-bSSFP	CE-MRA	<i>Z</i> 值	<i>P</i> 值
图像质量评分	4(3, 5)	3.5(3, 4)	-2.271	0.023
静脉污染程度评分	1(1, 2)	3(1, 4)	-2.722	0.006
血管分支显示	3.5(3, 4)	3(2, 4)	-1.027	0.305

注: 图像评分为非正态分布, 表示为中位数。

RA 患者手部增生血管显影比较: 17 例患者中 4 例患者有明显关节血管翳生成, FSD-bSSFP 与 CE-MRA 手部血管成像显示局部血管扭曲、细小, 表现为指间关节旁迂曲、网状血管, CE-MRA 由于局部血管翳强化及静脉污染, 邻近血管网显示较差(图 2)。

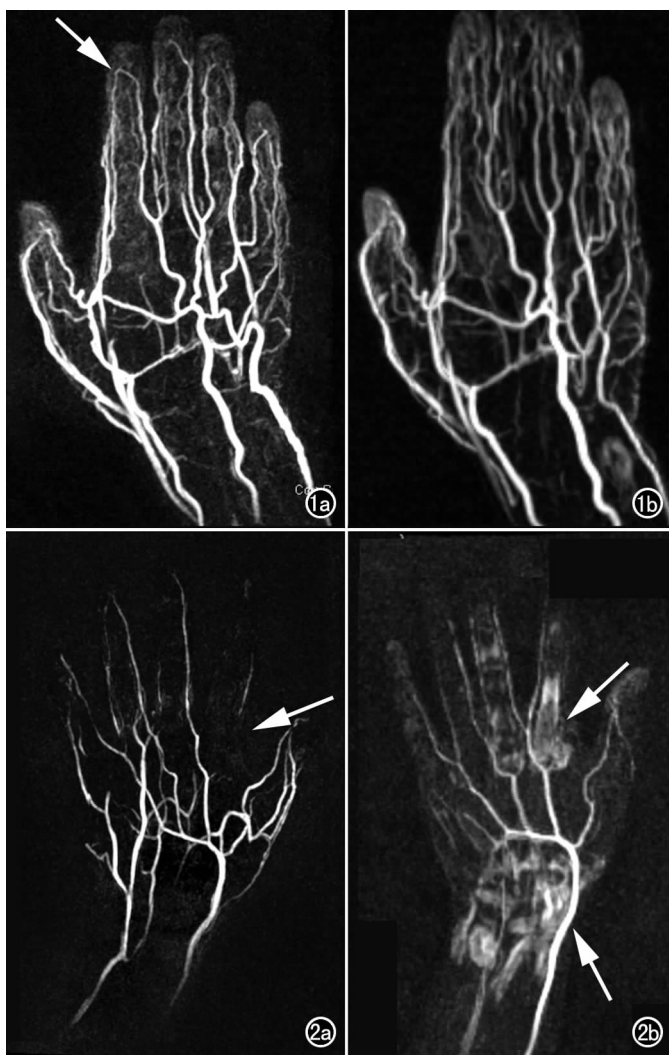


图 1 女, 42 岁, 确诊类风湿性关节炎 1 年。a) FSD-bSSFP 技术手部动脉非增强 MRA; b) CE-MRA 手部动脉成像。基于 FSD-bSSFP 技术的非增强 MRA 对手腕部及手掌指小动脉显示良好(箭), 相对于 CE-MRA 具有较高分辨率, 并且静脉污染较 CE-MRA 减轻。图 2 女, 31 岁, 确诊类风湿性关节炎 2 年。a) FSD-bSSFP 技术手部动脉非增强 MRA。基于 FSD-bSSFP 技术的非增强 MRA 手腕部及手掌指小动脉显示良好, 邻近腕骨关节及指间关节血管翳增生严重区动脉扭曲、变细, 部分不能显示(箭); b) CE-MRA 手部动脉成像。CE-MRA 由于邻近血管翳强化(箭)明显干扰血管成像, 图像分辨率低, 影响观察。

讨论

类风湿性关节炎临床表现为受累关节疼痛, 肿胀, 功能下降, 病变呈持续, 反复发作过程。未经治疗的 RA 具有较高的致残率。MRI 具有较高的空间分辨率及良好的软组织对比, 就显示滑膜改变而言 MRI 被认为是一个金标准; 随着钆类对比剂的应用, MRI 诊断关节疾病的能力进一步提高, 对预测病变发展趋势有重要意义和临床应用价值。MRI 作为一种非侵袭性的检查方式, 能通过鉴别异常增生的血管及对正常血

