

颈动脉狭窄致眼部疾病及手术治疗的研究进展

王亚峰¹ 樊芳² 贾志暘²

¹华北理工大学临床医学院,唐山 063000; ²河北省人民医院眼科,石家庄 050000

通信作者:贾志暘,Email:jiazhiyang20759@sina.com

【摘要】 颈动脉狭窄(CAS)一般指颈总动脉和颈内动脉的狭窄或闭塞,可引起一系列急性或慢性缺血性眼病,急性期常表现为一过性黑矇和视网膜中央动脉阻塞,慢性期常表现为视网膜静脉阻塞、静脉瘀滞性视网膜病变、眼缺血综合征和缺血性视神经病变。彩色多普勒血流成像、荧光素眼底血管造影、光学相干断层扫描、光学相干断层扫描血流成像及视网膜电图可被用来检测 CAS 导致的眼部结构和血流改变。颈动脉内膜剥脱术和颈动脉支架植入术是治疗重度颈内动脉狭窄的常用术式,已有众多研究表明颈动脉手术治疗不仅能增加眼部血供,还可以改善甚至治愈由 CAS 导致的眼部疾病。本文就 CAS 相关眼部疾病及其检查手段和治疗等临床研究进展进行综述,以期尽早识别伴有眼部病变的 CAS 患者,并对其进行精准的病因学治疗,进而改善患者预后。

【关键词】 颈动脉狭窄; 眼部疾病; 手术治疗; 颈动脉内膜剥脱术; 颈动脉支架植入术

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20231229-00228

Research progress on ocular disease caused by carotid artery stenosis and its surgical treatment

Wang Yafeng¹, Fan Fang², Jia Zhiyang²

¹College of Clinical Medicine, North China University of Science and Technology, Tangshan 063000, China;

²Department of Ophthalmology, Hebei General Hospital, Shijiazhuang 050000, China

Corresponding author: Jia Zhiyang, Email: jiazhiyang20759@sina.com

【Abstract】 Carotid artery stenosis (CAS) refers to stenosis or occlusion of the common carotid artery and internal carotid artery. It can cause a variety of ischemic eye diseases. In the acute phase, it often manifests as transient amaurosis and central retinal artery occlusion. In the chronic phase, it often manifests as retinal vein occlusion, venous stasis retinopathy, ocular ischemic syndrome and ischemic optic neuropathy. Color Doppler flow imaging, fundus fluorescein angiography, optical coherence tomography, optical coherence tomography angiography, and electroretinogram can be used to detect changes in ocular structure and blood flow caused by CAS. Carotid endarterectomy and carotid artery stenting are common methods for the treatment of severe internal carotid artery stenosis. Many studies have shown that carotid artery surgery can not only increase the ocular blood supply but also improve or even cure eye diseases caused by CAS. This article reviews the clinical research progress of CAS-related eye diseases, examination methods and treatment, in order to identify CAS patients with eye lesions as soon as possible, and carry out accurate etiological treatment, so as to improve the prognosis of patients.

【Key words】 Carotid artery stenosis; Ocular diseases; Operative treatment; Carotid endarterectomy; Carotid artery stenting

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20231229-00228

随着生活方式的改变和人口老龄化加剧,颈动脉狭窄(carotid artery stenosis, CAS)的发病率呈逐年上升趋势。CAS 不仅可导致缺血性脑血管病变,亦是缺血性眼病的重要病因,其中 CAS 引起的急性缺血性眼病主要有一过性黑矇和视网膜中央动脉阻塞(central retinal artery occlusion, CRAO),慢性缺血性眼病主要有视网膜静脉阻塞(retinal vein occlusion, RVO)、静脉瘀滞性视网膜病变、眼缺血综合征(ocular ischemic syndrome, OIS)和缺血性视神经病变。随着光学相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)、光学相干断层扫描血流成像(optical coherence tomography angiography, OCTA)等检查技术的

应用,通过眼底微结构和微循环的定性和定量检测,可尽早识别合并眼部病变的 CAS 患者,并早期筛查出无症状的 CAS 患者。本文就 CAS 所致缺血性眼部疾病的临床研究进展及其检查方法和治疗手段等进行综述。

1 CAS 概述

CAS 是指可引起脑卒中或短暂性脑缺血发作的颈总动脉和颈内动脉狭窄或闭塞,是临床上常见的血管疾病^[1]。CAS 可由多种原因引起,如动脉粥样硬化、肌纤维发育不良、慢性炎症性动脉炎、颈动脉夹层、颈动脉迂曲及头颈部肿瘤放射治疗等,

其中较常见的病因是动脉粥样硬化,约占 90%。与 CAS 发病相关的危险因素有男性、高龄、高血压、糖尿病、冠心病、高胆固醇血症和吸烟等。遗传、代谢以及其他危险因素会导致内皮细胞的慢性损伤,低密度脂蛋白进入损伤部位,可刺激平滑肌细胞增生,导致颈动脉内膜增厚,最终形成颈动脉粥样硬化斑块,通常斑块越大狭窄程度越高^[2]。流行病学调查显示,30~79 岁人群颈动脉内膜增厚的检出率约为 27.6%^[3],在 63~65 岁的老年人群中约 87% 的个体存在颈动脉斑块^[4],而在 65 岁以上的老年人群中狭窄度>50% 的 CAS 患者约占 10%^[5]。这表明在各种因素的影响下,部分患者的颈动脉病变早在青年时期就已发生,且随着年龄增长,病变程度逐渐加重。

