

眼部手术或操作对脉络膜血管指数影响的研究进展

朱俊杰^{1,2}, 张正威^{1,3}

引用:朱俊杰,张正威. 眼部手术或操作对脉络膜血管指数影响的研究进展. 国际眼科杂志, 2026,26(8):1388-1393.

基金项目:无锡市“双百”中青年医疗卫生拔尖人才培养计划 (No.BJ2023037);中国健康促进基金会科研发展公益项目 (No. 2025-ZCXY-0455)

作者单位:¹(214002)中国江苏省无锡市,南通大学无锡临床学院眼科;²(226001)中国江苏省南通市,南通大学;³(214002)中国江苏省无锡市,江南大学附属中心医院眼科

作者简介:朱俊杰,在读硕士研究生,住院医师,研究方向:眼底病。

通讯作者:张正威,男,博士,副主任医师,硕士研究生导师,研究方向:人工智能及多模影像在眼底病中的研究与应用. zwzhang2452@jiangnan.edu.cn

收稿日期:2025-11-07 修回日期:2026-06-25

摘要

脉络膜血管指数(CVI)是一种基于OCT影像的结构性定量指标,可通过血管腔面积与总脉络膜面积之比表征脉络膜血管腔与基质的结构比例变化,并在一定程度上间接提示脉络膜状态的改变。随着增强深度成像光相干断层扫描(EDI-OCT)技术的发展,CVI在眼科临床实践中的应用日益广泛。CVI的测量具有良好的重复性和可靠性,加上EDI-OCT检查的无创性特点,使其成为眼科临床研究和日常诊疗工作中一个极具价值的评估工具。CVI可用于量化脉络膜血管腔面积与总脉络膜面积的比例变化,较单纯脉络膜厚度更能反映脉络膜血管与基质成分的相对改变。近年来,CVI已被广泛应用于年龄相关性黄斑变性(ARMD)、中心性浆液性脉络膜视网膜病变(CSC)、糖尿病视网膜病变(DR)、高度近视等疾病。除了疾病本身之外,一些眼部的手术或操作也会对CVI产生影响。现有研究提示,CVI变化可能与术后炎症反应、脉络膜血流动力学改变、血管通透性变化及眼压波动等因素相关,但不同研究在变化方向、持续时间及其与视功能预后的关系方面仍存在一定差异。文章综述眼部手术或操作对CVI的影响,并进一步分析其临床解释价值、现有争议及未来研究方向,以期围手术期脉络膜结构评估和预后判断提供参考。

关键词:脉络膜血管指数;眼底激光;白内障手术;玻璃体切除术;抗VEGF治疗

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2026.8.14

Advances in the effects of ocular surgeries and procedures on the choroidal vascularity index

Zhu Junjie^{1,2}, Zhang Zhengwei^{1,3}

Foundation items: Top Talent Support Program for “Double

Hundred” Young and Middle-aged People of Wuxi Health Committee (No. BJ2023037); the Scientific Research and Development Public Welfare Program of the China Health Promotion Foundation (No.2025-ZCXY-0455)

¹Department of Ophthalmology, Wuxi Clinical Medical College of Nantong University, Wuxi 214002, Jiangsu Province, China;

²Nantong University, Nantong 226001, Jiangsu Province, China;

³Department of Ophthalmology, Affiliated Central Hospital of Jiangnan University, Wuxi 214002, Jiangsu Province, China

Correspondence to: Zhang Zhengwei. Department of Ophthalmology, Wuxi Clinical Medical College of Nantong University, Wuxi 214002, Jiangsu Province, China; Department of Ophthalmology, Affiliated Central Hospital of Jiangnan University, Wuxi 214002, Jiangsu Province, China. zwzhang2452@jiangnan.edu.cn

Received:2025-11-07 Accepted:2026-06-25

Abstract

• The choroidal vascularity index (CVI) is a quantitative structural parameter derived from optical coherence tomography (OCT) images. It is defined as the ratio of the luminal area to the total choroidal area, which characterizes alterations in the structural proportion between choroidal vascular lumens and stroma, and indirectly indicates changes in choroidal status to a certain extent. With the development of enhanced depth imaging optical coherence tomography (EDI-OCT), CVI has been increasingly applied in ophthalmic research and clinical practice. Measurements of CVI exhibit excellent repeatability and reliability. Combined with the noninvasive nature of EDI-OCT, CVI is an extremely valuable assessment tool for clinical ophthalmic research and routine clinical practice. CVI can quantify proportional changes between the choroidal luminal area and total choroidal area, and better reflects relative variations in choroidal vascular and stromal components compared with choroidal thickness alone. In recent years, CVI has been widely applied to multiple ocular diseases including age-related macular degeneration (ARMD), central serous chorioretinopathy (CSC), diabetic retinopathy (DR), and high myopia. In addition to the diseases themselves, various ocular surgeries and procedures can also affect CVI. Current evidence suggests that changes in CVI may be associated with factors such as postoperative inflammatory response, choroidal hemodynamic alterations, vascular permeability changes, and intraocular pressure fluctuations. However, discrepancies remain among studies regarding the direction and duration of these changes and their relationship with visual outcomes. This review summarizes the effects of ocular surgeries and procedures on CVI and further

discusses its clinical interpretation, existing controversies, and future research directions, aiming to provide a reference for perioperative assessment of choroidal structural changes and prognostic evaluation.

