

视网膜中央动脉阻塞的治疗进展

何珂, 张鹏

引用: 何珂, 张鹏. 视网膜中央动脉阻塞的治疗进展. 国际眼科杂志, 2024, 24(3): 411-414.

作者单位: (710018) 中国陕西省西安市, 西北大学附属医院·西安市第三医院

作者简介: 何珂, 女, 硕士, 主治医师, 研究方向: 眼底病。

通讯作者: 张鹏, 男, 博士, 副主任医师, 研究方向: 眼底病及视神经疾病. zhangpengfmmu@163.com

收稿日期: 2023-09-28 修回日期: 2024-01-16

摘要

视网膜中央动脉(CRA)是视网膜神经上皮层内五层组织的血供来源。若CRA发生阻塞,可导致患眼视力骤降甚至永久性视力丧失。视网膜中央动脉阻塞(CRAO)患者的自然视力预后通常较差。虽然可用于CRAO治疗的手段多样,如眼球按摩、前房穿刺术、高压氧治疗(HBOT)以及组织型纤溶酶原激活剂(tPA)动脉内溶栓等,但尚未有基于循证医学证据的CRAO治疗指南被应用于临床。而这些治疗手段对于CRAO的疗效均存在争议或存在治疗风险。本文将对目前可应用于CRAO治疗的措施予以综述,并对其各自的安全性及有效性进行探讨。

关键词: 视网膜; 栓塞; 治疗; 动脉; 进展

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2024.3.15

Progress in the treatment of central retinal artery occlusion

He Ke, Zhang Peng

Affiliated Hospital of Northwest University; Xi'an No.3 Hospital, Xi'an 710018, Shaanxi Province, China

Correspondence to: Zhang Peng. Affiliated Hospital of Northwest University; Xi'an No.3 Hospital, Xi'an 710018, Shaanxi Province, China. zhangpengfmmu@163.com

Received: 2023-09-28 Accepted: 2024-01-16

Abstract

• Central retinal artery occlusion (CRAO) refers to occlusion of the central retinal artery (CRA), which acts as the primary blood supply to the inner neurosensory retina, and leads to an acute loss of vision and permanent visual disability. The natural history of visual prognosis in CRAO is generally poor. Despite a variety of treatment options have been studied, such as ocular massage, anterior chamber paracentesis, hyperbaric oxygen therapy (HBOT) and intra-arterial infusion of tissue plasminogen activator (tPA), but there is currently no

evidence-based management strategies for the treatment of CRAO. Furthermore, the efficacy of all available managements is debatable and many have uncertain risks. This review will offer a summary of the currently known treatment options for CRAO and probe into their safety and efficacy on the prognosis of CRAO.

• KEYWORDS: retina; embolism; treatment; artery; progress

Citation: He K, Zhang P. Progress in the treatment of central retinal artery occlusion. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2024, 24(3): 411-414.

0 引言

视网膜中央动脉(central retinal artery, CRA)是视网膜神经上皮层内五层组织营养的唯一来源。由于该动脉分支间无吻合,一旦发生阻塞或因血管痉挛而血流中断,即可导致患眼因视网膜内层组织缺血而突发无痛性视力下降或丧失。因此,视网膜缺血持续时间是组织损伤和视力预后的最重要影响因素^[1]。流行病学研究显示,视网膜中央动脉阻塞(central retinal artery occlusion, CRAO)的发病率约为1/100 000^[2]。