2 CAS 相关眼部疾病

CAS 患者的慢性血流动力学损害可增加缺血性脑损伤的风险,该血流动力学损害导致的脑部氧代谢变化是后续缺血性脑卒中的独立危险因素^[6]。眼动脉是颈内动脉的第一个分支,主要为眼部供血,颈内动脉狭窄可导致眼动脉灌注不足,进而引起视网膜和脉络膜微循环异常,这些异常可能导致缺血性眼部病变^[7]。约 5% 的重度 CAS 患者存在眼部血流动力学异常,然而这一比例可能被低估,因为其眼部表现与 CAS 之间的相关性往往被医患双方忽视^[8]。近年来,由 CAS 所致眼部疾病的发生率逐渐升高,许多 CAS 患者以眼部症状为主要表现首诊于眼科。CAS 可引起多种急性或慢性眼部缺血性病变,其中急性期可表现为一过性黑矇和 CRAO,慢性期可表现为虹膜红斑、视网膜斑块、非对称性高血压性视网膜病变、静脉瘀滞性视网膜病变、缺血性视神经病变、OIS 和新生血管性青光眼^[9]。明确 CAS 相关眼部疾病的临床特点对于早期识别伴有眼部疾病的 CAS 患者具有重要意义。

2.1 急性缺血性眼病

2.1.1 一过性黑矇 单眼一过性黑矇是指突发的短暂性单眼视力丧失,造成一过性黑矇的原因有很多,其中较常见的是由颈动脉粥样硬化血栓栓塞引起的眼部血流短暂灌注不足,其他潜在原因包括颈内动脉血管痉挛等^[10]。一过性黑矇是 CAS 所致眼病中的常见症状,常作为 CAS 的首发症状出现,其发病率占 CAS 的 30%~40%^[11]。由光诱发的一过性黑矇是 CAS 的罕见表现,Ting 等^[12]报道了 1 例光致黑矇患者,表现为右眼严重单眼视力丧失,每次进入明亮环境时均会发生,行右侧颈动脉内膜剥脱术(carotid endarterectomy, CEA)后,黑矇症状消失。颈动脉系统短暂性脑缺血发作的典型症状包括单眼一过性黑矇和突然发生的偏瘫或感觉障碍等^[13],因此对于伴有偏瘫的单眼一过性黑矇患者,应首先考虑是否伴随颈内动脉狭窄。

2.1.2 CRAO CRAO 通常表现为突然、无痛性的单眼视力丧失,典型的眼底表现包括视网膜水肿、黄斑区樱桃红斑、视网膜动脉变细等^[14]。CRAO 主要由栓子引起,这些栓子可直接来自颈动脉斑块或心脏病变,还可来自侧支循环间接途径。引起 CRAO 的栓子主要有 3 种类型,包括胆固醇栓子、钙栓子和血小板-纤维蛋白栓子。大多数 CRAO 患者有同侧颈动脉病变或颈动脉粥样硬化斑块形成,少数患者(16%~35%)有 CAS 甚至完

全闭塞^[15]。Leisser 等^[16]发现眼动脉狭窄可能是导致 CRAO 的另一原因。眼动脉是颈动脉的第 1 个分支,视网膜中央动脉又是眼动脉的一个重要分支,因此颈动脉或眼动脉的斑块脱落后容易进入同侧的视网膜中央动脉,进而导致 CRAO。若发病后 6 h 内未得到及时有效治疗,视网膜将会发生不可逆的损伤,因此,临床接诊 CRAO 患者时,首先应检查是否有同侧 CAS,并及时采取有效的治疗措施以挽救患者视力,后期可治疗颈动脉疾病以降低 CRAO 的复发率。

2.2 慢性缺血性眼病

2.2.1 RVO RVO 是因血栓形成导致的视网膜静脉系统阻塞,可累及中央静脉或分支静脉,常见病因是邻近动脉粥样硬化性视网膜动脉的压迫^[17]。视网膜中央动脉和静脉共用一层外膜,动脉粥样硬化或高血压增加了动脉壁的硬度,导致视网膜中央静脉受压增加,引起管腔内湍流,这一系列过程可造成内皮损伤,最终导致血管高凝状态和闭塞。根据血栓的解剖位置,RVO 主要分为视网膜中央静脉阻塞和视网膜分支静脉阻塞。RVO 的典型危险因素包括高血压、糖尿病、高脂血症、心血管疾病史、吸烟和青光眼,而在年轻人群中,血脂代谢紊乱是主要危险因素^[18]。尽管 CAS 与 RVO 的关系不如其与视网膜动脉阻塞的关联密切,但也有研究表明 RVO 患者多伴有 CAS。俞丽云等^[19]通过颈部血管彩色多普勒超声检查发现视网膜分支静脉阻塞组的颈动脉粥样硬化斑块及颈内动脉血管狭窄的发生率均显著高于对照组。Garoon 等^[20]报道了 1 例视网膜中央静脉阻塞伴双侧颈内动脉狭窄的患者。因此对于 RVO 患者,不应忽视其可能存在的 CAS。

