急性缺血性脑卒中患者溶栓前血压与侧枝循环的关系及对预后的影响

左文威，蔡丽瑛#，李格飞，杨雪莲*
（上海市浦东新区公利医院神经内科，上海 200135）

摘要：目的 研究急性缺血性脑卒中患者溶栓前血压与侧枝循环的关系，及其对预后的影响。**方法** 选择上海市浦东新区公利医院神经内科自 2023 年 1 月年至 2024 年 6 月仅接受静脉溶栓治疗的急性缺血性脑卒中患者 191 例，依据溶栓前血压情况分为血压正常组和血压升高组，所有患者溶栓前均使用多模式 CT 血管造影＋ CT 灌注成像进行侧枝循环评估，比较两组间临床资料及溶栓后 90 d 的预后差异；再以预后是否良好为因变量进行 logistic 回归分析。**结果** 良好侧支可降低出血转化风险、延长治疗时间窗，并显著改善 90 d 功能结局（$P < 0.001$）。血压升高组虽高血压患病率更高（80.2% vs. 63.3%，$P = 0.013$），且从入院到溶栓时间延长［(47.92±28.3) min vs. (37.63±16.4) min，$P = 0.010$］，但起初血压状态与侧支代偿能力无直接关联（良好率 78.3% vs. 69.5%，$P = 0.204$）；而侧支不良组多伴心房颤动（$P = 0.003$）、高龄（$P = 0.011$）及严重神经缺损（$P < 0.001$）。回归分析显示，良好侧支是短期［优势比（odds ratio，OR）= 3.403，$P = 0.009$］和远期（OR = 23.442，$P < 0.001$）预后的最强预测因子，而长期高血压可能会通过血管硬化及微循环障碍抑制侧支代偿，显著增加远期不良结局风险（OR = 0.354，$P = 0.021$）。**结论** 溶栓前血压高低并不能精准判断患者侧枝循环情况，阿尔伯塔卒中项目早期CT评分可准确评估侧枝循环，对静脉溶栓有明确的指导治疗作用。临床需在急性期平衡血压控制与侧支保护，优先通过影像评估侧支状态指导个体化治疗。

关键词：侧枝循环；急性缺血性脑卒中；血压；静脉溶栓预后
中图分类号：R743.33　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1672-9188(2026)01-0051-008
引用：左文威, 蔡丽瑛, 李格飞, 等. 急性缺血性脑卒中患者溶栓前血压与侧枝循环的关系及对预后的影响[J]. 世界临床药物, 2026, 47(1): 51-58. DOI：10.13683/j.wph.2026.01.008

The relationship between pre-thrombolysis blood pressure and collateral circulation in patients with acute ischemic stroke and its impact on prognosis

ZUO Wenwei, CAI Liying#, LI Gefei, YANG Xuelian*
(*Department of Neurology, Shanghai Pudong New Area Gongli Hospotal, Shanghai 200135, China*)

Abstract: ***Objective*** To investigate the relationship between pre-thrombolysis blood pressure and collateral circulation in acute ischemic stroke(AIS) patients and its impact on prognosis. ***Methods*** A total of 191 AIS patients treated with intravenous thrombolysis(IVT) alone in the Department of Neurology, Shanghai Pudong Gongli Hospital from January 2023 to June 2024 were enrolled. Patients were divided into the normal blood pressure group and the elevated blood pressure group based on pre-thrombolysis blood pressure. All patients underwent collateral circulation assessment using multimodal computed tomography angiography＋computed tomography perfusion imaging before thrombolysis. Clinical data and 90-day post-thrombolysis outcomes were compared between groups. Logistic regression analysis was performed with whether the prognosis was good as the dependent variable. ***Results*** Good collateral circulation significantly reduced

收稿日期：2025-07-23
作者简介：左文威，硕士研究生，研究方向：脑血管病。
蔡丽瑛，主治医生，研究方向：脑血管病。
通信作者：杨雪莲，主任医师，研究方向：脑血管病。
基金项目：上海市浦东新区卫生健康委员会卫生科技项目(PW2022A-12)

