

术中平板 CT 对急性前循环大血管闭塞血管内机械取栓术后颅内出血的预测价值

周星辰 杨光 赵彪 王大巍 张辉 闵敬亮

【摘要】 **目的** 探讨术中平板 CT 对急性前循环大血管闭塞患者机械取栓术后颅内出血的预测价值。**方法** 纳入 2020 年 3 月至 2023 年 6 月在蚌埠医科大学第二附属医院行机械取栓术的 106 例急性前循环大血管闭塞患者,均行术中平板 CT 扫描,记录 CT 值、高密度征和占位效应。根据术后是否发生颅内出血分成颅内出血组(29 例)和无颅内出血组(77 例),单因素和多因素 Logistic 回归分析筛查术后发生颅内出血的影响因素,绘制受试者工作特征(ROC)曲线,评估术中平板 CT 对术后颅内出血的预测效能。**结果** Logistic 回归分析显示,高血压是急性前循环大血管闭塞患者机械取栓术后不发生颅内出血的保护因素($OR = 0.340, 95\%CI: 0.123 \sim 0.941; P = 0.038$),入院时美国国立卫生研究院卒中量表评分高($OR = 1.068, 95\%CI: 1.010 \sim 1.129; P = 0.021$)以及术中平板 CT 高密度征($OR = 9.942, 95\%CI: 2.631 \sim 37.567; P = 0.001$)、占位效应($OR = 23.564, 95\%CI: 7.266 \sim 79.421; P = 0.000$)和 CT 值 ≥ 90 HU ($OR = 9.714, 95\%CI: 1.982 \sim 47.605; P = 0.005$)是术后发生颅内出血的危险因素。ROC 曲线显示,术中平板 CT 值 ≥ 90 HU、占位效应及二者联合预测术后颅内出血的曲线下面积分别为 0.82(95%CI: 0.734 ~ 0.889, $P = 0.000$)、0.75(95%CI: 0.661 ~ 0.833, $P = 0.000$)和 0.76(95%CI: 0.668 ~ 0.838, $P = 0.000$),灵敏度为 75.86%、58.62% 和 58.62%,特异度为 88.31%、92.21% 和 93.51%,尤以 CT 值 ≥ 90 HU 的预测效能最高($t = 48.777, P = 0.000; t = 43.681, P = 0.000$)。**结论** 急性前循环大血管闭塞患者机械取栓术中平板 CT 呈高密度征如 CT 值 ≥ 90 HU、占位效应可以预测颅内出血,且 CT 值 ≥ 90 HU 的预测效能较高。

【关键词】 缺血性卒中; 血栓切除术; 手术后并发症; 颅内出血; Logistic 模型; ROC 曲线; 体层摄影术, X 线计算机

Predictive value of intraoperative flat CT for intracranial hemorrhage after mechanical thrombectomy in acute anterior circulation large vessel occlusion

ZHOU Xing-chen, YANG Guang, ZHAO Biao, WANG Da-wei, ZHANG Hui, MIN Jing-liang

Department of Neurosurgery, The Second Affiliated Hospital of Bengbu Medical University, Bengbu 233000, Anhui, China

Corresponding author: ZHOU Xing-chen (Email: 492569992@qq.com)

【Abstract】 **Objective** To explore the predictive value of intraoperative flat CT scan for intracranial hemorrhage after mechanical thrombectomy in patients with acute anterior circulation large vessel occlusion (AAC-LVO). **Methods** A total of 106 patients with AAC-LVO who underwent mechanical thrombectomy at The Second Affiliated Hospital of Bengbu Medical University was conducted from March 2020 to June 2023. Intraoperative flat CT scan was performed among above patients to record CT values, high-density sign and mass effect. According to whether occurred intracranial hemorrhage after surgery, those patients were divided into intracranial hemorrhage group ($n = 29$) and non-intracranial hemorrhage group ($n = 77$). Univariate and multivariate stepwise Logistic regression analyses were used to screen the influencing factors of intracranial hemorrhage after mechanical thrombectomy. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to evaluate the predictive efficacy of intraoperative flat CT scan for postoperative intracranial hemorrhage. **Results** Logistic regression analysis showed that hypertension was a protective factor for

doi:10.3969/j.issn.1672-6731.2024.11.003

基金项目:安徽省高校自然科学研究重点项目(项目编号:2023AH052015)

作者单位:233000 蚌埠医科大学第二附属医院神经外科

通讯作者:周星辰, Email:492569992@qq.com

patients with AAC-LVO who did not experience intracranial hemorrhage after mechanical thrombectomy ($OR = 0.340$, 95%CI: 0.123–0.941; $P = 0.038$). A high National Institutes of Health Stroke (NIHSS) score at admission ($OR = 1.068$, 95%CI: 1.010–1.129; $P = 0.021$), as well as intraoperative flat CT high-density sign ($OR = 9.942$, 95%CI: 2.631–37.567; $P = 0.001$), mass effect ($OR = 23.564$, 95%CI: 7.266–79.421; $P = 0.000$), and CT value ≥ 90 HU ($OR = 9.714$, 95%CI: 1.982–47.605; $P = 0.005$) were risk factors for postoperative intracranial hemorrhage. The ROC curve showed that the area under the curve (AUC) for intraoperative flat CT value ≥ 90 HU, mass effect and their combined prediction of postoperative intracranial hemorrhage were 0.82 (95%CI: 0.734–0.889, $P = 0.000$), 0.75 (95%CI: 0.661–0.833, $P = 0.000$) and 0.76 (95%CI: 0.668–0.838, $P = 0.000$), with sensitivity were 75.86%, 58.62% and 58.62%, and specificity were 88.31%, 92.21% and 93.51%. The predictive efficiency was highest for CT value ≥ 90 HU ($t = 48.777$, $P = 0.000$; $t = 43.681$, $P = 0.000$). **Conclusions** In patients with AAC-LVO undergoing mechanical thrombectomy, intraoperative flat CT high-density sign such as CT value ≥ 90 HU and mass effect can predict postoperative intracranial hemorrhage, and the predictive value of CT value ≥ 90 HU is relatively high.