针对恒河猴进行的研究表明,在存在动脉粥样硬化和高血压的老年恒河猴中,若CRAO发生时间<97 min,可未见明显的视网膜损伤;但在阻塞发生240 min后,则出现严重且不可逆的视神经及视网膜损伤^[3]。这意味着CRAO的有效治疗时间窗极为短暂,能否在该黄金时间窗内恢复患眼视网膜血供,对于提升患眼视力、避免永久视力下降或丧失极为重要。在生理状态下,视网膜及脑组织的代谢均旺盛且耗氧量高。导致CRAO的危险因素也与缺血性脑卒中类似,如超重或肥胖、体力活动不足、糖尿病、高血压、动脉粥样硬化、吸烟等,且其病理生理学机制也与急性脑卒中患者的局部脑组织缺血坏死过程相近,故目前针对CRAO也参照急性缺血性脑卒中的治疗方式予以处理,如进行静脉或动脉内溶栓等^[4-5]。

但CRA为终末动脉,其分支间无侧支吻合。而脑组织的动脉血供由颈内动脉系统及椎-基底动脉系统供应,其分支间存在侧支吻合。若大脑的供血动脉严重狭窄或闭塞时,血流可通过侧支或新形成的血管吻合支到达缺血区,从而使缺血组织得到不同程度的灌注代偿^[6]。研究显示,若在缺血性脑卒中发生后的4.5 h内使脑动脉再通,则可极大减少脑组织的缺血性损伤^[6]。因此,缺血性脑卒中的治疗时间窗为4.5 h以内。由于CRAO的治疗时间窗仅为97 min,且可用于缺血性脑卒中的增强侧支循环药物干预措施对于CRAO无效。因此,CRAO与缺血性脑卒中的治疗选择存在差异。目前在CRAO治疗领域,尚未有基于循证医学证据的共识或治疗指南被应用于临床。而本文

则对已知的 CRAO 治疗方案、相关临床研究结果以及这些治疗方案对于 CRAO 患者的预后等进行了综述。

1 扩张视网膜中央动脉

CRAO 的典型临床表现为 CRA 血流减少、视网膜灌注不良。故通过各种方式扩张 CRA 可增加血流量、改善 CRA 的阻塞状态^[7]。目前,临床多对患者使用硝酸酯类药物如硝酸异戊酯或硝酸甘油等,以快速释放一氧化氮、舒张血管平滑肌,达到使 CRA 扩张的目的^[1]。但硝酸酯类药物扩张毛细血管后静脉的作用强于对小动脉的扩张作用,故用药后患者可出现系统性低血压、头痛、眩晕等不良反^[8]。由于硝酸酯类药物一直与眼部按摩、降眼压、吸氧等治疗方式联用,是 CRAO 联合治疗手段的一部分^[8]。截至目前,尚未有研究者将硝酸酯类药物作为 CRAO 独立的治疗方式进行临床研究。

此外,其他血管扩张药如黄嘌呤衍生物己酮可可碱也被用于 CRAO 的治疗。己酮可可碱可以降低血液黏度、改善红细胞变形能力,继而增加组织血流及供氧量^[9]。在一项针对小型随机对照研究中,有 10 例 CRAO 患者被分为己酮可可碱治疗组及安慰剂对照组。该研究显示,接受己酮可可碱治疗的患者视网膜血流明显增加。但该文作者未对患者视力改善情况进行分析^[10]。

2 高压氧治疗

在高于一个大气压的环境中吸入高浓度的氧以治疗疾病的过程,称为高压氧治疗(hyperbaric oxygen therapy, HBOT)。高压氧可使组织细胞内的溶氧量增加,能有效改善组织内的缺血缺氧状态,促进组织修复。由于患者须在密闭的加压装置中吸入较高压力(2-3 个大气压)、高浓度的氧气,HBOT 也可能导致患者出现鼓膜破裂、幽闭恐惧症、与中枢神经系统氧毒性相关的癫痫发作以及空气栓塞等。因此,CRAO 患者在接受 HBOT 前务必先行知情同意^[11]。

