

大孔径 3 T 低剂量下肢动脉 MRA 的临床研究

李 丹¹, 邓克学¹, 林 江²

摘要 目的 探讨使用大孔径 3 T 磁共振、低剂量对比剂行下肢动脉磁共振血管成像(MRA)的可行性。方法 MRA 各血管段的病变程度由两名放射科医师分别评估。数字剪影血管造影(DSA)评估由 1 名医师完成。通过 Kappa 值判断两名医师评估 MRA 血管狭窄程度的一致性,用 Spearman 相关系数(R_s)判断 MRA 和 DSA 显示血管病变的相关性。结果 两名医师对病变血管狭窄程度的评估具有极佳的一致性。DSA 与 MRA 图像评估结果具有明显的相关性($P < 0.05$)。结论 在大孔径 3 T 磁共振中,使用低剂量对比剂可进行高分辨率的下肢动脉 MRA 成像。

关键词 周围动脉血管闭塞性疾病; 磁共振血管成像; 并行采集技术

中图分类号 R 445.2

文献标志码 A 文章编号 1000-1492(2015)09-1333-04

近年来,下肢动脉对比剂增强磁共振血管成像(magnetic resonance angiography, MRA)因成像速度快、流动伪影少^[1],已成为诊断下肢血管疾病的重要检查手段之一。为提高检查舒适度,目前临床已开始使用孔径为 70 cm 的短磁体 3 T 磁共振仪。但由于主磁场均匀性较传统设备较低,所以单段视野(field of view, FOV)覆盖面积仅为 $400 \times 400 \text{ mm}^2$;

进行下肢动脉成像时,与传统设备相比,常需更多扫描时间以完成更多扫描段,从而增加了静脉显影的机率。该研究拟探讨在大孔径 3 T 磁共振仪中使用低剂量钆喷替酸葡甲胺(gadopentetate dimeglumine, Gd-DTPA)、高加速因子的并行采集技术行高分辨率下肢动脉 MRA 成像的可行性。

1 材料与方法

1.1 病例资料 共 22 例周围动脉闭塞性疾病的患者进行 MRA 及数字剪影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)检查,其中男 14 例,女 8 例;年龄 $58 \sim 82(70.59 \pm 8.37)$ 岁。根据 Fontaine 分级,有 6 例为 II a 级,7 例 II b 级,6 例 III 级,3 例 IV 级。

1.2 检查技术

1.2.1 MRA 检查 MRA 所用对比剂为 Gd-DTPA (Magnevist, 德国先灵公司),使用高压注射器,方案如下:剂量为 0.15 mmol/kg ,前 2/3 注射速度为 1.5 ml/s ,后 1/3 注射速度为 0.6 ml/s ,最后用 15 ml 生理盐水以 1.5 ml/s 的流速冲洗静脉通路。全部检查都在西门子 3.0T 磁共振仪(Magnetom Verio, 德国西门子公司)上完成,检查时使用全身体表线圈覆盖腹盆及下肢血管范围,血管成像分 3 段采集,对 3 段式扫描不能完全覆盖的患者,在足侧加扫第 4 段,其所用序列参数与第 3 段相同。在进行常规三平面定位扫描后,先采集各血管段的蒙片,所用序列为三维 FLASH 序列(参数见表 1);开始注入对比剂

2015-05-18 接收

作者单位: ¹安徽医科大学附属省立医院影像科,合肥 230001

²复旦大学医学院附属中山医院放射科,上海 200032

作者简介: 李 丹,女,博士,主治医师;

林 江,男,教授,博士生导师,责任作者, E-mail: lin.jiang@zs-hospital.sh.cn

of REM sleep(REM%). In the non-rapid eye movement(NREM) sleep, there was statistically significant difference between the healthy controls and two patients groups, such as the first period of NREM(N_1), the percentage of N_1 ($N_1\%$), the second period of NREM(N_2), the percentage of N_2 ($N_2\%$) and the percentage of NREM sleep (NREM%) ($P < 0.05$). Compared to the adult patients, in elder patients, AST was shortened, sleep latency(SL) was prolonged, REML decreased, NREM duration and the third period of NREM(N_3) decreased too, but NREM% increased, apnea-hyponea index(AHI) increased, mean and lowest saturation of blood oxygen of sleep decreased, mean saturation of blood oxygen of REM and NREM sleep decreased too, with a statistically significant difference ($P < 0.05$). **Conclusion** Compared to the healthy controls, both adult and elder patients have disordered sleep and respiration in sleep. The elder patients of depression have more serious sleep disorder and more abnormal respiration in sleep than adult patients.