2.2.2 静脉瘀滞性视网膜病变 静脉瘀滞性视网膜病变是 CAS 的罕见体征,主要由视网膜组织进行性、慢性缺氧性损伤引起,常见于双侧颈动脉管腔重度狭窄或完全闭塞的患者^[21]。静脉瘀滞性视网膜病变是眼部缺血的一种早期形式,包括眼前段表现,如虹膜红变、葡萄膜炎、角膜水肿和白内障,后段特征包括黄斑水肿、静脉迂曲扩张、视网膜出血甚至新生血管^[21],体征与糖尿病视网膜病变相似,鉴别点为单眼发病且合并颈动脉重度狭窄。治疗方法主要是针对缺血区域行全视网膜光凝术,对阻塞性颈动脉疾病进行药物和手术治疗,或单独行 CEA。

2.2.3 OIS OIS 是一种由眼部血流减少引起的以眼前段和后段缺血为特征的缺血性眼病,发病率约为 0.000 75%^[22]。由于 OIS 常被误诊为 RVO 或糖尿病视网膜病变,所以其真实发生率可能更高。OIS 的发生率随年龄增长而升高,50 岁以下人群少见。既往研究表明该病的发生率无种族差异,男性发病率为女性的 2 倍,这与男性动脉粥样硬化患病风险更高相关。双眼发病率无差异,约 20% 的 OIS 病例为双眼受累。OIS 的常见原因是颈动脉粥样硬化,因此当怀疑是 OIS 时,需完善全身检查,超过 90% 的 OIS 患者既往存在同侧 CAS,多数病例可见颈总动脉或颈内动脉闭塞,其中 50% 的 OIS 患者显示患侧颈动脉完全闭塞,10% 的患者显示双侧颈动脉完全闭塞。然而,即使在完全闭塞的情况下,若侧支循环良好,OIS 也可能不会发生。一般来说,OIS 患者的视力预后很差,该疾病进展至晚期常继发新生血管性青光眼,最终甚至可致盲。

2.2.4 缺血性视神经病变 缺血性视神经病变是由于供血动脉供血减少而引起的视神经损伤,通常根据病变区域,缺血性视神经病变可分为前部缺血性视神经病变和后部缺血性视神经病变^[23]。颈内动脉为视神经供血,因此颈内动脉的闭塞或狭窄会导致视神经的血供减少,从而发生缺血性视神经病变^[24]。非动脉炎性前部缺血性视神经病变(non-arteritic anterior ischemic optic neuropathy, NAION)是中老年人群中常见的缺血性视神经病变,其临床特征为突发、无痛性视力下降,并伴有视野缺损和视盘水肿^[25]。NAION发生的危险因素包括高血压、动脉硬化、糖尿病、心血管疾病和颈内动脉闭塞^[26]。Arnold等^[27]发现睫状后短动脉的低灌注是NAION发生的主要原因。因此,临床接诊NAION患者时应评估其是否存在CAS。

3 CAS所致眼缺血性疾病的检查

约5%的颈内动脉狭窄患者可能存在眼部血流动力学异常,因此多模态眼部成像技术是诊断CAS所致缺血性眼病的一种重要方法,且其在颈内动脉狭窄的早期预警中也发挥着重要作用^[28]。目前常用于检测眼部结构及血流的检查手段有彩色多普勒血流成像、荧光素眼底血管造影(fundus fluorescence angiography, FFA)、OCT/OCTA及视网膜电图(electroretinogram, ERG)等。

3.1 彩色多普勒血流成像

彩色多普勒血流成像除了能检查颈总动脉及颈内、外动脉的血流外,还可检测眼动脉、视网膜中央动脉及睫状后短动脉的收缩期峰值流速、舒张末期流速、搏动指数、阻力指数。既往研究发现,CAS患者患侧的收缩期峰值流速、舒张末期流速、搏动指数与健侧相比均呈下降趋势,而阻力指数则往往会升高,然而该检查无法提供视网膜微循环的功能信息,因此在评估疾病的微循环并发症方面的作用有限^[29]。

3.2 FFA

FFA是一种用于可视化病变视网膜的视网膜血管系统的眼科影像学检查方法,通过静脉注射10%~20%荧光素钠染料,借助连续视网膜成像技术,可动态观察视网膜和脉络膜的血流循环、血管完整性,并发现各类血管异常^[30]。CAS患者的FFA影像特征一般表现为脉络膜循环时间、视网膜循环时间及臂-视网膜循环时间明显延长,甚至出现动脉“前锋”现象,视网膜动脉充盈晚期可有荧光素渗漏,部分患者可见视网膜周边部毛细血管无灌注区^[31]。

3.3 OCT

OCT不仅可以分层观察视网膜结构,还能可视化全层脉络膜结构并对其厚度进行定量检测^[32]。Dagdelen等^[33]通过OCT观察发现,在发生OIS之前CAS患者已出现视网膜厚度变薄。脉络膜血管指数(choroidal vascularity index, CVI)的变异性较小,可作为评估脉络膜血管变化的参数^[34],从而间接反映CAS对脉络膜血流的影响。采用增强深度成像OCT扫描黄斑中心凹,利用图像二值化技术将其分为管腔区和基质区(包含色素细胞、平滑肌、神经元、血管壁和结缔组织),CVI为管腔区面积与总脉络膜面积的比值。Li等^[8]针对中国人群颈内动脉狭窄

