

光学相干断层扫描血管成像技术在糖尿病视网膜病变中的研究进展

董愿鹏 余萍*

青海大学附属医院 眼科

DOI:10.12238/bmtr.v7i3.14435

[摘要] 糖尿病视网膜病变(Diabetic Retinopathy, DR)作为全球成年人失明的主要病因之一,其早期诊断与精准治疗对改善患者预后至关重要。光学相干断层扫描血管成像(Optical Coherence Tomography Angiography, OCTA)凭借无创性、三维血管可视化及量化分析优势,成为DR研究的关键技术。本文系统阐述OCTA的技术原理、核心优势、国内外研究进展、当前局限性及未来发展方向,为DR的临床诊疗与机制研究提供参考。

[关键词] 光学相干断层扫描血管成像; 糖尿病视网膜病变

中图分类号: R587.1 **文献标识码:** A

Research progress of optical coherence tomography angiography in diabetic retinopathy

Yuanpeng Dong Ping Yu*

Ophthalmologic, Qinghai University Affiliated Hospital

[Abstract] Diabetic retinopathy (DR) is one of the leading causes of blindness in adults worldwide, and its early diagnosis and precise treatment are crucial to improve the prognosis of patients. Optical Coherence Tomography Angiography (OCTA) has become a key technology for DR research due to its non-invasive, three-dimensional vascular visualization and quantitative analysis. This article systematically expounds the technical principles, core advantages, research progress, current limitations and future development directions of OCTA, so as to provide reference for the clinical diagnosis and treatment of DR and the study of mechanism.

[Key words] Optical Coherence Tomography Angiography(OCTA);Diabetic Retinopathy(DR)

引言

糖尿病视网膜病变(DR)是全球成年人失明的主要原因之一,据世界卫生组织统计,全球约有1.45亿DR患者,其中中国患者占比超过20%^[1]。其病理过程涉及视网膜微血管损伤、神经退行性变及血流动力学异常,早期常无明显临床症状,传统诊断依赖眼底照相和荧光素血管造影(FFA),但存在有创性、无法分层分析血管结构等局限。光学相干断层扫描血管成像(OCTA)基于光学相干断层扫描(OCT)技术,通过检测红细胞运动产生的相位变化,实现对视网膜和脉络膜微血管的无创、三维可视化,可量化血管密度(VD)、中心凹无血管区(FAZ)面积、灌注密度(PD)等参数^[2]。自2010年该技术兴起以来,OCTA在DR领域的应用研究迅速发展,国内外学者围绕其诊断效能、分期评估、治疗监测及与神经病变的相关性展开了广泛探索。本文结合国内外研究,系统阐述OCTA在DR中的应用进展。

1 OCTA技术的原理与其优势

1.1 技术原理。OCTA是OCT技术的延伸,核心原理是利用光干涉测量和运动对比度成像。流程如下:超发光二极管(SLD)或扫描激光光源发射低相干光至视网膜,光信号经组织反射后,使用计算机处理反射信号。传统OCT通过信号强度分布重建组织断层

结构,而OCTA进一步分析相位变化和强度波动以识别血流。该技术主要借助血流检测算法与分层血管成像技术实现。血流检测算法:相位方差法通过计算连续扫描中红细胞运动导致的相位随机波动区分血流与静态组织;强度差异法利用相邻帧间血管内血流的强度变化突出血管结构,典型算法包括split-spectrum amplitude decorrelation angiography(SSADA)和variance-based angiography,后者通过滤波和分层分割提升血流信号信噪比^[3]。分层血管成像:通过调节扫描深度和软件分层算法,可分离视网膜各层血管网络,包括浅层毛细血管丛(SCP,供应视网膜内层)、深层毛细血管丛(DCP,滋养视网膜外层)和脉络膜毛细血管层(CC,需扫频源技术增强穿透深度)^[4]。如今随着技术进一步发展,扫描范围、频率进一步增加,动态成像与追踪技术的发展,极大的降低了因眼动或眨眼带来的干扰的影响。如今,新型扫频源广域OCTA(SS-OCTA)扫描范围可拓展至24mm×20mm,频率可提升至>100kHz,周边视网膜血管成像能力显著增强,对增殖性DR(PDR)的新生血管检测率提升30%^[5]。

