

doi: 10.3969/j.issn.1674-1242.2026.04.005

基于 OCTA 微血流参数定量分析的糖尿病视网膜病变早期风险分层模型构建及临床验证

蒋胜群, 胡君琰

(蚌埠医科大学第一附属医院 眼科, 安徽蚌埠 233000)

【摘要】目的 探讨光学相干断层扫描血管成像(optical coherence tomography angiography, OCTA)微血流参数在糖尿病视网膜病变(diabetic retinopathy, DR)早期无症状阶段的定量变化规律,构建多参数联合的 DR 早期风险分层模型并验证其临床效能。**方法** 回顾性纳入 2023 年 1 月至 2025 年 12 月于蚌埠医科大学第一附属医院就诊的 2 型糖尿病患者 80 例(80 眼),根据早期 DR 危险因素分为低风险组($n=32$)、中风险组($n=28$)和高风险组($n=20$)。所有受试者均行 OCTA 扫描并采集 OCTA 参数,包括浅层毛细血管丛(superficial capillary plexus, SCP)与深层毛细血管丛(deep capillary plexus, DCP)的血管密度(vessel density, VD)、灌注密度(perfusion density, PD)、中心凹无血管区面积(foveal avascular zone area, FAZ-A)、周长(FAZ-P)及 FD-300 区毛细血管密度。同时采集空腹血糖(fasting blood glucose, FBG)、糖化血红蛋白(glycosylated hemoglobin, HbA1c)、糖尿病病程等临床指标。**结果** 随风险层级升高,SCP-VD、DCP-VD、FD-300(SCP)、6 mm×6 mm 外层 VD 呈阶梯式下降,FAZ-A、FAZ-P 呈阶梯式扩大(均 $P<0.05$);而 3 mm×3 mm PD 在组间差异未达显著性($P=0.062$)。经最小绝对收缩与选择算子(least absolute shrinkage and selection operator, LASSO)回归从 16 项候选参数中筛选出 SCP-VD、DCP-VD、6 mm×6 mm 外层 VD、FAZ-P 及糖尿病病程共 5 项独立变量纳入最终模型。训练集模型曲线下面积(area under the curve, AUC)为 0.842(95%CI:0.761~0.923),验证集 AUC 为 0.817(95%CI:0.728~0.906);校准曲线 Bootstrap 校正后 Brier 评分为 0.138;决策曲线分析(decision curve analysis, DCA)显示,在阈值概率 0.20~0.70 范围内,模型净获益优于“全部干预”或“全部不干预”策略。**结论** OCTA 微血流参数可敏感反映 DR 早期微循环损害,基于 OCTA 参数联合糖尿病病程构建的 Logistic 风险分层模型对 DR 早期进展风险具有较好的预警价值,可为临床制订个体化随访间隔及开展早期干预提供依据。

【关键词】 光学相干断层扫描血管成像;糖尿病视网膜病变;微血流参数;风险分层**【中图分类号】** R778.1**【文献标志码】** A

文章编号: 1674-1242 (2026) 04-0027-05

Construction and clinical validation of early risk stratification model for diabetic retinopathy based on quantitative analysis of OCTA microflow parameters

JIANG Shengqun, HU Junyan

(Department of Ophthalmology, The First Affiliated Hospital of Bengbu Medical University, Bengbu 233000, Anhui, China)

【Abstract】Objective To investigate the quantitative changes of microflow parameters of optical coherence tomography angiography (OCTA) in the early asymptomatic stage of diabetic retinopathy (DR), and to construct a multi-parameter combination of DR early risk stratification model and verify its clinical efficacy. **Methods** A total of 80 patients (80 eyes) with type 2 diabetes who presented at the First Affiliated Hospital of Bengbu Medical University from January 2023 to December 2025, were retrospectively included. They were divided into low-risk group ($n=32$), medium-risk group ($n=28$) and high-risk group ($n=20$) according to the risk factors of early DR. All subjects underwent OCTA scanning, and OCTA parameters were collected, including the vessel density (VD) and perfusion density (PD) of the superficial capillary plexus (SCP) and deep capillary plexus (DCP), the area of the foveal avascular zone (FAZ-A), the perimeter of the foveal avascular zone (FAZ-P), and the capillary density in the FD-300 area. At the same time, clinical