• KEYWORDS: choroidal vascularity index; fundus laser; cataract surgery; vitrectomy; anti-VEGF therapy

Citation: Zhu JJ, Zhang ZW. Advances in the effects of ocular surgeries and procedures on the choroidal vascularity Index. Guoji Yanke Zazhi(Int Eye Sci), 2026,26(8):1388-1393.

0 引言

脉络膜作为眼球血供最丰富的血管组织,对维持视网膜正常功能具有重要作用。脉络膜的主要成分是血管,其血管密度基于脉络膜管腔和基质区域的区分,脉络膜血管指数(choroidal vascularity index,CVI)是一项新兴的、客观量化评估脉络膜血管状态的指标,可以通过计算脉络膜血管腔面积与整个脉络膜面积的比值来反映脉络膜血管密度^[1-2]。随着增强深部成像光相干断层扫描(enhanced depth imaging optical coherence tomography,EDI-OCT)技术的发展和普及,CVI的测量和应用逐渐成为眼科研究的热点。

随着白内障手术、玻璃体切除术、眼内注射以及激光光凝等手术在临床中广泛开展,其对脉络膜结构的影响日益受到重视。既往研究提示,较低的基线CVI在部分眼病中可能与较差预后相关^[3]。通过对CVI的定量测量,可以客观评估这些手术对脉络膜血管结构和功能的影响,为临床治疗方案的制定和预后评估提供重要参考。目前已有研究证实多种眼科干预可引起CVI改变,但相关结果并不完全一致。其差异可能与原发疾病类型、基线脉络膜状态、手术方式、随访时间、OCT设备、图像二值化方法及感兴趣区域选择有关。因此,本文总结不同眼部手术或操作后CVI的变化特点,重点归纳目前较为明确的结论及存在争议的问题,及其对临床治疗和未来研究的启示。

1 CVI概述

CVI是指脉络膜血管腔面积(luminal area,LA)与整个脉络膜面积(total choroidal area,TCA)的比值,管腔面积又可以用脉络膜总面积减去基质区域面积(stromal area,SA)得到,即 $LA=TCA-SA$ 。该指标多基于EDI-OCT图像获取,常通过勾画脉络膜边界并区分血管腔与基质区域后计算而得^[4]。CVI被认为是脉络膜血管评估的较为稳定的结构性定量指标,克服了单纯使用脉络膜厚度(choroidal thickness,CT)的局限性,并使其受生理因素的影响更小^[5],许多研究已应用CVI对多种眼部疾病的脉络膜状态进行了评估。多数研究表明,正常人群CVI值约为 $65.61\% \pm 2.33\%$ ^[6-7],且存在昼夜节律性波动^[8]。

1.1 CVI的临床意义 CVI反映OCT图像中LA与总TCA的比例关系,其本质上属于结构性影像指标,而非直接血流灌注指标。因此,在解释CVI变化时,应避免将其简单等同于脉络膜血流增加或减少。CVI升高可能代表血管腔比例增加,也可能与基质成分减少、炎症消退或血管通透性变化有关;CVI降低则可能提示血管腔缩小、基质相对增加或脉络膜萎缩等不同病理状态。需要强调的是,CVI并非脉络膜灌注的“金标准”,更应被视为与脉络膜血

流、通透性及炎症状态相关的间接结构指标。与CT相比,CVI受年龄、屈光状态等影响相对较小,且在标准化流程下具有较好的重复性与可靠性^[4]。此外,CVI的应用研究亦延伸至部分全身系统性疾病相关的眼底改变,如糖尿病、中枢神经系统疾病、心血管疾病、自身免疫性疾病及感染性疾病等^[9-10]。在围手术期,CVI有望用于提示脉络膜循环/炎症反应变化、比较不同术式或操作复杂度对脉络膜的影响,并为预后评估与随访策略提供量化参考^[9,11]。但其解释仍应结合OCT结构、视力和并发症情况综合判断。

