

• 诊治分析 •

超声造影与高分辨率 MRI 血管壁成像
在颈动脉粥样硬化斑块评估中的应用

陈憬巧, 尹孝亮, 胡松杰, 郎德海

【关键词】 颈动脉狭窄; 超声造影; 高分辨率 MRI 成像; 易损斑块

doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2025.06.022

【中图分类号】 R654.3 【文献标志码】 A 【文章编号】 1671-0800(2025)06-0626-04

颈动脉狭窄性疾病是指颈总动脉及颈内动脉因管腔狭窄或闭塞引发的脑血管病变, 可导致脑卒中及短暂性脑缺血(transient ischemic attack, TIA)。流行病学研究表明, 动脉粥样硬化是导致该疾病的首要病因, 约占 90%。颅外段颈动脉狭窄病变在缺血性脑卒中的致病因素中占比达 30%。针对存在明显临床症状的患者, 当颈动脉狭窄程度超过 70%时, 其两年内发生脑卒中的风险可达 26%^[1-2]。颈动脉粥样硬化病变的风险评估不仅包括确定颈动脉狭窄程度, 还包括斑块形态及其组成。颈动脉粥样硬化斑块依据其成分可分为易损斑块和稳定斑块, 而易损斑块发生脑卒中风险相对较高, 因此明确斑块性质对脑卒中风险评估、手术方案的选择具有重要意义。现阶段超声造影(contrast-enhanced ultrasound, CEUS)和高分辨率 MRI 血管壁成像(high-resolution magnetic resonance vessel wall imaging, HR-VWI)检查在评估斑块成分方面应用广泛^[3-4]。本研究回顾性分析 2021 年 12 月至 2024 年 12 月于宁波市第二医院行颈动脉狭窄行颈动脉内膜剥脱术(carotid endarterectomy, CEA)患者的影像学及病理学资料, 探讨 CEUS 及 HR-VWI 对斑块易损性的评估效能, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集宁波市第二医院血管外科

基金项目: 浙江省卫生健康科技计划项目(2024KY1558); 宁波市医学重点(扶持)学科(2022-F21)

作者单位: 315211 宁波, 宁波大学医学部(陈憬巧); 宁波市第二医院(尹孝亮、胡松杰、郎德海)

通信作者: 郎德海, Email: 13738868758@139.com

2021 年 12 月至 2024 年 12 月采用 CEA 治疗的中、重度颈动脉狭窄患者, 所有患者术前均经过超声和/或颈动脉 CTA 检查评估狭窄 > 70%。共纳入 138 例, 其中男 119 例, 女 19 例; 左侧 71 例, 右侧 67 例; 年龄 55 ~ 89 岁, 平均(70.5±9.0)岁; 其中无症状患者 69 例; 有症状患者 69 例, 表现为头晕、TIA、黑朦及肢体乏力等。纳入标准: (1)中、重度颈动脉狭窄患者; (2)术前行 CEUS 检测和 HR-VWI 检测; (3)采用 CEA 治疗; (4)术后对斑块进行病理检查。排除标准: (1)存在 CEUS 的禁忌证, 如对比剂过敏; (2)存在 HR-MRI 的禁忌证, 如幽闭恐惧症或体内有金属植入物; (3)资料不完整。本研究获得宁波市第二医院人体研究伦理委员会审查批准, 豁免/免除知情同意。

1.2 方法

1.2.1 超声造影检查 在二维超声成像基础上, 通过颈动脉纵切面显示血管管腔结构与斑块分布特征, 启动造影程序。将 5 ml 微泡对比剂悬液经肘前静脉快速推注, 同时开启计时系统, 持续采集并存储斑块区域动态影像 ≥ 60 s。根据动态 CEUS 图像对目标斑块进行半定量分析, 通过追踪微泡运动轨迹评估斑块内新生血管分布特征, 分级标准^[6]: I 级, 无强化; II 级, 外膜局部点线状强化; III 级, 斑块内贯穿性强化伴血流信号; IV 级, 弥漫性/网格状强化。超声诊断实行双人复核制度, 由 2 名主治医师及以上的超声科医师独立完成影像判读。当出现诊断意见不一致时, 需提交第 3 位同级别医师进行联合会诊, 经三方共同讨论达成共识后出具最终诊断报告。

1.2.2 高分辨率 MRI 血管壁成像检查 患者仰卧于检查床, 头部固定, 使用 prisma 3.0T 核磁共振(德国

西门子医疗公司) 进行检查。对比剂使用钆双胺注射液,以 0.2 ml/kg 静脉注射。然后进行 3D-TOF MRA 和 3D T1-SPACE 序列扫描,以颈动脉分叉为中心进行上下平扫, 然后对采集的断层图像进行三维影像的重建。MRI 图像评估实行双人复核制度,由 2 名 10 年以上临床影像诊断经验的影像科医师进行诊断,当出现诊断意见不一致时,需提交第 3 位医师,经三方共同讨论达成共识后出具最终诊断报告。