患者脉络膜血管变化的回顾性队列研究发现,仅有严重狭窄组的黄斑中心凹下脉络膜厚度(subfoveal choroidal thickness, SFCT)明显低于正常对照组,而中度狭窄组和重度狭窄组的CVI均明显低于正常对照组。该研究表明,中度CAS患者的脉络膜结构还未发生明显变化时,其脉络膜中血管成分的比例已发生较大变化,因此不应仅观察脉络膜厚度的变化,血管结构指标可能是更为敏感的参数。Kang等^[35]发现与对照组相比,OIS眼和同侧有症状CAS眼的平均SFCT、平均脉络膜面积和平均管腔面积均明显减小。目前CAS患者手术治疗后CVI的变化情况鲜有报道。可对行手术治疗的CAS患者进行术后长期随访,以发现CAS术后CVI的长期变化规律。

3.4 OCTA

OCTA不仅可以构建视网膜和脉络膜的三维图像,还能对其进行定性和定量研究^[33]。目前OCTA已成为观察CAS患者视网膜及脉络膜血流的重要辅助检查。Lahme等^[36]通过OCTA发现与健康对照组相比,CAS患者的视网膜血流密度降低。Wan等^[37]发现与健康眼相比,CAS患者的脉络膜血流明显减少,患侧眼的脉络膜血流与对侧眼相比也明显减少。近年来,脉络膜毛细血管流空(choroid capillary flow deficits, CCFDs)逐渐应用于临床和科研中,通过对OCTA所得的脉络膜毛细血管层进行二值化处理,可得到CCFDs区域数量、面积、百分比等参数^[38]。脉络膜主要分为3个血管层,从内至外依次为脉络膜毛细血管层、Sattler层及Haller层。CVI仅能检测Sattler层及Haller层的血流灌注情况,而CCFDs能评估更微观的脉络膜毛细血管血供状态。Lin等^[39]研究发现,正常人CCFDs未见明显的昼夜节律变化。由于不被昼夜波动所影响,所以与SFCT相比,CCFDs的变化更能准确代表真正的病理变化。目前对于CCFDs与CAS之间的关系尚无报道,后期或许可利用CCFDs早期筛查出无症状的CAS患者并对其进行早期干预。

3.5 ERG

视网膜是中枢神经系统的感光组织,由多种类型的细胞组成,每种细胞类型的功能信号和活动可以通过ERG记录,普遍认为a波主要由光感受器细胞产生,b波主要由双极细胞产生^[40]。b波是视网膜缺血的一个敏感指标,可作为血流量或血压减少而导致的视网膜缺血损伤的评估参数。Machalińska等^[41]通过观察42例无症状单侧颈内动脉狭窄患者的ERG结果,发现尽管不存在眼部缺血的客观临床症状及体征,但颈内动脉狭窄仍会对视网膜生物电功能产生负面影响。Yan等^[42]发现CAS患者颈动脉内膜剥脱术(carotid endarterectomy, CEA)后闪光视觉诱发电位P2波潜伏期较术前明显缩短,而ERG的振荡电位3波波幅较术前显著增加。以上研究表明CAS患者在出现症状之前视网膜细胞已经出现了损伤。

4 CAS所致缺血性眼病的手术治疗

4.1 CEA

CEA是目前治疗CAS的有效方法^[43]。理论上,通过CEA将CAS处的斑块剥除后,颈动脉壁内的脂肪沉积物和血凝块被清除,这不仅能通过增加流向脑部的血液降低中风风险,同时

也会改善眼部血供及结构,因此对 CAS 所致眼缺血性疾病也有一定的治疗作用。Akca 等^[44]发现,CAS 率 50%~70% 的患者在 CEA 术后 1、3 和 6 个月,脉络膜厚度均显著增加。Enaida 等^[45]采用激光散斑血流成像观察 9 例中重度颈内动脉狭窄患者 CEA 手术前后视网膜脉络膜血流变化,发现 5 例患者 CEA 术后平均视网膜脉络膜血流速度增加,黄斑区视网膜脉络膜血流速度较其他区域增加更显著。然而,Ala-Kauhaluoma 等^[46]通过增强深度成像 OCT 观察发现,在 70 例重度 CAS 患者中,CEA 术后 6 个月 SFCT 与术前相比无显著变化;Akca 等^[44]也发现 CAS 率>70% 的患者 CEA 术后脉络膜厚度未显著增加,这提示严重 CAS 患者的脉络膜血管对血流增加没有反应。越来越多的研究者注重 CEA 对视功能的影响,Machalińska 等^[47]发现 CEA 术后双眼 ERG 振幅均增加,但患眼增加幅度大于对侧眼。Yoshida 等^[48]发现有视力下降的 CAS 患者 CEA 术后患眼的对比敏感度显著增强,而无视力下降的患者术后对比敏感度无明显变化。以上这些研究说明 CEA 不仅可改善 CAS 导致的眼底结构和血流受损状态,还可成功逆转 CAS 引起的视功能损害。

