



[DOI] 10.3969/j.issn.1001-9057.2025.03.004

<http://www.lcnkzz.com/CN/10.3969/j.issn.1001-9057.2025.03.004>

· 综述与讲座 ·

视网膜中央动脉闭塞急性期临床诊疗与研究进展

赵敏行 廖安宇 黄抗默 葛轶睿 朱武生

【摘要】 视网膜中央动脉闭塞(CRAO)因视网膜中央动脉血流阻塞所致,是一种特殊类型的急性缺血性脑血管病,然而临床上可供选择的治疗方案均有一定的局限性,血管内治疗或可为其安全且有效的治疗手段,目前对于血管内治疗 CRAO 的临床研究较少。本文就 CRAO 急性期患者的临床特征和现有诊疗方案进行综述,并探讨血管内治疗在 CRAO 中的应用现状与研究进展。

【关键词】 视网膜中央动脉闭塞; 血管内治疗; 静脉溶栓; 缺血性卒中

【中图分类号】 R741.05;R743.3 **【文献标识码】** A

视网膜中央动脉闭塞(CRAO)患者多以眼科症状起病,常表现为急性无痛性单眼视力或周围视力下降,超过 80% 的患者视力下降到仅可见数指,严重者可失明,是缺血性卒中的其中一种类型^[1]。由于视力症状的突发性与不可逆性,及时准确的诊断与处理非常重要。本文旨在阐述 CRAO 的临床特征及治疗手段相关研究进展,以期对 CRAO 的诊疗方案提供参考。

一、CRAO 的疾病背景与临床诊断

1. 视网膜中央动脉解剖特征

视网膜中央动脉是维持眼部血液循环的关键部分,其起源于眼动脉,是大部分人群颈内动脉的第一分支^[1-2],与睫状视网膜动脉共同承担视网膜的供血工作。视网膜中央动脉及其分支主要负责视网膜内层的血供,包括视网膜神经纤维层、神经节细胞层和内丛状层,参与视网膜中央动脉循环。睫状视网膜动脉起源于睫状后循环,负责包括黄斑与中央凹的剩余约 1/3 眼球的供血区,对维持中央视力至关重要。因此,由于黄斑灌注的存在,保留睫状视网膜动脉的 CRAO 患者中央视力可能几乎正常,而周围视力却严重受损^[3]。

2. 流行病学特征

美国一项全国性 CRAO 研究显示,2003 ~ 2014 年

间共确诊约 17 117 例 CRAO 患者,十年间患病人数增长近 2 倍^[4]。CRAO 好发于老年人群,其平均发病年龄是(68.4 ± 0.1)岁,略年轻于缺血性卒中患者(平均发病年龄 70.8 岁),80 ~ 84 岁人群 CRAO 的发病率可达 57/10 万人年^[4-6]。CRAO 患者中男性比例较高,其发病率约为女性的 1.40 倍^[7-8]。不同地区人群 CRAO 的发病率不同,调整年龄与性别后,美国 1976 ~ 2005 年间 CRAO 的发病率为 1.9/10 万人年^[9],2011 ~ 2015 年间日本发病率为 2.5/10 万人年^[8],德国 2016 年的标化发病率为 2.7/10 万人年^[6]。我国尚缺乏大规模流行病学调查,暂未有可供参考的流行病学资料。

3. 危险因素与病理特征

CRAO 的危险因素与缺血性卒中类似,72.1% 患者合并高血压,50.9% 的患者伴有血脂异常,26.0% 的患者同时患糖尿病等^[4],且 CRAO 比缺血性卒中患者更常合并吸烟(38.6% 比 32.9%)、心脏瓣膜病(13.3% 比 10.5%)和类风湿关节炎/胶原血管病(4.6% 比 2.8%)等个人史和疾病^[5]。