1.2.3 CEA 手术过程 术野常规消毒铺巾,沿胸锁乳突肌前缘作一斜行切口,可见颈外静脉斜行,切断结扎。将胸锁乳突肌向后方拉开,显露颈内静脉将颈内静脉向后侧牵拉,显露颈内动脉。沿颈总动脉内缘向上分离,显露颈总动脉及颈外动脉,充分游离血管,颈动脉全周完全松动游离,颈总动脉、颈内动脉及颈外动脉分别橡皮圈圈套留用。经股动脉穿刺置入 5F 猪尾导管于升主动脉行颈动脉造影,了解颅内血流灌注情况。全身肝素化(4 000 U)后,阻断动脉,采用经典或外翻式颈动脉内膜剥脱术,切开或离断颈总动脉分叉处,用无损伤镊子轻轻提起动脉切口侧壁,在血管内外层之间识别出确切的分裂界线,用 Watson-Cheyne 剥离器轻轻探查、剥离,切除颈动脉内的粥样硬化灶。清除血管腔内壁全部松动的碎屑及残留物,完成动脉内膜切除的全过程。用 0.9% 氯化钠注射液彻底冲洗术野,清除残留物,用 6-0Pro-lene 线进行血管的吻合。再次经股动脉置入导管造影观察颈动脉血管缝合处有无狭窄及颅内血流灌注情况。若无异常则置入 16 号硅胶管于动脉鞘外并固定,留用引流,依次缝合颈部切口。其中 2 例患者术中发现脑梗,神经外科协助经导管取栓。

1.2.4 斑块病理诊断 切除标本制成 3 ~ 5 μm 切片,采用 HE 和 Masson 三色染色。斑块病理分型由两名资深病理医师采用美国心脏病协会(American Heart Association, AHA)改良分型标准进行双重独立评估: I ~ II 型,接近正常管壁结构;III型,弥漫性内膜增厚或微小偏心斑块;IV ~ V 型,脂质/坏死核心伴纤维包裹,伴钙化倾向;VI型,复合病变伴表面破损或血栓形成;VII型,显著钙化灶;VIII型,纤维性斑块无脂质核心。评估过程中若出现诊断分歧,需经协商达成共识后确认最终分型。

1.3 评价指标 根据 CEUS 强化程度来判定斑块

内部新生血管的等级,其中 I、II 级为稳定斑块,III、IV 级为不稳定斑块。HR-VWI 图像根据各组成部分的信号变化来判定斑块的性质,结果中斑块强化、出血、正性重构归类为易损性斑块,其余的归类为稳定斑块。根据 AHA 提出^[7]的粥样硬化斑块的组织病理学分型标准将 IV、V、VI 型视为易损性斑块,I ~ III、VII、VIII 型视为稳定斑块。

1.4 统计方法 采用 SPSS 22.0 软件进行统计学处理。计数资料采用 χ^2 检验。使用 Kappa 一致性检验进行一致性分析,Kappa 值 > 0.75 认为一致性较好,Kappa 值 < 0.4 认为一致性较差。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 CEUS、HR-VWI 与病理结果的一致性 病理明确的 113 例易损斑块中,CEUS 检出 91 例、HR-VWI 检出 107 例;病理明确的 25 例稳定斑块,CEUS 检出 18 例,HR-VWI 检出 17 例。单纯 CEUS 检查与病理检测的一致性为 0.45,中度一致;单纯 HR-VWI 与病理检测的结果一致性为 0.63,高度一致;斑块 CEUS 联合 HR-VWI 检测与病理检测的结果一致性为 0.82,一致性好,见表 1 ~ 3。

