

引文格式:董文韬,刘三梅,李杰,黎梦宇,钟捷.超广角 OCTA 对视网膜静脉阻塞眼视网膜无灌注区的检出效果分析[J].眼科新进展,2023,43(1):40-43. doi:10.13389/j.cnki.rao.2023.0008

【应用研究】

# 超广角 OCTA 对视网膜静脉阻塞眼视网膜无灌注区的检出效果分析<sup>△</sup>

董文韬 刘三梅 李杰 黎梦宇 钟捷

**作者简介:**董文韬 (ORCID:0000-0002-6987-1352),男,1985年12月出生,四川人,硕士,主治医师。研究方向:玻璃体视网膜疾病。E-mail:stef.dongwentao@126.com  
**通信作者:**钟捷 (ORCID:0000-0002-5844-6799),男,1968年11月出生,重庆人,教授,主任医师,硕士研究生导师。研究方向:玻璃体视网膜疾病。E-mail:zhongjie@med.uestc.edu.cn

收稿日期:2022-04-19

修回日期:2022-06-13

本文编辑:董建军

**△基金项目:**四川省科技计划项目(编号:2022YFS0234,2021ZYD0108);四川省干部保健科研课题(编号:川干研ZH2019-201);四川省卫生健康委研究课题(编号:192D012)  
**作者单位:**610072 四川省成都市,电子科技大学附属医院,四川省人民医院

**【关键词】** 视网膜静脉阻塞;光学相干断层扫描血管成像;造影术;诊断

**【中图分类号】** R774.1

**【摘要】** 目的 分析超广角光学相干断层扫描血管成像(OCTA)对视网膜静脉阻塞(RVO)眼视网膜无灌注区的检出效果。**方法** 选取2021年11月至2022年4月就诊于四川省人民医院眼科的RVO患者48例(48眼)作为研究对象,其中,视网膜中央静脉阻塞(CRVO)19例19眼,视网膜分支静脉阻塞(BRVO)29例29眼。所有患者均行检眼镜、荧光素眼底血管造影(FFA)和超广角OCTA检查。超广角OCTA检查选择24 mm×20 mm扫描模式。以FFA的检查结果为金标准,计算超广角OCTA对RVO眼视网膜无灌注区的检出率,并应用受试者工作特征曲线(ROC曲线)分析其检测性能。**结果** 本研究共28眼(58.3%)被FFA检出视网膜无灌注区,超广角OCTA检出其中27眼,检出率96.4%,遗漏的一只患眼是由于超广角OCTA检测范围受限所致。在余下的20只患眼中,超广角OCTA更灵敏地检出1只患眼黄斑上方存在视网膜无灌注区,而在FFA图像中这个区域被视网膜出血引起的低荧光所掩盖。ROC分析结果显示:超广角OCTA检测RVO眼视网膜无灌注区的灵敏度、特异度分别为83.3%、100.0%,AUC为0.957。**结论** 超广角OCTA对RVO眼视网膜无灌注区检出率高,耗时短,准确率高,且能发现被FFA遗漏的无灌注区。

**【关键词】** 视网膜静脉阻塞;光学相干断层扫描血管成像;造影术;诊断  
**【中图分类号】** R774.1

视网膜静脉阻塞(RVO)是仅次于糖尿病视网膜病变的第二常见视网膜血管性疾病,是世界范围内导致视力损害的主要原因之一<sup>[1-2]</sup>。欧洲视网膜专家协会制定的指南建议:当怀疑RVO时,应对患者进行全面的眼科检查,评估黄斑水肿和视网膜缺血的程度,随访期间也应持续监测患者视网膜无灌注区和新生血管发生情况<sup>[3-4]</sup>。