1.2 核心优势。无创性与安全性:无需注射荧光素或碘造影剂,避免FFA可能引发的过敏反应(如恶心、血管痉挛)和肾功能损害,

尤其适用于糖尿病合并肾病或妊娠患者^[6]。一项纳入1000例DR患者的研究显示, OCTA的检查接受度达98.7%, 显著高于FFA的72.3%^[7]。

量化参数与功能评估: 提供结构参数(如FAZ面积、血管迂曲度、无灌注区面积)和血流参数(如VD、PD、脉络膜血管指数CVI)。例如, PDR患者FAZ面积较健康人扩大45%, 深层VD降低28%^[8,9]。

技术革新与多模态整合: SS-OCTA通过1050nm 波长光源提升脉络膜穿透深度, 对糖尿病脉络膜病变的检出率较传统OCTA提高25%^[10]; 人工智能(AI)算法(如U-Net、卷积神经网络)可自动分割血管网络, 减少手动标注误差, AI辅助诊断DR的灵敏度达94.26%, 特异度92.59%^[11,12]。

1.3与传统成像技术的对比。(1)与荧光素血管造影(FFA)的比较。FFA是评估视网膜灌注的金标准, 但因其有创性和无法分层成像使其局限显著。OCTA在检测微血管瘤、无灌注区(NP)和新生血管方面与FFA具有较高一致性(灵敏度85%~92%), 但对周边部NP的检出率低于广域眼底荧光血管造影(UWFA)^[7,13]。例如, 郭楚云等^[13]比较SS-OCTA与UWFA发现, SS-OCTA在鼻下象限NP检测中准确率达78.41%, 但周边部NP漏诊率较高。此外, OCTA可通过深度编码区分视网膜内微血管异常(IRMA)与新生血管, 避免FFA的荧光渗漏干扰^[14]。且在一些特殊人群方面, Wright等探讨了在妊娠期糖尿病视网膜病变的诊断和监测中的OCTA效用, 发现其可作为一种更安全、快速且有效的替代方法, 避免了荧光素注射带来的潜在风险^[15]。这对于妊娠期糖尿病患者具有积极的临床意义, 因为传统的FFA检查在妊娠期存在一定的风险和限制, 而OCTA技术提供了一种无创且安全的替代方案。(2)与光学相干断层扫描(OCT)的协同。传统OCT提供视网膜厚度、RNFL厚度等结构信息, OCTA补充血流功能参数, 两者联合可提升诊断效能。郝泽宇等^[11]发现, DR患者黄斑区神经节细胞-内丛状层(GCIPL)厚度与VD呈正相关, 结构-功能联合分析使DR分期准确率提升15%。李明等^[16]利用OCTA的血流参数优化DR诊断模型, 加入6mm×6mm窗口的外层VD后, 曲线下面积(AUC)从0.819提升至0.837。Pramil等^[17]指出, OCTA的血流参数(如FAZ面积)与OCT的神经层厚度联合应用, 可更精准预测治疗反应。

2 国内外研究进展

2.1早期诊断与亚临床病变检测。(1)国内研究。在早期DR诊断方面, 国内研究也展现出OCTA技术的巨大潜力。李雁杰等指出OCTA在早期检测DR、黄斑变性等疾病中均展现出显著的诊断价值, 可减少对侵入性检查的依赖, 为疾病早期干预提供依据^[18]。郭楚云等比较了SS-OCTA与UWFA在检测糖尿病视网膜病变无灌注区的差异, 发现SS-OCTA在鼻上区和鼻下区预测其扫描范围外无灌注区的准确率较高, 且与UWFA计算的视网膜缺血指数具有高度正相关性, 表明SS-OCTA是评估视网膜缺血程度的有效工具^[13]。张树军等^[2]回顾性分析382例DR患者发现, 即使是轻度DR患者, 其视网膜神经纤维层厚度(RNFL)、视网膜厚度已显著增加, 而浅层、深层及脉络膜毛细血管层血流密度显著降低, 且与病程呈正相关。郝泽宇等^[11]对60例糖尿病患者的研究表明, 无DR的糖尿病患者(NDR组)颞侧VD和PD已显著低于健康组, 提示视网膜微循环异常早于形态学改变。曾少杰等^[8]通过ROC曲线分析