【Key words】 Ischemic stroke; Thrombectomy; Postoperative complications; Intracranial hemorrhages; Logistic models; ROC curve; Tomography, X-ray computed

This study was supported by Natural Science Research Project of Anhui Educational Committee (No. 2023AH052015).

Conflicts of interest: none declared

急性缺血性卒中约占脑血管病的 70%，发病率、病残率和病死率均较高^[1]。随着影像学技术的发展、神经介入材料的更新，以及手术技术的进步，血管内机械取栓术治疗急性前循环大血管闭塞 (AAC-LVO) 可获得显著疗效^[2-7]，然而术后一旦发生颅内出血将抵消手术获益，甚至引起严重不良结局^[8-9]，因此，术中和术后早期识别是否并发颅内出血，对指导手术方案、药物治疗和改善临床结局具有重要参考价值。通过 DSA 行平板 CT 扫描可在导管手术室快速获得 CT 图像，无需将患者搬运至 CT 检查室，具有方便、快捷的特点^[10]。高密度征指 CT 图像上脑实质的非正常高密度影，CT 值高于周围脑组织，病变甚至压迫周围脑组织出现占位效应。尽管平板 CT 分辨率较低，但可较好识别高密度征，进而预测颅内出血。目前关于平板 CT 高密度征其他特点如 CT 值和占位效应等对颅内出血预测价值的研究较少，加之机械取栓术中颅内出血 CT 值通常 > 100 HU^[11]，故本研究以平板 CT 值 ≥ 90 HU 作为预测因素，以近年在蚌埠医科大学第二附属医院行机械取栓术且术中行平板 CT 扫描的 AAC-LVO 患者为研究对象，分析其高密度征特点 (CT 值和占位效应) 及其对术后颅内出血的预测价值，以期早期预测颅内出血，制定针对性治疗方案，改善患者临床预后。

对象与方法

一、研究对象

1. 纳入标准 (1) 经头部 CTA 或 MRA 明确诊断

为 AAC-LVO。(2) 符合《急性缺血性卒中血管内治疗中国指南 2023》^[12] 标准行机械取栓术。(3) 术中均行平板 CT 扫描。(4) 年龄 ≥ 14 岁。(5) 发病至动脉穿刺时间 < 24 h。(6) 入院时美国国立卫生研究院卒中量表 (NIHSS) 评分 ≥ 2 分，发病前改良 Rankin 量表 (mRS) 评分 ≤ 3 分。(7) 本研究获得蚌埠医科大学第二附属医院伦理委员会审核批准 (审批号: [2023] KY 002 号)。(8) 患者及其家属均对手术方案和手术风险知情并签署同意书。

2. 排除标准 (1) 术前头部 CT 显示脑出血或梗死灶内伴出血。(2) 伴有严重致死性疾病，预计生存期 < 1 年。(3) 凝血功能异常。(4) 合并严重心、肝、肾等重要器官并发症或多器官功能衰竭。(5) 临床资料不完整。

3. 一般资料 选择 2020 年 3 月至 2023 年 6 月在蚌埠医科大学第二附属医院神经外科行机械取栓术的 AAC-LVO 患者共 106 例，其中男性 67 例，女性 39 例；年龄 14 ~ 84 岁，中位年龄 68 (57, 75) 岁；既往有高血压占 60.38% (64/106)、房颤占 51.89% (55/106)、糖尿病占 18.87% (20/106)、高脂血症占 24.53% (26/106)，其中 11 例 (10.38%) 有脑卒中病史；入院时 NIHSS 评分 2 ~ 37 分，中位评分 18 (12, 26) 分；发病前 mRS 评分为 0 ~ 3 分，中位评分为 0 (0, 0) 分；发病至穿刺时间 136 ~ 1416 min，中位时间 347.50 (263.75, 347.50) min。

二、研究方法

1. 血管再通治疗及围手术期管理 (1) 静脉溶

栓:对于发病时间 < 4.50 h 的患者,予阿替普酶(最大剂量 90 mg,先将 10% 于 1 min 内静脉注射,余 90% 持续静脉泵入 1 h);对于发病时间 < 6 h 的患者,予尿激酶(1×10^6 U 持续静脉泵入 1 h)行静脉溶栓,再桥接机械取栓术。对于发病时间 ≥ 6 h 的患者,完善影像学评估后直接行机械取栓术,以支架取栓或抽吸取栓作为首选方式。(2)血管内治疗:患者仰卧位,气管插管全身麻醉,右股动脉穿刺入路。支架取栓:对于颅内血管扭曲度较大、血管堵塞位置偏远、中间导管难以接触闭塞近端的患者,优先选择支架取栓。将 8F 导引导管(美国 Boston Scientific 公司)送至颈总动脉(CCA)末端,将 6F 中间导管(长度 125 或 115 cm,美国 Stryker 公司)送至颈内动脉(ICA)破裂孔附近,建立取栓通道;采用同轴技术,在微导管和长度为 2 m 的微导丝引导下将 6F 中间导管送至闭塞段近端,微导丝超选通过闭塞段后,将微导管经血管真腔送至闭塞段远端,释放取栓支架(美国 Stryker 公司或美国 Medtronic 公司),5 min 后回撤取栓支架,回撤过程中保持中间导管负压。抽吸取栓:中间导管可轻松到达血栓部位的患者优先选择抽吸取栓。6F 中间导管置于闭塞段近端后,接触血栓负压抽吸并回撤取栓。上述完成取栓后即刻行 DSA,若闭塞血管再通,远端血流恢复,继续观察 10 min,再次行 DSA,若血流速度无变化,原闭塞部位未再次堵塞,远端血流通畅,则认为血流稳定,结束手术。对于术中取栓次数 ≥ 5 次且闭塞段仍未恢复血流、闭塞血管再通后再次闭塞或狭窄致闭塞患者,进一步行血管成形术,包括球囊扩张和支架植入。球囊扩张:将球囊置入狭窄段,狭窄段缓慢扩张,若血流恢复,观察 10 min 后原狭窄段无回缩,则结束手术。支架植入:球囊扩张狭窄段后明显回缩或出现新的动脉夹层,需植入支架。将支架输送至狭窄段,打开支架完全覆盖狭窄段,10 min 后行 DSA,若支架内血流速度无变化,远端血流通畅,则认为血流稳定,结束手术。(3)术后抗血小板治疗:术中未植入支架的患者,术后 24 h 复查头部 CT 排除颅内出血后,予以阿司匹林 100 mg/d 和氯吡格雷 75 mg/d 双联抗血小板治疗;术中植入支架者,术后即刻予替罗非班抗血小板治疗,起始剂量 $10 \mu\text{g}/\text{kg}$ (3 min 内静脉注射),后续剂量 $6.67 \mu\text{g}/\text{kg}$ 持续静脉泵入,次日调整为上述双联抗血小板治疗方案。