荧光素眼底血管造影(FFA)是判断视网膜无灌注区和新生血管发生的金标准<sup>[5-6]</sup>。然而,FFA是一种侵入性检查,可导致患者出现恶心、皮疹等过敏反应,严重者可危及生命<sup>[2]</sup>。RVO患者常合并高血压、心脏病等全身性疾病,导致患者不能使用FFA进行检查<sup>[2,7]</sup>。近年来,光学相干断层扫描血管成像(OCTA)作为一种非侵入性视网膜血管评估方法,得到了广泛应用<sup>[8-9]</sup>。受限于血管成像范围,目前OCTA主要用于评估黄斑病变情况<sup>[10-11]</sup>。较小的扫描尺寸和有限的成像范围限制了OCTA对RVO相关并发症的检出。当前,超广角OCTA技术逐渐受到临床医师的关注,并在临床应用中得到不断推广。本研究旨在评估超广角OCTA对RVO眼视网膜无灌注区的检出情况,希望能为RVO患者提供一种更准确高效的检测方法。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 选取2021年11月至2022年4月

就诊于四川省人民医院眼科的RVO患者48例(48眼)作为研究对象。其中,男29例,女19例;年龄39~87(58.8±10.7)岁;视网膜中央静脉阻塞(CRVO)19例,视网膜分支静脉阻塞(BRVO)29例。

**1.2 纳入及排除标准** 纳入标准:临床确诊为RVO的患者。排除标准:(1)因无法固视或耐受FFA、OCTA检查者;(2)屈光介质混浊导致OCTA成像质量差,图片信号强度小于6/10者。本研究经四川省人民医院医学伦理委员会批准(伦理编号:2022年第157号),各种操作遵循《赫尔辛基宣言》的原则,所有参与者均知情并签署知情同意书。

**1.3 检查方法** 所有患者均行检眼镜、FFA和超广角OCTA检查。FFA使用德国海德堡公司Heidelberg HRA按常规操作进行。超广角OCTA采用北京图湃公司北溟·鲲鹏型超高速扫频OCT来完成。所有检查之间间隔时间不超过2周。

**1.4 图像采集及分析** 所有OCTA图像均由同一位经验丰富的技术员采集。选择24 mm×20 mm扫描模式,检查时患眼注视镜头内的固视点,利用镜头内的固视点移动引导眼位,扫描范围是以黄斑为中心24 mm×20 mm的区域,扫描速率为每秒4×10<sup>5</sup>次,检查时间约15 s。对所有入选者的OCTA图像都进行审查,但只选取质量最好的图像进行分析。OCTA及FFA图像分析由同一位视网膜主治医师完成。

当对病变的性质(如中心凹无血管区、视网膜无灌注区、新生血管等)有疑问时,由视网膜主任医师裁定。为避免任何可能的偏差,对诊断医师掩盖之前的检查结果。

**1.5 统计学方法** 采用 SPSS 26.0 统计学软件进行数据分析。计量资料用均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示。以 FFA 的检查结果为金标准,应用受试者工作特征曲线(ROC 曲线)对 OCTA 检测 RVO 眼无灌注区的能力进行了分析;采用灵敏度、特异度、AUC 曲线下面积作为系统评价效能指标。AUC > 0.90 为诊断价值较好。

## 2 结果

**2.1 FFA 和超广角 OCTA 对 RVO 眼视网膜无灌注区的检出情况** 本研究共 28 眼(58.3%)被 FFA 检出视网膜无灌注区,超广角 OCTA 检出其中 27 眼,检出率 96.4%,遗漏的一只患眼是由于超广角 OCTA 检测范围受限所致(图 1)。在余下的 20 只患眼中,超广角 OCTA 更灵敏地检出 1 只患眼黄斑上方存在视网膜无灌注区,而在 FFA 图像中这个区域被视网膜出血引起的低荧光所掩盖(图 2)。超广角 OCTA 图像分辨率高于 FFA,且无荧光素染料渗漏,比 FFA 更准确地区分黄斑中心凹无血管区和视网膜无灌注区(图 3)。

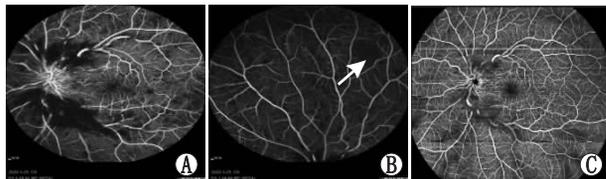


图 1 被超广角 OCTA 检查遗漏的一只眼眼底影像

A: FFA 示患眼视盘周围出血遮蔽荧光,后极部未见无灌注区;B: FFA 示上方周边部视网膜片状无灌注区(箭头所示);C:超广角 OCTA 示受限于扫描范围检出图像遗漏上方周边部视网膜无灌注区。

