

doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2021.07.02

View this article at: <https://dx.doi.org/10.3978/j.issn.1000-4432.2021.07.02>

## 光学相干断层扫描血管成像在眼前节疾病中的应用

崔同峰 综述 朱江 审校

(宿迁市第一人民医院, 南京医科大学附属宿迁第一人民医院眼科, 江苏 宿迁 223800)

**[摘要]** 光学相干断层扫描血管成像(optical coherence tomography angiography, OCTA)是一种非接触、无创的、快速的血管造影技术, 它通过检测红细胞在血管内的光学相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)信号的变化来提供血管影像。由于这项技术不需要注射血管造影剂, 使得它比传统的眼科血管造影技术更安全。在眼前节疾病的检查中, OCTA不仅能够量化前节血管的范围和密度, 还显示出良好的成像质量, 为临床监测疾病的病程和对治疗的反应提供客观的评价。

**[关键词]** 光学相干断层扫描血管成像; 新生血管; 血管密度

## Application of optical coherence tomography angiography in ocular anterior segment diseases

CUI Tongfeng, ZHU Jiang

(Department of Ophthalmology, Suqian First Hospital of Jiangsu Province Hospital, Suqian Jiangsu 223800, China)

**Abstract** Optical coherence tomography angiography (OCTA) is a noncontact, noninvasive, and rapid angiography technique. It provides vascular images by detecting changes in the optical coherence tomography (OCT) signal of red blood cells in the blood vessel. Since this technique does not require injection of angiography, it is safer than traditional ophthalmic angiography. In the examination of anterior segment diseases, OCTA can not only quantify the range and density of anterior segment blood vessels, but also shows good imaging quality, providing an objective evaluation for clinical monitoring of the disease course and response to treatment.

**Keywords** optical coherence tomography angiography; neovascularization; vessel density

光学相干断层扫描血管成像(optical coherence tomography angiography, OCTA)是一种快速、无创、定量的血管成像系统, 最先用于视网膜血管的评估。自Aug<sup>[1]</sup>首次将OCTA引用到眼前节的检查, 之后很多研究都显示其在眼前节的检查上具有良好的成像质量和较好的可重复性。OCTA能

够在几秒内对前节的相关血管区域进行非接触的扫描, 以对相关区域的血管进行三维成像。与荧光素眼底血管造影(fluorescein fundus angiography, FFA)和吲哚菁绿血管造影(indocyanine green, ICGA)相比, 前节OCTA不仅能够快速、无创、非接触地测量和评估结膜和角膜的血管, 还避免了

收稿日期 (Date of reception): 2021-02-06

通信作者 (Corresponding author): 朱江, Email: zhujiangbjl@163.com

血管造影剂可能造成的严重不良反应。OCTA可以监控眼前节血管的特征并且可以比对不同时期血管特征的变化,其无创性和对血管形态的精确描绘有助于眼前节疾病的观察和随访<sup>[2]</sup>。

## 1 OCTA 在结膜疾病中的应用

结膜病是最常见的眼科疾病之一,感染、理化和机械性损伤都可能导致结膜病变,这不仅影响患者日常生活,一些结膜疾病如翼状胬肉等还影响眼部外观。Zhaos等<sup>[3]</sup>应用OCTA首次评估结膜血管疾病睑裂斑和翼状胬肉的血流,发现正常眼结膜和结膜睑裂斑血管密度相似,而翼状胬肉的结膜血管密度显著增多。OCTA检测到翼状胬肉中存在比正常结膜更丰富的血管。这些血管在上皮下结缔组织中最明显。这将为原发性和复发性翼状胬肉的检查和治疗提供更好的手段,并将有助于评估药物和手术的疗效。对于前节手术的案例,OCTA可以获得结膜和巩膜血管的图像,Aicher等<sup>[4]</sup>研究白内障手术或者玻璃体切除联合白内障手术后发现:术后全周结膜血管密度增加,而裂隙灯前节照片中的血管密度仅在手术切口周围区域增加,且增幅不显著。OCTA区分结膜血管和巩膜血管的能力对于评价眼部血管尤其对于眼前节炎症性病变至关重要。但是目前OCTA未能将结膜血管和巩膜血管精确的分离开。