CRAO 按照病理学可分为动脉炎性 CRAO、非动脉炎性 CRAO、保留睫状视网膜动脉功能的非动脉炎性 CRAO 和短暂性非动脉炎性 CRAO 4 类^[1,10];按照闭塞程度不同可分为不完全阻塞型、近完全阻塞型和完全阻塞型^[11]。绝大部分 CRAO 患者的病理类型属于非动脉炎性,占患者总数的 95%,动脉炎性 CRAO 的主要病因为巨细胞动脉炎^[1,12]。阻塞视网膜中央动脉的栓子类型多为血小板栓子(52%),其次是胆固醇栓子(40%)和钙化栓子(8%)^[13]。栓子可能来源于同侧颈内动脉(粥样硬化斑块破裂)或远端心源性栓子^[1,14],

基金项目:国家自然科学基金资助项目(82271361)

作者单位:210002 南京,东南大学附属金陵临床医学院(东部战区总医院)神经内科(赵敏行、朱武生);南京大学医学院附属金陵医院(东部战区总医院)神经内科(廖安宇、黄抗默、朱武生),眼科(葛轶睿)

通讯作者:葛轶睿, E-mail: nzzjgyr@sina.cn; 朱武生, E-mail: wusheng.zhu@nju.edu.cn

与同侧颈动脉狭窄密切相关。一项单中心研究显示 37% 的 CRAO 患者伴同侧颈动脉狭窄^[15], Schumacher 等^[7]发现有 31 例患者(40%)颈动脉狭窄程度超过了 70%。

4. 影像学特征

影像学是诊断 CRAO 的主要证据之一,最常用的确诊手段为眼底检查,急性期患者典型的眼底表现有视网膜肿胀、黄斑位置出现“樱桃红斑”、视网膜动脉纤细等^[1-2]。其余的成像方式如光学相关断层扫描可对患者的视网膜状态进行评估,2022 年 Liang 等^[16]发现有 63.5% 的 CRAO 患者存在旁中央急性中黄斑病变,在光学相关断层扫描上表现为视网膜深处中央凹旁的轻微病变,该病变提示患者可能处于 CRAO 急性期,症状较轻,与良好视力预后相关。频域光学相关断层扫描可动态观察 CRAO 患者急性期的视网膜厚度变化,发病 4.5 小时内的 CRAO 患者视网膜相对厚度(受损视网膜厚度变化与未受损视网膜厚度之比)平均增加(12.8 ± 7.2)%,发病超过 4.5 小时的患者平均增加(44.3 ± 20.9)%^[17]。荧光素眼底血管造影主要反映患者的动脉血流情况,在 CRAO 患者中表现为动脉延迟灌注与视盘/血管壁的渗漏^[18]。CRAO 患者的视野损伤可使用 Goldmann 视野仪检查,有 59% 的患者表现为“颞岛”,该区域因视网膜动脉与睫状动脉供血使得视盘的鼻侧成为最后一个有血供的区域^[19]。此外,眼部彩色多普勒超声可直接判断视网膜中央动脉的血流情况,并区分动脉炎性闭塞与非动脉炎性闭塞,有 59% 的动脉粥样硬化型 CRAO 患者和 20% 的心源性栓塞型 CRAO 患者表现为球后斑点症^[20]。

二、CRAO 现有的急性期非介入治疗方案

CRAO 的非介入治疗方案与缺血性卒中类似,主要包括药物治疗、保守治疗、静脉溶栓治疗(IVT)等。

1. 药物治疗与保守治疗

激素冲击治疗主要用于巨细胞动脉炎引起的动脉炎性 CRAO,应按照血管炎症治疗方案立即进行系统性皮质类固醇激素冲击治疗^[1-2,21]。大部分保守治疗通过降低眼压或舒张视网膜脉管系统以疏通闭塞血管或使栓子迁移,主要内容包括前房穿刺术、眼球按摩、局部 β 受体阻滞剂滴眼/口服或碳酸酐酶抑制剂静脉注射、高压氧治疗等^[1-2,22],且通常为 2 种及以上治疗方法联合使用。部分研究认为保守治疗可在一定程度上改善视力,Hadanny 等^[23]发现高压氧治疗后患者的最佳矫正视力从(2.14 ± 0.50)log 最小分辨率角(MAR)提升至(1.61 ± 0.78)log MAR。而大部分研究认为保守治疗的疗效较差,相比于未接受治疗的自然病程视

