

黄斑区微血管密度与糖尿病性黄斑水肿患者抗 VEGF 治疗反应的关系

陈秀峰,余雪飞,辛雅琼

引用:陈秀峰,余雪飞,辛雅琼. 黄斑区微血管密度与糖尿病性黄斑水肿患者抗 VEGF 治疗反应的关系. 国际眼科杂志, 2026, 26(8):1468-1472.

作者单位:(037038)中国山西省大同市第三人民医院眼科

作者简介:陈秀峰,女,硕士,副主任医师,研究方向:眼科临床。

通讯作者:陈秀峰. Ljy15835363176@163.com

收稿日期:2026-04-07 修回日期:2026-06-18

摘要

目的:探讨黄斑区微血管密度与糖尿病性黄斑水肿(DME)患者抗血管内皮生长因子(VEGF)治疗反应的关系。

方法:回顾性病例对照研究。收集2021年1月至2025年8月在我院接受抗VEGF治疗的DME患者的临床资料,所有患者均接受玻璃体腔内注射抗VEGF治疗,每月1次,共3次。根据抗VEGF治疗反应分为反应良好组与反应不良组。比较两组患者治疗前浅层毛细血管丛(SCP)、深层毛细血管丛(DCP)的血管密度。采用多因素 Logistic 回归分析影响DME患者抗VEGF治疗反应的因素。绘制受试者工作特征(ROC)曲线,分析治疗前SCP血管密度和DCP血管密度对DME患者抗VEGF治疗反应的预测价值。

结果:本研究共纳入DME患者315例315眼,其中男172例,女143例,年龄46-78(平均 62.06 ± 7.38)岁。完成3次治疗后反应良好组211例211眼中男114例,女97例,平均年龄 61.92 ± 7.52 岁;反应不良组104例104眼中男58例,女46例,平均年龄 62.35 ± 7.10 岁。反应不良组患者糖尿病病程长于反应良好组、治疗前中心视网膜厚度大于反应良好组、治疗前糖化血红蛋白(HbA1c)水平高于反应良好组、病变类型为浆液性视网膜脱离的患者占比高于反应良好组、治疗前SCP血管密度和DCP血管密度均低于反应良好组(均 $P<0.001$)。多因素 Logistic 回归分析显示,治疗前HbA1c、病变类型为浆液性视网膜脱离、治疗前SCP血管密度和DCP血管密度均为影响DME患者抗VEGF治疗反应的因素(均 $P<0.05$);绘制ROC曲线结果显示,治疗前SCP血管密度、治疗前DCP血管密度单独及联合预测DME患者抗VEGF治疗反应不良的曲线下面积(AUC)分别为0.812、0.797、0.901,均有较高预测价值。

结论:黄斑区微血管密度与DME患者抗VEGF治疗反应密切相关,治疗前SCP和DCP的血管密度可作为预测治疗反应的重要指标,临床可针对性给予预防和治疗措施。

关键词:糖尿病性黄斑水肿;黄斑区微血管密度;抗血管内皮生长因子(VEGF);治疗反应

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2026.8.27

Relationship between macular microvascular density and anti-VEGF response in patients with diabetic macular edema

Chen Xiufeng, She Xuefei, Xin Yaqiong

Department of Ophthalmology, the Third People's Hospital of Datong, Datong 037038, Shanxi Province, China

Correspondence to: Chen Xiufeng. Department of Ophthalmology, the Third People's Hospital of Datong, Datong 037038, Shanxi Province, China. Ljy15835363176@163.com

Received:2026-04-07 Accepted:2026-06-18

Abstract

• **AIM:** To investigate the relationship between microvascular density in macular area and anti-vascular endothelial growth factor (VEGF) response in patients with diabetic macular edema (DME).

• **METHODS:** Retrospective case-control study. Clinical data of DME patients who received anti-VEGF treatment in the hospital from January 2021 to August 2025 were collected. All patients received intravitreal anti-VEGF treatment once a month for a total of 3 times. The patients were divided into the good response group and the poor response group based on the anti-VEGF treatment response. The vascular density of superficial capillary plexus (SCP) and deep capillary plexus (DCP) were compared between the two groups before treatment. Multivariate logistic regression models were used to analyze the factors affecting the anti-VEGF treatment response in DME patients. The receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the predictive value of SCP and DCP vascular density for anti-VEGF treatment response in DME patients.