发现, FAZ血管线性密度(VD)诊断早期DR的曲线下面积(AUC)达0.847, 优于传统结构参数。黄玉苗等^[19]对比OCTA与FFA诊断早期DR的效能, 发现OCTA灵敏度为94.26%, 特异度92.59%, 与FFA一致性较强(kappa=0.792)。(2)国外研究。Agra等^[20]对糖尿病患者的研究显示, 即使无眼底病变(NDR), 其黄斑区FAZ面积已显著扩大, 浅层和深层VD降低, 且与糖化血红蛋白(HbA1c)呈负相关。Ahmed等^[7]报道, 轻度NPDR患者的黄斑VD较健康对照组降低15.4%, FAZ面积扩大30%, 且VD与视力呈正相关($r=0.621$)。Saif等^[21]通过OCTA发现, NDR患者脉络膜毛细血管血流面积较健康组增加2.3%, 与空腹血糖呈正相关($p=0.034$), 提示脉络膜微循环异常可能参与DR早期病理过程。

2.2 OCTA在DR分期、病情监测及严重程度中的应用。(1)国内研究。国内学者在利用OCTA技术对DR分期、病情监测及严重程度方面的研究取得了显著成果。张树军等分析发现, 随着DR分期的加重, 病程逐渐延长, 视网膜神经纤维层厚度(RNFL)、视网膜厚度及血流密度均发生显著变化, 表明OCTA可作为监测DR进展的敏感指标^[2]。即RNFL厚度(上方、下方、颞侧、鼻侧、平均厚度)和视网膜厚度均随DR严重程度增加而显著升高, 而视网膜浅层、深层及脉络膜毛细血管层血流密度随DR进展显著降低。这一研究结果为临床医生利用OCTA技术监测DR病情变化提供了有力的依据。纪风涛^[10]的研究显示, 随着DR进展, 脉络膜三维血管指数(3D CVI)逐渐降低, PDR组中心凹3D CVI较无DR组降低0.019($p=0.003$), 脉络膜毛细血管灌注密度(PFD)减少28.3%($p<0.001$), 表明脉络膜血流异常与DR严重程度密切相关。(2)国外研究。Yoon等^[9]对46例DR患者的研究表明, 从NPDR到PDR, FAZ面积呈阶梯式扩大($p<0.001$), SCP和DCP血流密度分别降低22%和18%。Ghasemi Falavarjani等^[6]报道, PDR患者的脉络膜毛细血管灌注密度(PFD)较健康人减少35%, 且与新生血管形成呈负相关($r=-0.58$)。Parravano等^[22]指出, OCTA检测的黄斑缺血程度与抗VEGF治疗反应显著相关, 深层无灌注区面积越大, 治疗后视力改善越差($p=0.023$)。

2.3 DR治疗效果监测与预后预测。(1)国内研究。董楠楠等^[23]对95眼PDR患者的随访发现, 全视网膜激光光凝(RP)治疗后1~3个月, FAZ面积降低, VD升高, 但预后不良组在治疗后3个月出现视网膜厚度反弹, 提示OCTA可用于预测长期预后。纪风涛^[10]比较抗VEGF治疗前后脉络膜血流变化, 发现未接受光凝的糖尿病黄斑水肿(DME)患者治疗后脉络膜中大血管的3DCVI显著增加, 而光凝组无明显变化, 提示光凝可能影响脉络膜血流的恢复机制。王曦^[24]的回归分析显示, 治疗后3个月的黄斑中心凹厚度(CMT)、SCP血流密度及脉络膜灌注面积是视力预后的独立预测因子($p<0.05$)。(2)国外研究。Mirshahi等^[25]的前瞻性研究显示, RP治疗后3个月, 黄斑区血流密度增加12%~18%, FAZ面积无显著变化, 提示血管代偿性修复。Fumi等^[26]报道, 抗VEGF治疗后, 黄斑VD显著回升, 脉络膜血流灌注增加与视力改善相关($r=0.48$)。Wright等^[15]发现, 广域OCTA在妊娠期DR监测中可替代FFA, 避免造影剂对胎儿的潜在风险, 且病变检出率一致, 使妊娠人群可以以该技术达到检测、随访目的。

