

DOI: 10.16781/j.0258-879x.2022.01.0035

• 专题报道 •

低灌注强度比值对前循环大血管闭塞急性缺血性脑卒中血管内取栓治疗预后的预测价值

沈芳, 沈红健, 张萍, 朱宣, 吴雄枫, 邢鹏飞, 张敏敏, 张永巍*, 吴涛, 邓本强
海军军医大学(第二军医大学)长海医院脑血管病中心, 上海 200433

[摘要] **目的** 探讨低灌注强度比值(HIR)对前循环大血管闭塞急性缺血性脑卒中(AIS-LVO)患者血管内取栓治疗预后的预测价值。**方法** 回顾性分析2019年1月至12月在我院脑血管病中心接受血管内取栓治疗的前循环AIS-LVO患者的资料。根据HIR将患者分为侧支循环良好($HIR < 0.4$)组和侧支循环不良($HIR \geq 0.4$)组,比较两组患者的临床资料。根据术后90 d改良Rankin量表(mRS)评分将患者分为预后良好(mRS评分 ≤ 2)组和预后不良(mRS评分为3~6分)组,比较两组患者的临床资料和影像学特征,并采用多因素logistic回归分析确定治疗后90 d预后的影响因素。**结果** 共120例患者纳入研究,其中侧支循环良好组41例、侧支循环不良组79例,预后良好组68例、预后不良组52例。与侧支循环良好组相比,侧支循环不良组患者年龄偏大、核心梗死体积较大、基线美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)评分较高、Alberta脑卒中计划早期计算机断层扫描评分(ASPECTS)较低,差异均有统计学意义(P 均 < 0.05)。与预后良好组相比,预后不良组的患者年龄偏大、男性患者占比较低、基线NIHSS评分较高、核心梗死体积较大、ASPECTS较低、血管成功再通率较低、术后sICH发生率较高且HIR较高,差异均有统计学意义(P 均 < 0.05)。多因素logistic回归分析显示,年龄 > 80 岁($OR = 2.290$, 95% CI 1.077~4.869, $P = 0.031$)、 $HIR \geq 0.4$ ($OR = 2.974$, 95% CI 1.060~8.342, $P = 0.038$)是前循环AIS-LVO患者血管内取栓治疗后90 d预后不良的独立预测因素。**结论** HIR是一个可靠的术前侧支循环评价指标,高龄、 $HIR \geq 0.4$ 是预测前循环AIS-LVO患者血管内取栓治疗后90 d预后不良的独立因素。

[关键词] 急性缺血性脑卒中; 前循环; 大血管闭塞; 低灌注强度比值; 血管内治疗; 取栓术; 预后

[中图分类号] R 743.3 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2022)01-0035-07

Prognostic value of hypoperfusion intensity ratio in acute ischemic stroke with large vessel occlusion of anterior circulation after endovascular thrombectomy

SHEN Fang, SHEN Hong-jian, ZHANG Ping, ZHU Xuan, WU Xiong-feng, XING Peng-fei, ZHANG Min-min, ZHANG Yong-wei*, WU Tao, DENG Ben-qiang

Neurovascular Center, Changhai Hospital, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

[Abstract] **Objective** To investigate the predictive value of hypoperfusion intensity ratio (HIR) on the prognosis of patients with acute ischemic stroke with large vessel occlusion (AIS-LVO) of anterior circulation after endovascular thrombectomy. **Methods** The data of anterior circulation AIS-LVO patients treated with endovascular thrombectomy in Neurovascular Center of our hospital from Jan. to Dec. 2019 were retrospectively analyzed. The patients were divided into good collateral circulation ($HIR < 0.4$) group and poor collateral circulation ($HIR \geq 0.4$) group. The clinical data of the 2 groups were compared. According to the modified Rankin scale (mRS) score 90 d after operation, the patients were divided into good prognosis (mRS score ≤ 2) group and poor prognosis (mRS score 3-6) group. The clinical and imaging data of the 2 groups were compared. The influencing factors of the prognosis 90 d after operation were determined by multivariate logistic regression analysis. **Results** Totally 120 patients were included, including 41 patients in the good collateral circulation group and 79 in the poor collateral circulation group; and 68 in the good prognosis group and 52 in the poor prognosis group. The patients in the poor collateral circulation group were older, and had larger core infarction volume, higher baseline

[收稿日期] 2021-09-18 **[接受日期]** 2021-10-26

[基金项目] 国家自然科学基金(82071278),上海市浦江人才计划(2019PJD051),上海申康医院发展中心临床研究关键支撑项目(SHDC2020CR6014)。Supported by National Natural Science Foundation of China (82071278), Pujiang Talent Program of Shanghai (2019PJD051), and Key Pillar Project of Clinical Research of Shanghai Hospital Development Center (SHDC2020CR6014).

