

Three-dimensional arterial spin labeling PWI in evaluating postoperative cerebral perfusion changes in patients with Moyamoya disease

ZHU Wenjie, ZHANG Shun, YAO Yihao, WANG Zhenxiong, PENG Li,
GUAN Hanxiong*, ZHU Wenzhen

(Department of Radiology, Tongji Hospital of Tongji Medical College of Huazhong
University of Science and Technology, Wuhan 430030, China)

[Abstract] **Objective** To observe the value of three-dimensional arterial spin labeling (3D-ASL) PWI in evaluating postoperative cerebral perfusion changes in patients with Moyamoya disease. **Methods** Totally 19 patients of Moyamoya disease confirmed with DSA were enrolled. All the patients received revascularization. Before and after operation, 3D-ASL PWI and dynamic susceptibility contrast perfusion weighted imaging (DSC-PWI) were performed. ROI was located in the region with obvious perfusion changes supplied by middle cerebral artery on the operating side. Then the cerebral blood flow (CBF) was measured on 3D-ASL images, and time to peak (TTP) was measured on DSC-PWI images before and after operation. The differences of CBF and TTP before and after operation were compared, as well as the improvement rate of CBF, TTP and clinical symptoms. **Results** Before and after operation, CBF was (41.40 ± 11.36) ml/(100 g · min) and (54.10 ± 16.69) ml/(100 g · min), respectively, and the difference was statistically significant ($t = -4.273$, $P < 0.01$). TTP was (28.66 ± 3.21) s and (26.44 ± 3.93) s, respectively, and the difference was also statistically significant ($t = -2.936$, $P < 0.01$). The improvement rate of clinical symptoms was 84.21% (16/19), of CBF was 78.95% (15/19) and of TTP was 68.42% (13/19), the differences of improvement rate had no statistically significant ($P = 0.625$). **Conclusion** 3D-ASL PWI is noninvasive, no contrast agent need to be used, and can be used to evaluate perfusion changes after operation of revascularization in patients with Moyamoya disease.

[Key words] Moyamoya disease; Arterial spin labeling; Magnetic resonance imaging; Cerebral revascularization

DOI:10.13929/j.1003-3289.201708141

三维动脉自旋标记 PWI 评估烟雾病患者血管重建术后脑灌注变化

朱文杰, 张 顺, 姚义好, 王振熊, 彭 莉, 管汉雄*, 朱文珍

(华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科, 湖北 武汉 430030)

[摘 要] **目的** 探讨三维动脉自旋标记(3D-ASL)PWI 技术评估烟雾病患者血管重建术后脑血流灌注变化的价值。**方法** 收集经 DSA 确诊并接受联合血管重建术的 19 例烟雾病患者, 全部患者均于术前、术后接受 3D-ASL PWI 及动态磁敏感对比增强 PWI(DSC-PWI)。在术侧大脑中动脉供血区灌注改善最显著区域放置 ROI, 术前、术后于 ASL 图像测量脑血流量(CBF), 于 DSC-PWI 图像测量达峰时间(TTP); 比较手术前后 CBF 和 TTP 的差异以及临床症状、CBF 和 TTP 的改善率。**结果** 术侧大脑中动脉供血区术前、术后 CBF 分别为 (41.40 ± 11.36) ml/(100 g · min) 和 (54.10 ± 16.69) ml/

[第一作者] 朱文杰(1990—), 男, 湖北武汉人, 硕士, 医师。研究方向: 中枢神经系统影像学。E-mail: xingdou1990@163.com

[通信作者] 管汉雄, 华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科, 430030。E-mail: hxguan@tjh.tjmu.edu.cn