2.2 并发症发生情况 围手术期发生卒中 2 例(2/138),其中 1 例患者在结束颈动脉吻合后造影发现存在同侧栓子脱落,术中即刻取栓,预后良好,未

表 1 不同检查方法结果统计

检查方法	易损斑块	稳定斑块	χ^2 值	P 值
CEUS	98	40	6.90	< 0.05
HR-VWI	115	23		
病理	113	25		

表 2 稳定斑块与易损斑块 CEUS 与病理检出结果比较

CEUS	病理结果		合计
	稳定	易损	
稳定	18	22	40
易损	7	91	98
合计	25	113	138

表 3 稳定斑块与易损斑块 HR-VWI 与病理检出结果比较

HR-VWI	病理结果		合计
	稳定	易损	
稳定	17	6	23
易损	8	107	115
合计	25	113	138

遗留明显后遗症;1例术中出现对侧脑梗死,面积较大,取栓效果不佳,最终死亡。

3 讨论

颈动脉粥样硬化斑块的发病率越来越高,是脑卒中和一过性TIA的根本原因,脑卒中也是目前心脑血管疾病致死的第三大因素,同时也是致残和认知障碍的常见病因^[8]。研究颈动脉粥样硬化斑块,做到早发现、早治疗,尽可能地避免脑卒中的发生具有重要的现实意义。单独的管腔狭窄程度并不是卒中的最佳预测指标,斑块的形态起着更关键的作用,明确颈动脉斑块的特征属性对于评估脑卒中风险及选择手术治疗方案具有重要参考价值,因此,关于颈动脉成像的研究应侧重于识别颈动脉斑块的特征^[9-10]。目前经典的治疗颈动脉粥样硬化狭窄的手术方式分为CEA和颈动脉支架成形术(carotid artery stenting, CAS);而对于易损斑块患者,指南优先推荐选择CEA治疗^[5],这对于降低围手术期卒中的发生率和远期预后具有更加积极的意义。病理结果是判断颈动脉斑块性质的“金标准”,然而由于该技术属于侵入性操作且存在潜在并发症风险,目前临床实践中逐渐转向采用无创影像学技术。CEUS和HR-VWI检查目前在临床上开展的越来越广泛,它们通过结合对比剂,可以更好地显示硬化斑块狭窄率并提供斑块形态和成分的分析,可以对斑块进行更加全面的风险评估。

CEUS检查在颈动脉斑块评估中具有独特优势,尤其在颈动脉狭窄精准分级、斑块溃疡识别以及斑块内新生血管检测中表现突出。CEUS在二维超声的基础上进一步发展,通过斑块对对比剂的摄取情况,根据动态CEUS图像对目标斑块进行半定量分析,识别斑块内快速移动微泡的位置和灌注情况来检测斑块内新生血管的形成,并通过斑块内部增强程度来判断斑块的软、硬度^[11]。研究显示,CEUS在诊断组织学易损斑块方面的灵敏度为94%,阳性预测值为87%^[12]。

HR-VWI是一种非侵入性技术,是识别和量化动脉粥样硬化斑块不同成分的重要工具,采用不同的MRI序列,可以识别斑块内出血区域、钙沉积、脂质堆积和纤维组织成分^[13-14],从而对斑块成分进行定

量评估。HR-VWI可清晰显示颈动脉内膜厚度及斑块形态。HR-VWI已被广泛研究,其结果与手术切除标本的组织病理学分析结果相吻合^[15]。本研究结果显示,3种方法易损斑块和稳定斑块的检出率差异有统计学意义($P < 0.05$),CEUS、HR-VWI检查与最终的病理结果一致性分别为0.45、0.63,联合检测一致性为0.82。研究显示^[16],HR-VWI与CEUS联合可将易损斑块诊断敏感度提升至91.1%,与本研究结果相符。

综上所述,CEUS与HR-VWI检查对颈动脉斑块性质评估具有实际意义,联合检查有助于提高易损斑块检测的准确性。本文的不足之处在于所筛选分析的病例均为术前经过CEUS和/或HR-VWI评估为易损性斑块的患者,均接受CEA治疗,若术前评估均为稳定斑块,部分患者会采用CAS治疗,本文剔除了这部分可能真实为易损性斑块患者(术前评估均为稳定斑块),但由于CAS无法获取最终的病理结果,无法对这部分病例数据进行分析,因此对于数据结果的解读存在一定的欠缺,不够完善。后续将开展多中心、更大样本的量的病例分析,以期提供更加有价值的研究结果。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

- [1] 王陇德.中国脑卒中防治报告(2015)[R].北京:中国协和医科大学出版社,2015.
- [2] HALLIDAY A, BULBULIA R, BONATI L H, et al. Second asymptomatic carotid surgery trial (ACST-2): A randomised comparison of carotid artery stenting versus carotid endarterectomy[J]. Lancet, 2021, 398(10305): 1065-1073.
- [3] JAIN N K, SINGH G, MURALIDHARAN C G, et al. Assessment of plaque vulnerability in carotid atherosclerotic plaques using contrast-enhanced ultrasound[J]. Med J Armed Forces India, 2022, 78(4): 422-429.
- [4] MENG Y F, MO Z G, HAO J Y, et al. High-resolution intravascular magnetic resonance imaging of the coronary artery wall at 3.0 Tesla: Toward evaluation of atherosclerotic plaque vulnerability[J]. Quant Imaging Med Surg, 2021, 11(11): 4522-4529.
- [5] 陈忠,杨耀国.颈动脉狭窄诊治指南[J].中国血管外科杂志(电子版),2017,9(3):169-175.
- [6] ZHANG Q, LI C, HAN H, et al. Spatio-temporal quantification of carotid plaque neovascularization on contrast enhanced ultrasound: Correlation with visual grading and histopathology[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2015, 50(3): 289-296.
- [7] JIANG Y L, ZHU C C, PENG W J, et al. Ex-vivo imaging and plaque