[作者简介] 沈芳,博士,主治医师. E-mail: 821982272@qq.com

*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-31161940, E-mail: zhangyongwei@163.com

National Institutes of Health stroke scale (NIHSS) score and lower Alberta Stroke Program early computed tomography score (ASPECTS) compared with the patients in the good collateral circulation group, with significant differences (all $P < 0.05$). The patients in the poor prognosis group were older, with more females, and had higher baseline NIHSS score, larger core infarction volume, lower ASPECTS and successful vascular recanalization rate, and higher incidence of postoperative sICH and HIR compared with the patients in the good prognosis group, with significant differences (all $P < 0.05$). Multivariate logistic regression analysis showed that age > 80 years (odds ratio [OR] = 2.290, 95% confidence interval [CI] 1.077-4.869, $P = 0.031$) and $HIR \geq 0.4$ (OR = 2.974, 95% CI 1.060-8.342, $P = 0.038$) were independent predictors of poor prognosis of patients with anterior circulation AIS-LVO 90 d after endovascular thrombectomy. **Conclusion** HIR is a reliable measure of collateral circulation before operation. Advanced age and $HIR \geq 0.4$ are independent predictors of poor prognosis of patients with anterior circulation AIS-LVO 90 d after endovascular thrombectomy.

[**Key words**] acute ischemic stroke; anterior circulation; large vessel occlusion; hypoperfusion intensity ratio; endovascular treatment; thrombectomy; prognosis

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2022, 43(1): 35-41]

血管内取栓 (endovascular thrombectomy) 治疗可使闭塞的血管快速再通, 恢复再灌注, 改善临床预后, 是大血管闭塞急性缺血性脑卒中 (acute ischemic stroke with large vessel occlusion, AIS-LVO) 的首选治疗方式^[1-3]。但血管内取栓治疗后 AIS-LVO 患者的预后差异较大, 与患者年龄、术前美国国立卫生研究院卒中量表 (National Institutes of Health stroke scale, NIHSS) 评分、术后出血转化、血管再通情况等相关, 侧支循环代偿情况也是影响血管内取栓治疗预后的重要因素^[4-5]。既往研究表明, 侧支循环与缺血半暗带减小和核心梗死区域增大速度明确相关^[6]; 良好的侧支循环往往意味着较慢的脑卒中进展速度、较低的梗死后出血转化率及良好的功能预后^[7-8]。因此术前评估侧支循环情况对于 AIS-LVO 治疗决策和预后判断有重要意义。

临床上评价侧支循环的方法包括计算机断层扫描灌注成像 (computed tomography perfusion, CTP)、磁共振灌注加权成像 (perfusion weighted imaging, PWI)、计算机断层扫描血管成像 (computed tomography angiography, CTA) 原片、多时相 CTA 及数字减影血管造影等^[2]。CTP 是在 CTA 基础上对脑血流进行定量分析的技术, 其扫描速度快、检查禁忌证较 MRI 少, 是目前灌注成像的首选方法。尽管对于发病 6 h 内的 AIS-LVO 患者在血管内取栓治疗之前进行 CTP 评估不是必需的^[1], 但有多项临床研究表明, 术前经过影像学检查筛选的 AIS-LVO 患者血管内取栓治疗后预后良好率显著高于未经过严格影像学检查筛选的患者^[9-13]。

低灌注强度比值 (hypoperfusion intensity ratio, HIR) 是指脑血流达峰时间 (time to maximum, T_{max}) > 10 s 的脑组织体积与 $T_{max} > 6$ s 的脑组织体积的比值, 由 CTP 图像通过 RAPID 软件自动化获

得, 是一种快速、简单、自动化、客观、可重复性高的侧支循环状态评估方法^[14]。目前 HIR 在临床中应用较少, 国内有关 HIR 研究和应用的文献报道也较少, 对于发病 6 h 内的前循环 AIS-LVO 患者, 术前评估 HIR 对血管内取栓治疗预后的预测价值仍不确切。本研究探讨发病 6 h 内的前循环 AIS-LVO 患者血管内取栓治疗前 HIR 与预后的相关性。

