

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2026.05.004  
文章编号: 1005-8982 (2026) 05-0020-07

脑梗死专题·论著

## 远隔缺血适应对急性缺血性脑卒中患者 脑血流动力学及近期预后的影响\*

谭佳妮<sup>1</sup>, 陈禹<sup>1</sup>, 胡婉华<sup>2</sup>, 翟登月<sup>1</sup>, 董斌<sup>1</sup>

[安徽医科大学第三附属医院(合肥市第一人民医院) 1. 神经内科, 2. 脑彩超室,  
安徽 合肥 230000]

**摘要:** **目的** 研究远隔缺血适应对急性缺血性脑卒中(AIS)患者脑血流动力学及近期预后的影响。**方法** 前瞻性纳入2024年12月—2025年4月合肥市第一人民医院神经内科收治的80例AIS患者,随机分为治疗组和对照组。对照组予以标准药物治疗,治疗组在标准药物治疗的基础上进行远隔缺血适应治疗,1次/d,连续7 d。对比入院时和治疗7 d时两组患者双侧大脑中动脉经颅多普勒超声检测指标变化,包括收缩期峰值流速、平均流速、舒张末流速、血管搏动指数及血管阻力指数。比较两组病程90 d的转归良好构成,改良Rankin量表0~1分定义为转归良好。**结果** 80例AIS患者中,68例(85%)完成了治疗,治疗组33例,对照组35例。两组的年龄、性别构成、吸烟构成、高血压构成、糖尿病构成、高脂血症构成、同型半胱氨酸水平、低密度脂蛋白胆固醇水平、入院时美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)评分、入院时改良Rankin量表和病程90 d患者功能转归良好构成比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。治疗组治疗后右侧大脑中动脉血管搏动指数及血管阻力指数均低于对照组( $P<0.05$ ),治疗组治疗前后右侧大脑中动脉血管搏动指数及血管阻力指数的差值均大于对照组( $P<0.05$ )。**结论** 短期远隔缺血适应能够改善AIS患者的脑血流动力学,降低脑远端血管阻力,但对病程90 d的良好转归无明显影响,可能需要较长周期的适应性治疗以观察其近远期影响。

**关键词:** 缺血性脑卒中; 远隔缺血适应; 脑血流动力学; 经颅多普勒超声

**中图分类号:** R743.3

**文献标识码:** A

## Effects of remote ischemic conditioning on cerebral hemodynamics and short-term prognosis in patients with acute ischemic stroke\*

Tan Jia-ni<sup>1</sup>, Chen Yu<sup>1</sup>, Hu Wan-hua<sup>2</sup>, Zhai Deng-yue<sup>1</sup>, Dong Bin<sup>1</sup>

[1. Department of Neurology, 2. Cerebral Color Doppler Ultrasound Room, The Third Affiliated Hospital of  
Anhui Medical University (The First People's Hospital of Hefei), Anhui Hefei 230000, China]

**Abstract:** **Objective** To investigate the effect of remote ischemic conditioning (RIC) on cerebral hemodynamics and short-term prognosis in patients with acute ischemic stroke (AIS). **Methods** A total of 80 AIS patients admitted to the Department of Neurology, The First People's Hospital of Hefei from December 2024 to April 2025 were prospectively enrolled and randomly divided into the treatment group and the control group using a random number table. The control group received standard drug therapy, while the treatment group received RIC once daily for 7 consecutive days on the basis of standard drug therapy. Transcranial Doppler (TCD) parameters of the bilateral middle cerebral arteries (MCAs) were compared between the two groups at admission and on day 7 of the disease course, including peak systolic velocity (PSV), mean flow velocity (MFV), end-diastolic velocity (EDV),

收稿日期: 2025-12-05

\* 基金项目: 安徽省自然科学基金项目(No: 2208085MH273)