Gaydar 等^[12]利用高压氧对视网膜缺血的小鼠进行的研究证实,高压氧可将缺血视网膜的细胞凋亡率自 58% 降低至 30%,且可促进内层视网膜组织的存活。Wu 等^[13]进行的 Meta 分析也显示,接受 HBOT 的 CRAO 患者视力较未接受 HBOT 者提升 5.6 倍,这可能与 HBOT 能促进脉络膜循环中的氧向外层及内层视网膜弥散、提升视网膜组织中的氧饱和度有关。然而,Rosignoli 等^[14]对 3 篇涉及 HBOT 及 CRAO 的文献进行的 Meta 分析则显示,HBOT 不能提升 CRAO 患者的最终视力。

由于在不同的 HBOT 治疗研究中,CRAO 患者的发病时间各不相同,导致不同的研究者观察到的 HBOT 疗效各不相同。Hadanny 等^[11]对 225 例接受 HBOT、且发病时间少于 20 h 的 CRAO 患者就最终视力进行的分析表明,若黄斑未有樱桃红斑(中心凹未受累),且患者在 CRAO 发作后 12 h 内接受 HBOT,则患者视力提升的几率较大。

3 降低眼内压

由于眼内平均灌注压是平均动脉压和眼内压之间的差值,故降低眼内压可提升眼内灌注压、减少视网膜动脉灌注阻力,有助于使动脉内的栓子移位。可用以降低眼内压的措施包括前房穿刺、静脉注射甘露醇、局部使用青光眼治疗药物以及按摩眼球等^[8]。

前房穿刺术应在对患眼予以表面麻醉及眼表常规消

毒后进行。一般以 27 号注射针在颞上方角膜缘内进行穿刺,经穿刺口放出的房水以 50 μ L 为宜,应避免放液过快过多使眼压骤降^[8]。前房穿刺术导致的潜在风险较多,如可导致眼内出血、低眼压、眼内炎、晶状体损伤以及虹膜损伤等^[8]。虽然前房穿刺术可在极短时间内使眼内压降低,但一项针对前房穿刺术对 CRAO 治疗作用的回顾性研究表明,接受前房穿刺术的 CRAO 患眼视力并未有明显改善^[15]。即使对 CRAO 患者予以前房穿刺术联合吸氧治疗,但患者的最终视力仍较未接受前房穿刺的 CRAO 患者无统计学差异^[16]。

眼球按摩也是治疗 CRAO 的常用手段之一,其方法为用三面镜或手掌持续压迫眼球 10-15 s,然后突然放松,如此不断重复,持续 15-20 min。眼球进行按摩可使视网膜动脉扩张、眼压下降以及视网膜灌注得以改善^[17]。Schmidt^[17]对 1 例接受眼球按摩的 CRAO 患者行眼底荧光血管造影(fluorescein fundus angiography, FFA)发现,其 CRA 内的栓子在按摩后转移至周边视网膜,且患者视力逐渐提高。

与前房穿刺术、眼球按摩类似,静脉注射甘露醇、局部和/或全身使用碳酸酐酶抑制剂等药物旨在降低眼内压及减小视神经压力梯度。截至目前,降低眼内压对于 CRAO 治疗有效的结论均源于病例报道,或在临床研究中与其他治疗方式联用。

4 应用组织型纤溶酶原激活剂静脉或动脉溶栓

组织型纤溶酶原激活剂(tissue plasminogen activator, tPA)是体内纤维蛋白溶解系统的生理性激动剂。与尿激酶和链激酶相比,tPA 与血栓基质有很高的特异性、亲和力,能在血栓局部激活纤维蛋白原使其转化成具有生物活性的纤维蛋白酶。而纤维蛋白酶可水解血栓的基质成分——纤维蛋白,使阻塞的血管得以再通,且不会引起纤维蛋白溶解系统被激活,因而可降低治疗过程中的出血倾向^[18]。目前,tPA 主要被应用于肺栓塞、急性心肌梗死及缺血性脑卒中等血栓性疾病的治疗。对于处于窗口期的 CRAO 而言,tPA 可经静脉或动脉给药^[8]。