[收稿日期] 2017-08-18 **[修回日期]** 2018-01-26

(100 g · min), 差异有统计学意义($t = -4.273, P < 0.01$); 术前、术后 TTP 分别为(28.66 ± 3.21)s 和(26.44 ± 3.93)s, 差异有统计学意义($t = -2.936, P < 0.01$); 术后症状改善率[84.21%(16/19)]、CBF 改善率[78.95%(15/19)]和 TTP 改善率[68.42%(13/19)]差异无统计学意义($P = 0.625$)。结论 3D-ASL PWI 技术无创、无需使用对比剂, 可用于评估烟雾病患者血管重建术后脑血流灌注的变化。

[关键词] 脑底异常血管网病; 动脉自旋标记; 磁共振成像; 脑血管重建术

[中图分类号] R743; R445.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2018)04-0495-04

烟雾病是一种少见的循环系统疾病, 以单侧或双侧颈内动脉末端或大脑前动脉近端或大脑中动脉近端管腔的进行性狭窄或闭塞、合并颅底代偿性小血管网形成为特征^[1]。DSA 是确诊烟雾病的金标准。血管重建术通过血管搭桥建立侧支循环, 是提高脑组织血流灌注并减少术后发生脑卒中风险的最佳手段^[2]。目前临床常采用动态磁敏感对比增强灌注加权成像(dynamic susceptibility contrast PWI, DSC-PWI)评价血管重建术的疗效。DSC-PWI 需要注射外源性钆对比剂, 可能导致患者产生过敏等不良反应, 对于肾功能损害的患者应慎用或禁用; 即使肾功能正常的患者, 静脉注射钆对比剂后, 钆依然可沉积于神经组织内, 可能存在远期危害^[3]。三维动脉自旋标记(three-dimensional arterial spin labeling, 3D-ASL)技术无创、可重复性好, 且无需使用钆对比剂, 已应用于烟雾病患者术前灌注评估^[4-5]。本研究对烟雾病患者手术前后行 3D-ASL PWI, 探讨其评估烟雾病患者术后疗效的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2014 年 12 月—2016 年 4 月于我院经 DSA 确诊为烟雾病的 19 例患者, 男 12 例, 女 7 例, 年龄 9~55 岁, 平均(44.3 ± 8.4)岁。纳入标准: ①经 DSA 确诊为烟雾病; ②接受单侧大脑半球颞浅动脉—大脑中动脉搭桥术、颞肌敷贴联合血管重建术; ③于手术前 1 周及手术后 3 个月内接受 3D-ASL PWI 和 DSC-PWI。排除标准: 动脉粥样硬化或其他原因导致的类烟雾病综合征。

1.2 仪器与方法 采用 GE Signa Discovery HD750 3.0T MR 扫描仪, 32 通道头线圈。3D-ASL 序列: TR 5 482 ms, TE 14.6 ms, FOV 24 cm × 24 cm, 层厚 4 mm, 容积扫描, 激励次数 3, 标记延迟时间 2 025 ms, 扫描时间为 4 min 38 s; DSC-PWI: 扫描序列为 T2 梯度回波, TE 最小, TR 1 500 ms, 激励次数 1, FOV 24 cm × 24 cm, 层厚 5 mm, 层间距 1.5 mm, 扫描 50 期, 扫描时间为 1 min 5 s; 对比剂使用莫迪司, 0.2 ml/kg 体质量, 流率 3.5 ml/s。手术前后扫

描方案相同。

1.3 图像分析 采用 GE AW 4.5 工作站进行图像后处理及定量分析。在 3D-ASL 及 DSC-PWI 图像中, 于术侧大脑半球大脑中动脉供血区域中灌注改善最显著处放置球形 ROI, 体积为 5 cm³, 尽量避开脑室及病灶(图 1); 于 3D-ASL 图像获得脑血流量(cerebral blood flow, CBF), 于 DSC-PWI 图像采用 brain stat GVF 后处理软件获得达峰时间(time to peak, TTP)值。以 Integrated Registration 软件对患者手术前后灌注参数进行校正配准, 确保手术前后 ROI 放置于同一解剖位置。

