

论 著 · 头颈部

VW-MRI联合3D-TOF-MRA识别隐匿异常颅内动脉段粥样硬化斑块的价值*

李健斐^{1,*} 董晓雷¹ 王 冰¹
段新飞² 岳志领¹ 李 莹¹
王静静¹

1.邯郸市中心医院CT室

2.邯郸市中心医院神经内科

(河北 邯郸 056001)

【摘要】目的 分析磁共振血管壁成像(VW-MRI)联合磁共振三维时间飞跃动脉血管成像(3D-TOF-MRA)识别隐匿异常颅内动脉段粥样硬化斑块的价值。**方法** 选取2019年1月至2023年6月我院脑卒中患者72例,分析其临床表现及影像学特征。**结果** 纳入72例患者经DSA检测颅内动脉存在动脉粥样硬化病变共461根,阳性例343例,阴性例118例。其中,T3D-TOF-MRA 0级、1级检出率高于VW-MRI单一检测及联合检测,2~4级检出率及总检出率低于VW-MRI单一检测及联合检测($P<0.05$);各级检出率VW-MRI单一检测与联合检测比较差异无统计学意义($P>0.05$);3D-TOF-MRA检查结果显示,其中阳性318例,阴性143例;灵敏度88.33%(303/343),特异度87.29%(103/118),准确率88.07%(406/461)。VW-MRI检查结果显示,阳性326例,阴性135例;灵敏度91.84%(315/343),特异度90.68%(107/118),准确率91.54%(422/461),kappa值0.788。联合诊断结果显示,阳性348例,阴性113例;灵敏度95.63%(328/343),特异度83.05%(98/118),准确率92.41%(426/461),kappa值0.798。**结论** 3D-TOF-MRA、VW-MRI对于识别颅内动脉粥样硬化斑块具有一定价值,且两者联合诊断灵敏度高于3D-TOF-MRA、VW-MRI单一诊断效果,特异度低于3D-TOF-MRA、VW-MRI单一诊断效果。

【关键词】 3D-TOF-MRA; VW-MRI;

颅内动脉粥样硬化; 诊断价值

【中图分类号】 R543.5

【文献标识码】 A

【基金项目】 河北省医学科学研究课题
计划项目(20220562)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.10.006

Value of VW-MRI Combined with 3D-TOF-MRA in Identifying Latent Atherosclerotic Plaques in Intracranial Artery Segments*

Li Jian-fei^{1,*}, DONG Xiao-lei¹, WANG Bing¹, Duan Xin-fei², YUE Zhi-ling¹, LI Ying¹, WANG Jing-jing¹.

1.CT Room, Handan Central Hospital, Handan 056001, Hebei Province, China

2.Department of Neurology, Handan Central Hospital, Handan 056001, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To analyze the value of vessel wall-magnetic resonance imaging (VW-MRI) combined with three-dimensional time of flight magnetic resonance angiography (3D-TOF-MRA) in identifying latent atherosclerotic plaques in intracranial artery segments. **Methods** A total of 72 patients with stroke in the hospital were enrolled between January 2019 and June 2023, and their clinical manifestations and imaging characteristics were analyzed. **Results** In the 72 patients, DSA showed that there were 461 intracranial artery segments with atherosclerotic lesions, including 343 positive segments and 118 negative segments. The detection rates of grade 0 and grade 1 lesions by 3D-TOF-MRA were higher than those by VW-MRI and combined detection, while detection rates and total detection rate of grade 2-4 lesions were lower than those by VW-MRI and combined detection ($P<0.05$). There was no significant difference in detection rates of lesions with different grades between VW-MRI and combined detection ($P>0.05$). 3D-TOF-MRA results showed that there were 318 positive segments and 143 negative segments, its sensitivity, specificity and accuracy were 88.33% (303/343), 87.29% (103/118) and 88.07% (406/461), respectively. VW-MRI results showed that there were 326 positive segments and 135 negative segments, its sensitivity, specificity, accuracy and kappa value were 91.84% (315/343), 90.68% (107/118), 91.54% (422/461) and 0.788, respectively. The results of combined detection showed that there were 348 positive segments and 113 negative segments, its sensitivity, specificity, accuracy and kappa value were 95.63% (328/343), 83.05% (98/118), 92.41% (426/461) and 0.798, respectively. **Conclusion** Both 3D-TOF-MRA and VW-MRI have certain value in identifying atherosclerotic plaques in intracranial artery segments, and the combined detection has higher diagnostic sensitivity and lower specificity.