1 资料和方法

1.1 研究对象 回顾性连续纳入 2019 年 1 月至 12 月在我院脑血管病中心接受血管内取栓治疗的前循环 AIS-LVO 患者。纳入标准: (1) 发病至股动脉穿刺时间 < 6 h; (2) CTA 及 CTP 检查证实为急性前循环大血管闭塞, 且为责任血管; (3) 所有术前 CTP 原始数据均经 RAPID 软件 (美国 iSchemaView 公司) 进行自动化定量分析, 且数据完整; (4) 发病前改良 Rankin 量表 (modified Rankin scale, mRS) 评分 ≤ 2 分。排除标准: (1) 未在我院急诊行多模态 CT 检查者; (2) 临床资料不完整者; (3) 术后 3 个月失访者。本研究通过海军军医大学 (第二军医大学) 医学研究伦理委员会审批。

1.2 研究方法

1.2.1 一般资料收集 收集患者的人口学信息和基本资料, 包括性别、年龄、吸烟史、高血压史、糖尿病史、高脂血症史、心房颤动史、基线 NIHSS 评分、发病至股动脉穿刺时间、发病至血管再通时间等。

1.2.2 影像学评估 根据治疗前头颅 CT 平扫检查结果进行 Alberta 脑卒中计划早期计算机断层扫描评分 (Alberta Stroke Program early computed tomography score, ASPECTS)。CTA 图像后处理和重建采用 256 层 CT 仪 (Brilliance iCT EliteFHD,

荷兰 Philips 公司) 配套的软件进行, 分析的闭塞血管部位包括颈内动脉、大脑中动脉 (middle cerebral artery, MCA) -M1 段、MCA-M2 段近端; 由 RAPID 软件根据 CTP 数据得出脑血流量 (cerebral blood flow, CBF) 及 HIR, 其中 $CBF < 30\%$ 的脑组织区为核心梗死区; $HIR < 0.4$ 为侧支循环良好, $HIR \geq 0.4$ 为侧支循环不良。

1.2.3 评价指标 评价患者血管内取栓治疗后的血管成功再通率和症状性颅内出血 (symptomatic intracranial hemorrhage, sICH) 发生率。采用改良脑梗死溶栓 (modified thrombolysis in cerebral infarction, mTICI) 分级评价治疗后血管再通情况, 其中 mTICI 分级 $\geq 2b$ 级为血管成功再通。sICH 定义为血管内取栓术后 36~48 h 内影像学检查提示出血转化, 且 NIHSS 评分较基线评分增加 ≥ 4 分。

1.2.4 随访及结局评价 主要有效性结局评价指标为治疗后 90 d mRS 评分, 其中 mRS 评分 ≤ 2 分为预后良好, 3~6 分为预后不良。

1.3 统计学处理 应用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析。计量资料若服从正态分布以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 两组间比较采用独立样本 t 检验; 不满足正态分布或方差不齐以中位数 (下四分位数, 上四分位数) 表示, 两组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料

以例数和百分数表示, 两组间比较采用 Pearson χ^2 检验或连续校正 χ^2 检验。多因素预后分析采用二元 logistic 回归分析。检验水准 (α) 为 0.05。

2 结果

2.1 侧支循环良好组和不良组前循环 AIS-LVO 患者的临床资料比较 2019 年 1 月至 12 月于我院脑血管病中心接受血管内取栓治疗的 279 例前循环 AIS-LVO 患者中, 共有 120 例患者符合条件纳入本研究。侧支循环良好 ($HIR < 0.4$) 组 41 例, 其中男 26 例 (63.4%)、女 15 例 (36.6%), 平均年龄为 (65.5 ± 13.7) 岁。侧支循环不良 ($HIR \geq 0.4$) 组 79 例, 其中男 42 例 (53.2%)、女 37 例 (46.8%), 平均年龄为 (70.8 ± 10.3) 岁。与侧支循环良好组相比, 侧支循环不良组患者年龄偏大、核心梗死体积较大、基线 NIHSS 评分较高、ASPECTS 较低, 差异均有统计学意义 (P 均 < 0.05)。两组患者在血管闭塞部位方面也有所不同, 差异有统计学意义 ($P = 0.001$)。两组患者在性别、吸烟史、高血压史、糖尿病史、心房颤动史、Org 10172 急性脑卒中治疗试验 (Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment, TOAST) 病因分型方面差异均无统计学意义 (P 均 > 0.05)。见表 1。

表 1 侧支循环良好组和不良组前循环 AIS-LVO 患者的临床资料比较

Tab 1 Comparison of clinical data of anterior circulation AIS-LVO patients between good and poor collateral circulation groups