觉恢复率(17.7%),接受保守治疗的急性 CRAO 患者视觉恢复率仅为 7.4%^[24]。最近一项 Meta 分析纳入了 3 项研究共 207 例接受高压氧治疗和 89 例未接受高压氧治疗的 CRAO 患者,结果认为高压氧治疗并不能提高其最终的视力表现($P = 0.830$)^[25]。

2. IVT

静脉注射纤溶酶原激活剂阿替普酶(rt-PA)溶栓治疗是目前缺血性脑血管病的主要治疗方法^[26],已有研究证明其对 CRAO 患者有一定的治疗效果,且越早接受 IVT 的患者视力恢复越好^[24,27-30]。一项 CRAO 患者水平的 Meta 分析共纳入发病 4.5 小时内 34 例接受 IVT 患者,其中 17 例(50%)视力恢复,视觉恢复率较未接受治疗患者高约 1.3 倍,而 4.5 小时后几乎无效^[24]。然而,应用 IVT 治疗急性期 CRAO 患者的严重不良反应发生率较高。颅内出血是 IVT 后最严重的不良反应之一,一项多中心回顾性队列研究共记录 2 例(4%, 2/200)IVT 后无症状性颅内出血的患者与 1 例(2%, 1/200)严重眼内出血的患者,结果表明在非 IVT 患者中无不良反应发生^[31]。Schrage 等^[24]纳入了 147 例接受 IVT 的患者,有 5 例(3.4%)出现了严重出血反应,其中 4 例均为致死性出血。IVT 后 CRAO 患者出现严重颅内出血的原因尚不明确,需开展针对不良反应的大样本研究。

三、CRAO 的急性期血管内治疗方案

CRAO 的血管内治疗方案为超选择性动脉内溶栓治疗(IAT),即局部动脉内溶栓治疗,通过定向溶解栓子以恢复视网膜中央动脉的血供,能有效改善 CRAO 患者的视力情况^[32-33]。CRAO 患者视力的恢复可能与动脉闭塞的程度、时间及治疗方式等有关,不完全阻塞型 CRAO 患者的预后更理想^[34]。1989 年, Schumacher 等^[35]在造影明确后微导管超选择至眼动脉近端后注射尿激酶或 rt-PA,首次将 IAT 应用于 CRAO 的治疗;共治疗了 23 例 CRAO 患者,其中有 6 例(26%)视力明显改善或完全恢复,11 例(48%)获得一定的恢复,结果提示 IAT 可能对 CRAO 患者的视力恢复有一定作用。此后,IAT 逐步应用于 CRAO 患者的治疗中。

1. IAT 时间窗

视网膜中央动脉的闭塞时间是影响患者视网膜损伤程度及视力恢复结局的关键因素,Tobalem 等^[36]认为由视网膜中央动脉供应的视网膜神经节细胞在闭塞后 12~15 分钟内即受损,6 小时内接受 IAT 的患者中 77% 能获得显著或部分的视力恢复^[34]。Schumacher 等^[35]研究认为由于发病后 6~8 小时内视力保留较多且视网膜水肿较少,此时行 IAT 可能获得更理想的治

