

3D-DSA 联合 overlay 引导下介入手术对颅内动脉瘤的应用价值及预后分析*

李天博¹ 费嘉闻¹ 刘波² 熊雄¹

(1. 海军军医大学第一附属医院放射诊断科, 上海 200082; 2. 西门子医疗系统有限公司临床治疗系统, 四川 成都 610000)

【摘要】 目的 探讨三维数字减影血管造影(3D-DSA)联合 overlay 引导下介入手术对颅内动脉瘤的应用价值, 并分析其对预后的影响。方法 回顾性分析 2021 年 1 月—2024 年 12 月在海军军医大学第一附属医院接受动脉瘤介入治疗的患者 100 例。根据是否在术中使用 overlay 技术将患者分为联合组和未联合组, 每组 50 例。对比两组患者的围术期相关指标、动脉瘤栓塞程度, 并记录术后并发症发生情况。随访 6 个月, 使用改良 Rankin 量表(mRS)及格拉斯哥预后量表(GOS)评估患者预后情况。结果 联合组患者的手术时间及住院时间均短于未联合组, 造影剂用量、辐射剂量均少于未联合组($P < 0.05$)。联合组与未联合组患者动脉瘤栓塞程度比较差异有统计学意义($P < 0.05$)。两组患者短暂性出血、血管痉挛、脑积水、颅内感染等术后并发症发生率比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。术后 6 个月, 联合组患者的 mRS 量表及 GOS 量表评分均优于未联合组($P < 0.05$)。结论 3D-DSA 联合 overlay 引导下介入手术可缩短颅内动脉瘤患者手术时间及住院时间, 减少造影剂用量、辐射剂量, 具有较好的手术效果, 且具有一定安全性。

【关键词】 三维数字减影血管造影; overlay; 颅内动脉瘤; 应用价值; 预后

【中图分类号】 R743.3 **【文献标志码】** A **DOI:**10.3969/j.issn.1672-3511.2026.06.009

3D-DSA combined with overlay navigation in endovascular surgery for intracranial aneurysms: clinical value and prognostic analysis

LI Tianbo¹, FEI Jiawen¹, LIU Bo², XIONG Xiong¹

(1. Department of Radiological Diagnosis, The First Affiliated Hospital of Naval Medical University, Shanghai 200082, China;
2. Siemens Medical Systems Co., LTD. Clinical Treatment System, Chengdu 610000, China)

【Abstract】 **Objective** To explore the clinical value of endovascular surgery guided by 3D-DSA combined with overlay navigation for intracranial aneurysms and assess its impact on patient prognosis. **Methods** A retrospective analysis was conducted on 100 patients who underwent endovascular treatment for intracranial aneurysms in First Affiliated Hospital of Naval Medical University from January 2021 to December 2024. Patients were divided into a combined group ($n=50$) and a non-combined group ($n=50$) based on whether overlay technology was used intraoperatively. Perioperative parameters (operative time, hospitalization duration, intraoperative contrast agent dosage, radiation exposure), aneurysm occlusion degree, and postoperative complications (transient hemorrhage, vasospasm, hydrocephalus, intracranial infection) were compared between the two groups. A 6-month follow-up was conducted, and patient outcomes were evaluated using the modified Rankin Scale (mRS) and Glasgow Outcome Scale (GOS). **Results** The combined group exhibited significantly shorter operative and hospitalization times, as well as reduced intraoperative blood loss, contrast agent usage, and radiation exposure compared to the non-combined group ($P < 0.05$). Aneurysm occlusion degree was significantly better in the combined group ($P < 0.05$). No significant difference was observed in postoperative complication rates between the two groups ($P > 0.05$). At 6 months post-surgery, the combined group demonstrated superior mRS and GOS scores compared to the non-combined group ($P < 0.05$). **Conclusion** Endovascular surgery guided by 3D-DSA combined

基金项目: 2025 年度上海市海军军医大学科研项目(PGQ2024201)

通信作者: 熊雄, E-mail: renbuf2@163.com

引用本文: 李天博, 费嘉闻, 刘波, 等. 3D-DSA 联合 overlay 引导下介入手术对颅内动脉瘤的应用价值及预后分析[J]. 西部医学, 2026, 38(6):

830-834. DOI:10.3969/j.issn.1672-3511.2026.06.009

with overlay navigation can shorten operative and hospitalization times, reduce contrast agent dosage, and radiation exposure, while achieving favorable clinical outcomes with acceptable safety for patients with intracranial aneurysms.

【Key words】 3D-DSA; Overlay navigation; Intracranial aneurysm; Clinical value; Prognosis

颅内动脉瘤是一种常见的脑血管疾病,主要表现为动脉血管壁向外异常扩张膨出,破裂后可引发蛛网膜下腔出血,致死、致残率极高^[1]。传统的开颅夹闭术因创伤大、手术时间长,患者较难接受,而介入栓塞术采用微创技术,创伤小、术后恢复快,因此逐渐成为了一线治疗手段^[2-3]。虽然随着介入技术与介入材料的不断发展,颅内动脉瘤介入治疗的安全性与有效性得到了提高,但是术中导管路径偏差、器械定位不精准等问题仍可能导致动脉瘤残留、复发或血管损伤,直接影响手术效果及患者预后^[4]。为了提升手术精准性,多种影像监测手段被应用于介入治疗中。其中,三维数字减影血管造影(Three dimensional digital subtraction angiography, 3D-DSA)技术是通过多角度旋转造影及三维重建呈现解剖信息的一种造影方法,可清晰显示血管解剖结构,为治疗路径规划提供重要依据^[5]。然而,在实际应用中,术者需依赖静态图像调整导管位置,易因血管重叠、路径偏离等增加手术时间及造影剂用量^[6]。overlay 技术可将减影生成的血管路径图以透明层叠加于实时透视图像,实现导管与血管路径的动态可视化导航^[7]。研究^[7]表明,overlay 技术可减少术中造影剂用量、缩短操作时间,并降低复杂动脉瘤的治疗风险。目前尚缺乏对 3D-DSA 与 overlay 技术联合应用于颅内动脉瘤介入治疗的研究。基于此,本研究回顾性分析 3D-DSA 联合 overlay 引导下介入手术对颅内动脉瘤的应用价值及预后差异,以期优化颅内动脉瘤介入治疗提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析 2021 年 1 月—2024 年 12 月在海军军医大学第一附属医院接受颅内动脉瘤介入治疗的患者 100 例。根据是否在术中使用 overlay 技术将患者分为联合组和未联合组,每组 50 例。纳入标准:①均符合颅内动脉瘤诊断标准^[8]。②入院后均经血管造影(DSA)检查证实存在颅内动脉瘤。③均行介入治疗。④均签署知情同意书。排除标准:①临床资料不完整。②对造影剂过敏等禁忌症。③未进行手术治疗的颅内动脉瘤患者。④入院前已进行手术治疗的颅内动脉瘤患者。⑤合并颅内血管畸形、烟雾病、动静脉瘘等。本研究已获得海军军医大学第一附属医院伦理委员会批准(PZSHUTCM 2307160005)。

1.2 方法 术前通过德国西门子医疗系统有限公司

的 DSA 系统 (AXIOM Artis zee Biplane) 明确动脉瘤的位置、大小、形态及载瘤动脉解剖结构,患者行全身麻醉、气管插管、全身肝素化,置 Guiding 导管于颈内动脉近端,DSA 再次确认动脉瘤形态及大小,依据瘤体位置及大小情况选择合适尺寸大小的弹簧圈。未联合组仅基于 3D-DSA 影像,选择合适的工作角度,将导管接近目标血管时,注入少量造影剂冻结基像,将造影剂浓度最高、血管显影最清晰的一帧设为“Mask 像”,启用二维 roadmap 路图功能,医师通过二维导航图像进行器械操作。而联合组则是利用 3D-DSA 影像基于 DSA 算法配准或人工配准后将 3D-DSA 影像叠加于实时透视进行三维路径图引导,医师通过实时导航图像进行器械操作。两组患者均行常规术后管理,包括抗血小板/抗凝治疗、血压控制及神经功能监测等。

1.3 观察指标 ①围术期相关指标:记录两组患者的手术时间、造影剂用量、住院时间。②动脉瘤栓塞程度的比较:术后参考 Raymond 分级法^[9]评估即刻栓塞效果,由 3 名经验丰富的医师共同对治疗效果进行评价,评估时对患者的临床资料和治疗分组情况保持盲态,Ⅰ级(完全闭塞):动脉瘤腔内无造影剂显影,仅瘤颈可能轻微显影;Ⅱ级(近全闭塞):动脉瘤瘤颈区域有造影剂显影,但瘤体腔无显影;Ⅲ级(部分闭塞):动脉瘤瘤体腔内及动脉瘤瘤颈区域均有造影剂显影。③术后并发症发生情况:记录患者术后短暂性出血、血管痉挛、脑积水、颅内感染等并发症发生情况。④随访:对患者进行为期 6 个月的随访,使用改良 Rankin 量表(mRS)^[10]及格拉斯哥预后量表(GOS)^[11]评估患者预后情况。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 26.0 进行数据分析,计量资料采用均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,行 *t* 检验,计数资料采用例(*n*)及率(%)表示,行卡方检验,等级资料采用 Wilcoxon 秩和检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者一般资料比较 两组患者的性别、年龄、BMI、合并症、动脉瘤位置、动脉瘤直径、动脉瘤治疗数量等资料比较差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。

2.2 两组患者围术期相关指标比较 联合组患者的手术时间及住院时间均短于未联合组,造影剂用量、辐射剂量均少于未联合组($P < 0.05$),见表 2。

表 1 两组患者一般资料比较 $[\bar{x} \pm s, n(\times 10^{-2})]$

Table 1 Comparison of general data of the two groups

项目	联合组 (n=50)	未联合组 (n=50)	t/ χ^2	P
性别			0.360	0.548
男	27(54.00)	24(48.00)		
女	23(46.00)	26(52.00)		
年龄(岁)	58.03±6.71	57.69±6.88	0.250	0.803
BMI(kg/m ²)	23.48±2.11	23.67±2.04	0.458	0.648
合并症				
高血压	21(42.00)	23(46.00)	0.162	0.687
糖尿病	13(26.00)	11(22.00)	0.219	0.640
冠心病	10(20.00)	12(24.00)	0.233	0.629
动脉瘤位置			0.435	0.933
颈内动脉瘤	39(78.00)	38(76.00)		
椎-基底动脉瘤	5(10.00)	4(8.00)		
大脑前动脉瘤	4(8.00)	5(10.00)		
大脑后动脉瘤	2(4.00)	3(6.00)		
动脉瘤直径(mm)			0.078	0.779
>10	7(14.00)	8(16.00)		
≤10	43(86.00)	42(84.00)		
动脉瘤治疗数量			2.564	0.109
1个	20(40.00)	28(56.00)		
2个及2个以上	30(60.00)	22(44.00)		

表 2 两组患者围术期相关指标比较 $(\bar{x} \pm s)$

Table 2 Comparison of perioperative related indicators between the two groups

组别	n	手术时间 (min)	造影剂用量 (mL)	辐射剂量 (mGy)	住院时间 (d)
联合组	50	128.72±12.28	31.22±5.10	59.71±6.33	14.14±1.01
未联合组	50	154.64±13.19	53.56±8.43	95.76±10.25	15.60±1.18
t		10.170	16.033	21.160	6.647
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

2.3 两组患者动脉瘤栓塞程度比较 联合组与未联合组患者动脉瘤栓塞程度比较差异有统计学意义($P < 0.05$), 见图 1、图 2、表 3。



图 1 联合组颅内动脉瘤栓塞二维 roadmap 图像

Figure 1 Two-dimensional roadmap image of intracranial aneurysm embolization in the combined group

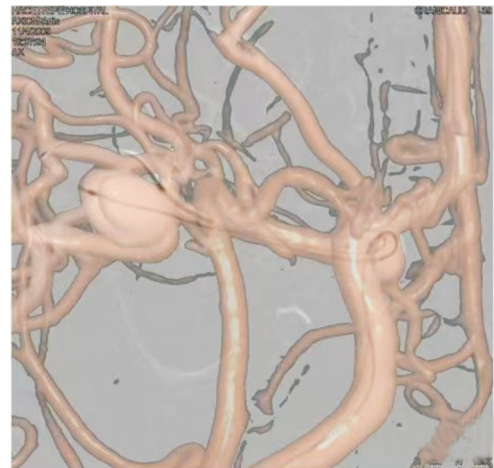


图 2 联合组应用 3D overlay 技术处理后

Figure 2 After processing with 3D overlay technology in the combined group

表 3 两组患者动脉瘤栓塞程度比较 $[n(\times 10^{-2})]$

Table 3 Comparison of the degree of aneurysm embolization between the two groups of patients

组别	n	Raymond 分级		
		I 级	II 级	III 级
联合组	50	42(84.00)	6(12.00)	2(4.00)
未联合组	50	31(62.00)	10(20.00)	9(18.00)
Z			6.688	
P			0.010	

2.4 两组患者术后并发症发生情况 两组患者短暂性出血、血管痉挛、脑积水、颅内感染等术后并发症发生率差异无统计学意义($P = 0.249$), 见表 4。

表 4 两组患者术后并发症发生情况比较 $[n(\times 10^{-2})]$

Table 4 Comparison of postoperative complications between the two groups

组别	n	短暂性出血	血管痉挛	脑积水	颅内感染	总发生率
联合组	50	1(2.00)	1(2.00)	2(4.00)	1(2.00)	5(10.00)
未联合组	50	3(6.00)	2(4.00)	1(2.00)	1(2.00)	9(18.00)
χ^2						1.329
P						0.249

2.5 两组患者 mRS 量表及 GOS 量表评分对比 术后 6 个月, 联合组患者的 mRS 量表及 GOS 量表评分均优于未联合组($P < 0.05$), 见表 5。

3 讨论

由于动脉瘤瘤体管壁与正常动脉血管管壁相比结构存在明显差异, 且受持续血流剪切力与血压的作用, 管壁会不断变薄, 随着病情进展, 动脉瘤自然破裂的风险较高, 不仅会形成颅内血肿、引发脑脊液循环障碍, 严重者甚至会对患者生命健康造成严重威胁^[12-13]。故及时诊断和处理颅内动脉瘤对于防止动脉瘤破裂出血、减少神经功能损伤具有重要作用。

表 5 两组患者 mRS 量表及 GOS 量表评分对比 [$n(\times 10^{-2})$]

Table 5 Comparison of mRS scale and GOS scale scores between the two groups

组别	n	mRS 量表评分				GOS 量表评分			
		0 分	1~2 分	3~4 分	5 分	5 分	4 分	3 分	2 分
联合组	50	34(68.00)	11(22.00)	4(8.00)	1(2.00)	35(70.00)	12(24.00)	3(6.00)	0(0.00)
未联合组	50	18(36.00)	23(46.00)	6(12.00)	3(6.00)	20(40.00)	22(44.00)	6(12.00)	2(4.00)
χ^2			10.558				10.032		
P			0.014				0.018		

3D-DSA 是在传统 DSA 基础上发展而来的影像技术,能够清晰显示血管的立体形态和空间关系,其高分辨率、低辐射和精准导航特性,显著提升了诊疗效率和安全性^[14]。但 3D-DSA 同样也存在一定缺陷,3D-DSA 完成重建后仅仅是静态的图像资料,难以观察实时血流的动态情况^[15]。overlay 技术可将 3D-DSA 重建的血管三维模型,通过图像配准技术实时叠加到术中的二维透视影像上,通过空间定位系统,确保三维模型与患者解剖结构实时匹配,降低术中反复造影的需求^[16]。本研究结果显示,联合组患者的手术时间及住院时间均短于未联合组,造影剂用量、辐射剂量均少于未联合组。表明 3D-DSA 联合 overlay 引导下介入手术可提升治疗效率,减少辐射和造影剂的使用。分析原因是,overlay 技术可将术中生成的图像进行叠加处理,实现导管、微导丝与血管解剖结构的动态可视化,从而在实时操作中提供清晰的血管路径指引,无需在术中反复造影、调整导管角度,从而缩短了手术时间,并降低了医源性损伤风险^[17]。

术后即刻的栓塞程度是判断介入治疗技术成功与否的核心指标,也是影响动脉瘤复发和再出血的关键因素^[18]。在本研究中,联合组较未联合组患者具有更高的完全栓塞比例。说明该种技术组合具有更好的栓塞效果。这可能与 overlay 技术提供的三维空间定位能力密切相关,3D-DSA 联合 overlay 技术可动态显示载瘤动脉与瘤颈的解剖细节,帮助术者更精准地完成微导管塑形与弹簧圈填塞,避免弹簧圈突入载瘤动脉或过度填塞导致的血管损伤,实现更致密的填塞^[19]。对于年轻术者,3D-DSA 的术前规划可弥补经验不足,而 overlay 术中导航进一步减少操作失误,二者结合显著提升操作成功率。本研究中两组患者短暂性出血、血管痉挛、脑积水、颅内感染等术后并发症发生率比较无显著差异,表明联合 overlay 技术不会增加额外操作风险,具有一定安全性。也可能因为本研究样本量较小,无法检测到低发生率并发症的组间差异,且本研究中的手术操作均由同一团队完成,操作流程标准化,可减少人为误差对并发症的影响。此外,本研究还跟踪对比了两组患者术后 6 个月的病情恢复情况,结果显示,术后 6 个月,联合组患者的 mRS

量表及 GOS 量表评分均优于未联合组。提示联合 overlay 技术有助于改善患者预后。原因可能为 overlay 技术可帮助减少术中微导管误穿或反复调整导致的血管内皮损伤,降低术中动脉瘤破裂或血管痉挛风险,保护周围脑组织血供,维持术后神经功能稳定,促进脑组织恢复,从而具有更优的预后结局^[20]。联合技术的附加价值体现在术前-术中协同规划、复杂病例适应性及操作效率提升等方面,通过减少术中调整和操作时间,可降低血管损伤风险、提升栓塞效果。

4 结论

3D-DSA 联合 overlay 引导下介入手术可缩短颅内动脉瘤患者手术时间及住院时间,减少造影剂用量、辐射剂量,具有较好的手术效果,并有一定安全性。本研究作为单中心回顾性研究,样本量较少,随访时间较短,可能会使研究结果产生一些偏倚,未来需开展多中心、前瞻性随机对照试验并延长随访时间,以验证研究结果的普适性。

【参考文献】

- [1] TACHI R, FUGA M, TANAKA T, *et al.* Characteristics of unruptured intracranial aneurysms with delayed rupture following coil embolization: case series and review of the literature[J]. *J Neuroendovasc Ther*, 2022, 16(8): 387-394.
- [2] ZHANG X H, ZHAO X Y, LIU L L, *et al.* Identification of ruptured intracranial aneurysms using the aneurysm-specific prediction score in patients with multiple aneurysms with subarachnoid hemorrhages- a Chinese population based external validation study[J]. *BMC Neurol*, 2022, 22(1): 201.
- [3] EL-ABTAH M E, PETITT J C, KASHKOUSH A, *et al.* Endovascular management of arteriovenous malformation-associated intracranial aneurysms: a systematic literature review[J]. *World Neurosurg*, 2022, 164: 257-269.
- [4] CHUNG C Y, PETERSON R B, HOWARD B M, *et al.* Imaging intracranial aneurysms in the endovascular era: surveillance and posttreatment follow-up[J]. *Radiographics*, 2022, 42(3): 789-805.
- [5] 周新华,陈良义,翁磊华,等. 3D-DSA 与 Dyna-CT 在颅内支架置入术中的临床应用研究[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2024, 22(1): 28-30.
- [6] LI G. Recurrence rate of intracranial aneurysms: a systematic review and a meta-analysis comparing craniotomy and endovas-

- cular coiling[J]. *Neurosurg Rev*, 2025, 48(1): 80.
- [7] ZHUANG Z Q, MA J Q, JU S, *et al.* A new alternative technique for the guidance of transjugular intrahepatic portosystemic shunt creation using DSA overlay reference[J]. *Acta Radiol*, 2023, 64(2): 868-873.
- [8] 颅内动脉瘤显微手术治疗专家共识工作组, 毛颖, 张鸿祺, 等. 颅内动脉瘤显微手术治疗专家共识(2025 版)[J]. *中华外科杂志*, 2025, 63(3): 187-202.
- [9] KOISO T, KOMATSU Y, WATANABE D, *et al.* The influence of aneurysm size on the outcomes of endovascular management for aneurysmal subarachnoid hemorrhages: a comparison of the treatment results of patients with large and small aneurysms[J]. *Neurol Med Chir*, 2023, 63(3): 104-110.
- [10] JIN Y Z, GUO X B, QUAN T, *et al.* Safety and efficacy of endovascular treatment for tiny ruptured intracranial aneurysms with low-profile visualized intraluminal support stents[J]. *Interv Neuroradiol*, 2023, 29(2): 141-147.
- [11] 王黎明, 袁璞, 孙威, 等. 栓塞联合支架置入治疗急性期破裂颅内动脉瘤的效果研究[J]. *实用心脑血管病杂志*, 2023, 31(1): 47-51.
- [12] HALTER M, WANDERER S, GRÜTER B, *et al.* Interrater and intrarater agreement superior for three-dimensional digital subtraction angiography (3D-DSA) over 2D-DSA classification for detecting remnants after intracranial aneurysm clipping, a GRRAS Reliability and Agreement Study[J]. *Acta Neurochir*, 2022, 164(8): 2173-2179.
- [13] MARBACHER S, GRÜTER B E, WANDERER S, *et al.* Risk of intracranial aneurysm recurrence after microsurgical clipping based on 3D digital subtraction angiography[J]. *J Neurosurg*, 2022, 138(3): 717-723.
- [14] 陈京翔, 吉盛超, 叶黛西, 等. 3D-数字减影血管造影技术用于破裂颅内动脉瘤神经介入术中的价值观察[J]. *海军医学杂志*, 2024, 45(9): 960-964.
- [15] SAEMANN A, DE WILDE D, RYCHEN J, *et al.* Assessment of interrater reliability and accuracy of cerebral aneurysm morphometry using 3D virtual reality, 2D digital subtraction angiography, and 3D reconstruction: a randomized comparative study[J]. *Brain Sci*, 2024, 14(10): 968.
- [16] ISHIKAWA K, IZUMI T, NISHIHORI M, *et al.* Clinical efficiency of an artificial intelligence-based 3D-angiography for visualization of cerebral aneurysm: comparison with the conventional method[J]. *Clin Neuroradiol*, 2023, 33(4): 1143-1150.
- [17] ABE Y, ISHIBASHI T, OTANI K, *et al.* Virtual coil images can optimize the visualization of the neckline of intracranial aneurysms during coil embolization: a technical note[J]. *Surg Neurol Int*, 2023, 14: 349.
- [18] YANG L P, GAO X, GAO C, *et al.* Dynamic evaluation of unruptured intracranial aneurysms by 4D-CT angiography: comparison with digital subtraction angiography (DSA) and surgical findings[J]. *BMC Med Imaging*, 2023, 23(1): 161.
- [19] PATEL T R, PATEL A, VEETURI S S, *et al.* Evaluating a 3D deep learning pipeline for cerebral vessel and intracranial aneurysm segmentation from computed tomography angiography-digital subtraction angiography image pairs[J]. *Neurosurg Focus*, 2023, 54(6): E13.
- [20] OU C B, QIAN Y, CHONG W, *et al.* A deep learning-based automatic system for intracranial aneurysms diagnosis on three-dimensional digital subtraction angiographic images[J]. *Med Phys*, 2022, 49(11): 7038-7053.
- (收稿日期: 2025-04-20; 修回日期: 2026-01-27; 编辑: 王小菊)

(上接第 829 页)

- [16] LI Y, LI J, WANG B, *et al.* Extended clopidogrel monotherapy vs DAPT in patients with acute coronary syndromes at high ischemic and bleeding risk: the OPT-BIRISK randomized clinical trial[J]. *JAMA Cardiol*, 2024, 9(6): 523-531.
- [17] VALGIMIGLI M, FRIGOLI E, HEG D, *et al.* Dual antiplatelet therapy after PCI in patients at high bleeding risk[J]. *N Engl J Med*, 2021, 385(18): 1643-1655.
- [18] COLICCHIA M, SCHROTTMAIER W C, PERRELLA G, *et al.* S100A8/A9 drives the formation of procoagulant platelets through GPIIb[J]. *Blood*, 2022, 140(24): 2626-2643.
- [19] 高泽, 张金. 颅内静脉窦血栓形成病人的临床特征、危险因素和预后分析[J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2024, 22(4): 752-757.
- [20] NAVARRETE S, SOLAR C, TAPIA R, *et al.* Pathophysiology of deep vein thrombosis[J]. *Clin Exp Med*, 2023, 23(3): 645-654.
- [21] FRANKE M, BIEBER M, KRAFT P, *et al.* The NLRP3 inflammasome drives inflammation in ischemia/reperfusion injury after transient middle cerebral artery occlusion in mice[J]. *Brain Behav Immun*, 2021, 92: 223-233.
- [22] CHEN Y F, HONG J, ZHONG H X, *et al.* IL-37 attenuates platelet activation and thrombosis through IL-1R8 pathway[J]. *Circ Res*, 2023, 132(9): e134-e150.
- [23] ALCALAI R, BUTNARU A, MORAVSKY G, *et al.* Apixaban vs. warfarin in patients with left ventricular thrombus: a prospective multicentre randomized clinical trial[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Pharmacother*, 2022, 8(7): 660-667.
- [24] KITCHEN S, ADCOCK D M, DAUER R, *et al.* International Council for Standardization in Haematology (ICSH) recommendations for processing of blood samples for coagulation testing[J]. *Int J Lab Hematol*, 2021, 43(6): 1272-1283.
- (收稿日期: 2025-03-17; 修回日期: 2025-08-04; 编辑: 王小菊)