

## 论 著

## 基于多时相CTA的软脑膜侧支循环评分联合SII评估急性缺血性脑卒中患者血管内治疗后再灌注损伤的风险\*

马霖 许甜甜 卞光利  
朱倩 徐峰\*

江苏省人民医院宿迁医院、宿迁市第一人民医院影像科(江苏宿迁 223800)

**【摘要】目的** 探讨基于多时相CT血管造影(mCTA)的软脑膜侧支循环评分联合系统免疫炎症指数(SII)评估急性缺血性脑卒中(AIS)患者血管内治疗后再灌注损伤的风险及其对于再灌注损伤的预测价值。**方法** 选择宿迁市第一人民医院2021年1月至2025年1月收治的112例AIS患者作为研究对象,所有患者均采取血管内治疗,根据是否发生再灌注损伤将其分为再灌注损伤组(n=25)与非再灌注损伤组(n=87)。比较再灌注损伤组与非再灌注损伤组基于mCTA的软脑膜侧支循环评分、SII以及其他相关临床资料。多因素分析采用二元回归分析,预测效能分析采用ROC曲线。**结果** 再灌注损伤组年龄、入院时NIHSS评分、中性粒细胞计数、SII均显著高于非再灌注损伤组(P<0.05),基于mCTA的软脑膜侧支循环评分、淋巴细胞计数均显著低于非再灌注损伤组(P<0.05)。其余资料两组都无明显差异(P>0.05)。多因素分析发现基于mCTA的软脑膜侧支循环评分是AIS血管内治疗后再灌注损伤的独立保护因素(P<0.05),SII是独立危险因素(P<0.05)。基于mCTA的软脑膜侧支循环评分、SII预测AIS血管内治疗后再灌注损伤的截断值分别是3.01分、682.57,二者联合使用对于AIS血管内治疗后再灌注损伤的预测价值更高(P<0.05)。**结论** 基于mCTA的软脑膜侧支循环评分和SII均是AIS血管内治疗后再灌注损伤的独立影响因素,二者联合应用对于再灌注损伤具有良好的预测价值。

**【关键词】** CT血管造影;软脑膜侧支循环评分;系统免疫炎症指数;急性缺血性脑卒中;血管内治疗;再灌注损伤;预测价值

【中图分类号】R651.1

【文献标识码】A

**【基金项目】** 宿迁市第一人民医院科研专项合同(SY202212);江苏省卫生健康委科研项目合同书(M2022098)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.03.009

## The Leptomeningeal Collateral Circulation Score Based on Multi-phase CTA Combined with SII Was Used to Evaluate the Risk of Reperfusion Injury after Endovascular Treatment in Patients with Acute Ischemic Stroke\*

MA Lin, XU Tian-tian, BIAN Guang-li, ZHU Qian, XU Feng\*

Department of Imaging, Jiangsu Province (Suqian) Hospital, Suqian First Hospital, Suqian 223800, Jiangsu Province, China

## ABSTRACT

**Objective** To investigate the risk and predictive value of leptomeningeal collateral circulation score based on multi-phase CT angiography (mCTA) combined with systemic immune-inflammation index(SII) for reperfusion injury in patients with acute ischemic stroke (AIS) after endovascular treatment. **Methods** A total of 112 patients with AIS admitted to Suqian First Hospital from January 2021 to January 2025 were selected as the research objects. All patients received endovascular treatment. According to the presence or absence of reperfusion injury, they were divided into reperfusion injury group (n=25) and non-reperfusion injury group (n=87). The leptomeningeal collateral circulation score based on mCTA, SII and other relevant clinical data were compared between the reperfusion injury group and the non-reperfusion injury group. Binary regression analysis was used for multivariate analysis, and ROC curve was used for prediction efficiency analysis. **Results** Compared with the non-reperfusion injury group, the reperfusion injury group had significantly higher age, NIHSS score on admission, neutrophil count, and SII (P<0.05), and significantly lower leptomeningeal collateral circulation score based on mCTA and lymphocyte count (P<0.05). Other dataes: both groups were equivalent (P>0.05). Multivariate analysis found that the leptomeningeal collateral circulation score based on mCTA was an independent protective factor for reperfusion injury after endovascular treatment of AIS (P<0.05), and SII was an independent risk factor (P<0.05). The cut-off values of leptomeningeal collateral circulation score based on mCTA and SII for predicting reperfusion injury after endovascular treatment of AIS were 3.01 scores and 682.57, respectively. The combination of the two had a higher predictive value for reperfusion injury after endovascular treatment of AIS (P<0.05). **Conclusion** Both the leptomeningeal collateral circulation score based on mCTA and SII are independent influencing factors of reperfusion injury after endovascular treatment of AIS, and the combination of the two has a good predictive value for reperfusion injury.