疗结果。2024 年《中国视网膜中央动脉阻塞临床诊疗专家共识》也提出在出现症状的 6 小时内接受 IAT 的患者有望获得更好的预后^[2]。

然而真实世界中大部分患者难以在发病 6 小时内及时就医,因此一些研究尝试验证 6 小时外行 IAT 的安全性和有效性。部分研究人员认为,IAT 疗效与治疗时间窗较短无明显关联^[37-38],治疗时间窗较长的患者在接受 IAT 后视力依然得到了明显的改善^[27,39-41]。一项前瞻性开放标签研究纳入了 179 例平均治疗时间窗为 5.5 天的 CRAO 患者,其中 121 例(67.6%)接受了 IAT,结果显示接受 IAT 患者中 43% 获得了视力恢复(视力增加 $\geq 0.3 \log \text{MAR}$)^[42]。Sobol 等^[43]纳入 15 例平均发病时间为 8.83 小时的 CRAO 患者,接受 IAT 后 53% 的患者 Snellen 视力改善超过 6 行。说明 IAT 对 CRAO 的应用范围可能不局限于以往认知的 6 小时内。

2. IAT 的优势与不足

多数研究认为 IAT 组的视力改善结果可能较保守治疗组更显著^[34,42,44]。Gao 等^[40]发现治疗后 1 周与最终随访时 IAT 组患者的视觉恢复率明显优于保守治疗组(47.8% 比 16.7%, $P=0.014$;52.2% 比 20%, $P=0.014$)。接受 IAT 的 CRAO 患者中有 43% 视力改善超过 0.3 log MAR,而在接受保守治疗的患者中仅占 19%^[43]。Arnold 等^[45]认为 IAT 组患者更容易获得视力改善($P=0.040$)。而 EAGLE 研究认为两组间视力改善结果没有显著差异,IAT 组患者的不良反应较多且发生比例(34.3%)远高于保守治疗组(2.1%),可能与 IAT 组患者的平均发病至就诊时间较长有关^[7]。

IAT 和 IVT 均能在一定程度上提高 CRAO 患者的视力。Bustamante 等^[46]开展了一项探讨接受再灌注治疗(包括 IAT 和 IVT)的 CRAO 患者视力恢复情况的前瞻性队列研究,共纳入 49 例 CRAO 患者,在接受再灌注治疗的 15 例患者中,有 12 例接受 IVT,3 例接受 IAT,研究发现接受再灌注治疗患者的视力改善情况明显优于未接受再灌注治疗(33.3% 比 5.9%, $P=0.022$),但并未针对再灌注方式进行亚组分析。目前针对 IAT 与 IVT 疗效对比研究较少,有研究认为 IAT 的疗效可能优于 IVT。在最近一项回顾性多中心研究中,Alhayek 等^[47]收集了 1997~2022 年间共 563 例 CRAO 患者,其中 13 例患者接受 IVT,7 例患者接受 IAT,随访期间有 2 例(25%)接受 IVT 的患者和 3 例(42%)接受 IAT 的患者 Snellen 视力提高超过 2 行。另一项汇总 6 例接受 IAT 患者的病例报告结果提示,在保守治疗方案无效后选用尿激酶行静脉溶栓结果并不理想,需桥接 IAT^[48]。此外,IAT 治疗时间窗可能较 IVT 更广泛,Raber 等^[30]认为 IVT 需在发病后 4.5 小

时内进行,而 IAT 在超过 6 小时治疗时间窗的 CRAO 患者中仍显示出良好的视力恢复效果^[37,42],或可为超时间窗的 CRAO 患者提供更多的治疗选择。

四、总结

CRAO 的发病机制与缺血性卒中相似,其病程进展较快且多不可逆,并发心脑血管事件风险较高,30% 患者在 CRAO 症状出现后 7 天内并发缺血性卒中^[49],发病前后 15 天内缺血性卒中发病率约 2.2%^[50]。早期明确 CRAO 诊断并开始安全有效的治疗对视力恢复至关重要。CRAO 的诊断主要依据患者眼底表现,现有治疗方案包括介入治疗与非介入治疗,其中 IVT 是非介入治疗中对患者视力恢复有效的方案。IAT 的疗效明确且严重不良反应较少,术后出现严重不良反应的概率约为 4%^[51]。但 IAT 手术操作难度大,且尚未明确统一的药物使用标准,缺乏大规模的临床试验,亟需进一步开展相关的 RCT 研究。