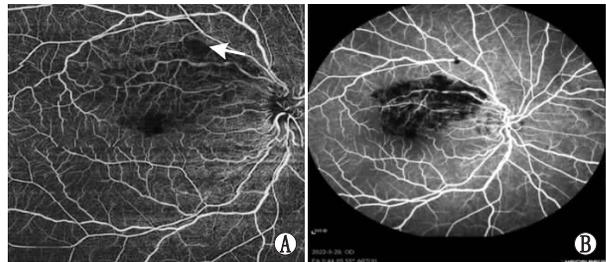


图 2 被超广角 OCTA 发现却被 FFA 遗漏的一只眼眼底影像

A:超广角 OCTA 示在 BRVO 眼中发现黄斑上方无灌注区(箭头所示);B: FFA 示由于视网膜出血引起的低荧光所掩盖检出图像遗漏无灌注区。

**2.2 超广角 OCTA 对 RVO 眼视网膜无灌注区检测的 ROC 分析结果** 以 FFA 对 RVO 眼视网膜无灌注区检测结果作为金标准。ROC 分析结果显示:超

广角 OCTA 检测 RVO 眼视网膜无灌注区的灵敏度、特异度分别为 83.3%、100.0%,AUC 为 0.957;超广角 OCTA 检测 CRVO 眼视网膜无灌注区的灵敏度、特异度分别为 100.0%、85.7%,AUC 为 0.917;超广角 OCTA 检测 BRVO 眼视网膜无灌注区的灵敏度、特异度分别为 100.0%、95.0%,AUC 为 0.929(图 4)。

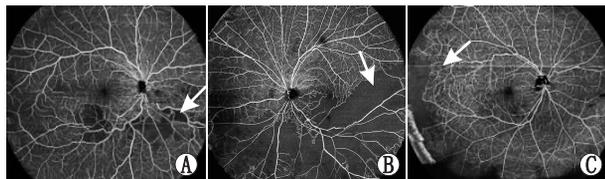


图 3 超广角 OCTA 对 RVO 眼视网膜无灌注区检测的图像特征 无灌注区在超广角 OCTA 影像上呈灰黑色背景,毛细血管稀疏。A:超广角 OCTA 检出下方片状无灌注区形成,黄斑结构完整;B:由于无荧光素染料渗漏,超广角 OCTA 比 FFA 更准确地区分黄斑中心凹无血管区和视网膜无灌注区;C:超广角 OCTA 能准确识别颞侧视网膜无灌注区。箭头所示为视网膜无灌注区。

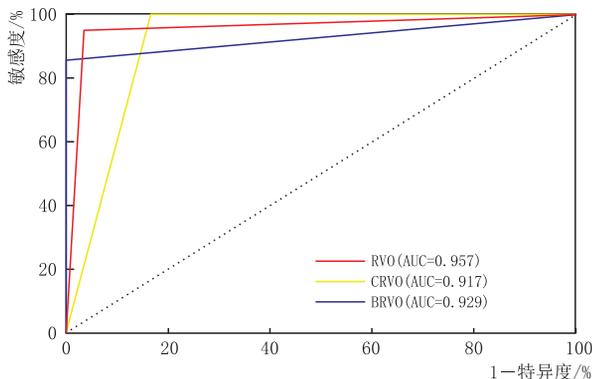


图 4 超广角 OCTA 对 RVO 眼视网膜无灌注区检测的 ROC 分析结果

## 3 讨论

RVO 可根据阻塞部位分为 BRVO 和 CRVO,根据视网膜毛细血管无灌注区面积的大小进一步又分为缺血型或非缺血型<sup>[12]</sup>。这种亚型的分类与临床密切相关,因为视网膜缺血区域的存在具有重要的临床参考价值。本研究结果表明,58.3%的 RVO 眼存在视网膜无灌注区,这与 Nobre 等<sup>[13]</sup>的研究结果是一致的,他们研究表明 50.0%的 RVO 眼存在视网膜缺血,并且 88.8%存在视网膜缺血的患眼为缺血型 RVO。缺血型 RVO 眼视网膜新生血管形成的风险更高<sup>[12]</sup>,即使是非缺血型 RVO,在随访过程中也有转变为缺血型的风险。Hayreh 等<sup>[14]</sup>研究表明,患病后第 6 个月和第 18 个月时,65 岁以上人群非缺血型 CRVO 患者转化为缺血型的概率分别为 13.2% 和 18.6%;45 岁至 64 岁人群非缺血型 CRVO 转化为缺