Keywords: 3D-TOF-MRA; VW-MRI; Intracranial Atherosclerosis; Diagnostic Value

颅内动脉粥样硬化(intracranial atherosclerosis, ICA)是缺血性脑卒中最常见病因之一,占缺血性脑卒中病因学50%~60%^[1]。粥样硬化性斑块的评估对预防脑血管事件发生具有重要的意义。数字减影血管造影(DSA)是颅内动脉检查临床常用工具,也是颅内动脉狭窄程度诊断“金标准”。但作为有创性检查,DSA在常规检查应用受限。且受空间分辨率制约,DSA只能显示管腔结构,判断管腔的狭窄程度,对狭窄前及早期血管壁斑块评估有限^[2-3]。随着医学影像技术发展,磁共振三维时间飞跃动脉血管成像(3D-TOF-MRA)属于非增强型MRA,不需注射对比剂,同样具有非创伤性等优势,逐渐成为临床常规评估脑血管病变的手段之一^[4-5]。血管壁磁共振成像(VW-MRI)作为传统血管成像的补充和优化,具有无创性、无辐射、高空间分辨率及高信噪比等优势,突破了传统影像的“血管腔成像”,全面评价颅内动脉管壁情况,进行粥样斑块形态特征和成分评估^[6-7]。本文对ICA患者进行VW-MRI及3D-TOF-MRA扫描及分析,探讨在检查识别隐匿异常颅内动脉段粥样硬化斑块方面二者联合诊断较单一3D-TOF-MRA或VW-MRI的价值,以完善相关临床数据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析2019年1月至2023年6月我院72例疑似动脉粥样硬化患者,于DSA前实施3D-TOF-MRA和VW-MRI检查。

纳入标准:均为疑似动脉粥样硬化患者;出现相关脑血管病症状;临床资料完整。排除标准:DSA检查与3D-TOF-MRA和VW-MRI间隔超过2周;图像质量不佳;合并心脏栓塞;同侧颈动脉、椎动脉颅外段狭窄 $\geq 50\%$ 。符合条件患者,其中男40例,女32例,年龄56~79岁,平均(67.42 $\pm$ 5.54)岁。

1.2 检查方法 使用美国GE Discovery MR750 3.0T MR扫描仪,采用8通道头颈线圈。3D-TOF-MRA检查:患者取仰卧位,扫描范围自颈动脉根部至胛胝体上方。扫描参数:TR/TE 23/3.4, FOV 220mm $\times$ 207mm,矩阵320 $\times$ 224,体素,0.75 $\times$ 0.75 $\times$ 0.75,扫描时间5min 8s。

VW-MRI: 3D T1WI VW-MRI成像在冠状面上获得。参数:TR/TE=800ms/16ms,层厚0.5mm,翻转角90°,FOV 200mm $\times$ 200mm,矩阵400 $\times$ 400,体素=0.5 $\times$ 0.5 $\times$ 0.5,扫描时间6min 37s。

图像分析:图像传至处理工作站,3D-TOF-MRA原始图像进行固有最大密度投影、多层容积重建等,VW-MRI原始图像进行多平面重建MPR,对原始图像进行后处理。由2

【第一作者】李健斐,男,副主任医师,主要研究方向:腹部及血管系统影像诊断。E-mail: 15030081798@163.com

【通讯作者】李健斐

名具有丰富经验的放射科医生进行独立阅片，观察的颅内血管包括：双侧颈内动脉颅内段、双侧大脑中动脉(MCA)M1段、基底动脉(BA)。如有分歧，经二者讨论一致得出结论。

1.3 观察指标 以DSA诊断结果为“金标准”，颅内动脉评估依据文献^[8]分为0级、1级、2级、3级及4级，其中以“0级”为脑动脉粥样硬化性狭窄为阴性，以“1级~4级”为阳性。比较分析纳入患者3D-TOF-MRA和VW-MRI诊断结果，并对二者诊断的特异性、敏感性进行计算。

