

论 著

基于HR-MR-VWI探讨ICAS斑块特征、血管壁参数与缺血性脑卒中发病的关系*

张 杨^{1,*} 赵启利² 张 曦²
许 涛² 张雅娟²1.廊坊市人民医院放射诊断科
(河北 廊坊 065000)2.廊坊市人民医院磁共振CT科
(河北 廊坊 065000)

【摘要】目的 分析基于HR-MR-VWI探讨ICAS斑块特征、血管壁参数与缺血性脑卒中发病的关系。**方法** 选择我院2018年12月至2020年12月间收治的100例疑似缺血性脑卒中患者作为观察组及50例健康体检者作为对照组；所有受试者行HR-MR-VWI扫描检查；对观察组患者进行为期2年的随访观察，记录其发生脑卒中事件的情况，并依照患者是否出现脑卒中分为脑卒中亚组和无症状亚组；采用Spearman相关性检验及logistics回归模型分析缺血性脑卒中发病的相关影响及危险因素。**结果** 观察组患者血管壁LARL、OWAMLN、WAMLN水平明显高于对照组，LAMLN水平较对照组低，且差异明显($P<0.05$)；脑卒中患者血管壁LARL、OWAMLN、WAMLN、狭窄率、斑块负荷、重构指数水平明显高于无症状组，LAMLN水平明显低于无症状组，且差异存在统计学意义($P<0.05$)；LARL、OWAMLN、WAMLN、狭窄率、斑块负荷及重构指数与缺血性脑卒中发病呈显著正相关关系，LAMLN与缺血性脑卒中发病呈显著负相关关系，且存在统计学意义($P<0.05$)；高LARL、低LAMLN、高OWAMLN、高WAMLN、高狭窄率、高斑块负荷及高重构指数影响缺血性脑卒中发病的独立性危险因素，且存在统计学意义($P<0.05$)。**结论** 基于HR-MR-VWI检测ICAS患者中斑块特征、血管壁参数是影响缺血性脑卒中发病的独立性危险因素。

【关键词】 高分辨磁共振血管壁成像；
颅内动脉粥样硬化；斑块特征；
血管壁参数；缺血性脑卒中

【中图分类号】R543.1+2

【文献标识码】A

【基金项目】河北省科学技术厅项目(182777176)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.06.016

Exploring the Relationship between ICAS Plaque Characteristics, Vascular Wall Parameters, and Ischemic Stroke Incidence Based on HR-MR-VWI*

ZHANG Yang^{1,*}, ZHAO Qi-li², ZHANG Xi², XU Tao², ZHANG Ya-juan².

1.Department of Radiology, Langfang People's Hospital, Langfang 065000, Hebei Province, China

2.Department of Magnetic Resonance and CT, Langfang 065000, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To analyze the relationship between ICAS plaque characteristics, vessel wall parameters and ischemic stroke based on HR-MR-VWI. **Methods** 100 patients with suspected ischemic stroke admitted to our hospital from December 2018 to December 2020 were selected as the observation group and 50 healthy subjects were selected as the control group; all subjects underwent HR-MR-VWI scanning; The patients were followed up for 2 years, and their stroke events were recorded, and they were divided into a stroke subgroup and an asymptomatic subgroup according to whether they had a stroke; Spearman's correlation test and logistics regression model were used to analyze the impact and risk factors of ischemic stroke. **Results** The LARL, OWAMLN, and WAMLN in the observation group were higher than control group statistically, LAMLN were obvious lower than the control group statistically ($P<0.05$). The stenosis rate, plaque burden, and remodeling index levels were obvious higher than asymptomatic group, and the LAMLN level was obvious lower than that of the asymptomatic group, and the difference was statistically obvious ($P<0.05$); LARL, OWAMLN, WAMLN, stenosis rate, plaque The load and remodeling index were obvious positively correlated with the incidence of ischemic stroke, and LAMLN was obvious negatively correlated with the incidence of ischemic stroke, and there was statistical obvious ($P<0.05$); high LARL, low LAMLN, high OWAMLN, high WAMLN, high stenosis rate, high plaque burden and high remodeling index were independent risk factors for ischemic stroke, and there was statistical obvious ($P<0.05$). **Conclusion** Based on HR-MR-VWI detection of plaque characteristics and vessel wall parameters in patients with ICAS, they are independent risk factors affecting the incidence of ischemic stroke.

