

论 著

TOF-MRA和ASL-MRA在体检人群颅内动脉MRI扫描中的对比应用研究*

乔文俊^{1,2} 周 芳¹ 黄婵桃¹
林 洁¹ 李彩霞¹ 张梓雄¹
严承功^{1,2} 许乙凯^{1,2,3,*}

1.南方医科大学南方医院影像中心

(广东 广州 510515)

2.广东省放射医学诊断质量控制中心

(广东 广州 510515)

3.南方医科大学精神健康研究教育部重点实验室 (广东 广州 510515)

【摘要】目的 对比性评估TOF-MRA和ASL-MRA在体检人群颅内动脉的成像质量以及适应证。**方法** 收集2020年5月至2021年6月于南方医科大学南方医院行头颅MRA检查的受检者489例,所有受检者同时行TOF-MRA和ASL-MRA扫描。由两名影像医师采用双盲法分别对TOF-MRA和ASL-MRA图像质量进行评分,并检验两位医师对两种MRA方法评分结果的一致性。根据颅内动脉是否有病变及病变类型,主要分为正常血管组、颅内动脉狭窄组、颅内动脉或椎动脉纤细组、颅内动脉闭塞组、颅内动脉瘤组,并对各组中两种MRA成像方法的评分进行对比分析。**结果** 489例受检者中,正常血管326例、颅内动脉狭窄61例、颅内动脉或椎动脉纤细61例、颅内动脉闭塞18例、颅内动脉瘤17例、其余6例。两位医师TOF-MRA和ASL-MRA图像质量评分结果一致性良好。正常血管组TOF-MRA和ASL-MRA图像质量评分差异无统计学意义($P=0.963$);颅内动脉狭窄组、颅内动脉瘤组的TOF-MRA评分低于ASL-MRA(P 值均 <0.001);颅内动脉或椎动脉纤细组、颅内动脉闭塞组的TOF-MRA评分高于ASL-MRA(P 值均 <0.05)。**结论** 对于正常颅内血管,TOF-MRA和ASL-MRA均可提供高质量的图像,对存在狭窄、动脉瘤病变的血管,ASL-MRA可以提供更高的图像质量和更多的诊断信息,而对于闭塞、颅内动脉或椎动脉纤细的血管,TOF-MRA成像效果更优,望临床根据实际情况采取合适的扫描方法。

【关键词】 TOF-MRA; ASL-MRA; 颅内动脉; 成像质量

【中图分类号】 R651.1

【文献标识码】 A

【基金项目】 教育部创新团队滚动项目(IRT_16R37)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2022.06.001

Study of Intracranial Artery MRI Scanning in Physical Examination Population: Compare TOF-MRA with ASL-MRA*

QIAO Wen-jun^{1,2}, ZHOU Fang¹, HUANG Chan-tao¹, LIN Jie¹, LI Cai-xia¹, ZHANG Zi-xiong¹, YAN Cheng-gong^{1,2}, XU Yi-kai^{1,2,3,*}.

1.Imaging Center, Nanfang Hospital, Southern Medical University, Guangzhou 510515, Guangdong Province, China

2.Guangdong Quality Control Center of Radiology, Guangzhou 510515, Guangdong Province, China