[通信作者] 董斌, E-mail: dongbin676@163.com

pulsatility index (PI), and resistance index (RI). The proportion of patients with favorable outcomes at 90 days of the disease course was compared between the two groups; a modified Rankin Scale (mRS) score of 0 ~ 1 was defined as a favorable outcome. **Results** Among the 80 eligible AIS patients who were randomly assigned, 68 (85%) completed the trial, the treatment group 33 cases, the control group 35 cases. Baseline characteristics were well balanced between the treatment group and the control group. No statistically significant differences were found in age, gender composition, smoking rate, prevalence rates of hypertension, diabetes mellitus and hyperlipidemia, homocysteine level, low-density lipoprotein cholesterol level, National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) score on admission, mRS score on admission, or the rate of favorable functional outcome at 90 days after onset (all  $P > 0.05$ ). Significant differences were observed in the changes (before vs. after treatment) of PI and RI of the right middle cerebral artery between the two groups (both  $P < 0.05$ ). Specifically, the changes in PI and RI values of the right middle cerebral artery before and after treatment in the treatment group were greater than those in the control group. **Conclusion** Short-term RIC can improve cerebral hemodynamics and reduce distal cerebral vascular resistance in AIS patients, but it has no significant effect on favorable outcomes at 90 days of the disease course. A longer course of adaptive treatment may be required to observe its short-term and long-term effects.

**Keywords:** ischemic stroke; remote ischemic conditioning; cerebral hemodynamics; transcranial doppler ultrasonography

脑卒中已成为全世界第二大死亡原因和第三大残疾原因<sup>[1]</sup>。其中急性缺血性脑卒中 (acute ischemic stroke, AIS) 在我国脑卒中占比约为 70%<sup>[2]</sup>。远隔缺血适应是一种无创的治疗方式, 操作简单方便<sup>[3]</sup>, 能促进 AIS 患者神经功能恢复、促进侧支循环生成、改善脑血流量、缩小脑梗死体积<sup>[4-8]</sup>。经颅多普勒超声 (transcranial doppler, TCD) 是利用多普勒超声效应, 对颅内外血管进行检测, 从而了解脑血流动力学变化的一种无创性检查方法<sup>[9]</sup>, 安全可靠, 成本较低, 普及度高。本研究采用 TCD 评估远隔缺血适应治疗前后 AIS 患者脑血流动力学变化<sup>[10]</sup>及近期预后, 现报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

本研究为前瞻性、单中心、单盲随机对照试验, 选取 2024 年 12 月—2025 年 4 月在合肥市第一人民医院神经内科住院的 80 例 AIS 患者作为研究对象。本研究已获得医院医学伦理委员会批准 (No: 2024-315-01), 并按照《赫尔辛基宣言》相关要求, 已获得患者及其家属知情同意并签署知情同意书, 已在中国临床试验注册中心注册 (注册号: ChiCTR2500109194)。

### 1.2 纳入与排除标准

**1.2.1 纳入标准** ①年龄 18 ~ 80 岁; ②符合《中国急性缺血性卒中诊治指南 2023》<sup>[11]</sup>的 AIS 诊断标准, 同时头颅磁共振的弥散加权成像 (diffusion-weighted

imaging, DWI) 存在新发梗死灶; ③发病时间 < 72 h; ④美国国立卫生研究院卒中量表 (National Institutes of Health Stroke Scale, NIHSS) 评分为 0 ~ 6 分。

**1.2.2 排除标准** ①接受静脉溶栓或血管内治疗; ②上肢存在感染或肿胀; ③不能完成远隔缺血适应治疗, 依从性差; ④伴有脑出血; ⑤合并锁骨下动脉盗血综合征; ⑥合并恶性肿瘤及其他严重疾病, 如严重心力衰竭、肾衰竭、肝衰竭等。

### 1.3 研究方法

**1.3.1 随机与盲法** 将符合条件的患者按照计算机生成的随机数字表以 1:1 的比例随机分为治疗组 (远隔缺血适应治疗) 和对照组 (假性远隔缺血适应治疗), 对患者及其家属隐瞒分组情况。远隔缺血适应及假性远隔缺血适应治疗使用电子自动控制装置完成 (型号: IPC-906, 北京仁桥心脑血管病防治研究江苏有限公司)。随机分组后由 1 名经过培训的医生使用该设备对入组患者进行远隔缺血适应或假性远隔缺血适应治疗。1 名没有参与远隔缺血适应治疗的神经内科医生收集人口统计学资料及临床数据并对患者在入院时及治疗 7 d 时进行 NIHSS 评分及改良 Rankin 量表 (modified Rankin scale, mRS) 评分, 入院时的 NIHSS 评分记为 NIHSS<sub>0</sub>, 入院时的 mRS 评分记为 mRS<sub>0</sub>, 以及病程 90 d 时电话随访进行 mRS 评分, 记为 mRS<sub>90</sub>。1 名从事经颅多普勒超声检测及诊断工作 5 年以上的脑彩超室医师在患者入院时及治疗 7 d 时对患者进行 TCD 检查, 该医师对分组情况毫不知情。