Keywords: High-resolution Magnetic Resonance Imaging of Vessel Walls; Intracranial Atherosclerosis; Plaque Characteristics; Vessel Wall Parameters; Ischemic Stroke

颅内动脉粥样硬化(intracranial atherosclerosis, ICAS)斑块破裂是目前临床中导致患者出现缺血性脑卒中的主要病因，占缺血性脑卒中病因50%以上^[1]。动脉粥样硬化斑块破裂可能导致患者出现不可逆脑损伤，甚至引起脑死亡，尤其是不稳定斑块。DSA、CTA、MRA及TCD等传统影像学检查手段对颅内血管狭窄及斑块检出率远低于预期，不能进行定性及定量的诊断，因此具有很大的局限性^[2]。另有研究表明仅仅通过血管狭窄程度风险评估，并不能很好的预测卒中复发^[3]。斑块易损性，斑块负荷更能精确的预警破裂风险。因此，对于颅内动脉、颈动脉粥样硬化斑块稳定性的研究，分析斑块对于颅内循环及代谢影响迫在眉睫^[4]。高分辨磁共振血管壁成像(HR-MR-VWI, high-resolution vessel wall magnetic resonance imaging)已成为判定不同区域血管动脉粥样硬化特点的十分具有优势的技术^[5]，但其在ICAS中的应用仍鲜有报道，因此此次试验拟挑选我院治疗的ICAS为此次试验的对象，分析基于HR-MR-VWI探讨ICAS斑块特征、血管壁参数与缺血性脑卒中发病的关系，为临床方面应用提供依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 经我院伦理委员会审议并批准，挑选我院2018年12月至2020年12月间收治的100例疑似缺血性脑卒中患者作为观察组及50例健康体检者作为对照组。观察组中男62例，女38例，年龄39~73(54.84±9.39)岁，合并糖尿病17例、心脏病13例、高血脂10例、高血压22例、心脏病13例，对照组中男32例，女18例，年龄37~75(55.01±10.84)岁，合并糖尿病8例、心脏病7例、高血脂5例、高血压10例、心脏病6例，两组受试者一般资料可比($P>0.05$)，具有可比性。

纳入标准如下：出现神经功能障碍症状；临床数据采集完整；能够顺利完成MR检查，获得平扫VWI、DSCPWI、增强VWI、STAGE、T₂WI等MR检查数据；知情并签署知情同意书。排除标准如下：有其他相关的肿瘤、先天性结构异常、神经精神疾病、肝脏疾病、头创伤和癫痫病史、慢性感染与炎症等；患者存在MR相关检查的禁忌症。影像学检查图像存伪影且对结果评估和判定存在不良应用。

1.2 方法

1.2.1 扫描检查方法 采用德国西门子Skyra 3.0T超导磁共振扫描仪及32通道头颈联合线圈采集受试者MR图像。VWI行横断面图像的采集，定位像平行于正中矢状面图像上的前后联合线，扫描范围从自主动脉弓上缘至颅顶，覆盖颅内及颈部血管；VWI图像

【第一作者】张 杨，女，主治医师，主要研究方向：磁共振颅颈一体化高分辨血管壁成像对脑卒中相关血管斑块负荷定量研究。E-mail: 406442529@qq.com

【通讯作者】张 杨

上责任血管采用T₂WI定位，垂直于责任血管。检查参数及方法如下：VWI平扫及增强，TE 14ms，STAGE：TR 900 ms，FOV 210×78，矩阵大小384×300，扫描层厚0.55mm，带宽465Hz/Px，DSC-PWI，翻转角120°，采集时间463 s。T₂WI：TR 4000 ms，FOV 150×100，翻转角150°，带宽181 Hz/Px，矩阵大小7698×768，TE 62 ms，扫描层厚2.0mm，采集时间250 s。