hemorrhagic transformation risk, extended the therapeutic time window, and improved 90-day functional outcomes (P <0.001). The elevated blood pressure group had a higher prevalence of hypertension (80.2% vs. 63.3%, P=0.013) and prolonged door-to-needle time [(47.92±28.3) min vs. (37.63±16.4) min, P=0.010], but no direct correlation was found between pre-thrombolysis blood pressure and collateral compensation capacity (collateral adequacy rate: 78.3% vs. 69.5%, P=0.204). Patients with poor collaterals exhibited higher rates of atrial fibrillation (P=0.003), advanced age (P=0.011), and severe neurological deficits (P<0.001). Regression analysis showed that good collateral circulation was the strongest predictor of favorable short-term [odds ratio (OR) =3.403, P=0.009] and long-term (OR=23.442, P<0.001) outcomes. Chronic hypertension may inhibit collateral compensation through vascular stiffness and microcirculatory dysfunction, significantly increased the risk of long-term adverse outcomes (OR=0.354, P=0.021). ***Conclusion*** Prethrombolysis blood pressure cannot reliably predict collateral circulation status. Alberta stroke program early CT score can accurately assess collateral circulation and have a clear guiding therapeutic effect on IVT. Clinical management should balance acute-phase blood pressure control with collateral protection, prioritizing imaging-based collateral evaluation for individualized therapy.

Key words: collateral circulation; acute ischemic stroke; blood pressure; intravenous throm-bolysis prognosis

脑卒中是造成全球疾病负担的常见原因之一，且治疗方法有限。目前脑卒中已成为发展中国家继缺血性心脏病之后造成伤残调整寿命年（disability adjusted life year，DALY）损失的第二大原因，且是发达国家 DALY 损失的第三大原因 [1]。中国脑卒中的发病率（247/10 万人年）和死亡率（115/10 万人年）均为世界首位 [2]。近几年，脑卒中已经成为中国居民死因的第一位 [2-3]，约占世界脑卒中死亡人数的 1/3 [1]。约 60% 的脑卒中为缺血性脑卒中。目前对于急性缺血性脑卒中（acute ischemic stroke，AIS）患者，发病 4.5 h 内采用静脉溶栓是有效治疗方法之一，且侧枝循环的建立与患者溶栓后良好预后密切相关 [4-5]。患者溶栓时的血压管理也至关重要，但目前国内外溶栓治疗指南上，并无溶栓时血压的精细化管理建议。因此，为进一步明确血压与患者侧枝循环的关系，以及其对患者预后的影响，本研究拟依据溶栓前血压情况分为血压正常组和血压升高组，所有患者溶栓前均使用多模式 CT 血管造影（computed tomography angiography，CTA）＋ CT 灌注成像（computed tomography pulmonary，CTP）进行侧枝循环评估，比较两组间临床资料及溶栓后 90 d 的预后差异。

1 资料与方法

1.1 研究对象

纳入 2023 年 1 月至 2024 年 6 月上海市浦东新区公利医院确诊为 AIS 进行溶栓的患者。由于溶栓后再进行血管内操作的患者病情复杂，其预后不仅与病情相关，也与手术水平及手术并发症等密切相关，故本研究仅选择单纯溶栓的患者。纳入标准：①单纯溶栓患者。②溶栓方案为重组组织型纤溶酶原激活物静脉溶栓（药物剂量 0.90 mg/kg、最高不超过 90 mg）或重组人 TNK 组织型纤溶酶原激活剂溶栓（药物剂量 0.25 mg/kg、最高不超过 25 mg）。③知情同意并签署同意书。排除标准：①进行血管内干预。②合并严重疾病，如恶性肿瘤、心力衰竭、慢性气道肺病及痴呆等。③卒中前残疾、生活需帮助者。本研究通过上海市浦东新区公利医院伦理委员会审批（GLYYls2023-46）。

1.2 临床资料收集

收集入组患者的一般资料，具体包括：①性别、年龄、血压、吸烟史、饮酒史、基线及发病 14 和 90 d 的美国国立卫生研究院卒中量表（National Institute of Health stroke scale，NIHSS）评分等基本信息。②高血压、糖尿病、心房颤动、既往卒中及

血脂异常等既往史。③头颅 MRI、颈椎动脉 B 超、头颅 CT、常规心电图及心脏超声检查等影像学检查结果。④血糖、肝肾功能、血脂及血栓弹力图等实验室检查指标。

1.3 分组方法

根据患者入院时血压情况分为血压正常组（收缩压≤ 140 mmHg）及血压升高组（收缩压＞ 140 mmHg）。所有 AIS 患者根据指南 [6] 进行规范化治疗。