**Keywords:** CT Angiography; Leptomeningeal Collateral Circulation Score; Systemic Immune-inflammation Index; Acute Ischemic Stroke; Endovascular Treatment; Reperfusion Injury; Predictive Value

急性缺血性脑卒中(AIS)作为脑卒中最常见的类型,是导致我国居民致残及致死的首要病因<sup>[1-2]</sup>。AIS早期治疗的关键在于通过溶栓或机械取栓等血管内治疗方法及时恢复缺血部位的血流灌注,挽救缺血半暗带。但并非所有AIS患者均能从血管内治疗中获益,其不良预后率可达50%左右<sup>[3-4]</sup>。血管内治疗不良预后的发生与多种因素有关,其中再灌注损伤是导致不良预后的重要原因,其机制与自由基损伤、钙超载、炎症反应级联激活、血脑屏障破坏等密切相关<sup>[5]</sup>。了解AIS患者血管内治疗后再灌注损伤发生的危险因素有助于早期制定针对性的预防干预对策,改善患者预后。脑卒中后侧支循环的建立可通过代偿性地缺血部位输送血流,延长半暗带组织存活时间,因此能否及时建立有效的侧支循环直接影响到血管内治疗效果以及患者预后<sup>[6]</sup>。CT血管造影(CTA)是目前评价AIS侧支循环的有效手段,尤其是多时相CTA(mCTA)的使用可通过采集不同时相的影像更加精准地反映脑灌注情况以及侧支循环的建立和开放程度。研究表明<sup>[7]</sup>,基于mCTA的软脑膜侧支循环评分是AIS血管内治疗后转归的独立预测因素。AIS后小胶质细胞被激活可释放出大量促炎因子加剧神经元损伤,中性粒细胞可通过损伤的血脑屏障进入脑实质内介导更多的炎症介质释放同时募集更多的免疫细胞,加速缺血性损伤进展<sup>[8]</sup>。系统免疫炎症指数(SII)作为新型综合炎症标志物,可有效反映机体免疫炎症状态,近年来被证实对于脑卒中早期进展和复发具有一定的预测作用<sup>[9]</sup>。为进一步探讨AIS血管内治疗后再灌注损伤的可能影响因素及预测指标,本研究对我院近年来收治的行血管内治疗的AIS患者进行了基于mCTA的软脑膜侧支循环评分和SII计算,现报道如下。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 选择2021年1月至2025年1月,于我院进行血管内治疗的112例AIS患者作为研究对象,其中男、女各68、44例;年龄(64.15±8.67)(41~85)岁;入院时美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)评分(15.47±4.15)(6~31)分。

纳入标准:(1)符合《中国急性缺血性脑卒中诊治指南2018》<sup>[10]</sup>中AIS的诊断标准;(2)经头颅CT检查证实为单侧大脑中动脉闭塞;(3)均接受血管内治疗;(4)发病至入院