Index	Good collateral circulation $N=41$	Poor collateral circulation $N=79$	Statistic	P value
Age/year, $\bar{x} \pm s$	65.5 ± 13.7	70.8 ± 10.3	$t=2.370$	0.019
Male, n (%)	26 (63.4)	42 (53.2)	$\chi^2=1.155$	0.283
Smoking, n (%)	16 (39.0)	29 (36.7)	$\chi^2=0.062$	0.804
Hypertension, n (%)	24 (58.5)	57 (72.2)	$\chi^2=2.281$	0.131
Diabetes mellitus, n (%)	12 (29.3)	21 (26.6)	$\chi^2=0.098$	0.755
Atrial fibrillation, n (%)	20 (48.8)	43 (54.4)	$\chi^2=0.346$	0.557
TOAST type, n (%)			$\chi^2=3.647$	0.302
LAA	14 (34.1)	16 (20.3)		
CE	19 (46.3)	44 (55.7)		
SUE	6 (14.6)	17 (21.5)		
SOE	2 (4.9)	2 (2.5)		
Occlusion site, n (%)			$\chi^2=17.586$	0.001
MCA-M2	1 (2.4)	21 (26.6)		
MCA-M1	28 (68.3)	27 (34.2)		
ICA	7 (17.1)	24 (30.4)		
ICA and MCA	5 (12.2)	7 (8.9)		
Baseline NIHSS score, $M(Q_L, Q_U)$	13.00 (9.50, 16.00)	19.00 (16.00, 21.00)	$Z=4.630$	<0.001
$V_{CBF < 30\%}/mL, M(Q_L, Q_U)$	0.00 (0.00, 11.00)	29.00 (11.00, 65.00)	$Z=5.630$	<0.001
ASPECTS, $M(Q_L, Q_U)$	9 (7, 10)	7 (6, 9)	$Z=2.190$	0.029

AIS-LVO: Acute ischemic stroke with large vessel occlusion; TOAST: Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment; LAA: Large artery atherosclerosis; CE: Cardioembolism; SUE: Stroke of undetermined etiology; SOE: Stroke of other determined etiology; MCA: Middle cerebral artery; ICA: Internal carotid artery; NIHSS: National Institutes of Health stroke scale; $V_{CBF < 30\%}$: Volume of cerebral blood flow $< 30\%$ (infarction core volume); ASPECTS: Alberta Stroke Program early computed tomography score; $M(Q_L, Q_U)$: Median (lower quartile, upper quartile).

2.2 预后良好组和不良组前循环 AIS-LVO 患者的临床资料比较 治疗后 90 d, 120 例患者中 68 例预后良好, 其中男 44 例 (64.7%)、女 24 例 (35.3%), 平均年龄为 (65.5±12.6) 岁; 52 例预后不良, 其中男 24 例 (46.2%)、女 28 例 (53.8%), 平均年龄为 (73.5±8.8) 岁。预后良好组患者的 HIR 低于预后不良组 ($P<0.001$)。与预后良好组相比, 预后不良组患者的年龄偏大,

男性患者占比较低, 基线 NIHSS 评分较高, 核心梗死体积较大, ASPECTS 较低, 血管成功再通率较低, 术后 sICH 发生率较高, 差异均有统计学意义 (P 均 <0.05)。两组患者在吸烟史、高血压史、糖尿病史、心房颤动史、血管闭塞部位、血管内取栓术前是否行静脉溶栓治疗、发病至股动脉穿刺时间、发病至血管再通时间方面差异均无统计学意义 (P 均 >0.05)。见表 2。

表 2 预后良好组和预后不良组前循环 AIS-LVO 患者的临床资料比较

Tab 2 Comparison of clinical data of anterior circulation AIS-LVO patients between good and poor prognosis groups