1.2.2 后处理方法与数据分析 10年以上经验的阅片人两名行血管狭窄程度的测量，采用WASID法测量所有动脉狭窄程度，测量血管的横径均。斑块稳定性的评估：重建曲面拉直后获横断面图像，平扫VWI作为参考标准，分析斑块强化程度分级。

1.3 观察指标 对观察组患者进行为期2年的随访观察，记录其发生脑卒中事件的情况，并依照患者是否出现脑卒中分为脑卒中亚组和无症状亚组。

1.4 统计学方法 采用SPSS 20.0数理统计学软件包行统计分析，计数资料采用百分率表示并行卡方检验分析差异，采用均值±标准差表示计量资料并行ltd-t检验分析数据资料差异，采用Spearman相关性检验和logistics回归模型分析缺血性脑卒中发病影响和危险因素，P<0.05则差异存在统计学意义。

表1 受试者血管壁参数检测结果

指标	观察组(n=100)	对照组(n=50)	t	P
LARL/mm ²	2.98±0.46	2.13±0.32	6.886	0.000
LAMLN/mm ²	0.74±0.23	1.32±0.29	12.335	0.000
OWAMLN/mm ²	7.58±0.93	6.13±0.88	5.592	0.000
WAMLN/mm ²	6.85±1.32	4.98±1.21	5.076	0.000

2 结 果

2.1 受试者血管壁参数检测结果 本组研究结果显示，观察组患者血管壁LARL、OWAMLN、WAMLN高于对照组，LAMLN低于对照组，且差异存在统计学意义(P<0.05)，详见表1，典型案例图详见图1。

2.2 脑卒中组及无症状组受试者斑块特征及血管壁参数检测结果 本组研究结果显示，脑卒中组患者血管壁LARL、OWAMLN、WAMLN、狭窄率、斑块负荷、重构指数高于无症状组，LAMLN水平明显低于无症状组，且差异存在统计学意义(P<0.05)，详见表2。

2.3 ICAS斑块特征、血管壁参数与缺血性脑卒中发病的关系 本组研究结果显示，LARL、OWAMLN、WAMLN、狭窄率、斑块负荷及重构指数与缺血性脑卒中发病呈显著正相关关系，LAMLN与缺血性脑卒中发病呈显著负相关关系，且存在统计学意义(P<0.05)，详见表3。

2.4 缺血性脑卒中发病危险因素分析结果 本组研究结果显示，高LARL、低LAMLN、高OWAMLN、高WAMLN、高狭窄率、高斑块负荷及高重构指数影响缺血性脑卒中发病的独立性危险因素，且存在统计学意义(P<0.05)，详见表4。

表2 脑卒中组及无症状组受试者斑块特征及血管壁参数检测结果

指标	脑卒中组(n=54)	无症状组(n=46)	t	P
LARL/mm ²	3.43±0.29	2.45±0.32	11.175	0.000
LAMLN/mm ²	0.67±0.09	0.82±0.14	6.250	0.000
OWAMLN/mm ²	7.79±0.21	7.33±0.29	6.703	0.000
WAMLN/mm ²	7.02±0.24	6.65±0.38	4.288	0.000
狭窄率/%	67.96±7.59	57.48±6.99	7.296	0.000
斑块负荷/%	45.68±6.83	32.19±5.48	9.553	0.000
重构指数	1.31±0.32	1.01±0.29	3.342	0.002