**1.3.2 治疗方法** 两组患者的标准治疗均参照《中国急性缺血性卒中诊治指南 2023》<sup>[11]</sup>,包括阿司匹林 100 mg 联合氯吡格雷 75 mg/d 及降脂药物,以及管理脑血管疾病危险因素如高血压、糖尿病、高脂血症、高同型半胱氨酸等<sup>[11]</sup>。治疗组在标准治疗的基础上予以远隔缺血适应治疗,即将血压袖带绑于健侧上肢,袖带充气 5 min 再放气恢复血流 5 min 为 1 个循环,1 次治疗包括 5 个循环共 50 min,袖带充气阻断肱动脉血流所加压力为 200 mmHg,治疗 1 次/d,持续治疗 7 d<sup>[12]</sup>。对照组在标准治疗的基础上予以假性远隔缺血适应治疗,即同样一次治疗周期 50 min,但袖带充气时所加压力为 60 mmHg,治疗 1 次/d,持续治疗 7 d。

**1.3.3 数据收集** 脑彩超室医师使用 2 MHz 的探头通过颞窗及枕窗进行 TCD 检查<sup>[10]</sup>。通过颞窗对大脑中动脉、大脑前动脉、大脑后动脉等血管进行双侧超声检查,通过枕窗对椎动脉及基底动脉进行超声检查。记录探测深度 55 mm 处双侧大脑中动脉的收缩期峰值流速 (peak systolic velocity, PSV)、平均流速 (mean flow velocity, MFV)、舒张末流速 (end-diastolic velocity, EDV)、血管搏动指数 (pulsatility index, PI) 及血管阻力指数 (resistance index, RI)<sup>[10, 13-15]</sup>。治疗 7 d 时于同一深度再次检测患者双侧大脑中动脉的上述指标并记录。此外还收集了入组患者的人口统计学资料及临床数据,包括年龄、性别、高血压、糖尿病、高脂血症、吸烟、

同型半胱氨酸及低密度脂蛋白胆固醇<sup>[16-19]</sup>。

**1.3.4 观察指标** 比较两组患者入院时、治疗 7 d 的双侧大脑中动脉 TCD 检测指标,包括 PSV、MFV、EDV、PI 及 RI。mRS<sub>90</sub> 评分评估功能转归,0~1 分定义为转归良好,>1 分定义为转归不良。比较两组患者 mRS<sub>90</sub> 评分及功能转归良好的患者构成。

## 1.4 统计学方法

数据分析采用 SPSS 29.0 和 R 4.2.2 统计软件及 MSTATA 软件 (www.mstata.com)。计量资料以均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 或中位数 (下四分位数, 上四分位数) [M (P<sub>25</sub>, P<sub>75</sub>)] 表示,比较用 *t* 检验或秩和检验;计数资料以构成比或率 (%) 表示,比较用  $\chi^2$  检验;等级资料以等级表示,比较用秩和检验。*P* < 0.05 表示差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组临床资料比较

80 例符合条件的 AIS 患者中,68 例 (85%) 完成了治疗。治疗组 33 例,对照组 35 例。

治疗组与对照组的年龄、性别构成、吸烟构成、高血压构成、糖尿病构成、高脂血症构成、同型半胱氨酸水平、低密度脂蛋白胆固醇水平、NIHSS<sub>0</sub> 评分、mRS<sub>0</sub> 评分和 mRS<sub>90</sub> 评分功能转归良好构成比较,经 *t*/ $\chi^2$ /*Z* 检验,差异均无统计学意义 (*P* > 0.05)。见表 1。