血型的概率分别为6.7%和8.1%。因此,定期随访监测RVO眼无灌注区的形成是十分必要的。

OCTA检查具有简单、高效、高分辨率和无创性等特点。由于无荧光渗漏和组织染色,它可以更清晰地显示RVO眼中视网膜的微血管异常,包括无灌注区、新生血管等,更有利于RVO的治疗<sup>[6,13,15-17]</sup>。Nobre等<sup>[13]</sup>认为以黄斑为中心的8 mm×8 mm扫描范围可提供足够的信息以确定RVO的缺血性质。在他们的研究中,使用8 mm×8 mm扫描范围的OCTA对RVO眼无灌注区的检出率为88.2%。本研究结果优于Nobre等<sup>[13]</sup>的研究结果(96.4%),良好的准确性得益于超宽的扫描范围。在被FFA检出的视网膜无灌注区的28眼中,仅遗漏1眼CRVO眼视网膜上方周边部的无灌注区,且该例患眼的视网膜缺血面积未达到CRVO研究小组关于缺血型CRVO的标准<sup>[12]</sup>。另一方面,超广角OCTA在未被FFA检出的20眼视网膜无灌注区眼中,发现1只BRVO眼存在黄斑上方无灌注区。在可见范围内,超广角OCTA图像分辨率高于FFA,且无荧光素染料渗漏,因此能比FFA更准确地识别无灌注区。

检测范围受限是影响OCTA使用的重要原因。不少学者尝试使用各种技术来扩大OCTA的扫描范围。Kimura等<sup>[17]</sup>使用常规OCTA联合扩展视野成像技术来评估RVO。他们在常规扫描尺寸为8 mm×8 mm的基础上,通过装有+20 D透镜的框架对患眼后极部进行成像。虽然该技术能使受检范围扩大到15 mm×15 mm,但该技术只是将每个像素放大,其图像分辨率不足以研究深部毛细血管丛或微血管的变化。此外,在OCTA常规扫描范围的基础上,可通过多方位成像创建OCTA拼图以评估更广泛的区域。这需要对视网膜各个区域进行多次扫描,且需要患者的高度配合。尽管如此,一些位于视网膜中周部的病变区域仍有可能被遗漏<sup>[18]</sup>。本研究使用的超广角OCTA,扫描范围24 mm×20 mm,扫描速率为每秒4×10<sup>5</sup>次,可在15 s内一次性实现眼内120°范围血流图像的拍摄,大大增加了检测范围,使其对RVO眼视网膜无灌注区的检出率高,准确性好。

本研究结果表明,超广角OCTA对RVO眼视网膜无灌注区检出率高,耗时短,准确率高,且能发现被FFA遗漏的无灌注区。另外,本研究尚有一些不足之处:(1)样本量少;(2)尚未对视网膜无灌注区的面积进行量化和分析。今后我们将加大样本量并对视网膜无灌注区的面积进行更深入地量化和分析。

## 参考文献

[1] SCHMIDT E U, GARCIA A J, GERENDAS B S, MIDENA E, SIVAPRASAD S, TADAYONI R, et al. Guidelines for the management of retinal vein occlusion by the european society of retina specialists [J]. *Ophthalmologica*, 2019, 242(3): 123-162.

