

Comparison on image quality of 5.0T and 3.0T time of flight MR angiography for displaying anterior choroidal arteries

LI Zhangzhu¹, YIN Liang¹, SHANG Mingyan¹, WANG Zhensong¹, YU Dan², GAN Jie^{1*}

(1. Department of Radiology, Shandong Provincial Third Hospital, Shandong University, Jinan 250031, China;

2. United Imaging Research Institute of Intelligent Imaging, Beijing 100094, China)

[Abstract] **Objective** To compare image quality of 5.0T and 3.0T time of flight MR angiography (TOF-MRA) and displaying choroidal anterior arteries (AChA). **Methods** Data of 80 patients who underwent head 5.0T (5.0T group, $n=40$) and/or 3.0T TOF-MRA (3.0T group, $n=42$) were retrospectively analyzed, among them 2 patients underwent both 5.0T and 3.0T TOF-MRA. The subjective scoring and objective evaluation of image quality were performed, and the results were compared between groups. AChA was divided into proximal, intermediate and distal segments (A1, A2, A3 segment), the quantity of left and right AChA shown on 5.0T and 3.0T TOF-MRA were recorded, and the length and diameter of left and right AChA displayed on MRA were comparatively observed. **Results** The subjective scores of image quality of 5.0T group were higher than that of 3.0T group ($5.0 [4.0, 5.0]$ vs. $5.0 [3.0, 5.0]$, $Z=6.417$, $P=0.029$). The signal-to-noise ratio (91.01 ± 5.04) and contrast-to-noise ratio (72.47 ± 5.14) of 5.0T group were both larger than those of 3.0T group ($[62.11 \pm 4.16]$, $[48.92 \pm 4.62]$, $t=28.339$, 19.681 , both $P<0.001$). There were 80 segments of AChA-A1, 80 of AChA-A2 and 60 segments of AChA-A3 displayed on 5.0T TOF-MRA, while 60 segments of AChA-A1, 36 of AChA-A2 and 12 segments of AChA-A3 displayed on 3.0T TOF-MRA, respectively. In 5.0T group, the length of the left and right AChA was (24.01 ± 7.41)mm and (22.72 ± 9.36)mm, with diameter of (1.16 ± 0.12)mm and (1.19 ± 0.14)mm, respectively, whereas in 3.0T group, the relative values were (18.35 ± 8.67) mm, (16.80 ± 6.94) mm, (0.99 ± 0.25)mm and (0.95 ± 0.29)mm, respectively, all in 5.0T group were greater than in 3.0T group ($t=3.242$, 3.183 , 4.595 , 3.846 , all $P<0.001$). **Conclusion** Compared with 3.0T TOF-MRA, 5.0T TOF-MRA of AChA might provide better image quality and clearer vessel depiction, being helpful to clinical diagnosis and treatment of AChA-related cerebral vascular diseases.

[Keywords] anterior choroidal artery; magnetic resonance angiography

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2024.05.004

对比 5.0T 与 3.0T 时间飞越法 MRA 图像质量及其所示脉络膜前动脉

李章柱¹,殷亮¹,商明艳¹,王振松¹,于丹²,甘洁^{1*}

(1. 山东大学附属山东省立第三医院影像中心, 山东 济南 250031; 2. 北京联影智能影像技术研究院, 北京 100094)

[摘要] **目的** 比较 5.0T 与 3.0T 时间飞越法 MR 血管成像 (TOF-MRA) 图像质量及其所示脉络膜前动脉 (AChA)。 **方法** 回顾性收集接受头部 5.0T TOF-MRA (5.0T 组, $n=40$) 或 3.0T TOF-MRA (3.0T 组, $n=42$) 的 80 例患者 (其中 2 例先后接受 2 种 TOF-MRA), 对图像质量进行主观评分及客观评价; 将 AChA 均分为近、中及远段 (A1、A2、A3 段), 记录 2 种 TOF-MRA 显示左、右侧 AChA 数量, 并观察其所示左、右侧 AChA 长度及直径的差异。 **结果** 5.0T 组图像质量主

[第一作者] 李章柱 (1980—), 男, 山东菏泽人, 硕士, 副主任医师。研究方向: 中枢神经 MRI 诊断。E-mail: lizhangzhu@163.com