2. 术中平板 CT 扫描 术中完成取栓后即刻行

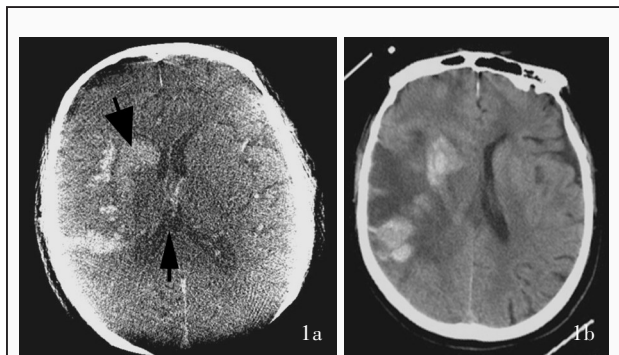


图 1 男性患者,80 岁,临床诊断为急性右大脑中动脉闭塞 1a 取栓后即刻行平板 CT 检查显示,右侧基底节区、额叶和岛叶交界处呈高密度征(核心梗死区,粗箭头所示),CT 值约 115 HU,可见占位效应,右侧侧脑室受压(细箭头所示) 1b 术后第 2 天复查头部 CT 显示,缺血性卒中出血性转化,出血范围较前扩大

Figure 1 An 80-year-old male patient was clinically diagnosed with acute right middle cerebral artery occlusion. After mechanical thrombectomy, flat CT scan was performed immediately, which showed high-density sign in the right basal ganglia area and the junction of the frontal lobe and insula (core infarction area, thick arrow indicates). The CT value was about 115 HU, indicating mass effect. The right ventricle was compressed (thin arrow indicates, Panel 1a). The second day after surgery, a follow-up CT scan showed ischemic stroke with hemorrhagic transformation, and the bleeding range was larger than before (Panel 1b).

基于单板探测器 DSA 系统(美国 General Electric 公司)的平板 CT 扫描。管电压 81 kV、管电流为 101.70 mA、15 帧/s、总角度 180° ;扫描视野 30 cm \times 30 cm,矩阵 512×512 ,层厚 5 mm、层间距 5 mm,扫描时间 11.25 s,共 40 层。记录高密度征、CT 值、占位效应。高密度征定义为,CT 图像上脑实质的非正常高密度影;将平板 CT 图像中高密度征的最亮点层面作为感兴趣区(ROI)进行勾画,测量并记录感兴趣区 CT 值,连续测量 3 次,取平均值;占位效应定义为,高密度征(CT 值高于周围脑组织)引起脑室、脑沟、脑池等受压和缩窄,严重者可发生中线结构偏移(图 1)。

3. 临床结局评价 (1)术后即刻血管再通:术后即刻复查 DSA,采用改良脑梗死溶栓血流分级(mTICI)评估血管再通程度,3 级,血流正常,对比剂可快速全部充盈远端血管;2 级,对比剂可全部充盈远端血管,但速度较慢,2a 级为血管充盈区域 $< 1/2$,2b 级为血管充盈区域 $\geq 1/2$;1 级,对比剂少量通过闭塞段,无法充盈远端血管;0 级,无血流灌注,远端血管无对比剂充盈。mTICI 分级 $\geq 2b$ 级为血管再通。(2)颅内出血:术后 24 ~ 72 h 行常规头部 CT 检查以判断有无颅内出血,根据美国国立神经病学与卒中研究所(NINDS)^[13],以下两种情况判定为颅内出

血,即缺血性卒中出血性转化,梗死灶内出现边界模糊或点状高密度影;脑实质内出血,典型高密度区域,与周围脑组织界限清晰。

4. 统计分析方法 采用 SPSS 23.0 统计软件进行数据处理与分析。计数资料以相对数构成比(%)或率(%)表示,采用 χ^2 检验。采用 Shapiro-Wilk 检验或 Kolmogorov-Smirnov 检验行正态性检验,呈正态分布的计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用单因素方差分析,两两比较行 LSD-*t* 检验;呈非正态分布的计量资料以中位数和四分位数间距[$M(P_{25}, P_{75})$]表示,采用 Mann-Whitney *U* 检验。AAC-LVO 患者机械取栓术后颅内出血相关影响因素的筛查采用单因素和多因素逐步法 Logistic 回归分析($\alpha_{\text{入}} = 0.05, \alpha_{\text{出}} = 0.10$);进一步绘制受试者工作特征(ROC)曲线并计算曲线下面积(AUC)及其灵敏度、特异度和截断值,以判断预测效能,以 $P \leq 0.05$ 为差异具有统计学意义。

结 果

本组 106 例患者中 41 例(38.68%)静脉溶栓桥接机械取栓,42 例(39.62%)取栓次数 ≥ 3 次,97 例(91.51%)术后血管再通(mTICI 分级 $\geq 2b$ 级);术中平板 CT 呈高密度征者 57 例(53.77%),存在占位效应者 23 例(21.70%),31 例(29.25%)CT 值 ≥ 90 HU。根据术后常规 CT 检查分为颅内出血组(29 例)和无颅内出血组(77 例),颅内出血组高血压比例低于无颅内出血组($P = 0.004$),入院时 NIHSS 评分($P = 0.003$)以及术中平板 CT 高密度征($P = 0.000$)、占位效应($P = 0.000$)和 CT 值 ≥ 90 HU 比例($P = 0.000$)均高于无颅内出血组,其余各项指标组间差异无统计学意义(均 $P > 0.05$,表 1)。