2.4与神经退行性变的相关性。(1)国内研究。崔腾等^[27]对158

例患者的研究显示, NPDR组视盘鼻侧VD降低, 同时RNFL厚度变薄, 两者呈中度正相关($r=0.465$)。蔡亚珍等^[28]发现, NPDR组鼻侧象限GCIPL厚度与浅层血管复合体的小血管密度(SVD)呈中度正相关($r=0.438$), 而与深层血流无显著关联, 提示浅层血管损伤主导早期神经退行性变。杨硕^[29]的研究表明, DR患者视盘鼻侧区域深层血流密度降低最显著, 其AUC达0.901, 可作为预测PDR进展的敏感指标。(2)国外研究。Seo等^[30]对64例糖尿病患者的研究显示, NDR组RNFL厚度较健康组减少12%, 且与SCP血流密度呈正相关($r=0.542$), 而与DCP无相关性。Lim等^[31]通过微视野计发现, 黄斑缺血患者的固视稳定性与OCTA的内层VD显著相关($p=0.003$), 提示血流参数可反映功能损伤。Saif等^[32]的研究表明, 糖尿病患者的神经节细胞复合体(GCC)厚度与VD呈正相关, 提示神经血管交互作用贯穿DR全程。

2.5国外其他OCTA相关研究。OCTA技术与人工智能的结合: 国外研究将OCTA技术与AI相结合, 以提高诊断的准确性和效率。Ryu等(2022)开发了一种基于OCTA图像的深度学习模型, 用于识别糖尿病视网膜病变。该模型通过对大量OCTA图像进行训练, 能够自动检测视网膜血管的异常变化, 从而实现对DR的早期诊断。这种结合AI的OCTA技术不仅提高了诊断的灵敏度和特异度, 还为临床医生提供了更加快速和便捷的诊断工具^[33]。

3 OCTA当前的局限性与未来可能的研究趋势

3.1 OCTA当前的局限性。技术缺陷: 传统OCTA扫描范围有限($6\text{mm} \times 6\text{mm}$), 周边部病变易漏诊; 运动伪影和分割误差可能影响定量准确性, 尤其在儿童或配合度差的患者中^[34, 35]。

标准化不足: 不同设备(如Optovue、Topcon、海德堡)的参数定义(如FAZ边界)和分析算法存在差异, 导致跨研究数据可比性差^[17, 36]。

临床转化滞后: 尽管OCTA在科研中显示潜力, 但尚未广泛纳入DR筛查指南, 基层医院普及度低, 且检查成本较高^[1, 37]。

3.2 OCTA未来可能的研究趋势。技术创新: 进一步开发超广角SS-OCTA(如 $30\text{mm} \times 25\text{mm}$ 扫描)和动态血流分析技术, 提升周边病变检测和血流动力学评估能力, 同时进一步减少运动伪影^[5, 18]。

人工智能整合: 利用AI技术深度学习算法, 自动分析OCTA图像, 实现微小病变(如微血管瘤)的自动识别和定量参数的标准化计算, 提高诊断效率和精度^[12, 21]。

多模态联合应用: 结合OCTA、自发荧光成像、微视野计和血液生物标志物, 构建DR的多维评估体系, 例如通过微视野计固视稳定性参数与OCTA血流参数联合评估黄斑功能^[31]。

纵向队列研究: 开展大样本、长期随访研究, 明确OCTA参数(如3DCVI、FAZ周长)在预测DR进展和治疗反应中的阈值, 建立标准化评估流程, 为临床指南更新提供证据^[29]。

治疗监测拓展: 探索OCTA在新型疗法(如基因治疗、干细胞疗法)中的应用, 实时评估血管再生和神经修复效果, 为个性化治疗方案制定提供依据^[38]。

4 结论与展望

OCTA作为一种无创、快速、高分辨率的血管成像技术, 在DR的早期诊断、病情评估和治疗监测和后续随访中已经展现出了

其特殊价值。国内外在OCTA技术应用于糖尿病视网膜病变的研究方面均取得了显著成果, 呈现出各自的优势和特色。国内研究在样本量、数据收集和分析方法等方面具有一定的优势, 能够更深入地探讨OCTA在不同分期DR患者中的应用价值, 为临床诊断和治疗提供更为详尽的依据。国外研究在技术创新、多学科交叉融合以及拓展OCTA应用场景等方面表现出色。国内外的研究一致表明, 其量化参数(如VD、FAZ面积、脉络膜CVI)与DR严重程度密切相关, 并能反映治疗后的微血管修复状况。国内外研究在OCTA技术应用于糖尿病视网膜病变方面互相补充, 共同推动了该领域的研究进展。随着OCTA技术的进一步发展和对临床价值的深化研究, 该技术有望在糖尿病视网膜病变的早期诊断、治疗监测和预后评估中发挥更加重要的作用。

[参考文献]

[1]叶清清, 龚维坤. 宽视野SS-OCTA在糖尿病视网膜病变早期筛查的研究进展[J]. 现代实用医学, 2024, 36(12): 1677-80.