参 考 文 献

- [1] Mac Grory B, Schrag M, Biousse V, et al. Management of Central Retinal Artery Occlusion; A Scientific Statement From the American Heart Association[J]. Stroke, 2021, 52(6): e282-e294.
- [2] 逯青丽. 中国视网膜中央动脉阻塞临床诊疗专家共识[J]. 中国卒中杂志, 2024, 19(11): 1247-1267.
- [3] Dagra A, Lucke-Wold B, McGrath K, et al. Central Retinal Artery Occlusion: A Review of Pathophysiological Features and Management[J]. Stroke Vasc Interv Neurol, 2024, 4(1): e000977.
- [4] Mir TA, Arham AZ, Fang W, et al. Acute Vascular Ischemic Events in Patients With Central Retinal Artery Occlusion in the United States; A Nationwide Study 2003-2014[J]. Am J Ophthalmol, 2019, 200: 179-186.
- [5] Schorr EM, Rossi KC, Stein LK, et al. Characteristics and Outcomes of Retinal Artery Occlusion: Nationally Representative Data[J]. Stroke, 2020, 51(3): 800-807.
- [6] Pick J, Nickels S, Saalman F, et al. Incidence of retinal artery occlusion in Germany[J]. Acta Ophthalmol, 2020, 98(5): e656-e657.
- [7] Schumacher M, Schmidt D, Jurklics B, et al. Central Retinal Artery Occlusion: Local Intra-arterial Fibrinolysis versus Conservative Treatment, a Multicenter Randomized Trial[J]. Ophthalmology, 2010, 117(7): 1367-1375.
- [8] Kido A, Tamura H, Ikeda HO, et al. Nationwide incidence of central retinal artery occlusion in Japan: an exploratory descriptive study using the National Database of Health Insurance Claims(2011-2015)[J]. BMJ Open, 2020, 10(9): e041104.
- [9] Leavitt JA, Larson TA, Hodge DO, et al. The Incidence of Central Retinal Artery Occlusion in Olmsted County, Minnesota[J]. Am J Ophthalmol, 2011, 152(5): 820-823.
- [10] Hayreh S. Central retinal artery occlusion[J]. Indian J Ophthalmol, 2018, 66(12): 1684-1694.
- [11] Furashova O, Matthé E. Retinal Changes in Different Grades of Retinal Artery Occlusion: An Optical Coherence Tomography Study[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2017, 58(12): S209-S216.
- [12] Hellmich B, Agueda A, Monti S, et al. 2018 Update of the EULAR recommendations for the management of large vessel vasculitis[J]. Ann Rheum Dis, 2020, 79(1): 19-30.
- [13] Cho KH, Ahn SJ, Cho JH, et al. The Characteristics of Retinal Emboli and its Association With Vascular Reperfusion in Retinal Artery Occlusion[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2016, 57(11): 4589-4598.
- [14] Hayreh SS. Acute retinal arterial occlusive disorders[J]. Prog Retin Eye Res, 2011, 30(5): 359-394.