- [2] SONG P, XU Y, ZHA M, ZHANG Y, RUDAN I. Global epidemiology of retinal vein occlusion: a systematic review and meta-analysis of prevalence, incidence, and risk factors [J]. *J Glob Health*, 2019, 9(1): 010427.
- [3] JAULIM A, AHMED B, KHANAM T, CHATZIRALLI I P. Branch retinal vein occlusion: epidemiology, pathogenesis, risk factors, clinical features, diagnosis, and complications. An update of the literature [J]. *Retina*, 2013, 33(5): 901-910.
- [4] CHAN C K, IP M S, VANVELDHUISEN P C, ODEN N L, SCOTT I U, TOLENTINO M J, et al. SCORE Study Investigator Group. SCORE Study report #11: incidences of neovascular events in eyes with retinal vein occlusion [J]. *Ophthalmology*, 2011, 118(7): 1364-1372.
- [5] SPAIDE R F, KLANCNIK J M, JR COONEY M J. Retinal vascular layers imaged by fluorescein angiography and optical coherence tomography angiography [J]. *JAMA Ophthalmol*, 2015, 133(1): 45-50.
- [6] SUZUKI N, HIRANO Y, YOSHIDA M, TOMIYASU T, UEMURA A, YASUKAWA T, et al. Microvascular abnormalities on optical coherence tomography angiography in macular edema associated with branch retinal vein occlusion [J]. *Am J Ophthalmol*, 2016, 161: 126-132. e1.
- [7] LI J Q, TERHEYDEN J H, WELCHOWSKI T, SCHMID M, LETOW J, WOLPERS C, et al. Prevalence of retinal vein occlusion in europe: a systematic review and meta-analysis [J]. *Ophthalmologica*, 2018, 241(4): 1-7.
- [8] KASHANI A H, CHEN C L, GAHM J K, ZHENG F, RICHTER G M, ROSENFELD P J, et al. Optical coherence tomography angiography: A comprehensive review of current methods and clinical applications [J]. *Prog Retin Eye Res*, 2017, 60: 66-100.
- [9] RODRIGUEZ F J, STAURENGHI G, GALE R, Vision Academy Steering Committee. The role of OCT-A in retinal disease management [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2018, 256(11): 2019-2026.
- [10] COSCAS F, GLACET B A, MIERE A, CAILLAUX V, UZZAN J, LUPIDI M, et al. Optical coherence tomography angiography in retinal vein occlusion: evaluation of superficial and deep capillary plexa [J]. *Am J Ophthalmol*, 2016, 161: 160-171.
- [11] INOUE M, JUNG J J, BALARATNASINGAM C, DANSINGANI K K, DHRAMI G E, SUZUKI M, et al. A comparison between optical coherence tomography angiography and fluorescein angiography for the imaging of type 1 neovascularization [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2016, 57(9): 314-323.
- [12] KHAYAT M, WILLIAMS M, LOIS N. Ischemic retinal vein occlusion: characterizing the more severe spectrum of retinal vein occlusion [J]. *Surv Ophthalmol*, 2018, 63(6): 816-850.
- [13] NOBRE C J, KEANE P A, SIM D A, BRADLEY P, AGRAWAL R, ADDISON P K, et al. Systematic evaluation of optical coherence tomography angiography in retinal vein occlusion [J]. *Am J Ophthalmol*, 2016, 163: 93-107. e6.
- [14] HAYREH S S, ZIMMERMAN M B, PODHAJSKY P. Incidence of various types of retinal vein occlusion and their recurrence and demographic characteristics [J]. *Am J Ophthalmol*, 1994, 117(4): 429-441.
- [15] TSAI G, BANAEI T, CONTI F F, SINGH R P. Optical coherence tomography angiography in eyes with retinal vein occlusion [J]. *J Ophthalmic Vis Res*, 2018, 13(3): 315-332.
- [16] KUEHLEWEIN L, AN L, DURBIN M K, SADDA S R. Imaging areas of retinal nonperfusion in ischemic branch retinal vein occlusion with swept-source OCT microangiography [J]. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*, 2015, 46(2): 249-252.
- [17] KIMURA M, NOZAKI M, YOSHIDA M, OGURA Y. Wide-field optical coherence tomography angiography using extended field imaging technique to evaluate the nonperfusion area in retinal vein occlusion [J]. *Clin Ophthalmol*, 2016, 10: 1291-1295.
- [18] 刘长颖, 王杰, 陈芳, 赵旭峥, 梁丽, 韩亚楠. 多方位光相干断层扫描血管成像对IV期糖尿病视网膜病变患眼视网膜及视盘新生血管的检出分析 [J]. *中华眼底病杂志*, 2020, 36(5): 349-353.
- [18] LIU C Y, WANG J, CHEN F, ZHAO X Z, LIANG L, HAN Y N. Detection of retinal and optic disc neovascularization in patients with stage 4 diabetic retinopathy by multidirectional optical coherence tomography angiography [J]. *Chin J Ocul Fundus Dis*, 2020, 36(5): 349-353.