Key words depression; age; polysomnography

后,实时观察腹主动脉信号,当信号开始上升时,即刻从头至足依次完成各血管段数据采集。将增强前后的数据进行自动剪影,并融合成下肢动脉全貌图。

表1 下肢动脉MRA三维FLASH序列参数

序列参数	1: 腹盆段	2: 大腿段	3-4: 小腿段
TR (ms)	2.89	3.00	3.16
TE (ms)	1.05	1.1	1.19
翻转角 (度)	25	25	25
FOV (mm ²)	362.5 × 400	362.5 × 400	350 × 400
层数	80	80	88
矩阵	270 × 320	317 × 384	368 × 448
空间分辨率 (mm ³)	1.3 × 1.3 × 1.3	1.1 × 1.0 × 1.1	0.9 × 0.9 × 0.9
平行采集因子	3	4	4
带宽 (Hz/pixel)	680	690	700
扫描时间 (s)	12	12	18

1.2.2 DSA检查 依据MRA图像,进行单侧下肢病变处的DSA检查。

1.3 图像分析

1.3.1 MRA图像评估 评估囊括范围如下,共23段动脉:腹主动脉下段、双侧髂总动脉、双侧髂内动脉、双侧髂外动脉、双侧股总动脉、双侧股浅动脉、双侧股深动脉、双侧腘动脉、双侧胫腓干、双侧胫前动脉、双侧胫后动脉及双侧腓动脉。图像采用盲法评估,其中血管清晰度由1名医师在工作站(Syngo,德国西门子公司)上评估完成,余相关评估由2名放射科医师(观察者1和2)分别完成。

根据血管显示清晰度对各FOV内的动脉图像进行1~4级评分:1分(未能显示);2分(能显示,但静脉重叠影响部分动脉显示);3分(显示清晰,轻度静脉显影);4分(图像佳,静脉未显示)。1~2分的MRA图像不能参与后继评估,其所在血管段及受影响的原因将被记录。

计算各段FOV信噪比(signal-to-noise ratio, SNR)和对比噪声比(contrast-to-noise ratio, CNR): $SNR = S_{Ia}/S_{dn}$ 和 $CNR = (S_{Ia} - S_{Im})/S_{dn}$ 。其中 S_{Ia} 、 S_{Im} 分别为增强后各扫描段中央区域血管及血管附近肌肉组织信号强度的均值; S_{dn} 为体外背景区背景噪声的标准差。

血管病变狭窄程度以50%为界,分为轻度及严重狭窄闭塞,若同一血管有多处病变则按最严重处记录。

1.3.2 DSA图像评估 DSA图像血管狭窄程度评估分级标准同前,由1名医师完成。对MRA和DSA结果均可评价的动脉节段,两种检查的结果将被比较。

1.4 统计学处理 采用SPSS 11.0软件进行分析。各视野的血管清晰度、SNR及CNR差异采用独立样本的非参数检验和方差分析比较,再用最小显著差法进行各视野间两两比较。另通过计算Kappa值评估医师间判读血管病变狭窄程度的一致性(Kappa为0时,无一致性;0.01~0.20时,一致性差;0.21~0.40时,一致性较差;0.41~0.60时,一致性较好;0.61~0.80时,一致性好;Kappa在0.81~1.00时,高度一致,一致性极佳)。此外,MRA和DSA显示血管病变的相关性用Spearman相关系数判定。

2 结果

2.1 一般检查情况 共22例患者完成全部MRA及DSA检查,其中3例MRA检查采用4段扫描,扫描时间由三段扫描的42s增加至60s,磁共振成像所用Gd-DTPA剂量为14.4~24.6(18.52 ± 2.54)ml。

