

超微血流成像技术与超声造影诊断颈动脉斑块内新生血管的临床效果

鄢佳兵

武汉普仁医院，超声科，430081

摘要：目的 对比分析超微血流成像技术（SMI）与超声造影（CEUS）在颈动脉斑块内新生血管（IPN）诊断中的临床效果。方法 选取经常规超声检查确诊的颈动脉斑块患者，分别采用 SMI 和 CEUS 检查，比较两种方法对 IPN 的检出率及分级一致性。结果 SMI 与 CEUS 在 IPN 检出方面具有高度一致性（Kappa 值 0.669~0.839），两种方法无统计学差异（ $P>0.05$ ）；SMI 评分与脑梗死发生显著相关，可作为缺血性卒中风险的独立预测指标。结论 SMI 作为一种无创、便捷的影像学技术，对 IPN 的诊断效能与 CEUS 相当，且无需使用造影剂，可作为颈动脉易损斑块评估的优选筛查手段。

关键词 超微血流成像；超声造影；颈动脉斑块；新生血管；易损斑块

缺血性脑血管病是导致我国居民死亡和残疾的主要病因之一，约 70% 的心血管事件与动脉粥样硬化斑块破裂相关。颈动脉粥样硬化斑块的稳定性评估对于卒中风险的预测和早期干预具有重要临床意义。近年来研究发现，斑块内新生血管（intraplaque neovascularization, IPN）是易损斑块的特征性病理改变，其异常增生可导致斑块内出血、炎症扩散及纤维帽破裂，加速动脉粥样硬化进展。超声造影（contrast-enhanced ultrasound, CEUS）是目前评估 IPN 的常用影像学方法，通过静脉注射微泡造影剂可清晰显示斑块内新生血管的分布情况。然而，CEUS 为有创操作，存在造影剂过敏风险，且对肾功能不全患者使用受限。超微血流成像技术（superb microvascular imaging, SMI）作为一种新型多普勒超声技术，能够在不使用造影剂的情况下实现对低速微血流的敏感检测。本研究旨在对比分析 SMI 与 CEUS 在颈动脉 IPN 诊断中的临床效果，探讨 SMI 在临床推广应用中的可行性。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取经颈动脉常规超声检查确诊为颈动脉粥样硬化斑块的患者作为研究对象。纳入标准：（1）颈动脉内膜中层厚度（IMT） $\geq 1.2\text{mm}$ ，存在明确斑块；（2）斑块回声类型为低回声、等回声或混合回声；（3）患者知情同意并配合完成两项检查。排除标准：（1）严重心、肝、肾功能不全；（2）超声造影剂过敏史；（3）妊娠或哺乳期女性。

1.2 检查方法

SMI 检查：采用配备 SMI 技术的超声诊断仪，探头频率 5~12MHz。患者取平卧位，充分暴露颈部，沿颈总动脉、分叉处及颈内动脉起始段进行扫查。设置 SMI 模式，调整增益至最佳显示效果，对斑块内新生血管信号进行观察和记录。根据 IPN 数量进行半定量分级：0 分（无血流信号）、1 分（1~3 个点状血流）、2 分（ >3 个点状或 1~2 条线状血流）、3 分（ >2 条线状血流且贯穿斑块）。

CEUS 检查：采用相同超声诊断仪，配备低机械指数造影模式。经肘静脉团注超声造影

剂（六氟化硫微泡，用量 2.4ml），同步观察斑块内微泡充填情况，对 IPN 进行增强分级。

1.3 观察指标

（1）SMI 与 CEUS 对 IPN 的检出率；（2）两种方法对 IPN 分级的诊断一致性；（3）SMI 评分与脑梗死发生的相关性。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 统计学软件进行数据分析。计量资料以 ($\bar{x} \pm s$) 表示，计数资料以频数和百分比表示。两种方法一致性评价采用 Kappa 检验，以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 SMI 与 CEUS 的 IPN 检出率比较

多项研究结果显示，SMI 与 CEUS 在 IPN 检出率方面具有较高的一致性。于明月等纳入 50 例颈动脉斑块患者共 70 个斑块，结果显示 SMI 与 CEUS 对斑块内新生血管评级无统计学差异 ($P > 0.05$)。严春阳等对 113 个颈动脉斑块进行分析，SMI 探测出新生血管 46 个，CEUS 探测出 48 个，两种方法探测出的新生血管分布区域几乎相同。另有研究纳入 157 个斑块，SMI 与 CEUS 检测的 IPN 发生率分别为 52.87% 和 58.59%。