表 1 两组临床资料比较

组别	<i>n</i>	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$ )	男/女/例	吸烟/(是/否/例)	高血压/(是/否/例)	糖尿病/(是/否/例)	高脂血症/(是/否/例)
治疗组	33	58 ± 8	25/8	12/21	28/5	9/24	15/18
对照组	35	62 ± 9	23/12	12/23	26/9	13/22	14/21
<i>t</i> / $\chi^2$ / <i>Z</i> 值		1.630	0.825	0.032	1.159	0.756	0.207
<i>P</i> 值		0.108	0.364	0.858	0.282	0.385	0.649

  

组别	同型半胱氨酸/[ $\mu\text{mol/L}$ , M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]	低密度脂蛋白胆固醇/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$ )	NIHSS <sub>0</sub> /[分, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]	mRS <sub>0</sub> /[分, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]	mRS <sub>90</sub> /例	
					不良	良好
治疗组	14.5(12.3, 16.7)	2.75 ± 0.85	3.00(2.00, 4.00)	2.00(2.00, 3.00)	13	20
对照组	14.3(10.7, 16.6)	3.10 ± 0.68	2.00(1.00, 4.00)	2.00(1.00, 3.00)	11	24
<i>t</i> / $\chi^2$ / <i>Z</i> 值	544.500	1.869	467.000	-1.421	0.472	
<i>P</i> 值	0.690	0.066	0.168	0.155	0.492	

### 2.2 两组治疗前后 TCD 检测指标比较

治疗组与对照组治疗前双侧大脑中动脉 PSV、

MFV、EDV 比较,经 *t* 检验,差异均无统计学意义 (*P* > 0.05);治疗组与对照组治疗后双侧大脑中动脉

PSV、MFV、EDV比较,经 $t$ 检验,差异均无统计学意义( $P>0.05$ );治疗组与对照组治疗前后双侧大脑中动脉PSV、MFV、EDV的差值比较,经 $t$ 检验,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。治疗组与对照组治疗前右侧大脑中动脉PI、RI比较,经 $t$ 检验,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。治疗组与对照组治疗后右侧

大脑中动脉PI、RI比较,经 $t$ 检验,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );治疗组治疗后右侧大脑中动脉PI、RI均低于对照组。治疗组与对照组治疗前后右侧大脑中动脉PI、RI的差值比较,经 $t$ 检验,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );治疗组治疗前后右侧大脑中动脉PI、RI的差值均大于对照组。见表2。

表2 两组治疗前后TCD检测指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	n	右侧大脑中动脉PSV/(cm/s)			右侧大脑中动脉MFV/(cm/s)		
		治疗前	治疗后	差值	治疗前	治疗后	差值
治疗组	33	102.78 ± 33.88	114.81 ± 55.28	12.48 ± 56.48	61.25 ± 20.74	70.48 ± 37.66	9.16 ± 37.42
对照组	35	100.94 ± 43.34	107.88 ± 40.73	6.67 ± 30.03	58.88 ± 25.65	62.94 ± 25.66	3.94 ± 17.87
t值		0.191	0.578	0.519	0.411	0.951	0.719
P值		0.849	0.565	0.606	0.683	0.345	0.475

  

组别	右侧大脑中动脉EDV/(cm/s)			右侧大脑中动脉PI		
	治疗前	治疗后	差值	治疗前	治疗后	差值
治疗组	40.50 ± 15.29	48.45 ± 29.56	7.61 ± 28.48	1.03 ± 0.21	0.92 ± 0.22	0.10 ± 0.19
对照组	38.00 ± 17.58	40.35 ± 19.11	2.33 ± 12.57	1.09 ± 0.22	1.11 ± 0.23	0.01 ± 0.21
t值	0.615	1.323	0.97	-1.157	-3.408	-2.119
P值	0.541	0.191	0.336	0.252	0.001	0.038

  

组别	右侧大脑中动脉RI			左侧大脑中动脉PSV/(cm/s)		
	治疗前	治疗后	差值	治疗前	治疗后	差值
治疗组	0.60 ± 0.08	0.55 ± 0.08	0.04 ± 0.08	132.53 ± 71.76	126.70 ± 47.31	8.47 ± 44.42
对照组	0.62 ± 0.08	0.63 ± 0.07	0.00 ± 0.07	116.06 ± 68.40	118.65 ± 67.04	1.58 ± 18.73
t值	-1.112	-3.899	-2.614	0.955	0.548	-1.188
P值	0.270	0.000	0.011	0.343	0.586	0.239