收稿日期: 2026-03-18。

基金项目: 2025 年主持安徽省慢性疾病免疫学基础与临床重点实验室开放课题 (MBPY202503); 2025 年主持数字医学与智慧健康安徽省重点实验室开放课题 (AHCM2025Z002); 2024 年承担蚌埠医科大学重点支持和培育学科领域专项 (2024bypy015); 2026 年蚌埠市社会科学一般项目 (BB26B034); 2025 年安徽省卫生健康科技项目 (AHWJ2025BAp20011)。

作者简介: 蒋胜群, 博士研究生, 副主任医师, 研究方向: 白内障和眼底病的基础和临床研究。E-mail: 47393197@qq.com。

indicators such as fasting blood glucose (FBG), glycosylated hemoglobin (HbA1c) and diabetes course of the subjects were collected.

Results As the risk level increased, SCP-VD, DCP-VD, FD-300 (SCP), and 6 mm×6 mm outer-layer VD showed a stepwise decrease, while FAZ-A and FAZ-P showed a stepwise increase (all $P<0.05$); however, there was no significant difference in 3 mm×3 mm PD between groups ($P=0.062$). Through the least absolute shrinkage and selection operator (LASSO) regression, five independent variables, namely SCP-VD, DCP-VD, 6 mm×6 mm outer-layer VD, FAZ-P, and the diabetes course, were selected from 14 candidate parameters and incorporated into the final model. The training set model AUC was 0.842 (95%CI: 0.761–0.923), the validation set AUC was 0.817 (95%CI: 0.728–0.906), the calibration curve Bootstrap corrected Brier score was 0.138, and the decision curve analysis (DCA) showed that the net benefit of the model was better than the “all intervention” or “all no intervention” strategy in the threshold probability range of 0.20–0.70. **Conclusion** The microflow parameters of OCTA can sensitively reflect the early microcirculation damage of DR. The Logistic risk stratification model based on microflow parameters of OCTA combined with the course of diabetes has good early warning value for the risk of early progression of DR, and can provide quantitative basis for the formulation of clinical individualized follow-up interval and early intervention.

【Key words】 Optical coherence tomography angiography; Diabetic retinopathy; Microflow parameters; Risk stratification

糖尿病视网膜病变(diabetic retinopathy, DR)的病理核心为视网膜微血管损伤引发的微循环障碍^[1]。传统筛查依赖眼底彩照及荧光素眼底血管造影(fundus fluorescein angiography, FFA)存在敏感度不足或有创局限^[2]。光学相干断层扫描血管成像(optical coherence tomography angiography, OCTA)可无创、分层显示视网膜浅/深层毛细血管丛(superficial/deep capillary plexus, SCP/DCP)的微循环参数^[3-5]。但当前缺乏多参数联合的临床决策模型。既往研究证实 OCTA 参数在非增殖性糖尿病视网膜病变(non-proliferative diabetic retinopathy, NPDR)诊断、黄斑中心凹无血管区(foveal avascular zone, FAZ)形态学早期判别^[6]、黄斑区微血管改变评估^[7]及 DR 定量分析^[8]中均具备应用价值,广角扫频源光学相干断层扫描血管成像(wide-field swept-source optical coherence tomography angiography, WF SS-OCTA)和人工智能(artificial intelligence, AI)辅助识别亦被报道^[9-12],但单一参数效能有限,目前尚缺乏多参数量化分层模型。本研究通过提取 OCTA 微血流参数,结合最小绝对收缩与选择算子(least absolute shrinkage and selection operator, LASSO)降维与 Logistic 回归构建 DR 早期风险分层模型并完成内部验证,为 DR 早筛提供临床工具。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性选取 2023 年 1 月至 2025 年 12 月蚌埠医科大学第一附属医院眼科门诊及内分泌科联合随访的 2 型糖尿病患者 80 例(80 眼,每例取矫正视力较好一眼)。纳入标准:①符合《中国 2 型糖尿病防治指南(2020 版)》^[13]糖尿病诊断标准[典型糖尿病症状+