[通信作者] 甘洁, 山东大学附属山东省立第三医院影像中心, 250031。E-mail: ganjie000@sina.com

[收稿日期] 2023-12-19 [修回日期] 2024-05-12

观评分高于 3.0T 组 $[5.0(4.0, 5.0)$ vs. $5.0(3.0, 5.0)$, $Z=6.417$, $P=0.029$], 且图像信噪比 (91.01 ± 5.04) 及对比度噪声比 (72.47 ± 5.14) 亦均高于 3.0T 组 $[(62.11 \pm 4.16), (48.92 \pm 4.62)]$, $t=28.339, 19.681$, P 均 <0.001 。5.0T 组共显示 80 段 AChA-A1, 80 段 AChA-A2 及 60 段 AChA-A3, 3.0T 组 TOF-MRA 共显示 60 段 AChA-A1, 36 段 AChA-A2 及 12 段 AChA-A3。5.0T 组所示左、右侧 AChA 长度分别为 (24.01 ± 7.41) mm、 (22.72 ± 9.36) mm, 左、右侧 AChA 直径分别为 (1.16 ± 0.12) mm、 (1.19 ± 0.14) mm, 3.0T 组长度分别为 (18.35 ± 8.67) mm、 (16.80 ± 6.94) mm, 直径分别为 (0.99 ± 0.25) mm、 (0.95 ± 0.29) mm; 5.0T 组各值均大于 3.0T 组($t=3.242, 3.183, 4.595, 3.846$, P 均 <0.001)。结论 相比 3.0T TOF-MRA, 5.0T TOF-MRA 图像质量更佳、显示 AChA 更为清晰, 可为临床诊治 AChA 相关脑血管病提供依据。

[关键词] 脉络膜前动脉; 磁共振血管造影术

[中图分类号] R743; R445.2 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2024)05-0653-04

脉络膜前动脉(anterior choroidal artery, AChA)位于大脑深部, 其管径细小; AChA 梗塞可致供血区脑梗死, 引起肢体瘫痪等严重后遗症^[1]; 且 AChA 为颅内动脉瘤好发部位, 动脉瘤破裂可威胁生命^[2]。AChA 成像具有重要临床意义。时间飞跃法 MR 血管成像(time of flight MR angiography, TOF-MRA)空间分辨率、信噪比(signal-to-noise ratio, SNR)及软组织分辨率均较高, 能清晰显示脑血管, 目前已成为临床一线无创脑血管成像技术。传统 1.5T 及以下低场强 MRA 通常仅用于大血管如颈内动脉、大脑前、中、后动脉成像, 而对 AChA 难以显示或显示欠清^[3]。超高场 7.0T TOF-MRA 价格昂贵, 设备难以普及, 且因无法进行全身扫描而临床应用价值受限。5.0T MR 仪可用于全身扫描, 且显示小血管效果与 7.0T MR 仪相当。本研究对比 5.0T 与 3.0T TOF-MRA 图像质量及其显示 AChA 的差异。

1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性分析 2023 年 5 月—8 月因头痛、头晕或偏侧感觉障碍而于山东省立第三医院接受头部 3.0T TOF-MRA (3.0T 组, $n=42$) 或 5.0T TOF-MRA (5.0T 组, $n=40$) 检查的 80 例患者(其中 2 例先后接受 2 种 TOF-MRA 检查)。3.0T 组男 23 例、女 19 例, 年龄 16~87 岁、平均 (61.5 ± 17.3) 岁, 其中 24 例年龄 >60 岁; 5.0T 组男 16 例、女 24 例, 年龄 24~83 岁、平均 (57.6 ± 11.3) 岁, 其中 24 例年龄 >60 岁。排除标准: ①曾因脑动脉瘤接受手术治疗或植入动脉瘤夹; ②脑出血史或大面积脑梗死等; ③心脏手术或植入人工心脏瓣膜史; ④妊娠或 3 个月内有妊娠计划及哺乳期女性; ⑤幽闭恐惧症。本研究经医院伦理委员会批准(KYLL-2023078); 检查前患者均知情同意。

1.2 仪器与方法 采用 Philips Ingenia 3.0T MR 仪或联影 uMR Jupiter 5.0T MR 仪及头部线圈行头部 TOF-MRA。参数: 3.0T TOF-MRA, TR 20 ms, TE 3.5 ms, FOV 224 mm \times 181 mm, NEX 1, FA 15°, 体