## 2 OCTA 在角膜疾病中的应用

角膜是眼屈光介质的的重要组成部分,角膜透明化是优质视觉质量的前提。角膜新生血管是由于血管生成因子和抗血管生成因子之间的平衡受到破坏所致,它是由多种原因引起的,包括感染、免疫过程、手术和创伤等。

角膜新生血管损害角膜免疫豁免状态,降低角膜透明度,损伤视力,对于角膜移植者还增加角膜植片排斥风险。目前仍然缺乏定量的检查工具来评估角膜新生血管和治疗效果。Cai等<sup>[5]</sup>首次应用OCTA分析角膜新生血管,并比较治疗前后角膜新生血管的面积,结果支持OCTA用于监测角膜新生血管的可行性。并且OCTA在血管密度测量方面与血管造影检查也有很好的一致性<sup>[6]</sup>。在动物模型中<sup>[7-8]</sup>,OCTA比ICGA和裂隙灯检查能更好地显示角膜新生血管,尤其对一些微小的或位置深的血管;对于严重角膜混浊的新生血管,OCTA也比血管造影更清晰。随着治疗角膜新生血管的新方式的出现,对

角膜异常血管和干预措施的客观评价越来越重要。Nanji等<sup>[9]</sup>用840 nm和1 050 nm两种波长的OCTA测量角膜新生血管,840 nm的OCTA由于使用的扫描时间较长,能够检测到更缓慢的血流;而1 050 nm的OCTA由于波长较长,具有更好的穿透力,能够更清晰地识别被角膜瘢痕遮挡的新生血管,这有助于区分病变是活动性还是静止性。前节OCTA能够量化角膜新生血管的范围和整体密度,提供客观的评估结果,以便于临床监测疾病的病程和对治疗的反应<sup>[10]</sup>。Kiritoshi等<sup>[11]</sup>应用OCTA对口腔黏膜眼表重建的患者进行分析,发现OCTA可用于评估口腔黏膜结膜化程度和新生血管的深度,以评价黏膜移植或者眼表重建手术是否失败。在角膜移植术后排斥的患者中,OCTA能够勾画角膜移植术后入侵角膜移植物的异常血管的位置及深度。但是目前OCTA图像分辨率有限,视野相对较小。此外,OCTA可能无法检测到所有血管的最小流量或被角膜混浊阻挡的信号,并且无法显示血管渗漏或血流方向。

## 3 OCTA 在虹膜疾病中的应用

虹膜新生血管是一种危及视力的严重并发症,常继发于视网膜静脉阻塞、糖尿病性视网膜病变、眼部缺血综合征和葡萄膜炎等眼部疾病。虹膜新生血管特征是:血管形态不规则、明显弯曲、管径较细,虹膜新生血管可导致新生血管性青光眼,甚至视力丧失。在虹膜新生血管眼中,Philipp等<sup>[12]</sup>用OCTA对正常虹膜血管和虹膜新生血管进行分析,OCTA能够发现临床未诊断的新生血管。OCTA是前节成像方式的一个很有前途的补充,特别是虹膜新生血管的检测和管理。

## 4 OCTA 在青光眼治疗中的应用

青光眼滤过手术具有良好的控制眼压效果,且并发症较少,仍是临床常用的抗青光眼手术方式之一。手术后眼压的稳定依赖于有功能的滤过泡。以往对滤过泡表面血管化程度的评估局限于裂隙灯显微照相,根据Picht等提出的Wurzburg bleb classification score系统、Indiana Bleb Appearance Grading Scale (IBAGS)和Mooffields Bleb Grading System (MBGS)系统进行评估<sup>[13]</sup>。但是这些评价方法存在一定的主观性,不能客观反映滤过泡血管化程度和眼压的相关性。Seo等<sup>[14]</sup>利用OCTA对滤过泡区域血管化程度进行分析,测量该区域的血管指