任意时间血糖 ≥ 11.1 mmol/L 或空腹血糖(fasting blood glucose, FBG) ≥ 7.0 mmol/L 或口服葡萄糖耐量试验(oral glucose tolerance test, OGTT) 2 h 血糖 ≥ 11.1 mmol/L];②年龄 35~75 岁;③最佳矫正视力(best-corrected visual acuity, BCVA) ≥ 0.3 (LogMAR);④ OCTA 图像信号强度 $\geq 7/10$;⑤无 DR (non-diabetic retinopathy, NDR),轻度或中度 NPDR (无临床意义黄斑水肿)。排除标准:①既往接受过眼底激光、抗血管内皮生长因子(vascular endothelial growth factor, VEGF)或糖皮质激素玻璃体腔注射;②合并其他视网膜血管性疾病、青光眼、高度近视(≥ -6.0 D);③屈光间质混浊影响 OCTA 成像;④妊娠糖尿病或 1 型糖尿病。参照国际糖尿病视网膜病变进展风险分层相关共识^[14],糖尿病病程 ≥ 10 年、糖化血红蛋白(glycosylated hemoglobin, HbA1c) $\geq 7.5\%$ 、合并糖尿病肾病是 DR 进展的独立危险因素。基于上述三项高危因素建立计分分层模型(单项危险因素赋值 1 分,总分为 0~3 分),分组如下:低风险组(0~1 分, $n=32$)、中风险组(2 分, $n=28$)和高风险组(≥ 3 分或已确诊轻度 NPDR 伴上述任一项, $n=20$)。

1.2 方法

1.2.1 OCTA 图像采集与分析

采用 RTVue-XR Avanti 行 3 mm×3 mm 及 6 mm×6 mm 黄斑区扫描。图像去投影伪影后,由 2 名眼科医师盲法判读,剔除不合格图像。FAZ 轮廓勾画错误时手动校正。一致性检验:组内组内相关系数(intra-class correlation coefficient, ICC)分别为 0.912 和 0.894;组间 ICC 为 0.873。参数包括:血管密度(vessel density, VD)、灌注密度(perfusion density,

PD)、FAZ 面积(FAZ-A, mm²)、FAZ 周长(FAZ-P, mm)、FD-300(%)及 6 mm×6 mm 外层 VD。原始数据经 Avanti Revue 导出后用 R 4.3.1 校验。

1.2.2 临床资料采集

收集年龄、性别、糖尿病病程、收缩压(systolic blood pressure, SBP)、舒张压(diastolic blood pressure, DBP)、FBG、HbA1c、总胆固醇(total cholesterol, TC)、低密度脂蛋白(low-density lipoprotein-cholesterol, LDL-C)、尿微量白蛋白/肌酐比值(urinary microalbumin/creatinine ratio, UACR)、是否合并高血压及糖尿病肾病(diabetic kidney disease, DKD)等临床资料。

1.3 统计学方法

采用 R 4.3.1、SPSS 26.0 软件分析数据。符合正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,多组比较采用单因素方差分析(ANOVA)及 Bonferroni 校正。计数资料以例(%)表示,组间比较用 χ^2 检验。

$P < 0.05$ 为差异有统计学意义。以 $P < 0.10$ 为筛选阈值^[15-16], LASSO 回归结合 10 折交叉验证确定 λ 值,对初筛变量进行降维筛选,构建多因素 Logistic 回归预测模型。受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评估模型区分效能; DeLong 检验对比模型效能差异; Bootstrap 重复抽样法进行内部验证,校准曲线评价模型预测值与实际值的吻合度;决策曲线分析(decision curve analysis, DCA)评估模型的临床净获益。报告曲线下面积(area under the curve, AUC)、95% 置信区间(95% confidence interval, 95% CI)和比值比(odds ratio, OR)。