# Detection performance of ultra-wide field optical coherence tomography angiography on the retinal non-perfusion areas in eyes with retinal vein obstruction

DONG Wentao, LIU Sanmei, LI Jie, LI Mengyu, ZHONG Jie

Department of Ophthalmology, Sichuan Provincial People's Hospital, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, Sichuan Province, China

**Corresponding author:** ZHONG Jie, E-mail: zhongjie@med.uestc.edu.cn

**[Abstract] Objective** To analyze the detection rate of retinal non-perfusion areas in eyes with retinal vein obstruction (RVO) by ultra-wide field optical coherence tomography angiography (OCTA). **Methods** A total of 48 RVO patients (48 eyes) visited the Department of Ophthalmology, Sichuan Provincial People's Hospital from November 2021 to April 2022 were included, comprising 19 patients (19 eyes) with central retinal vein occlusion and 29 patients (29 eyes) with branch retinal vein occlusion. All patients underwent the ophthalmoscopy, fundus fluorescein angiography (FFA) and ultra-wide field OCTA examination. The 24 mm × 20 mm scanning mode was chosen for OCTA. Based on the results of FFA, the detection rate of ultra-wide field OCTA on retinal non-perfusion areas in RVO eyes was calculated, and the detection performance was analyzed by the receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results** In this study, 28 eyes (58.3%) were detected with non-perfusion areas using FFA, in which 27 eyes (96.4%) were detected by ultra-wide field OCTA. The non-perfusion area not detected by ultra-wide field OCTA was located beyond the inspection range of ultra-wide field OCTA. In the remaining 20 eyes, ultra-wide field OCTA detected the retinal non-perfusion area over the macula lutea in 1 eye. It was masked by low fluorescence caused by hemorrhage in FFA. ROC analysis showed that the sensitivity and specificity of ultra-wide field OCTA in detecting non-perfusion areas in eyes with RVO were 83.3% and 100%, respectively, and the area under curve was 0.957. **Conclusion** Ultra-wide field OCTA shows a high detection rate, high efficiency and good accuracy in the non-perfusion area in RVO eyes, and it can find the non-perfusion area missed by FFA.

**[Key words]** retinal vein occlusion; optical coherence tomography angiography; angiography; diagnosis

## 《眼科新进展》杂志征订启事

《眼科新进展》杂志是由新乡医学院主办的眼科学高级学术刊物,创刊于1980年,大16开,国内外公开发行。1999年加入国家科技部《万方数据系统科技期刊群》和《中国学术期刊(光盘版)》,1997年被上海医科大学图书馆选定为医学类核心期刊,2000年被美国《化学文摘》收录,2001年被俄罗斯《文摘杂志》收录,自2002年连续入选中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊),自2008年连续入选中国中文核心期刊,并连续被评为河南省二十佳科技期刊。2009年入选WHO西太平洋地区医学索引(WPRIM),并被评为RCCSE中国核心学术期刊,2021年入选荷兰Scopus数据库。国际标准连续出版物号为:ISSN 1003-5141,国内统一刊号:CN 41-1105/R,邮发代

号:36-42。

本刊辟有名家讲坛(述评)(Editorial)、实验研究(Experimental study)、应用研究(Applied study)、文献综述(Review article)、海外信息(Overseas information)、消息(News)、读者来信(Letters)等栏目。本刊读者对象主要是眼科学临床、科研和教学工作者。欢迎国内外眼科医学工作者踊跃投稿和订阅。国内每期定价30.00元,全年定价360.00元。如错过邮局订阅,请联系本刊编辑部。编辑部地址:河南省新乡市金穗大道601号,新乡医学院期刊社《眼科新进展》杂志编辑部,邮编:453003。联系电话:0373-3029404; E-mail: ykxjz@xxmu.edu.cn, ykxjz@163.com; 网址: <http://www.ykxjz.com>