1.4 研究方法

1.4.1 脑侧枝循环评估

在溶栓前予以影像学评估，方法如下。结构学评估采用多时相 CTA 检查，其是造影剂在 3 个时间分别采集患者软脑膜动脉充盈的动脉峰值期、静脉峰值期及静脉晚期的图像，具有高时间分辨率，能评估侧枝血管的充盈程度及速度，可观察延迟显现的侧枝血管及大血管闭塞情况等，还可完善脑血流动力学信息，有更高的评价者间可靠性。多时相阿尔伯塔卒中项目早期 CT 评分（Alberta stroke program early CT score，ASPECTS）侧枝循环评分：0 分为任意时相闭塞血管的供血区域内未见到动脉；1 分为闭塞血管的供血区域内，任何时相都只看到少量的动脉显影；2 分为闭塞血管的远端分支动脉延迟显影 2 个时相，显影的血管管径纤细 / 数量少，或远端分支动脉延迟显影 1 个时相，部分供血区内仍未见到显影的动脉；3 分为闭塞血管的远端分支动脉延迟显影 2 个时相，血管的管径、数量和分布范围正常，或远端分支动脉延迟显影 1 个时相，病变血管供血区内部分远端分支动脉管径变细 / 数量变少；4 分为闭塞血管远端分支动脉延迟显影 1 个时相，血管管径、数量和分布范围正常；5 分为闭塞血管远端分支动脉管径和分布正常，血管数量正常或增多。ASPECTS 评分 0 ～ 2 分为侧枝循环良好，3 ～ 5 分为侧枝循环不良。同时联合 CTP 检查作功能学评估。

1.4.2 神经功能缺损程度评分

用 NIHSS 评估，范围 0 ～ 42 分。一般评分越低患者症状越轻微，评分越高则症状越严重 [7]。出院时 NIHSS 评分较入院前减少≥ 4 分为改善较好。

1.4.3 预后评估

分别在发病 14 及 90 d 进行改良 Rankin 量表（modified Rankin scale，mRS）评定，以评估残疾程度、生活依赖性。0 分为完全无症状；1 分为尽管有症状，无明显残疾，能够完成所有日常工作和活动；2 分为轻度残疾，不能完成所有既往活动，但是能够自我照顾，不需要帮助；3 分为中度残疾，需要一些帮助，但是行走不需要帮助；4 分为较严重残疾，需要帮助才能行走，需要帮助才能完成自身护理；5 分为严重残疾，卧床不起、二便失禁，离不开护理照顾；6 分为死亡 [8]。总分 0 ～ 2 分定义为预后良好，3 ～ 6 分定义为预后不良。

1.5 统计学方法

应用 SPSS21.0 软件对所有数据进行统计学分析。计量资料采用 Shapiro-Wilk 检验或 Q-Q 图验证数据正态性，若符合正态分布方差齐用（$\bar{x}\pm s$）表示，组间比较采用独立样本 t 检验；若非正态分布方差不齐，用中位数（四分位数间距）表示，组间比较采用 Mann-Whitney U 检验，多组独立样本组间比较若数据正态且方差齐，采用单因素方差分析；若非正态或方差不齐，采用 Kruskal-Wallis 检验。计数资料用 n(%) 表示，采用 χ^2 检验。使用单因素 logistic 回归分析 AIS 患者静脉溶栓预后不良的危险因素，并分别分析其对短期及长期预后的影响。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

所纳入 191 例行静脉溶栓治疗的 AIS 患者进行一般临床资料的对比，发现入院时血压正常组和血压升高组除了既往高血压病史及入院到溶栓时间（door-to-needle time，DNT）有统计学差异（$P <$

0.05），其他均无显著差异（$P > 0.05$），见表 1。

接着根据侧枝循环情况分为循环良好组和循环不良组，进行两组间临床资料比较，发现两组年龄、心房颤动、DNT 及发病前 NIHSS 评分有统计学差异（$P < 0.05$），其余无显著差异（$P > 0.05$），见表 2。

表 1 溶栓前不同血压组患者一般资料比较

Table 1 Comparison of baseline characteristics of patients in different blood pressure groups before thrombolysis