3.Key Laboratory of Mental Health of the Ministry of Education, Southern Medical University, Guangzhou 510515, Guangdong Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the image quality and clinical application value of TOF-MRA and ASL-MRA in the intracranial arteries of the physical examination population comparatively. **Methods** 489 patients with head MRA examinations at Nanfang Hospital of Southern Medical University were collected from May 2020 to June 2021. All the patients scanned both TOF-MRA and ASL-MRA sequences. Scores would be given by two experienced radiologist with a double-blind method and be tested the consistency. According to whether there are lesions and the types of intracranial arteries, they are mainly divided into normal arteries group, intracranial artery stenosis group, intracranial artery or vertebral artery slender group, intracranial artery occlusion group, and intracranial aneurysm group, and then compare the image scores of the two MRA imaging methods in each group. **Results** Among the 489 patients, 326 with normal arteries, 98 with stenosis of intracranial arteries, 61 with slender intracranial arteries or vertebral arteries, 18 with occlusions of intracranial arteries, and 17 with intracranial aneurysms. The TOF-MRA and ASL-MRA image quality scores of the two radiologists were in good agreement. The TOF-MRA and ASL-MRA image quality scores of the normal vascular group were not statistically different ($P=0.963$). The TOF-MRA scores of the intracranial artery stenosis group and the intracranial aneurysm group were lower than ASL-MRA ($P<0.001$). The TOF-MRA scores of intracranial artery or vertebral artery slender group, intracranial artery occlusion group was higher than the ASL-MRA ($P<0.05$). **Conclusion** For normal intracranial vessels, both TOF-MRA and ASL-MRA can provide high-quality images. ASL-MRA can provide higher image quality and more diagnostic information in stenosis and aneurysm disease, while TOF-MRA imaging effect is better for occluded or slender blood vessels. It is suggested that we should adopt appropriate scanning methods according to the actual situation.

Keywords: TOF-MRA; ASL-MRA; Intracranial Artery; Imaging Quality

近年来,随着社会经济的发展和人们生活方式的改变,公众的健康体检意识不断增强,对颅脑血管疾病的预防及筛查重视程度明显提升。磁共振血管成像(MRA)是目前颅内血管病变监测及诊疗的主要手段,具有无须使用对比剂、无辐射、无创伤等优点^[1]。目前最常用的MRA技术是时间飞跃法磁共振血管成像技术(time of flight MR angiography, TOF-MRA),该方法中流动血液一般呈高信号,但对流速缓慢、走行迂曲、存在湍流的血管显影较弱,易造成血流中断的假象,增加误诊风险^[2-3]。动脉自旋标记磁共振血管成像(arterial spin labeling MR angiography, ASL-MRA)是一种新型MRA方法,利用血管内标记质子成像与背景组织进行减影形成MRA图像,理论上不受血管形态、血流湍流等的影响^[4-5],且扫描噪音较TOF-MRA序列明显降低,可一定程度上提高受检者就诊舒适度。本研究旨在对这两种MRA成像方法在常规体检人群颅内动脉成像的图像质量进行对比,以总结区分传统MRA技术和新技术的成像特点,为实际扫描选择序列提供参考依据,同时促进新型MRA成像技术在临床工作的常规化应用。

1 资料与方法

【第一作者】 乔文俊,女,技师,在读研究生,主要研究方向: MRI中枢神经系统。E-mail: 1257826529@qq.com

【通讯作者】 许乙凯,男,教授、主任医师,主要研究方向: 中枢神经系统CT及MRI。E-mail: yikaivip@163.com

1.1 研究对象 选取2020年5月至2021年6月期间，在南方医科大学南方医院体检专用MRI设备上颅内MRA检查的受检者，在行常规TOF-MRA扫描的基础上，同时进行ASL-MRA扫描，共收集受检者489例，男356例，女133例，年龄18~96岁，平均(58.24±12.02)岁，所有患者均签署知情同意书。对所采集的489例受检者TOF-MRA和ASL-MRA图像进行对比分析。

纳入标准：18岁以上，可行MRI扫描的受检者；无症状体检者；头晕、头痛、肢体麻木等查因者；脑肿瘤、脑梗死等颅脑疾病治疗后需复查MRA扫描的受检者。排除标准：因各种原因导致其中一个序列或者两个序列扫描不成功的，包括配合度差不能完成扫描的；由于受检者自身原因导致图像伪影较重的；受检者启动报警装置要求中止扫描的。

1.2 MRI采集参数和检查方法 使用 GE pioneer 3.0T MRI设备，21通道头颈联合线圈。TOF-MRA主要参数：视野(FOV)22.0cm×17.6cm，采用3个容积块(slabs)重叠模式采集，每个容积块为44层，块间重叠为31.8%，TR 22ms，TE 3.4ms，翻转角20°，频率/相位编码416×224，扫描层厚1.2mm，重组层厚0.6mm，扫描层数104层，带宽62.5Hz，像素0.5mm×1.0mm，自校准加速因子2.0，压缩感知因子1.2，扫描范围下缘在C2~C3椎间隙，上缘包括胛胝体扣带回，总扫描时间3min30s。ASL-MRA主要参数：FOV 20.0cm×18.0cm，扫描范围下缘在C2~C3椎间隙，上缘包括全脑，TE 0，带宽31.25Hz，频率/相位编码166×166，像素1.3mm×1.0mm，层厚1.2mm，重组层厚0.6mm，扫描层数126层，总扫描时间5min40s。扫描完成后所得数据均在GE AW 4.7工作站进行血管重组。