• **RESULTS:** The study included a total of 315 DME patients 315 eyes, including 172 males and 143 females with the mean age of 62.06 ± 7.38 y. After completing three treatments, there were 211 cases 211 eyes in the good response group, including 114 males and 97 females with the mean age of 61.92 ± 7.52 y. There were 104 cases in the poor response group, including 58 males and 46 females with the mean age of 62.35 ± 7.10 y. The course of diabetes in the poor response group was longer than that in the good response group, the central retinal thickness before treatment was greater than that in the good response group, the level of glycosylated hemoglobin (HbA1c)

before treatment was higher than that in the good response group, and the proportion of patients with serous retinal detachment was higher than that in the good response group. Before treatment, the vascular density of SCP and DCP in the poor response group was lower than that in the good response group (all $P<0.01$). Multivariate Logistic regression analysis showed that SCP and DCP vascular density were both influencing factors of anti-VEGF treatment response in DME patients (both $P<0.05$). ROC curves showed that the area under the curve (AUC) of the pre-treatment SCP vascular density, pre-treatment DCP vascular density alone, and their combined model for predicting poor response to anti-VEGF therapy in DME patients were 0.812, 0.797 and 0.901, respectively, indicating high predictive value.

• **CONCLUSION:** The microvascular density in the macular area is closely related to the anti-VEGF treatment response in DME patients. The vascular density of SCP and DCP before treatment can be used as important indicators to predict treatment response, and targeted preventive and therapeutic interventions can be adopted in clinical practice.

• **KEYWORDS:** diabetic macular edema; macular microvascular density; anti-vascular endothelial growth factor (anti-VEGF); therapeutic response

Citation: Chen XF, She XF, Xin YQ. Relationship between macular microvascular density and anti-VEGF response in patients with diabetic macular edema. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2026,26(8):1468-1472.

0 引言

糖尿病性黄斑水肿 (diabetic macular edema, DME) 是糖尿病视网膜病变患者视力损害的首要原因,严重影响患者的生活质量和社会生产力^[1]。目前,玻璃体腔内注射抗血管内皮生长因子 (vascular endothelial growth factor, VEGF) 药物是 DME 的一线治疗方案,能有效抑制血管渗漏、减轻黄斑水肿并改善患者视力^[2-3]。然而,临床实践中发现,部分 DME 患者对抗 VEGF 治疗反应欠佳,表现为中心视网膜厚度下降不明显或视力改善有限^[4]。因此,临床亟需探寻与抗 VEGF 治疗反应相关的生物标志物,以实现治疗效果的早期预测和个体化治疗方案的制定,从而提高治疗的精准性和有效性,减少不必要的医疗资源浪费。近年来,随着光学相干断层扫描血管成像 (optical coherence tomography angiography, OCTA) 技术的发展,黄斑区微血管密度的检测成为研究热点^[5]。研究表明,黄斑区的微血管损伤与 DME 的发生发展密切相关,黄斑区血流密度降低的患者往往表现为更顽固的水肿和更差的视力预后^[6]。另有研究发现,抗 VEGF 治疗反应不良者治疗前黄斑区血管密度显著低于反应良好者,且黄斑中心凹无血管区面积更大^[7]。这些发现提示,黄斑区微血管密度作为反映视网膜微循环状态的关键指标,可能成为预测抗 VEGF 治疗反应的重要标志物。然而,目前有关黄斑区血管密度与 DME 患者抗 VEGF 治疗反应关系的研究尚不充分。基于此,本研究通过回顾性收集 315 例 315 眼接受抗 VEGF 治疗的 DME 患者临床资料,探讨黄斑区微血管密