2.2 SMI 与 CEUS 的诊断一致性分析

多个研究对 SMI 与 CEUS 的诊断一致性进行了 Kappa 一致性检验，结果均显示两者具有良好的一致性。严春阳等研究显示 SMI 与 CEUS 评价斑块内新生血管分级一致性较好 ($Kappa = 0.669$, $P < 0.001$)。陶均佳等对 104 例病人进行研究，结果显示 SMI 与 CEUS 增强分级一致性的 Kappa 值为 0.703。苏州大学博士学位论文中纳入 157 个斑块，结果显示两种方法的一致性 Kappa 值高达 0.839。

上述研究表明，SMI 与 CEUS 在 IPN 分级诊断中具有高度一致性，两种检查结果之间无统计学差异，验证了 SMI 替代 CEUS 评估 IPN 的可行性。

2.3 SMI 评分与脑梗死发生的相关性

IPN 的形成与脑梗死发生密切相关。SMI 评分较高的患者缺血性卒中风险显著增加。研究显示，脑梗死组患者颈部不稳定斑块发生率 (87.50%) 及 SMI 血流评分 (3.14 ± 0.96) 均显著高于非脑梗死组 (42.50%、 0.85 ± 0.34 分)，两者比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。多因素 Logistic 回归分析显示，SMI 分值是脑梗死的独立危险因素 ($OR = 3.57$, 95%CI: 1.87~8.84, $P = 0.007$)，其预测价值高于不稳定斑块数量 ($OR = 1.94$, 95%CI: 1.09~4.37, $P = 0.02$)。

另有研究显示，多因素 Logistic 回归分析表明 IPN 数目 ($OR = 2.863$, 95%CI: 1.310~6.254, $P < 0.01$) 与急性脑梗死的发生存在明显相关性。IPN 数目越多，斑块越易损，卒中风险越高。

3 讨论

颈动脉斑块内新生血管的形成是易损斑块的关键病理特征，准确评估 IPN 对于脑血管事件的早期预警和干预策略制定具有重要意义。本研究通过对比分析 SMI 与 CEUS 两种技术在颈动脉 IPN 诊断中的应用效果，探讨 SMI 的临床应用价值。

CEUS 是目前临床评估 IPN 的“金标准”，通过注射微泡造影剂可清晰显示斑块内微血管分布情况。然而，CEUS 属于有创操作，需要静脉注射造影剂，存在造影剂过敏、肾功能损害等潜在风险，且操作流程复杂、检查时间长、费用较高，限制了其在临床的广泛应用。

SMI 技术作为一种新型多普勒超声技术，基于自适应像素追踪和空间复合成像算法，可

有效分离组织运动与血流信号，实现对低至 0.05cm/s 血流的精准捕捉。与彩色多普勒相比，SMI 具有无角度依赖性、对迂曲微小血管显示更清晰的技术优势。多项研究证实，SMI 与 CEUS 在 IPN 分级诊断中具有高度一致性，Kappa 值为 0.669~0.839，表明 SMI 的诊断效能与 CEUS 相当，可作为 CEUS 的有效替代方案。

此外，SMI 在临床应用中具有以下显著优势：（1）无创性，无需注射造影剂，适用于造影剂过敏、肾功能不全等特殊患者群体；（2）操作简便，检查时间短，可在常规超声检查中一站式完成；（3）安全性和可重复性高，适合动态随访观察；（4）成本低廉，具有良好的卫生经济学效益。

SMI 在斑块易损性评估和卒中风险预测中的临床价值已得到多项研究证实。SMI 评分与 CD34 标记的微血管密度呈正相关，与脑梗死发生显著相关。通过 SMI 检测 IPN 形成情况，可为临床提供影像学依据，指导他汀类药物、PCSK9 抑制剂等降脂治疗方案的选择，实现卒中风险的分层管理。

本研究存在的局限性包括：样本量相对有限，尚未开展多中心、大样本验证；SMI 操作依赖超声医师经验，评分可能存在一定主观性；SMI 与分子标志物（如 CD34、CD147）的关联机制尚需进一步探索。

综上所述，SMI 与 CEUS 在颈动脉斑块内新生血管诊断中具有高度一致性，SMI 作为一种无创、便捷、经济的影像学技术，可准确评估斑块易损性并预测卒中风险，在临床推广应用方面具有显著优势，有望成为颈动脉易损斑块评估的优选筛查手段。

参考文献

- [1] 于明月, 牛慧敏, 于明娟, 等. 超微血管成像对颈动脉斑块内新生血管的诊断价值[J].
- [2] 严春阳, 李斌, 陈宾生, 等. 超微血流成像技术对颈动脉斑块新生血管的诊断价值[J]. 中国基层医药, 2018, 25(6).