2 结果

2.1 三组基线资料比较

三组在糖尿病病程、HbA1c、合并 DKD 比例、FBG、SBP、DBP、TC、LDL-C 方面比较,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$);其余指标无统计学差异(表 1)。

表 1 三组基线资料比较

指标	低风险组 ($n=32$)	中风险组 ($n=28$)	高风险组 ($n=20$)	F/χ^2	P
年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	54.2±8.7	56.8±9.1	58.4±7.9	1.419	0.057
男/女 (例)	15/17	13/15	9/11	0.081	0.962
糖尿病病程 ($\bar{x} \pm s$, 年)	5.8±3.2	8.6±4.1 [▲]	12.3±3.9 ^{▲*}	18.757	<0.001
HbA1c ($\bar{x} \pm s$, %)	6.8±0.7	7.6±0.9 [▲]	8.4±1.1 ^{▲*}	21.342	<0.001
合并 DKD [例 (%)]	2 (6.3)	6 (21.4)	10 (50.0) ^{▲*}	13.270	<0.001
FBG ($\bar{x} \pm s$, mmol/L)	7.1±1.2	8.3±1.6 [▲]	9.2±1.8 ^{▲*}	12.081	<0.001
合并高血压 [例 (%)]	4 (12.5)	9 (32.1)	13 (65.0)	15.466	0.266
SBP	132.4±12.1	138.7±13.4 [▲]	145.2±14.0 ^{▲*}	6.023	0.004
DBP	80.1±7.5	83.6±8.2 [▲]	87.4±8.9 ^{▲*}	5.053	0.009
TC	4.82±0.91	5.21±1.02 [▲]	5.67±1.13 ^{▲*}	4.424	0.015
LDL-C	2.74±0.62	3.05±0.71 [▲]	3.48±0.79 ^{▲*}	6.953	0.002
UACR	35.61±2.16	36.55±1.88	37.37±1.06	8.776	0.525

注: HbA1c: 糖化血红蛋白; DKD: 糖尿病肾病; FBG: 空腹血糖; SBP: 收缩压; DBP: 舒张压; TC: 总胆固醇; LDL-C: 低密度脂蛋白; UACR: 尿微量白蛋白/肌酐比值。与低风险组比较, [▲] $P < 0.05$; 与中风险组比较, ^{*} $P < 0.05$ 。

2.2 三组 OCTA 微血流参数比较

随风险层级升高, SCP-VD、DCP-VD、FD-300 (SCP)、6 mm×6 mm 外层 VD 呈阶梯式下降, FAZ-A、

FAZ-P 呈阶梯式扩大(均 $P < 0.05$)(表 2); 而 3 mm×3 mm PD 在组间差异未达显著性($P = 0.062$)。

表 2 三组 OCTA 微血流参数比较($\bar{x} \pm s$)

参数	低风险组 ($n=32$)	中风险组 ($n=28$)	高风险组 ($n=20$)	F	P
SCP-VD (全 3 mm) (%)	18.26±2.41	15.73±2.18 [▲]	12.74±2.13 ^{▲*}	28.409	<0.001
DCP-VD (全 3 mm) (%)	21.84±2.97	18.92±2.64 [▲]	15.38±2.51 ^{▲*}	24.868	<0.001
FAZ-A (mm ²)	0.28±0.06	0.34±0.07 [▲]	0.41±0.09 ^{▲*}	16.527	<0.001
FAZ-P (mm)	2.08±0.24	2.37±0.28 [▲]	2.71±0.31 ^{▲*}	19.716	<0.001
FD-300 (SCP) (%)	22.15±3.04	19.82±2.91 [▲]	16.47±2.76 ^{▲*}	17.941	<0.001
6 mm×6 mm 外层 VD (%)	26.73±3.21	23.15±2.88 [▲]	19.42±2.65 ^{▲*}	22.682	<0.001

