

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2024.19.042

SMI 对缺血性脑卒中患者颈动脉粥样硬化斑块新生血管的评估价值分析*

郭燕¹ 李六一^{1△} 苟开来¹ 胡川² 任雪倩³

(1 重庆医科大学附属璧山医院超声医学科 重庆 402760; 2 重庆医科大学附属璧山医院神经内科 重庆 402760;

3 贵州医科大学附属第一医院超声中心 贵州 贵阳 550004)

摘要 目的: 观察超微血管成像(SMI)对缺血性脑卒中患者颈动脉粥样硬化斑块新生血管的评估价值。**方法:** 选取 2022 年 1 月~2023 年 12 月缺血性脑卒中伴有颈动脉粥样硬化斑块患者 100 例,所有患者均行 SMI 检查与斑块病理组织检查,比较两种方法对斑块内新生血管的检出情况,另外根据斑块病理组织检查结果将其分为观察组(存在新生血管)与对照组(无新生血管),比较两组 SMI 评分与斑块特征。**结果:** 本研究纳入 100 例患者中,经病理检查诊断存在新生血管 81 例,经 SMI 检查诊断存在新生血管 78 例,且 SMI 检查诊断新生血管与病理检查结果比较 Kappa 检验一致性系数为 0.78;ROC 曲线显示 SMI 诊断新生血管的灵敏度、特异度及准确性分别为 93.83%、89.47%、93.00%。SMI 评分为 2 分的新生血管 MVD 值最高,SMI 评分为 1 分次之,SMI 评分为 0 分 MVD 值最低($P<0.05$)。观察组 SMI 评分、斑块长度、厚度、钙化及纤维化程度均高于对照组($P<0.05$),且多因素 Logistic 回归分析发现,SMI 评分、斑块厚度及钙化程度是缺血性脑卒中患者颈动脉粥样硬化斑块新生血管形成的独立影响因素($P<0.05$)。Spearman 相关性分析显示,SMI 评分、斑块厚度及钙化程度与新生血管形成均成正相关($P<0.05$)。**结论:** SMI 能准确评估缺血性脑卒中患者颈动脉粥样硬化斑块新生血管的形成情况,且 SMI 评分、斑块厚度及钙化程度均与缺血性脑卒中患者颈动脉粥样硬化斑块新生血管生成密切相关,建议予以密切关注。

关键词: 超微血管成像;缺血性脑卒中;颈动脉粥样硬化;斑块;新生血管

中图分类号:R654.3 文献标识码:A 文章编号:1673-6273(2024)19-3761-04

Value of SMI in Evaluating Carotid Atherosclerotic Plaque Neovascularization in Patients with Ischemic Stroke*

GUO Yan¹, LI Liu-yi^{1△}, GOU Kai-lai¹, HU Chuan², REN Xue-qian³

(1 Department of Ultrasonic Medicine, Affiliated Hospital of Bishan, Chongqing Medical University, Chongqing, 402760, China;

2 Department of Neurology, Affiliated Hospital of Bishan, Chongqing Medical University, Chongqing, 402760, China;

3 Ultrasonic Center, Affiliated Hospital of Guizhou Medical University, Guiyang, Guizhou, 550004, China)

ABSTRACT Objective: To observe the value of superb micro-vascular imaging (SMI) in evaluating carotid atherosclerotic plaque neovascularization in patients with ischemic stroke. **Methods:** One hundred patients with ischemic stroke and carotid atherosclerotic plaques from January 2022 to December 2023 were selected. All patients underwent SMI examination and histopathological examination of plaque. The detection of neovascularization in the plaque was compared between the two methods. According to pathological results, the patients were divided into observation group (with neovascularization) and control group (without neovascularization). SMI scores and plaque characteristics of the two groups were compared. **Results:** Among the 100 patients included in this study, 81 patients were diagnosed with neovascularization through pathological examination and 78 patients were diagnosed with neovascularization through SMI examination. Kappa test showed that the coefficient of consistency between SMI examination and pathological examination was 0.78. ROC curves indicated that the sensitivity, specificity and accuracy of SMI for diagnosing neovascularization were 93.83%, 89.47% and 93.00%. The MVD value of neovascularization with SMI score of 2 was the highest, followed by that with SMI score of 1. The MVD value of neovascularization with SMI score of 0 was the lowest ($P<0.05$). SMI score, plaque length, thickness, calcification and fibrosis degree of the observation group were higher than those of the control group ($P<0.05$). Multivariate logistic regression analysis found that SMI score, plaque thickness and calcification degree were independent influencing factors of carotid atherosclerotic plaque neovascularization in patients with ischemic stroke($P<0.05$). Spearman correlation analysis showed that SMI score, plaque thickness and calcification degree were positively correlated with neovascularization ($P<0.05$). **Conclusion:** SMI can help to evaluate carotid atherosclerotic plaque neovascularization in patients with ischemic stroke accurately. SMI score, plaque thickness and calcification degree are closely related to carotid atherosclerotic plaque neovascularization in patients with ischemic stroke. Therefore, it is recommended to pay close attention to