Index	Good prognosis $N=68$	Poor prognosis $N=52$	Statistic	P value
Age/year, $\bar{x} \pm s$	65.5±12.6	73.5±8.8	$t=3.928$	<0.001
Male, n (%)	44 (64.7)	24 (46.2)	$\chi^2=4.130$	0.042
Smoking, n (%)	28 (41.2)	17 (32.7)	$\chi^2=0.905$	0.341
Hypertension, n (%)	43 (63.2)	38 (73.1)	$\chi^2=1.301$	0.254
Diabetes mellitus, n (%)	19 (27.9)	14 (26.9)	$\chi^2=0.015$	0.901
Atrial fibrillation, n (%)	31 (45.6)	32 (61.5)	$\chi^2=3.006$	0.083
Baseline NIHSS score, $M(Q_L, Q_U)$	14.00 (10.00, 18.00)	19.00 (17.25, 21.00)	$Z=4.410$	<0.001
Occlusion site, n (%)			$\chi^2=6.234$	0.101
MCA-M2	8 (11.8)	14 (26.9)		
MCA-M1	36 (52.9)	19 (36.5)		
ICA	16 (23.5)	15 (28.8)		
ICA and MCA	8 (11.8)	4 (7.7)		
HIR, $M(Q_L, Q_U)$	0.4 (0.2, 0.5)	0.6 (0.4, 0.7)	$Z=4.170$	<0.001
$V_{CBF<30\%}/mL, M(Q_L, Q_U)$	6.00 (0.00, 19.50)	37.50 (12.25, 78.75)	$Z=5.375$	<0.001
ASPECTS, $M(Q_L, Q_U)$	9 (7, 10)	7 (5, 8)	$Z=3.673$	<0.001
Intravenous thrombolysis, n (%)	21 (30.9)	18 (34.6)	$\chi^2=0.142$	0.706
Outcome				
Onset-to-puncture time/min, $M(Q_L, Q_U)$	219.00 (160.25, 298.25)	237.50 (175.00, 305.25)	$Z=0.731$	0.465
Onset-to-recanalization time/min, $M(Q_L, Q_U)$	281.50 (189.25, 359.50)	275.00 (221.00, 375.00)	$Z=0.626$	0.532
Successful recanalization, n (%)	68 (100.0)	49 (94.2)	$\chi^2=4.024$	0.045
sICH, n (%)	0	8 (15.4)	$\chi^2=11.209$	0.001

AIS-LVO: Acute ischemic stroke with large vessel occlusion; NIHSS: National Institutes of Health stroke scale; MCA: Middle cerebral artery; ICA: Internal carotid artery; HIR: Hypoperfusion intensity ratio; $V_{CBF<30\%}$: Volume of cerebral blood flow $<30\%$ (infarction core volume); ASPECTS: Alberta Stroke Program early computed tomography score; sICH: Symptomatic intracranial hemorrhage; $M(Q_L, Q_U)$: Median (lower quartile, upper quartile).

2.3 前循环 AIS-LVO 患者血管内取栓治疗后 90 d 预后的多因素 logistic 回归分析 将单因素分析中差异有统计学意义的变量进行分类后作为自变量, 包括年龄 (<65 岁、 $65\sim 80$ 岁、 >80 岁)、性别、基线 NIHSS 评分 (<10 分、 $10\sim 19$ 分、 ≥ 20 分)、HIR (<0.4 、 ≥ 0.4)、核心梗死体积 (<70 mL、 ≥ 70 mL)、ASPECTS (<6 分、 ≥ 6 分)、血管是否成功再通、术后是否发生 sICH, 以预后作为因

变量, 进行多因素 logistic 回归分析。结果显示年龄 >80 岁 ($OR=2.290$, 95% CI 1.077~4.869, $P=0.031$)、HIR ≥ 0.4 ($OR=2.974$, 95% CI 1.060~8.342, $P=0.038$) 是前循环 AIS-LVO 患者血管内取栓治疗后 90 d 预后不良的独立预测因素, 而性别、基线 NIHSS 评分、核心梗死体积、ASPECTS、血管成功再通、术后发生 sICH 都不是预后的独立影响因素。

3 讨论

本研究结果表明,对于前循环 AIS-LVO 患者,HIR 与年龄、闭塞血管的部位、基线 NIHSS 评分、核心梗死体积及 ASPECTS 有关,年龄、性别、基线 NIHSS 评分、血管成功再通、核心梗死体积、ASPECTS、sICH、HIR 是影响血管内取栓治疗后 90 d 预后的重要因素,进一步多因素 logistic 回归分析显示高龄、 $\text{HIR} \geq 0.4$ 是预后不良的独立危险因素。

当颅内动脉严重狭窄或闭塞而发生脑卒中时,新生血管的吻合和侧支的建立可起到代偿作用,保护脑组织免于缺血缺氧损伤,减慢梗死灶的增大速度,从而使患者有更好的功能预后^[15]。因此,决策血管内取栓治疗前进行快速、有效的侧支循环评估至关重要。数字减影血管造影是评估侧支循环情况的金标准^[16],但其因技术要求高、耗时长、费用高、有创等缺点,在血管内取栓治疗前患者筛选方面应用受限。而 HIR 是基于 CTP 图像由 RAPID 软件自动生成的参数,其在评估侧支循环方面具有快速、客观、可重复性高等优点,可消除不同观察者之间的差异。既往研究表明,HIR 与脑卒中的严重程度^[17]、梗死区域增大速度^[14,18]、恶性脑水肿发生^[19]、预后判断^[14,18]及血管内取栓治疗决策^[18]等相关,低 HIR 反映了脑组织的侧支循环良好。