注: OCTA: 光学相干断层扫描血管成像; SCP-VD: 浅层毛细血管丛血管密度; DCP-VD: 深层毛细血管丛血管密度; FAZ-A: 中心凹无血管区面积; FAZ-P: 中心凹无血管区周长。与低风险组比较, [▲] $P < 0.01$; 与中风险组比较, ^{*} $P < 0.001$ 。

2.3 多因素 Logistic 回归分析

将表 1、表 2 中单因素 $P < 0.10$ 的 16 项变量纳入 LASSO, 结合 10 折交叉验证确定最优 $\lambda = 0.078$, 最终保留 5 项非零系数变量: SCP-VD、DCP-VD、6 mm×6 mm 外层 VD、FAZ-P、糖尿病病程。以“是否高风险”

为因变量, 上述 5 项 LASSO 保留变量代入多因素 Logistic 回归。结果显示, SCP-VD、DCP-VD、6 mm×6 mm 外层 VD 均为 DR 高风险的保护性因素(均 $OR < 1$, 均 $P < 0.05$); FAZ-P、糖尿病病程均为 DR 高风险的危险因素(均 $OR > 1$, 均 $P < 0.05$)。

表 3 多因素 Logistic 回归分析

变量	β	SE	Wald χ^2	OR (95%CI)	P
SCP-VD	-0.483	0.149	10.51	0.62 (0.46 ~ 0.83)	<0.001
DCP-VD	-0.312	0.136	5.26	0.73 (0.56 ~ 0.95)	0.022
6 mm×6 mm 外层 VD	-0.391	0.142	7.58	0.68 (0.51 ~ 0.89)	0.006
FAZ-P	1.027	0.384	7.15	2.79 (1.31 ~ 5.94)	0.007
糖尿病病程	0.165	0.048	11.82	1.18 (1.07 ~ 1.31)	<0.001

注: OR: 比值比; 95%CI: 95% 置信区间; SCP-VD: 浅层毛细血管丛血管密度; DCP-VD: 深层毛细血管丛血管密度; VD: 血管密度; FAZ-P: 中心凹无血管区周长。

2.4 模型效能验证

ROC 曲线显示, 训练集 $AUC = 0.842$ (95%CI: 0.761 ~ 0.923), 验证集 (Bootstrap 1 000 次) $AUC = 0.817$ (95%CI: 0.728 ~ 0.906) (图 1)。为评估 OCTA 微血流参数的增量预测价值, 本研究构建了 3 个对照模型: 模型 A (仅临床指标: 糖尿病病程 + HbA1c + FBG + DKD)、模型 B (仅 OCTA 单参数: SCP-VD)、模型 C (多参数联合: SCP-VD + DCP-VD + 6 mm 外层 VD + FAZ-P + 糖尿病病程)。DeLong 检验显示, 模型 C 的 AUC 显著高于模型 A ($P = 0.008$) 和模型 B ($P = 0.021$)。最佳截断概率 0.42 对应敏感度为 81.0%、特异度为 76.5%。校准曲线 Bootstrap 校正后 Brier 评分 0.138 (图 2a)。DCA 显示 0.20 ~ 0.70 阈值范围内模型净获益稳定优于“全部干预”或“全部不干预”策略 (图 2b)。