* 基金项目:重庆市科委前沿研究项目(cstc2017jcyjAX0403);重庆医科大学附属璧山医院院级科研项目(BYKY2023006)

作者简介:郭燕(1991-),女,硕士研究生,住院医师,研究方向:心血管超声,E-mail: gysmile20220806@163.com

△ 通讯作者:李六一(1984-),女,本科,主治医师,研究方向:心血管超声,E-mail: 297248919@qq.com

(收稿日期:2024-04-27 接受日期:2024-05-22)

these factors.

Key words: Superb micro-vascular imaging; Ischemic stroke; Carotid atherosclerosis; Plaque; Neovascularization

Chinese Library Classification(CLC): R654.3 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2024)19-3761-04

前言

缺血性脑卒中与颈动脉粥样硬化关系密切,具体表现为颈动脉斑块的产生会极大影响人体大脑血供通路,加上斑块易破损生成血栓等,并经血流造成脑动脉堵塞,继而诱发缺血性脑卒中^[1]。颈动脉斑块常出现于颈内动脉起始及颈总动脉分叉处,是动脉硬化的主要表现形式之一,该病理过程中新生血管形成对于斑块生长及稳定性影响显著^[2]。斑块新生血管主要是由内皮细胞构成,由于缺乏基底膜与结缔组织易发生破裂出血,进而导致血栓形成与栓子脱落^[3]。既往研究^[4]指出,评估颈动脉斑块性质对脑卒中等疾病的预测价值较高,其中斑块内新生血管是评估易损斑块的重要标志物,检测新生血管对于评估脑卒中发生风险具有积极意义。超微血管成像(SMI)为新兴的一类彩色血流显示技术,具有较高的空间分辨率与灵敏度,且无需造影剂辅助下能准确捕捉低速血流,进而清晰显示微小血管血液灌注水平,对斑块新生血管进行诊断与评估^[5,6]。本研究旨在探究 SMI 对缺血性脑卒中患者颈动脉粥样硬化斑块新生血管的检出情况并分析其与新生血管形成的关系。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2022 年 1 月~2023 年 12 月缺血性脑卒中且伴有颈动脉粥样硬化斑块患者 100 例。纳入标准:① 满足缺血性脑卒中诊断标准^[7],且经临床影像学检查真是存在颈动脉粥样硬化斑块;② 均接受 SMI 与斑块病理组织检查;③ 年龄 ≥ 18 岁;④ 临床资料完善。排除标准:① 心脏功能持续恶化,病情危重且难以完成相应检查者;② 伴有肝肾功能异常或脑外伤者;③ 伴有急性血管并发症;④ 伴有恶性肿瘤或外周血管闭塞性疾病;⑤ 经颈动脉彩超检查显示为完全强回声斑块。