管形态变化来对早期 RA 进行可靠的评估。Vasanth 等^[3]使用对比剂增强的 MRA 成功显示了早期类风湿性关节炎手部异常血管, 并且发现异常血管的数量与 MRI 掌指关节滑膜炎、腕关节滑膜炎积分高度相关。

但是, 四肢血管的 MRA 通常需要注射磁共振对比剂(含钆顺磁对比剂)才能显示血管(即 CE-MRA)。而近期大量的研究资料表明^[4-5]这类对比剂对肾功能有潜在的损害, 尤其是肾功能不全的患者可引起一种致命的并发症, 称为肾源性系统纤维化(Nephrogenic Systemic Fibrosis), 其发生率为 4%~22.3%^[6]。该病已引起国内外的广泛关注, 美国食品药品监督管理局(Food and Drug Administration, FDA)在 2006 年 6 月颁布一项有关使用含钆磁共振对比剂的指南, 明确要求肾小球滤过率在正常值 60ml/min 以下时禁止使用该对比剂。该指南还警告要进行肝移植或刚刚完成肝移植的患者, 或有慢性肝病的患者, 如果他们存在任何程度的肾功能不全也会发生肾源性系统纤维化。由于 RA 患者本身可伴有不同类型的肾损害, 包括与 RA 本身相关的肾损害、RA 治疗药物造成的肾损害、肾脏淀粉样变性等^[7]。因此, 为避免进一步加重 RA 患者肾功能损伤, 临床上迫切需要一种对肾功能没有损害或不需要对比剂的血管成像手段。

SSFP 作为一种新的血管成像技术较多地用于心血管成像^[8]。它使用较大的反转角($65^{\circ} \sim 90^{\circ}$), 在 3 个梯度方向上施加稳态平衡梯度重聚磁化矢量, 血流的信号强度取决于 T2/T1 比值, 血液因 T2/T1 值明显高于一般软组织, 从而显示为明显的高信号。因此, SSFP 不受血流速度和方向的影响, 而且诊断血管狭窄有很高的准确性^[9]。此外, SSFP 采用极短的 TR 和 TE, 成像速度快, 具有很好的临床实用性。通过对 17 例 RA 患者的初步研究我们发现 FSD-bSSFP 技术手部动脉血管成像的手部血管成像 SNR 高于 CE-MRA ($P < 0.05$), 两序列 CNR 无显著性差异 ($P > 0.05$, 图 1)。因此与传统的 CE-MRA 相比该技术在图像质量控制参数方面能够达到甚至优于 CE-MRA 表现。本研究中 FSD-bSSFP 序列图像质量评分优于 CE-MRA ($P < 0.05$), 静脉污染程度低于 CE-MRA ($P < 0.05$, 图 1), 两种序列对手部血管分支的显示无显著性差异 ($P > 0.05$, 表 2)。CE-MRA 所采用的 3D-FLASH 序列对于细小、迂曲的血管显示能力较差, 并且由于 RA 患者关节血管翳的明显增生, 局部血流动力学发生变化, 明显影响了小关节周围动脉血管的显示(图 2), 并且 CE-MRA 扫描时对扫描时机的掌握要求较高, 过早动脉显影信号欠佳, 过迟则静脉显影, 从而在减影图像上难以获得干净、清晰的手部小动脉血管影像。FSD-bSSFP 序列通过正式扫描前的图像优化序列, 获得最

佳的 m1 值,通过 FSD 在收缩期对静脉信号产生一定的抑制作用,通过图像减影,因此,获得的手部小动脉血管影像受到的静脉污染明显较 CE-MRA 轻。同时,由于不使用对比剂,关节血管翳不强化,图像不受手部强化的血管翳影响。而对于动脉分支的显示能力与 CE-MRA 无显著性差异。此外,4 例患者在 FSD-bSSFP 序列显示血管翳增生区血管异常形态优于 CE-MRA,由于病例数量较少,未能进行统计分析,仍需进一步扩大样本量。

出于伦理方面考虑,本研究未对正常成人手部 FSD-bSSFP 成像与 CE-MRA 成像质量进行对比评价,但是通过对 RA 患者手部两种血管成像方法的比较,FSD-bSSFP 技术已经在图像质量控制参数及血管成像方面达到、部分超过了 CE-MRA 成像的水平。本技术的应用,不仅可以避免因对比剂引起的严重并发症,而且可以降低约四分之一的检查成本,显著减轻广大病患的经济负担。

参考文献:

- [1] 杨正汉,冯逢,王霄英.磁共振成像技术指南[M].北京:人民军医出版社,2007:424-425.
- [2] Leiner T, Nijehuis RJ, Maki JH, et al. Use of a three-station phased array coil to improve peripheral contrast-enhanced magnetic resonance angiography[J]. J Magn Reson Imaging, 2004, 20(3):417-425.