2.2 血管清晰度评分 血管清晰度评分为(3.52 ± 0.61)分,因静脉重叠共有8段小腿动脉被排除在后继评估之外。盆腔、大腿及小腿各段图像清晰度差异无统计学意义(表2)。3例采用4段式扫描的病例,其血管清晰度评分均达3分及以上。

2.3 SNR和CNR 盆腔、大腿及小腿段SNR和CNR的差异有统计学意义(P < 0.05),见表2。组内进行两两比较时,盆腔及大腿段SNR和CNR差异均无统计学意义,而小腿段SNR和CNR皆低于其余两段(P < 0.05)。

表2 各段MRA血管清晰度、SNR和CNR

部位	盆段	大腿段	小腿段	F值
血管清晰度	3.55 ± 0.51	3.75 ± 0.48	3.32 ± 0.78	2.63
SNR	160.83 ± 58.71	161.90 ± 63.91	121.60 ± 50.33	3.46
CNR	144.82 ± 55.04	149.53 ± 61.80	105.21 ± 46.23	4.35

2.4 病变狭窄程度评估 共498段动脉图像参与病变狭窄程度评估,观察者1评估后认为:狭窄程度小于50%的血管有352段,另146段的血管狭窄程度大于等于50%;观察者2评估结果中狭窄程度小于50%的血管有349段,149段的血管狭窄程度大于等于50%。两个观察者评估结果中一致的血管段有489段(489/498, 98.19%),其中轻度狭窄血管(<50%)有346段,另严重狭窄闭塞者(≥50%)有143段;医师间对病变狭窄程度评估的Kappa值为0.96,具有高度一致性(P < 0.05)。仅9段血管的评估结果有差异,其中6段为小腿动脉。

2.5 与 DSA 图像比较 患者均根据 MRA 结果进行了单侧下肢患处血管的 DSA 检查。共有 184 段血管的 DSA 图像达到诊断要求,其中 MRA 同时合格的有 181 段。DSA 检查显示 121 段轻度、60 段重度狭窄的血管。

观察者 1 的评估结果中共有 161 段 (88.95%) 与 DSA 相符,余 20 段与 DSA 不符,其中 17 段血管 DSA 显示为轻度狭窄,而 MRA 将其评为重度,余 3 段血管段被 MRA 低估。CE MRA 与 DSA 检查结果密切相关 ($P < 0.05$)。

观察者 2 的评估结果中共有 160 段 (88.40%) 与 DSA 相符,余 21 段与 DSA 检查不符,其中 MRA 过高估计了 17 段被 DSA 显示为轻度狭窄的血管段,另 4 段被 DSA 评为重度狭窄的血管段在 MRA 中仅被评为轻度狭窄。两种检查方法评估结果密切相关 ($P < 0.05$)。见图 1。

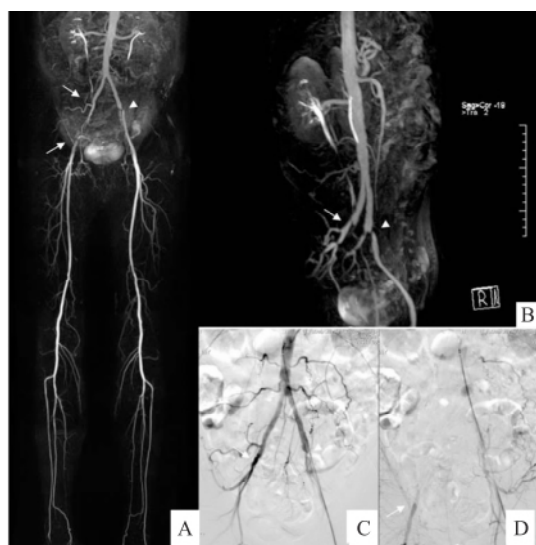


图 1 MRA 及 DSA 图像

A: 下肢动脉 MRA: 右髂外动脉长段闭塞及左髂外动脉局限闭塞,右髂外动脉闭塞段远端在股总动脉,近端由于血管重叠显示不清; B: 重建后显示右髂外动脉闭塞段近端及左髂外动脉病变; C: DSA 图右髂外动脉闭塞段的近端显示不清; D: DSA 图右髂外动脉闭塞段的远端浅淡显示