  

组别	左侧大脑中动脉MFV/(cm/s)			左侧大脑中动脉EDV/(cm/s)		
	治疗前	治疗后	差值	治疗前	治疗后	差值
治疗组	82.84 ± 53.20	78.07 ± 35.11	6.90 ± 32.65	58.03 ± 44.66	53.37 ± 29.06	6.53 ± 27.59
对照组	68.76 ± 43.38	69.00 ± 43.94	0.15 ± 11.71	45.21 ± 31.38	44.06 ± 32.95	1.21 ± 9.66
t值	1.181	0.904	-1.112	1.356	1.191	-1.041
P值	0.242	0.370	0.270	0.180	0.238	0.302

  

组别	左侧大脑中动脉PI			左侧大脑中动脉RI		
	治疗前	治疗后	差值	治疗前	治疗后	差值
治疗组	0.98 ± 0.23	1.00 ± 0.21	0.04 ± 0.14	0.59 ± 0.09	0.59 ± 0.08	0.01 ± 0.06
对照组	1.07 ± 0.20	1.12 ± 0.27	0.03 ± 0.14	0.62 ± 0.06	0.63 ± 0.08	0.00 ± 0.04
t值	-1.629	-1.869	0.086	-1.904	-1.804	0.736
P值	0.108	0.066	0.932	0.061	0.076	0.464

### 3 讨论

目前缺血性脑卒中的治疗包括药物治疗(抗栓、降脂治疗、改善脑血液循环及控制血压血糖等)

和血管再通治疗(静脉溶栓及血管内治疗)<sup>[11]</sup>。2022年发表在《柳叶刀》杂志上的研究表明,2019年—2020年中国AIS患者静脉溶栓率为5.64%,血管内治疗率为1.45%<sup>[20]</sup>。由于影像学检查(CT或者MRI灌注成

像)的发展,血管内治疗的时间窗已延长至发病后 24 h<sup>[21]</sup>。但静脉溶栓及血管内治疗存在出血转化、脑水肿及缺血再灌注损伤等严重并发症<sup>[22-23]</sup>。因此,由于医疗资源有限、存在禁忌证、严格的治疗时间窗、出血转化、缺血再灌注损伤等原因,仍有一大部分缺血性脑卒中患者无法取得良好的临床治疗效果。所以,AIS 患者迫切需要其他有效的治疗措施,促进神经功能恢复,改善预后。以往的众多研究证明了远隔缺血适应应用于 AIS 患者治疗的安全性及有效性<sup>[24-28]</sup>。远隔缺血适应通过血压肢体袖带的反复充气和放气形成短暂的可逆性缺血发作,目的是提高大脑或者心脏等远隔器官对缺血的耐受能力,目前,远隔缺血适应的脑保护作用是由于体液、神经和免疫调节途径产生<sup>[3]</sup>。

TCD 的重要指标 PI 计算公式为(收缩期峰值流速-舒张末流速)/平均流速,可反映脑血管弹性及远端血管阻力,既往的研究表明大脑中动脉的 PI 与 AIS 患者的功能预后相关,PI 越高,功能结局越差<sup>[29-30]</sup>。RI 计算公式为(收缩期峰值流速-舒张末流速)/收缩期峰值流速,反映了脑血管远端的血流阻力,其临床意义与 PI 相同<sup>[31]</sup>。TCD 检测的 PSV 主要反映脑血管在血流动力最强时的通畅程度,升高常提示血管狭窄<sup>[32-33]</sup>。EDV 主要反映脑血管的弹性和远端血管床的阻力,其值过低可能提示脑血管弹性减退或远端供血压力不足<sup>[34]</sup>。MFV 指一个心动周期内(包含收缩期和舒张期),脑血管内血液流动的平均速度,是评估脑血管整体供血情况的关键指标<sup>[34]</sup>。