- [3] Lisa C. Vasanth, Li Foong Foo, Hollis G. Potter, et al. Using magnetic resonance angiography to measure abnormal synovial blood vessels in early inflammatory arthritis: a new imaging biomarker? [J]. J rheumatol, 2010, 37(6):1129-1135.
- [4] Marckmann P, Skov L, Rossen K, et al. Nephrogenic systemic fibrosis: suspected causative role of gadodiamide used for contrast-enhanced magnetic resonance imaging[J]. J Am Soc Nephrol, 2006, 17(9):2359-2362.
- [5] Rydahl C, Thomsen HS, Marckmann P. High prevalence of nephrogenic systemic fibrosis in chronic renal failure patients exposed to gadodiamide, a gadolinium-containing magnetic resonance contrast agent[J]. Invest Radiol, 2008, 43(2):141-144.
- [6] Broome DR, Girguis MS, Baron PW, et al. Gadodiamide-associated nephrogenic systemic fibrosis: why radiologists should be concerned. MR Imaging[J]. AJR, 2007, 188(2):586-592.
- [7] Jennette JC, Olson JL, Schwartz MM, et al. Hepatocellular pathology of the Kidney[M]. Lippincott Williams & Wilkins, 2007:587-592.
- [8] Amano Y, Takahama K, Kumita S. Non-contrast-enhanced MR angiography of the thoracic aorta using cardiac and navigator-gated magnetization-prepared three-dimensional steady-state free precession[J]. J Magn Reson Imaging, 2008, 27(3):504-509.
- [9] Wyttenbach R, Braghetti A, Wyss M, et al. Renal artery assessment with nonenhanced steady-state free precession versus contrast-enhanced MR angiography[J]. Radiology, 2007, 245(1):186-195.

(收稿日期:2013-02-19 修回日期:2013-05-06)

· 书讯 ·

《功能性磁共振诊断》由华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科夏黎明教授和朱文珍教授主编,于2011年3月由人民卫生出版社出版,全书共十章,50多万字,近1000幅图片,书中内容是同济医院放射科同道们10多年来的科研、临床的总结和汇报,包括功能性磁共振技术在中枢神经系统、心血管系统、乳腺、腹部、盆腔、肌骨、关节、胎儿、淋巴结和分子影像实验等领域的研究,其中一些内容是国内率先或领先开展、报道,并在RSNA或ISMRM上发言或展板。可以说技术先进,内容科学、全面、系统,图文并茂,实用性强,具有较高的参考价值,欢迎广大同道、读者订阅。可直接与人卫出版社的张老师或范老师联系,享受优惠价。电话:010-597873381,010-59787351。

《心血管病CT诊断》由中国医学科学院阜外心血管病医院放射科吕滨、蒋世良教授主编,于2012年3月由人民军医出版社出版发行。全书约50万字,大16开,精装,全书彩色印刷,定价¥180.00元,ISBN 978-7-5091-5537-0。本书第1章重点阐述了64排CT、双源CT及后64排CT的设备和技术特点及其成像能力。第2章有针对性地讲述了心血管CT成像的操作规程,包括检查的适应证和禁忌证、检查前准备、对比剂使用、图像采集、图像重建、图像质量控制以及辐射剂量控制等检查的所有环节。第3章重点阐述心血管病CT影像学诊断的循证医学基础,以及影像学方法的优选应用。第4-12章详细介绍CT对各种常见心血管病的临床应用,包括疾病的定义和分类、临床表现、其他影像学所见以及CT诊断要点。另外,本书对已有的专家共识进行了解读,并用述评的形式阐明了各种心血管病诊断的临床路径。各新华书店和当地医学书店有售,也可网上购买。为方便读者购买,出版社可以邮购。联系人:王兰,邮购电话:010-51927252。编辑咨询联系人:高爱英,电话:010-51927242。