1.4 随访 记录联合血管重建术前后患者的主要临床表现, 评价术后患者主要症状, 如头痛和缺血等有无改善。手术前后 CBF 值的差值 > 1 ml/(100 g · min)、TTP 值差值 > 1 s 为灌注改善。

1.5 统计学分析 采用 SPSS 22.0 统计分析软件。对计量资料行正态性检验, 符合正态分布的资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。采用配对样本 t 检验比较手术前后灌注参数的差异; 采用 Fisher 精确概率检验比较手术前后临床症状、CBF 和 TTP 改善率。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

术侧大脑半球大脑中动脉供血区域手术前后 CBF 分别为(41.40 ± 11.36) ml/(100 g · min) 和(54.10 ± 16.69) ml/(100 g · min), 差异有统计学意义($t = -4.273, P < 0.01$); 手术前后 TTP 分别为(28.66 ± 3.21)s 和(26.44 ± 3.93)s, 差异有统计学意义($t = -2.936, P < 0.01$)。见图 2。

术后 16 例患者症状改善, 改善率为 84.21%(16/19); 15 例患者 CBF 改善, 改善率为 78.95%(15/19); 13 例患者 TTP 改善, 改善率为 68.42%(13/19); 上述三项改善率比较差异无统计学意义($P = 0.625$)。