4.1 静脉溶栓治疗 根据急性缺血性脑卒中静脉溶栓护理指南^[19],CRAO 患者在症状出现后 1.5-4.5 h 内可经静脉给予 tPA(标准剂量:0.9 mg/kg,最大剂量 90 mg,首剂 10% 1 min 内静脉推注,剩余 90% 在 60 min 内持续静脉滴注)。Huang 等^[20]对涉及 316 例 CRAO 患者(157 例经静脉溶栓、159 例未接受 tPA 治疗)的 8 项临床研究进行的 Meta 分析表明:tPA 静脉溶栓可使 47% 的 CRAO 患者视力提高,而未经 tPA 治疗者中仅为 12%。

Dumitrascu 等^[21]则对静脉溶栓、保守治疗(眼球按摩、前房穿刺术等)以及自然病程对 CRAO 患者视力预后的影响所进行的 Meta 分析证实,若在发病后的 4.5 h 内使用 tPA 进行静脉内溶栓治疗,50% 的患者视力可恢复,该视力恢复率是未经治疗的自然病程组的 3 倍。若在发病 4.5 h 后进行静脉内溶栓,则患者视力恢复率与自然病程组无统计学差异。Wu 等^[22]进行的一项随机对照研究也显示,保守治疗(吸氧、眼球按摩、含服硝酸甘油等)可使 70.83% 的 CRAO 患者视功能(视力、视野)改善,而 tPA 治疗组则为 91.67%。

虽然静脉溶栓对于急性期的 CRAO 患者总体上安全

且有效,但因 tPA 等溶栓药物导致的不良反应如颅内出血、眼内出血、腹主动脉瘤和血尿等仍有报道^[8,21]。

4.2 动脉溶栓治疗 由于 CRA 被栓子阻塞,与静脉溶栓相比较,直接向动脉内注射 tPA 即动脉溶栓不仅可减少 tPA 的使用剂量,而且治疗时间窗也可延长。目前,针对 CRAO 的动脉溶栓方案并非向动脉内连续输注 tPA,而是以较小的剂量间断给药。但动脉溶栓必须在局部麻醉状态下经动脉(一般选择股动脉,也有研究者选择颈动脉)置入导管,借助数字减影血管造影实时观察,直至导管进入眼动脉,然后经导管注入 tPA,该治疗被称为超选择性眼动脉顺行介入溶栓^[23]。也有研究者对 CRAO 患者行经滑车上动脉或眶上动脉的眼动脉分支逆行介入溶栓术^[24]。

Noble 等^[25]研究则显示,若在 CRAO 发病后 8.4 h 内进行动脉内 tPA 注射,可使 93% 的患者视力提高,其中 13% 的患者视力达到 20/20。Huang 等^[26]对 15 项临床研究中 507 例接受动脉溶栓治疗、296 例未接受溶栓治疗的 CRAO 患者资料进行的 Meta 分析显示,若在发病后 6 h 内治疗,56% 的患者在动脉溶栓治疗后视力提高大于或等于 3 行,而未经溶栓治疗者中视力提高者为 32%。但这些患者中有 1 例发生颅内出血、21 例出现缺血性脑卒中。Hu 等^[27]对 5 项研究中的 459 例患者(经动脉溶栓治疗者为 219 例)进行的 Meta 分析也证实,接受动脉溶栓治疗可使 CRAO 患者视力提高的优势比为 1.520。进一步的分析表明,若发病时间长于 6 h,则该优势比降至 1.260。而若少于 6 h,则该优势比可高达 1.703。

除 tPA 外,尿激酶也可被用以 CRAO 患者的动脉溶栓治疗。雷涛等^[28]将尿激酶经选择性眼动脉顺行介入溶栓,与治疗前相比,577 例 CRAO 患者的平均臂-视网膜循环时间缩短,平均最佳矫正视力也较治疗前提高。