4.2 颈动脉支架植入术

颈动脉支架植入术是通过介入的方法应用支架撑起 CAS 部位,扩大颈动脉管腔直径,从而提高血液流量的治疗方法^[49]。与 CEA 相比,不仅有减轻病变处溃疡和炎症反应的优势,同时由于是局部麻醉手术且无颈部切口,所以也能降低手术相关并发症的发生概率^[50]。研究表明,颈动脉支架植入术在缺血性眼病中也有很好的治疗效果。Ma 等^[51]在颈动脉支架植入术对同侧颈内动脉狭窄 $\geq 70\%$ 的 64 例 OIS 患者影响的研究中,发现无虹膜新生血管组和有虹膜新生血管组在 12 个月的随访期间,无虹膜新生血管组臂-视网膜循环时间和动静脉循环时间显著缩短,同时最佳矫正视力有所改善,而有虹膜新生血管组无显著差异。术后 1、3、6 和 12 个月随访时,2 个组眼动脉、视网膜中央动脉和睫状后短动脉的收缩期峰值流速均显著增加。这说明无论有无虹膜新生血管,颈动脉支架植入术均能改善 OIS 患者的眼部血流状况;然而有虹膜新生血管组的最佳矫正视力无改善,这可能是由于已发生虹膜新生血管患者的眼底结构已发生不可逆转的改变,所以即使颈动脉支架植入术改善了眼部血流,但最佳矫正视力难以得到提升。有研究表明,无眼部症状或非重度 CAS 患者在接受颈动脉支架植入术后眼部结构及血流也会有显著变化。Wan 等^[37]使用 SS-OCT 和 SS-OCTA 评估 53 例轻至中度单侧 CAS 患者颈动脉支架植入术后脉络膜毛细血管和脉络膜厚度的变化,发现 CAS 患者患侧眼的脉络膜厚度在术后明显增加。随着医学技术的进步和新型医疗器械的研发,近年来,在颈动脉支架植入术的基础上出现了经颈动脉血管重建术以及双层密网支架等,可增加颈动脉支架植入术的安全性。

5 总结

随着老龄化社会的进展,CAS 所致眼部病变的发病率将随之大幅提高,眼科医师应充分利用现有的检查手段(如彩色多普勒血流显像、FFA、OCT、OCTA 及 ERG 等)早期识别眼部疾病

中高度提示 CAS 的患者,并尽快对其采取针对性治疗措施,如 CEA、颈动脉支架植入术或药物治疗等。精准的病因学治疗不仅可以防止 CAS 所致眼部疾病的进一步发展,还能预防缺血性脑卒中的发生,从而改善患者预后。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 余波, 谭晋韵. 颈动脉狭窄闭塞性疾病及其外科治疗的再认识 [J]. 中华普通外科杂志, 2022, 37(3): 161-164. DOI: 10.3760/cma.j.cn113855-20210921-00563.
- [2] Inzitari D, Eliasziw M, Gates P, et al. The causes and risk of stroke in patients with asymptomatic internal-carotid-artery stenosis. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators [J]. N Engl J Med, 2000, 342(23): 1693-1700. DOI: 10.1056/NEJM200006083422302.
- [3] Song P, Fang Z, Wang H, et al. Global and regional prevalence, burden, and risk factors for carotid atherosclerosis: a systematic review, meta-analysis, and modelling study [J/OL]. Lancet Glob Health, 2020, 8(5): e721-e729[2025-09-25]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32353319/>. DOI: 10.1016/S2214-109X(20)30117-0.
- [4] Ihle-Hansen H, Vigen T, Ihle-Hansen H, et al. Prevalence of carotid plaque in a 63- to 65-year-old norwegian cohort from the general population: the ACE (Akershus Cardiac Examination) 1950 Study [J/OL]. J Am Heart Assoc, 2018, 7(10): e008562[2025-09-25]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29739796/>. DOI: 10.1161/JAHA.118.008562.
- [5] de Weerd M, Greving JP, de Jong AW, et al. Prevalence of asymptomatic carotid artery stenosis according to age and sex: systematic review and metaregression analysis [J]. Stroke, 2009, 40(4): 1105-1113. DOI: 10.1161/STROKEAHA.108.532218.
- [6] Seiler A, Kammerer S, Gühl A, et al. Revascularization of high-grade carotid stenosis restores global cerebral energy metabolism [J]. Stroke, 2019, 50(7): 1742-1750. DOI: 10.1161/STROKEAHA.118.023559.
- [7] Turan-Vural E, Vural U. Evaluation of peripapillary and subfoveal choroid thickness in asymptomatic carotid artery stenosis [J]. Clin Ophthalmol, 2020, 14: 1641-1650. DOI: 10.2147/OPHT.S237403.
- [8] Li S, Lang X, Wang W, et al. Choroidal vascular changes in internal carotid artery stenosis: a retrospective cohort study in Chinese population [J]. BMC Ophthalmol, 2019, 19(1): 215. DOI: 10.1186/s12886-019-1218-7.
- [9] Lawrence PF, Oderich GS. Ophthalmologic findings as predictors of carotid artery disease [J]. Vasc Endovascular Surg, 2002, 36(6): 415-424. DOI: 10.1177/153857440203600602.
- [10] Tazin F, Kumar H, Israr MA, et al. Ocular migraine with amaurosis fugax of the left eye: a case report [J/OL]. Cureus, 2022, 14(8): e28272[2025-09-28]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36158378/>. DOI: 10.7759/cureus.28272.
- [11] McCullough HK, Reinert CG, Hynan LS, et al. Ocular findings as predictors of carotid artery occlusive disease: is carotid imaging justified? [J]. J Vasc Surg, 2004, 40(2): 279-286. DOI: 10.1016/j.jvs.2004.05.004.
- [12] Ting R, Hui M, Thoo C, et al. Light-induced amaurosis: a rare manifestation of internal carotid artery stenosis [J/OL]. Cureus, 2019, 11(10): e5817[2025-09-28]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31737459/>. DOI: 10.7759/cureus.5817.
- [13] 王拥军. 短暂性脑缺血发作的新概念 [J]. 国外医学(脑血管疾病分册), 2005, 13(2): 81-88. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4165.2005.02.001.
Wang YJ. New concept of transient ischemic attack [J]. Int J