3 讨论

下肢动脉 MRA 的扫描范围包括髂总动脉分叉水平以上 2~3 cm 的腹盆动脉至小腿动脉,扫描范围较一般血管检查大,同时小腿段动脉管径细小,易受静脉影响,所以要想获得良好下肢动脉图像,需有效提高 SNR、CNR、控制扫描时间和提高空间分辨率。

近年来,并行采集技术已成为缩短扫描时间提高磁共振成像速度的主要方法^[2,3]。理论上,在使用 32 通道的体表线圈后,并行采集技术的加速因子可达 16,但在临床实践中,受 SNR 影响,1.5 T 磁共振进行血管成像时采用的加速因子多为 2。但由于高场强的磁共振仪和体表线圈均可有效提升图像 SNR,所以在 3 T 磁共振仪中^[4-5],使用表面线圈技术后并行采集技术可使用更高的加速因子^[6-7],从而有效缩短图像扫描时间。

有研究^[8]显示使用现有 3 T 磁共振,下肢动脉扫描可在 58 s 内完成,且空间分辨率可达到各项同性 (0.98 mm × 0.98 mm × 0.98 mm),但其所用磁共振主磁体均较长,单段 FOV 覆盖长度达 50 cm。而本研究所用磁共振仪孔径大,单段 FOV 覆盖长度仅为 40 cm,但由于使用较高加速因子的并行采集技术,缩短了扫描时间。所以在 3 名采用四段式扫描完成下肢动脉成像的患者中,扫描时间虽由三段式扫描的 42 s 上升到 60 s,但所获下肢动脉图像质量佳、静脉重叠少,并且空间分辨率在小腿段可达 0.9 mm × 0.9 mm × 0.9 mm。基于高分辨率的 MRA 结果,本研究所获 MRA 图像与 DSA 结果相关性极好,且操作者间一致性高 ($Kappa = 0.97$)。

与 DSA 结果相比,本研究两名医师的 MRA 评估结果中各有 17 段血管的狭窄程度被高估,另分别有 3 段和 4 段血管病变被低估,这可能与血管狭窄性病变多为偏心性改变,而所用 DSA 为二维图像,不能从多角度评估狭窄的最大程度有关^[9-10]。本研究所获数据为三维图像,同时空间分辨率在小腿段达到了亚毫米级 (0.9 mm × 0.9 mm × 0.9 mm),这样在三维重建后,可更好的判断血管病变的最大狭窄程度,这也从另一方面说明为何二维的 DSA 相比两名医师的 MRA 评估结果有多段血管病变被高估。此外,Wytenbach et al^[11]报道在下肢动脉成像中,腹盆至腓血管 DSA 与 MRA 一致性较好,血管较细小的小腿段评估结果一致性较差,而本研究中观察者间病变程度判断发生分歧的血管也多为管径相对较细小的小腿段动脉。

与 1.5 T 磁共振相比,在 3 T 场强中,血管周围组织 T1 弛豫时间会增加 20%~40%,在 FLASH 序列的短 TR 时间内极难恢复;而 Gd-DTPA 在高场中弛豫率变化相对较小,注入血管后,使血液的纵向弛豫在极短的 TR 时间内大部恢复,在图像上表现为高信号,从而产生更好的信号对比;此外,由于在 3T 中,水脂信号在 TE 为 1.1、3.3 ms 时相抵,为更

好抑制背景脂肪信号,降低磁敏感伪影,可将 TE 设在约 1.1 ms,以改善背景抑制。本研究所用成像方案使动脉与背景组织间产生良好的对比度,所用 Gd-DTPA 剂量仅 0.15 mmol/kg,而获得的图像质量和空间分辨率极佳。

本研究尚有不少缺陷。首先,研究所纳入病例数比较少;其次,为降低 DSA 检查时患者接受的射线量和对比剂用量,临床医师根据 CE MRA 检查结果进行选择性的 DSA 造影,为本研究带来一定偏移。