1.4 统计学方法 采用SPSS 26.0统计学软件对研究数据进行分析，符合正态分布计量资料以(平均数±标准差)表示，行t检验，计数资料以[n(%)]表示，比较采取 χ^2 检验，诊断价值一致性检测采用Kappa检验。 $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 临床确诊情况 72例患者经DSA检测颅内动脉共461根，阳性例221例，阴性例40例。其中，3D-TOF-MRA0级、1级检出率

高于VW-MRI单一检测及联合检测，2~4级检出率及总检出率低于VW-MRI单一检测及联合检测($P<0.05$)。各级检出率VW-MRI单一检测与联合检测比较差异无统计学意义($P>0.05$)，见表1。

2.2 3D-TOF-MRA检查结果及效能 3D-TOF-MRA检查结果显示，其中阳性318例，阴性143例。灵敏度88.33%(303/343)，特异度87.29%(103/118)，准确率88.07%(406/461)，kappa值0.707。见表2。

2.3 VW-MRI检查结果及效能 VW-MRI检查结果显示，阳性326例，阴性135例。灵敏度91.84%(315/343)，特异度90.68%(107/118)，准确率91.54%(426/461)，kappa值0.788。见表3。

2.4 3D-TOF-MRA和VW-MRI联合检查及诊断效能 联合诊断结果显示，阳性348例，阴性113例。灵敏度95.63%(328/343)，特异度83.05%(98/118)，准确率92.41%(426/461)，kappa值0.798。见表4。

2.5 典型案例 典型案例 I，见图1~4；典型案例 II，见图5~7。

表1 不同诊断方式对脑动脉不同程度狭窄检出量[n(%)]

分组	0级	1级	2级	3级	4级	总检出率
3D-TOF-MRA	143(31.02) ^a	167(36.23) ^a	78(16.92) ^a	45(9.76) ^a	28(6.07) ^a	318(68.98) ^a
VW-MRI	135(29.28)	52(11.28) ^b	113(24.51) ^b	89(19.31) ^b	72(15.62)	326(70.72)
联合诊断	113(24.51)	64(13.88) ^b	106(22.99) ^b	97(21.04) ^b	81(17.57)	348(75.49)
χ^2	106.526	8.824	24.447	30.678	5.163	
P值	0.000	0.012	0.000	0.000	0.076	