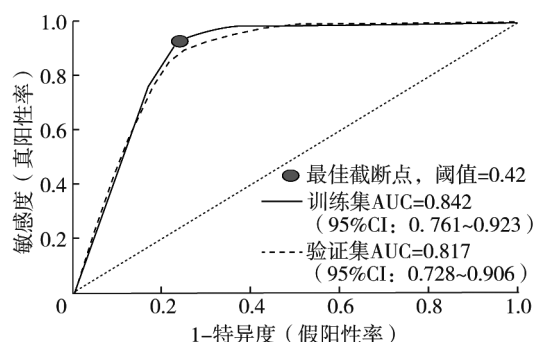


图 1 训练集与 Bootstrap 验证集的 ROC 曲线

注: ROC: 受试者操作特征; AUC: 曲线下面积。

3 讨论

DR 本质为慢性高血糖介导的视网膜微血管级联损伤; 传统以眼底检出微动脉瘤作为 DR 确诊依

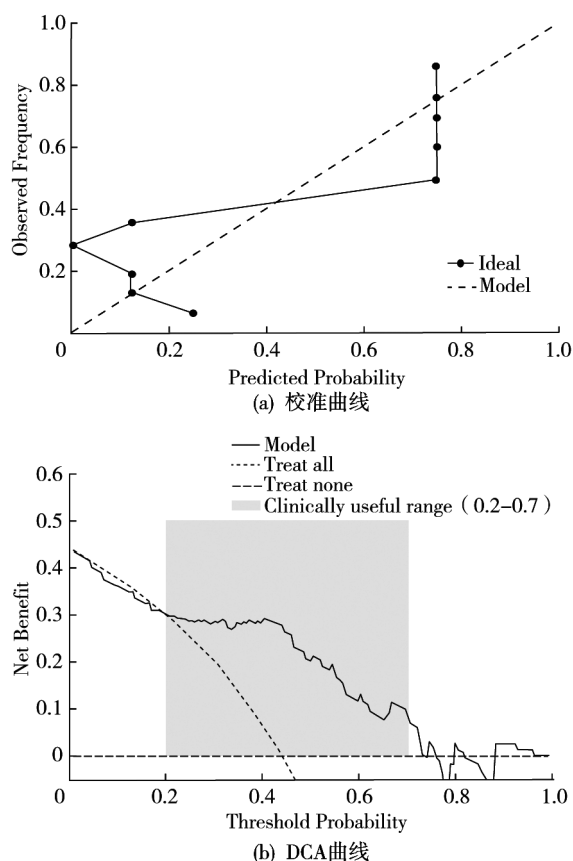


图 2 Bootstrap 校正后的校准曲线与 DCA 曲线

注: DCA: 决策曲线分析。

据, 该临床判定时点较亚临床微循环实质损害滞后数年。OCTA 通过将血流信号从结构性 OCT 中分离, 实现了 SCP、DCP 乃至放射状毛细血管的无创分层成像, 其相关定量参数已被多项研究证实, 可早于眼底镜下改变检出微循环缺失^[3-5]。与 FFA 相比, OCTA 在无创性及分层显示能力上的优势已在 PDR

对照研究中验证^[2],国内多个 NPDR 队列亦支持 OCTA 定量参数可稳定反映黄斑区微血管递减趋势^[7-8]。本研究 OCTA 参数构建的风险分层模型,并非仅停留在“诊断 NPDR 与否”的二元判别,与 WF SS-OCTA 早期 DR 微血管评估的方法学一致^[9]。

本研究重点发现是:① SCP-VD 与 DCP-VD 在不同风险组间呈阶梯下降,且 DCP 受累程度相对更重,这与糖尿病早期深层毛细血管周细胞对缺氧更敏感、更易优先丢失的病理机制吻合^[17]。② 6 mm×6 mm 外层 VD 的加入提升了模型对合并 DKD 亚组的敏感性。③ LASSO 降维后保留的 5 项变量中,FAZ-P 的 OR 值高于 FAZ-A,与既往研究相一致^[6]。提示周长比面积更能反映 FAZ 形态不规则性这一早期缺血特征。

本研究创新之处为:① 构建基于 OCTA 参数的风险分层模型;② 采用 LASSO+Logistic 多参数联合建模策略,规避单一参数评价的片面性;③ 引入 6 mm×6 mm 大视野外层 VD 这一较新的影像学指标。本研究观察到的 FAZ 参数差异特征,与 AI 自动识别研究关注的病灶形态不规则性靶点相近^[10],未来可结合相关专家提出的 DR 深度学习框架^[11-12],进一步提升 FAZ 轮廓勾画的鲁棒性。