数, 结果表明使用OCTA与IBAGS和MBGS的血管分数预测眼压风险具有较好的一致性, 能够实现过滤泡表面血管化的程度量化评价。

## 5 OCTA 在前部缺血性疾病的应用

前节缺血(anterior segment ischaemia, ASI)是一种罕见且严重的斜视手术并发症。当眼外肌在手术中被切断时, 伴随的前睫状血管也被切断, 导致供应虹膜血管充盈减少或中断<sup>[15]</sup>。侵入性的检查FFA和ICGA耗时长, 可能出现炎症和药物过敏等不良反应, 限制了其应用。Federico等<sup>[16]</sup>将OCTA用于虹膜血管成像, OCTA能够分析眼外肌手术前后虹膜血管密度, 是评估前节缺血的有用检查。Velez等<sup>[17]</sup>用OCTA检查了斜视手术患者的虹膜血管, 显示眼外肌附近的虹膜灌注减少。D'Aloisio等<sup>[18]</sup>研究也显示巩膜扣带术后6个月内, 虹膜血流减少。所以OCTA是非常有用、快速和无创筛查前部缺血性疾病发展风险的方法。

## 6 OCTA 在眼前节肿瘤中的应用

在眼部肿瘤领域, 利用OCTA的敏感性可以研究肿瘤血管的发展过程及肿瘤放疗或化疗后的缺血表现, 帮助确定治疗措施<sup>[19-20]</sup>。OCTA最有用的是检测各种肿瘤的血管流动的特征, 由于肿瘤直接成像的总体效果较差, 大多数OCTA在眼部肿瘤学中倾向于眼后极部, 特别是在视网膜和脉络膜继发肿瘤中<sup>[21]</sup>。随着前节OCTA的不断探索, 成像质量和检查范围都在逐渐扩大。Allegrini等<sup>[22]</sup>首次使用OCTA扫描了一个虹膜色素痣患者, 尽管被部分虹膜色素遮挡, OCTA仍比FFA更加清晰地显示病变处的血管形态。对于一些虹膜良性肿瘤, OCTA能够提供肿瘤内部精细的血管解剖。例如虹膜蔓状血管瘤血管特征, 这都可以在OCTA精确的呈现血管细节<sup>[23]</sup>。

对于虹膜恶性程度高的肿瘤像眼表鳞状肿瘤(ocular surface squamous neoplasia, OSSN)。它是眼表最常见的非色素性肿瘤。由广泛的眼表上皮发育不良变化组成, 包括角膜和结膜上皮内瘤变和鳞状细胞癌。其表现为从单纯异型增生到原位癌, 以及累及结膜和角膜的浸润性鳞状细胞癌。不同于翼状胬肉的血管特征, OSSN表现浅层和深层的弯曲血管(锯齿状血管模式), OCTA可直接观察和量化血管特征。这些特征有助于眼表鳞状肿瘤的诊断和分型, 并指导治疗。

另外在Skalet等<sup>[24]</sup>最近的一项研究中, 虹膜黑色素瘤内血管形态紊乱、弯曲, 血管密度增加, 而虹膜色素痣和虹膜色素上皮囊肿没有内在血管特性。受限于肿瘤的厚度以及肿瘤内色素沉着和血管密度的程度, 长波长下的OCTA有助于清晰地显示中等色素和非色素性虹膜黑色素瘤内的血管。OCTA提供一种简单、经济、有效和安全的FFA和ICGA的替代方案, 可用于监测虹膜肿瘤, 以评估肿瘤边缘和观察肿瘤的血管结构, 判断恶性肿瘤和转移扩散风险。有助于眼表肿瘤的诊断和随访。