单因素 Logistic 回归分析显示,高血压($P = 0.024$)、入院时 NIHSS 评分($P = 0.009$)以及术中平板 CT 高密度征($P = 0.000$)、占位效应($P = 0.011$)和 CT 值 ≥ 90 HU($P = 0.021$)是 AAC-LVO 患者机械取栓术后发生颅内出血的影响因素(表 2,3)。将单因素 Logistic 回归分析中有统计学意义的因素纳入多因素 Logistic 回归分析,由于术中平板 CT 高密度征与占位效应和 CT 值 ≥ 90 HU 存在条件相互交叉干扰,故不同步纳入,结果显示,高血压是 AAC-LVO 患者机械取栓术后不发生颅内出血的保护因素($OR = 0.340, 95\%CI: 0.123 \sim 0.941; P = 0.038$),入院时

表 1 颅内出血组与无颅内出血组患者临床资料的比较

Table 1. Comparison of general information between intracranial hemorrhage group and non - intracranial hemorrhage group

观察指标	无颅内出血组 (n=77)	颅内出血组 (n=29)	χ^2 或 Z 值	P 值
性别[例(%)]			1.108	0.292
男性	51(66.23)	16(55.17)		
女性	26(33.77)	13(44.83)		
年龄 [$M(P_{25}, P_{75})$, 岁]	67.00 (57.50, 74.50)	72.00 (56.50, 77.50)	-0.514	0.130
高血压[例(%)]	53(68.83)	11(37.93)	8.408	0.004
房颤[例(%)]	39(50.65)	16(55.17)	0.173	0.678
糖尿病[例(%)]	14(18.18)	6(20.69)	0.087	0.769
高脂血症[例(%)]	18(23.38)	8(27.59)	0.202	0.653
脑卒中病史[例(%)]	8(10.39)	3(10.34)	0.000	1.000
入院时 NIHSS [$M(P_{25}, P_{75})$, 评分]	16.00 (12.00, 23.00)	23.00 (17.00, 35.00)	-2.959	0.003
发病前 mRS [$M(P_{25}, P_{75})$, 评分]	0.00 (0.00, 0.00)	0.00 (0.00, 0.00)	-1.174	0.240
发病至穿刺时间 [$M(P_{25}, P_{75})$, min]	350.00 (270.00,416.00)	340.00 (260.00,406.00)	-0.461	0.645
静脉溶栓桥接机械 取栓[例(%)]	28(36.36)	13(44.83)	0.636	0.425
取栓次数 ≥ 3 次 [例(%)]	28(36.36)	14(48.28)	1.250	0.264
术后血管再通 [例(%)]	71(92.21)	26(89.66)	0.001	0.976
术中平板 CT 检查[例(%)]				
高密度征	31(40.26)	26(89.66)	20.677	0.000
占位效应	5(6.49)	18(62.07)	38.296	0.000
CT 值 ≥ 90 HU	9(11.69)	22(75.86)	41.926	0.000

Mann-Whitney *U* test for comparison of age, NIHSS at admission, pre-onset mRS, onset-to-puncture time, and χ^2 test for comparison of others, 年龄、入院时 NIHSS 评分、发病前 mRS 评分、发病至穿刺时间的比较行 Mann-Whitney *U* 检验,其余指标的比较行 χ^2 检验。NIHSS, National Institutes of Health Stroke Scale, 美国国立卫生研究院卒中量表; mRS, modified Rankin Scale, 改良 Rankin 量表

NIHSS 评分高($OR = 1.068, 95\%CI: 1.010 \sim 1.129; P = 0.021$)及术中平板 CT 高密度征($OR = 9.942, 95\%CI: 2.631 \sim 37.567; P = 0.001$)、占位效应($OR = 23.564, 95\%CI: 7.266 \sim 79.421; P = 0.000$)和 CT 值 ≥ 90 HU ($OR = 9.714, 95\%CI: 1.982 \sim 47.605; P = 0.005$)是 AAC-LVO 患者机械取栓术后发生颅内出血的危险因素(表 4,5)。

本研究主要评估术中平板 CT 高密度征对机械取栓术后颅内出血的预测价值,为减少偏倚,仅以术中平板 CT 占位效应、CT 值 ≥ 90 HU 及二者联合作为预测因素,绘制 ROC 曲线,结果显示,术中平板 CT 值 ≥ 90 HU 的曲线下面积为 0.82(95%CI: 0.734 ~

表 2 AAC-LVO 患者机械取栓术后颅内出血相关影响因素的变量赋值表

Table 2. The variable assignment of influencing factors for intracranial hemorrhage in patients with AAC-LVO after mechanical thrombectomy

变量	赋值	
	0	1
术后颅内出血	无	有
性别	女性	男性
高血压	无	有
房颤	无	有
糖尿病	无	有
高脂血症	无	有
脑卒中病史	无	有
静脉溶栓桥接机械取栓	无	有
取栓次数 ≥ 3 次	无	有
术后血管再通	无	有
术中平板 CT 高密度征	无	有
术中平板 CT 占位效应	无	有
术中平板 CT 值 ≥ 90 HU	无	有

表 3 AAC-LVO 患者机械取栓术后颅内出血相关影响因素的单因素 Logistic 回归分析

Table 3. Univariate Logistic regression analysis of influencing factors for intracranial hemorrhage after mechanical thrombectomy