- Cerebrovasc Dis, 2005, 13(2):81-88. DOI: 10.3760/ema.j.issn.1673-4165.2005.02.001.
- [14] Mac Grory B, Schrag M, Biousse V, et al. Management of central retinal artery occlusion: a scientific statement from the american heart association[J/OL]. *Stroke*, 2021, 52(6):e282-e294[2025-09-28]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33677974/>. DOI: 10.1161/STR.0000000000000366.
- [15] Chen SN, Hwang JF, Huang J, et al. Retinal arterial occlusion with multiple retinal emboli and carotid artery occlusion disease. Haemodynamic changes and pathways of embolism[J/OL]. *BMJ Open Ophthalmol*, 2020, 5(1):e000467[2025-09-28]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32789185/>. DOI: 10.1136/bmjophth-2020-000467.
- [16] Leisser C, Zandieh S, Hirschall N, et al. Reduced caliber of the ophthalmic artery in magnetic resonance angiography in patients after retinal artery occlusion[J]. *Klin Monbl Augenheilkd*, 2020, 237(8):972-975. DOI: 10.1055/a-0972-9886.
- [17] Nicholson L, Talks SJ, Amoaku W, et al. Retinal vein occlusion (RVO) guideline: executive summary[J]. *Eye (Lond)*, 2022, 36(5):909-912. DOI: 10.1038/s41433-022-02007-4.
- [18] Lendzioszek M, Mrugacz M, Bryl A, et al. Prevention and treatment of retinal vein occlusion: the role of diet-a review[J]. *Nutrients*, 2023, 15(14):3237. DOI: 10.3390/nu15143237.
- [19] 俞丽云, 段直光, 陶涛, 等. 颈动脉狭窄与视网膜分支静脉阻塞相关性的临床观察[J]. *中华眼科杂志*, 2014, 50(11):804-807. DOI: 10.3760/ema.j.issn.0412-4081.2014.11.002.
- Yu LY, Duan ZG, Tao T, et al. The correlation between carotid stenosis detected by neck vascular ultrasound and branch retinal vein occlusion[J]. *Chin J Ophthalmol*, 2014, 50(11):804-807. DOI: 10.3760/ema.j.issn.0412-4081.2014.11.002.
- [20] Garoon R, Carvounis PE. Central retinal vein occlusion with bilateral stenosis of the internal carotid arteries[J]. *Lancet*, 2015, 385(9971):914. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)60124-6.
- [21] Mansukhani SA, Eckel LJ, Chen JJ, et al. Bilateral venous stasis retinopathy[J]. *Am J Ophthalmol Case Rep*, 2020, 18:100667. DOI: 10.1016/j.ajoc.2020.100667.
- [22] Kim YH, Sung MS, Park SW. Clinical features of ocular ischemic syndrome and risk factors for neovascular glaucoma[J]. *Korean J Ophthalmol*, 2017, 31(4):343-350. DOI: 10.3341/kjo.2016.0067.
- [23] Albarrak AM, Mohammad Y, Hussain S, et al. Simultaneous bilateral posterior ischemic optic neuropathy secondary to giant cell arteritis: a case presentation and review of the literature[J]. *BMC Ophthalmol*, 2018, 18(1):317. DOI: 10.1186/s12886-018-0994-9.
- [24] Garcia-Medina JJ, Del-Rio-Vellosillo M, Fares-Valdivia J, et al. Optic nerve hypoplasia and internal carotid artery hypoplasia: a new association[J/OL]. *Can J Ophthalmol*, 2017, 52(5):e173-e177[2025-10-02]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28985826/>. DOI: 10.1016/j.jejo.2017.05.006.
- [25] Zhu W, Chen T, Jin L, et al. Carotid artery intimal medial thickness and carotid artery plaques in hypertensive patients with non-arteritic anterior ischaemic optic neuropathy[J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2017, 255(10):2037-2043. DOI: 10.1007/s00417-017-3744-4.
- [26] Kaya FS. Carotid disease and retinal optical coherence tomography angiography parameters in patients with non-arteritic anterior ischemic optic neuropathy[J]. *Int Ophthalmol*, 2022, 42(1):123-131. DOI: 10.1007/s10792-021-02007-5.
- [27] Arnold AC. The 14th Hoyt Lecture: ischemic optic neuropathy: the evolving profile, 1966-2015[J]. *J Neuroophthalmol*, 2016, 36(2):208-215. DOI: 10.1097/WNO.0000000000000395.
- [28] Durusoy GK, Gumus G, Onay M, et al. Early choroidal structure and choroidal vascularity index change after carotid stenting[J]. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, 2022, 38:102748. DOI: 10.1016/j.pdpdt.2022.102748.
- [29] István L, Czákó C, Élő Á, et al. Imaging retinal microvascular manifestations of carotid artery disease in older adults: from diagnosis of ocular complications to understanding microvascular contributions to cognitive impairment[J]. *Geroscience*, 2021, 43(4):1703-1723. DOI: 10.1007/s11357-021-00392-4.
- [30] Mohan S, Raman R. Recommended protocol and technique for doing oral fundus fluorescein angiography for adults and children[J]. *Indian J Ophthalmol*, 2022, 70(12):4430-4433. DOI: 10.4103/ijo.IJO_1220_22.
- [31] Holman MC, Chidlow G, Wood JP, et al. The effect of hyperglycemia on hypoperfusion-induced injury[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2010, 51(4):2197-2207. DOI: 10.1167/iovs.09-4191.
- [32] 陈功, 沈玺. OCT与OCTA在颈动脉狭窄导致的慢性眼缺血性疾病中的应用[J]. *上海交通大学学报(医学版)*, 2021, 41(8):1109-1113. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8115.2021.08.019.
- Chen G, Shen X. 2021, 41(8):1109-1113. Application of OCT and OCTA to chronic ocular ischemic diseases caused by carotid stenosis[J]. *J Shanghai Jiaotong Univ (Medical Science)*, 2021, 41(8):1109-1113. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8115.2021.08.019.
- [33] Dagdelen K, Muz OE. Investigation of macular and optic nerve head structural changes using spectral domain optical coherence tomography in internal carotid artery stenosis[J]. *Int Ophthalmol*, 2021, 41(3):875-882. DOI: 10.1007/s10792-020-01642-8.
- [34] Iovino C, Pellegrini M, Bernabei F, et al. Choroidal vascularity index: an in-depth analysis of this novel optical coherence tomography parameter[J]. *J Clin Med*, 2020, 9(2):595. DOI: 10.3390/jcm9020595.
- [35] Kang HM, Choi JH, Koh HJ, et al. Significant changes of the choroid in patients with ocular ischemic syndrome and symptomatic carotid artery stenosis[J/OL]. *PLoS One*, 2019, 14(10):e0224210[2025-10-02]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31639146/>. DOI: 10.1371/journal.pone.0224210.
- [36] Lahme L, Marchiori E, Panuccio G, et al. Changes in retinal flow density measured by optical coherence tomography angiography in patients with carotid artery stenosis after carotid endarterectomy[J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1):17161. DOI: 10.1038/s41598-018-35556-4.
- [37] Wan J, Kwapong WR, Tao W, et al. Choroidal changes in carotid stenosis patients after stenting detected by swept-source optical coherence tomography angiography[J]. *Curr Neurovasc Res*, 2022, 19(1):100-107. DOI: 10.2174/1567202619666220406092532.
- [38] Sun G, Chen C, Jiang J, et al. New insights into the association between choroidal vessels and choriocapillaris in normal eyes[J]. *Retina*, 2021, 41(12):2612-2619. DOI: 10.1097/IAE.00000000000003238.
- [39] Lin E, Ke M, Tan B, et al. Are choriocapillaris flow void features robust to diurnal variations? A swept-source optical coherence tomography angiography (OCTA) study[J]. *Sci Rep*, 2020, 10(1):11249. DOI: 10.1038/s41598-020-68204-x.
- [40] 雷博. 合理选择视网膜电图检查指标 客观了解内层视网膜的功能[J]. *中华实验眼科杂志*, 2016, 34(4):289-292. DOI: 10.3760/ema.j.issn.2095-0160.2016.04.001.
- Lei B. Towards objective assessment of the inner retinal functions[J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2016, 34(4):289-292. DOI: 10.3760/ema.j.issn.2095-0160.2016.04.001.
- [41] Machalińska A, Kowalska-Budek A, Kawa MP, et al. Association between asymptomatic unilateral internal carotid artery stenosis and electrophysiological function of the retina and optic nerve[J]. *J Ophthalmol*, 2017, 2017:4089262. DOI: 10.1155/2017/4089262.
- [42] Yan J, Yang X, Wu J, et al. Visual outcome of carotid endarterectomy