本研究结果表明,高 HIR 与年龄偏大、核心梗死体积大、基线 NIHSS 评分高、ASPECTS 低相关,与既往研究结果^[14,17-18]一致。年龄在侧支循环良好组和侧支循环不良组存在差异,是脑卒中侧支循环不良的危险因素。当颈内动脉末端及 MCA 发生急性闭塞时,侧支循环主要来自二级代偿中的软脑膜动脉吻合,而高龄患者软脑膜动脉再生能力下降,单位体积内的血管数量减少,导致在缺血事件发生时代偿能力下降,梗死体积大,预后往往不良^[20]。侧支循环越好的 AIS-LVO 患者,缺血区域血流灌注代偿情况越好,核心梗死体积增长速度越慢,NIHSS 评分越低,ASPECTS 越高,预示着有更好的功能预后。当闭塞血管供血脑组织一直没有得到再灌注时,HIR 也会随着时间的推移进一步恶化^[14]。

本研究中预后良好组 HIR 低于预后不良组 ($P < 0.001$),且进一步多因素 logistic 回归分析结果也显示 $\text{HIR} \geq 0.4$ 是 AIS-LVO 患者血管内取栓治

疗后 90 d 预后不良的独立预测因素, $\text{HIR} \geq 0.4$ 的 AIS-LVO 患者预后不良的风险是 $\text{HIR} < 0.4$ 者的近 3 倍。Olivot 等^[14]的一项纳入 99 例患者的研究结果表明,基线 NIHSS 评分、最终梗死体积随着 HIR 的增大而增加,低 HIR 与良好的功能预后相关。张宇等^[21]研究发现 $\text{HIR} < 0.4$ 预测脑卒中预后的灵敏度和特异度分别为 78.30% 和 83.30%。Guenego 等^[18]认为,符合美国心脏协会血管内取栓指南的 AIS-LVO 患者更有可能有较低的 HIR,HIR 可作为血管内取栓治疗决策的参考指标。本研究结果同样证明 HIR 与前循环 AIS-LVO 患者血管内取栓治疗后预后相关,即使是发病 6 h 内的患者,高 HIR 往往也预示着血管内取栓治疗后 90 d 预后不良,因此术前评估侧支循环情况对血管内取栓治疗的疗效及预后有重要的预测价值。根据侧支循环评估结果筛选出能从血管内取栓治疗获益的患者,再给予有效的治疗或许能更好地改善功能预后。本研究仅纳入了发病至股动脉穿刺时间 < 6 h 的 AIS-LVO 患者,对于发病 6~24 h 的患者 HIR 对预后的预测价值仍不明确,需要更多的临床研究予以探讨。

本研究结果表明,年龄是影响前循环 AIS-LVO 患者血管内取栓治疗后 90 d 预后的重要因素,多因素 logistic 回归分析显示高龄是血管内取栓治疗后预后不良的独立危险因素。预后不良组平均年龄高于预后良好组,80 岁以上患者占比较高。高龄 AIS-LVO 患者虽然能从血管内取栓治疗中获益,但其临床预后较差。研究表明在组间血管成功再通率差异无统计学意义的前提下,年龄 > 80 岁组缺血性脑卒中患者的预后良好率低于年龄 ≤ 80 岁组 (44.1% vs 62.4%, $P = 0.047$)^[22]。这可能与高龄患者基础疾病多、脑组织坏死进展快、心源性栓塞发生率高等相关^[15]。

值得注意的是,本研究中侧支循环良好组和侧支循环不良组患者的血管闭塞部位差异有统计学意义,侧支循环不良组 MCA-M2 段闭塞的患者占 26.6% (21/79),而侧支循环良好组仅为 2.4% (1/41),说明闭塞血管的部位可能与 HIR 相关。MCA-M2 段由于血管壁薄、管腔直径小、缺少外弹力层、血管迂曲等原因,其发生闭塞后血管内治疗的安全性和有效性存在争议^[2,23-24]。Rahme 等^[25]认为 MCA-M2 段闭塞时受累区域较小、足够的软脑膜侧支血管及机械取栓的技术挑战和风险可能是

