

## SMI 联合 SWE 评价颈动脉斑块稳定性

孙 欢

吉林省前卫医院 吉林长春

**【摘要】**目的 探讨 SMI 联合 SWE 评价颈动脉斑块稳定性。方法 选取来我院就诊并检出颈动脉斑块（非钙化性，厚度 $>2.0\text{mm}$ ）的患者 56 例，检出斑块 97 个。所有患者均行常规超声、SMI 及 SWE 检查。以病理结果为参照，分析 SMI、SWE 单独及联合应用对易损斑块的诊断效能。结果 病理结果证实 59 个为易损斑块，38 个为稳定斑块。SMI 检查显示，易损斑块的 IPN 发生率及等级均显著高于稳定斑块 ( $P<0.05$ )。SWE 测量显示，易损斑块的平均杨氏模量值显著低于稳定斑块 ( $P<0.05$ )。SMI 与 SWE 联合诊断的灵敏度、特异度及准确度均高于 SMI 单独诊断和 SWE 单独诊断。结论 SMI 与 SWE 联合应用能够综合评估颈动脉斑块的形态特征、内部新生血管情况及生物力学特性，显著提高对斑块稳定性评估的准确性，具有重要的临床应用价值。

**【关键词】**颈动脉斑块；SMI；SWE；斑块稳定性；新生血管

**【基金项目】**吉林省卫生健康科技能力提升计划（2024A157）：SMI 联合 SWE 评价颈动脉斑块稳定性

**【收稿日期】**2025 年 10 月 11 日      **【出刊日期】**2025 年 11 月 23 日      **【DOI】**10.12208/j.ijcr.20250533

### SMI combined with SWE evaluation of carotid plaque stability

Huan Sun

Qianwei Hospital Jilin Province, Changchun, Jilin

**【Abstract】** **Objective** Exploring the combination of SMI and SWE for evaluating the stability of carotid artery plaques. **Methods** 56 patients who came to our hospital for treatment and were diagnosed with carotid artery plaques (non calcified, thickness $>2.0\text{mm}$ ) were selected, and 97 plaques were detected. All patients underwent routine ultrasound, SMI, and SWE examinations. Using pathological results as a reference, analyze the diagnostic efficacy of SMI and SWE alone and in combination for vulnerable plaques. **Results** Pathological results confirmed that 59 were vulnerable plaques and 38 were stable plaques. SMI examination showed that the incidence and grade of IPN in vulnerable plaques were significantly higher than those in stable plaques ( $P<0.05$ ). SWE measurement showed that the average Young's modulus value of vulnerable plaques was significantly lower than that of stable plaques ( $P<0.05$ ). The sensitivity, specificity, and accuracy of the combined diagnosis of SMI and SWE are higher than those of SMI alone and SWE alone. **Conclusion** The combined application of SMI and SWE can comprehensively evaluate the morphological characteristics, internal neovascularization, and biomechanical properties of carotid plaques, significantly improve the accuracy of plaque stability assessment, and have important clinical application value.

**【Keywords】** Carotid artery plaque; SMI; SWE; Plaque stability; Neovascularization

脑卒中作为全球范围内导致死亡和残疾的主要原因，其高发病率、高致残率和高复发率严重威胁着人类的生命健康<sup>[1]</sup>。在中国，随着老龄化社会的到来，脑卒中的发生率逐年上升，成为严重的公共卫生问题。研究证明，脑血管病发生的主要病理基础是颈动脉斑块的不稳定，尤其是易损斑块，其表面溃疡形成、破裂与糜烂继发血栓形成是导致急性脑血管事件的主要原因，

而非颈动脉狭窄程度<sup>[2-3]</sup>。因此，及早判断斑块的性质对于预防和降低脑血管疾病的发生率和致死率至关重要。SMI 技术利用光学相干干涉原理，通过测量颈动脉壁的微小变形来评估血管功能，具有高分辨率、高灵敏度、无创无痛、可重复性强等优点。SMI 技术可实时观察斑块内的超微血流信号，可识别并去除运动伪像，可高帧频、高分辨率地检测低速血流，敏感地对微血管

