

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2025.05.013

文章编号: 1005-8982 (2025) 05-0078-06

临床研究·论著

## 血清HIF-1 $\alpha$ 、NSE、Hcy水平与急性缺血性脑卒中介入手术患者神经功能的关系\*

王高临, 李斌, 韩桂浩, 马继光

(聊城第二人民医院 神经内科, 山东 聊城 252601)

**摘要:** **目的** 分析血清缺氧诱导因子-1 $\alpha$  (HIF-1 $\alpha$ )、神经元特异性烯醇化酶 (NSE)、同型半胱氨酸 (Hcy) 水平与急性缺血性脑卒中 (AIS) 介入手术患者神经功能的关系。**方法** 回顾性分析2022年1月—2024年5月聊城第二人民医院收治的96例AIS介入手术患者的临床资料。依据介入治疗6个月后美国国立卫生院神经功能缺损 (NIHSS) 评分分为恢复良好组 (NIHSS 评分 < 15分) 与恢复不佳组 (NIHSS 评分  $\geq$  15分)。统计患者的神经功能情况。比较两组的基线资料及血清 HIF-1 $\alpha$ 、NSE、Hcy 水平。采用多因素一般 Logistic 回归模型分析 AIS 介入手术患者神经功能的影响因素。绘制受试者工作特征 (ROC) 曲线分析血清 HIF-1 $\alpha$ 、NSE、Hcy 对 AIS 介入手术患者神经功能缺损恢复不佳的预测价值。**结果** 96例AIS介入手术患者中27例NIHSS评分 $\geq$ 15分。恢复不佳组血脂异常率及颈动脉狭窄占比、血清NSE、Hcy水平均高于恢复良好组 ( $P < 0.05$ ); 血清HIF-1 $\alpha$ 水平低于恢复良好组 ( $P < 0.05$ )。多因素一般Logistic回归分析结果显示: 合并血脂异常 [ $\hat{OR} = 2.950$  (95% CI: 1.039, 8.378)]、颈动脉狭窄 [ $\hat{OR} = 2.560$  (95% CI: 1.029, 6.367)]、低HIF-1 $\alpha$ 水平 [ $\hat{OR} = 0.144$  (95% CI: 0.049, 0.420)]、高NSE水平 [ $\hat{OR} = 1.215$  (95% CI: 1.074, 1.374)]、高Hcy水平 [ $\hat{OR} = 1.466$  (95% CI: 1.220, 1.760)]均为AIS介入手术患者神经功能缺损恢复不佳的危险因素 ( $P < 0.05$ )。ROC曲线分析结果显示: HIF-1 $\alpha$ 、NSE、Hcy联合预测AIS介入手术患者神经功能缺损恢复不佳的曲线下面积为0.954 (95% CI: 0.901, 1.000), 敏感性为92.60% (95% CI: 0.905, 1.000), 与单一指标的曲线下面积及敏感性相比, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 而与单一指标的特异性相比, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。**结论** 血清HIF-1 $\alpha$ 水平越低, NSE、Hcy水平越高, AIS介入手术患者神经功能缺损恢复越不好, 三者联合具有较高的预测效能。

**关键词:** 急性缺血性脑卒中; 缺氧诱导因子-1 $\alpha$ ; 神经元特异性烯醇化酶; 同型半胱氨酸; 介入手术; 神经功能

中图分类号: R743.3

文献标识码: A

## Association of serum HIF-1 $\alpha$ , NSE, and Hcy levels with neurological function in acute ischemic stroke patients undergoing endovascular surgery\*

Wang Gao-lin, Li Bin, Han Gui-hao, Ma Ji-guang

(Department of Neurology, Liaocheng Second People's Hospital, Liaocheng, Shandong 252601, China)

**Abstract:** **Objective** To analyze the correlation between serum hypoxia-inducible factor-1 $\alpha$  (HIF-1 $\alpha$ ), neuron-specific enolase (NSE), homocysteine (Hcy) levels and neurological function in acute ischemic stroke (AIS) patients undergoing endovascular surgery. **Methods** Clinical data of 96 AIS patients who underwent endovascular surgery at Liaocheng Second People's Hospital from January 2022 to May 2024 were retrospectively analyzed.