综上所述,在大孔径 3T 磁共振中,0.15 mmol/kg 的 Gd-DTPA 足以完成周围动脉磁共振成像,同时图像质量佳,空间分辨率高。

参考文献

- [1] Menke J, Larsen J. Meta-analysis: Accuracy of contrast-enhanced magnetic resonance angiography for assessing steno-occlusions in peripheral arterial disease [J]. *Ann Intern Med*, 2010, 153(5): 325-34.
- [2] Fenchel M, Scheule A M, Stauder N I, et al. Atherosclerotic disease: whole-body cardiovascular imaging with MR system with 32 receiver channels and total-body surface coil technology-initial clinical results [J]. *Radiology* 2006 238(1): 280-91.
- [3] Kramer H, Schoenberg S O, Nikolaou K, et al. Cardiovascular screening with parallel imaging techniques and a whole-body MR imager [J]. *Radiology* 2005 236(1): 300-10.
- [4] Kramer U, Nael K, Laub G, et al. High-resolution magnetic resonance angiography of the renal arteries using parallel imaging acquisition techniques at 3.0 T: initial experience [J]. *Invest Radiol* 2006, 41(2): 125-32.
- [5] Nael K, Saleh R, Lee M, et al. High-spatial-resolution contrast-enhanced MR angiography of abdominal arteries with parallel acquisition at 3.0 T: initial experience in 32 patients [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2006, 187(1): w77-85.
- [6] de Zwart J A, Ledden P J, van Gelderen P, et al. Signal-to-noise ratio and parallel imaging performance of a 16-channel receive-only brain coil array at 3.0 Tesla [J]. *Magn Reson Med* 2004 51(1): 22-6.
- [7] Weiger M, Pruessmann K P, Leussler C, et al. Specific coil design for SENSE: a six-element cardiac array [J]. *Magn Reson Med* 2001 45(3): 495-504.
- [8] Nael K, Krishnam M, Nael A, et al. Peripheral contrast-enhanced MR angiography at 3.0 T, improved spatial resolution and low dose contrast: initial clinical experience [J]. *Eur Radiol*, 2008, 18(12): 2893-900.
- [9] Ruehm S G, Goyen M, Barkhausen J, et al. Rapid magnetic resonance angiography for detection of atherosclerosis [J]. *Lancet*, 2001 357(9262): 1086-91.
- [10] Wasser M N, Westenberg J, van der Hulst V P, et al. Hemodynamic significance of renal artery stenosis: digital subtraction angiography versus systolically gated three-dimensional phase-contrast MR angiography [J]. *Radiology*, 1997 202(2): 333-8.
- [11] Wyttenbach R, Gianella S, Alerci M, et al. Prospective blinded evaluation of Gd-DOTA-versus Gd-BOPTA-enhanced peripheral MR angiography, as compared with digital subtraction angiography [J]. *Radiology* 2003 227(1): 261-9.

Peripheral contrast-enhanced MRA at open-bore 3T, with low dose contrast agent

Li Dan¹, Deng Kexue¹, Lin Jiang²

(¹Dept of Medical Imaging, The Affiliated Provincial Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230001;

²Dept of Radiology, The Affiliated Zhongshan Hospital of Fudan University, Shanghai 200032)

Abstract Objective To investigate the feasibility with low dose contrast agent in patients undergoing peripheral magnetic resonance angiography with high spatial resolution at open-bore 3 T scanner. **Methods** Images of MRA were assessed separately by two radiologists. And the images of DSA were assessed by one radiologist. The degree of the two interobservers' consensus for detection of arterial stenosis was determined by calculating the Kappa coefficient. Spearman rank correlation coefficient was used for revealing the relationship between contrast-enhanced MR angiography and DSA in terms of categories of stenosis. **Results** For the degree of vessel stenosis, Cohen's statistics revealed excellent agreement between the two observers. There was a significant correlation between DSA and MRA ($P < 0.05$). **Conclusion** At this open-bore 3 T scanner, high spatial resolution peripheral magnetic resonance angiography is achieved with low dose contrast agent.

Key words peripheral arterial occlusive disease; magnetic resonance angiography; parallel acquisition technique