

HR-VWI 及脑灌注成像在 AIS 患者疗效评估中的研究进展

王子辉 崔志新*

承德医学院附属医院

DOI:10.12238/bmtr.v6i6.10990

[摘要] 急性缺血性脑卒中(AIS)是临床上常见的脑血管病变,它是源于血管因素引发的中枢神经系统急性损伤,造成脑细胞发生不可逆转的损伤或死亡,同时还会引起血脑屏障破坏和脑血流动力学受损。随着我国人民生活水平的持续提升和社会老龄化程度的日益加剧,脑卒中在我国已逐渐攀升为致残和致死的首要疾病。为了更有效地评估急性缺血性脑卒中的疗效,我们不断探索和应用先进的影像学技术,其中磁共振动脉壁高分辨成像(HR-VWI)和磁共振动脉自旋标记灌注成像(3D-ASL)是其中两种较为重要的工具。

[关键词] 高分辨率磁共振血管壁成像; 急性缺血性脑卒中; 动脉自旋标记; 颅内动脉

中图分类号: R322.1+2 文献标识码: A

Research progress of HR-VWI and cerebral perfusion imaging in efficacy evaluation of AIS patients

Zihui Wang Zhixin Cui*

Affiliated Hospital of Chengde Medical University

[Abstract] Acute ischemic stroke (AIS) is a common clinical cerebrovascular disease, which is an acute injury of the central nervous system caused by vascular factors. Causing irreversible damage or death to brain cells, at the same time, it can also cause damage to the blood-brain barrier and impaired cerebral hemodynamics. With the continuous improvement of people's living standards and the increasing aging of society, stroke has gradually become the primary disease of disability and death in our country. In order to more effectively evaluate the efficacy of acute ischemic stroke, we continue to explore and apply advanced imaging techniques. High resolution magnetic resonance arterial wall imaging (HR-VWI) and magnetic resonance arterial spin-labeled perfusion imaging (3D-ASL) are two important tools.

[Key words] High-resolution magnetic resonance vessel wall imaging; Acute ischemic stroke; Arterial spin labeling; Intracranial artery

颅内动脉粥样硬化性疾病(ICAD)是引发缺血性脑卒中的主要致病因素之一,尤其在亚洲人群中更为普遍^[1]。当前研究表明,ICAD的核心问题在于颅内动脉粥样硬化性斑块的形成,而大脑中动脉(MCA)则是这些斑块最常侵犯的脑动脉^[2]。既往研究中缺血性脑卒中的病情评估常依据管腔狭窄程度来进行并以此制定临床治疗决策,但近年越来越多研究认为,相较于血管狭窄程度,评估动脉粥样硬化斑块的详细信息显得更为重要,因为对于那些经历了严重动脉粥样硬化并导致动脉重构的患者而言,即便管腔可能并未出现狭窄,其血管壁上也已经形成了易损的动脉粥样硬化斑块。并且一些研究表明血管壁病变往往早于管腔改变^[3]。

HR-VWI能够生成具备空间与对比度分辨率的颅内血管壁图像,使动脉粥样硬化斑块得以直接可视化,并允许对斑块的形

态、成分以及血管壁状况进行详细评估,为临床上由ICAD引起的缺血性卒中患者提供更加精确的诊断与治疗策略。侧枝循环是近年来缺血性脑卒中研究的热点之一,当颅内主要血管发生狭窄或阻塞时,侧枝循环作为一种代偿性循环通路可为脑组织提供额外的血液和氧气供给以保证脑组织的正常功能。既往研究表明侧枝循环状况和血流动力学状态在评估症状性颅内动脉粥样硬化性狭窄患者的卒中风险方面具有重要作用。当易损斑块破裂后,其内容物如脂质、血小板和纤维蛋白等可能进入血管腔,形成血栓,导致血管阻塞,但如果该区域侧枝循环较好,灌注水平未出现明显下降,可以在一定程度上减轻症状并延缓病情进展,为缺血性卒中的临床诊疗提供参考。近年来新兴的3D-ASL灌注技术具有诸多优点如对患者无创伤、无辐射、无需使用外源性对比剂且操作简便,逐渐受到临床关注,该技术能够清晰地