指标	血压正常组（n=60）	血压升高组（n=131）	t/Z值	P值
男性/n(%)	37(61.67)	88(67.18)	0.55	0.457
年龄/岁	72.52±10.21	70.79±11.99	−1.41	0.161
高血压/n(%)	38(63.33)	105(80.15)	6.19	0.013
糖尿病/n(%)	23(38.33)	49(37.40)	0.02	0.902
心房纤颤/n(%)	10(16.67)	28(21.37)	0.57	0.449
高脂血症/n(%)	21(35.00)	55(41.98)	0.91	0.340
吸烟/n(%)	28(46.67)	53(40.46)	0.65	0.420
饮酒/n(%))	8(13.33)	46(35.11)	0.05	0.829
DNT/min	37.63±16.39	47.92±28.31	2.62	0.010
发病前NIHSS评分/分	6.15±4.51	5.70±3.89	−0.70	0.484

表 2 不同侧枝循环组患者一般资料比较

Table 2 Comparison of baseline characteristics in different collateral circulation groups

指标	侧枝循环良好组（n=138）	侧枝循环不良组（n=53）	t/Z值	P值
男性/n(%)	92(66.67)	46(86.79)	0.33	0.567
年龄/岁	69.49±10.24	74.17±13.80	2.55	0.011
高血压/n(%)	106(76.81)	37(69.81)	0.10	0.318
糖尿病/n(%)	55(39.86)	17(32.08)	0.99	0.321
心房纤颤/n(%)	20(14.49)	18(33.96)	9.11	0.003
高脂血症/n(%)	58(42.03)	18(33.96)	0.61	0.435
饮酒/n(%)	19(13.77)	8(15.09)	0.06	0.814
吸烟/n(%)	60(43.48)	21(39.62)	0.23	0.629
DNT/min	41.63±24.24	52.64±27.48	2.71	0.007
发病时血压正常/n(%)	47(34.06)	13(24.53)	1.61	0.204
发病前NIHSS评分/分	4.78±3.07	8.60±5.04	6.46	<0.001

2.2 不同血压组 / 高血压病史的侧枝循环情况和预后关系

如表 3 所示，血压正常组与血压升高组的侧支循环良好率比较，差异无统计学意义（$P > 0.05$）。高血压病史组与无高血压病史组的侧支循环良好率比较，差异无统计学意义（$P > 0.05$）。血压正常组与血压升高组的出院好转率比较，差异无统计学意义（$P > 0.05$）。高血压病史组与无高血压病史组出院好转率比较，差异无统计学意义（$P > 0.05$）。血压正常组与血压升高组的预后良好率比较，差异无统计学意义（$P > 0.05$）。无高血压病史组预后良好率高于高血压病史组，差异有统计意义（$P < 0.05$），提示无高血压病史可能与长期预后更佳相关。

2.3 不同侧枝循环组的预后评估

短期预后（出院时情况）分析结果显示，侧枝循环良好组出院好转率高于侧枝循环不良组，差异有统计学意义（$P < 0.05$）。长期预后（90 d 后结局）分析结果显示，侧枝循环良好组 90 d 预后良好率高于侧枝循环不良组，差异有统计学意义（$P < 0.001$），见表 4。

2.4 AIS 静脉溶栓预后不良的危险因素筛查

2.4.1 短期（出院时）预后相关因素分析

单因素 logistic 回归分析结果显示，心房颤动回归系数为 −1.20［优势比（odds ratio，OR）= 0.30，95% 置信区间（confidence interval，CI）：0.12 ～ 0.75，$P = 0.010$］，表明心房颤动患者发生目标事件的风险显著增加，为风险因素；侧枝循环情况回归系数为 1.23（OR = 3.40，95%CI：1.35 ～ 8.57，$P = 0.009$），提示侧枝循环良好是显著降低目标事件的保护因素；其他因素无显著影响，详见表 5。

2.4.2 长期（发病 90 d）预后相关因素分析

分析结果显示，高血压史回归系数为 −1.04（OR = 0.35，95%CI：0.15 ～ 0.86，$P = 0.021$），表明高血压史与目标事件风险呈显著正相关；侧枝循环情况回归系数为 3.16（OR = 23.44，95%CI：9.16 ～ 60.00，$P < 0.001$），提示侧枝循环良好，为保护性指标，提示患者的事件风险显著降低；其他因素对结局无显著影响，详见表 6。

表 3 不同血压组 / 高血压病史的侧枝循环情况和预后关系 [n(%)]

Table 3 Relationship between collateral circulation and prognosis in different blood pressure groups/with a history of hypertension [n(%)]