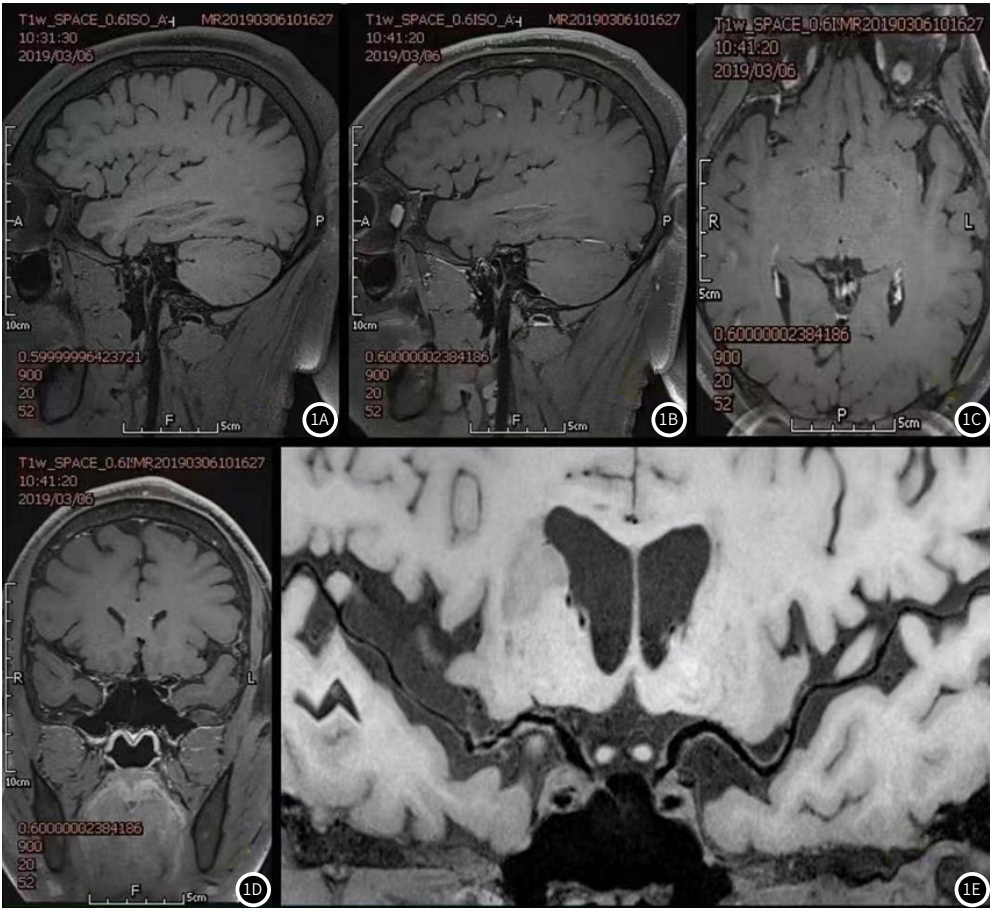


图1A-图1E 观察组扫描典型案例图(患者新发额顶叶脑梗死 图1A：T₁-SPACE平扫：右侧大脑中动脉M1、M2段管壁不规则增厚，局部斑块可见高信号，斑块表面欠规整；图1B、1C、1D-T₁-SPACE增强：右侧大脑中动脉M1、M2段管壁可见明显强化；图1E-T₁-SPACE增强曲面重建后图像)

表3 ICAS斑块特征、血管壁参数与缺血性脑卒中发病的关系

指标	r	P
LARL	0.765	<0.05
LAMLN	-0.659	<0.05
OWAMLN	0.648	<0.05
WAMLN	0.606	<0.05
狭窄率	0.722	<0.05
斑块负荷	0.695	<0.05
重构指数	0.704	<0.05

3 讨 论

目前，在脑卒中及动脉粥样硬化诊断方面影像学扮演十分重要作用，DSA、CTA、MRA、TCD等传统评估颅内血管病变方法应用广泛^[6]。但是我国无症状ICAD行TCD的检出率在6.9%-12.6%，其在糖尿病的人群中则为20.6%^[7]。HR-VWI是目前广泛应用的判定不同区域血管动脉粥样硬化特点的新技术，在颅内动脉及颈动脉以应用日趋成熟，在显示斑块形态及成分方面有着很大的优势^[8]。美国放射协会血管壁研究组分别于2017和2018年发表了颅内与颈部血管壁成像的指南与专家共识，对于HR-VWI在临床应用方面进行了规范和建议^[9]。