显示灌注异常区域并对异常灌注区的脑血流量 (CBF) 值进行定量评估。此外, 该技术能够定性评估侧支循环的形成状况, 从而为脑梗死的血流动力学评估及侧支循环评价提供了一种新颖的替代方案。因此, 如将HR-VWI与3D-ASL技术相结合, 可以更加全面、准确地评估急性缺血性脑卒中的疗效。通过HR-VWI观察血管壁的病理改变, 了解斑块的稳定性和易损性; 通过3D-ASL监测脑血流灌注情况, 帮助判断缺血半暗带的存在和再灌注情况。这种综合应用有助于提高脑卒中患者的治疗效果, 降低致残率和致死率。现将ICAD相关致病机制、颅内动脉粥样硬化斑块的影像学特征及3D-ASL灌注成像技术在急性缺血性脑卒中的研究进展综述如下。

1 ICAD致病机制

ICAD的核心病理过程是胆固醇在颅内动脉壁沉积形成粥样斑块, 且其严重程度呈线性发展趋势。各种原因导致血管内皮受损, 血液中低密度脂蛋白沉积在血管壁内导致内膜增厚, 随后脂蛋白被动脉壁中层的平滑肌细胞摄取后形成泡沫细胞, 泡沫细胞大量聚集进而构成脂纹, 最后逐步发展为粥样硬化斑块。随着时间推移斑块不断增大, 一方面引起管腔狭窄, 另一方面斑块的稳定性减弱导致其破裂, 进而使内部物质流出并阻塞血管形成栓塞。由于颅内动脉中层较薄, 弹力纤维稀疏且缺乏滋养血管, 其向外扩张代偿重构能力较弱, 故更易发生卒中等脑血管病事件。

2 颅内动脉壁高分辨成像(HR-VWI)

2.1 HR-VWI技术

HR-VWI可直接可视化血管壁, 它无创且安全, 能够清晰显示管腔、管壁及粥样硬化斑块的特征。黑血序列是其核心技术, 通常使用3D快速自旋回波序列进行等体素、大范围、高分辨率采集。HR-VWI作为当下热门新兴技术, 在各类脑血管疾病如颅内动脉夹层、动脉炎、烟雾病等中已被证实具有良好的诊断效能, 相信随着影像技术的不断增多和先进设备的持续发展, HR-VWI在ICAD的评估、诊断及预测中会得到进一步的挖掘和应用。

2.2 斑块特征

HR-VWI在评估颅内动脉管壁和粥样硬化斑块特征的临床应用晚于颅外动脉, 主因颅内小动脉管腔较纤细并且走行迂曲, 颅内动脉粥样硬化斑块体积较小, 病理标本难以获取, 因此, 临床上越来越需要应用HR-VWI技术来观察并评价颅内动脉斑块的特征。采用HR-VWI来评估斑块特征进而确定斑块的易损性, 来预测斑块是否会破裂及引发缺血性脑卒中, 对临床诊疗决策的制定有重大意义。

2.2.1 斑块内出血 (IPH)

斑块内出血是发生缺血性卒中的高危因素^[4], 能较好的预测斑块稳定性及缺血事件的发生。IPH是由斑块内滋养血管或新生血管破裂引起, 孙永安等人2024年的一项研究^[5]共纳入146例症状性ICAS性缺血性脑卒中患者, 根据mRS评分将患者划分为两组, A组为预后良好组 (61例), B组为预后不良组 (85例), 研究结果显示, 与A组中的12例相比, B组中的21例斑块出血情况显著更

高, 提示斑块出血为缺血性脑卒中预后不良的危险因素。一般斑块在T1加权上表现为等信号, 当IPH发生后血液中的高铁血红蛋白使T1弛豫时间缩短, T1WI信号增高。因此, 当在HR-VWI上观察到斑块T1WI高信号时应引起重视。