- [15] Lavin P, Patrylo M, Hollar M, et al. Stroke Risk and Risk Factors in Patients With Central Retinal Artery Occlusion [J]. *Am J Ophthalmol*, 2018, 196: 96-100.
- [16] Liang S, Chen Q, Hu C, et al. Association of Paracentral Acute Middle Maculopathy with Visual Prognosis in Retinal Artery Occlusion: A Retrospective Cohort Study [J]. *J Ophthalmol*, 2022, 2022: 9404973.
- [17] Wenzel DA, Kromer R, Poli S, et al. Optical coherence tomography-based determination of ischaemia onset-the temporal dynamics of retinal thickness increase in acute central retinal artery occlusion [J]. *Acta Ophthalmol*, 2021, 99(2): e247-e252.
- [18] Gong H, Song Q, Wang L. Manifestations of central retinal artery occlusion revealed by fundus fluorescein angiography are associated with the degree of visual loss [J]. *Exp Ther Med*, 2016, 11(6): 2420-2424.
- [19] Kim HM, Park YJ, Park KH, et al. Visual field defects and changes in central retinal artery occlusion [J]. *PLoS One*, 2019, 14(1): e0209118.
- [20] Nedelmann M, Graef M, Weinand F, et al. Retrobulbar Spot Sign Predicts Thrombolytic Treatment Effects and Etiology in Central Retinal Artery Occlusion [J]. *Stroke*, 2015, 46(8): 2322-2324.
- [21] Mehta N, Marco RD, Goldhardt R, et al. Central Retinal Artery Occlusion: Acute Management and Treatment [J]. *Curr Ophthalmol Rep*, 2017, 5(2): 149-159.
- [22] Mac Grory B, Nackenoff A, Poli S, et al. Intravenous Fibrinolysis for Central Retinal Artery Occlusion: A Cohort Study and Updated Patient-Level Meta-Analysis [J]. *Stroke*, 2020, 51(7): 2018-2025.
- [23] Hadanny A, Maliar A, Fishlev G, et al. Reversibility of retinal ischemia due to central retinal artery occlusion by hyperbaric oxygen [J]. *Clin Ophthalmol*, 2016, 11: 115-125.
- [24] Schrag M, Youn T, Schindler J, et al. Intravenous Fibrinolytic Therapy in Central Retinal Artery Occlusion: A Patient-Level Meta-analysis [J]. *JAMA Neurol*, 2015, 72(10): e1-e7.
- [25] Rosignoli L, Chu ER, Carter JE, et al. The Effects of Hyperbaric Oxygen Therapy in Patients with Central Retinal Artery Occlusion: A Retrospective Study, Systematic Review, and Meta-analysis [J]. *Korean J Ophthalmol*, 2022, 36(2): 108-113.
- [26] Powers WJ, Rabinstein AA, Ackerson T, et al. Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke: 2019 Update to the 2018 Guidelines for the Early Management of Acute Ischemic Stroke: A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association [J]. *Stroke*, 2019, 50(12): e1-e75.
- [27] Chen CS, Lee AW, Campbell B, et al. Efficacy of Intravenous Tissue-Type Plasminogen Activator in Central Retinal Artery Occlusion: Report From a Randomized, Controlled Trial [J]. *Stroke*, 2011, 42(8): 2229-2234.
- [28] Schultheiss M, Härtig F, Spitzer MS, et al. Intravenous thrombolysis in acute central retinal artery occlusion-A prospective interventional case series [J]. *PLoS One*, 2018, 13(5): e0198114.
- [29] Préterre C, Godeneche G, Vandamme X, et al. Management of acute central retinal artery occlusion: Intravenous thrombolysis is feasible and safe [J]. *Int J Stroke*, 2017, 12(7): 720-723.
- [30] Raber FP, Gmeiner FV, Dreyhaupt J, et al. Thrombolysis in central retinal artery occlusion: a retrospective observational study [J]. *J Neurol*, 2023, 270(2): 891-897.
- [31] Baumgartner P, Kook L, Altersberger VL, et al. Safety and effectiveness of IV Thrombolysis in retinal artery occlusion: A multicenter retrospective cohort study [J]. *Eur Stroke J*, 2023, 8(4): 966-973.
- [32] Huang L, Wang Y, Zhang R. Efficacy and safety of intra-arterial thrombolysis in patients with central retinal artery occlusion: a systematic review and meta-analysis [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2023, 261(1): 103-113.