及低流速血流成像，从而对斑块内新生血管进行评估。SMI 能够清晰显示颈动脉粥样硬化斑块的形态和结构，评估粥样硬化的程度和范围，为临床诊断提供重要依据<sup>[4]</sup>。SWE 技术通过探头晶片发射声辐射，利用“马赫锥”原理，在组织的不同深度连续激发产生剪切波，使组织发生形变，以彩色编码技术实时显示组织弹性图，通过系统定量分析测得组织的杨氏模量绝对值。杨氏模量值越大，弹性系数越高，组织越硬。由于斑块内组织成分不同，软斑块内有大量脂质成分，混合斑块则是以纤维和钙质为主，硬斑块主要以钙质成分为主，故硬斑块杨氏模量值最高，混合斑块次之，软斑块最低。本研究选取来就诊并检出颈动脉斑块（非钙化性，厚度 $>2.0\text{mm}$ ）的患者，应用 SMI 联合 SWE 技术评估颈动脉斑块稳定性，并对后续进行颈动脉内膜剥脱术的患者进行病理结果对比。

## 1 对象和方法

### 1.1 对象

选择于 2022 年 9 月至 2025 年 9 月期间接收的 56 例颈动脉斑块患者。对患者的基本信息展开对比分析后发现，在统计学层面并未呈现出显著性差异 ( $P>0.05$ )。所有患者均签署知情同意书。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 检查方法

检查采用 佳能 Aprio i800 超声诊断仪，飞利浦 epi Q7 超声诊断仪高频线阵探头对来就诊并检出颈动脉斑块（非钙化性，厚度 $>2.0\text{mm}$ ）的患者应用超微血管成像（SMI）联合剪切波成像技术（SWE）。嘱患者采取仰卧位，肩部垫枕头使头部后仰，充分暴露颈部，检查时头部稍偏向检查对侧。首先对患者进行常规二维超声检查，选取位于颈总动脉或颈动脉分叉处的斑块，记录斑块的位置、大小、形态、回声等特征，再使用 SMI 功能对斑块内部新生血管进行检测，记录新生血管的有无及形状特征，最后使用 SWE 技术斑块进行软硬度分析，嘱患者屏气，将超声探头在没有压力的情况下垂直放置于斑块处，待图像质量稳定时冻结图像并测量弹性值，此步骤重复两次，结果取平均值。对具有丰富新生血管及相对较软的斑块进行风险提示，并对进行颈动脉内膜剥脱术的患者进行病理随访，将手术结果与术前的斑块风险评估做对比分析。

#### 1.2.2 图像分析

SMI 分析：IPN 采用半定量分级法：0 级：斑块内未见明确微血管血流信号；1 级：可见 1-2 个孤立的点状微血管血流信号；2 级：可见 3-5 个点状信号或 1 条

管状血管；3 级：可见 $\geq 6$  个点状信号或 $\geq 2$  条管状血管。将 IPN 等级 $\geq 2$  级定义为 SMI 阳性（提示易损）。SWE 分析：记录斑块的平均杨氏模量值（Emean）。

### 1.3 观察指标

以病理结果为金标准，计算 SMI、SWE 及两者联合诊断易损斑块的灵敏度、特异度、准确度、阳性预测值和阴性预测值。

### 1.4 统计学分析

采用 SPSS 20.0 软件开展统计学分析工作。计量数据通过 t 检验进行比较，并使用（平均值±标准差）展示，计数数据则采用  $\chi^2$  检验，以百分比（%）形式表达。 $P<0.05$  表示数据之间存在统计学上的显著区别。

## 2 结果

### 2.1 SMI、SWE 及两者联合诊断颈动脉易损斑块的效能比对

病理检查结果，97 个斑块中 59 例为易损斑块，38 例为稳定斑块。SMI 诊断的灵敏度为 84.75%（50/59），特异度为 78.95%（30/38），准确度为 82.47%（80/97），阳性预测值为 86.21%（50/58），阴性预测值为 76.92%（30/39）。SWE 诊断易损斑块的灵敏度为 79.66%（47/59），特异度为 84.21%（32/38），准确度为 81.44%（79/97），阳性预测值为 87.04%（47/54），阴性预测值为 76.19%（32/42）。SMI 联合 SWE 诊断的灵敏度为 93.22%（55/59），特异度为 89.47%（34/38），准确度为 91.75%（89/97），阳性预测值为 93.22%（55/59），阴性预测值为 92.11%（35/38）。