注：^a $P<0.05$ ，提示与联合诊断比较差异有统计学意义。^b $P<0.05$ ，提示与3D-TOF-MRA比较差异有统计学意义。

表2 3D-TOF-MRA检查结果

3D-TOF-MRA	临床确诊		合计
	阳性	阴性	
阳性	303	15	318
阴性	40	103	143
合计	343	118	461

表3 VW-MRI检查结果

VW-MRI	临床确诊		合计
	阳性	阴性	
阳性	315	11	326
阴性	28	107	135
合计	343	118	461

表4 3D-TOF-MRA和VW-MRI联合检查

3D-TOF-MRA+VW-MRI	临床确诊		合计
	阳性	阴性	
阳性	328	20	348
阴性	15	98	113
合计	343	118	461

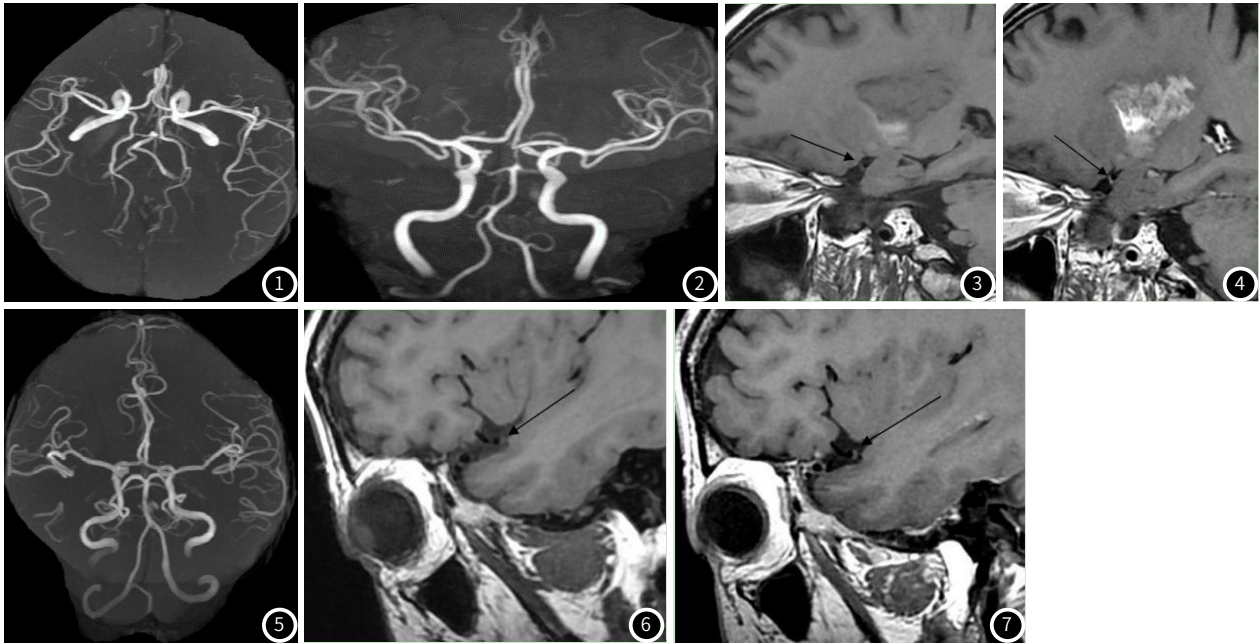


图1~4 典型案例 I：3D-TOF-MRA成像显示血管未见明显狭窄(图1)；3D-TOF-MRA成像显示同一患者血管未见明显狭窄(图2)；HR-VW-MRI T1WI矢状面，右侧大脑中动脉M1段前壁可见斑块形成(箭头所示)(图3)；增强HR-VW-MRI T1WI矢状面，右侧大脑中动脉M1段前壁斑块强化(箭头所示)(图4)。
图5~7 典型案例 II：3D-TOF-MRA成像显示血管未见明显狭窄(图5)；HR-VW-MRI T1WI矢状面，右侧大脑中动脉M1段后壁可见斑块形成(箭头所示)(图6)；增强HR-VW-MRI T1WI矢状面，右侧大脑中动脉M1段后壁斑块强化(箭头所示)(图7)。

3 讨论

颅内动脉粥样硬化及斑块形成是各种缺血性脑病常见病因之一,其发展机制涉及脂质在血管壁内膜沉积,炎症、平滑肌细胞增殖和内膜增厚等一系列病理生理过程,逐渐形成斑块,随着疾病进展造成管腔狭窄^[9]。当前临床通过DSA影像技术作为颅内动脉粥样硬化检查“金标准”,具有较高的灵敏度及准确性^[10]。但DSA属于有创检查,价格较高,且管腔狭窄发展在颅内动脉粥样硬化后期。DSA作为常规筛查手段在隐匿性或早期的血管壁粥样硬化斑块检出方面使用受限。3D-TOF-MRA是一种基于流动相关增强效应的无创血管显示磁共振成像技术,临床常用于临床头颈部动脉狭窄诊断。颅内动脉多迂曲不规则,3D-TOF-MRA可通过任意旋转图像方向,可排除颅骨干扰,通过后处理从多方位观察、评估颅内动脉狭窄形态及分布情况进行评估。但此类技术主要对血管腔狭窄具有较高敏感度,而对管腔壁情况及粥样硬化斑块情况了解不足。且研究发现,部分的症状性脑卒中患者中,存在无管腔狭窄但出现动脉易损斑块情况^[11-12]。同时,颅内动脉管腔狭窄,除动脉粥样硬化外,也受到其他因素影响^[13]。因此,仅将管腔狭窄度作为对脑卒中诊断标准,会对实际疾病进展程度造成误判,影响病情脑卒中预测准确性。VW-MRI在管壁斑块成分等方面具有无创、高分辨率及多对比度等优势。因此,为提高检出准确性本研究对较单一3D-TOF-MRA或VW-MRI检查及二者联合在隐匿异常颅内动脉段血管壁粥样硬化斑块的诊断价值进行考察。

本研究结果显示,联合诊断总检出率高于3D-TOF-MRA单一诊断检出率,而与VW-MRI单一诊断检出率比较差异无统计学意义。3D-TOF-MRA 0级、1级检出率高于VW-MRI及联合诊断,2~4级检出率均低于VW-MRI及联合诊断。但相比单一的3D-TOF-MRA,3D-TOF-MRA与VW-MRI联合诊断能够对异常颅内血管段识别检出率率更高。3D-TOF-MRA检查结果显示,其中阳性318例,阴性143例。灵敏度88.33%(303/343),特异度87.29%(103/118),准确率88.07%(406/461),kappa值0.707。与王化强^[14]研究结果3D-TOF-MRA诊断灵敏度89.28%、特异度85.00%具有一致性,率低于王友杰^[15]3D-TOF-MRA诊断灵敏度98.40%、特异度99.58%。VW-MRI检查结果显示,阳性326例,阴性135例。灵敏度91.84%(315/343),特异度90.68%(107/118),准确率91.54%(422/461),kappa值0.788。与王续^[16]VW-MRI诊断动脉粥样硬化的灵敏度84.3%(134/159),特异度100%(24/24)相比灵敏度较高,特异度较低。推测受样本数量、样本构成及研究仪器不同等影响所致。

联合诊断结果显示,联合诊断灵敏度95.63%(328/343)高于3D-TOF-MRA单一检查灵敏度88.33%(303/343),高于单一VW-MRI检查灵敏度91.84%(315/343)。联合检查特异度83.05%(98/118)低于3D-TOF-MRA单一检查特异度87.29%(103/118),单一VW-MRI检查特异度90.68%(107/118)。提示3D-TOF-MRA能较好的显示颅内动脉及其I-II级分支狭窄病变,但对血管狭窄程度存在一定低估。推测原因在于,3D-TOF-MRA对于管腔整齐光滑且没有狭窄的血管较为敏感,对于血管段无狭窄判断较为准确。对于存在血管狭窄,但是血流动力学影响造成血流信号丢失,易导致评估血管狭窄假阳性或低估血管狭窄程度^[17]。部分血管段呈现出血管非狭窄性病变,一方面原因在于病变处于动脉粥样硬化早期,尚无明确狭窄。3D-TOF-MRA基于管腔成像识别,对于已经病变但血管腔未狭窄病变识别较低。而VW-MRI可通过对管壁的观察识别出管壁增强、增厚,提高非血管狭窄性病变^[18]。其次,血管壁的正性重构也是导致血管腔未狭

窄病变重要原因。局部血管管壁增厚,血管外径代偿性增宽以维持管腔内径。颅内血管的正性重构与多发性脑梗死同样具有相关性^[19-20]。因此,仅使用3D-TOF-MRA进行检查可能低估疾病患病率甚至误诊。

综上所述,3D-TOF-MRA、VW-MRI作为方便、无创检查手段,在颅内动脉粥样硬化性斑块识别中与DSA检查具有高度一致性,但单一使用3D-TOF-MRA对于隐匿异常颅内动脉段粥样硬化性斑块识别有限,3D-TOF-MRA联合VW-MRI可提高识别颅内动脉异常段敏感度与准确性,为早期及隐匿异常颅内动脉血管病变识别提供重要依据。但本研究仍存在一定的局限性。第一,样本量的不足,且作为回顾性研究,存在一定的选择偏倚。第二,由于颅内动脉管径小,未对斑块成分等进行分析。今后还需要进一步增加样本量,完善图像质量,进一步证明VW-MRI与3D-TOF-MRA在颅内血管病变的检出价值。