1.2 CVI的计算方法 CVI测量已由手工描记逐步发展为半自动和全自动分析,但图像处理流程、阈值设定和感兴趣区域选择仍缺乏统一标准^[11]。目前多采用EDI-OCT或SS-OCT图像,在中央黄斑区或视盘周围选取感兴趣区域(通常 $1\,500-3\,000\,\mu m$)^[12]。测量时通常首先确定脉络膜边界,以上界为RPE/Bruch膜复合体下缘,下界为脉络膜-巩膜交界(choroid-sclera interface,CSI),必要时进行人工校正。然后,对选定的脉络膜区域进行预处理,包括噪声去除和平滑处理^[2,13]。在图像预处理后,多数研究采用Niblack自适应阈值法进行二值化处理,以区分LA与SA,并计算 $CVI=LA/TCA \times 100\%$,反映脉络膜血管容积的相对大小^[12]。最后,进行重复性/一致性评估(如同一图像重复测量或双观察者一致性),并在随访研究中保持同算法参数一致以提高可比性。近年来,深度学习自动分割、三维及超广域分析逐渐用于提高准确性和重复性,但跨设备、跨软件标准化仍是推广应用的关键^[1,14]。总之,基于OCT图像的二值化分割法仍然是目前计算CVI的主流技术,为脉络膜结构变化及与血流相关的影像学研究提供了重要量化工具。

2 激光与注射等非切开性操作与治疗对CVI的影响

2.1 眼底激光治疗 激光光凝治疗是多种视网膜疾病的重要治疗手段。Kim等^[15]的研究发现,在糖尿病视网膜病变(DR)患者中,全视网膜激光光凝术(panretinal photocoagulation,PRP)术后3 mo CVI有轻微上升趋势,在6、12 mo后逐渐恢复接近于基线水平。在重度非增生性糖尿病性视网膜病变(non-proliferative diabetic retinopathy,NPDR)或早期增殖性糖尿病视网膜病变(proliferative diabetic retinopathy,PDR)患者中,CVI变化模式又有所不同。相关研究表明:NPDR组术后1 mo CVI升高、6 mo下降,PDR组则于1 mo下降后趋于稳定^[16]。这表明DR患者不同阶段的血管状态存在差异,NPDR的患者对PRP治疗可能更敏感。总体来看,PRP后CVI变化并非单一方向,其短期升高可能与激光后炎症反应、脉络膜血管扩张或血流重新分布有关,而后期下降或恢复基线则可能反映炎症消退和脉络膜结构重塑。不同DR分期、激光范围、能量参数及随访时间差异,可能是目前研究结论不完全一致的重要原因。

2.2 后发性白内障激光治疗 除了眼底激光之外,后发性白内障的激光治疗对CVI也有一定的影响。Icoz等^[17]的研究表明:掺钕钇铝石榴石(neodymium-doped yttrium aluminium garnet,Nd:YAG)激光治疗前CVI为 $63.2 \pm 3.2\%$,激光治疗后1 wk为 $66.8 \pm 2.9\%$,1 mo为 $67.1 \pm 2.6\%$ 。与激光治疗前相比,术后1 wk及1 mo的CVI均发

生显著变化(均 $P<0.05$),上述结果提示,Nd:YAG 激光后短期内 CVI 可显著升高,可能反映脉络膜血管腔比例或基质成分发生一过性改变。由于该类研究多为短期观察,尚不能确定这种变化是否具有明确的视功能意义,仍需结合黄斑厚度、眼压波动及炎症反应等指标综合判断。

2.3 眼内注药 抗血管内皮生长因子(VEGF)治疗对 CVI 的影响较为复杂。VEGF 抑制可降低血管通透性、减轻渗出和炎症反应,从而影响脉络膜基质及血管腔比例^[18]。而眼内注射本身可引起短暂眼压升高和眼内微环境改变,也可能对脉络膜循环产生一过性影响。因此,抗 VEGF 治疗后观察到的 CVI 变化,应理解为“药物效应”与“注射操作效应”共同作用的结果,而不宜简单归因于单一机制^[6, 11]。

2.3.1 DR 在糖尿病相关黄斑水肿/视网膜病变患者中,眼内注射抗 VEGF 后 CVI 可出现动态改变。研究表明,即使是尚未出现 DR 的 2 型糖尿病患者,其 CVI 与正常对照组相比已出现降低^[19]。在轻度 NPDR 的糖尿病患者中,CVI 可出现显著降低^[20],CVI 降低也证实了在轻度 NPDR 的眼睛中脉络膜血管变化。随着 DR 的进展,CVI 逐渐降低,与没有 DR 的糖尿病患者和 NPDR 相比,CVI 在 PDR 患者中达到了最低值^[21]。在没有抗 VEGF 治疗之前,激光光凝一直是治疗 DR 的标准方法。现已明确 VEGF 在 DME 和 PDR 的病理生理机制中起关键作用,从而极大地推动了抗 VEGF 药物的研发与临床应用^[22]。因此,糖尿病患者在接受抗 VEGF 治疗前已可能存在不同程度的脉络膜血管结构异常。DR 分期越晚,CVI 下降越明显,提示基线脉络膜状态可能影响抗 VEGF 治疗后的结构反应和视功能恢复。未来研究应进一步区分糖尿病本身、DR 进展、DME 活动性以及抗 VEGF 治疗对 CVI 的独立影响。