有研究表明，斑块厚度增加、表面纤维帽不规则、血管主动重塑及斑块内出血等通常提示着高风险(活动性)斑块的存在^[10]。在增强VWI图像上，颈动脉球粥样斑块的明显强化首先出现在纤维帽和动脉外膜，被认为是炎症反应和新生血管形成的标志，也是提示活动性斑块的重要征象之一^[11]。通过对68例临床确诊不同病因的颅内血管病患者进行HR-VWI扫描，且偏心性管壁增厚是动脉粥样硬化的主要表现^[12]。研究发现，症状性大脑中动脉狭窄患者除存在责任斑块之外，在这些病人中还发现了很多的非责任斑块，这些非责任斑块与管壁偏心性增厚存在相关性，而责任病灶并没有发现特异性的形态学特点^[13]。采用3T HR-VWI对缺血性脑卒中的病人的颅内狭窄动脉斑块存在情况、斑块长度及其强化特点进行了研究，发现了急性缺血性脑卒中病人和颅内动脉粥样斑块的关系，但其病例数较少，同时许多非责任性斑块也被纳入研究，使得其结果不够准确^[14]。对于颈部斑块的研究较多，且大量患者进行颈动脉内膜剥脱术等手术治疗，易获得病理标本，研究较为深入。相比于颈部斑块，颅内动脉管腔较细，手术取栓获取病理标本较为困难，因此颅内动脉斑块的影像学表现及病理的对照研究极少^[15]。

尽管国内已有关于动脉粥样硬化斑块形态、成分以及血管狭窄分级的影像学研究结果，但由于缺乏病理学对照，但这些研究都存在着如下以下不足：(1)大多为回顾性分析，特别是无症状患者，都是等斑块破裂发生不可逆损伤后才分析之前做的影像学检查；(2)易损斑块的病理结论大都从尸检资料中获得，无法及时对活体斑块的特征进行分析；(3)因为资料取得的不及时，不能将患者的风险因素与斑块破裂有效地联系起来，比如血脂、血压、血糖的指标是否与斑块破裂有相关性；(4)临床评估多局限在管壁狭窄程度，不能更加直观、客观地评价斑块本身破裂的风险。既往的高分辨率血管壁成像只关注于颅内或者颅外的斑块，很少有文献关注斑块从颈总动脉至颈内动脉颅外段，至颅内动脉的完整路径上的斑块整体负荷。斑块的稳定性虽然有文献报道，但是对脑卒中相关血管斑块的整体负荷及稳定性还需要进一步深入研究。

本组研究结果显示，观察组患者血管壁LARL、OWAMLN、WAMLN水平明显高于对照组，LAMLN水平明显低于对照组。对观察组患者不同预后质量进行分析显示，脑卒中组患者血管壁LARL、OWAMLN、WAMLN、狭窄率、斑块负荷、重构指数水平明显高于无症状组，LAMLN水平明显低于无症状组。相关性分析显示，LARL、OWAMLN、WAMLN、狭窄率、斑块负荷及重构指数与缺血性脑卒中发病呈显著正相关关系，LAMLN与缺血性脑卒中发病呈显著负相关关系。进一步采用logistics回归模型表明，高LARL、低LAMLN、高OWAMLN、高WAMLN、高狭窄率、高斑块负荷及高重构指数影响缺血性脑卒中发病的独立性危险因素。分析认为，通过使用HR-MR-VWI技术，可以检测到血管内膜下斑块和

表4 缺血性脑卒中发病危险因素分析结果

指标	b	SE	x ²	P	OR	95%CI	
						下限	上限
LARL	0.685	0.211	10.539	0.001	1.984	1.312	3.000
LAMLN	-0.659	0.198	11.077	0.001	0.517	0.351	0.763
OWAMLN	0.613	0.235	6.804	0.009	1.846	1.165	2.926
WAMLN	0.598	0.208	8.266	0.004	1.818	1.210	2.734
狭窄率	0.704	0.219	10.334	0.001	2.022	1.316	3.106
斑块负荷	0.663	0.194	11.679	0.001	1.941	1.327	2.838
重构指数	0.671	0.232	8.365	0.004	1.956	1.241	3.082

血管壁厚度的变化。研究发现，这些斑块特征和血管壁参数可以作为ICAS发病的独立性威胁因素。斑块特征与ICAS的发病有密切关系。斑块是由于脑动脉狭窄或闭塞引起的，其表现为在血管壁上形成的异常物质。通过HR-MR-VWI技术可以检测到斑块的数量、大小、形状和位置等特征。研究表明，斑块的数量和大小与ICAS的严重程度密切相关。斑块的形状和位置也可能会影响血流动力学和血管壁的应力，从而对ICAS的发病产生影响。血管壁参数也是ICAS发病的独立性威胁因素。血管壁的厚度和弹性是血管功能的关键指标，它们对血管的稳定性和血液流动有重要影响。通过HR-MR-VWI技术可以测量血管壁的厚度和弹性，从而评估血管的稳定性。研究发现，血管壁的厚度和弹性与ICAS的发病有密切关系。血管壁的变化可能会导致血管狭窄和血栓形成，从而引发ICAS。