3 讨论

联合血管重建术是提高烟雾病患者脑组织血流灌注的有效手段, 并可降低发生脑梗死和认知功能障碍的风险^[6]。一项包括 57 个研究的 Meta 分析^[7]观察

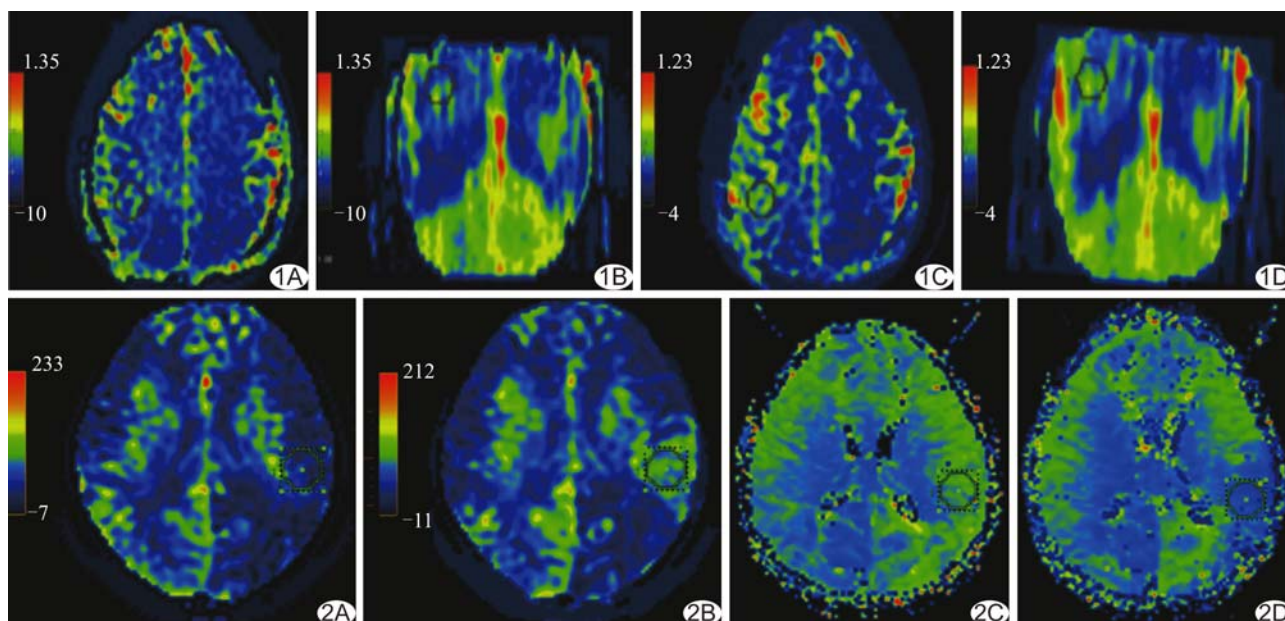


图 1 患者男, 44 岁, ROI 放置示意图 A、B. 分别为轴位和冠状位 ASL-CBF 图, 术前于右侧大脑中动脉供血区域放置 ROI; C、D. 分别为轴位和冠状位 ASL-CBF 图, 术后于右侧大脑中动脉供血区域放置 ROI 图 2 患儿女, 8 岁, 手术前后 PWI A、B. 术前 (A) 和术后 (B) ASL-CBF 图像显示术后 CBF 升高; C、D. 术前 (C) 和术后 (D) DSC-TTP 图像显示术后 TTP 降低

了 1 322 例接受血管重建术的烟雾病患者, 其中 51.2% 的患者术后症状消失, 35.5% 的患者术后症状改善。本组术后患者症状改善率为 84.21% (16/19), 与以上结果相似。

单侧大脑半球颞浅动脉—大脑中动脉搭桥术、颞肌敷贴联合血管重建术后 2~3 个月可形成侧支血管, 因此本研究选择术后 3 个月复查 PWI。本组结果表明, 术后术侧大脑半球大脑中动脉供血区域 CBF 和 TTP 均较术前有明显改善 (P 均 < 0.01)。

Dai 等^[8-9]对烟雾病患者分别于手术前后行 CT 灌注成像和 DSC-PWI, 发现反映烟雾病血管重建术前后脑血流灌注最有意义的参数为 TTP。本研究中, 术后 TTP 较术前明显缩短 ($t = -2.936$, $P < 0.01$), 且术后 TTP 缩短 > 1 s 的患者的临床主要症状均因手术而得到改善。由于存在血脑屏障, DSC-PWI 反映脑组织微循环灌注的改变。烟雾病患者脑内存在扩张的小动脉、丰富的代偿新生烟雾血管及侧支循环, 因此 TTP 时间延长; 而血管重建术 1 个月后, 烟雾代偿血管出现不同程度消退^[10-11], 因此术后 TTP 较术前缩短。

ASL 成像中, 首先在标记层面对动脉血液内的水分子进行标记, 再于被标记的水分子进入脑实质前后进行 2 次图像采集, 经软件后处理获得 CBF 分布图^[12-13]。ASL 是以动脉血液内被标记的氢原子核作为内源性标记物, 反映血流灌注情况, 不受血脑屏障的

影响。本研究中, 手术前后术侧大脑中动脉供血区域 CBF 差异有统计学意义 ($t = -4.273$, $P < 0.01$), 且 CBF 改善率、症状改善率及 TTP 的改善率差异无统计学意义 ($P = 0.625$)。唐小平等^[14]发现 ASL 可用于术前评估烟雾病患者脑灌注情况。Jiang 等^[15]于 1 年内对 12 名认知正常的志愿者行 4 次 ASL 成像, 结果显示 ASL 具有良好的一致性和可重复性。采用 ASL 技术获得的 CBF 值受成像参数标记延迟时间的影响。Wang 等^[16]研究发现标记延迟时间为 2 025 ms 时, ASL 获得的 CBF 与 CT 灌注成像获得的 CBF 一致性最好, 因此本研究中标记延迟时间设置为 2 025 ms。

本研究的局限性: 样本量较小, 术后症状未改善的患者较少; 灌注参数测量时的 ROI 为手动选取, 存在一定偏倚, 可能影响测量结果的准确性。

[参考文献]

- [1] Kronenburg A, Braun KP, van der Zwan A, et al. Recent advances in moyamoya disease: Pathophysiology and treatment. *Curr Neurol Neurosci Rep*, 2014, 14(1):423.
- [2] Mesiwala AH, Svirni G, Fatemi N, et al. Long-term outcome of superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass for patients with moyamoya disease in the US. *Neurosurg focus*, 2008, 24(2):E15.
- [3] McDonald RJ, McDonald JS, Kallmes DF, et al. Intracranial gadolinium deposition after contrast-enhanced MR imaging.