1.3 图像评价及分析

1.3.1 图像主观评价 由2名具有10年以上中枢神经系统MRI诊断经验的影像主治医师对入组受检者进行诊断，并对血管及病变显影情况分别进行评分。鉴于本次受检者均为常规体检，无CT血管造影或DSA图像做参考，因此以传统TOF-MRA进行诊断并根据诊断结果分组，当诊断意见不一致时，由另外一名主任医师仲裁以确定最终诊断结果。对两种MRA方法的成像质量评分采用4分法进行，标准如下：血管边缘锐利，病变显示清晰并可测量，记为4分；血管边缘稍模糊，病变显示欠清晰但可测量，记为3分；血管边缘模糊，病变可显示但无法测量，记为2分；血管及病变显示差，记为1分。

1.3.2 统计学方法 采用SPSS 20.0统计学软件，采用Kappa检验对两名医师评价的所有受检者的TOF-MRA和ASL-MRA图像质量进行一致性分析，Kappa值>0.81为一致性极好，0.61-0.81为良好，0.41~0.60为中等，0.21~0.40为一般，<0.21为不符合。如一致性良好，则对两组评分取平均值进行wilcoxon符号秩检验，结果以中位数、四分位距表示，P<0.05为差异具有统计学意义。

2 结 果

2.1 统计结果 489例受检者中，正常血管组326例、颅内动脉狭窄组61例/98处、颅内动脉或椎动脉纤细61例/处、颅内动脉闭塞18例/处、颅内动脉瘤17例/处，其余6例/10处(出血

1处、血管畸形7处、烟雾病2处)。Kappa检验结果显示，2名医师的TOF-MRA和ASL-MRA血管成像质量评分一致性良好，Kappa值分别为0.783，P<0.001；0.778，P<0.001。

2.2 颅内血管病变分组 本研究中，所有受检者按照是否有病变及病变类型主要分为5组：正常血管组、颅内动脉狭窄组、颅内动脉或椎动脉纤细组、颅内动脉闭塞组、颅内动脉瘤组(其余组由于占比较小，不做详细讨论)。这5组中，正常血管组的TOF-MRA和ASL-MRA图像评分差异无统计学意义，颅内动脉狭窄组和颅内动脉瘤组ASL-MRA评分高于TOF-MRA，颅内动脉闭塞组和颅内动脉或椎动脉纤细组中TOF-MRA评分高于ASL-MRA，见表1。

表1 各组TOF-MRA和ASL-MRA评分

分组	例数	评分类型	中位数	四分位距	统计量Z值	P值
正常血管组	326	TOF-MRA	4.00	1.00	-0.047	0.963
		ASL-MRA	4.00	1.00		
颅内动脉狭窄组	98	TOF-MRA	3.00	0.00	-7.115	<0.001
		ASL-MRA	4.00	1.00		
颅内动脉或椎动脉纤细组	61	TOF-MRA	4.00	1.00	-4.822	<0.001
		ASL-MRA	3.00	0.00		
颅内动脉闭塞组	18	TOF-MRA	3.00	0.50	-2.036	0.042
		ASL-MRA	2.75	1.50		
颅内动脉瘤组	17	TOF-MRA	3.00	0.25	-4.00	<0.001
		ASL-MRA	4.00	0.25		