综上所述，基于HR-MR-VWI检测ICAS患者中斑块特征、血管壁参数是影响缺血性脑卒中发病的独立性威胁因素。但本研究有待后续扩大临床样本数深入研究和追踪。

参考文献

[1]Zhang D,Wang M,Wu L,et al.Assessing the characteristics and diagnostic value of plaques for patients with acute stroke using high-resolution magnetic resonance imaging[J].Quantitative Imaging in Medicine and Surgery,2022,12(2):1529.

[2]Chung J W,Cha J,Lee M J,et al.Intensive statin treatment in acute ischaemic stroke patients with intracranial atherosclerosis:a high-resolution magnetic resonance imaging study (STAMINA-MRI study)[J].Journal of Neurology,Neurosurgery & Psychiatry,2020,91(2):204-211.

[3]Zhai S J,Jia L,Kukun H J,et al.Predictive power of high-resolution vessel wall magnetic resonance imaging in ischemic stroke[J].American Journal of Translational Research,2022,14(1):664.

[4]刘聪,宋焱.磁共振血管壁成像对颅内动脉粥样硬化斑块易损性及疗效评估的研究进展[J].磁共振成像,2022,13(3):118-121.

[5]Lin G,Song J,Fu N,et al.Quantitative and qualitative analysis of atherosclerotic stenosis in the middle cerebral artery using high-resolution magnetic resonance imaging[J].Canadian Association of Radiologists Journal,2021,72(4):783-788.

[6]Wu Y,Gong L.Clinical effectiveness of 3.0 T high resolution magnetic resonance imaging in the diagnosis and prognostic assessment of intracranial atherosclerotic disease[J].Tropical Journal of Pharmaceutical Research,2023,22(3):673-678.

[7]Kang H G,Lee C H,Shin B S,et al.Characteristics of symptomatic basilar artery stenosis using high-resolution magnetic resonance imaging in ischemic stroke patients[J].Journal of Atherosclerosis and Thrombosis,2021,28(10):1063-1070.

[8]Li X,Liu C,Zhu L,et al.The role of high-resolution magnetic resonance imaging in cerebrovascular disease:a narrative review[J].Brain Sciences,2023,13(4):677.

[9]韩帅,王心雨,张超,等.高分辨率磁共振血管壁成像在评价中枢神经系统血管炎活动性的应用价值[J].临床放射学杂志,2021,40(3):416-420.

[10]Wu F,Yu H,Yang Q.Imaging of intracranial atherosclerotic plaques using 3.0 T and 7.0 T magnetic resonance imaging—current trends and future perspectives[J].Cardiovascular Diagnosis and Therapy,2020,10(4):994.

[11]Sun J,Feng X R,Yang X,et al.Correlation between characteristics of intracranial atherosclerotic plaques and ischemic stroke in high-resolution vascular wall MRI[J].Acta Radiologica,2023,64(2):732-740.

[12]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.

[13]Lee S H,Jung J M,Kim K,et al.Intramural hematoma shape and acute cerebral infarction in intracranial artery dissection:a high-resolution magnetic resonance imaging study[J].Cerebrovascular Diseases,2020,49(3):269-276.

[14]Zhao D L,Li R Y,Li C,et al.Assessment of the degree of arterial stenosis in intracranial atherosclerosis using 3D high-resolution MRI:comparison with time-of-flight MRA,contrast-enhanced MRA,and DSA[J].Clinical Radiology,2023,78(2):e63-e70.

[15]Vranic J E,Hartman J B,Mossa-Basha M.High-resolution magnetic resonance vessel wall imaging for the evaluation of intracranial vascular pathology[J].Neuroimaging Clinics,2021,31(2):223-233.