影响血管内治疗安全性和有效性的主要原因。既往认为 MCA-M2 段闭塞时软脑膜侧支循环代偿充分,而在本研究中侧支循环不良组 MCA-M2 段闭塞的患者占比较高,这可能与 MCA-M2 段本身供血区域较小且 MCA-M2 段闭塞以栓塞为主有关。根据 HIR 的定义,随着血管闭塞时间的延长 $T_{\max} > 10\text{ s}$ 的脑组织体积显著增大,HIR 随之增高。此外,HIR 是基于灌注成像动脉流入延迟的原理评价侧支循环情况的参数,主要是对动脉期侧支循环进行评估。因此,HIR 评价 MCA-M2 段闭塞患者侧支循环代偿情况的有效性还需要更多的临床数据证明。

本研究尚存在一定的局限性。(1) 本研究为单中心研究,样本量较小,数据可能受回顾性样本收集及抽样偏差的限制。(2) 部分患者无血管内取栓治疗后的影像学资料,因此未收集取栓后最终的梗死体积用于验证 HIR 与核心梗死灶增大速度的相关性。(3) MCA-M2 段闭塞血管内治疗的安全性和有效性存在争议,而本研究将 MCA-M2 段近端闭塞的患者也纳入分析,可能会影响研究结果。

综上所述,HIR 是一个可靠的侧支循环评价指标,高龄、 $\text{HIR} \geq 0.4$ 是预测前循环 AIS-LVO 患者血管内取栓治疗后 90 d 预后不良的独立因素。CTP 在急性缺血性脑卒中患者中的广泛应用及 HIR 可通过 RAPID 软件自动化快速获得,因而与其他方法相比,HIR 在预测功能预后方面更快速、方便、客观,在临床前循环 AIS-LVO 治疗决策中有很好的应用价值。

[参考文献]

- [1] JAUCH E C, SAVER J L, ADAMS H P, BRUNO A, CONNORS J J, DEMAERSCHALK B M, et al. Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association[J]. *Stroke*, 2013, 44: 870-947.
- [2] 国家卫生健康委脑卒中防治工程委员会,中华医学会神经外科学分会神经介入学组,中华医学会放射学分会介入学组,中国医师协会介入医师分会神经介入专业委员会,中国医师协会神经外科医师分会神经介入专业委员会,中国卒中学会神经介入分会. 急性大血管闭塞性缺血性卒中血管内治疗中国专家共识(2019年修订版)[J]. *中华神经外科杂志*, 2019, 35: 868-879.
- [3] MANNO C, DISANTO G, BIANCO G, NANNONI S, HELDNER M, JUNG S, et al. Outcome of endovascular therapy in stroke with large vessel occlusion and mild symptoms[J/OL]. *Neurology*, 2019, 93: e1618-e1626. DOI: 10.1212/WNL.00000000000008362.
- [4] SHI Z S, LIEBESKIND D S, XIANG B, GE S G, FENG L, ALBERS G W, et al. Predictors of functional dependence despite successful revascularization in large-vessel occlusion strokes[J]. *Stroke*, 2014, 45: 1977-1984.
- [5] BOUSLAMA M, HAUSSEN D C, AGHAEBRAHIM A, GROSSBERG J A, WALKER G, RANGARAJU S, et al. Predictors of good outcome after endovascular therapy for vertebrobasilar occlusion stroke[J]. *Stroke*, 2017, 48: 3252-3257.
- [6] CAMPBELL B C, CHRISTENSEN S, TRESS B M, CHURILLOV L, DESMOND P M, PARSONS M W, et al. Failure of collateral blood flow is associated with infarct growth in ischemic stroke[J]. *J Cereb Blood Flow Metab*, 2013, 33: 1168-1172.
- [7] SHETH S A, SANOSSIAN N, HAO Q, STARKMAN S, ALI L K, KIM D, et al. Collateral flow as causative of good outcomes in endovascular stroke therapy[J]. *J Neurointerv Surg*, 2016, 8: 2-7.
- [8] KIM H J, LEE S B, CHOI J W, JEON Y S, LEE H J, PARK J J, et al. Multiphase MR angiography collateral map: functional outcome after acute anterior circulation ischemic stroke[J]. *Radiology*, 2020, 295: 192-201.
- [9] CAMPBELL B C V, MITCHELL P J, KLEINIG T J, DEWEY H M, CHURILLOV L, YASSI N, et al. Endovascular therapy for ischemic stroke with perfusion-imaging selection[J]. *N Engl J Med*, 2015, 372: 1009-1018.
- [10] GOYAL M, DEMCHUK A M, MENON B K, EESA M, REMPEL J L, THORNTON J, et al. Randomized assessment of rapid endovascular treatment of ischemic stroke[J]. *N Engl J Med*, 2015, 372: 1019-1030.
- [11] JOVIN T G, CHAMORRO A, COBO E, DE MIQUEL M A, MOLINA C A, ROVIRA A, et al. Thrombectomy within 8 hours after symptom onset in ischemic stroke[J]. *N Engl J Med*, 2015, 372: 2296-2306.
- [12] SAVER J L, GOYAL M, BONAFE A, DIENER H C, LEVY E I, PEREIRA V M, et al. Stent-retriever thrombectomy after intravenous t-PA vs. t-PA alone in stroke[J]. *N Engl J Med*, 2015, 372: 2285-2295.
- [13] BERKHEMER O A, FRANSEN P S, BEUMER D, VAN DEN BERG L A, LINGSMA H F, YOO A J, et al. A randomized trial of intraarterial treatment for acute ischemic stroke[J]. *N Engl J Med*, 2015, 372: 11-20.
- [14] OLIVOT J M, MLYNASH M, INOUE M, MARKS M P, WHEELER H M, KEMP S, et al. Hypoperfusion intensity ratio predicts infarct progression and functional outcome in the DEFUSE 2 cohort[J]. *Stroke*, 2014, 45: 1018-1023.