1.2 方法

1.2.1 临床资料收集 收集患者基线资料(性别、年龄、BMI、基础疾病、吸烟史、饮酒史)与实验室指标(血压、血糖、TG、TC、LDL 及 HDL)。

1.2.2 SMI 检查方法 采用 PHILIP 彩色多普勒超声诊断仪,自带 SMI 软件。指导患者取仰卧位,放松颈部并使之充分暴露,按血管走行自下而上行二维超声检查,依次探查颈总动脉起始段、颈总动脉、颈内及颈外动脉,发现低回声目标斑块后获

取斑块特征,主要包括斑块个数、长度、厚度、钙化程度与纤维化程度。调整至 SMI 模式,将检查探头调整至患者颈动脉斑块厚度最大处,检查参数如下:机械指数设为 1.5,标尺 1.5 cm/s,深度约 3~5 cm,多切面观察患者颈动脉斑块内新生血管情况,选取血流清晰的切面图像进行保存。SMI 检查对斑块内新生血管生成情况的评估标准^[8]为:斑块内出现明显呈分枝状、网状的血管结构,血流信号充盈且血流灌注明显判定为存在新生血管,斑块内未见明显血管结构,且血流信号较弱则判定为无新生血管。根据 SMI 评分标准^[9]可将新生血管分为 0 分(斑块内无新生血管)、1 分(斑块内见少量点状血流信号)、2 分(斑块内见线状、树枝状血流信号,且呈弥漫分布)。

1.2.3 斑块病理组织检查方法 采用颈动脉内膜剥脱术获取患者斑块病理组织,经脱水、包埋后制作石蜡切片,采用甲醛固定后进行 HE 染色,观察斑块内有无新生血管形成,其中在高倍显微镜下细胞质呈现棕褐色或棕黄色颗粒(血管内皮细胞)为存在新生血管,纳为观察组;反之判定为无新生血管纳为对照组。新生血管计数方法如下:将细胞质呈现棕褐色或棕黄色颗粒的单个内皮细胞或细胞簇记为 1 个血管,选取血管着色的 3 个视野,计数微血管密度(MVD),计算平均值。

1.3 统计学方法

数据经 SPSS 22.0 分析,计数资料用%表示,采用 χ^2 检验。观察 SMI 检查结果与病理检查结果一致性时采用 Kappa 检验,当 Kappa 指数大于 0.75 时表示一致性好。采用多因素 Logistic 回归分析影响新生血管形成的因素。采用 Spesman 相关性分析新生血管与 SMI 评分、斑块特征的关系。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 SMI 检查与斑块病理组织检查对斑块新生血管的检出情况

本研究纳入 100 例患者中,经病理检查诊断存在新生血管共 81 例,经 SMI 检查诊断存在新生血管共 78 例,其中 76 例与病理检查结果相符,符合率为 97.44%,且 SMI 检查诊断新生血管与病理检查结果比较 Kappa 检验一致性系数为 0.786,一致性较好。见表 1。ROC 特征曲线结果显示,SMI 检查诊断新生血管的灵敏度、特异度及准确性分别为 93.83%、89.47%、93.00%。

表 1 SMI 检查与斑块病理组织检查对斑块新生血管的检出情况比较

Table 1 Comparison of the detection of plaque neovascularization between SMI examination and plaque pathological examination

SMI examination	Pathological examination		Total
	Neovascularization	No neovascularization	
Neovascularization	76	2	78
No neovascularization	5	17	22
Total	81	19	100

2.2 不同 SMI 评分新生血管 MVD 值的比较

不同 SMI 评分新生血管的 MVD 值比较差异显著 ($P < 0.05$), 其中 SMI 评分为 2 分的新生血管 MVD 值最高,

SMI 评分为 1 分次之, SMI 评分为 0 分 MVD 值最低 ($P < 0.05$)。见表 2。

表 2 不同 SMI 评分新生血管 MVD 值的比较($\bar{x} \pm s$, 个/mm²)Table 2 Comparison of MVD values among neovascularization with different SMI scores ($\bar{x} \pm s$, n/mm²)

SMI scores	N	MVD
0	22	5.39 \pm 1.02
1	41	12.44 \pm 2.58*
2	37	25.37 \pm 4.07*#
F		341.853
P		<0.001

Note: Compared with SMI score of 0, * $P < 0.05$; compared with SMI score of 1, # $P < 0.05$.