由于须在动脉内置入导管,因此,该支动脉易受导管的刺激而发生痉挛,穿刺处的动脉也可出现动脉夹层出血,且因动脉溶栓而导致短暂性脑缺血、脑出血等严重并发症的几率约为 4%^[23]。此外,对于拟接受选择性眼动脉顺行介入溶栓的患者应在治疗前排除脑动静脉畸形、颅内出血等病变,以降低因溶栓导致的严重并发症的发生^[23]。而眼动脉分支逆行介入溶栓术的径路较短,且由于导管无需进入颅内,故发生溶栓相关不良事件的风险较低^[28]。但与静脉溶栓相比,无论是选择性眼动脉顺行介入溶栓或是眼动脉分支逆行介入溶栓均为有创操作,且针对 CRAO 的动脉溶栓治疗必须由具有神经介入治疗资质的医师在高清晰度影像设备引导下进行。

5 Nd:YAG 激光治疗

若 CRAO 患眼内的栓子在眼底镜下可见,也可利用掺钕钇铝石榴石(neodymium-doped yttrium aluminum garnet, Nd:YAG)激光直接对动脉内的栓子进行击射,使得栓子破碎、移位,或从破损的动脉管壁中进入玻璃体中。Opremcak 等^[29]的研究显示,在 20% 的 CRAO 患眼内可见栓子,该研究组对 19 例有明确的栓子可见的 CRAO 或 BRAO 患者进行了 Nd:YAG 激光击栓术,8 只患眼中的栓子被击碎、11 只患眼中的栓子进入玻璃体。该 19 只患眼中的视网膜动脉在治疗后均再通,患眼视力较治疗前平均提高 4.7 行。Mehboob 等^[30]对可见栓子的 CRAO 患者 7 例

7 眼进行 Nd:YAG 激光击栓术,结果显示 6 眼(85.7%)视力显著改善,值得注意的是所有视力改善的患眼均在发病 6 h 内接受激光治疗。

但有关 Nd:YAG 激光治疗 CRAO 的文献均为病例报道或病例系列,尚缺乏大样本的随机对照研究以证实 Nd:YAG 激光治疗 CRAO 的疗效,且 Nd:YAG 激光击栓术有可能导致需要玻璃体切割术进行干预的玻璃体出血等严重并发症的发生^[31]。且 Nd:YAG 激光治疗的前提是眼底镜下查见栓子,因此不适合所有 CRAO 患者。

6 玻璃体切割术

玻璃体切割术也被应用于 CRAO 的治疗,其治疗机制基于玻璃体切割头可诱导血管机械运动,促使栓子碎裂以及玻璃体切割后玻璃体腔压力降低、CRA 灌注压力增加,促使阻塞部位的栓子移动等^[32-34]。Lu 等^[32]对 10 例 CRAO 患者试行玻璃体切割术,在术中用特殊设计金属探针在视盘表面直接按摩 CRA,见视网膜动脉血流停止后立即抬起探针,反复数次。10 例患者中有 4 例在术后首日即被观察到视网膜灌注恢复。至术后 2 mo,6 例患者的平均视力较术前提升 3 行或以上。1 例患者在术后 5d 出现视网膜中央静脉阻塞(central retinal vein occlusion, CRVO)。其他患者则未有并发症发生。Okonkwo 等^[33]对 2 例 CRAO 患者行玻璃体切割术以降低眼内压,并在术中给予静脉内肾上腺素注射以提高动脉压。术后患者视网膜灌注及视力均较术前改善。Altun^[34]对 1 例 CRAO 患者施行玻璃体切割术,术后 1 d 患者视力即提升至 20/100,术后 1 mo 视力恢复至 20/20。