变量	<i>b</i>	<i>SE</i>	Wald χ^2	<i>P</i> 值	<i>OR</i> 值	<i>OR</i> 95%CI
性别	-0.507	0.486	1.091	0.296	0.602	0.232 ~ 1.560
年龄	-0.001	0.009	0.018	0.892	0.999	0.982 ~ 1.016
高血压	-1.248	0.552	5.117	0.024	0.287	0.097 ~ 0.846
房颤	0.111	0.503	0.048	0.826	1.117	0.417 ~ 2.993
糖尿病	0.371	0.619	0.360	0.549	1.449	0.431 ~ 4.874
高脂血症	0.137	0.503	0.073	0.787	1.147	0.423 ~ 3.114
脑卒中病史	0.025	0.734	0.001	0.973	1.025	0.244 ~ 4.318
入院时 NIHSS	0.079	0.030	6.792	0.009	1.082	1.020 ~ 1.148
发病前 mRS	0.228	0.407	0.315	0.575	1.256	0.566 ~ 2.789
发病至穿刺时间	-0.003	0.002	2.631	0.105	0.997	0.994 ~ 1.001
静脉溶栓桥接机械取栓	0.936	0.588	2.533	0.111	2.549	0.805 ~ 8.070
取栓次数 ≥ 3 次	-0.974	0.632	2.375	0.123	0.378	0.109 ~ 1.303
术后血管再通	-0.373	0.920	0.164	0.685	0.689	0.113 ~ 4.180
术中平板 CT 高密度征	2.990	0.794	14.167	0.000	19.878	4.191 ~ 94.290
术中平板 CT 占位效应	1.281	0.506	6.420	0.011	3.600	1.337 ~ 9.696
术中平板 CT 值 ≥ 90 HU	0.894	0.396	5.357	0.021	2.903	1.126 ~ 5.309

NIHSS, National Institutes of Health Stroke Scale, 美国国立卫生研究院卒中量表; mRS, modified Rankin Scale, 改良 Rankin 量表

0.889, $P = 0.000$), 灵敏度为 75.86%、特异度为 88.31%; 占位效应的曲线下面积为 0.75 (95%CI: 0.661 ~ 0.833, $P = 0.000$), 灵敏度为 58.62%、特异度为 92.21%; 二者联合的曲线下面积为 0.76 (95%CI: 0.668 ~ 0.838, $P = 0.000$), 灵敏度为 58.62%、特异度为 93.51% (图 2)。术中平板 CT 值 ≥ 90 HU 的预测效能优于占位效应和二者联合 (均 $P = 0.000$; 表 6, 7)。

讨 论

机械取栓术是治疗 AAC-LVO 的有效方法, 但术后发生颅内出血限制手术进程及术后抗血小板药物的应用, 导致预后不良。机械取栓术后早期行头部 CT 检查常可见高密度影, 称高密度征, 发生率为 31.2% ~ 60.0% [14], 提示存在颅内出血风险。有研究表明, 双源 CT 平扫通过定量检测对比剂外渗, 可以较好地预测颅内出血的发生 [15], 但设备要求较高, 普及程度较低, 无法在临床广泛应用。DSA 自带的平板 CT 可在血管内治疗中对患者进行实时扫描, 获得的 CT 数据为手术决策和预后提供重要参考, 在行机械取栓术的 AAC-LVO 患者管理中发挥重要作用, 因此笔者试图探究术中平板 CT 对 AAC-LVO 患者机

械取栓术后颅内出血的潜在预测价值。

本研究有 53.77% (57/106) 患者术中平板 CT 呈高密度征。颅内大血管闭塞后, 血脑屏障通透性改变, 其破坏程度与缺血性卒中类型、严重程度和持续时间有关 [16-17]。本研究颅内出血组患者入院时 NIHSS 评分高于无颅内出血组, Logistic 回归分析显示, 入院时 NIHSS 评分高是 AAC-LVO 患者机械取栓术后发生颅内出血的危险因素, 表明神经功能缺损越严重, 血脑屏障破坏越严重, 发生颅内出血的风险越高。血脑屏障轻微受损时, 通透性增加, 对比剂易外渗; 随着缺血再灌注损伤的进展, 血脑屏障完整性被破坏, 对比剂和血液成分大量外渗 [18], 本研究颅内出血组患者术中平板 CT 高密度征比例高于无颅内出血组, Logistic 回归分析显示, 术中平板 CT 高密度征是 AAC-LVO 患者机械取栓术后发生颅内出血的危险因素, 表明术中平板 CT 呈高密度征的患者易发生颅内出血。本研究结果还显示, 术中平板 CT 值 ≥ 90 HU 和占位效应均是 AAC-LVO 患者机械取栓术后发生颅内出血的危险因素, 由于机械取栓术中颅内出血 CT 值通常 > 100 HU, 为减少偏倚, 仅以术中平板 CT 值 ≥ 90 HU 和占位效应作为预测

表 4 AAC-LVO 患者机械取栓术后颅内出血相关影响因素的多因素逐步法 Logistic 回归分析(术中平板 CT 高密度征)

Table 4. Multivariate stepwise Logistic regression analysis of influencing factors for intracranial hemorrhage in patients with AAC-LVO after mechanical thrombectomy (high-density sign of intraoperative flat CT scan)

变量	<i>b</i>	<i>SE</i>	Wald χ^2	<i>P</i> 值	OR 值	OR 95%CI
高血压	-1.079	0.520	4.314	0.038	0.340	0.123~0.941
入院时 NIHSS	0.066	0.029	5.287	0.021	1.068	1.010~1.129
术中平板 CT 高密度征	2.297	0.678	11.467	0.001	9.942	2.631~37.567
常数项	-3.344	0.897	13.890	0.000		

NIHSS, National Institutes of Health Stroke Scale, 美国国立卫生研究院卒中量表

图 2 术中平板 CT 值 ≥ 90 HU、占位效应及二者联合预测 AAC-LVO 患者机械取栓术后发生颅内出血的 ROC 曲线

Figure 2 ROC curve for predicting postoperative intracranial hemorrhage in the patients with AAC-LVO after mechanical thrombectomy based on intraoperative flat CT value ≥ 90 HU, mass effect, and the combination of the two.