2.3.2 视网膜静脉阻塞 在视网膜静脉阻塞(retinal vein occlusion,RVO)的患者中,围注射期随访显示 CVI 可随治疗发生变化。有研究表明,BRVO 的患者往往表现出更低的 CVI,这可能是由于视网膜缺血而发生的脉络膜渗出引起的基质区域面积的增加^[23]。还有研究表明,RVO 患眼,尤其合并黄斑囊样水肿或混合性黄斑水肿者,TCA、LA 和 CVI 均高于对侧眼^[24]。不同亚型、缺血程度以及黄斑水肿形态可能是造成结论不一致的重要原因。抗 VEGF 治疗后,一些 BRVO 患者的 CVI 可逐步接近对侧眼,提示急性期脉络膜结构改变具有一定可逆性^[25]。另有研究认为,对侧眼 CVI 可能反映全身血管易感性,从而帮助评估 BRVO 病程和预后^[23]。因此,RVO 患者 CVI 变化可能同时受到视网膜缺血程度、黄斑水肿类型、抗 VEGF 治疗反应及对侧眼血管基础状态的影响。现阶段 CVI 可作为评估 RVO 相关脉络膜结构改变的辅助指标,但其是否能够稳定预测视力恢复,仍需更大样本、分亚型和长期随访研究进一步验证。

2.3.3 年龄相关性黄斑变性 在年龄相关性黄斑变性(age-related macular degeneration, ARMD)患者中,眼内注射抗 VEGF 后的 CVI 改变提示脉络膜血管/基质可能发生重塑。研究表明,无论干性还是湿性 ARMD,患眼 CVI 多低于健康对照;部分患者对侧眼也可出现降低,提示深层脉络膜改变可能早于明显新生血管形成^[26]。在干性 ARMD(dry age-related macular degeneration,dARMD)不同

亚型中,CVI 分布亦有差异。有研究收集了三个不同队列的 dARMD 患者[即色素沉着、网状假性黄斑变性(reticular pseudodrusen, RPD)和地图状萎缩(geographic atrophy, GA)和一个年龄匹配的健康参与者队列(对照组)]。RPD 和 GA 患者通常更低,反映脉络膜受损程度与疾病严重程度相关^[27]。这可能反映了不同亚型 dARMD 患者的脉络膜血管与基质损伤程度存在差异,与疾病严重程度密切相关。对于湿性 ARMD,抗 VEGF 治疗后 CVI 并非均持续下降,部分研究在短期内未见显著改变,但当注射次数增加时,LA 下降可能快于 SA,从而使 CVI 逐渐下降^[28]。也有研究发现,基线 CVI 越高,阿柏西普治疗后下降幅度越大,提示基础脉络膜状态可能影响治疗反应^[29]。同时,有研究将湿性 ARMD 按黄斑新生血管(macular neovascularization,MNV)分为了三种类型:1 型、2 型和 3 型。该研究将 1 型和 2 型 MNV 合并为一组,与 3 型 MNV 进行比较。结果发现 1、2 型与 3 型 MNV 治疗后的 CVI 变化差异并不显著^[30],提示抗 VEGF 对脉络膜的影响不完全取决于新生血管起源。不同药物对于 CVI 的影响也不同,例如布西珠单抗与阿柏西普相比在部分研究中可引起更明显的 CVI 升高,可能与更强的 VEGF 抑制作用促进基质脱水、血管通透性下降有关^[31]。从临床角度看,ARMD 患者抗 VEGF 治疗后的 CVI 变化可能有助于反映脉络膜结构重塑和药物反应差异,但目前尚不能单独作为调整给药方案的依据。未来若能结合 MNV 类型、基线 CVI、脉络膜厚度、视网膜液体变化及最佳矫正视力结局,CVI 可能成为判断治疗反应和优化个体化随访策略的辅助影像指标。

总体而言,现有证据支持“眼内注射抗 VEGF 后 CVI 可改变”,但不同疾病谱、基线脉络膜状态与随访时间点可能造成方向与幅度不一致,提示后续仍需标准化的随访设计以提高可比性。