【第一作者】马霖,男,主治医师,主要研究方向:心血管影像诊断。E-mail: ML178700279@163.com

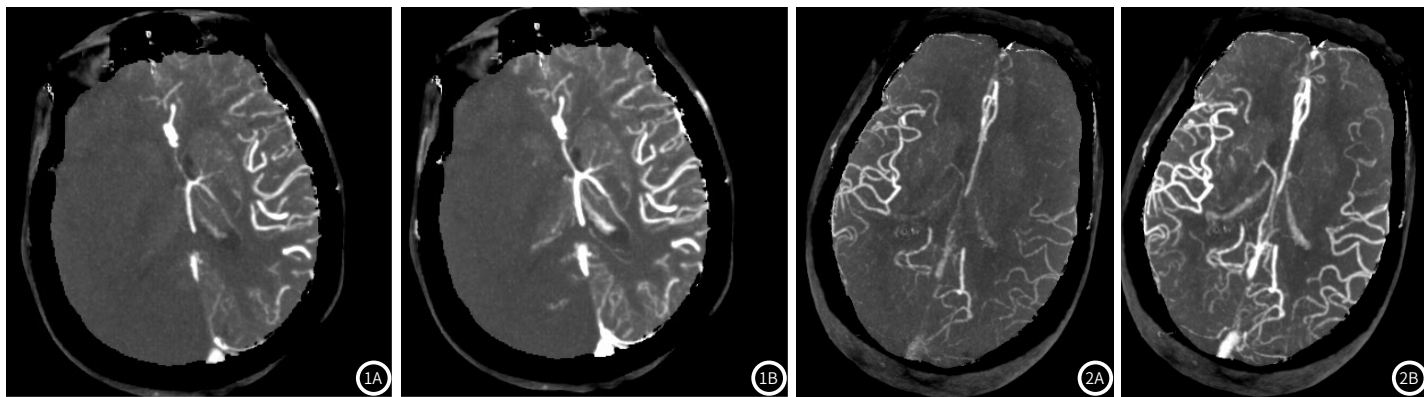
【通讯作者】徐峰,男,主任医师,主要研究方向:冠心病预后相关研究。E-mail: keyisq@163.com

时间<24 h; (5)发病前改良Rankin量表评分0~1分; (6)年龄 $\geq 40$ 岁; (7)临床资料完整。排除标准: (1)继发性脑梗死; (2)合并颅内肿瘤或其他部位恶性肿瘤; (3)合并急慢性感染性疾病; (4)脑卒中史; (5)合并重要器官严重功能障碍; (6)合并精神疾病。研究经医院伦理委员会批准。

## 1.2 方法

**1.2.1 CTA检查及基于mCTA的软脑膜侧支循环评分** 患者入院后采用美国GE公司64排多层螺旋CT机进行头颅CT扫描, 经肘静脉注入碘普罗胺300 mg/mL注射液50 mL, 注射速率5 mL/s, 再以相同速率注入50 mL生理盐水冲管。mCTA采集包括动脉期、静脉期、静脉晚期三期。即, 第一期动脉期成像阶段, 涵盖从主动脉弓至颅顶区域, 运用了对比剂团注跟踪法, 将主动脉弓部位设定为监测关键区。在碘对比剂注入后第10 s开始进行追踪扫描。成像参数(管电压、管电流以及层厚)设定为: 100 kV、480 mA、

0.625 mm。第二期静脉期扫描范围为全脑扫描, 于动脉期扫描后延迟8 s开始扫描。第三期静脉晚期于静脉期扫描后延迟8 s开始扫描, 范围为全脑扫描。影像学评估由2名具有5年以上工作经验的影像科医师进行独立评估, 意见不一致时协商确定。基于mCTA的软脑膜侧支循环评分<sup>[10]</sup>: 0分为患侧软脑膜动脉在任何时相均无血管显影(见图1); 1分为患侧软脑膜动脉在任何时相仅出现少量显影(见图2); 2分为患侧软脑膜动脉显影存在2个时相延迟且血管充盈数量和范围明显少于健侧, 或存在1个时相延迟且部分区域无血管显影; 3分为患侧软脑膜动脉显影存在2个时相延迟且血管充盈数量和范围正常, 或存在1个时相延迟且血管充盈数量和范围明显少于健侧; 4分为患侧软脑膜动脉显影存在1个时相延迟且血管充盈数量和范围正常; 5分为患侧软脑膜动脉显影无延迟且血管充盈数量和范围正常或增加。其中0~3分为侧支循环不良, 4~5分为侧支循环良好。