素 0.63 mm \times 0.63 mm \times 0.63 mm, 扫描时间 8 min 8 s; 5.0T TOF-MRA, TR 20 ms, TE 3.8 ms, FOV 224 mm \times 180 mm, NEX 1, FA 20°, 体素 0.5 mm \times 0.5 mm \times 0.5 mm, 扫描时间 7 min 58 s。

1.3 分析图像 扫描结束后对原始 TOF-MRA 行最大密度投影(maximal intensity projection, MIP)容积重建(volume reconstruction, VR)及曲面重组(curved planar reconstruction, CPR)。由分别具有 8 年和 10 年诊断经验的影像科医师各 1 名(医师 1、2)观察原始 TOF-MRA 并重建图像, 采用盲法以 Likert 量表 5 分法对图像质量进行主观评分: 5 分为图像质量优, 适用于诊断; 4 分为图像质量良好, 可用于诊断; 3 分为图像质量一般, 不影响诊断; 2 分为图像质量欠佳, 影响诊断; 1 分为图像质量差, 不能用于诊断。取 2 名医师评分结果的均值进行分析。以主观评分 ≥ 3 分图像为符合诊断标准。

由医师 2 及另 1 名具有 10 年以上工作经验的影像科医师(医师 3)于原始 TOF-MRA 显示基底动脉(basilar artery, BA)中段层面上的 BA 腔内及同层面脑干区域放置相同大小的圆形 ROI, 测量其信号强度(signal intensity, SI), 计算图像 SNR 及对比度噪声比(contrast-to-noise ratio, CNR)^[4-5]: $SNR = (SI_{BA} / SI_{脑干标准差}) \times 100\%$, $CNR = [(SI_{BA} - SI_{脑干}) / SI_{脑干标准差}] \times 100\%$ 。

将 AChA 均分为近、中及远段(A1、A2、A3 段), 由医师 1、2 观察 2 种 TOF-MRA 所示双侧 AChA 数量, 并于 TOF-MRA CPR 或拉直图像中测量左、右侧 AChA 长度, 于原始 TOF-MRA 中测量 AChA 近段最大径作为 AChA 直径; 取其测值的均值作为最终结果。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 25.0 统计分析软件。以 Shapiro-Wilk 检验对计量资料行正态性检验。以 $\bar{x} \pm s$ 表示符合正态分布的计量资料, 行独立样本 t 检验; 以中位数(上下四分位数)表示偏态分布计量资料,

同向性偏盲;而 AChA 病变致脑梗死灶患者虽仅少数出现症状或仅见非特异性症状^[8],但可使认知能力下降并增加未来罹患卒中风险。因此,准确显示 AChA 对于诊断脑血管疾病至关重要。

TOF-MRA 具有非侵入性、无辐射、无需对比剂及可重复等优势,临床应用范围广泛^[9]。目前临床诊断大血管相关疾病时,多以 1.5T 和 3.0T 设备采集 TOF-MRA;而大脑动脉环周围穿支动脉管径细小,传统 1.5T 和 3.0T TOF-MRA 常无法显示或显示程度不足^[4]。既往研究^[10-11]证实,随场强增高,所获 MR 图像的空间分辨率增大、SNR 及 CNR 明显提高。PARK 等^[3]发现,应用 7.0T MRA 可在分辨率 0.2~0.3 mm³ 条件下清晰显示微血管。LIU 等^[4]报道,7.0T MRA 的 CNR 为 3.0T MRA 的(4.53±0.95)倍,能提供更多小血管细节,且所显示血管分支数较 3.0T MRA 显著增加。

本研究所用 5.0T MR 仪配备的 3.5MW 全数字化高保真高精度梯度功率放大器有助于改善图像质量,能更清晰地显示小血管和穿支动脉。本研究结果显示,AChA 3.0T TOF-MRA 与 5.0T TOF-MRA 均可满足临床诊断需求,而 5.0T TOF-MRA 主观评分、图像 SNR 和 CNR 均高于 3.0T TOF-MRA,与既往研究^[4]结果相符;5.0T 组显示 80 段 AChA-A1、80 段 AChA-A2 及 60 段 AChA-A3,3.0T 组显示 60 段 AChA-A1、36 段 AChA-A2 及 12 段 AChA-A3 段;且 5.0T 组 TOF-MRA 所示 AChA 长度及直径均大于 3.0T 组(P 均 <0.001)。5.0T TOF-MRA 中,AChA 近、中段均显影且分段清晰;而 3.0T TOF-MRA 能显示多数近段 AChA,显示中段较模糊、显示远段欠清,与史张等^[5]的结果相似。以上结果提示,相比 3.0T TOF-MRA,AChA 5.0T TOF-MRA 图像质量更高,有利于诊治 AChA 相关脑血管疾病如动脉瘤、烟雾病及癫痫等,以及评估预后^[12-15]。