## 7 其他

OCTA还可以用于评估角膜接触镜患者的角膜缘血管情况<sup>[25]</sup>, 另外在巩膜接触镜拟合中也有应用价值, 小型巩膜接触镜会导致健康年轻眼明显的组织压缩, 而完全巩膜接触镜边缘会对结膜和巩膜血管产生压迫导致充血<sup>[26]</sup>。通过前节OCTA来优化巩膜接触镜对结膜组织的压迫及对血管结构的影响。OCTA也用于评估角结膜化学性烧伤的程度, 并及时予以个体化治疗, 有助于改善眼表化学性烧伤的预后。

## 8 结语

OCTA已经被前瞻性地应用于眼表疾病的检查, 提供可视化、量化血流以及评估预后。来自前节OCT和角膜扫描的信息与相应的血管造影图像相结合, 可以在做出临床决策时带来更多的帮助, 例如在复杂的角膜病变选择角膜移植手术方式等。虽然目前的OCTA系统对前节检查优化不足, 无法区分动脉和静脉系统, 也不能显示新生血管性的渗漏。同时由于缺乏眼球追踪系统的支持, 会导致很多伪影, 影响测量的结果。但是它有快速、无创、可重复性的优势, 仍然是一种很有前途的技术, 尤其在眼前节疾病中关于血管的客观测量, 甚至可以改进眼前节、角膜和眼表面疾病的临床评价。

## 参考文献

1. Ang M, Cai Y, Shahipasand S, et al. En face optical coherence tomography angiography for corneal neovascularisation[J]. Br J Ophthalmol, 2016, 100(5): 616-621.
2. Cai S, Zhao F, Du C, et al. Repeatability of ocular surface vessel density