**图1** 图1A 单时相CT血管成像(sCTA): 与健侧(即左侧)比较, 缺血侧(即右侧)软脑膜动脉无血管显影; 图1B mCTA: 与健侧(即左侧)比较, 缺血侧(即右侧)软脑膜动脉在任意时相无显影。侧支循环评分为0分。

**图2** 图2A sCTA: 与健侧(即右侧)比较, 缺血侧(即左侧)软脑膜动脉仅有少量血管显影; 图2B mCTA: 与健侧(即右侧)比较, 缺血侧(即左侧)软脑膜动脉在任意时相仅有少量显影。侧支循环评分为1分。

**1.2.2 血常规检查及SII计算** 运用血细胞分析仪(XN-9100, 日本希森美康), 对血小板计数、中性粒细胞计数和淋巴细胞计数进行测定, 进而根据这些数据计算出SII。SII=(血小板计数 $\times$ 中性粒细胞计数)/淋巴细胞计数。

**1.2.3 其他数据收集** 记录所有患者的性别、年龄、体重指数(BMI)、发病至入院时间、既往史、手术方式、入院时NIHSS评分、收缩压、舒张压、血糖、总胆固醇、甘油三酯、血肌酐、血红蛋白。其中BMI=体重(kg)/身高(m)<sup>2</sup>。NIHSS量表包括意识、视野、语言、凝视等15个项目, 总分0~42分, 评分越高提示神经功能缺损越严重<sup>[11]</sup>。血压检测采用欧姆龙HBP-1300电子血压计; 通过生化分析仪(AU2700, 日本希森美康)进行血糖、总胆固醇、甘油三酯及血肌酐的测定; 血红蛋白检测采用日本希森美康XN 9100全自动血细胞分析仪。

**1.2.4 血管内治疗后再灌注损伤评估方法** 将患者血管内治疗后14 d内出现出血(即CT检查显示出血灶呈现高密度, 或CT/MRI显示新发脑出血灶)、水肿(即影像学特征表现为中线移位、脑室受压等占位效应征象, 脑水肿区显示典型低密度影)、意识障碍加重(即表现为瞳孔反应变差、神经功能缺损程度加剧等)等情况判定为再灌注损伤。根据AIS患者血管内治疗后是否发生再灌注损伤进行分组, 分为再灌注损伤组25例与非再灌注损伤组87例。

**1.3 统计学方法** 使用SPSS 28.0统计软件包处理数据, 计量资料以( $\bar{x} \pm s$ )表示, 采用t检验; 计数资料以率(%)表示, 行 $\chi^2$ 检验。用二元Logistic回归模型进行AIS患者血管内治疗后发生再灌注损伤的多因素分析。建立ROC曲线, 分析基于mCTA的软脑膜侧支循环评分和SII对AIS患者血管内治疗后发生再灌注损伤的预测价值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 再灌注损伤组与非再灌注损伤组病历资料比较** 再灌注损伤组年龄、入院时NIHSS评分、中性粒细胞计数、SII均显著高于非再灌注损伤组( $P < 0.05$ ), 基于mCTA的软脑膜侧支循环评分、淋巴细胞计数均显著低于非再灌注损伤组( $P < 0.05$ )。两组其余资料比较差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表1。