表 5 AAC-LVO 患者机械取栓术后颅内出血相关影响因素的多因素逐步法 Logistic 回归分析(术中平板 CT 占位效应以及 CT 值)

Table 5. Multivariate stepwise Logistic regression analysis of influencing factors for intracranial hemorrhage in patients with AAC-LVO after mechanical thrombectomy (mass effect and CT value of intraoperative flat CT scan)

变量	<i>b</i>	<i>SE</i>	Wald χ^2	<i>P</i> 值	OR 值	OR 95%CI
术中平板 CT 占位效应	3.160	0.600	27.705	0.000	23.564	7.266~79.421
术中平板 CT 值 ≥ 90 HU	2.274	0.811	7.861	0.005	9.714	1.982~47.605
常数项	-2.274	0.397	32.807	0.000		

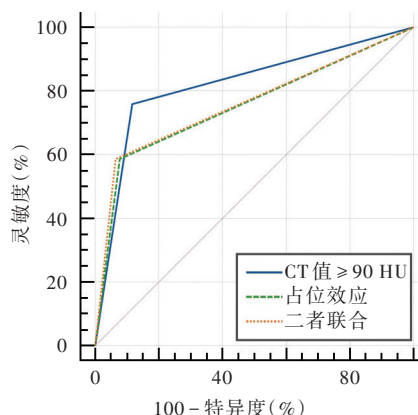


表 6 术中平板 CT 值 ≥ 90 HU、占位效应以及二者联合对 AAC-LVO 患者机械取栓术后颅内出血预测效能比较($\bar{x} \pm s$)

Table 6. Comparison of the predictive efficacy of intraoperative flat CT value ≥ 90 HU, mass effect, and the combination of the two for postoperative intracranial hemorrhage in patients with AAC-LVO after mechanical thrombectomy ($\bar{x} \pm s$)

观察指标	AUC	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值
CT 值 ≥ 90 HU	0.82 \pm 0.01		
占位效应	0.75 \pm 0.01	40.693	0.000
二者联合	0.76 \pm 0.01		

AUC, area under the curve, 曲线下面积

表 7 术中平板 CT 值 ≥ 90 HU、占位效应及二者联合对 AAC-LVO 患者机械取栓术后颅内出血预测效能的两两比较

Table 7. Pairwise comparison of the predictive efficacy of intraoperative flat CT value ≥ 90 HU, mass effect, and the combination of the two for postoperative intracranial hemorrhage in patients with AAC-LVO after mechanical thrombectomy

组间两两比	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
CT 值 ≥ 90 HU : 占位效应	48.777	0.000
CT 值 ≥ 90 HU : 二者联合	43.681	0.000
占位效应 : 二者联合	5.096	0.293

因素,绘制 ROC 曲线,结果显示,术中平板 CT 值 ≥ 90 HU 的曲线下面积为 0.82(95%:0.734~0.889, $P=0.000$),灵敏度为 75.86%、特异度为 88.31%;占位效应的曲线下面积 0.75(95%:0.661~0.833, $P=0.000$),灵敏度为 58.62%、特异度为 92.21%,且术中平板 CT 值 ≥ 90 HU 的预测效能高于占位效应,提示可以依据术中平板 CT 高密度病灶的 CT 值和占位效应管理血管内治疗患者。患者出现上述征象时提示颅内出血风险较高,建议先行常规 CT 扫描,并做好去骨瓣减压术准备。当术中平板 CT 值 ≥ 90 HU 和出现占位效应时,应延迟应用抗血小板药物和抗

凝药物,直至常规 CT 排除颅内出血。然而本研究术中平板 CT 值 ≥ 90 HU 联合占位效应并未显著增加预测颅内出血的敏感性和特异性,可能与平板 CT 存在占位效应的患者 CT 值均 >90 HU 有关,二者数据存在重复交叉,影响结果。

急性缺血性卒中患者行机械取栓术的主要目标是使闭塞血管再通。然而临床实践中,高血管再通率与相对较低的预后良好率之间存在巨大差距,表明很大一部分患者是无意义的血管再通,甚至是有害的。如何选择最佳适应证患者仍是目前研究热点。平板 CT 具有提供血脑屏障完整性实时信息

的优势,术中可以根据平板 CT 所见决定治疗方案。临床还常遇到机械取栓术后短暂性血流恢复的情况,若闭塞血管存在狭窄需植入支架或应用抗血小板药物时,笔者推荐行平板 CT 检查,若存在高密度征且 CT 值 ≥ 90 HU 或存在占位效应,提示颅内出血风险较高,此时放弃继续血管内治疗是明智的。

既往研究显示,颅内出血常发生于血管内治疗后 12~24 小时^[19]。血压管理是另一亟需考虑的因素。本研究颅内出血组高血压比例低于无颅内出血组,进一步行 Logistic 回归分析显示,高血压是 AAC-LVO 患者行机械取栓术后不发生颅内出血的保护因素。推测是由于发生急性缺血性卒中后,高血压增加脑灌注,减少缺血性损伤,降低血脑屏障破坏。因此,应根据闭塞血管的再通程度设定目标血压,对于血管再通患者,推荐温和降压策略^[20];若出现高密度征则予以神经重症监护,包括镇静、镇痛和严格控制血压,以降低颅内出血的风险^[21]。

综上所述,平板 CT 因其简便、快捷、实时的优点,可以作为 AAC-LVO 患者机械取栓术后颅内出血的预测工具,其高密度征特点如 CT 值 ≥ 90 HU、存在占位效应提示颅内出血风险较高。建议临床对于平板 CT 呈高密度征的 AAC-LVO 患者应提高警惕,选择适宜的治疗方法。本研究样本量较小,不同的 DSA 扫描仪行平板 CT 扫描时获得的 CT 值亦有差别,建议依据本单位的 DSA 扫描仪特点和医师工作经验指导临床实践;同时,机械取栓术中应用的含碘对比剂通过梗死灶外渗也可出现高密度征,平板 CT 无法对二者进行较好的鉴别,未来将进一步对 AAC-LVO 患者在机械取栓术中行双源 CT 检查,以鉴别对比剂外渗与颅内出血。