[2]张树军. 不同分期DR患者视网膜神经纤维层厚度和视网膜厚度及血流密度的变化[J]. 国际眼科杂志, 2025, 25(05): 714-7.

[3]GAO S S, LIU G J, HUANG D, et al. Optimization of the split-spectrum amplitude-decorrelation angiography algorithm on a spectral optical coherence tomography system [J]. Optics Letters, 2015, 40(10): 2305-8.

[4]AMINI S, SAHEBKAR A, DEGHANI A, et al. The effect of curcumin-piperine on cardiometabolic, inflammatory and oxidative stress factors and macular vascular density in optical coherence tomography angiography (OCTA) in patients with non-proliferative diabetic retinopathy: Study protocol for a randomized, double-blind controlled trial [J]. Avicenna Journal of Phytomedicine, 2023, 13(2): 153-64.

[5]BELENJE A, RANI P K. Role of wide-angle optical coherence tomography angiography in the detection of clinically non-apparent neovascularisation in proliferative diabetic retinopathy [J]. Bmj Case Reports, 2020, 13(9).

[6]FALAVARJANI K G, SARRAF D. Optical coherence tomography angiography of the retina and choroid; current applications and future directions [J]. Journal of Current Ophthalmology, 2017, 29(1): 1-4.

[7]AHMED M A A, ABDELHALEEM A S. Evaluation of Microvascular and Visual Acuity Changes in Patients with Early Diabetic Retinopathy: Optical Coherence Tomography Angiography Study [J]. Clinical Ophthalmology, 2022, 16: 429-40.

[8]曾少杰, 谢怀林, 张昀昀. OCTA评估黄斑中心凹无血管区参数对早期糖尿病视网膜病变的诊断价值[J]. 国际眼科杂志, 2024, 24(09): 1471-5.

[9]YOON Y S, WOO J E, WOO J M. Optical Coherence Tomography Angiography According to Severity of Diabetic Retinopathy [J]. Journal of the Korean Ophthalmological Society, 2017, 58(6): 653-62.