指标	血压正常组(n=60)	血压升高组(n=131)	χ^2值	P值	高血压病史(n=143)	无高血压病史(n=48)	χ^2值	P值
侧枝循环良好	47(78.33)	91(69.47)	1.61	0.204	106(74.13)	32(66.67)	0.10	0.318
侧枝循环不良	13(21.67)	40(30.53)			37(25.87)	16(33.33)		
出院时好转	20(33.33)	35(26.72)	0.88	0.349	44(30.77)	11(22.92)	1.08	0.299
出院时无明显好转	40(66.67)	96(73.28)			99(69.23)	37(77.08)		
90 d后预后良好	39(65.00)	80(60.07)	0.27	0.603	96(67.13)	23(47.92)	5.65	0.017
90 d后预后不良	21(35.00)	39(29.77)			47(32.87)	25(52.08)		

表 4 不同侧枝循环组的预后评估 [n(%)]

Table 4 Prognostic evaluation of different collateral circulation groups [n(%)]

指标	侧枝循环良好组(n=138)	侧枝循环不良组(n=53)	χ^2值	P值
出院时好转	46(33.33)	9(16.98)	4.99	0.025
出院时无明显好转	92(66.67)	44(83.02)		
90 d后预后良好	111(80.43)	8(15.09)	69.10	<0.001
90 d后预后不良	27(19.57)	45(84.91)		

表 5 短期预后 logistic 回归分析

Table 5 Logistic regression analysis of short-term prognosis

变量	回归系数	标准误差	Wald值	OR	95% CI	P值
性别	−0.62	0.44	2.03	0.54	0.23～1.26	0.154
年龄	−0.02	0.02	1.52	0.98	0.95～1.01	0.218
高血压史	−0.54	0.43	1.57	0.59	0.25～1.36	0.212
糖尿病史	0.23	0.36	0.41	1.26	0.62～2.57	0.522
高血脂史	0.14	0.37	0.15	1.15	0.56～2.35	0.703
吸烟史	−0.57	0.44	1.66	0.57	0.24～1.34	0.198
饮酒史	1.18	0.65	3.32	3.26	0.92～11.59	0.068
心房颤动	−1.20	0.47	6.59	0.30	0.12～0.75	0.010
DNT	0.01	0.01	2.30	1.01	0.10～1.02	0.130
入院时血压	−0.48	0.38	1.53	0.62	0.29～1.32	0.216
侧枝循环情况	1.23	0.47	6.76	3.40	1.35～8.57	0.009

表 6 长期预后 logistic 回归分析

Table 6 Logistic regression analysis of long-term prognosis

变量	回归系数	标准误差	Wald值	OR	95%CI	P值
性别	−0.09	0.48	0.03	0.92	0.36～2.34	0.856
年龄	−0.01	0.02	0.11	0.99	0.96～1.03	0.739
高血压史	−1.04	0.45	5.29	0.35	0.15～0.86	0.021
糖尿病史	−0.44	0.41	1.13	0.64	0.29～1.45	0.288
高血脂史	−0.13	0.40	0.10	0.88	0.40～1.94	0.756
吸烟史	−0.34	0.49	0.47	0.71	0.27～1.87	0.491
饮酒史	−0.21	0.61	0.18	0.81	0.24～2.69	0.732
心房颤动	−0.31	0.54	0.34	0.73	0.26～2.10	0.560
DNT	−0.01	0.01	0.52	0.99	0.98～1.01	0.469
入院时血压	−0.02	0.44	0.00	0.98	0.42～2.32	0.966
侧枝循环情况	3.16	0.48	43.28	23.44	9.16～60.00	<0.001

3 讨论

AIS 患者的血压管理至今仍存争议。在 AIS 初期阶段，血压升高或“高血压”（收缩压＞ 140 mmHg）十分常见 (60%)[9-10]，尤其在既往有高血压病史及梗死面积较大的患者中，血压升高幅度会更大[10-11]。随着患者病情稳定，血压水平一般会在发病 1 周后呈下降趋势。有研究[10-12]证实高血压（收缩压＞ 140 mmHg）与不良预后呈正相关，但血压过低（收缩压＜ 130 mmHg）或骤降同样增加急性冠脉综合征及死亡风险。血压剧烈波动可能加重脑水肿或出血转化。缺血性脑卒中急性期血压升高的常见原因包括急性生理应激反应、疼痛、既往高血压病史血压控制不佳及颅内压升高等。在局部脑组织缺血与再灌注动物试验[13]中，同样发现血压降低可减少梗死体积，并有利于再灌注。