综上,OCTA 微血流参数可敏感反映 DR 早期微循环损害,基于 OCTA 微血流参数联合糖尿病病程构建的 Logistic 风险分层模型,对 2 型糖尿病 DR 早期进展风险具有较好预警效能。本研究仅完成 Bootstrap 内部验证,未开展外部验证,模型真实泛化效能尚不明确;且存在样本量不足、缺乏长期随访数据等不足。后续需开展大样本、多中心前瞻性研究验证模型性能。

参考文献

- [1] 张琮,吴彦霖,胡起维,等. 光学相干断层扫描血管成像参数诊断非增殖性糖尿病视网膜膜病变的价值分析[J]. 诊断学理论与实践, 2024, 23 (1): 67-76.
- [2] 刘青,艾明. 光学相干断层扫描血管成像 (OCTA) 和荧光素血管造影 (FFA) 对比观察增生型糖尿病视网膜病变 (PDR) [J]. 眼科新进展, 2017, 37 (1): 52-55.
- [3] SUN Z, YANG D, TANG Z, *et al.* Optical coherence tomography angiography in diabetic retinopathy: an updated review[J]. Eye (Lond), 2021, 35(1):149-161.
- [4] CHUA J, SIM R, TAN B, *et al.* Optical coherence tomography angiography in diabetes and diabetic retinopathy[J]. J Clin Med, 2020, 9(6):1723.
- [5] WIJESINGHA N, TSAI W S, KESKIN A M, *et al.* Optical coherence tomography angiography as a diagnostic tool for diabetic retinopathy[J]. Diagnostics (Basel), 2024, 14(3):326.
- [6] 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膜病变的诊断价值[J]. 国际眼科杂志, 2024, 24 (9): 1471-1475.
- [7] 雷颖庆,周琦,段成霞,等. OCTA 定量分析糖尿病视网膜病变患者黄斑区微血管改变[J]. 眼科新进展, 2020, 40 (2): 161-164.
- [8] 陈丽,姜亚萍,张鑫,等. 糖尿病视网膜膜病患者 OCTA 检查结果的定量分析[J]. 同济大学学报 (医学版), 2021, 42 (6): 819-824.
- [9] WANG X N, CAI X, LI S W, *et al.* Wide-field swept-source OCTA in the assessment of retinal microvasculature in early-stage diabetic retinopathy[J]. BMC Ophthalmol, 2022, 22(1): 473.
- [10] 刘信志,钟捷,秦雅雯,等. 人工智能在识别及分析糖尿病视网膜病变 OCTA 图像中视网膜无灌注区的研究进展[J]. 中医眼耳鼻喉杂志, 2026 (1): 37-40.
- [11] RYU G, LEE K, PARK D, *et al.* A deep learning model for identifying diabetic retinopathy using optical coherence tomography angiography[J]. Sci Rep, 2021, 11(1):23024.
- [12] LE D, ALAM M, YAO C K, *et al.* Transfer learning for automated OCTA detection of diabetic retinopathy[J]. Transl Vis Sci Technol, 2021, 9(2):35.
- [13] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南 (2020 年版) [J]. 中华糖尿病杂志, 2021, 13 (4): 315-409.
- [14] 中华医学会糖尿病学分会视网膜病变学组, 匡洪宇. 糖尿病相关眼病防治多学科中国专家共识 (2021 年版) [J]. 中华糖尿病杂志, 2021, 13 (11): 1026-1042.
- [15] COLLINS G S, REITSMA J B, ALTMAN D G, *et al.* Transparent reporting of a multivariable prediction model for individual prognosis or diagnosis (TRIPOD): the TRIPOD statement[J]. BMJ, 2015, 350:g7594.
- [16] MOONS K G M, ALTMAN D G, REITSMA J B, *et al.* Transparent Reporting of a multivariable prediction model for Individual Prognosis or Diagnosis (TRIPOD): explanation and elaboration[J]. Ann Int Med, 2015, 162(1):W1-W73.
- [17] ONG J X, KONOPEK N, FUKUYAMA H, *et al.* Deep capillary nonperfusion on OCT angiography predicts complications in eyes with referable nonproliferative diabetic retinopathy[J]. Ophthalmol Retina, 2023, 7(1):14-23.