3 眼内手术对 CVI 的影响

3.1 白内障手术 白内障手术对 CVI 的影响相对较小。Chen 等^[32]的多中心研究显示,白内障超声乳化吸除术(phacoemulsification, PHACO)后 CVI 呈逐渐升高趋势,术后 1 wk 较术前轻度升高,术后 1 mo 升高更为明显,提示白内障术后短期内可出现脉络膜血管结构改变。其可能机制与手术创伤引起的炎症反应、血-房水屏障破坏以及炎症介质释放有关^[33]。随着血-房水屏障的破坏,房水中的炎症介质通过玻璃体进入视网膜和脉络膜,从而导致脉络膜血管结构的改变。除了传统的白内障手术,飞秒激光性白内障手术(femtosecond laser-assisted cataract surgery, FLACS)和 PHACO 对于 CVI 的影响也存在差异。有研究表明,在飞秒激光辅助白内障手术后,相关 OCT 参数未出现显著变化^[34],这提示不同术式对脉络膜结构影响可能存在差异,但仍需在标准化测量与更长随访下进一步验证。

3.2 玻璃体切除术 玻璃体切除术对 CVI 的影响与所治疗的疾病类型以及手术操作的复杂程度相关^[35]。一项研究对黄斑前膜患者在基线,术后 30、90 d 的 CVI 分别进行测量,结果发现术后 30-90 d CVI 可逐渐下降,提示解除机械牵拉后脉络膜结构反应减轻^[36]。在视网膜脱离患者中,术后早期 CVI 显著增加,随访 6 mo 后下降,且可低于

术前水平^[37]。这可能与术后炎症反应及血流动力学改变相关,但仍需进一步研究验证。一项有关孔源性视网膜脱离(rhegmatogenous retinal detachment, RRD)患者玻璃体切除术后硅油填充眼的脉络膜血管变化的研究表明:硅油填充期间及取油后 CVI 均低于对侧眼,且填充时间越长下降越明显,提示应尽量避免长期硅油滞留^[38]。还有研究发现,硅油与气体填充之间的 CVI、LA、SA 和 TCA 存在显著差异,且 CVI 与早期视力恢复无明显相关^[39],提示 CVI 可能并非预测术后早期视功能改善的独立指标。需要进行更大规模的研究,进一步探讨不同填塞剂对脉络膜血管和视觉效果的长期影响。

3.3 青光眼手术 青光眼对脉络膜血管的影响也较为显著,多项研究表明,青光眼患者常表现为 CVI 降低,提示脉络膜血管功能异常可能参与其发病^[40-41]。还有研究表明,青光眼患者运动后 CVI 即刻明显下降,说明脉络膜层受运动影响,血管调节机制不健康^[42]。在原发性闭角型青光眼(primary angle-closure glaucoma, PACG)和小梁切除术后恶性青光眼(malignant glaucoma, MG)的研究中, MG 患眼及其对侧眼 CVI 均明显降低,说明双眼可能存在相似的脉络膜解剖易感性^[43]。与白内障手术、玻璃体切除术后及抗 VEGF 治疗相比,青光眼手术后 CVI 变化的研究仍相对不足。由于青光眼手术可显著改变眼压水平,而眼压变化又可能影响脉络膜灌注压和脉络膜厚度,因此 CVI 有望用于观察术后脉络膜反应。但目前尚缺乏不同术式之间的横向比较,也缺少 CVI 变化与眼压控制、视野进展及视神经结构改变之间关系的长期随访证据。

4 眼外手术对 CVI 的影响

4.1 角膜手术 Yalçinkaya 等^[44]研究发现,飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(femtosecond laser small incision lenticule extraction, SMILE)和飞秒激光制瓣的准分子激光原位角膜磨镶术(femtosecond laser-assisted in situ keratomileusis, FS-LASIK)术前和术后第 1 d 的 CVI 没有显著变化,部分黄斑或视盘微循环参数可出现短暂波动,并在术后 7 d 基本恢复。这表明角膜屈光手术可能对眼部微循环产生短暂影响,尤其在术后第 1 d 较为明显,但多数参数可在术后 7 d 左右恢复。由于现有研究随访时间较短,角膜屈光手术对 CVI 及脉络膜循环的长期影响仍需进一步观察。

4.2 斜视手术 已有研究表明水平斜视后退切除手术似乎对 CVI 没有影响,然而术后炎症可导致脉络膜厚度增加^[45]。同时也有研究表明,斜视患者接受单条或两条水平直肌手术后,脉络膜厚度的增加更为显著,而 CVI 仅在中心凹周围区域鼻区有所增加^[46]。需要进一步的研究来调查斜视手术对脉络膜微循环的长期影响。值得注意的是,斜视手术后脉络膜厚度增加并不一定伴随 CVI 同步升高,提示 CT 和 CVI 反映的脉络膜结构信息并不完全相同。CT 变化可能更多受组织水肿或炎症影响,而 CVI 则反映血管腔与基质比例变化。因此,两者联合分析可能比单一指标更有助于理解术后脉络膜反应。