参考文献

- [1] Wang Y, Cai X, Li H, et al. Association of intracranial atherosclerosis with cerebral small vessel disease in a community-based population[J]. *Eur J Neurol*, 2023, 30(9): 2700-2712.
- [2] Shaban S, Huasen B, Haridas A, et al. Digital subtraction angiography in cerebrovascular disease: current practice and perspectives on diagnosis, acute treatment and prognosis[J]. *Acta Neurol Belg*, 2022, 122(3): 763-780.
- [3] Lee SJ, Liu B, Rane N, et al. Correlation between CT angiography and digital subtraction angiography in acute ischemic strokes[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2021, 200: 106399.
- [4] You SH, Kim B, Yang KS, et al. Development and validation of visual grading system for stenosis in intracranial atherosclerotic disease on time-of-flight magnetic resonance angiography[J]. *Eur Radiol*, 2022, 32(4): 2781-2790.
- [5] 孙宏, 张秀玲, 王智宝. 3D-TOF-MRA对椎-基底动脉病变的诊断价值[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2023, 21(4): 22-24.
- [6] 吴芳, 张苗, 孙峰, 等. 头颈动脉磁共振管壁成像对临床诊断和治疗的影响[J]. *中国医学影像学杂志*, 2023, 31(2): 100-107.
- [7] 刘丁琦, 赵登玲, 陈晓晖, 等. 基于VW-MRI的颅内动脉粥样硬化斑块与胚胎型大脑后动脉的相关性研究[J]. *放射学实践*, 2022, 37(11): 1347-1352.
- [8] Shu H, Sun J, Hatsukami TS, et al. Simultaneous noncontrast angiography and intraplaque hemorrhage (SNAP) imaging: comparison with contrast-enhanced MR angiography for measuring carotid stenosis[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2017, 46(4): 1045-1052.
- [9] 丁朝阳. MRI对颅内动脉粥样硬化斑块强化程度及易损性的评估价值[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2021, 19(8): 25-27.
- [10] 冯飞阳, 许家华, 林庆兰, 伍能生. DSA对动脉粥样硬化相关性缺血性脑血管病的诊断价值分析[J]. *罕少疾病杂志*, 2023, 30(9): 19-20.
- [11] Xiao J, Padrick MM, Jiang T, et al. Acute ischemic stroke versus transient ischemic attack: Differential plaque morphological features in symptomatic intracranial atherosclerotic lesions[J]. *Atherosclerosis*, 2021, 319: 72-78.
- [12] Zhao X, Underhill HR, Zhao Q, et al. Discriminating carotid atherosclerotic lesion severity by luminal stenosis and plaque burden: a comparison utilizing high-resolution magnetic resonance imaging at 3.0 Tesla[J]. *Stroke*, 2011, 42(2): 347-53.
- [13] 何桂香, 钟建国, 王雪扬, 等. 高分辨磁共振在青年卒中颅内动脉狭窄病因诊断的研究[J]. *临床神经病学杂志*, 2020, 33(3): 213-217.
- [14] 王化强, 刘颖娜. TCD、MRA及与DSA在诊断缺血性脑血管病颅内动脉狭窄的对比研究[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2019, 17(1): 47-49, 129.
- [15] 王友杰, 张忠俊, 程清涛. 三维MRI血管成像与DSA对脑血管疾病患者动脉粥样硬化狭窄程度的评估价值比较[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2022, 20(8): 38-40.
- [16] 王续, 王伟, 赵莹. 深部微小流空在血管壁MRI鉴别诊断动脉粥样硬化和急性动脉炎中的增益价值[J]. *临床放射学杂志*, 2021, 40(10): 1845-1850.
- [17] 吴晓钢, 王希明. 基于高分辨率MRI的大脑中动脉M1段形状与斑块分布及特征的相关性研究[J]. *实用放射学杂志*, 2023, 39(6): 891-894.
- [18] 滕菲, 李昕, 官新扣, 等. 磁共振血管壁技术在颅颈动脉粥样硬化中的应用[J]. *中国实验诊断学*, 2023, 27(8): 945-947.
- [19] Tian X, Tian B, Shi Z, et al. Assessment of intracranial atherosclerotic plaques using 3d black-blood mri: Comparison with 3d time-of-flight mra and dsa[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2021, 53(2): 469-478.
- [20] 戴迎桂, 张炯炯, 董从松, 等. HR-MRI分析MCAS患者管壁特征和斑块与卒中风险的关系[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2023, 21(10): 53-55.

(收稿日期: 2024-05-10)

(校对编辑: 赵望淇、姚丽娜)