度与治疗反应的关系,并分析其预测价值,以期 DME 的个体化治疗提供循证依据。

1 对象和方法

1.1 对象 本研究采用回顾性病例对照研究。收集 2021 年 1 月至 2025 年 8 月在我院接受抗 VEGF 治疗的 DME 患者的临床资料。纳入标准:(1)符合 2 型糖尿病诊断标准^[8]及糖尿病性黄斑水肿的诊断^[9];(2)初次接受抗 VEGF 治疗;(3)中心视网膜厚度 $>300\text{ }\mu\text{m}$;(4)OCTA 图像质量合格;(5)各项临床资料及随访资料均完整。排除标准:(1)存在精神系统疾病或认知功能障碍;(2)既往有玻璃体视网膜手术史或全视网膜光凝史;(3)近 3 mo 内发生过心脑血管事件;(4)存在其他黄斑疾病,如视网膜静脉阻塞、高度近视性黄斑病变、湿性年龄相关性黄斑变性等;(5)既往有眼部外伤;(6)治疗时间未滿 3 mo。本研究已经获得医院医学伦理委员会审核批准。所有参与者均知情同意。

1.2 方法

1.2.1 治疗方法 所有患者均接受玻璃体腔内注射抗 VEGF 治疗,均在标准无菌手术室中进行。所有患者在注射前 30 min,使用复方托吡卡胺滴眼液充分散大瞳孔,每 10 min 1 次,共 3 次。待瞳孔散大至直径 $\geq 7\text{ mm}$ 后,于手术室内行盐酸丙美卡因表面麻醉,0.5% 聚维酮碘消毒结膜囊,无菌开睑器开睑后,在裂隙灯下于颞下方睫状体平坦部垂直进针,缓慢注入 0.05 mL 雷珠单抗注射液或康柏西普注射液或阿柏西普眼内注射液,每月注射 1 次,共 3 次。

1.2.2 黄斑区微血管密度检测方法 所有患者治疗前均接受 OCTA 检查黄斑区 3 mm $\times$ 3 mm 范围的血管成像数据,定量测量所有患者黄斑区浅层毛细血管丛 (superficial capillary plexus, SCP)、深层毛细血管丛 (deep capillary plexus, DCP) 的血管密度。图像由 2 名经验丰富的医师独立分析,取平均值作为最终微血管密度值。查阅医院电子病历系统,详细收集两组患者治疗前 SCP、DCP 的血管密度。

1.2.3 随访及治疗反应评估方法 所有患者于完成 3 次治疗后 1 mo 通过 OCTA 检测中心视网膜厚度,评估治疗反应。若中心视网膜厚度较治疗前下降 $\geq 20\%$ 或降至 $<300\text{ }\mu\text{m}$ 为反应良好;若中心视网膜厚度下降 $<20\%$ 且仍 $>300\text{ }\mu\text{m}$,则为反应不良^[10]。随访过程中详细记录患者的视力、眼压及眼部不良反应情况。

1.2.4 临床资料收集 查阅医院电子病历系统,详细收集所有患者性别、年龄、体质量指数、吸烟史、饮酒史、是否合并高血压、糖尿病病程、治疗前糖化血红蛋白 (hemoglobin A1c, HbA1c) 水平、抗 VEGF 药物、治疗前屈光度、治疗前中心视网膜厚度、病变类型相关资料。所有数据由 2 名研究人员独立提取并交叉核对,确保数据的准确性和完整性。

统计学分析:采用 SPSS 23.0 软件分析数据。所有计量资料均经 Kolmogorov-Smirnov 检验,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 t 检验,组内比较采用配对样本 t 检验;计数资料采用例数 (%) 表示,采用 χ^2 检验;通过多因素 Logistic 回归分析影响 DME 患者抗 VEGF 治疗反应的因素。绘制受试者工作特征 (receiver

operating characteristic, ROC) 曲线, 分析 SCP 血管密度、DCP 血管密度对 DME 患者抗 VEGF 治疗反应的预测价值。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 纳入患者一般资料比较 本研究共纳入 DME 患者 315 例 315 眼中男 172 例, 女 143 例, 年龄 46–78 (平均 62.06 ± 7.38) 岁。完成 3 次治疗后反应良好组 211 例 211 眼, 反应不良组 104 例 104 眼。两组患者糖尿病病程、治疗前中心视网膜厚度、治疗前 HbA1c 水平、病变类型、治疗前 SCP 血管密度、治疗前 DCP 血管密度比较差异均有统计学意义 ($P<0.05$)。两组患者其余指标比较差异无统计学意义 ($P>0.05$), 见表 1。