既往多项研究均证明了经颅多普勒超声对 AIS 的临床价值。一项针对经颅多普勒超声预测前循环大血管闭塞患者成功机械取栓后预后的系统综述和荟萃分析结果显示 MFV 指数是机械取栓后出血转化及 90 d 不良功能结局的可靠预测指标<sup>[35]</sup>。一项回顾性研究纳入了 377 例接受血栓切除术的急性前循环缺血性脑卒中患者,最终得出大脑中动脉 PSV 升高可作为血管内治疗后恶性大脑中动脉梗死发生的预测指标<sup>[32]</sup>。本研究中,在标准治疗的基础上给予远隔缺血适应治疗,AIS 患者右侧大脑中动脉 PI 及 RI 下降,提示脑血流动力学得到改善。这与远隔缺血适应治疗后单光子发射计算机断层扫描(single-photon emission computed

tomography, SPECT)/正电子发射计算机断层扫描(positron emission computed tomography, PET)检查提示患者脑血流量改善的结果一致<sup>[5,7]</sup>。此外,一项临床研究纳入 30 例缺血型烟雾病患者<sup>[7]</sup>,结果提示远隔缺血适应治疗后 SPECT/PET 检查提示脑灌注改善,经颅多普勒超声检测的 PSV 下降,脑血流得到改善,与本研究结果一致。以往的研究大多通过磁共振灌注加权成像、SPECT、PET 及磁共振成像的弥散加权序列等影像学方法评估远隔缺血适应治疗前后患者脑血流量或者脑梗死体积的变化<sup>[5-7]</sup>,但上述检查会产生辐射,不适合频繁重复检查,此外检查设备昂贵,检查费用较高,且需要高水平核医学团队支持。

本研究中,远隔缺血适应治疗对 AIS 患者病程 90 d 的良好转归无明显影响。而 RICAMIS 研究<sup>[24]</sup>结果提示远隔缺血适应治疗组 90 d 良好功能预后(mRS 评分 0~1 分)的患者比例高于对照组,出现上述差异可能有两方面原因。首先,本研究纳入的患者通常症状较轻,治疗组治疗前 NIHSS 评分均数为 3 分,因此进一步改善的空间有限。其次,远隔缺血适应实施的持续时间不足。RICAMIS 研究中<sup>[24]</sup>,远隔缺血适应治疗组患者在住院期间接受远隔缺血适应治疗,2 次/d,平均持续时间约 11 d,其亚组分析结果显示 11~13 d,远隔缺血适应治疗组 90 d 良好功能结局(mRS 0~1 分)比例显著高于对照组(调整后绝对差异 9.1%, $P=0.001$ );同系列研究表明,1~7 d 组该比例更低(调整后绝对差异 -14.4%, $P=0.05$ )<sup>[36]</sup>,提示较长远隔缺血适应治疗持续时间可能与更好的临床结局相关。

本研究还有几个局限性。首先,是一项单中心小样本单盲研究,研究结果外推受限;其次,脑部 CT 灌注扫描在 AIS 中具有较高准确性,本研究未将 TCD 与其进行比较,以评估 TCD 的准确性。

综上所述,远隔缺血适应可以改善 AIS 患者的脑血流动力学,但短暂的远隔缺血适应不能促进良好的临床转归结局,可能需要较长周期的适应性治疗以观察其近远期影响。

#### 参 考 文 献 :

- [1] GBD 2019 Demographics Collaborators. Global age-sex-specific fertility, mortality, healthy life expectancy (HALE), and population estimates in 204 countries and territories, 1950-2019: a