**表1 再灌注损伤组与非再灌注损伤组病历资料比较**

项目	再灌注损伤组 (n=25)	非再灌注损伤组 (n=87)	t/ $\chi^2$ 值	P值
性别[n(%)]			0.300	0.584
男	14(56.00)	54(62.07)		
女	11(44.00)	33(37.93)		
年龄(岁)	67.39 $\pm$ 6.81	63.22 $\pm$ 7.41	2.523	0.013
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	23.54 $\pm$ 2.76	23.31 $\pm$ 2.49	0.397	0.692
发病至入院时间(h)	6.62 $\pm$ 1.10	6.34 $\pm$ 0.98	1.225	0.223
既往史[n(%)]				
高血压	19(76.00)	52(59.77)	2.204	0.138
2型糖尿病	5(20.00)	14(16.09)	0.211	0.646
心房颤动	8(32.00)	32(36.78)	0.193	0.660
高脂血症	10(40.00)	31(35.63)	0.160	0.690
短暂性脑缺血发作	1(4.00)	4(4.60)	0.178	0.673
吸烟	10(40.00)	27(31.03)	0.706	0.401
饮酒	9(36.00)	35(40.23)	0.146	0.703
手术方式[n(%)]			1.675	0.643

动脉溶栓	4(16.00)	19(21.84)		
支架取栓	3(12.00)	10(11.49)		
导管抽吸	12(48.00)	46(52.87)		
联合取栓	6(24.00)	12(13.79)		
入院时NIHSS评分(分)	18.74±4.25	14.53±3.97	4.601	<0.001
基于mCTA的软脑膜侧支循环评分(分)	2.55±0.63	3.86±0.75	7.957	<0.001
收缩压(mmHg)	158.21±20.36	155.45±22.78	0.546	0.586
舒张压(mmHg)	86.52±12.19	84.38±15.02	0.653	0.515
血糖(mmol/L)	6.83±1.24	6.51±1.37	1.050	0.296
总胆固醇(mmol/L)	4.05±0.82	3.91±0.77	0.790	0.431
甘油三酯(mmol/L)	1.22±0.21	1.18±0.26	0.705	0.482
血肌酐(μmol/L)	68.27±12.24	70.56±13.61	0.757	0.450
血红蛋白(g/L)	140.33±24.71	138.79±26.30	0.261	0.794
血小板计数(×10 <sup>9</sup> /L)	201.40±35.32	198.57±31.46	0.386	0.700
中性粒细胞计数(×10 <sup>9</sup> /L)	7.29±1.50	5.58±1.35	5.444	<0.001
淋巴细胞计数(×10 <sup>9</sup> /L)	1.64±0.26	2.03±0.28	6.232	<0.001
SII	892.47±127.23	534.72±105.44	14.259	<0.001

**2.3 基于mCTA的软脑膜侧支循环评分和SII对AIS血管内治疗后再灌注损伤的预测价值** 基于mCTA的软脑膜侧支循环评分和SII预测AIS血管内治疗后再灌注损伤的截断值分别是3.01分、682.57，曲线下面积(AUC)分别是0.792、0.840，二者联合预测AIS血管

**2.2 AIS血管内治疗后再灌注损伤的危险因素** 将AIS血管内治疗后是否发生再灌注损伤作为因变量(是=1, 否=0)，将年龄、入院时NIHSS评分、基于mCTA的软脑膜侧支循环评分、中性粒细胞计数、淋巴细胞计数、SII作为自变量，进行多因素Logistic回归分析显示，年龄、入院时NIHSS评分、中性粒细胞计数、SII是AIS血管内治疗后再灌注损伤的独立危险因素( $P<0.05$ )，基于mCTA的软脑膜侧支循环评分是独立保护因素( $P<0.05$ )。见表2。

表2 多因素Logistic回归分析

自变量	B	S.E.	Wald	P值	OR值	95%CI
年龄	0.099	0.043	5.386	0.020	1.104	1.015~1.201
入院时NIHSS评分	0.823	0.301	7.479	0.006	2.278	1.262~4.112
基于mCTA的软脑膜侧支循环评分	-0.631	0.179	12.421	<0.001	0.532	0.374~0.755
中性粒细胞计数	1.258	0.437	8.287	0.004	3.521	1.494~8.288
SII	1.387	0.434	10.234	0.001	4.003	1.709~9.380
常量	-6.438	1.444	19.869	<0.001	0.002	—

内治疗后再灌注损伤的AUC为0.907；二者联合的AUC大于基于mCTA的软脑膜侧支循环评分(Z值=2.347,  $P=0.019$ )和SII(Z值=1.981,  $P=0.048$ )，基于mCTA的软脑膜侧支循环评分和SII的差异不明显(Z值=-0.466,  $P=0.641$ )。二者联合使用对于AIS血管内治疗后再灌注损伤的预测价值更高( $P<0.05$ )。见表3和图7。

表3 基于mCTA的软脑膜侧支循环评分和SII对AIS血管内治疗后再灌注损伤的预测价值

指标	截断值	约登指数	敏感度(%)	特异度(%)	AUC	95%CI	P值
基于mCTA的软脑膜侧支循环评分	3.01	0.559	75.86	80.00	0.792	0.697~0.887	<0.001
SII	682.57	0.588	82.76	76.00	0.840	0.744~0.935	<0.001
二者联合	—	0.737	89.66	84.00	0.907	0.838~0.976	<0.001

### 3 讨论

血管内治疗是目前国内外指南均推荐的治疗AIS的有效手段，其通过溶解血栓、直接清除血栓或扩张狭窄血管等措施可快速实现血管再通。然而血管再通并不意味着能获得良好预后，部分患者可能由于自由基爆发、炎症级联反应、钙超载等原因而引起再灌注损伤<sup>[13]</sup>。由于AIS血管内治疗后再灌注损伤的发生原因和机制十分复杂，因此积极探寻可能影响其发生的危险因素和预测指标具有重要价值。本研究结果显示，AIS血管内治疗后再灌注损伤的发生与年龄、入院时NIHSS评分、基于mCTA的软脑膜侧支循环评分、中性粒细胞计数、淋巴细胞计数、SII有关。进一步多因素Logistic回归分析结果显示，年龄、入院时NIHSS评分、中性粒细胞计数、SII是AIS血管内治疗后再灌注损伤的独立危险因素，基于mCTA的软脑膜侧支循环评分是独立保护因素。

脑侧支循环是大脑存在的天然血管代偿系统，在脑部主要供血动脉阻塞或显著狭窄后，血液循环可绕过受阻部位，通过侧支血管流向受影响的缺血区域，以此使缺血组织获得部分补偿性的血液灌注。研究证实<sup>[14-15]</sup>，AIS发病后脑侧支循环的建立和开放程度与患者预后密切相关。李秉龙等<sup>[16]</sup>研究表明，区域软脑膜侧支循环(rLMC)评分与急性前循环脑梗死患者静脉溶栓预后密切相关，并可作为静脉溶栓不良预后的预测因子。该研究rLMC评分是基于CTA得出的，CTA是目前用于评价AIS脑血管血流情况的重要

影像学手段。CTA检查能清晰显示出头颈部血管及其与周围组织关系，不仅能明确病变位置及范围，还能显示出缺血病灶部位软脑膜侧支循环状况。但常规单时相CTA仅能显示单一时点(通常为造影剂峰值期)侧支血管状态，容易高估病变程度，低估软脑膜侧支动脉的代偿能力。而与单时相CTA相比，mCTA通过采集动脉期、静脉期、静脉晚期多期图像，能更准确、全面地评估血管病变以及软脑膜侧支循环状态<sup>[17]</sup>。早期Kim等<sup>[18]</sup>研究证实，mCTA对于侧支循环的评价效能与数字减影血管造影(DSA)一致性较好，其中DSA是公认的评价侧支循环的金标准。可见，mCTA能有效评估AIS后脑侧支循环情况。

本研究采用的软脑膜侧支循环评分即是基于mCTA，本研究结果得出，再灌注损伤组基于mCTA的软脑膜侧支循环评分显著低于非再灌注损伤组，提示侧支循环不良与AIS血管内治疗后再灌注损伤有关。进一步多因素Logistic回归分析以及ROC曲线分析得出，基于mCTA的软脑膜侧支循环评分是AIS血管内治疗后再灌注损伤的独立保护因素，且其对于再灌注损伤具有较好的预测价值(AUC为0.792)。其机制可能是良好的侧支循环能减轻脑组织缺血缺氧严重程度，减轻再灌注时的氧化应激反应以及钙超载风险。侧支循环通过代偿性维持部分组织血流灌注，可避免核心缺血区进一步扩大，有利于减少再灌注后自由基爆发，减轻炎症反

应程度。

研究表明<sup>[19]</sup>, 过度的炎症反应是AIS再灌注损伤发生的重要机制。AIS再灌注治疗过程中, 损伤的细胞可通过释放DAMPs并促使其与Toll样受体以及大麻素受体结合从而激活炎症细胞; 同时大量炎症介质的释放还可导致多种炎症信号通路被激活, 从而进一步促进白细胞募集, 扩大炎症反应, 加剧脑组织及神经细胞凋亡, 导致脑梗死面积增大<sup>[20]</sup>。SII是一种综合炎症指数, 能较全面反映机体内炎症状态。目前已有不少研究将SII用于AIS的诊断以及病情和预后评估中。Jin等<sup>[21]</sup>针对85154名非心脑血管疾病受试者进行的一项前瞻性研究结果表明, 较高水平的SII受试者相对于较低水平的SII更易于发生脑卒中。朱文莉等<sup>[22]</sup>研究则表明, SII是AIS血管内治疗后无效再通的独立危险因素, 且基于SII等在内的列线图预测模型对于血管内治疗后无效再通具有一定预测价值。本研究结果显示, 再灌注损伤组SII显著高于非再灌注损伤组, SII是AIS血管内治疗后再灌注损伤的独立危险因素, 且其对于再灌注损伤具有一定的预测价值(AUC为0.840)。本研究ROC曲线分析显示, 基于mCTA的软脑膜侧支循环评分与SII联合使用时相对于二者单用对于AIS血管内治疗后再灌注损伤的发生具有更好的预测价值。

综上所述, 基于mCTA的软脑膜侧支循环评分是AIS血管内治疗后再灌注损伤的独立保护因素, SII是独立危险因素, 二者联合使用对于AIS血管内治疗后再灌注损伤的发生具有良好的预测价值。

## 参考文献

- [1] 《中国卒中中心报告2022》编写组. 《中国卒中中心报告2022》概要[J]. 中国脑血管病杂志, 2024, 21(8): 565-576.
- [2] 杨中杰, 郭爱菊, 高敬平. 急性缺血性脑卒中易患体质类型与颈动脉粥样斑块CTA影像表现相关性研究[J]. 罕少疾病杂志, 2025, 32(5): 27-29.
- [3] Wang LY, Xiong YY. Advances in futile reperfusion following endovascular treatment in acute ischemic stroke due to large vessel occlusion[J]. Eur Neurol, 2023, 86(2): 95-106.
- [4] Sarraj A, Hassan AE, Abraham MG, et al. Trial of endovascular thrombectomy for large ischemic strokes[J]. N Engl J Med, 2023, 388(14): 1259-1271.
- [5] Goncharov RG, Sharapov MG. Ischemia-reperfusion injury: molecular mechanisms of pathogenesis and methods of their correction[J]. Mol Biol (Mosk), 2023, 57(6): 1150-1174.
- [6] Saito M, Hoshino T, Ishizuka K, et al. Remote ischemic conditioning enhances collateral circulation through leptomeningeal anastomosis and diminishes early ischemic lesions and infarct volume in middle cerebral artery occlusion[J]. Transl Stroke Res, 2024, 15(1): 41-52.
- [7] 徐砚池, 王英歌, 刘振生, 等. 基于CT血管成像的区域软脑膜侧支循环评分和发病至再灌注时间对急性缺血性卒中患者血管内治疗后转归的影响[J]. 国际脑血管病杂志, 2024, 32(8): 561-568.
- [8] 张慧, 李泉, 焦恒, 等. 依达拉奉联合丹红注射液对急性脑梗死神经功能及血清炎症因子的影响[J]. 罕少疾病杂志, 2025, 32(1): 26-28.
- [9] 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.

- [10] Menon BK, d' Esterre CD, Qazi EM, et al. Multiphase CT angiography: a new tool for the imaging triage of patients with acute ischemic stroke[J]. Radiol, 2015, 275(2): 510-520.
- [11] 侯东哲, 张颖, 巫嘉陵, 等. 中文版美国国立卫生院卒中量表的信度与效度研究[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2012, 34(5): 372-374.
- [12] Nogueira RG, Lobsien D, Klich J, et al. Thrombectomy with the pRESET vs solitaire stent retrievers as first-line large vessel occlusion stroke treatment: a randomized clinical trial[J]. JAMA Neurol, 2024, 81(2): 170-178.
- [13] Stoll G, Nieswandt B, Schuhmann MK. Ischemia/reperfusion injury in acute human and experimental stroke: focus on thrombo-inflammatory mechanisms and treatments[J]. Neurol Res Pract, 2024, 6(1): 57.
- [14] 方婧涵, 王鑫焱, 梁发, 等. 急性缺血性脑卒中患者行血管内治疗后严重预后不良的预测模型建立及验证[J]. 临床麻醉学杂志, 2024, 40(11): 1130-1138.
- [15] Sun D, Yang XG, Huo XC, et al. Incidence and predictors of futile recanalisation after endovascular therapy in acute vertebrobasilar artery occlusion patients: insight from the ANGEL-ACT registry[J]. Stroke Vasc Neurol, 2024, 9(3): 289-294.
- [16] 蔡青蓉, 刘坚, 徐良洲, 等. 4D CTA-CTP联合血清S100B评估风痰阻络型急性缺血性脑卒中侧支循环及预后的研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22(9): 18-19, 34.
- [17] Sinha A, Gupta M, Bhaskar SMM. Evolucollateral dynamics in stroke: evolutionary pathophysiology, remodelling and emerging therapeutic strategies[J]. Eur J Neurosci, 2024, 60(11): 6779-6798.
- [18] 李乘龙, 高霞, 李彦. 区域软脑膜侧支循环评分及外周血ACE、SDF-1 $\alpha$ 与急性前循环脑梗死静脉溶栓预后的关系[J]. 中国临床研究, 2023, 36(11): 1695-1702.
- [19] 陈文春, 苏海燕, 林文君, 等. 多时相CTA(mCTA)在急性缺血性脑卒中侧支循环诊断中的价值[J]. 中国医疗器械信息, 2023, 29(18): 24-26.
- [20] Kim SJ, Noh HJ, Yoon CW, et al. Multiphasic perfusion computed tomography as a predictor of collateral flow in acute ischemic stroke: comparison with digital subtraction angiography[J]. Eur Neurol, 2012, 67(4): 252-255.
- [21] Zhuang LH, Kong YN, Yang SH, et al. Dynamic changes of inflammation and apoptosis in cerebral ischemia-reperfusion injury in mice investigated by ferumoxytol-enhanced magnetic resonance imaging[J]. Mol Med Rep, 2021, 23(4): 282.
- [22] 侯婕, 李盼, 段飒飒, 等. 针刺调控炎症反应干预缺血再灌注损伤的研究进展[J]. 现代中西医结合杂志, 2023, 32(24): 3488-3494.
- [23] Sharma H, Reeta KH, Sharma U, et al. Decanoic acid mitigates ischemia reperfusion injury by modulating neuroprotective, inflammatory and oxidative pathways in middle cerebral artery occlusion model of stroke in rats[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2023, 32(8): 107184.
- [24] Jin ZQ, Wu Q, Chen SH, et al. The associations of two novel inflammation indexes, SII and SIRI with the risks for cardiovascular diseases and all-cause mortality: a ten-year follow-up study in 85154 individuals[J]. J Inflamm Res, 2021, 14: 131-140.
- [25] 朱文莉, 张穿洋, 彭明洋, 等. 急性脑卒中血管内治疗后无效再通的风险因素及其列线图预测模型构建[J]. 重庆医学, 2022, 51(23): 4043-4047.

(收稿日期: 2025-06-27) (校对: 翁佳鸿 排版: 张鸿燊)