2.3 多因素 Logistic 回归分析颈动脉粥样硬化斑块新生血管形成的影响因素

SMI 评分、斑块厚度及钙化程度是缺血性脑卒中患者颈动

脉粥样硬化斑块新生血管形成的独立影响因素 ($P < 0.05$)。见表 3。

表 3 颈动脉粥样硬化斑块新生血管形成的多因素 Logistic 回归分析结果

Table 3 Multivariate logistic regression analysis results of carotid atherosclerotic plaque neovascularization

Item	β	SE	Wald χ^2	P	OR	95%CI
SMI score	0.665	0.258	6.644	0.010	1.944	1.173~3.224
Length of plaque	0.527	0.302	3.045	0.082	1.694	0.937~3.062
Thickness of plaque	0.569	0.274	4.312	0.038	1.766	1.032~3.022
Degree of plaque calcification	0.496	0.206	5.797	0.016	1.642	1.097~2.459
Degree of plaque fibrosis	0.608	0.339	3.217	0.074	1.837	0.945~3.570

3 讨论

现阶段临床上对于缺血性脑卒中患者斑块新生血管情况的影像学检查方法较多, 主要包括磁共振成像、动脉造影及光学相干断层扫描等, 但这些检查的重复性较差, 加上价格较高, 部分患者接受度较低, 因此难以在临床实际中广泛应用^[10,11]。

SMI 检查是在彩色多普勒超声技术上发展而来的新型血流成像技术, 主要是利用自适应算法减少组织运动伪影对成像的干扰, 达到准确捕捉低速血流的检查目的, 具有无创、重复性高等优势^[12]。本研究对比 SMI 与病理检查对斑块新生血管的检出情况, 结果显示 SMI 检查诊断新生血管与病理检查结果比较 Kappa 检验一致性系数为 0.78, 且 SMI 检查诊断新生血管的灵敏度、特异度及准确性分别为 93.83%、89.47%、93.00%, 提示 SMI 能准确评估缺血性脑卒中患者斑块新生血管情况。主要原因在于 SMI 检查具有较高的灵敏度与时间分辨率, 能准确获取患者斑块大小、形态、位置及内部血流信息, 辅助临床动态观察斑块内微血流灌注程度, 进而为新生血管评估提供影像学依据^[13]。

本研究发现, SMI 评分为 2 分的新生血管 MVD 值最高, SMI 评分为 1 分次之, SMI 评分为 0 分 MVD 值最低, 这与李天天^[14]等的研究结果一致, 提示 SMI 评分能较好反映斑块内新

生血管密度。观察组 SMI 评分、斑块长度、厚度、钙化及纤维化程度均高于对照组, 且 SMI 评分、斑块厚度及钙化程度是缺血性脑卒中患者颈动脉粥样硬化斑块新生血管形成的独立影响因素, 提示上述因素对新生血管形成影响显著。主要原因在于: ① SMI 评分越高提示斑块内新生血管丰富程度越高, 会促进患者颈动脉粥样硬化不断进展, 进而刺激中性粒细胞集聚, 加重组织损伤, 同时大量炎性因子生成与释放会对外膜血管产生滋养作用, 不断刺激新生血管生成^[15]。② 斑块厚度及钙化程度为斑块特征的重要指标, 随着斑块厚度与钙化程度增加, 患者斑块体积随之增加, 斑块内平滑肌与基质变少, 易引起斑块易损性增加, 而斑块易损性与患者新生血管密度呈正相关, 因此表现为观察组斑块厚度及纤维化程度更高^[16]。

综上所述, SMI 能准确评估缺血性脑卒中患者颈动脉粥样硬化斑块新生血管的形成情况, 可为评估斑块内新生血管提供可靠依据。

参考文献(References)

- [1] Oliveira FAA, Dourado-Filho MG, Sampaio Rocha-Filho PA. Assessing the influence of migraine on ischemic penumbra and on the prognosis of ischemic stroke: A prospective cohort study [J]. Headache, 2023, 63(4): 549-558.
- [2] 吴方玲, 胡金花, 黄菊霞, 等. 颈动脉斑块超微血流成像联合颈动脉彩色多普勒血流成像血流动力学参数对进展性缺血性脑卒中的