- in patients with carotid artery stenosis[J]. *Ann Vasc Surg*, 2019, 58: 347-356. DOI: 10.1016/j.avsg.2018.12.069.
- [43] Abbott AL, Paraskevas KI, Kakkos SK, et al. Systematic review of guidelines for the management of asymptomatic and symptomatic carotid stenosis[J]. *Stroke*, 2015, 46(11): 3288-3301. DOI: 10.1161/STROKEAHA.115.003390.
- [44] Akca Bayar S, Kayaarası Öztürker Z, Pınarcı EY, et al. Structural analysis of the retina and choroid before and after carotid artery surgery [J]. *Curr Eye Res*, 2020, 45(4): 496-503. DOI: 10.1080/02713683.2019.1666994.
- [45] Enaida H, Nagata S, Takeda A, et al. Changes in chorioretinal blood flow velocity and cerebral blood flow after carotid endarterectomy [J]. *Jpn J Ophthalmol*, 2016, 60(6): 459-465. DOI: 10.1007/s10384-016-0472-y.
- [46] Ala-Kauhaluoma M, Koskinen SM, Silvennoinen H, et al. Subfoveal choroidal thickness in ipsi- and contralateral eyes of patients with carotid stenosis before and after carotid endarterectomy: a prospective study [J]. *Acta Ophthalmol*, 2021, 99(5): 545-552. DOI: 10.1111/aos.14648.
- [47] Machalińska A, Kowalska-Budek A, Kawa MP, et al. Effect of carotid endarterectomy on retinal function in asymptomatic patients with hemodynamically significant carotid artery stenosis[J]. *Pol Arch Intern Med*, 2017, 127(11): 722-729. DOI: 10.20452/pamw.4064.
- [48] Yoshida S, Oya S, Obata H, et al. Carotid endarterectomy restores decreased vision due to chronic ocular ischemia [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2021, 163(6): 1767-1775. DOI: 10.1007/s00701-020-04603-3.
- [49] 徐泽勤, 郭连瑞. 颈动脉狭窄诊疗进展 [J]. *山东大学耳鼻喉眼学报*, 2020, 34(4): 11-15.
Xu ZQ, Guo LR. Advances in the diagnosis and treatment of carotid artery stenosis [J]. *J Otolaryngol Ophthalmol Shandong Univ*, 2020, 34(4): 11-15.
- [50] AbuRahma AF, Mousa AY. Current status of carotid stenting versus endarterectomy [J]. *Adv Surg*, 2016, 50(1): 235-256. DOI: 10.1016/j.yasu.2016.04.004.
- [51] Ma F, Su J, Shang Q, et al. Changes in ocular hemodynamics after carotid artery angioplasty and stenting (CAAS) in patients with different severity of ocular ischemic syndrome [J]. *Curr Eye Res*, 2018, 43(2): 266-272. DOI: 10.1080/02713683.2017.1390771.
- (收稿日期:2025-10-19 修回日期:2026-05-24)
(本文编辑:施晓萌 骆世平)