利益冲突 无

参 考 文 献

- [1] Zhao Y, Liu SH, Zhang YF, Ma LX, Li H, Li XH, Tian Y, Guo ZQ, Liang PF. Characteristics of gender, age, spatial and temporal distribution of stroke hospitalization cases based on the data of 190 000 patients in Ningxia region [J]. *Zhongguo Quan Ke Yi Xue*, 2024, 27:915-920. [赵媛, 刘尚红, 张延芳, 马立旭, 李红, 李小花, 田园, 郭忠琴, 梁沛枫. 卒中住院患者性别、年龄及时空分布特征:基于宁夏地区 19 万例患者数据 [J]. *中国全科医学*, 2024, 27:915-920.]
- [2] Ju WY, Gao Y, He YX, Zuo M, Wu M. Predictors of rapid neurological improvement after mechanical thrombectomy in acute anterior circulation ischemic stroke [J]. *Zhong Feng Yu Shen Jing Ji Bing Za Zhi*, 2024, 41:729-734. [巨文盈, 高旻, 何雨轩, 左曈, 吴敏. 急性前循环缺血性卒中机械取栓术后快速神经功能改善的预测因素 [J]. *中风与神经疾病杂志*, 2024, 41:729-734.]
- [3] Xing WL, Tan GP, Duan J. Analysis on severity of cerebral edema and prognostic influencing factors after mechanical thrombectomy in patients with acute ischemic stroke due to anterior circulation large vessel occlusion [J]. *Chongqing Yi Xue*, 2024, 53:582-586. [幸文利, 谭关平, 段佳. 前循环大血管闭塞急性缺血性卒中机械取栓后脑水肿严重程度及预后影响因素 [J]. *重庆医学*, 2024, 53:582-586.]
- [4] Liu YC, Zheng MM, Li Y, Xie SW, Wang JY, Liu QR. Analysis of prognostic factors of mechanical thrombectomy in patients with acute ischemic stroke with large vessel occlusion [J]. *Zhongguo Xian Dai Shen Jing Ji Bing Za Zhi*, 2020, 20:407-412. [刘永昌, 郑明明, 李严, 谢松旺, 王俊勇, 刘庆冉. 急性大血管闭塞性缺血性卒中患者机械取栓术后预后影响因素分析 [J]. *中国现代神经疾病杂志*, 2020, 20:407-412.]
- [5] Cao J, Yang ZJ, Peng Y, Liu JM. Influence of first pass effect in prognoses of patients with acute intracranial large vessel occlusion in anterior circulation accepted mechanical thrombectomy with domestic stent retriever: an analysis based on 3 RCT studies [J]. *Zhonghua Shen Jing Yi Xue Za Zhi*, 2024, 23:585-591. [曹洁, 杨泽君, 彭亚, 刘建民. 首次再通效应对国产支架取栓治疗急性前循环颅内大血管闭塞患者临床预后的影响:基于 3 项随机对照试验数据的分析 [J]. *中华神经医学杂志*, 2024, 23:585-591.]
- [6] Wang GF, Wang YM, Li JH, Wang FX, Chen JL. A comparative study of step-by-step endovascular treatment strategy in acute anterior circulation intracranial atherosclerosis and cardiogenic embolic large vessel occlusion [J]. *Zu Zhong Yu Shen Jing Ji Bing*, 2024, 31:325-330. [王国防, 王幼萌, 李家辉, 王福星, 陈巨罗. 阶梯式血管内治疗策略应用于急性前循环颅内动脉粥样硬化性和心源性栓塞性大血管闭塞的比较研究 [J]. *卒中与神经疾病*, 2024, 31:325-330.]
- [7] Ren Y, Wang CX, Yang LB. Effect and prognostic factors of mechanical thrombectomy for anterior and posterior circulation acute ischemic stroke with large vessel occlusion patients [J]. *Zhongguo Shi Yong Shen Jing Ji Bing Za Zhi*, 2024, 27:1088-1092. [任毅, 王程晓, 杨立波. 机械血栓切除术治疗前后循环急性大血管闭塞性缺血性卒中患者的效果及预后的影响因素 [J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2024, 27:1088-1092.]
- [8] Kang Z, Liu G, Fan R, Sun D, Zhou G, Wu X, Nie C, Qiu H, Mei B, Zhang J. Prognosis and prediction of asymptomatic intracranial hemorrhage after endovascular thrombectomy: a multi-center study [J]. *J Endovasc Ther*, 2023. [Epub ahead of print]
- [9] Guo ZB, Xu XQ, Chen M, Duan ZH, Tang K, Liu WH. A comparative study of stent thrombectomy and direct aspiration thrombectomy in the treatment of ischemic stroke caused by acute middle cerebral artery M2 segment occlusion [J]. *Zhongguo Xian Dai Shen Jing Ji Bing Za Zhi*, 2022, 22:810-816. [郭章宝, 许项前, 谌敏, 段振晖, 唐坤, 刘文华. 急性大脑中动脉 M2 段闭塞致缺血性卒中支架取栓术与直接抽吸取栓术对比分析 [J]. *中国现代神经疾病杂志*, 2022, 22:810-816.]
- [10] Inoa V, Dornbos D 3rd, DiNitto J, Martineau D, Sullivan J, Angel J, Nolan VG, Arthur AS, Hoit D, Nickele C, Goyal N, Eljovich L. Flat-panel detector CT to assess intracranial hemorrhage immediately following mechanical thrombectomy [J]. *J Neuroimaging*, 2023, 33:368-374.
- [11] Liu BY, Pan XH, Zhu FY, Chen XM, Liu ZH, Liu S, Shi HB. Predicting hemorrhagic transformation value of postinterventional flat-panel CT for patients with acute ischemic stroke after thrombectomy [J]. *Ying Xiang Zhen Duan Yu Jie Ru Fang She Xue*, 2023, 32:96-102. [刘邦勇, 潘晓虎, 朱发勇, 陈雪梅, 刘增辉, 刘圣, 施海彬. 急性缺血性脑卒中取栓术后

平板 CT 扫描对出血的预测价值[J]. 影像诊断与介入放射学, 2023, 32:96-102.]