- 预测价值[J]. 中国医药导报, 2023, 20(8): 91-94.
- [3] 戴轶伟, 季燕, 成云芳. 急性缺血性脑梗死患者血清 LP-PLA2 水平表达对颈动脉斑块新生血管分级的影响[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2023, 18(3): 316-319.
- [4] 王小凤, 谢卡飞, 钱群飞, 等. 超声造影评估颈动脉斑块新生血管联合 ABCD3 评分、D-二聚体水平对短暂性脑缺血发作早期脑卒中风险的预测价值[J]. 中国医刊, 2022, 57(3): 316-319.
- [5] Riemer K, Tan Q, Morse S, et al. 3D Acoustic Wave Sparsely Activated Localization Microscopy With Phase Change Contrast Agents[J]. *Invest Radiol*, 2024, 59(5): 379-390.
- [6] 张晋源, 马薇, 崔海鸥, 等. 超微血管成像技术在颈部动脉夹层诊断中的价值[J]. 中风与神经疾病杂志, 2022, 39(2): 119-122.
- [7] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018 [J]. 中华神经科杂志, 2018, 51(9): 666-682.
- [8] 马力丰, 王义成, 徐乐, 等. 超微血流成像技术评价颈内动脉闭塞的价值及斑块内新血管生成的危险因素分析[J]. 河北医科大学学报, 2022, 43(2): 193-197.
- [9] 王文峰, 常叶, 牟荣骥. SMI 评价颈动脉斑块中 IPN 形成及发生 ACI 的危险因素分析 [J]. 影像科学与光化学, 2022, 40(5): 1299-1303.
- [10] 曹文, 任翠龙, 孙艳霞. 常规超声、超声造影及超声弹性成像联合诊断高血压伴高同型半胱氨酸血症患者颈动脉粥样硬化斑块的价值[J]. 临床超声医学杂志, 2022, 24(8): 598-602.
- [11] 陈焯, 龚怡, 魏梅梅. 超声造影参数在评估急性脑梗死患者新生血管分级及颈动脉斑块稳定性中的应用价值[J]. 河北医学, 2024, 30(2): 301-306.
- [12] 黄雅萍, 侯放, 文晟, 等. 超声造影诊断颈动脉不稳定斑块破裂风险的效能[J]. 中国超声医学杂志, 2023, 39(1): 5-8.
- [13] 郑丽娜, 解小双, 骆周展, 等. SMI 技术联合血清 miR-217-5p 诊断进展性缺血性脑卒中的研究 [J]. 影像科学与光化学, 2023, 41(1): 69-73.
- [14] 李天天, 王华. 超微血管成像和超声造影对颈动脉粥样硬化斑块内新生血管的评估价值 [J]. 新乡医学院学报, 2019, 36(10): 941-944.
- [15] 李丽, 杨帆, 张小红. 超声造影评估基质金属蛋白酶-9 活化调控对颈动脉斑块内新生血管的影响 [J]. 实用医学杂志, 2023, 39(4): 481-486.
- [16] 吕琦, 惠品晶, 丁亚芳, 等. 颈动脉斑块易损性的超声造影评估及与缺血性卒中的相关性研究 [J]. 中华医学超声杂志 (电子版), 2023, 20(10): 1040-1045.

(上接第 3675 页)

- [7] 赵静敏, 张海平, 王希柱, 等. 基于自我调节学习理论的干预对慢性心力衰竭患者健康素养及生活质量的影响 [J]. 中国医药导报, 2023, 20(4): 172-176.
- [8] 中国康复医学会心血管病预防与康复专业委员会. 慢性心力衰竭心脏康复中国专家共识[J]. 中华内科杂志, 2020, 59(12): 942-952.
- [9] 寇璐璐, 刘敏, 王晓青, 等. 心肺康复训练对脑卒中合并冠心病患者运动功能及心肺适应性的影响 [J]. 疑难病杂志, 2023, 22(11): 1126-1131.
- [10] Zeinabeh MZ, Atefeh A, Masumeh GHP, et al. The Effect of Mindfulness-Based Stress Reduction Counseling on Blood Glucose and Perceived Stress in Women with Gestational Diabetes [J]. *Rev Bras Ginecol Obstet*, 2023, 45(9): e517-e523.
- [11] 曾德菲, 郑婉, 魏俊萍, 等. 运动康复训练对老年冠心病慢性心力衰竭患者心功能的影响[J]. 中国老年学杂志, 2023, 43(7): 1543-1546.
- [12] Juarez M, Castillo-Rodriguez C, Soliman D, et al. Cardiopulmonary Exercise Testing in Heart Failure [J]. *J Cardiovasc Dev Dis*, 2024, 11(3): 70.
- [13] Zimmerman A, da Silveira AD, Borges MS, et al. Functional assessment based on cardiopulmonary exercise testing in mild heart failure: A multicentre study [J]. *ESC Heart Fail*, 2023, 10(3): 1689-1697.