虽然玻璃体切割术对 CRAO 有一定治疗作用,但目前发表的相关文献均为病例报道及病例系列,未来仍需进一步的随机对照研究以确定该治疗的安全性及有效性。

7 小结

CRAO 是一种眼部急症,其相关危险因素与缺血性脑卒中、急性缺血性综合征或心肌梗死类似。虽然针对急性期 CRAO 的治疗手段较多,但均未有明确的循证医学证据支持某种治疗方案的有效性,也未有针对急性期 CRAO 的治疗指南可依。由于 CRAO 的有效治疗时间窗较短,因此,眼科医师仍应将传统治疗手段(眼球按摩、降低眼压、吸氧等)相组合,争分夺秒为患者进行治疗。如果患者的视力丧失时间少于 4.5 h,应及早考虑 tPA 静脉溶栓。若患者出现症状超过 4.5 h,则应与神经介入专科团队合作,在明确患者无禁忌证(脑动静脉畸形、出血倾向等)的情况下,及早行动脉溶栓术,以挽救患者视力。

参考文献

- [1] Hayreh SS. Acute retinal arterial occlusive disorders. *Prog Retin Eye Res*, 2011,30(5):359-394.
- [2] Rumelt S, Dorenboim Y, Rehany U. Aggressive systematic treatment for central retinal artery occlusion. *Am J Ophthalmol*, 1999, 128(6):733-738.
- [3] Hayreh SS, Zimmerman MB, Kimura A, et al. Central retinal artery occlusion. Retinal survival time. *Exp Eye Res*, 2004,78(3):723-736.
- [4] Yang C, Pan Y. Risk factors of dysphagia in patients with ischemic stroke: a meta-analysis and systematic review. *PLoS One*, 2022, 17(6):e0270096.
- [5] Mac Grory B, Schrag M, Biousse V, et al. Management of central retinal artery occlusion: a scientific statement from the American heart

association. *Stroke*, 2021,52(6):e282-e294.

[6] Haupt M, Gerner ST, Bähr M, et al. Neuroprotective strategies for ischemic stroke—future perspectives. *Int J Mol Sci*, 2023,24(5):4334.

[7] 郝静, 张奕霞, 李云飞, 等. OCT在视网膜中央动脉阻塞中的应用及意义. *国际眼科杂志*, 2014,14(3):503-506.

[8] Chronopoulos A, Schutz JS. Central retinal artery occlusion—a new, provisional treatment approach. *Surv Ophthalmol*, 2019, 64(4):443-451.

[9] Lin JC, Song S, Ng SM, et al. Interventions for acute non-arteritic central retinal artery occlusion. *Cochrane Database Syst Rev*, 2023, 1(1):CD001989.

[10] Incandela L, Cesarone MR, Belcaro G, et al. Treatment of vascular retinal disease with pentoxifylline: a controlled, randomized trial. *Angiology*, 2002,53(Suppl 1):S31-S34

[11] Hadanny A, Maliar A, Fishlev G, et al. Reversibility of retinal ischemia due to central retinal artery occlusion by hyperbaric oxygen. *Clin Ophthalmol*, 2016,11:115-125.

[12] Gaydar V, Ezrachi D, Dratviman-Storobinsky O, et al. Reduction of apoptosis in ischemic retinas of two mouse models using hyperbaric oxygen treatment. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2011,52(10):7514-7522.

[13] Wu XD, Chen SS, Li SZ, et al. Oxygen therapy in patients with retinal artery occlusion: a meta-analysis. *PLoS One*, 2018, 13(8):e0202154.

[14] 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. *Korean J Ophthalmol*, 2022,36(2):108-113.

[15] Fieß A, Cal Ö, Kehrein S, et al. Anterior chamber paracentesis after central retinal artery occlusion: a tenable therapy? *BMC Ophthalmol*, 2014,14:28.

[16] Atebara NH, Brown GC, Cater J. Efficacy of anterior chamber paracentesis and Carbogen in treating acute nonarteritic central retinal artery occlusion. *Ophthalmology*, 1995,102(12):2029-2034;discussion 2034-2035.