3 讨 论

3.1 TOF-MRA和ASL-MRA技术分析 TOF-MRA是目前临床上应用最为广泛的磁共振血管成像技术，该技术基于血液的流入增强效应使动脉管腔信号增高，而静止组织由于饱和效应表现为低信号^[6-7]。该技术易受到血管走行、流速等的影响^[8]，如果管腔内血流速度不够快，可能会导致其在快速重复的射频激励过程中与背景组织一起被饱和掉^[9]，为了达到血流信号与背景信号最佳对比，TOF-MRA采用垂直血流方向成像，这也导致其对平行于采集方向的血流信号丢失严重，如颈内动脉虹吸段，在TOF-MRA上常表现为流空效应^[10-12]。

ASL-MRA是近年来的新技术，其工作原理与TOF-MRA不同，主要包括ASL技术和零回波时间对比技术(zero echo time, zTE)两部分，ASL选择性标记血液中的质子作为内源性示踪剂，通过与非标记的背景组织减影，去除了动脉血管周围组织信号^[13]，形成了类似DSA的血管非增强造影，该方法理论上背景抑制更彻底，血管边缘更锐利，且可实现顺血流方向成像，降低了血流方向对成像信号的影响^[14]。zTE技术基于3D螺旋式K空间填充方式，结合了微动梯度编码及超快速瞬切射频技术实现了零回波信号采集，可在一个非常短的TR间期之后即开始下一次激励^[15]，此方法可显著降低扫描噪音，因此又称作静音MRA，有研究显示该技术可有效减少金属支架等带来的磁敏感伪影，更好地显示颅内血管内栓塞术后载瘤动脉血流情况^[16]。

3.2 评分结果分析 本研究中，两种MRA方法对正常血管显示

无明显差异, 血管纤细组、颅内动脉闭塞组中传统TOF-MRA图像评分高, 而颅内动脉狭窄组、动脉瘤组ASL-MRA图像显示更好, 本研究分析原因如下。

在颅内动脉或椎动脉纤细组、闭塞组中, 纤细的血管管径较小, 血管内血流量降低^[17], 闭塞的血管则会导致供应区域血流中断, 导致成像层面标记的质子数量不足, 因此ASL-MRA信号较弱, 目标段血管显示不清; 而TOF-MRA的主要影响因子为血流速度及血管走行, 因此对于纤细但走行正常的血管显影较好, 如图1、图2。此外, 一般ASL-MRA序列的空间分辨力低于TOF-MRA^[18], 这在客观上限制了其对纤细的血管

分支的显示。

在狭窄组和动脉瘤组中, 病变处及病变前后血流方向、血流速度、血流模式均发生变化, 局部形成不同程度的湍流, 使扫描范围内受激励的质子相位发散^[19-21], 导致TOF-MRA对狭窄血管、动脉瘤显示较差, 而ASL-MRA通过标记动脉与背景组织减影成像, 不受血管形态及血流速度等因素的影响, 且回波时间接近零, 被标记的质子可快速进入信号采集状态, 因此病变处信号更为均匀, 如图3、图4。狭窄组研究结果与齐欣等^[22]有所不同, 原因可能与不同设备的参数设置、研究样本量差异等有关。