- type classification of intracranial atherosclerotic plaque using high resolution MRI[J]. *Atherosclerosis*, 2016, 249: 10-16.
- [8] WANG Z J, KORANTZOPOULOS P, LIU T. Correction to: Carotid atherosclerosis in patients with atrial fibrillation[J]. *Curr Atheroscler Rep*, 2019, 22(1): 1.
- [9] HUANG Z, CHENG X Q, LIU Y N, et al. Value of intraplaque neovascularization on contrast-enhanced ultrasonography in predicting ischemic stroke recurrence in patients with carotid atherosclerotic plaque[J]. *Korean J Radiol*, 2023, 24(4): 338-348.
- [10] ZAMANI M, SKAGEN K, SCOTT H, et al. Advanced ultrasound methods in assessment of carotid plaque instability: A prospective multimodal study[J]. *BMC Neurol*, 2020, 20(1): 39.
- [11] HUANG Y Q, CHEN C J, SHI J N, et al. The value of contrast-enhanced ultrasonography in predicting stroke occurrence: A prospective study[J]. *Heliyon*, 2024, 10(19): e38621.
- [12] IEZZI R, PETRONE G, FERRANTE A, et al. The role of contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in visualizing atherosclerotic carotid plaque vulnerability: Which injection protocol? Which scanning technique?[J]. *Eur J Radiol*, 2015, 84(5): 865-871.
- [13] BENSON J C, CHEEK H, AUBRY M C, et al. Cervical carotid plaque MRI: Review of atherosclerosis imaging features and their histologic underpinnings[J]. *Clin Neuroradiol*, 2021, 31(2): 295-306.
- [14] TRITANON O, MATAENG S, APIRAKKAN M, et al. Utility of high-resolution magnetic resonance vessel wall imaging in differentiating between atherosclerotic plaques, vasculitis, and arterial dissection[J]. *Neuroradiology*, 2023, 65(3): 441-451.
- [15] HUANG L X, WU X B, LIU Y A, et al. High-resolution magnetic resonance vessel wall imaging in ischemic stroke and carotid artery atherosclerotic stenosis: A review[J]. *Heliyon*, 2024, 10(7): e27948.
- [16] 麦提亚生·麦提吐尔逊. 超声造影与高分辨核磁共振血管壁成像在中-重度颈动脉狭窄患者中的临床应用分析[D]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2023.

收稿日期: 2024-12-29

(本文编辑: 吴迪汉)

儿童青少年超重肥胖现状及与心血管代谢异常的相关性

张晨, 胡家, 倪林

【关键词】 超重; 肥胖; 青少年儿童; 心血管代谢; 相关性

doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2025.06.023

【中图分类号】 R589.9 【文献标志码】 A 【文章编号】 1671-0800(2025)06-0629-04

随着全球经济快速发展、生活方式剧变, 儿童青少年超重肥胖成为全球公共卫生难题^[1]。近年来我国儿童青少年超重肥胖率急剧上升, 《中国居民营养与慢性病状况报告(2020)》显示, 6~17岁超重肥胖比例达19%, 远超1992年的5.7%^[2]。且75%~80%的青少年肥胖会延续至成年, 严重影响长期健康与生活品质^[3]。肥胖不仅损害儿童青少年外貌与自信, 引发自卑、抑郁等心理问题, 还是多种慢性病重要诱因, 且会显著增加其心血管疾病风险^[4-5]。本研究综合分析儿童青少年超重肥胖流行现状及与心血管代谢异

常的相关性, 旨在为制定防控策略提供依据, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集2022年2月至2024年2月期间湖州市第一人民医院收治的超重肥胖儿童青少年152例。其中男74例, 女78例; 年龄6~18岁, 平均(12.2±3.4)岁。纳入标准: (1)符合文献[6]中超重肥胖的诊断标准; (2)年龄6~18岁。排除标准: (1)存在重大疾病史或残疾者; (2)患有严重疾病(如先天性心脏病、肝肾功能衰竭等); (3)参与其他相关研究。本研究获得湖州市第一人民医院医学科研与临床试验伦理委员会批准, 所有研究者均由法定监护

基金项目: 浙江省医药卫生科技计划项目(2022KY364)

作者单位: 313000 浙江省湖州, 湖州市第一人民医院

通信作者: 张晨, Email: hunt816@163.com