- Radiology, 2015, 275(3):772-782.
- [4] 朱文杰, 张顺, 张水霞, 等. 三维动脉自旋标记与动态磁敏感对比灌注加权成像评估成年烟雾病患者脑血流动力学的对比研究. 中华放射学杂志, 2017, 51(2):86-90.
- [5] Fukui M. Guidelines for the diagnosis and treatment of spontaneous occlusion of the circle of Willis ('moyamoya' disease). Research Committee on Spontaneous Occlusion of the Circle of Willis (Moyamoya Disease) of the Ministry of Health and Welfare, Japan. Clin Neurol Neurosurg, 1997, 99 (Suppl 2): S238-S240.
- [6] Roach ES, Golomb MR, Adams R, et al. Management of stroke in infants and children: A scientific statement from a Special Writing Group of the American Heart Association Stroke Council and the Council on Cardiovascular Disease in the Young. Stroke, 2008, 39(9):2644-2691.
- [7] Fung LW, Thompson D, Ganesan V. Revascularisation surgery for paediatric moyamoya: A review of the literature. Child's Nerv Syst, 2005, 21(5):358-364.
- [8] Dai DW, Zhao WY, Zhang YW, et al. Role of CT perfusion imaging in evaluating the effects of multiple burr hole surgery on adult ischemic Moyamoya disease. Neuroradiology, 2013, 55 (12):1431-1438.
- [9] Lee SK, Kim DI, Jeong EK, et al. Postoperative evaluation of moyamoya disease with perfusion-weighted MR imaging: Initial experience. AJNR Am J Neuroradiol, 2003, 24(4):741-747.
- [10] Yun TJ, Cheon JE, Na DG, et al. Childhood moyamoya disease: Quantitative evaluation of perfusion MR imaging—correlation with clinical outcome after revascularization surgery. Radiology, 2009, 251(1):216-223.
- [11] Houkin K, Nakayama N, Kuroda S, et al. How does angiogenesis develop in pediatric moyamoya disease after surgery? A prospective study with MR angiography. Child's Nerv Syst, 2004, 20(10):734-741.
- [12] Wu WC, Fernandez-Seara M, Detre JA, et al. A theoretical and experimental investigation of the tagging efficiency of pseudocontinuous arterial spin labeling. Magn Reson Med, 2007, 58(5):1020-1027.
- [13] Wong EC. An introduction to ASL labeling techniques. J Magn Reson Imaging, 2014, 40(1):1-10.
- [14] 唐小平, 余期云, 王志强, 等. 3.0T 高分辨率磁共振血管壁成像及伪连续式动脉自旋标记技术在单侧烟雾病中的应用. 中国医学影像技术, 2016, 32(3):348-352.
- [15] Jiang L, Kim M, Chodkowski B, et al. Reliability and reproducibility of perfusion MRI in cognitively normal subjects. Magn Reson Imaging, 2010, 28(9):1283-1289.
- [16] Wang R, Yu S, Alger JR, et al. Multi-delay arterial spin labeling perfusion MRI in moyamoya disease—comparison with CT perfusion imaging. Eur Radiol, 2014, 24(5):1135-1144.

《中国医学影像技术》被数据库收录情况

《中国医学影像技术》杂志是由中国科学院主管, 中国科学院声学研究所主办的国家级学术期刊, 被以下数据库收录:

中国精品科技期刊

《中文核心期刊要目总览》收录期刊

中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)

中国科学引文数据库核心期刊

WHO《西太平洋区医学索引》(WPRIM)来源期刊

荷兰《医学文摘》收录源期刊

英国《科学文摘》收录源期刊

俄罗斯《文摘杂志》收录源期刊

《日本科学技术振兴机构中国文献数据库》(JSTChina)收录期刊