- comprehensive demographic analysis for the global burden of disease study 2019[J]. *Lancet*, 2020, 396(10258): 1160-1203.
- [2] GBD 2016 Lifetime Risk of Stroke Collaborators, FEIGIN V L, NGUYEN G, et al. Global, regional, and country-specific lifetime risks of stroke, 1990 and 2016[J]. *N Engl J Med*, 2018, 379(25): 2429-2437.
- [3] 国家"百万减残工程"规范指导临床办公室, 中国老年医学学会脑血管病分会. 远隔缺血适应防治缺血性脑血管病中国专家共识[J]. *中华医学杂志*, 2021, 101(25): 1953-1967.
- [4] HOU C B, LAN J, LIN Y N, et al. Chronic remote ischaemic conditioning in patients with symptomatic intracranial atherosclerotic stenosis (the RICA trial): a multicentre, randomised, double-blind sham-controlled trial in China[J]. *Lancet Neurol*, 2022, 21(12): 1089-1098.
- [5] AN H, MA H R, WU C J, et al. Remote ischemic conditioning improves cerebral hemodynamics in symptomatic intracranial atherosclerosis: a PET/CT-guided randomized controlled study[J]. *J Neurosci Res*, 2024, 102(3): e25324.
- [6] XU J L, ZHANG Q, RAJAH G B, et al. Daily remote ischemic conditioning can improve cerebral perfusion and slow arterial progression of adult moyamoya disease—a randomized controlled study[J]. *Front Neurol*, 2022, 12: 811854.
- [7] DING J Y, SHANG S L, SUN Z S, et al. Remote ischemic conditioning for the treatment of ischemic moyamoya disease[J]. *CNS Neurosci Ther*, 2020, 26(5): 549-557.
- [8] SUN Y Y, ZHU H J, ZHAO R Y, et al. Remote ischemic conditioning attenuates oxidative stress and inflammation via the Nrf2/HO-1 pathway in MCAO mice[J]. *Redox Biol*, 2023, 66: 102852.
- [9] WAN Y X, TENG X F, LI S Y, et al. Application of transcranial Doppler in cerebrovascular diseases[J]. *Front Aging Neurosci*, 2022, 14: 1035086.
- [10] RAZUMOVSKY A Y, JAHANGIRI F R, BALZER J, et al. ASNM and ASN joint guidelines for transcranial Doppler ultrasonic monitoring: an update[J]. *J Neuroimaging*, 2022, 32(5): 781-797.
- [11] 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. 中国急性缺血性卒中诊治指南2023[J]. *中华神经科杂志*, 2024, 57(6): 523-559.
- [12] KAN X J, YAN Z Y, WANG F, et al. Efficacy and safety of remote ischemic conditioning for acute ischemic stroke: a comprehensive meta-analysis from randomized controlled trials[J]. *CNS Neurosci Ther*, 2023, 29(9): 2445-2456.
- [13] EGGER S T, BOBES J, SEIFRITZ E, et al. Functional transcranial Doppler: selection of methods for statistical analysis and representation of changes in flow velocity[J]. *Health Sci Rep*, 2021, 4(4): e400.
- [14] AYO-MARTIN O, GARCÍA-GARCÍA J, HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ F, et al. Cerebral hemodynamics in obesity: relationship with sex, age, and adipokines in a cohort-based study[J]. *GeroScience*, 2021, 43(3): 1465-1479.
- [15] MAGYAR-STANG R, PÁL H, CSÁNYI B, et al. Assessment of cerebral autoregulatory function and inter-hemispheric blood flow in older adults with internal carotid artery stenosis using transcranial Doppler sonography-based measurement of transient hyperemic response after carotid artery compression[J]. *GeroScience*, 2023, 45(6): 3333-3357.
- [16] HUANG S, JOSHI A, SHI Z Q, et al. Combined polygenic scores for ischemic stroke risk factors aid risk assessment of ischemic stroke[J]. *Int J Cardiol*, 2024, 404: 131990.
- [17] ANDONE S, FARCZÁDI L, IMRE S, et al. Serum fatty acids are associated with a higher risk of ischemic stroke[J]. *Nutrients*, 2023, 15(3): 585.
- [18] LIU W, MA X L, GU H Q, et al. Low estimated glomerular filtration rate explains the association between hyperhomocysteinemia and in-hospital mortality among patients with ischemic stroke/transient ischemic attack or intracerebral hemorrhage: results from the Chinese Stroke Center Alliance[J]. *Int J Stroke*, 2023, 18(3): 354-363.
- [19] LI B, KOU Y S, ZHANG L N, et al. Hyperhomocysteinemia-driven ischemic stroke: unraveling molecular mechanisms and therapeutic horizons[J]. *Food Sci Nutr*, 2025, 13(7): e70517.
- [20] YE Q, ZHAI F F, CHAO B H, et al. Rates of intravenous thrombolysis and endovascular therapy for acute ischaemic stroke in China between 2019 and 2020[J]. *Lancet Reg Health West Pac*, 2022, 21: 100406.
- [21] HILKENS N A, CASOLLA B, LEUNG T W, et al. Stroke[J]. *Lancet*, 2024, 403(10446): 2820-2836.
- [22] EMBERSON J, LEES K R, LYDEN P, et al. Effect of treatment delay, age, and stroke severity on the effects of intravenous thrombolysis with alteplase for acute ischaemic stroke: a meta-analysis of individual patient data from randomised trials[J]. *Lancet*, 2014, 384(9958): 1929-1935.
- [23] SAVER J L, GOYAL M, van der LUGT A, et al. Time to treatment with endovascular thrombectomy and outcomes from ischemic stroke: a meta-analysis[J]. *JAMA*, 2016, 316(12): 1279-1288.
- [24] CHEN H S, CUI Y, LI X Q, et al. Effect of remote ischemic conditioning vs usual care on neurologic function in patients with acute moderate ischemic stroke: the RICAMIS randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2022, 328(7): 627-636.
- [25] LIU L, SUN X Y, CUI C, et al. The efficacy of remote ischemic conditioning for outcomes in ischemic stroke patients with or without prior stroke: a post hoc analysis of the RICAMIS trial[J]. *Eur J Neurol*, 2025, 32(1): e70032.
- [26] GUO Z N, ABUDUXUKUER R, ZHANG P, et al. Safety and efficacy of remote ischemic conditioning in patients with intravenous thrombolysis: the SERIC-IVT trial[J]. *Stroke*, 2025, 56(2): 335-343.
- [27] BLAUENFELDT R A, HJORT N, VALENTIN J B, et al. Remote ischemic conditioning for acute stroke: the RESIST randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2023, 330(13): 1236-1246.