读者·作者·编者

本刊对中英文摘要的要求

论著或综述文稿正文请撰写中英文摘要。原创性论著文稿要求为结构式摘要,包括目的 (Objective)、方法 (Methods)、结果 (Results) 和结论 (Conclusions) 4 个要素,摘要应能够回答以下问题:(1)为什么进行这项研究。(2)主要用什么方法进行研究。(3)获得什么主要结果。(4)通过研究得出什么结论等。其中目的部分为本课题对上述提出问题设立的目标。方法部分应提供研究对象、样本量、分组情况、各组的干预情况、与研究相适应的观察或检测指标,获得结局指标的手段和设备等。临床研究请说明是前瞻性研究、回顾性研究还是观察性研究。结果部分请客观描述研究的主要发现,包括主要的形态学检查表现、相关的关键性或主要的量化资料以及相应的统计学比较结果,须写明统计学量值及其概率值。结论部分请提出与本研究论据直接相关的、必然的推论,避免得出过度推测性、评价性和扩大化的结论。摘要请用第三人称客观表述,不列图表,不引用文献,不加评论和解释。英文摘要应与中文摘要内容相对应,但为了对外交流的需要,可以略详细。英文摘要应包括论文文题 (正体) 及全部作者姓名 (汉语拼音,姓在前,首字母大写,名在后,首字母大写,双字连写。如:Yin Xiaohui)、标准化的单位名称、城市名称 (汉语拼音)、邮政编码及国家名称 (全部为斜体)。请在另起一行处提供通信作者姓名的汉语拼音和 Email 地址,如 *Corresponding author: Yin Xiaohui, Email: xiaohuih@126.com*。专家述评或综述类文稿请撰写指示性中英文摘要,摘要内容应包含研究涉及的概念、研究的目的、综述资料的来源、复习的文献量、研究的新发现或应用领域、综合的结果和结论及其意义等必要的信息。

研究论文为前瞻性研究者应在中英文摘要结束处提供临床试验注册号,以“临床试验注册 (Trial registration)”为标题,提供注册机构名称和注册号。前瞻性临床研究的论著摘要应注明遵循 CONSORT 声明 (Consolidated Standards of Reporting Trials) (<http://www.consort-standart.org/home>)。

本刊对存在科研诚信问题或发表流程中存在严重缺陷稿件的撤稿及其流程

依据中华医学会系列杂志论文发表后撤稿的推荐规范,如发生下列情况本刊将予以撤稿处理:(1)编辑部收到举报并已经证实论文存在较严重的不可信、学术不端或非主观的错误,以至于该论文所报道的发现和结果不可信。(2)论文存在剽窃问题。(3)论文所报道的研究违反医学伦理规范。(4)未被允许的重复发表。(5)在稿件发表流程中存在严重缺陷。上述问题经编辑部严格调查属实后将按照撤稿流程分别在纸质版期刊、本刊网站刊登撤稿声明,刊登前编辑部和所有作者就撤稿声明的内容达成一致,以保证各方利益。但在无法就撤稿声明的内容与作者达成一致时,如已有充足证据表明必须撤稿,本刊将尽快刊出撤稿声明。撤稿声明对所有读者免费开放,以最大限度地减少该论文发表带来的负面影响。编辑对存在科研诚信问题或发表流程中存在严重缺陷稿件的撤稿拥有最终决定权。

(本刊编辑部)