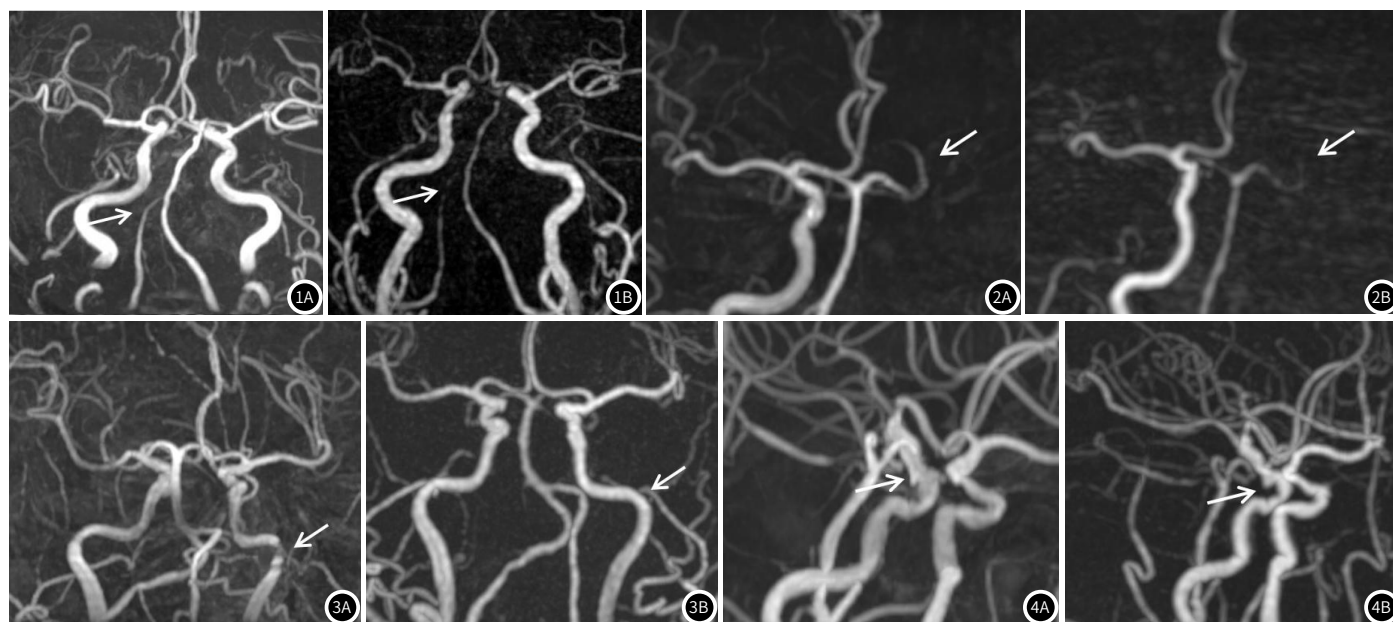


图1 颅内动脉纤细组血管成像。图1A: TOF-MRA示右侧椎动脉颅内段较对侧纤细, 但显影完整; 图1B: ASL-MRA示右侧椎动脉显影中断, 易误诊为闭塞。**图2** 颅内动脉闭塞组血管成像。患者左侧颈内动脉及大脑中动脉闭塞。图2A: TOF-MRA中右侧大脑中动脉远端分支及双侧大脑后动脉显影清晰; 图2B: ASL-MRA中右侧大脑中动脉远端分支及双侧大脑后动脉均显影不清。**图3** 颅内动脉狭窄组血管成像。图3A: TOF-MRA显示左侧颈内动脉颅内段中-重度狭窄(箭头处); 图3B: ASL-MRA上此处血管未见异常。**图4** 颅内动脉瘤组血管成像。图4A: TOF-MRA示右侧颈内动脉颅内段结节状突起, 血管边缘毛糙, 血管内信号不均, 无法判断是否有小动脉瘤(箭头处); 图4B: ASL-MRA血管边缘清晰, 血管内信号均匀, 小动脉瘤清晰可见(箭头处)。

综上所述, 本研究认为, 对于体检人群的颅脑血管磁共振扫描, TOF-MRA和ASL-MRA在大多数情况下均可满足诊断需求, 鉴于TOF-MRA扫描时间相对较短, 可先行TOF-MRA扫描, 如发现可能存在血管狭窄、动脉瘤等病变, 可再行ASL-MRA辅助扫描, 以提供更多的图像信息, 提高诊断准确度。

参考文献

- [1] 张宏, 余玉盛, 李慧. 3D-TOFMRA诊断颅内动脉瘤的临床价值分析[J]. 医学影像学杂志, 2016, 26 (8): 1527-1528.
- [2] 徐红维, 张军晖, 项行林. MRI结合MRA诊断脑血管畸形的价值观察[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19 (6): 11-14.
- [3] 王改红. 分析CT和MRI在脑血管疾病诊断中的应用效果[J]. 罕少疾病杂志, 2018, 25 (1): 4-5, 32.
- [4] Hernandez-Garcia L, Lahiri A, Schollenberger J. Recent progress in ASL[J]. Neuroimage, 2019, 187: 3-16.
- [5] Wang M, Yang Y, Wang Y, et al. Correction to: Vessel-selective 4D MRA based on ASL might potentially show better performance than 3D TOF MRA for treatment evaluation in patients with intra-extracranial bypass surgery: A prospective study[J]. Eur Radiol, 2021, 31 (9): 7214.
- [6] Shang S, Ye J, Luo X, et al. Follow-up assessment of coiled

intracranial aneurysms using zTE MRA as compared with TOF MRA: A preliminary image quality study[J]. Eur Radiol, 2017, 27 (10): 4271-4280.