脑侧支循环决定了缺血半暗带、梗死体积大小、脑缺血的时程、严重程度以及血管闭塞后是否发生脑卒中，是脑卒中异质性的主要原因，认识及评估

侧支循环有助于确立临床决策及判断预后。脑侧支循环是影响溶栓治疗效果的主要因素[14]。良好的侧支循环会影响患者预后，从而预防并延缓永久性神经损伤[15-16]。侧支循环维持 AIS 后再通之前向梗塞区域的血液供应[13]，其还可防止梗塞面积扩大，增加再通率，并有可能延长需要进行血管内治疗之前的时间窗口[17-20]。此外，良好的侧支循环可降低溶栓治疗后出血转化及死亡风险[21]。LENG 等[22] 先前的系统综述分析了静脉溶栓治疗后 AIS 患者侧支循环与预后之间相关性的现有证据，证实良好的侧支循环对 3 ～ 6 个月的良好功能结局具有有益作用，在各溶栓持续时间（4.5 h 及 4.5 ～ 6 h）之间无显著差异[23-29]。

本研究主要就缺血性脑卒中急性期溶栓前后血压与侧枝循环之间的关系、相互作用及其对预后的影响作初步观察和研究。首先，本研究基于血压分组的基线特征分析，发现血压升高组高血压患病率显著高于正常组，证实高血压是血压升高的独立危险因素；血压升高组中位 DNT 较正常组延长 10 min，提示血压升高可能通过血管病变或急救流程障碍影响救治时效；年龄、性别、糖尿病及心房颤动等变量组间无差异。饮酒比例差异因未达显著性，需后续研究排除混杂因素影响。

本研究通过对比侧支循环良好组与侧支循环不良组的基线特征，发现侧支循环不良组的心房颤动比例显著升高，提示心房颤动为高危因素，其可能通过血流动力学紊乱加剧侧支循环代偿不足，与心脏源性栓塞机制高度相关。此外，侧支循环不良组年龄更高，且发病前 NIHSS 评分显著升高，表明高龄及严重神经功能缺损是侧支循环不良的独立危险因素。侧支循环不良组 DNT 更长，可能与血管再通延迟加重缺血损伤有关，需优化急救流程以改善预后。

本研究通过分析血压状态及高血压病史对临床结局的影响，发现侧支循环与血压状态的关联性：血压正常组与血压升高组侧支循环良好率无显著差异，提示血压升高并非侧支循环代偿能力的主要影响因素。高血压病史患者与无高血压病史者的侧支循环良好率差异亦无统计学意义，可能与长期血压控制或药物干预相关。短期恢复与长期预后存在矛盾性：出院时好转率在血压正常组与血压升高组间无显著差异，但无高血压病史患者的 90 d 预后良好率显著高于高血压病史组，这是否与两组患者颅内侧枝循环情况相关需要进一步研究证实。因此对血压升高患者需优先侧支循环评估，而非单纯依赖血压数值调整治疗。针对高血压病史患者，应强化随访以控制其血压达标。

再次，笔者观察了侧支循环状态对 AIS 患者的短期恢复和长期预后的影响，发现其既对短期恢复有优势，也对长期预后有决定性作用。提示良好的侧支代偿不仅能减少早期缺血损伤，促进神经功能修复，也是维持脑组织灌注、延缓梗死进展的核心机制，直接影响远期功能独立性。由此，可通过影像学早期评估侧支循环分级，针对不良组强化血管再通治疗和神经保护措施，以改善患者预后。

最后，笔者使用回归分析影响溶栓患者短期及远期预后的相关因素。在短期预后回归分析中，心房颤动和侧支循环状态是独立预测因子，而其他传统血管危险因素，如高血压史及糖尿病史等未表现出显著影响。侧支循环良好可显著提升短期预后良好几率，是保护性因素，提示侧支循环的充分代偿可能通过减少缺血半暗带损伤改善早期恢复。心房颤动患者短期预后不良风险增加，是危险因素，可能与心房颤动发病急及未建立侧枝相关。远期预后回归分析中，侧支循环状态及高血压病史是独立预测因子，而其他传统人口学及血管危险因素未表现出显著影响。侧支循环良好对远期预后改善具有决定性作用，提示侧支代偿能力通过维持缺血区血流灌注显著降低梗死进展风险。高血压病史患者远期预后不良风险增加，提示长期高血压病史可影响缺