### 2.2 SMI、SWE 检查结果比较

SMI 在 52 个斑块内检测到 IPN。易损斑块与稳定斑块的 IPN 等级分布差异显著 ( $P<0.05$ )。89.8% 易损斑块表现为 2 级或 3 级 IPN，而 84.2% 稳定斑块表现为 0 级或 1 级 IPN。易损斑块的平均杨氏模量值（ $25.82\pm8.41$ ）kPa 显著低于稳定斑块（ $45.32\pm12.10$ ）kPa ( $t=9.365$ ,  $P=0.001$ ,  $P<0.05$ )。

## 3 讨论

脑卒中作为严重威胁人类生命健康的重大疾病，其高发病率、高致残率和高复发率给社会和家庭带来了沉重的负担<sup>[5-6]</sup>。在中国，随着老龄化进程的加速，脑卒中的发生率呈逐年上升趋势，已成为需解决的公共卫生难题。大量研究表明，颈动脉斑块的不稳定，尤其是易损斑块，是脑血管病发生的主要病理基础<sup>[7]</sup>。易损斑块表面溃疡形成、破裂与糜烂继发血栓形成，是导致急性脑血管事件的关键因素，而非颈动脉狭窄程度<sup>[8]</sup>。因此，早期准确判断斑块的性质，对于预防和降低

脑血管疾病的发生率和致死率具有至关重要的意义。

SMI 技术基于光学相干干涉原理, 通过测量颈动脉壁的微小变形来评估血管功能。该技术具有诸多优势, 如高分辨率和高灵敏度, 能够清晰显示颈动脉粥样硬化斑块的形态和结构, 准确评估粥样硬化的程度和范围, 为临床诊断提供了重要的形态学依据。SMI 技术可实时观察斑块内的超微血流信号, 可识别并去除运动伪像, 可高帧频、高分辨率地检测低速血流, 敏感地对微血管及低流速血流成像, 从而对斑块内新生血管进行评估。同时, SMI 还具备无创无痛、可重复性强的特点, 便于对患者进行长期随访和动态监测<sup>[9]</sup>。在本研究中, SMI 检查显示易损斑块的 IPN 发生率及等级均显著高于稳定斑块, 将 IPN 等级 $\geq 2$  级定义为易损, 这表明 SMI 能够有效识别易损斑块内部的新生血管情况, 为斑块稳定性的评估提供了重要线索。

将 SMI 与 SWE 联合应用, 能够综合评估颈动脉斑块的形态特征、内部新生血管情况及生物力学特性。从诊断效能来看, 联合诊断的灵敏度、特异度及准确度均高于 SMI 单独诊断和 SWE 单独诊断。这表明联合应用两种技术可以充分发挥各自的优势, 弥补单一技术的局限性, 从而更全面、准确地评估斑块的稳定性。

综上, SMI 与 SWE 联合应用在评估颈动脉斑块稳定性方面具有显著优势, 能够显著提高评估的准确性, 具有重要的临床应用价值。

## 参考文献

- [1] 陶均佳,赵奕文,王琮,等.超微血流成像技术和超声造影诊断颈动脉斑块内新生血管的对比分析[J].中西医结合心脑血管病杂志,2020,18(20):3482-3485.
- [2] 钟世根,张存程,李雪霖,等.超声造影和剪切波弹性成像评估颈动脉斑块及其与急性冠状动脉综合征的关系[J].临床超声医学杂志,2021,23(10):732-736.
- [3] 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.
- [4] 宝波,徐世亮,徐海霞,等.三维超声灰阶中位数联合实时微血管超声造影定量评价颈动脉斑块的稳定性[J].血管与腔内血管外科杂志,2023,9(10):1208-1212.
- [5] 高丽丽.超微血管成像联合剪切波弹性成像评估颈动脉斑块及对脑梗死的预测价值[D].新乡医学院,2023.
- [6] 粘迪.剪切波弹性成像联合超声造影评价颈动脉斑块稳定性的临床研究[J].中国医学创新,2021,18(05):117-121.
- [7] 莎日图,刘婧,王丽娜,等.超微血管成像与超声造影联合应用评价颈动脉斑块稳定性的价值[J].中国实用医药, 2019,14(18):33-35.
- [8] 严慧,倪成香,徐小伟,等.颈动脉斑块新生血管的超微血流成像及其形成的相关因素分析[J].临床超声医学杂志, 2023, 25(3):204-207.
- [9] 信嘉轩,刘颖,程漠国,等.超声速度向量成像技术评价急性缺血性脑卒中患者颈动脉弹性变化[J].血管与腔内血管外科杂志,2020,6(01):19-21.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS