

· 中枢神经影像学 ·

基于 CT 灌注扫描彩色血流图预测经血管内治疗急性缺血性卒中患者术后脑水肿程度的价值

范美, 王天乐, 朱丽, 李小龙, 邹俊珺, 汪晗

【摘要】 目的:探讨基于 CT 灌注扫描彩色血流图在预测经血管内治疗前循环狭窄所致缺血性卒中脑水肿程度的价值,并建立诺谟图风险模型评估中重度脑水肿风险。**方法:**回顾性分析本院 63 例经血管内治疗(术后 mTICI 分级 $\geq 2b$ 级)的前循环狭窄所致急性缺血性卒中患者,所有患者行颅脑 CT 灌注(CTP)扫描,基于 CTP 扫描源数据重建彩色血流图(FVM)并进行评分。基于 DSA 检查行 ASITN/SIR 侧支循环评估。基于复查 CT 患者脑肿胀程度进行评分(0~3 分),将 0~1 分定义为轻度水肿组;2~3 分定义为中重度水肿组。统计两组间在心血管危险因素、NIHSS 评分、ASPECT 评分、FVM 评分、核心梗死区体积、低灌注区体积、缺血半暗带体积之间的差异,二元 logistic 回归用于分析中重度脑水肿发生的危险因素,并构建诺谟图(Nomogram)风险模型,建立受试者工作特征曲线及校准曲线验证其效能。**结果:**轻度水肿组 44 人,中重度水肿组 19 人。单因素分析显示轻度水肿组年龄、核心梗死区体积小于中重度水肿组($P > 0.05$);FVM 评分高于中重度水肿组($P > 0.05$)。二元 logistics 分析显示核心梗死区体积($OR = 1.038, 95\% CI = 1.006 \sim 1.072, P = 0.021$)、FVM 评分($OR = 0.268, 95\% CI = 0.116 \sim 0.623, P = 0.002$)是中重度水肿的独立预测因素。基于独立预测因素构建的诺谟图模型曲线下面积为 0.893($95\% CI = 0.817 \sim 0.969, P < 0.01$)。校准曲线及 Hosmer-Lemeshow 检验显示该模型预测符合度($P = 0.723$)良好。**结论:**低 FVM 评分、高核心梗死区体积是经血管内治疗急性前循环闭塞 AIS 患者发生中重度脑水肿的独立危险因素,基于两者构建的 Nomogram 模型可以有效评估中重度脑水肿风险。

【关键词】 彩色血流图;缺血性卒中;脑水肿;体层摄影术,X 线计算机

【中图分类号】 R445.9;R743.3;R742;R814.42 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1000-0313(2024)06-0727-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2024.06.003

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



The value of flow visualization map based on CT perfusion in predicting the degree of cerebral edema after endovascular treatment of acute ischemic stroke FAN Xian, WANG Tian-le, ZHU Li, et al. First People's Hospital of Nantong City, Second Affiliated Hospital of Nantong University, Nantong 226001, China

【Abstract】 Objective: To explore the value of predicting the degree of cerebral edema in ischemic stroke caused by endovascular treatment of anterior circulation occlusion using the flow visualization map (FVM) of CT perfusion (CTP) and to construct a nomogram risk assessment system. **Methods:** A retrospective analysis was conducted on 63 patients with acute ischemic stroke due to anterior circulation occlusion who underwent endovascular treatment (postoperative mTICI grade $\geq 2b$) at our hospital. All patients underwent CTP scanning. The scan source data was transferred to the flow visualization software to reconstruct the FVM and score it. The ASITN/SIR collateral circulation was assessed based on DSA examination. The degree of cerebral edema was scored (0~3 points) based on re-examination CT, with 0~1 points defined as the mild edema group and 2~3 points defined as the moderate to severe edema group. Differences between the two groups in cardiovascular risk factors, admission NIHSS score, ASPECT score, FVM score, core infarction area volume, hypoperfusion area volume, and ischemic penumbra volume were statistically analyzed. Binary logistic regression was used to identify

作者单位:226000 江苏,南通大学第二附属医院影像科(范美、王天乐、朱丽、李小龙、邹俊珺);神经内科(汪晗)

作者简介:范美(1991-),男,江苏南通人,住院医师,主要从事脑卒中诊断工作。

通讯作者:王天乐, E-mail: wangtianle9192@163.com

基金项目:南通市社会民生科技项目(MS2023068)

risk factors for moderate to severe cerebral edema and to construct a nomogram risk model. Receiver operating characteristic (ROC) curves and calibration curves were established to verify the model's effectiveness. **Results:** There were 44 patients in the mild edema group and 19 patients in the moderate to severe edema group. Univariate analysis showed that the age and core infarction area volume of the mild edema group were smaller than those of the moderate to severe edema group ($P < 0.05$). The FVM score was higher in the mild edema group compared to the moderate to severe edema group ($P < 0.05$). Binary logistic analysis indicated that core infarct volume (OR=1.038, 95% CI=1.006~1.072, $P=0.021$) and FVM score (OR=0.268, 95% CI=0.116~0.623, $P=0.002$) were independent predictors of moderate to severe edema. **Conclusion:** The study demonstrates that core infarct volume and FVM score are independent predictors of moderate to severe cerebral edema in patients with ischemic stroke due to anterior circulation occlusion treated with endovascular therapy. The nomogram risk model based on these predictors can effectively assess the risk of developing moderate to severe cerebral edema, aiding in clinical decision-making and patient management.

【Key words】 Flow visualization map; Ischemic stroke; Brain edema; Tomography, X-ray computed

脑水肿是急性缺血性脑卒中 (acute ischemic stroke, AIS) 患者血管再通治疗后常见的并发症之一, 严重脑水肿可致颅内压增高, 神经功能恶化, 最终进展为脑疝, 影响 AIS 患者预后^[1]。血管再通治疗能够降低恶性脑水肿发生概率, 但部分患者经过血管再通治疗后仍然进展为恶性脑水肿^[2]。以往研究证明较差的侧支循环是 AIS 患者发生恶性脑水肿的重要因素^[3]。依据《脑血管病影像规范化应用中国指南》^[4], AIS 的影像评估主要包括 CT 检查模式和 MR 检查模式, 对于高级卒中中心则推荐采用“一站式”CT 血管成像 (CT angiography, CTA) 联合 CT 灌注 (CT perfusion, CTP) 检查方案, 其优势在于缩短影像检查时间, 同时对于超时间窗、不明发病时间 AIS 患者治疗方式选择有重要意义。而侧支循环的术前评估主要基于 CTA 图像^[5], 包括单时相 CTA、多时相 CTA 等, 有研究者提出将多时相 CTA 的 3 期图像进行彩色编码融合生成的血管图 (color Viz) 也可以有效评估 AIS 患者侧支血管^[6]。西门子 Frontier 平台提供了新的血管彩色编码软件 Flow Visualization, 其可基于 CTP 数据计算得出脑血管对比剂达峰时间 (time to peak, TTP) 并赋予脑血管伪彩色, 最后重建生成彩色血流图 (flow visualization map, FVM), 但 FVM 的临床价值尚未得到验证。本研究旨在评估 FVM 评分与 DSA 侧支评分相关性, 并评估其在经血管再通治疗 AIS 患者术后脑水肿程度的价值, 以期为中重度水肿患者临床早期干预提供依据。

材料与方法

1. 患者资料

回顾性分析 2020 年 6 月—2023 年 6 月本院收治

的 AIS 患者, 纳入标准: ①基线 NIHSS ≥ 6 并且发病前 mRS 评分 < 2 ; ②行头颅 CT 灌注检查; ③单侧颈内动脉末端或大脑中动脉 M1-2 段主干重度狭窄或闭塞; ④行血管内治疗, 且术后改良脑梗死溶栓评分 (modified thrombolysis in cerebral infarction score, mTICI) $\geq 2b$ 级; ⑤血管再通治疗后 24~48 h 内复查 CT 平扫。排除标准: ①脑出血或脑肿瘤患者; ②临床及影像资料不全; ③术后出现明显占位效应的脑出血。本研究经本院医学伦理委员会批准 (2020KT073)。

基线临床资料: 患者房颤史、高血压史、糖尿病史、发病至影像检查时间、收缩压及舒张压、血糖、超敏 C 反应蛋白、磷蛋白磷脂酶 A2, 记录基线期 NIHSS 评分。最终入组 AIS 患者 63 例, 男 26 例, 女 37 例, 平均年龄 (65.0 \pm 10.5) 岁, 糖尿病 22 例, 高血压病史 41 例, 房颤病史 41 例, 吸烟者 18 例, 基线期 NISS 评分 13.1 \pm 4.9, 平均发病至 CT 检查时间为 (3.0 \pm 1.4) h, 平均发病至再通时间 (4.1 \pm 1.5) h。

2. 影像学检查

检查方法: 采用双源 CT (Somatom Definition Force, Germany) 扫描。颅脑 CT 灌注检查扫描采用动态 4D 摇篮床技术 (DynMulti 4D)。经肘正中静脉以 4.5~6 mL/s 的流率团注对比剂, 对比剂采用碘海醇, 然后以相同速度注射生理盐水, 注射对比剂后延迟 5 s 后对全脑进行连续扫描, 共采集 24 个动态容积数据。扫描范围: 以听毗线为基线, 由后颅窝底部向上扫描至颅顶位。

DSA 侧支循环评估: 依据美国介入和治疗放射学协会/介入放射学协会 (American Society of Interventional and Therapeutic Neuroradiology/Society of Interventional Radiology, ASITN/SIR) 侧支循环评分标

准进行评分。

FVM 评估: 将 CTP 扫描源数据传入西门子 Frontier 平台 Flow Visualization (V 2.0) 软件重建彩色血流图 (FVM), 基于 TTP 值 0~3 s 设置为红色, 3~5 s 设定为黄色, 5~7 s 设定为绿色, 7~9 s 设定为蓝色, >11 s 设置为紫色。评分参考 colorViz 彩色侧支评分标准^[6]: 0 分, 大脑中动脉闭塞区无侧支血管 (图 1a); 1 分, 闭塞区侧支血管少于健侧 1/2 (图 1b); 2 分, 闭塞区侧支血管数量大于健侧 1/2, 且较健侧延迟 3~4 个时像侧支血管大于侧支总量 1/2 (图 1c); 3 分, 闭塞区侧支血管数量大于健侧 1/2, 且较健侧延迟 2 个时像侧支血管大于侧支总量 1/2 (图 1d); 4 分, 闭塞区侧支血管数量大于健侧 1/2, 且较健侧延迟 1 个时像血管大于侧支总量 1/2 (图 1e); 5 分, 闭塞区侧支血管数量大于健侧 1/2, 且无时像延迟 (图 1f)。由两位主治医师进行评分, 评分不一致时最终评分由第 3 位神经影像专家 (工作 15 年的副主任医师) 确定。

脑水肿程度 (cerebral edema degree, CED) 评

估^[7]。0 级, 未见明确梗死或水肿; 1 级, 患者脑水肿未超过 1/3; 2 级, 患侧脑水肿超过 1/3; 3 级, 中线移位。0~1 级定义为轻度水肿 (图 2), 2~3 级定义为中重度水肿 (图 3)。

CTP 数据处理^[8]; 将 1.5 mm 层厚的 CTP 数据导入 F-Stroke (V1.0.23) 软件, 计算低灌注区 ($T_{\max} > 6$ s) 体积、核心梗死区 ($rCBF < 30\%$) 体积, 两者差值为不匹配体积。

4. 统计学分析

采用 IBM SPSS Statistics 26 及 R4.1.0 软件进行统计分析。连续数据使用 Kolmogorov-Smirnov 正态性检验判定样本数据的正态性。采用均值±标准差表示, 两组间比较采用独立样本 *t* 检验。非正态分布数据采用中位数 (25% 分位数, 75% 分位数) 表示, 两组间比较采用 Wilcoxon 检验。分类数据采用百分比进行统计描述, 组间比较采用 χ^2 检验。二元 logistic 回归用于分析中重度脑水肿的危险因素。通过 “rms” 包构建 Nomogram 图及受试者工作特征 (ROC) 曲线, 通

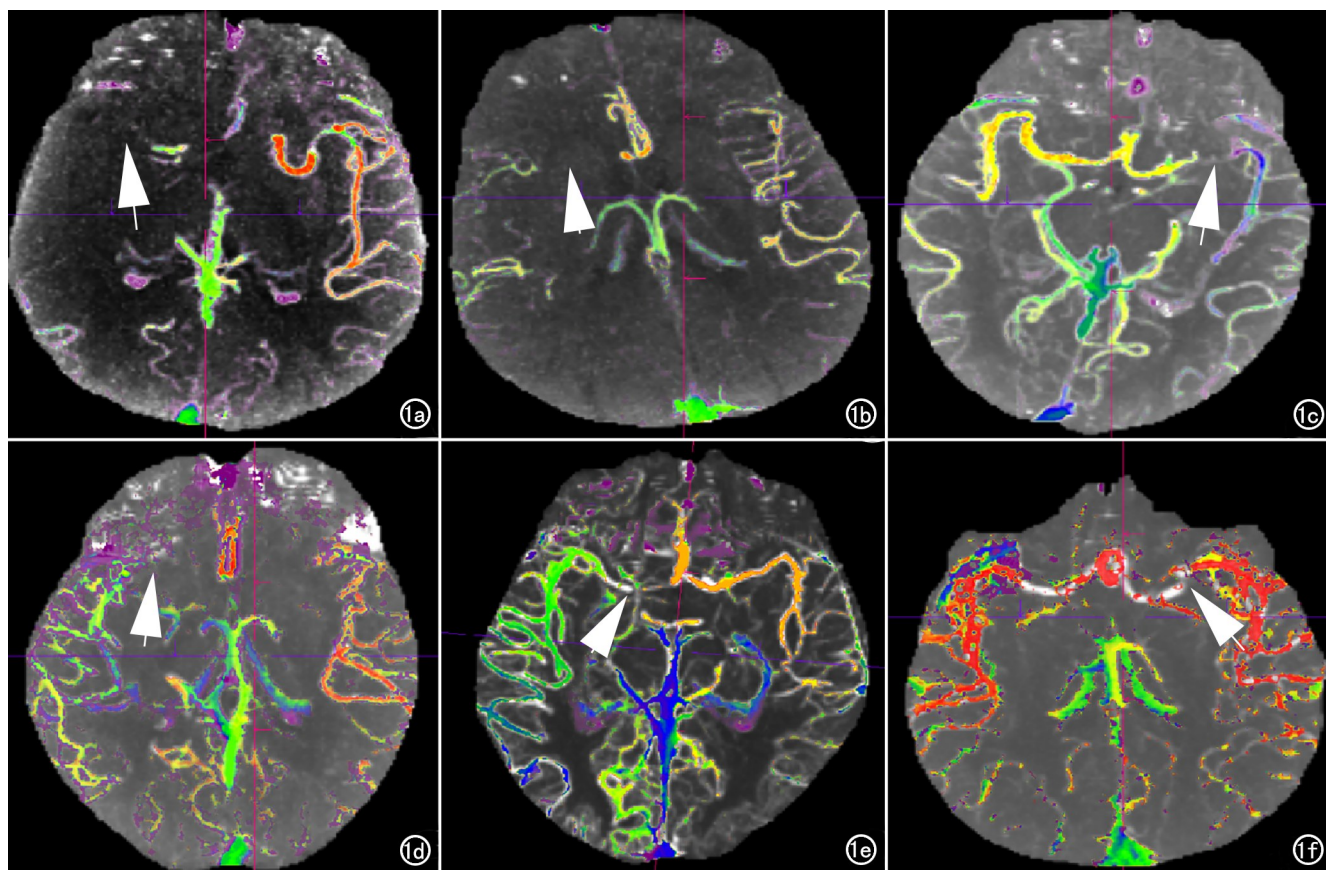


图 1 a) 右侧大脑中动脉 M1 段闭塞 (箭), 右侧大脑半球无侧支血管, FVM 评分 0 分; b) 右侧大脑中动脉 M1 段闭塞 (箭), 右侧大脑半球侧支血管少于健侧 1/2, FVM 评分 1 分; c) 左侧大脑中动脉 M1 段闭塞 (箭头), 左侧大脑半球侧支血管数量大于右侧 1/2, 但延迟 3 个时相, FVM 评分 2 分; d) 右侧大脑中动脉 M1 段闭塞 (箭), 左侧大脑半球侧支血管数量大于右侧 1/2, 但延迟 2 个时相, FVM 评分 3 分; e) 右侧大脑中动脉 M1 段闭塞 (箭), 左侧大脑半球侧支血管数量大于右侧 1/2, 但延迟 1 个时相, FVM 评分 4 分; f) 左侧大脑中动脉 M1 段闭塞 (箭), 左侧大脑半球侧支血管数量大于右侧 1/2, 无时像延迟, FVM 评分 5 分。

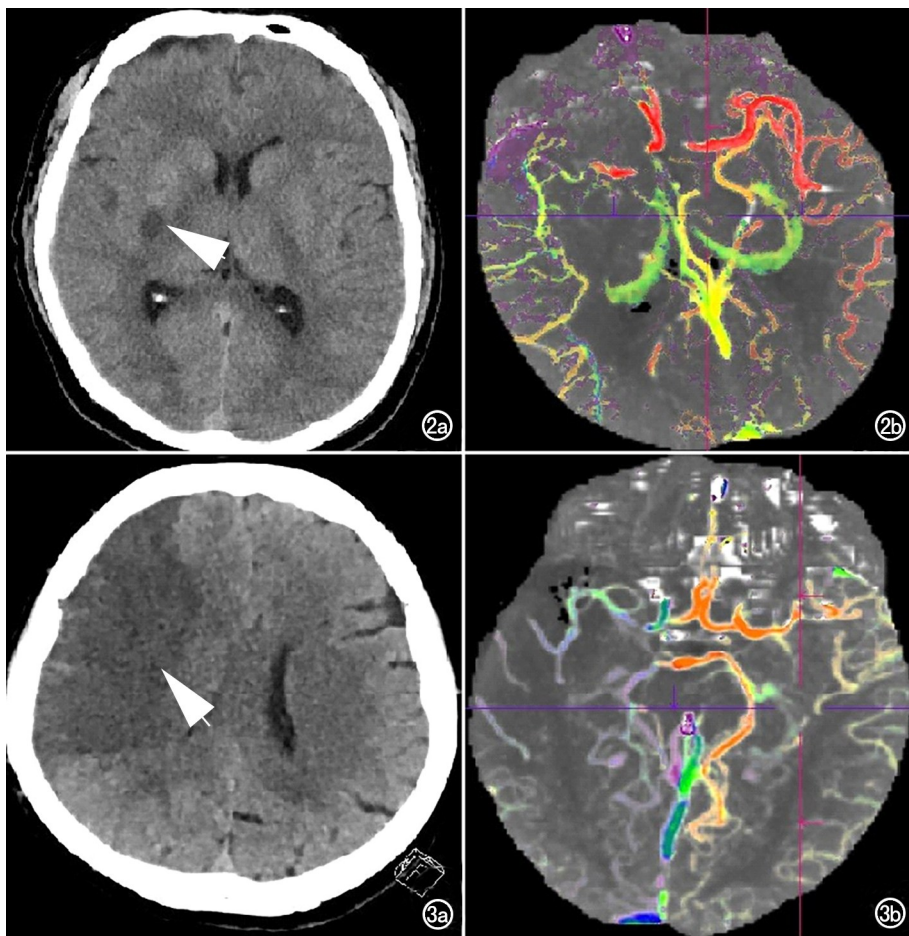


图 2 a)右侧大脑中动脉 M1 段闭塞患者机械取栓治疗后复查 CT 图像,右侧基底节区少量水肿(箭),CED 评级 1 级,定义为轻度水肿;b)其术前 FVM 评分 3 分。图 3 a)右侧大脑中动脉 M1 段闭塞患者机械取栓治疗后复查 CT 图像,右侧大脑半球大片水肿(箭)CED 评级 3 级,定义为重度水肿;b)其术前 FVM 评分 1 分。

过 Bootstrap 进行内部验证(重抽样 100 次),计算 AUC 值及一致性系数(concordance index, C-index);通过“Resource Selection”包行 HosmerLemeshow 检验分析模型拟合优度。 $P < 0.05$ 认为差异有统计学意义。

结果

1. FVM 评分与 DSA 侧支评分相关性

Spearman 相关检验显示 FVM 评分与 DSA 评分正相关($r = 0.551, P < 0.01$)。

表 1 FVM 评分与 DSA 侧支评分相关性

FVM 评分	频数(%)	DSA	频数(%)
5	10(15.873)	4	2(3.175)
4	14(22.222)	3	23(36.508)
3	15(23.81)	2	25(39.683)
2	14(22.222)	1	3(4.762)
1	8(12.698)	0	0(0)
0	2(3.175)		

注:相关性=0.551, $P < 0.01$

2. 基于 CED 评分分组

轻度脑水肿组 44 例,中重度脑水肿组 19 例,单因素分析显示,轻度水肿组年龄、核心梗死区体积小于中重度水肿组($P > 0.05$); FVM 评分高于中重度水肿组($P > 0.05$)。二元 logistics 分析显示核心梗死区体积($OR = 1.038, 95\% CI = 1.006 \sim 1.072, P = 0.021$)、FVM 评分($OR = 0.268, 95\% CI = 0.116 \sim 0.623, P = 0.002$)是中重度水肿的独立预测因子。

3. 建立 Nomogram 风险模型

根据梗死核心体积及 FVM 评分建立 Nomogram 图像,显示较大的核心梗死区体积、较小的 FVM 评分预示着中重度水肿的风险增加(图 4)。ROC 曲线分析显示核心梗死区体积、FVM 联合模型曲线下面积 0.893 ($95\% CI = 0.817 \sim 0.969, P < 0.01$, 图 5)。行 Bootstrap 内部验证法,真实值与预测值符合度的平均绝对误差为 0.311,一致性系数为 0.893,提示模型准确度较高;Calibration 验证显示模型一致性较好(图 6);Hosmer-Lemeshow 检验显示模型无偏离拟合($P = 0.7231$)。

4. CED 与 90d mRS 评分相关性

相关性

Spearman 相关检验 CED 评分与 90 d mRS 评分正相关($r = 0.459, P < 0.01$)。

讨论

本研究发现:①较大核心梗死区体积、低 FVM 评分是血管成功再通 AIS 患者发生中重度脑水肿的独立危险因素,基于两者建立的风险预测模型可以评估中重度脑水肿风险。②FVM 评分可以有效评估 AIS 患者侧支血管状态。③脑水肿 CED 评分与 90d mRS 评分正相关。

缺血性卒中脑水肿发生的主要机制包含早期缺血缺氧导致细胞毒性水肿和晚期血管再通后再灌注及高灌注损伤引起的血管源性水肿两种类型^[9]。当脑水肿进展至恶性脑水肿时约 80% 患者面临死亡^[10]。虽然血管再通治疗可以明显降低恶性脑水肿发生率,但约 20% 患者血管再通后会发生恶性脑水肿,严重影响患

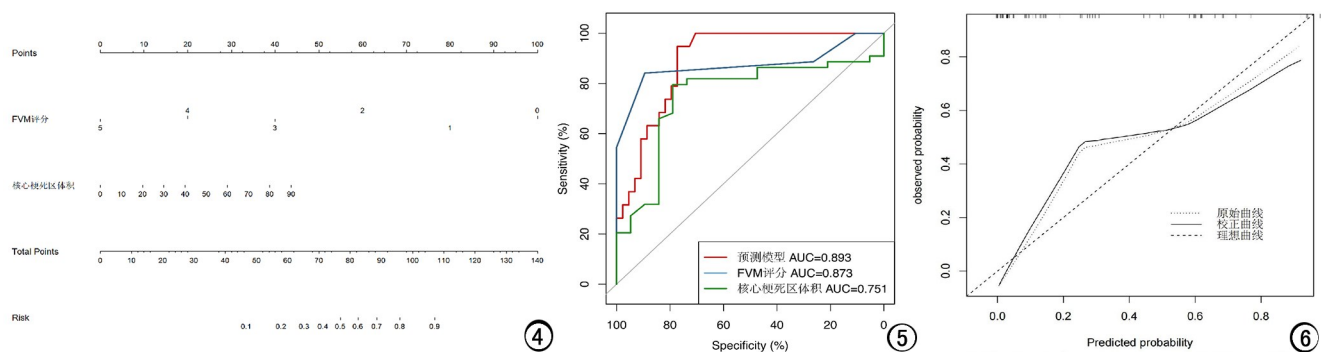


图4 预测 AIS 患者血管内治疗后出现中重度脑水肿的 Nomogram 图模型。图5 FVM 评分、梗死核心区体积及预测模型三者预测 AIS 患者中重度脑水肿的 ROC 曲线。图6 诺谟图风险模型预测 AIS 患者中重度脑水肿校准图形。

表2 轻度脑水肿组与中重度脑水肿组间资料比较

项目	轻度脑水肿组 (n=44)	中重度脑水肿组 (n=19)	Z/t/ χ^2	P
年龄[岁, M(Q1, Q3)]	62(54, 69)	76(65, 79)	-2.759	0.006**
性别[男, 例(%)]	18(40.909)	8(42.105)	0.008	0.929
风险因素[例(%)]				
高血压	30(68.182)	11(57.895)	0.618	0.432
吸烟史	13(29.545)	5(26.316)	0.068	0.795
糖尿病	15(34.091)	7(36.842)	0.044	0.833
房颤病史	15(34.091)	5(26.316)	0.37	0.543
基线期资料[M(Q1, Q3)]				
发病至 CT 检查时间(h)	3(2, 4)	3(2, 3.5)	-0.592	0.554
发病至血管再通时间(h)	4(3, 5)	4(3, 4.5)	-0.516	0.606
入院 NIHSS 评分(分)	14.500(9.5, 15.750)	13(9, 15)	-0.544	0.586
收缩压(mmHg)	138.795±23.051	150.474±18.919	-1.941	0.057
舒张压(mmHg)	79.5(75, 90)	84(78, 100)	-1.403	0.161
血糖(mmol/L)	6.625(5.365, 7.762)	5.900(4.840, 7.030)	-1.341	0.18
低密度脂蛋白胆固醇(mg/dL)	2.493±0.758	2.507±0.85	-0.068	0.946
高密度脂蛋白胆固醇(mg/dL)	1.235(0.98, 1.41)	1.360(0.97, 1.61)	-1.416	0.157
超敏 C 反应蛋白(mg/L)	3.295(0.213, 12.66)	4.670(0.58, 41.08)	-0.989	0.323
影像学参数[M(Q1, Q3)]				
低灌注区体积(mL)	132.948±62.869	160.215±42.634	-1.723	0.09
核心梗死区体积(mL)	15.85(6.5, 26.775)	48.6(27.9, 60.1)	-3.139	0.002**
不匹配体积(mL)	99.45(69.975, 126.825)	116.6(76.4, 148.2)	-1.056	0.291
FVM 评分(分)	4(3, 4)	2(1, 2)	-4.764	<0.001**

注: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, NIHSS: 美国国立卫生研究院卒中量表; FVM: 彩色血流图

者预后^[11]。研究基于复查颅脑 CT 的形态学特征 CED 评分系统评估患者脑水肿状态, 最终发现 CED 评分与患者临床预后具有相关性, 这提示即便血管再通治疗成功, 脑水肿程度仍然会对患者预后产生影响。

本研究发现 FVM 侧支评分与 DSA 评分正相关, 可以有效评估 AIS 患者侧支循环, 而以往研究证实侧支循环状态是血管再通治疗后脑水肿发生的独立危险因素^[12], 本研究也发现轻度水肿组 FVM 评分高于中重度组且低 FVM 评分是中重度脑水肿的独立危险因素。FVM 基于 CTP 扫描数据 TTP 值并赋予脑血管伪彩图。研究发现基于 CTP 扫描的侧支血管重建方法 4D-CTA 也被证实可以预测中重度脑水肿发生^[13]。另外, 常用的彩色血管图还包括 colorViz 可以评估患者侧支血管状态^[14], colorViz 相较于彩色血流图时间

分辨率明显减少但评分标准更加简单, 但其能否有效评估脑水肿发生需要进一步论证。此外, 彩色血流图基于 CTP 数据可反应全时像血管灌注信息, 尤其是动脉期过后缺血区血管灌注情况, 研究发现^[15]脑梗死后水肿的发生水摄取率相关, 而不良的静脉回流会导致梗死区水摄取率的减低, 彩色血流图全时像扫描可以更加完整捕捉梗死区静脉血流状态, 有助于对 AIS 患者脑血流完整评估, 甚至对 AIS 患者治疗方式选择都具有一定参考意义。

本研究发现轻度水肿组患者年龄、核心梗死区体积小于中重度组。有研究者认为高龄是恶性水肿发生的主要因素之一, 高龄患者脑容量减少且常合并多种并发症, 更易发生脑水肿^[16], 但本组数据中高龄并非是中重度水肿发生的独立危险因素。核心梗死区体积

是决定 AIS 患者治疗方式及临床预后的重要评估指标^[17],本研究本组病例为经过筛选的血管再通治疗患者,核心梗死区体积偏小(中位数 29.65 mL),但也发现轻度水肿组核心梗死区体积小于中重度组,且较大的核心梗死区体积为中重度水肿发生的独立危险因素。既往研究^[18]显示核心梗死区、缺血半暗带、正常脑组织三者间存在血流动力学梯度,良好的侧支循环可以减低核心梗死区的进展^[19],进而降低水肿的发生机率或延缓水肿的发展。

Nomogram 图是基于回归分析将多个预测指标进行整合,用于评估事件发生的个体概率并计算预测风险值的工具^[20]。本研究发现 FVM 评分与核心梗死区体积是成功血管再通 AIS 患者发生中重度水肿独立预测因素,以此构建 Nomogram 风险预测模型可以有效评估中重度脑水肿发生风险,检验发现该模型区分度及校准性较理想。证明该模型有助于临床医师对 AIS 患者进行分层管理及早期干涉治疗。

此外,本研究具有一定的局限性:第一,本研究为单中心回顾性小样本研究,研究结果需要多中心、大样本验证。第二,为评估彩色血流图与 DSA 侧支评分相关性,本研究只入组经血管内治疗的 AIS 患者,关于彩色血流图在静脉溶栓治疗甚至保守治疗的 AIS 患者评估中的作用需要进一步探讨。

参考文献:

- [1] 赵回归,丁鸭锁,王晨龙.急性缺血性卒中血管内治疗后恶性脑水肿:预测因素、预防和治疗[J].国际脑血管病杂志,2023,31(1):42-47.DOI:10.3760/cma.j.issn.1673-4165.2023.01.008.
- [2] 程丽萍,王瀚,高宗恩,等.缺血性脑卒中后恶性脑水肿的研究进展[J].中华神经医学杂志,2020,19(7):741-745.DOI:10.3760/cma.j.cn115354-20200323-00212.
- [3] 魏雅馨,牛金慧,王少君.急性缺血性卒中患者恶性脑水肿的影像学预测因素[J].国际脑血管病杂志,2023,31(3):205-209.DOI:10.3760/cma.j.issn.1673-4165.2023.03.008.
- [4] 国家卫生健康委员会脑卒中防治工程委员会神经影像专业委员会,中华医学会放射学分会神经学组.脑血管病影像规范化应用中国指南[J].中华放射学杂志,2019,53(11):916-940.DOI:10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2019.11.002.
- [5] 余翔,赵小英,潘景江,等.多时相 CT 血管成像评估急性缺血性脑卒中机械取栓后的风险与获益[J].临床放射学杂志,2021,40(9):1675-1681.
- [6] 李晗,胡春洪,郝光宇,等.基于 FastStroke 软件评估的急性缺血性脑卒中侧支循环与数字减影血管造影的对照研究[J].实用放射学杂志,2021,37(5):695-698.DOI:10.3969/j.issn.1002-1671.2021.05.001.
- [7] Thorén M, Azevedo E, Dawson J, et al. Predictors for cerebral edema in acute ischemic stroke treated with intravenous thrombolysis [J]. Stroke, 2017, 48(9):2464-2471.
- [8] Nogueira RG, Jadhav AP, Haussen DC, et al. Thrombectomy 6 to 24 hours after stroke with a mismatch between deficit and infarct [J]. N Engl J Med, 2018, 378(1):11-21. DOI:10.1056/NEJMoa1706442.
- [9] 汪文兵,徐骏峰,黄显军,等.急性大血管闭塞性卒中早期成功再通后恶性脑水肿发生的影响因素分析[J].中华神经科杂志,2020,53(4):274-281.DOI:10.3760/cma.j.cn113694-20190719-00442.
- [10] Huang X, Yang Q, Shi X, et al. Predictors of malignant brain edema after mechanical thrombectomy for acute ischemic stroke [J]. J Neurointerv Surg, 2019, 11(10):994-998. DOI:10.1136/neurintsurg-2018-014650.
- [11] Sharma D, Smith M. The intensive care management of acute ischaemic stroke [J]. Curr Opin Crit Care, 2022, 28(2):157-165. DOI:10.1097/MCC.000912.
- [12] 章礼勇,袁良津,施雪英,等.大血管闭塞性急性缺血性卒中血管成功再通后恶性脑水肿的相关影响因素分析[J].中国脑血管病杂志,2023,20(5):325-333.DOI:10.3969/j.issn.1672-5921.2023.05.005.
- [13] 李玲,祁鹏,徐蕾,等.基于多模态 CT 血管内治疗后恶性大脑中动脉梗死的 Nomogram 模型研究[J].中国医学影像学杂志,2022,30(5):440-446.DOI:10.3969/j.issn.1005-5185.2022.05.005.
- [14] 董立军,刘畅,戴钢,等.多时相 CTA 融合伪彩图在远端分支动脉闭塞的急性缺血性脑卒中的应用[J].放射学实践,2023,38(11):1362-1367.DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2023.11.001.
- [15] Faizy TD, Kabiri R, Christensen S, et al. Venous outflow profiles are linked to cerebral edema formation at noncontrast head CT after treatment in acute ischemic stroke regardless of collateral vessel status at CT angiography [J]. Radiology, 2021, 299(3):682-690. DOI:10.1148/radiol.2021203651.
- [16] 承军,李虎,黄晓成,等.急性前循环大血管闭塞性卒中血管再通后恶性脑水肿发生的预测模型[J].国际外科学杂志,2022,49(1):15-23.F3. DOI:10.3760/cma.j.cn115396-20210825-00329.
- [17] 赵玉婵,袁涛,许蕾,等.急性缺血性卒中脑水肿影响因素的影像研究[J].放射学实践,2021,36(11):1445-1448. DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2021.11.021.
- [18] 沈连芳,房伟,张焕磊,等.基于残余组织达峰时间的血流动力学变化预测急性前循环缺血性卒中脑组织水肿严重程度的研究[J].中华放射学杂志,2023,57(7):733-740.
- [19] 褚玥,许晓泉,马高,等.基于 CT 平扫的 ASPECTS 与急性缺血性脑卒中核心梗死体积的相关性研究[J].临床放射学杂志,2022,41(9):1620-1624. DOI:10.13437/j.cnki.jcr.2022.09.039.
- [20] 杨洪安,张景润,王家兴,等.基于 MRI 的放射组学评分和临床病理影像参数预测垂体瘤复发的 Nomogram 模型研究[J].放射学实践,2023,38(7):853-862. DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2023.07.008.

(收稿日期:2023-10-07 修回日期:2024-01-29)