- [33] Shahjouei S, Bavarsad Shahripour R, Dumitrascu OM. Thrombolysis for central retinal artery occlusion: An individual participant-level meta-analysis [J]. *Int J Stroke*, 2024, 19(1): 29-39.
- [34] Schmidt DP, Schulte-Monting J, Schumacher M. Prognosis of Central Retinal Artery Occlusion: Local Intraarterial Fibrinolysis versus Conservative Treatment [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2002, 23(8): 1301-1307.
- [35] Schumacher M, Schmidt D, Wakhloo AK. Intra-arterial fibrinolytic therapy in central retinal artery occlusion [J]. *Neuroradiology*, 1993, 35(8): 600-605.
- [36] Tobalem S, Schutz JS, Chronopoulos A. Central retinal artery occlusion-rethinking retinal survival time [J]. *BMC Ophthalmol*, 2018, 18(101): 1-6.
- [37] Page PS, Cambon AC, James RF. Visual Improvement after Intra-Arterial Thrombolysis for Central Retinal Artery Occlusion Does Not Correlate with Time to Treatment [J]. *Interv Neurol*, 2016, 5(3-4): 131-139.
- [38] Richard G. Treatment of retinal arterial occlusion with local fibrinolysis using recombinant tissue plasminogen activator [J]. *Ophthalmology*, 1999, 106(4): 768-773.
- [39] Schrag M, Youn T, Schindler J, et al. Intravenous Fibrinolytic Therapy in Central Retinal Artery Occlusion: A Patient-Level Meta-analysis [J]. *JAMA Neurol*, 2015, 72(10): 1148-1154.
- [40] Gao Y, Zhao W, Wu D, et al. Intra-arterial Thrombolysis for Acute Retinal Ischemia: A Retrospective, Observational, Cohort Study [J]. *J Neuroophthalmol*, 2023, 43(2): 202-208.
- [41] Mac Grory B, Lavin P, Kirshner H, et al. Thrombolytic Therapy for Acute Central Retinal Artery Occlusion [J]. *Stroke*, 2020, 51(2): 687-695.
- [42] Li X, Chen T, Li Y, et al. Improved visual outcomes of central retinal artery occlusion with local intra-arterial fibrinolysis beyond the conventional time window [J]. *J Thromb Thrombolysis*, 2023, 57(3): 503-511.
- [43] Sobol EK, Sakai Y, Wheelwright D, et al. Intra-Arterial Tissue Plasminogen Activator for Central Retinal Artery Occlusion [J]. *Clin Ophthalmol*, 2021, 15: 601-608.
- [44] Schmidt D, Schumacher M, Wakhloo AK. Microcatheter Urokinase Infusion in Central Retinal Artery Occlusion [J]. *Am J Ophthalmol*, 1992, 113(4): 429-434.
- [45] Arnold M. Comparison of intra-arterial thrombolysis with conventional treatment in patients with acute central retinal artery occlusion [J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2005, 76(2): 196-199.
- [46] Bustamante A, Balboa M, Ezcurra G, et al. Implementation of a retinal stroke-code protocol results in visual recovery in patients receiving reperfusion therapies [J]. *Eur Stroke J*, 2024, 9(2): 486-493.
- [47] Alhayek N, Sobczak JM, Vanood A, et al. Thrombolytic Therapy for Central Retinal Artery Occlusion in an Academic Multi-Site Stroke Centre [J]. *Neuroophthalmology*, 2024, 48(2): 111-121.
- [48] 李文钊, 吴迎春. 超选择性颈外动脉联合眼动脉溶栓治疗视网膜中央动脉闭塞 6 例报道 [J]. *卒中与神经疾病*, 2023, 30(4): 406-408.
- [49] Fallico M, Lotery AJ, Longo A, et al. Risk of acute stroke in patients with retinal artery occlusion: a systematic review and meta-analysis [J]. *Eye*, 2020, 34(4): 683-689.
- [50] Chodnicki KD, Tanke LB, Pulido JS, et al. Stroke Risk before and after Central Retinal Artery Occlusion [J]. *Ophthalmology*, 2022, 129(2): 203-208.
- [51] Beatty S. Local intra-arterial fibrinolysis for acute occlusion of the central retinal artery: a meta-analysis of the published data [J]. *Br J Ophthalmol*, 2000, 84(8): 914-916.

(收稿日期: 2025-02-14)

(本文编辑: 余晓曼)