2.2 多因素 Logistic 回归分析影响 DME 患者抗 VEGF 治疗反应的因素 以 DME 患者抗 VEGF 治疗反应情况为因

变量(反应不良 = 1, 反应良好 = 0), 将表 1 结果中差异有统计学意义的指标: 糖尿病病程(实测值)、治疗前中心视网膜厚度(实测值)、治疗前 HbA1c(实测值)、病变类型(视网膜弥漫性增厚 = 1, 黄斑囊样水肿 = 2, 浆液性视网膜脱离 = 3)、治疗前 SCP 血管密度(实测值)、治疗前 DCP 血管密度(实测值)作为自变量, 行多因素 Logistic 回归分析结果显示, 治疗前 HbA1c、病变类型为浆液性视网膜脱离、治疗前 SCP 血管密度、治疗前 DCP 血管密度均为影响 DME 患者抗 VEGF 治疗反应的因素 ($P<0.05$), 见表 2。

2.3 治疗前黄斑区微血管密度对 DME 患者抗 VEGF 治疗反应不良的预测价值 绘制 ROC 曲线显示, 治疗前 SCP 血管密度和 DCP 血管密度单独及二者联合预测 DME 患者抗 VEGF 治疗反应不良的曲线下面积 (AUC) 分别为 0.812、0.797、0.901, 均有较高预测价值, 见表 3、图 1。

表 1 纳入患者一般资料比较

指标		反应不良组 (n = 104)	反应良好组 (n = 211)	t/χ^2	P
性别(例, %)	男	58 (55.8)	114 (54.0)	0.085	0.770
	女	46 (44.2)	97 (46.0)		
年龄($\bar{x}\pm s$, 岁)		62.35 $\pm$ 7.10	61.92 $\pm$ 7.52	0.477	0.634
体质量指数($\bar{x}\pm s$, kg/m ²)		24.08 $\pm$ 2.45	23.85 $\pm$ 2.36	0.802	0.423
吸烟史(例, %)		39 (37.5)	70 (33.2)	0.576	0.448
饮酒史(例, %)		31 (29.8)	66 (31.3)	0.071	0.790
合并高血压(例, %)		65 (62.5)	121 (57.4)	0.765	0.382
糖尿病病程($\bar{x}\pm s$, a)		9.19 $\pm$ 3.24	7.17 $\pm$ 2.16	5.759	<0.001
治疗前 HbA1c($\bar{x}\pm s$, %)		8.50 $\pm$ 1.21	7.34 $\pm$ 0.97	8.526	<0.001
抗 VEGF 药物(眼, %)	雷珠单抗	39 (37.5)	93 (44.1)	1.282	0.527
	康柏西普	47 (45.2)	87 (41.2)		
	阿柏西普	18 (17.3)	31 (14.7)		
治疗前屈光度($\bar{x}\pm s$, D)		-0.85 $\pm$ 1.62	-0.90 $\pm$ 1.75	0.246	0.806
治疗前中心视网膜厚度($\bar{x}\pm s$, μ m)		532.41 $\pm$ 98.62	468.39 $\pm$ 85.44	5.938	<0.001
病变类型(眼, %)	视网膜弥漫性增厚	24 (23.1)	108 (51.2)	55.243	<0.001
	黄斑囊样水肿	27 (26.0)	76 (36.0)		
	浆液性视网膜脱离	53 (51.0)	27 (12.8)		
SCP 血管密度($\bar{x}\pm s$, %)		38.59 $\pm$ 3.36	42.87 $\pm$ 3.52	10.294	<0.001
DCP 血管密度($\bar{x}\pm s$, %)		42.35 $\pm$ 4.03	47.67 $\pm$ 4.80	9.735	<0.001

表 2 多因素 Logistic 回归分析影响 DME 患者抗 VEGF 治疗反应的因素

因素	β	SE	Wald χ^2	P	OR	95% CI
糖尿病病程	0.98	0.121	0.647	0.421	1.103	0.869–1.398
治疗前中心视网膜厚度	-0.001	0.004	0.028	0.867	0.999	0.991–1.008
治疗前 HbA1c	0.773	0.302	6.564	0.010	2.167	1.199–3.915
病变类型为黄斑囊样水肿	0.042	0.820	0.003	0.959	1.043	0.209–5.204
病变类型为浆液性视网膜脱离	1.938	0.885	4.792	0.029	6.942	1.225–39.348
治疗前 SCP 血管密度	-0.291	0.110	7.080	0.008	0.747	0.603–0.926
治疗前 DCP 血管密度	-0.315	0.101	9.689	0.002	0.730	0.599–0.890
常数项	18.278	8.162	5.014	0.025		