血性脑卒中患者的远期预后。这与目前众多研究结果相符合。目前长期高血压对脑侧枝循环产生显著负面影响的机制主要涉及血管结构损伤和功能代偿受限，具体表现为以下方面[30-31]：①血管内皮损伤与动脉硬化，长期高血压导致血管内皮细胞持续受损，加速动脉粥样硬化斑块形成。斑块增大造成血管狭窄或闭塞，直接破坏侧枝血管的解剖学基础，阻碍侧枝循环的代偿性扩张。②高血压引起的血流冲击力增强可诱发血管痉挛和微循环障碍，导致侧枝血管网的血流灌注效率降低，削弱其对缺血区域的代偿能力。③高血压患者的血管弹性减退、管腔狭窄，使侧枝血管无法有效扩张以增加缺血区供血，尤其在急性缺血事件中，代偿潜力显著受限。④高血压患者血液黏稠度升高，易形成血栓。

本研究仍有一定局限性。研究样本量较小可能影响统计效力；未纳入血管解剖变异（如 Willis 环完整性）及遗传因素等潜在混杂变量；未纳入桥接治疗患者数据。后续研究中将进一步扩大样本量，纳入桥接治疗患者，将更多变量纳入前瞻性队列设计。

4 结论

血压与侧枝循环有着密不可分的关系，侧支循环是决定缺血半暗带存活和预后的核心因素，良好侧支可降低出血转化风险、延长治疗时间窗，并显著改善 90 d 功能结局，长期高血压可能会通过血管硬化及微循环障碍抑制侧支代偿，显著增加远期不良结局风险。因此，临床需在急性期平衡血压控制与侧支保护，优先通过影像评估侧支状态指导个体化治疗。

参考文献：

[1] GBD 2015 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 310 diseases and injuries, 1990—2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015[J]. Lancet, 2016, 388(10053): 1545-1602.

[2] WANG W, JIANG B, SUN H, *et al*. Prevalence, incidence, and mortality of stroke in China: results from a nationwide population-based survey of 480 687 adults[J]. Circulation, 2017, 135(8): 759-771.

[3] LIU L, WANG D, WONG KSL, *et al*. Stroke and stroke care in China: huge burden, significant workload, and a national priority[J]. Stroke, 2011, 42(12): 3651-3654.

[4] HACKE W, KASTE M, BLUHMKI E, *et al*. Thrombolysis with alteplase 3 to 4.5 hours after acute ischemic stroke[J]. N Engl J Med, 2008, 359(13): 1317-1329.

[5] POWERS WJ, RABINSTEIN AA, ACKERSON T, *et al*. 2018 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, 2018, 49(3): e46-e110.

[6] 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(10): 666-682.

[7] MOHAMMAD SAK, AHMAD S, GHAFOOR B, *et al*. Inpatient assessment of the neurological outcome of acute stroke patients based on the National Institute of Health stroke scale (NIHSS) [J]. Ann Med Surg (Lond), 2022, 82: 104770.

[8] ZHANG B, SUN J, YANG Y, *et al*. Efficacy of extracranial vertebral artery reconstruction for symptomatic vertebral artery origin in-stent restenosis or occlusion: a ten-year retrospective cohort study[J]. Ann Med, 2025, 57(1): 2529572.

[9] EBINGER M, KUNZ A, WENDT M, *et al*. Effects of golden hour thrombolysis: a prehospital acute neurological treatment and optimization of medical care in stroke (PHANTOM-S) substudy[J]. J Am Med Assoc neurology, 2015, 72(1): 25-30.

[10] QURESHI AI, EZZEDDINE MA, NASAR A, *et al*. Prevalence of elevated blood pressure in 563, 704 adult patients with stroke presenting to the ED in the United States[J]. Am J Emerg Med, 2007, 25(1): 32-38.

[11] GEEGANAGE CM, BATH PMW. Relationship between therapeutic changes in blood pressure and outcomes in acute stroke: a metaregression[J]. Hypertension, 2009, 54(4): 775-781.

[12] ELEWA HF, KOZAK A, JOHNSON MH, *et al*. Blood

pressure lowering after experimental cerebral ischemia provides neurovascular protection[J]. J Hypertens, 2007, 25(4): 855-859.

[13] TIKHONOFF V, ZHANG H, RICHART T, *et al*. Blood pressure as a prognostic factor after acute stroke[J]. Lancet Neurol, 2009, 8(10): 938-948.