[17] Schmidt D. Ocular massage in a case of central retinal artery occlusion the successful treatment of a hitherto undescribed type of embolism. *Eur J Med Res*, 2000,5(4):157-164

[18] Jiang D, Hu ZX, Yang XL, et al. Subretinal recombinant human tissue plasminogen activator injection using a 41G needle for the management of submacular hemorrhages: a 3-case report. *Int J Ophthalmol*, 2023,16(4):663-667.

[19] 中华护理学会内科专业委员会, 首都医科大学宣武医院. 急性缺血性脑卒中静脉溶栓护理指南. *中华护理杂志*, 2023, 58(1):10-15.

[20] Huang LL, Wang YJ, Zhang RJ. Intravenous thrombolysis in patients with central retinal artery occlusion: a systematic review and meta-analysis. *J Neurol*, 2022,269(4):1825-1833.

[21] Dumitrascu OM, Shen JF, Kurli M, et al. Is intravenous thrombolysis safe and effective in central retinal artery occlusion? A critically appraised topic. *Neurologist*, 2017,22(4):153-156.

[22] Wu XJ, Gao F, Liu X, et al. Observation on therapeutic efficacy of rt-PA intravenous thrombolysis combined with compound anisodine injection on central retinal artery occlusion. *Exp Ther Med*, 2016,12(4):2617-2621.

[23] Kobkitsuksakul C, Namphol N, Sirilert B, et al. Vision salvage using intra-ocular arterial alteplase combine with nimodipine in central retinal artery occlusion (VISION). *Clin Ophthalmol*, 2023,17:1215-1222.

[24] 王润生, 钱路, 王毅, 等. 眼动脉分支逆行介入溶栓治疗视网膜中央动脉阻塞疗效观察. *中华眼底病杂志*, 2016,32(4):377-381.

[25] Noble J, Weizblit N, Baerlocher MO, et al. Intra-arterial thrombolysis for central retinal artery occlusion: a systematic review. *Br J Ophthalmol*, 2008,92(5):588-593.

[26] Huang LL, Wang YJ, Zhang RJ. Efficacy and safety of intra-arterial thrombolysis in patients with central retinal artery occlusion: a systematic review and meta-analysis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2023,261(1):103-113.

[27] Hu HT, Zhang B, Zhao YQ, et al. Efficacy of intra-arterial thrombolysis for acute central retinal artery occlusion: a meta-analysis. *Eur Neurol*, 2022,85(3):186-194.

[28] 雷涛, 王润生, 张博, 等. 尿激酶动脉溶栓对非动脉炎性视网膜中央动脉阻塞患者的疗效和安全性. *眼科新进展*, 2023,43(3):198-202.

[29] Opremcak E, Rehmar AJ, Ridenour CD, et al. Restoration of retinal blood flow via transluminal Nd:YAG embolysis/embolectomy (TYL/E) for central and branch retinal artery occlusion. *Retina*, 2008, 28(2):226-235.

[30] Mehboob MA, Khan A, Mukhtar A. Efficacy of YAG laser embolysis in retinal artery occlusion. *Pak J Med Sci*, 2021, 37(1):71-75.

[31] Man V, Hecht I, Talitman M, et al. Treatment of retinal artery occlusion using transluminal Nd:YAG laser: a systematic review and meta-analysis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2017, 255(10):1869-1877.

[32] Lu N, Wang NL, Wang GL, et al. Vitreous surgery with direct central retinal artery massage for central retinal artery occlusion. *Eye*, 2009,23(4):867-872.

[33] Okonkwo ON, Hassan AO, Akanbi T, et al. Vitrectomy and manipulation of intraocular and arterial pressures for the treatment of nonarteritic central retinal artery occlusion. *Taiwan J Ophthalmol*, 2020, 11(3):305-311.

[34] Altun A. Intraoperative cycling pressure variation in the treatment of central retinal artery occlusion. *Case Rep Ophthalmol Med*, 2021, 2021:6649657.