4.3 巩膜扣带术 巩膜扣带术/环扎(scleral buckling, SB)是孔源性视网膜脱离(RRD)的常用术式。由于 SB 通过外部压迫改变眼球壁形态与脉络膜静脉回流,其对脉络膜循环与结构指标可能产生显著影响^[47]。相关研究已将

CVI 用于术后随访,并分析其与视力恢复的关系,提示其可作为围手术期评估的潜在结构性生物标志物^[37]。国内前瞻性观察亦显示,SB 术后部分区域视网膜及脉络膜血流参数仍低于对侧健康眼,且与眼轴变化和垫压范围等手术因素相关^[48]。总体而言,SB 后 CVI 变化可能与局部加压或环扎方式、垫压范围、解剖复位情况及随访时点密切相关,现阶段尚难给出统一结论,仍需在统一 ROI 和标准化 OCT 流程下进一步验证。

5 小结和展望

CVI 为评估各种眼部手术和操作对脉络膜循环的影响提供了独特视角。研究表明,不同手术类型对 CVI 的影响各异,这些差异反映了不同病理状态下脉络膜血管系统的特异性反应机制。近年亦有大量文献报导手术后脉络膜厚度及 CVI 等指标的变化,并提示 CVI 可作为术后脉络膜结构变化的量化参数之一^[49]。但本文进一步以“干预类型-CVI 变化-临床解读”为主线,对不同操作与手术对 CVI 的影响进行系统归类与横向比较,并强调测量流程标准化、结果异质性来源及围手术期随访的解释框架,从而为临床实践中的预后评估与随访策略提供更综合的参考。目前研究已提示, CVI 可作为观察眼部手术或操作后脉络膜结构变化的辅助影像指标,其变化可能与术后炎症反应、眼压波动、血流动力学改变、血管通透性变化及机械牵拉解除等因素有关。然而,现有研究在 OCT 设备、扫描范围、图像二值化方法、ROI 选择及随访时间等方面尚未统一,不同研究中 CVI 变化方向及其与视功能预后的关系仍存在一定争议。因此, CVI 目前不宜单独作为判断疗效或预后的依据,而应结合脉络膜厚度、OCT/OCTA 表现、最佳矫正视力及原发疾病特点综合分析。未来仍需开展多中心、前瞻性和标准化研究,以进一步明确 CVI 在围手术期评估、预后判断及个体化随访中的临床价值。随着自动化和标准化水平提升, CVI 有望从研究指标逐步发展为临床随访中的可用量化参数。

利益冲突声明: 本文不存在利益冲突。

作者贡献声明: 朱俊杰论文选题与修改,初稿撰写;张正威选题指导,论文修改及审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

- [1] Kumar M, Khuu SK, Trinh M, et al. Choroidal vascularity index is independent of ocular and image-based factors in healthy eyes: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*, 2025, 15(1):27782.
- [2] Singh SR, Sadeghi E, Vupparaboina KK, et al. Recent updates in choroidal imaging biomarkers. *Surv Ophthalmol*, 2025, 70(6):1160-1169.
- [3] Stanescu N, Friehmann A, Nemet A, et al. Long-term outcomes of anti-vascular endothelial growth factor treatment in peripapillary choroidal neovascularisation due to age-related macular degeneration. *Eye*, 2023, 37(6):1202-1206.
- [4] Tan KA, Laude A, Yip V, et al. Choroidal vascularity index - a novel optical coherence tomography parameter for disease monitoring in diabetes mellitus? *Acta Ophthalmol*, 2016, 94(7):e612-e616.
- [5] Kim M, Ha MJ, Choi SY, et al. Choroidal vascularity index in type-2 diabetes analyzed by swept-source optical coherence tomography. *Sci Rep*, 2018, 8(1):70.
- [6] Iovino C, Pellegrini M, Bernabei F, et al. Choroidal vascularity

index: an in-depth analysis of this novel optical coherence tomography parameter. *J Clin Med*, 2020,9(2):595.

[7] Agrawal R, Gupta P, Tan KA, et al. Choroidal vascularity index as a measure of vascular status of the choroid: Measurements in healthy eyes from a population-based study. *Sci Rep*, 2016,6:21090.

[8] Singh SR, Rasheed MA, Goud A, et al. Diurnal variation in subfoveal and peripapillary choroidal vascularity index in healthy eyes. *Indian J Ophthalmol*, 2019,67(10):1667-1672.

[9] Motamed Shariati M, Khazaei S, Yaghoobi M. Choroidal vascularity index in health and systemic diseases: a systematic review. *Int J Retina Vitreous*, 2024,10(1):87.

[10] 赵颖奕, 刘昕舒, 史灿灿, 等. UWF SS-OCTA 评估系统性红斑狼疮患者视网膜和脉络膜微血管及微结构的早期变化特征. *国际眼科杂志*, 2025,25(7):1140-1146.