[14] WUFUER A, WUBULI A, MIJITI P, *et al*. Impact of collateral circulation status on favorable outcomes in thrombolysis treatment: a systematic review and meta-analysis[J]. Exp Ther Med, 2018, 15(1): 707-718.

[15] ANGERMAIER A, LANGER S, KIRSCH M, *et al*. CT-angiographic collateralization predicts final infarct volume after intra-arterial thrombolysis for acute anterior circulation ischemic stroke[J]. Cerebrovasc Dis, 2011, 31(2): 177-184.

[16] SHUAIB A, BUTCHER K, MOHAMMAD AA, *et al*. Collateral blood vessels in acute ischaemic stroke: a potential therapeutic target[J]. Lancet Neurol, 2011, 10(10): 909-921.

[17] RIBO M, FLORES A, RUBIERA M, *et al*. Extending the time window for endovascular procedures according to collateral pial circulation[J]. Stroke, 2011, 42(12): 3465-3469.

[18] BANG OY, GOYAL M, LIEBESKIND DS. Collateral circulation in ischemic stroke: assessment tools and therapeutic strategies[J]. Stroke, 2015, 46(11): 3302-3309.

[19] BANG OY, SAVER JL, KIM SJ, *et al*. Collateral flow predicts response to endovascular therapy for acute ischemic stroke[J]. Stroke, 2011, 42(3): 693-699.

[20] CHRISTOFORIDIS GA, KARAKASIS C, MOHAMMAD Y, *et al*. Predictors of hemorrhage following intra-arterial thrombolysis for acute ischemic stroke: the role of pial collateral formation[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2009, 30(1): 165-170.

[21] BANG OY, SAVER JL, KIM SJ, *et al*. Collateral flow averts hemorrhagic transformation after endovascular therapy for acute ischemic stroke[J]. Stroke, 2011, 42(8): 2235-2239.

[22] LENG X, LAN L, LIU L, *et al*. Good collateral circulation predicts favorable outcomes in intravenous throm-bolysis: a systematic review and mate-analysis[J]. Eur J Neurol, 2016, 23(12): 1738-1749.

[23] GARCIA-TORNEL A, CARVALHO V, BONED S, *et al*. Improving the evaluation of collateral circulation by multiphase computed tomography angiography in acute stroke patients treated with endovascular reperfusion therapies[J]. Interv Neurol, 2016, 5(3-4): 209-217.

[24] CALLEJA AI, CORTIJO E, GARCIA-BERMEJO P, *et al*. Collateral circulation on perfusion-computed tomography-source images predicts the response to stroke intravenous thrombolysis[J]. Eur J Neurol, 2013, 20(5): 795-802.

[25] NAMBIAR V, SOHN SI, ALMEKHLAFI MA, *et al*. CTA collateral status and response to recana-lization in patients with acute ischemic stroke[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2014, 35(5): 884 -890.

[26] SHETH SA, SANOSSIAN N, HAO Q, *et al*. Collateral flow as causative of good outcomes in endovascular stroke therapy[J]. J Neurointerv Surg, 2016, 8(2): 2-7.

[27] MANGIAFICO S, SAIA V, NENCINI P, *et al*. Effect of the interaction between recanalization and collateral circulation on functional outcome in acute ischaemic stroke[J]. Interv Neuroradiol, 2014, 20(6): 704-714.

[28] BEYER SE, THIERFELDER KM, von BAUMGARTEN L, *et al*. Strategies of collateral blood flow assessment in ischemic stroke: Prediction of the follow-up infarct volume in conventional and dynamic CTA[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2015, 36(3): 488-494.

[29] ERNST M, FORKERT ND, BREHMER L, *et al*. Prediction of infarction and reperfu-sion in stroke by flow- and volume-weighted collateral signal in MR angiography[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2015, 36(2): 275-282.

[30] LUO C, NGUYEN TN, LI R, *et al*. Association between collateral status, blood pressure during thrombectomy, and clinical outcomes in patients with basilar artery occlusion[J]. Neurology, 2025, 104(9): e213504.

[31] HUNT RD, CIPOLLA MJ. Chronic hypertension alters the relationship between collateral blood flow, cortical cerebral blood flow, and brain tissue oxygenation[J]. J Cereb Blood Flow Metab, 2024, 44(11): 1227-1237.

（编辑：王　佳）