- [7] 张浩南, 宋清伟, 张钦和, 等. 磁共振血管成像评估颈动脉狭窄的研究进展[J]. 磁共振成像, 2021, 12 (3): 92-94.
- [8] 翟茂雄, 李武超, 唐斌, 等. 零TE技术在头颈血管的临床应用初探[J]. 临床放射学杂志, 2019, 38 (2): 351-354.
- [9] 宋宇, 晁迎九, 徐运军. 磁共振3D TOF-MRA和ZTE-MRA在脑血管成像的对比[J]. 中国医学物理学杂志, 2020, 209 (12): 59-63.
- [10] Ahmed S U, Mocco J, Zhang X, et al. MRA versus DSA for the follow-up imaging of intracranial aneurysms treated using endovascular techniques: A meta-analysis[J]. J Neurointerv Surg, 2019, 11 (10): 1009-1014.
- [11] Arai N, Akiyama T, Fujiwara K, et al. Silent MRA: Arterial spin labeling magnetic resonant angiography with ultra-short time echo assessing cerebral arteriovenous malformation[J]. Neuroradiology, 2020, 62 (4): 455-461.
- [12] 郭慧敏, 杨晓光, 王泽峰. 3.0T场强磁共振应用MRA血管成像与3D-ASL脑灌注成像技术在诊断缺血性脑血管疾病中的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2016, 14 (12): 35-36, 67.

(上接第3页)

- [13] 张渺娜, 闫呈新, 张颜波, 等. T2-FLAIR联合3D-ASL在急性缺血性脑卒中侧支循环评估中的应用分析[J]. 中华神经医学杂志, 2021, 20(1): 16-22.
- [14] 嵇昀, 徐凯, 吴琛, 等. Silent MRA与3D TOF MRA对颈内动脉海绵窦段的成像质量比较[J]. 临床放射学杂志, 2019, 38(5): 923-926.
- [15] 林英奎, 吴寿兴. 参芎注射液治疗缺血性脑血管疾病的疗效及机制分析[J]. 罕少疾病杂志, 2019, 26(3): 64-66.
- [16] 龚河军, 吕剑. ZTE技术磁共振血管造影对脑血管畸形的诊断价值[J]. 中华介入放射学电子杂志, 2016, 4(4): 224-226.
- [17] 闫克杰, 宋彦, 丁旭萌. 椎基底动脉纤细或狭窄与血管性眩晕的相关性分析[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2013, 16(4): 34-35.
- [18] Irie R, Suzuki M, Yamamoto M, et al. Assessing blood flow in an intracranial stent: A feasibility study of MR angiography using a silent scan after stent-assisted coil embolization for anterior circulation aneurysms[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2015, 36(5): 967-970.
- [19] Tanoue S, Uchiyama Y, Hirohata M, et al. Follow-up non-contrast MRA after treatment of intracranial aneurysms using microcoils with prominent metallic artifact: A comparative study of TOF-MRA and Silent MRA[J]. Jpn J Radiol, 2020, 38(9): 853-859.
- [20] 宋焱, 黄娟, 祁鹏, 等. 零回波时间动脉自旋标记MR血管成像评估颅内动脉瘤介入治疗效果[J]. 中华放射学杂志, 2018, 52(8): 624-629.
- [21] 程美雄. MRA对颅内动脉瘤支架辅助弹簧圈栓塞术后随访结果的评估价值分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2020, 18(1): 4-7.
- [22] 齐欣, 沙琳, 吕建波, 等. ZTE-MRA与TOF-MRA对脑动脉狭窄诊断价值对比研究[J]. 磁共振成像, 2021, 12(2): 70-73.
- (收稿日期: 2022-01-04)