综上所述,相比 3.0T TOF-MRA,5.0T TOF-MRA 图像质量更佳、显示 AChA 更为清晰,可为临床诊治 AChA 相关脑血管疾病提供依据。但本研究为单中心小样本观察,且未涉及影响图像质量的设备硬件因素,有待后续加以完善。

利益冲突:全体作者声明无利益冲突。

作者贡献:李章柱研究设计和实施、撰写文章;殷亮统计分析;商明艳和王振松研究实施;于丹修改文章;甘洁查阅文献、指导。

[参考文献]

- [1] TSUTSUMI S, ONO H, YASUMOTO Y. The cisternal segment of the anterior choroidal artery: An anatomical study using magnetic resonance imaging[J]. Childs Nerv Syst, 2017, 33(11):2011-2016.
- [2] DUAN Y, QIN X, AN Q, et al. A new classification of anterior choroidal artery aneurysms and its clinical application[J]. Front Aging Neurosci, 2021, 13:596829.
- [3] PARK C A, KANG C K, KIM Y B, et al. Advances in MR angiography with 7T MRI: From microvascular imaging to functional angiography[J]. Neuroimage, 2018, 168:269-278.
- [4] LIU J, CHEN F, WANG X, et al. A comparative analysis framework of 3T and 7T TOF-MRA based on automated cerebrovascular segmentation[J]. Comput Med Imaging Graph, 2021, 89:101830.
- [5] 史张, 缪熙音, 朱硕, 等. 临床 5.0 T 超高场 MRI 评估脑动脉及其分支的价值[J]. 中华放射学杂志, 2022, 56(8):886-891.
- [6] ALVES I S, COUTINHO A M N, VIEIRA A P F, et al. Imaging aspects of the hippocampus[J]. Radiographics, 2022, 42(3):822-840.
- [7] 牛俊霞, 冉云彩, 陈锐, 等. 对比 PETRA-MRA, TOF-MRA 及 CTA 评估颅脑前循环动脉狭窄[J]. 中国医学影像技术, 2022, 38(11):1611-1615.
- [8] de COCKER L J, LINDENHOLZ A, ZWANENBURG J J, et al. Clinical vascular imaging in the brain at 7T[J]. NeuroImage, 2018, 168:452-458.
- [9] 吴明振, 亓立峰, 赵立新, 等. 零回波时间动脉自旋标记及时间飞跃法 MR 血管成像诊断颅内动脉粥样硬化性狭窄[J]. 中国医学影像技术, 2022, 38(3):341-345.
- [10] FAGAN A J, BITZ A K, BJÖRKMAN-BURTSCHER I M, et al. 7T MR safety[J]. J Magn Reson Imaging, 2021, 53(2):333-346.
- [11] PLATT T, LADD M E, PAECH D. 7 Tesla and beyond: Advanced methods and clinical applications in magnetic resonance imaging[J]. Invest Radiol, 2021, 56(11):705-725.
- [12] RUTLAND J W, DELMAN B N, GILL C M, et al. Emerging use of ultra-high-field 7T MRI in the study of intracranial vascularity: State of the field and future directions[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2020, 41(1):2-9.
- [13] LEEMANS E, CORNELISSEN B, SING M L C, et al. 7T versus 3T MR angiography to assess unruptured intracranial aneurysms[J]. J Neuroimaging, 2020, 30(6):779-785.
- [14] ZHANG C, SHI J. 7T MRI for intracranial vessel wall lesions and its associated neurological disorders: A systematic review[J]. Brain Sci, 2022, 12(5):528.
- [15] 李舒曼, 王可颜, 程敬亮. 烟雾病的磁共振成像研究进展[J]. 中国介入影像与治疗学, 2016, 13(9):580-584.