[12] Chinese Stroke Association; Neurointervention Branch, Chinese Stroke Association; Interventional Group, Stroke Prevention and Control Committee, Chinese Preventive Medicine Association. Chinese guidelines for endovascular treatment of acute ischemic stroke 2023[J]. Zhongguo Zu Zhong Za Zhi, 2023, 18:684-711. [中国卒中学会, 中国卒中学会神经介入分会, 中华预防医学会卒中预防与控制专业委员会介入学组. 急性缺血性卒中血管内治疗中国指南 2023[J]. 中国卒中杂志, 2023, 18:684-711.]

[13] Luff MK, Khezri N, Miralbes S, Naravetla B, Spiotta AM, Loehr C, Martínez-Galdámez M, McTaggart RA, Defreyne L, Vega P, Zaidat OO, Price LL, Gupta R, Möhlenbruch MA, Liebeskind DS; ASSIST Investigators. Hemorrhagic transformation in acute ischemic stroke: hemorrhagic subtypes and symptomatic intracranial hemorrhage [J]. J Neurointerv Surg, 2024. [Epub ahead of print]

[14] Yang JY, Xiao YY, Zhang Q, Deng FF, Zhang ZY, Pan JJ, Luo QH, Dai HY. Non-contrast CT findings of acute ischemic stroke for predicting early prognosis after mechanical thrombectomy [J]. Zhongguo Jie Ru Ying Xiang Yu Zhi Liao Xue, 2024, 21: 457-462.[杨婧瑶, 肖叶玉, 张茜, 邓方方, 张株银, 潘建军, 罗庆华, 代海洋. 急性缺血性脑卒中平扫 CT 表现预测机械取栓后早期预后[J]. 中国介入影像与治疗学, 2024, 21:457-462.]

[15] Heo J, Yoon Y, Han HJ, Kim JJ, Park KY, Kim BM, Kim DJ, Kim YD, Nam HS, Lee SK, Sohn B. Prediction of cerebral hemorrhagic transformation after thrombectomy using a deep learning of dual-energy CT[J]. Eur Radiol, 2024, 34:3840-3848.

[16] Alahmari A. Blood - brain barrier overview: structural and functional correlation[J]. Neural Plast, 2021:ID6564585.

[17] Bani - Sadr A, Mechtouff L, De Bourguignon C, Mauffrey A, Boutelier T, Cho TH, Cappucci M, Ameli R, Hermier M, Derex L, Nighoghossian N, Berthezene Y. Blood - brain barrier permeability and kinetics of inflammatory markers in acute stroke patients treated with thrombectomy[J]. Neurology, 2023, 101:e502-e511.

[18] Saha A, Mitra S. Contrast - induced encephalopathy: a clinical conundrum[J]. Cureus, 2022, 14:e31360.

[19] Guo T, Ma T, Bai X, Wang J, Wang Y. Intracranial hemorrhage risk in patients with cerebral microbleeds after mechanical thrombectomy for acute ischemic stroke: a systematic review and meta-analysis[J]. Neurol Sci, 2024, 45:3021-3029.

[20] Morris NA, Jindal G, Chaturvedi S. Intensive blood pressure control after mechanical thrombectomy for acute ischemic stroke [J]. Stroke, 2023, 54:1457-1461.

[21] Wang C, Shi M, Li C, Wang S, Yang Y. Rescue strategy for hemorrhagic complication during mechanical thrombectomy and the clinical outcome[J]. J Endovasc Ther, 2023.[Epub ahead of print]

(收稿日期:2024-09-12)
(本文编辑:许畅)

· 小词典 ·

中英文对照名词词汇(三)

美国心脏协会	American Heart Association(AHA)	受试者工作特征曲线	receiver operating characteristic curve(ROC 曲线)
美国医学遗传学和基因组学会	American College of Medical Genetics and Genomics (ACMG)	糖蛋白 II b/III a 抑制剂	glycoprotein II b/III a inhibitors(GPIs)
耐药性癫痫	drug-resistant epilepsy(DRE)	同型半胱氨酸	homocysteine(Hcy)
Alberta 脑卒中计划早期 CT 评分	Alberta Stroke Program Early CT Score(ASPECTS)	推拉释放技术	push and fluff technique(PFT)
脑梗死溶栓血流分级	Thrombolysis in Cerebral Infarction(TICI)	心源性栓塞	cardiac embolism(CE)
脑过度灌注综合征	cerebral hyperperfusion syndrome(CHS)	血管内治疗	endovascular treatment(EVT)
脑实质血肿	parenchymal hematoma(PH)	吲哚菁绿荧光血管造影术	indocyanine green angiography(ICGA)
脑室内出血	intraventricular hemorrhage(IVH)	远隔部位出血	remote parenchymal hemorrhage(rPH)
欧洲复苏委员会	European Resuscitation Council(ERC)	症状性颅内出血	symptomatic intracranial hemorrhage(sICH)
欧洲危重病医学会	European Society of Intensive Care Medicine(ESICM)	重症监护病房	intensive care unit(ICU)
欧洲五维健康量表	EuroQol Five Dimensions Questionnaire(EQ-5D)	蛛网膜下腔出血	subarachnoid hemorrhage(SAH)
其他明确病因	stroke of other determined etiology(SOE)	主动脉瓣置换术	aortic valve replacement(AVR)
球囊导引导管	balloon guide catheter(BGC)	椎动脉	vertebral artery(VA)
全外显子组测序	whole exome sequencing(WES)	总体运动商	total motor quotient(TMQ)
神经外科重症监护病房	neurosurgical intensive care unit(NICU)	阻塞性睡眠呼吸暂停	obstructive sleep apnea(OSA)
首通效应	first pass effect(FPE)	最后一次已知良好	last known well(LKW)
		最佳药物治疗	best medical treatment(BMT)