- measurements with optical coherence tomography angiography[J]. *BMC Ophthalmol*, 2019, 19(1): 248.
3. Zhao F, Cai S, Huang Z, et al. Optical coherence tomography angiography in pinguecula and pterygium[J]. *Cornea*, 2020, 39(1): 99-103.
  4. Aicher NT, Nagahori K, Inoue M, et al. Vascular density of the anterior segment of the eye determined by optical coherence tomography angiography and slit-lamp photography[J]. *Ophthalmic Res*, 2020, 63(6): 572-579.
  5. Cai Y, Alio Del Barrio JL, Wilkins MR, et al. Serial optical coherence tomography angiography for corneal vascularization[J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2017, 255(1): 135-139.
  6. Oie Y, Nishida K, et al. Evaluation of corneal neovascularization using optical coherence tomography angiography in patients with limbal stem cell deficiency[J]. *Cornea*, 2017, 36 Suppl 1: S72-S75.
  7. Devarajan K, Ong HS, Lwin NC, et al. Optical coherence tomography angiography imaging to monitor anti-VEGF treatment of corneal vascularization in a rabbit model[J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 17576.
  8. Stanzel TP, Devarajan K, Lwin NC, et al. Comparison of optical coherence tomography angiography to indocyanine green angiography and slit lamp photography for corneal vascularization in an animal model[J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1): 11493.
  9. Nanji A, Redd T, Chamberlain W, et al. Application of corneal optical coherence tomography angiography for assessment of vessel depth in corneal neovascularization[J]. *Cornea*, 2020, 39(5): 598-604.
  10. Ang M, Devarajan K, Das S, et al. Comparison of anterior segment optical coherence tomography angiography systems for corneal vascularisation[J]. *Br J Ophthalmol*, 2018, 102(7): 873-877.
  11. Kiritoshi S, Oie Y, Nampei K, et al. Anterior segment optical coherence tomography angiography in patients following cultivated oral mucosal epithelial transplantation[J]. *Am J Ophthalmol*, 2019, 208: 242-250.
  12. Roberts PK, Goldstein DA, Fawzi AA, et al. Anterior segment optical coherence tomography angiography for identification of iris vasculature and staging of iris neovascularization: a pilot study[J]. *Curr Eye Res*, 2017, 42(8): 1136-1142.
  13. Wells AP, Crowston JG, Marks J, et al. A pilot study of a system for grading of drainage blebs after glaucoma surgery[J]. *J Glaucoma*, 2004, 13(6): 454-460.
  14. Seo JH, Kim YA, Park KH, et al. Evaluation of functional filtering bleb using optical coherence tomography angiography[J]. *Transl Vis Sci Technol*, 2019, 8(3): 14.
  15. Chan TK, Rosenbaum AL, Rao R, et al. Indocyanine green angiography of the anterior segment in patients undergoing strabismus surgery[J]. *Br J Ophthalmol*, 2001, 85(2): 214-218.
  16. Aicher NT, Nagahori K, Inoue M, et al. Vascular density of the anterior segment of the eye determined by optical coherence tomography angiography and slit-lamp photography[J]. *Ophthalmic Res*, 2020, 63(6): 572-579.
  17. Velez FG, Davila JP, Diaz A, et al. Association of change in iris vessel density in optical coherence tomography angiography with anterior segment ischemia after strabismus surgery[J]. *JAMA Ophthalmol*, 2018, 136(9): 1041-1045.
  18. D'Aloisio R, Viggiano P, Borrelli E, et al. Changes in iris perfusion following scleral buckle surgery for rhegmatogenous retinal detachment: an anterior segment optical coherence tomography angiography (AS-OCTA) study[J]. *J Clin Med*, 2020, 9(4): 1231.
  19. Liu Z, Karp CL, Galor A, et al. Role of optical coherence tomography angiography in the characterization of vascular network patterns of ocular surface squamous neoplasia[J]. *Ocul Surf*, 2020, 18(4): 926-935.
  20. Kang AS, Welch RJ, Sioufi K, et al. Optical coherence tomography angiography of iris microhemangiomas[J]. *Am J Ophthalmol Case Rep*, 2017, 6: 24-26.
  21. Naseripour M, Ghasemi Falavarjani K, Mirshahi R, et al. Optical coherence tomography angiography (OCTA) applications in ocular oncology[J]. *Eye (Lond)*, 2020, 34(9): 1535-1545.
  22. Allegrini D, Montesano G, Pece A, et al. Optical coherence tomography angiography of iris nevus: a case report[J]. *Case Rep Ophthalmol*, 2016, 7(3): 172-178.
  23. Chien JL, Sioufi K, Ferenczy S, et al. Optical coherence tomography angiography features of Iris Racemose Hemangioma in 4 cases[J]. *JAMA Ophthalmol*, 2017, 135(10): 1106-1110.
  24. Skalet AH, Li Y, Lu CD, et al. Optical coherence tomography angiography characteristics of iris melanocytic tumors[J]. *Ophthalmology*, 2017, 124(2): 197-204.
  25. Ang M, Cai Y, Tan AC, et al. Swept source optical coherence tomography angiography for contact lens-related corneal vascularization[J]. *J Ophthalmol*, 2016, 2016: 9685297.
  26. Gimenez-Sanchis I, Palacios-Carmen B, García-Garrigós A, et al. Anterior segment optical coherence tomography angiography to evaluate the peripheral fitting of scleral contact lenses[J]. *Clin Optom (Auckl)*, 2018, 10: 103-108.

本文引用：崔同峰, 朱江. 光学相干断层扫描血管成像在眼前节疾病中的应用[J]. 眼科学报, 2021, 36(7): 543-546. doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2021.07.02

Cite this article as: CUI Tongfeng, ZHU Jiang. Application of optical coherence tomography angiography in ocular anterior segment diseases[J]. *Yan Ke Xue Bao*, 2021, 36(7): 543-546. doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2021.07.02