- [28] LI S J, XING X R, WANG L J, et al. Remote ischemic conditioning reduces adverse events in patients with acute ischemic stroke complicating acute myocardial infarction: a randomized controlled trial[J]. *Crit Care*, 2024, 28(1): 5.
- [29] ZHAO W B, LIU R, YU W T, et al. Elevated pulsatility index is associated with poor functional outcome in stroke patients treated with thrombectomy: a retrospective cohort study[J]. *CNS Neurosci Ther*, 2022, 28(10): 1568-1575.
- [30] SATO T, NIIJIMA A, ARAI A, et al. Middle cerebral artery pulsatility index correlates with prognosis and diastolic dysfunctions in acute ischemic stroke[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2022, 31(3): 106296.
- [31] HUANG S F, PEI S T, HAN Y Q, et al. The role of TCD in assessing postoperative collateral development and Long-Term clinical outcome in moyamoya disease[J]. *CNS Neurosci Ther*, 2025, 31(3): e70245.
- [32] BAKI E, KEHL V, TOPKA M, et al. Increased middle cerebral artery velocity predicts malignant media infarction after endovascular stroke thrombectomy[J]. *Ther Adv Neurol Disord*, 2025, 18: 17562864251374935.
- [33] WANG Y, WANG Y H, CHEN H S. Dynamic transcranial Doppler monitoring predicts intracranial hemorrhage in patients with anterior circulation large vessel occlusion after endovascular treatment[J/OL]. *J Neurointerv Surg*. (2025-07-30) [2025-09-20]. <https://doi.org/10.1136/jnis-2025-023629>.
- [34] ZHANG J, WANG L J, CHEN Y, et al. Non-invasive detection of diffuse intracranial vertebrobasilar artery stenosis: a prospective comparison with digital subtraction angiography[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2022, 48(3): 554-564.
- [35] JAZAYERI S B, SABAYAN B, PIRAHANCHI Y, et al. Transcranial doppler (TCD) in predicting outcomes following successful mechanical thrombectomy of large vessel occlusions in anterior circulation: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Neurointerv Surg*, 2025, 17(12): 1325-1332.
- [36] CUI Y, CHEN Y N, NGUYEN T N, et al. Duration of remote ischemic conditioning and outcome in acute ischemic stroke[J]. *J Am Heart Assoc*, 2024, 13(7): e033609.

(张蕾 编辑)

**本文引用格式:** 谭佳妮, 陈禹, 胡婉华, 等. 远隔缺血适应对急性缺血性脑卒中患者脑血流动力学及近期预后的影响[J]. *中国现代医学杂志*, 2026, 36(5): 20-26.

**Cite this article as:** TAN J N, CHEN Y, HU W H, et al. Effects of remote ischemic conditioning on cerebral hemodynamics and short-term prognosis in patients with acute ischemic stroke[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2026, 36(5): 20-26.