2.2.2 斑块内炎性反应

斑块强化的发生机制为斑块内炎性反应刺激毛细血管形成, 易并发斑块内出血, 其是易损斑块的特征之一, 一项研究显示当患者动脉斑块强化程度越高, 越容易发生卒中^[6]。孙永安等人一项纳入146例症状性ICAS性缺血性脑卒中患者的研究^[5]中, 发现预后不良组斑块强化明显高于对照组, 多因素Cox风险比例回归分析斑块强化与缺血性卒中预后不良密切相关。

2.2.3 斑块负荷

负荷越重代表着斑块越不稳定, 导致卒中事件发生的概率越大, 冉云彩等一项关于大脑中动脉斑块特征的研究^[7]发现高斑块负荷是缺血性卒中复发的独立危险因素, 且斑块负荷与卒中复发概率之间存在正相关关系, 具体表现为斑块负荷每提升10%, 卒中复发概率会相应的增加2.26倍。

2.2.4 重构指数

血管壁重构是一种重要的适应性机制, 使动脉直径满足各种生理及病理条件下的血流变化。其分为正性重构和负性重构, 正性重构是指管腔代偿性向外扩张, 可改善管腔狭窄状况, 但同时也会使斑块不稳定性增加, 易发生斑块内出血。吴强等研究^[8]证明, 易损斑块所在的血管壁多为正性重构。Zhang等在一项对40例脑卒中患者开展的研究也证实了正性重构有较高的卒中风险^[9]。负性重构是指血管向内收缩, 这会使管腔进一步狭窄甚至引起脑组织低灌注, 但其形成的斑块稳定性较高。综上所述, 颅内动脉的正性重构可能与脑卒中事件有一定相关性, HR-VWI可以帮助识别血管重构模式, 为脑卒中诊疗提供参考。

3 三维磁共振动脉自旋标记技术(3D-ASL)

ASL与传统脑灌注成像如CT灌注、PWI等具有类似的效能, 后两种技术需要静脉注射对比剂来评估脑灌注情况, ASL技术无需使用外源性对比剂, 因此具备无创、操作简便、成本较低等优点。它不仅能增强低龄患者的配合度, 还能有效避免肾功能不全患者因钆剂使用而可能引发的肾源性系统性纤维化风险。既往许多临床研究表明, 脑血管闭塞的病人临床表现差异显著, 部分患者无明显临床症状及体征, 部分患者仅表现为短暂性脑缺血 (TIA), 而有的患者则发生大面积脑梗死。这种差异主要源于患者是否存在有效的侧枝循环及其供血能力。

3D-ASL原始图像加伪彩后生成的由红色至深蓝色渐变的伪彩图能够清晰的描绘出灌注异常的区域, 并能对这些区域的灌注情况进行半定量评估, 即红色区域代表高灌注, 蓝色则代表低灌注。并通过测量不同PLD情况下的CBF值进行定量评估。既往K等的研究^[10]表明急性缺血性脑卒中患者术前的侧枝循环情况与血管内治疗后再灌注率有关, 侧枝循环越丰富, 预后越好。因此对梗死区域的侧枝循环进行及时、精确的识别对于临床诊疗效果的预判有着重大意义。

4 总结

随着磁共振影像技术的发展,HR-VWI可对斑块进行定性及定量分析,在评估颅内动脉管腔狭窄情况及斑块特征方面已经有着不可撼动的地位,其提供的斑块及血管壁相关信息对缺血性卒中的预后及临床治疗决策的制定有着重大意义。3D-ASL技术能够及时、精准的识别梗死区域的灌注水平及侧枝循环形成情况。对于筛选出临床上适合血管内治疗的患者,如果患者通过HR-VWI检查观察到责任斑块具有IPH、炎症反应及较大的脂质坏死核心等易损斑块的特征,但同时通过3D-ASL技术发现相应区域侧枝循环较好、灌注水平下降不显著,那么此类患者行血管内治疗的效果可能无法达到预期。因此,如将颅内动脉壁高分辨成像与3D-ASL技术相结合,可以更加全面、准确地评估急性缺血性脑卒中的疗效,同时有助于筛选出可能从血管内治疗中受益的人群,减少因采用有创治疗带来的穿刺损伤及感染风险。相信随着更多影像学评估能力提高和深入研究,这种多模态影像学方法在急性缺血性脑卒中患者的疗效评估中具有很高的临床应用价值,降低患者致残率和致死率,从而提高患者的生存质量,同样具有很高的社会经济效益。