[11] Agrawal R, Ding JB, Sen P, et al. Exploring choroidal angioarchitecture in health and disease using choroidal vascularity index. *Prog Retin Eye Res*, 2020,77:100829.

[12] Sonoda S, Sakamoto T, Yamashita T, et al. Luminal and stromal areas of choroid determined by binarization method of optical coherence tomographic images. *Am J Ophthalmol*, 2015,159(6):1123-1131.e1.

[13] Sonoda S, Sakamoto T, Yamashita T, et al. Choroidal structure in normal eyes and after photodynamic therapy determined by binarization of optical coherence tomographic images. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2014,55(6):3893-3899.

[14] Kumar M, Trinh M, Zhang A, et al. Age related grid-wise spatial analysis of choroidal parameters in well characterised healthy population. *Sci Rep*, 2024,14:26592.

[15] Kim JT, Park N. Changes in choroidal vascular parameters following pan-retinal photocoagulation using swept-source optical coherence tomography. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2020,258(1):39-47.

[16] Mirshahi A, Fadakar K, Mirshahi R, et al. Alterations in choroidal vascular parameters following panretinal photocoagulation using enhanced-depth imaging optical coherence tomography in diabetic retinopathy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2022,260(2):459-469.

[17] Icoz M, Tarm B, Icoz SGG. The effect of Nd: YAG Laser applied in the posterior capsule opacification on retinal and choroidal structures. *Photodiagn Photodyn Ther*, 2023,43:103653.

[18] Toprak A, Koc H, Alpay A, et al. The effect of intravitreal anti-VEGF injections on choroidal vascular index in patients with diabetic macular edema. *Cutan Ocul Toxicol*, 2024,43(3):204-210.

[19] Małyszczak A, Przeździecka-Dołyk JW, Szydełko-Paśko U, et al. Retinal and choroidal vascularization parameters in patients with type 2 diabetes without diabetic retinopathy. *Clin Ophthalmol*, 2024,18:3019-3029.

[20] Dou NX, Li GY, Fang D, et al. Association between choroidopathy and photoreceptors during the early stage of diabetic retinopathy: a cross-sectional study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2024,262(4):1121-1129.

[21] Jing RX, Sun XB, Cheng JM, et al. Vascular changes of the choroid and their correlations with visual acuity in diabetic retinopathy. *Front Endocrinol*, 2024,15:1327325.

[22] Stewart MW. A review of ranibizumab for the treatment of diabetic retinopathy. *Ophthalmol Ther*, 2017,6(1):33-47.

[23] Hwang BE, Kim M, Park YH. Role of the choroidal vascularity index in branch retinal vein occlusion (BRVO) with macular edema. *PLoS One*, 2021,16(10):e0258728.

[24] Loiudice P, Covello G, Figus M, et al. Choroidal vascularity index in central and branch retinal vein occlusion. *J Clin Med*, 2022,11(16):4756.

[25] Pant P, Kundu A, Rathinavelu JK, et al. Longitudinal assessment of the choroidal vascularity index in eyes with branch retinal vein occlusion-associated cystoid macular edema. *Ophthalmol Ther*, 2023,12(4):2103-2115.

[26] Koh LHL, Agrawal R, Khandelwal N, et al. Choroidal vascular changes in age-related macular degeneration. *Acta Ophthalmol*, 2017,95(7):e597-e601.

[27] Sacconi R, Vella G, Battista M, et al. Choroidal vascularity index in different cohorts of dry age-related macular degeneration. *Transl Vis Sci Technol*, 2021,10(12):26.

[28] Alis A, Guler Alis M. Long-term effect of intravitreal aflibercept treatment on choroidal vascularity index in neovascular age-related macular degeneration. *Photodiagn Photodyn Ther*, 2021,36:102582.

[29] Pellegrini M, Bernabei F, Mercanti A, et al. Short-term choroidal vascular changes after aflibercept therapy for neovascular age-related macular degeneration. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2021,259(4):911-918.

[30] Shen MX, Zhou H, Lu J, et al. Choroidal changes after anti-VEGF therapy in AMD eyes with different types of macular neovascularization using swept-source OCT angiography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2023,64(13):16.

[31] Boscia G, Pozharitskiy N, Grassi MO, et al. Choroidal remodeling following different anti-VEGF therapies in neovascular AMD. *Sci Rep*, 2024,14(1):1941.

[32] Chen HS, Wu ZM, Chen Y, et al. Short-term changes of choroidal vascular structures after phacoemulsification surgery. *BMC Ophthalmol*, 2018,18(1):81.

[33] Xu HP, Chen M, Forrester JV, et al. Cataract surgery induces retinal pro-inflammatory gene expression and protein secretion. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2011,52(1):249-255.