- [15] ALVES H C B R, PACHECO F T, ROCHA A J. Collateral blood vessels in acute ischemic stroke: a physiological window to predict future outcomes[J]. *Arq Neuropsiquiat*, 2016, 74: 662-670.
- [16] HIGASHIDA R T, FURLAN A J, ROBERTS H, TOMSICK T, CONNORS B, BARR J, et al. Trial design and reporting standards for intra-arterial cerebral thrombolysis for acute ischemic stroke[J/OL]. *Stroke*, 2003, 34: e109-e137. DOI: 10.1161/01.STR.0000082721.62796.09.
- [17] BANG O Y, SAVER J L, ALGER J R, STARKMAN S, OVBIAGELE B, LIEBESKIND D S, et al. Determinants of the distribution and severity of hypoperfusion in patients with ischemic stroke[J]. *Neurology*, 2008, 71: 1804-1811.
- [18] GUENEGO A, MARCELLUS D G, MARTIN B W, CHRISTENSEN S, ALBERS G W, LANSBERG M G, et al. Hypoperfusion intensity ratio is correlated with patient eligibility for thrombectomy[J]. *Stroke*, 2019, 50: 917-922.
- [19] MURRAY N M, CULBERTSON C J, WOLMAN D N, MLYNASH M, LANSBERG M G. Hypoperfusion intensity ratio predicts malignant edema and functional outcome in large-vessel occlusive stroke with poor revascularization[J]. *Neurocrit Care*, 2021, 35: 79-86.
- [20] AGARWAL S, SCOFFINGS D J, JONES P S, MARRAPU S T, BARRY P J, O'BRIEN E W, et al. Interaction of age with the ischaemic penumbra, leptomeningeal collateral circulation and haemodynamic variables in acute stroke: a pilot study[J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2013, 84: 271-276.
- [21] 张宇,彭明洋,王同兴,殷信道,赵晓静.急性脑卒中低灌注强度比值与梗死体积增长、预后的相关性研究[J]. *临床神经病学杂志*, 2021, 34: 173-176.
- [22] SON S, KANG D H, HWANG Y H, KIM Y S, KIM Y W. Efficacy, safety, and clinical outcome of modern mechanical thrombectomy in elderly patients with acute ischemic stroke[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2017, 159: 1663-1669.
- [23] GOYAL M, MENON B K, VAN ZWAM W H, DIPPEL D W, MITCHELL P J, DEMCHUK A M, et al. Endovascular thrombectomy after large-vessel ischaemic stroke: a meta-analysis of individual patient data from five randomised trials[J]. *Lancet*, 2016, 387: 1723-1731.
- [24] LEMMENS R, HAMILTON S A, LIEBESKIND D S, TOMSICK T A, DEMCHUK A M, NOGUEIRA R G, et al. Effect of endovascular reperfusion in relation to site of arterial occlusion[J]. *Neurology*, 2016, 86: 762-770.
- [25] RAHME R, YEATTS S D, ABRUZZO T A, JIMENEZ L, FAN L Q, TOMSICK T A, et al. Early reperfusion and clinical outcomes in patients with M2 occlusion: pooled analysis of the PROACT II, IMS, and IMS II studies[J]. *J Neurosurg*, 2014, 121: 1354-1358.
- [本文编辑] 杨亚红