收稿日期: 2024-11-11

\* 基金项目: 山东省医药卫生科技发展计划项目 (No: 2021BJ000028)

Patients were divided into a good recovery group (National Institutes of Health Stroke Scale [NIHSS] score < 15) and a poor recovery group (NIHSS score  $\geq$  15) based on 6-month postoperative outcomes. Baseline characteristics and serum HIF-1 $\alpha$ , NSE, and Hcy levels were compared between groups. Multivariate logistic regression identified predictors of neurological outcomes, and receiver operating characteristic (ROC) curves assessed the predictive value of these biomarkers. **Results** Among 96 patients, 27 had NIHSS scores  $\geq$  15. The poor recovery group exhibited higher rates of dyslipidemia ( $P < 0.05$ ), carotid stenosis ( $P < 0.05$ ), and elevated serum NSE ( $P < 0.05$ ) and Hcy levels ( $P < 0.05$ ), but lower HIF-1 $\alpha$  levels ( $P < 0.05$ ). Multivariate analysis identified independent risk factors for poor neurological recovery: dyslipidemia [ $\hat{OR} = 2.950$  (95% CI: 1.039, 8.378)], carotid stenosis [ $\hat{OR} = 2.560$  (95% CI: 1.029, 6.367)], low HIF-1 $\alpha$  [ $\hat{OR} = 0.144$  (95% CI: 0.049, 0.420)], high NSE [ $\hat{OR} = 1.215$  (95% CI: 1.074, 1.374)], and high Hcy [ $\hat{OR} = 1.466$  (95% CI: 1.220, 1.760)] (all  $P < 0.05$ ). ROC analysis demonstrated that combined HIF-1 $\alpha$ , NSE, and Hcy achieved an AUC of 0.954 (95% CI: 0.901, 1.000) for predicting poor recovery, with 92.60% sensitivity (95% CI: 0.905, 1.000). The combined model showed significantly higher AUC and sensitivity than individual biomarkers ( $P < 0.05$ ), but comparable specificity ( $P > 0.05$ ). **Conclusion** Lower serum HIF-1 $\alpha$  and elevated NSE/Hcy levels correlate with poorer neurological recovery in AIS patients post-endovascular surgery. The combined biomarkers exhibit strong predictive utility.

**Keywords:** acute ischemic stroke; hypoxia-inducible factor-1 $\alpha$ ; neuron-specific enolase; homocysteine; endovascular surgery; neurological function

急性缺血性脑卒中 (acute ischemic stroke, AIS) 是由脑部血流突然中断引起的脑功能缺损,通常表现为突发的神经功能缺损,其高发病率和致残性给全球公共卫生带来巨大的负担<sup>[1]</sup>。随着医疗技术的进步,介入手术已成为治疗 AIS 的有效手段之一,但患者术后神经功能恢复的差异依然较大。因此,寻找能够预测患者术后神经功能恢复的生物标志物,具有重要的临床意义。缺氧诱导因子-1 $\alpha$  (hypoxia inducible factor-1 $\alpha$ , HIF-1 $\alpha$ ) 是一种在缺氧条件下发挥重要作用的转录因子,能够调控多种与缺氧应答相关的基因,其在 AIS 患者中的表达增加,可能与神经保护机制和脑组织再生密切相关<sup>[2-3]</sup>。神经元特异性烯醇化酶 (neuron specific enolase, NSE) 是神经元中特有的酶,主要存在于神经细胞中,当神经元受损或死亡时, NSE 被释放到血液中,使其水平升高,故其被认为是一种可靠的神经损伤标志物<sup>[4-5]</sup>。同型半胱氨酸 (Homocysteine, Hcy) 是一种含硫氨基酸,高水平的 Hcy 已被证实是 AIS 的一个独立危险因素,且与卒中的严重程度和预后密切相关<sup>[6-7]</sup>。因此,探索 HIF-1 $\alpha$ 、NSE、Hcy 水平与 AIS 患者神经功能恢复之间的关系,有助于深入理解脑卒中后的生理机制,为临床医生提供潜在的早期诊断工具,为个体化治疗和预后评估提供依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

回顾性分析 2022 年 1 月—2024 年 5 月聊城第二人民医院 96 例 AIS 介入手术患者的临床资料。纳入标准:①符合《中国急性缺血性脑卒中诊治指南》<sup>[8]</sup>中 AIS 的诊断标准,经计算机体层成像 (computed tomography, CT) 或磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 检查确诊;②符合介入手术指征<sup>[9]</sup>,并行介入取栓治疗;③首次发病,病程 < 1 d;④无深度昏迷、高血压脑出血;⑤近 2 周末服用过免疫抑制剂或他汀类药物;⑥精神正常,依从性良好;⑦临床资料完整。排除标准:①大面积脑梗死;②近 4 周有过颅脑手术史;③存在其他脑部疾病,如脑出血等;④合并血液疾病或凝血障碍;⑤存在自身免疫性疾病;⑥存在严重心肺、肝肾脏器障碍;⑦过敏体质;⑧合并恶性肿瘤;⑨失访。

### 1.2 介入取栓治疗及神经功能评估

X 射线透视下,导管从股动脉进入颈部血管,对脑部动脉行血管造影,以明确病变部位,而后通过微导管放置取栓装置,放置 5 ~ 10 min 以充分嵌合支架与血栓,拉出取栓装置和微导管,合并狭窄者给予球囊扩张成形术,术中使用脑保护装置,确保颈动脉内无充盈缺损后回收,血管造影确认效

果满意后术毕,继续服用阿司匹林肠溶片、硫酸氢氯吡格雷片 6 个月。于介入治疗 6 个月后,采用美国国立卫生研究院卒中量表(National Institutes of Health Stroke Scales, NHSS)<sup>[10]</sup>评分评估神经功能缺损恢复情况,总分 0~42 分,分数越高,神经功能缺损越严重。依据 NHSS 评分分为恢复良好组(NHSS 评分<15 分)与恢复不佳组(NHSS 评分≥15 分)。

### 1.3 基本资料收集

收集患者入院时的性别、年龄、吸烟史、饮酒史、合并症(高血压、糖尿病、冠心病、血脂异常、颈动脉狭窄)、病因 TOAST 分型(大动脉粥样硬化、心源性、小动脉闭塞、其他、原因不明)、介入手术方式(支架辅助下取栓术、球囊扩张术、支架植入术)、发病至入院时间、病变部位(基底核、脑叶、丘脑、其他)。

### 1.4 血清 HIF-1 $\alpha$ 、NSE、Hcy 水平检测

入院第 2 天,抽取肘静脉血 9 mL, 3 500 r/min 离心 15 min,分离上层血清,保存待测,用酶联免疫吸附试验(enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA)测定 HIF-1 $\alpha$  水平,磁微粒化学发光法测定 NSE 水平,酶循环法测定 Hcy 水平。试剂盒均购自浙江美迪生物科技有限公司。

### 1.5 观察指标

记录所有患者的神经功能情况,比较恢复良好组与恢复不佳组的基线资料及血清 HIF-1 $\alpha$ 、NSE、Hcy 水平,分析 AIS 介入手术患者神经功能的影响因素及血清 HIF-1 $\alpha$ 、NSE、Hcy 水平对 AIS 介入手术患者神经功能缺损恢复不佳的预测价值。

### 1.6 统计学方法

数据分析采用 SPSS 26.0 统计软件。计数资料以构成比或率(%)表示,比较用  $\chi^2$  检验;计量资料以均数  $\pm$  标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,比较用  $t$  检验。影响因素的分析采用多因素一般 Logistic 回归模型;绘制受试者工作曲线(receiver operating characteristic, ROC)。  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 患者的神经功能情况

96 例 AIS 介入手术患者中有 27 例 NHSS 评分  $\geq$  15 分(恢复不佳组),69 例 NHSS 评分  $<$  15 分(恢复良好组)。

### 2.2 恢复良好组和恢复不佳组的单因素分析

恢复不佳组与恢复良好组血脂异常、颈动脉狭窄,以及血清 NSE、Hcy 和 HIF-1 $\alpha$  水平比较,经  $\chi^2$  或  $t$  检验,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ );恢复不佳组血脂异常、颈动脉狭窄,以及血清 NSE、Hcy 水平均高于恢复良好组,血清 HIF-1 $\alpha$  水平低于恢复良好组。恢复不佳组与恢复良好组性别构成、年龄、吸烟史、饮酒史、合并高血压、合并糖尿病、合并冠心病、病因 TOAST 分型、介入手术方式、发病至入院时间、病变部位比较,经  $\chi^2$  或  $t$  检验,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 1。

### 2.3 AIS 介入手术患者神经功能缺损恢复不佳的多因素一般 Logistic 回归分析

以神经功能缺损恢复情况(恢复良好=0,恢复不佳=1)为因变量,血脂异常(无=0,有=1)、颈动脉狭窄(无=0,有=1)、HIF-1 $\alpha$ 、NSE、Hcy(均赋值实测值)为自变量,进行多因素一般 Logistic 回归分析,结果显示:合并血脂异常[OR = 2.950 (95% CI: 1.039, 8.378)]、颈动脉狭窄[OR = 2.560 (95% CI: 1.029, 6.367)]、低 HIF-1 $\alpha$  水平[OR = 0.144 (95% CI: 0.049, 0.420)]及高 NSE 水平[OR = 1.215 (95% CI: 1.074, 1.374)]和高 Hcy 水平[OR = 1.466 (95% CI: 1.220, 1.760)]均为 AIS 介入手术患者神经功能缺损恢复不佳的危险因素( $P < 0.05$ )。见表 2。

### 2.4 HIF-1 $\alpha$ 、NSE、Hcy 对 AIS 介入手术患者神经功能缺损恢复不佳的预测价值

HIF-1 $\alpha$ 、NSE、Hcy 联合预测 AIS 介入手术患者神经功能缺损恢复不佳的曲线下面积为 0.954 (95% CI: 0.901, 1.000),敏感性为 92.60% (95% CI: 0.905, 1.000),与单一指标的曲线下面积及敏感性相比,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),而特异性与单一指标相比,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 3 和图 1。

表 1 恢复不佳组与恢复良好组临床资料比较

组别	n	男/女/ 例	年龄/ (岁, $\bar{x} \pm s$ )	吸烟史 例(%)	饮酒史 例(%)	合并症 例(%)				
						高血压	糖尿病	冠心病	血脂异常	颈动脉狭窄
恢复不佳组	27	16/11	65.27 $\pm$ 6.14	8(29.63)	3(11.11)	13(48.15)	10(37.04)	8(29.63)	9(33.33)	16(59.26)
恢复良好组	69	46/23	62.99 $\pm$ 6.35	14(20.29)	5(7.25)	23(33.33)	15(21.74)	11(15.94)	10(14.49)	25(36.23)
$\chi^2/t$ 值		0.466	1.596	0.958	0.379	1.817	2.358	2.290	4.339	4.206
P 值		0.495	0.114	0.328	0.538	0.178	0.125	0.130	0.037	0.040

组别	病因 TOAST 分型 例(%)					介入手术方式 例(%)		
	大动脉粥样硬化	心源性	小动脉闭塞	其他	原因不明	支架辅助下取栓术	球囊扩张术	支架植入术
恢复不佳组	18(66.67)	4(14.81)	3(11.11)	1(3.70)	1(3.70)	8(29.63)	10(37.04)	9(33.33)
恢复良好组	43(62.32)	10(14.49)	8(11.59)	5(7.25)	3(4.35)	25(36.23)	20(28.99)	24(34.78)
$\chi^2/t$ 值			0.472				0.661	
P 值			0.976				0.719	

组别	发病至入院/ (h, $\bar{x} \pm s$ )	病变部位 例(%)				血清指标		
		基底核	脑叶	丘脑	其他	HIF-1 $\alpha$ / (pg/L, $\bar{x} \pm s$ )	NSE/ ( $\mu$ g/L, $\bar{x} \pm s$ )	Hcy/ (mmol/mL, $\bar{x} \pm s$ )
恢复不佳组	9.63 $\pm$ 1.21	13(48.15)	4(14.81)	9(33.33)	1(3.70)	12.65 $\pm$ 3.12	21.62 $\pm$ 4.15	19.72 $\pm$ 3.68
恢复良好组	9.19 $\pm$ 1.18	36(52.17)	8(11.59)	21(30.43)	4(5.80)	27.69 $\pm$ 5.23	18.35 $\pm$ 4.26	15.41 $\pm$ 3.25
$\chi^2/t$ 值	1.631		0.438			17.335	3.406	5.627
P 值	0.106		0.932			0.000	0.001	0.000

表 2 AIS 介入手术患者神经功能缺损恢复不佳的多因素一般 Logistic 回归分析参数

因素	b	S <sub>b</sub>	Wald $\chi^2$	P 值	OR	95% CI	
						下限	上限
血脂异常	1.082	0.533	4.126	0.042	2.950	1.039	8.378
颈动脉狭窄	0.940	0.465	4.088	0.043	2.560	1.029	6.367
HIF-1 $\alpha$	-1.941	0.358	29.396	0.000	0.144	0.049	0.420
NSE	0.194	0.063	9.529	0.002	1.215	1.074	1.374
Hcy	0.382	0.093	16.729	0.000	1.466	1.220	1.760

表 3 HIF-1 $\alpha$ 、NSE、Hcy 对 AIS 介入手术患者神经功能缺损恢复不佳的预测效能

指标	截断值	曲线下面积	95% CI		敏感性/%	95% CI		特异性/%	95% CI	
			下限	上限		下限	上限		下限	上限
HIF-1 $\alpha$	17.79 pg/L	0.843	0.762	0.895	82.60	0.7325	0.884	71.00	0.623	0.792
NSE	19.18 $\mu$ g/L	0.710	0.595	0.825	78.90	0.715	0.852	89.90	0.813	0.935
Hcy	16.99 mol/mL	0.800	0.708	0.892	86.30	0.853	0.891	49.30	0.436	0.572
三项联合	-	0.954	0.901	1.000	92.60	0.905	1.000	44.90	0.385	0.534

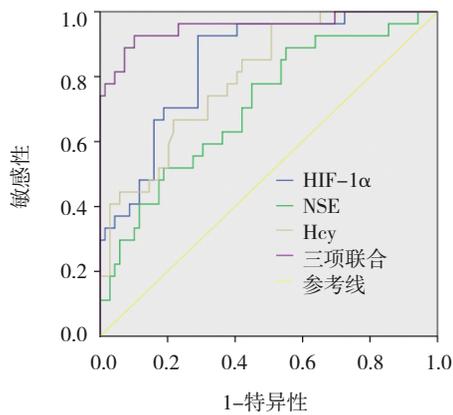


图1 HIF-1 $\alpha$ 、NSE、Hcy预测AIS介入手术患者神经功能缺损恢复不佳的ROC曲线

### 3 讨论

AIS是一种常见且严重的脑血管疾病,具有高发率、高致残率和高病死率的特点,且随着人口老龄化和生活方式变化,AIS的发病率预计将继续上升<sup>[1]</sup>。而介入手术是治疗急性缺血性脑卒中的有效手段之一,但术后患者的神经功能恢复情况仍然是一个亟待解决的问题,这对于改善预后具有重要的临床意义。

HIF-1 $\alpha$ 在急性缺血性脑卒中疾病中起着重要作用,在低氧条件下,其稳定性和转录活性显著增加,能够调节促红细胞生成素、血管内皮生长因子等一系列基因的表达,参与能量代谢、血管生成、红细胞生成、细胞自噬及凋亡等途径,进而影响AIS的病理过程<sup>[12-13]</sup>。有研究表明,HIF-1 $\alpha$ 水平上升与脑卒中的神经保护机制相关,其有助于局部脑组织的适应性改变和修复,故认为HIF-1 $\alpha$ 的高表达与较好的神经功能恢复相关<sup>[14]</sup>。NSE最初在肌肉提取物中3-磷酸甘油酸转化为丙酮酸的过程中被发现,在神经元中特异性表达,是神经元损伤和死亡的敏感标志物<sup>[15-16]</sup>。当神经元受到损伤时,NSE会被释放到血液中,在AIS患者中,血清NSE水平升高与梗死面积和神经功能缺损程度相关,其浓度的变化可以反映神经元损伤的严重程度<sup>[17-18]</sup>。Hcy在蛋白质合成和代谢过程中起着重要作用,其水平与AIS的发生、发展密切相关,较高的Hcy水平不仅与脑卒中的发生密切相关,还可能影响卒中后的神经功能恢复<sup>[19-20]</sup>。故而本研究通过分析上述指标与AIS介入手术患者神经功能的关系,以便于帮助识别高危患者,及早干预,提高患者的预后。

本研究中96例患者中有27例(28.13%)神经功能缺损恢复不佳,表明AIS介入手术患者中具有较高的概率出现因神经功能恢复不佳而引起后遗症,且与恢复良好组相比,恢复不佳组的血清NSE、Hcy水平更高,HIF-1 $\alpha$ 水平更低,多因素一般Logistic回归分析表明,HIF-1 $\alpha$ 为神经功能恢复的保护因素,NSE、Hcy为神经功能恢复的独立危险因素,此外ROC曲线分析结果显示:三者联合可明显提高对AIS介入手术患者神经功能的预测效能。笔者分析:HIF-1 $\alpha$ 可提供神经保护作用,能够改善缺血区域的血液供应和细胞存活,提高神经功能恢复的可能性<sup>[21-22]</sup>,其水平升高,说明这些患者的神经保护反应较强,能够更好地适应缺血环境,从而实现更好的神经功能恢复,反之,其水平降低则无法促进神经功能恢复,导致神经功能恢复不佳。NSE能够反映出脑组织的损伤程度,帮助评估神经损伤的严重性<sup>[23-24]</sup>,较高的NSE水平表明神经元的损伤较严重,脑组织的损伤更广泛,且损伤难以恢复,故神经功能恢复较差。Hcy能揭示血管损伤和血栓形成的风险<sup>[25]</sup>,高Hcy水平意味着患者的血管健康较差,血液循环恢复困难,导致神经功能恢复受限。三者联合使用时可以显著提高对神经功能恢复的预测效能。

综上所述,低HIF-1 $\alpha$ 水平,高NSE、Hcy水平,更容易影响AIS介入手术患者神经功能恢复,三者联合使用能够综合评估神经功能恢复的多方面因素,提高预测准确性,有助于临床制订更精准的治疗策略。

### 参 考 文 献 :

- [1] HERPICH F, RINCON F. Management of acute ischemic stroke [J]. Crit Care Med, 2020, 48(11): 1654-1663.
- [2] 许骏如,王培,张蓓蓓. 纤溶酶联合丹红注射液治疗急性缺血性脑血管病患者脑血流参数及血清HIF-1 $\alpha$ 、copeptin水平的影响[J]. 脑与神经疾病杂志, 2024, 32(8): 504-508.
- [3] AMALIA L, SADELI H A, PARWATI I, et al. Hypoxia-inducible factor-1 $\alpha$  in acute ischemic stroke: neuroprotection for better clinical outcome[J]. Heliyon, 2020, 6(6): e04286.
- [4] 陶晓琳,李红,马将. rTMS对缺血性脑卒中患者血清MMP-9、Ang-I与NSE水平变化的影响[J]. 分子诊断与治疗杂志, 2024, 16(5): 817-820.
- [5] GAO L F, XIE J L, ZHANG H Q, et al. Neuron-specific enolase in hypertension patients with acute ischemic stroke and its value forecasting long-term functional outcomes[J]. BMC Geriatr, 2023, 23(1): 294.

- [6] 汪文静,李丽娜,王继存.血清Hcy、CysC、D-D水平与急性缺血性脑卒中患者病情及静脉溶栓后短期预后的关系研究[J].医学分子生物学杂志,2024,21(4):380-385.
- [7] SHI M Y, ZHENG J, LIU Y, et al. Folate, homocysteine, and adverse outcomes after ischemic stroke[J]. J Am Heart Assoc, 2024, 13(19): e036527.
- [8] 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(9):666-682.
- [9] 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,中华医学会神经病学分会神经血管介入协作组.中国急性缺血性脑卒中早期血管内介入诊疗指南2018[J].中华神经科杂志,2018,51(9):683-691.
- [10] VERNINO S, BOURNE K M, STILES L E, et al. Postural orthostatic tachycardia syndrome (POTS): state of the science and clinical care from a 2019 National Institutes of Health Expert Consensus Meeting - part 1[J]. Auton Neurosci, 2021, 235: 102828.
- [11] WALTER K. What is acute ischemic stroke?[J]. JAMA, 2022, 327(9): 885.
- [12] 郑圆,王萱,陈芳芳,等.颅内血管介入联合依达拉奉右莰醇注射液对老年急性缺血性脑血管病的临床研究[J].中国急救复苏与灾害医学杂志,2024,19(2):203-206.
- [13] TSAO C C, BAUMANN J, HUANG S F, et al. Pericyte hypoxia-inducible factor-1 (HIF-1) drives blood-brain barrier disruption and impacts acute ischemic stroke outcome[J]. Angiogenesis, 2021, 24(4): 823-842.
- [14] 张小良,高赛红,杨迎春,等.白藜芦醇通过上调HIF-1 $\alpha$ /BNIP3通路诱导自噬而减轻大鼠脑缺血再灌注损伤[J].中国病理生理杂志,2024,40(7):1253-1260.
- [15] KURAKINA A S, SEMENOVA T N, GUZANOVA E V, et al. Prognostic value of investigating neuron-specific enolase in patients with ischemic stroke[J]. Sovrem Tekhnologii Med, 2021, 13(2): 68-72.
- [16] 刘洋,王妍,滕玉欢,等.血清NSE、Hcy及GAP-43水平与老年缺血性脑卒中的相关性[J].中国老年学杂志,2023,43(20):4885-4887.
- [17] KOROLEVA E S, BRAZOVSKAYA N G, LEVCHUK L A, et al. Assessment of the levels of neuron-specific enolase and BDNF at the stages of rehabilitation in the acute and early recovery periods of ischemic stroke[J]. Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova, 2020, 120(8. Vyp. 2): 30-36.
- [18] 牛莉莉,王亚萍,张英,等.缺血性脑卒中SD大鼠血清、脑脊液中NSE、MBP水平及其与神经功能缺损评分和脑梗死体积的相关性[J].检验医学与临床,2024,21(15):2226-2229.
- [19] DONG W C, GUO J L, XU L, et al. Impact of homocysteine on acute ischemic stroke severity: possible role of aminothiols redox status[J]. BMC Neurol, 2024, 24(1): 175.
- [20] 李寅珍,张晶文,郑永强.血清Hcy、hs-CRP、CysC水平在缺血性脑卒中患者脑微出血发生及预后中的应用[J].中国老年学杂志,2023,43(4):798-802.
- [21] 马孝天,邢博萍,靳瑜,等.NLR、HIF-1 $\alpha$ 、PTX3对前循环卒中患者机械取栓术后发生恶性脑水肿的预测价值[J].中国医师杂志,2024,26(6):915-918.
- [22] 张玉琴,李亚男,冯怡,等.栝楼桂枝颗粒通过HIF-1 $\alpha$ -Netrin-1-UNC5B/VEGF促进大鼠脑缺血后血管生成和神经功能恢复的研究[J].中药药理与临床,2024,40(7):16-20.
- [23] 李晶晶,卢志华,王可可,等.血清HIF-1 $\alpha$ 、NSE、GFAP及相关临床特征与新生儿缺氧缺血性脑病发生风险的关系分析[J].中国现代医学杂志,2024,34(7):73-78.
- [24] 苗蔚,张松,唐思远,等.脑颈一体化超声结合血清NSE对急性脑梗死神经功能预后的预测研究[J].影像科学与光化学,2024,42(4):392-398.
- [25] 陆景红,王训.MTHFR基因多态性对脑梗死患者阿替普酶静脉溶栓后出血性转化的影响[J].中国现代医学杂志,2024,34(4):66-71.

(张西倩 编辑)

**本文引用格式:** 王高临,李斌,韩桂浩,等.血清HIF-1 $\alpha$ 、NSE、Hcy水平与急性缺血性脑卒中介入手术患者神经功能的关系[J].中国现代医学杂志,2025,35(5):78-83.

**Cite this article as:** WANG G L, LI B, HAN G H, et al. Association of serum HIF-1 $\alpha$ , NSE, and Hcy levels with neurological function in acute ischemic stroke patients undergoing endovascular surgery[J]. China Journal of Modern Medicine, 2025, 35(5): 78-83.