[34] Appolloni R, Viggiano P, Carrella ML, et al. Femto-assisted versus conventional phacoemulsification differently impact on choroid structure after surgery. *Eur J Ophthalmol*, 2022,32(4):2194-2200.

[35] 纪风涛, 王慧, 魏科, 等. SS-OCTA 评估增殖性糖尿病视网膜病变玻璃体切除术后黄斑微血管的变化. *国际眼科杂志*, 2023,23(5):747-753.

[36] Rizzo S, Savastano A, Finocchio L, et al. Choroidal vascularity index changes after vitreomacular surgery. *Acta Ophthalmol*, 2018,96(8):e950-e955.

[37] Quiroz-Reyes MA, Quiroz-Gonzalez EA, Quiroz-Gonzalez MA, et al. Postoperative choroidal vascularity index after the management of macula-off rhegmatogenous retinal detachment. *Int J Retina Vitreous*, 2023,9(1):19.

[38] Chen JY, Guan LN, Liu YL, et al. Choroidal vascular changes in silicone oil-filled eyes after vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachments. *BMC Ophthalmol*, 2023,23(1):442.

[39] Ozal E, Ermis S, Karapapak M, et al. Comparison of choroidal vascularity index in rhegmatogenous retinal detachment: impact of silicone-oil vs. gas tamponade following pars Plana vitrectomy. *BMC Ophthalmol*, 2025,25(1):261.

[40] Wang DQ, Xiao H, Lin SF, et al. Comparison of the choroid in primary open angle and angle closure glaucoma using optical coherence tomography. *J Glaucoma*, 2023,32(11):e137-e144.

[41] Park Y, Cho KJ. Choroidal vascular index in patients with open angle glaucoma and preperimetric glaucoma. *PLoS One*, 2019,14(3):e0213336.

[42] Cheng D, Fang J, Gao WQ, et al. Choroidal vascularity index changes after exercise in patients with glaucoma. *Front Physiol*, 2022,13:844795.

[43] Zuo CG, Wang DQ, Guo XX, et al. Associations between the

choroidal vascularity index and malignant glaucoma after trabeculectomy for primary angle closure glaucoma. Front Med, 2021,8:747720.

[44] Yalçınkaya G, Yıldız BK, Çakır i, et al. Evaluation of peripapillary – macular microvascularity and choroidal vascularity index after refractive surgery. Photodiagnosis Photodyn Ther, 2022,37:102714.

[45] Meng Y, Xu YS, Xiao D, et al. Assessment of retinal and choroidal microcirculation after unilateral recession–resection surgery for horizontal strabismus by swept – source optical coherence tomography angiography. Sci Rep, 2023,13(1):19247.

[46] Xiao D, Cao TY, Meng Y, et al. Changes in retinal and choroidal blood flow after one or two horizontal rectus muscle surgeries by optical

coherence tomography angiography. Ann Med, 2023,55(2):2261494.

[47] Bernabei F, Pellegrini M, Taroni L, et al. Choroidal vascular changes after encircling scleral buckling for rhegmatogenous retinal detachment. Eye (Lond), 2021,35(9):2619–2623.

[48] 任立宇, 李晓丽, 解士勇, 等. 孔源性视网膜脱离患眼巩膜扣带手术后视网膜和脉络膜血流改变. 中华眼底病杂志, 2025,41(5):349–357.

[49] Cheng D, Qiao YL, Zhu XY, et al. Change in choroid thickness and vascularity index associated with accommodation and aberration after small–incision lenticule extraction. Int J Ophthalmol, 2025, 18(4):672–682.

2025 版《中国科技期刊引证报告》核心版眼科学类期刊
主要指标及排名
(以综合评价总分为序)

期刊名称	核心总被引频次		核心影响因子		综合评价总分	
	数值	排名	数值	排名	数值	排名
国际眼科杂志	2278	1	1.067	2	75.3	1
中华眼科杂志	1881	2	0.961	3	73.4	2
眼科新进展	1157	4	0.947	4	72.9	3
中国中医眼科杂志	1314	3	1.114	1	50.2	4
中华实验眼科杂志	877	5	0.593	8	49.3	5
中国眼耳鼻喉科杂志	446	8	0.624	6	48.4	6
中华眼底病杂志	609	7	0.603	7	46.1	7
中华眼视光学与视觉科学杂志	767	6	0.752	5	42.2	8
临床眼科杂志	329	9	0.359	10	36.3	9
中华眼科医学杂志电子版	151	12	0.113	12	32.7	10
中国斜视与小儿眼科杂志	243	11	0.493	9	27.5	11
眼科	301	10	0.237	11	22.6	12

摘编自 2025 版《中国科技期刊引证报告》核心版