[参考文献]

- [1]Bang OY. Intracranial atherosclerosis: current understanding and perspectives. *J Stroke*. 2014 Jan; 16(1):27–35.
- [2]王潇玉,徐成. 缺血性脑卒中责任血管在MR管壁成像上的研究进展[J]. 磁共振成像, 2020, 11(06):459–461.
- [3]Ruiz-Ares G, Fuentes B, Martínez-Sánchez P, Díez-Tejedor E. A prediction model for unstable carotid atheromatous plaque in acute ischemic stroke patients: proposal and internal validation. *Ultrasound Med Biol*. 2014 Sep; 40(9):1958–65.
- [4]Bos D, Arshi B, van den Bouwhuijsen QJA, Ikram MK, Selwaness M, Vernooij MW, Kavousi M, van der Lugt A. Atherosclerotic Carotid Plaque Composition and Incident Stroke and Coronary Events. *J Am Coll Cardiol*. 2021 Mar 23; 77(11):1426–1435. doi: 10.1016/j.jacc.2021.01.038. PMID: 33736825.
- [5]孙永安,庞灵恩,张永刚,等. 高分辨磁共振血管壁成像对

症状性颅内大动脉粥样硬化性狭窄预后的预测价值及模型构建[J]. 吉林医学, 2024, 45(09):2069–2073.

- [6]Cui B, Yang D, Zheng W, Wu Y, Yang Q, Wang Z, Zhao X. Plaque enhancement in multi-cerebrovascular beds associates with acute cerebral infarction. *Acta Radiol*. 2021 Jan; 62(1):102–112. doi: 10.1177/0284185120915604. Epub 2020 Apr 21. PMID: 32316744.

- [7]Ran Y, Wang Y, Zhu M, Wu X, Malhotra A, Lei X, Zhang F, Wang X, Xie S, Zhou J, Zhu J, Cheng J, Zhu C. Higher Plaque Burden of Middle Cerebral Artery Is Associated With Recurrent Ischemic Stroke: A Quantitative Magnetic Resonance Imaging Study. *Stroke*. 2020 Feb; 51(2):659–662. doi: 10.1161/STROKEAHA.119.028405. Epub 2019 Dec 20. PMID: 31856694.

- [8]吴强,李芳,华广美,等. 高分辨磁共振血管壁成像在大脑中动脉狭窄性斑块诊断中的应用价值[J]. 医学影像学杂志, 2023, 33(11):2098–2101.

- [9]Zhang D, Wu X, Tang J, Wang P, Chen GZ, Yin X. Hemodynamics is associated with vessel wall remodeling in patients with middle cerebral artery stenosis. *Eur Radiol*. 2021 Jul; 31(7):5234–5242. doi: 10.1007/s00330-020-07607-w. Epub 2021 Jan 13. PMID: 33439317.

- [10]Al-Dasuqi K, Payabvash S, Torres-Flores GA, Strander SM, Nguyen CK, Peshwe KU, Kodali S, Silverman A, Malhotra A, Johnson MH, Matouk CC, Schindler JL, Sansing LH, Falcone GJ, Sheth KN, Petersen NH. Effects of Collateral Status on Infarct Distribution Following Endovascular Therapy in Large Vessel Occlusion Stroke. *Stroke*. 2020 Sep; 51(9):e193–e202. doi: 10.1161/STROKEAHA.120.029892. Epub 2020 Aug 12. PMID: 32781941; PMCID: PMC7484023.

作者简介:

王子辉(1999—),男,满族,河北承德人,硕士在读,研究方向:脑血管病。