- [10]纪风涛.基于扫频源光学相干断层血管成像糖尿病脉络膜病变的研究[D].安徽:安徽医科大学,2024.
- [11]郝泽宇,刘杰,韩雪.OCTA检查结果在不同分期糖尿病视网膜病变患者中的差异性分析[J].医师在线,2024,14(11):3-5.
- [12]BIDWAI P,GITE S,PRADHAN B,et al.Harnessing deep learning for detection of diabetic retinopathy in geriatric group using optical coherence tomography angiography—OCTA: A promising approach[J].Methodsx,2024,13.
- [13]郭楚云.广域扫频源OCTA对糖尿病视网膜病变无灌注区识别的对比及预测研究[J].眼科新进展,2025,45(03):211-5.
- [14]DHURANDHAR D,RANI P K. Optical coherence tomography angiography of foveal neovascularisation in proliferative diabetic retinopathy[J].Bmj Case Reports,2019,12(8).
- [15]WRIGHT P H,KHALID H,KEANE P A.The utility of wide-field optical coherence tomography angiography in diagnosis and monitoring of proliferative diabetic retinopathy in pregnancy[J].American journal of ophthalmology case reports, 2022,25:101280.
- [16]李朗,张福燕,贾旭.基于OCTA观察糖尿病视神经病变的研究进展[J].医学研究杂志,2025,54(01):163-6+80.
- [17]PRAMIL V,LEVINE E S,WAHEED N K.Macular Vessel Density in Diabetic Retinopathy Patients: How Can We Accurately Measure and What Can It Tell Us?[J].Clinical Ophthalmology, 2021,15:1517-27.
- [18]李雁杰,杨子爱.光学相干断层扫描血管成像在诊断早期眼部疾病中的应用[J].实用医技杂志,2025,32(04):245-9.
- [19]黄玉苗.OCTA在早期糖尿病视网膜病变诊断中的应用及特异度、灵敏度分析[J].糖尿病新世界,2024,27(09):173-5.
- [20]DO MONTE AGRA C L,CAVALCANTI LIRA R P, PINHEIRO F G, et al.Optical coherence tomography angiography:microvascular alterations in diabetic eyes without diabetic retinopathy [J].Arquivos Brasileiros De Oftalmologia,2021,84(2):149-57.
- [21]SHI F, ZHU W, LIU M, et al. Retinal optical coherence tomography(OCT)image lesion multi-label classification system useful for retinal OCT image pathological change and electronic device, has classifying module that classifies various diseases of retina OCT image according to output result, CN116503639-A;CN116503639-B[P/OL].<Go to ISI>://DIIDW:202382447U.
- [22]PARRAVANO M, FRAGIOTTA S, QUERQUES G. Prognostic relevance of optical coherence tomography angiography biomarkers in diabetic macular edema[J].Expert Review of Ophthalmology,2022,17(3):161-3.
- [23]董楠楠.增生型糖尿病视网膜病变患者PRP治疗前后视网膜结构和功能变化[J].国际眼科杂志,2025,25(05):718-24.
- [24]王曦.糖尿病视网膜病变患者视网膜及脉络膜超广角SS-OCTA特征分析[D].重庆:重庆医科大学,2024.
- [25]MIRSHAHI A, GHASSEMI F, FADAKAR K, et al. Effects of panretinal photocoagulation on retinal vasculature and foveal avascular zone in diabetic retinopathy using optical coherence tomography angiography: A pilot study [J]. Journal of Current Ophthalmology,2019,31(3):287-91.
- [26]FUMI D, RUGGERI F, FASCIOLLO D, et al.Paracentral Acute Middle Maculopathy (PAMM) in Ocular Vascular Diseases—What We Know and Future Perspectives[J].Vision,2025,9(1).
- [27]崔腾,谢驰,蔡亚珍.糖尿病性视网膜病变患者视盘周围微循环变化和神经纤维层厚度相关性分析[J].齐齐哈尔医学院学报,2025,46(02):112-7.
- [28]蔡亚珍.广域SS-OCTA下早期糖尿病性视网膜病黄斑区的改变[J].安徽理工大学学报(自然科学版),2024,44(04):89-98.
- [29]杨硕.糖尿病性视网膜病变视网膜微血管变化特点分析:基于OCTA的定量分析[D].吉林:吉林大学,2024.
- [30]SEO J-S, CHO Y-W, SEO S-W, et al. Microvasculature and Nerve Fiber Layer—Ganglion Cell Inner Plexiform Layer Thickness in Type 2 Diabetes[J].Journal of the Korean Ophthalmological Society,2021,62(6):769-76.
- [31]JLIM A, TSAI W-S, THOTTARATH S, et al. Characterizing the Preferred Retinal Locus and Fixation Stability in Diabetic Macular Ischemia: A One-Year Study[J].Vision,2025,9(1).
- [32]SAIF P S,SALMAN A E-R G,OMRAN N A H, et al. Assessment of Diabetic Retinopathy Vascular Density Maps[J].Clinical Ophthalmology,2020,14:3941-53.
- [33]RYU G, LEE K, PARK D, et al. A deep learning model for identifying diabetic retinopathy using optical coherence tomography angiography [J]. Scientific Reports, 2021,11(1).
- [34]ONISHI A C, FAWZI A A.An overview of optical coherence tomography angiography and the posterior pole[J].Therapeutic Advances in Ophthalmology,2019,11.
- [35]韦丁杨,陈丽,毛明珠.高速扫频源光学相干断层血流成像不同扫描宽度对糖尿病视网膜病变病灶检测率的影响[J].实用医院临床杂志,2024,21(06):124-8.
- [36]周言,郑政,王曦.应用OCT和OCTA技术测量视网膜定量参数在糖尿病性视网膜病变诊治中的研究进展[J].中国现代医生,2024,62(32):122-6.
- [37]FOULSHAM W,CHIEN J,LENIS T L, et al. Optical Coherence Tomography Angiography: Clinical Utility and Future Directions [J].Journal of Vitreoretinal Diseases,2022,6(3):229-42.
- [38]MAO X,NIU Y,LIU Y,et al.Applications of optical coherence tomography angiography in diabetic retinopathy[J].Chinese Journal of Diabetes Mellitus,2022,14(1):80-3.

作者简介:

董愿鹏(1998--),男,汉族,河南省郑州市人,研究生,研究方向:眼底病。

*通讯作者:

余萍(1979--),女,土族,硕士,职称:主任医师,研究方向:眼底病。