表 3 治疗前黄斑区微血管密度对 DME 患者抗 VEGF 治疗反应不良的预测价值

指标	AUC	95% CI	灵敏度(%)	特异度(%)	截断值(%)
治疗前 SCP 血管密度	0.812	0.763–0.862	71.15	79.15	40.04
治疗前 DCP 血管密度	0.797	0.749–0.846	75.00	68.25	45.38
二者联合	0.901	0.867–0.935	85.58	80.09	

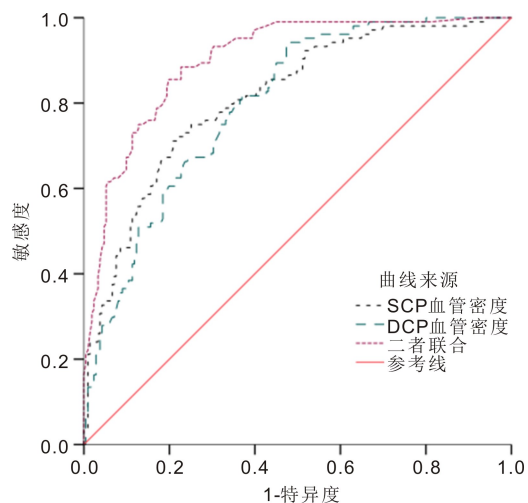


图1 治疗前黄斑区微血管密度预测 DME 患者抗 VEGF 治疗反应不良的 ROC 曲线。

3 讨论

VEGF 是一种强烈的血管通透性因子和促血管生成因子^[11]。在糖尿病视网膜病变患者中,长期高血糖状态会导致视网膜缺血缺氧,使得 VEGF 的表达和分泌上调,不断促进异常新生血管形成,加重视网膜结构破坏^[12]。通过抗 VEGF 治疗,可直接针对 DME 的核心致病分子,从源头阻断渗漏机制,促进视网膜内液体的吸收和消退,达到治疗的目的^[13]。但现有研究发现,约 30% 的 DME 患者接受抗 VEGF 治疗后反应较差^[14]。本研究回顾性分析 315 眼接受抗 VEGF 治疗的 DME 患者中 104 眼治疗后评估为治疗反应不良,发生率为 33.0%,与上述研究结论相似。由此可见,探索影响 DME 患者抗 VEGF 治疗反应的关键因素,对于优化治疗方案、改善患者预后具有重要的临床意义。

黄斑区微血管密度是评估黄斑区微循环状态的核心定量指标,且 OCTA 的出现实现了对黄斑区微血管系统的无创、三维、定量评估,使 SCP 血管密度、DCP 血管密度成为眼底病领域重要的影像学生物标志物^[15]。本研究结果显示,反应不良组治疗前 SCP 和 DCP 血管密度均显著低于反应良好组,多因素 Logistic 回归分析进一步证实,治疗前 SCP 和 DCP 血管密度是影响 DME 患者抗 VEGF 治疗反应的因素 ($OR = 0.747, 0.730$, 均 $P < 0.05$)。这一结果与国内外多项研究结论一致^[16-17]。SCP 主要供应神经节细胞层和内丛状层,负责神经节细胞的营养支持。DCP 位于外丛状层与内核层之间,负责供应光感受器突触和双极细胞,对缺血缺氧最为敏感,是最早发生微血管损伤的部位^[18]。SCP、DCP 血管密度降低,表明血管壁结构改变,毛细血管已发生不可逆的闭塞和神经血管单元破坏,形成物理性的无灌注区。而抗 VEGF 药物虽能有效抑制 VEGF 介导的功能性渗漏,却无法再生闭塞的毛细血管或修复受损的神经组织^[19]。当 SCP、DCP 血管密度低于特定阈值后,即使通过药物完全阻断 VEGF 活动,但由于视网膜已经丧失了完整的微循环结构,水肿也难以消退,影响治疗反应。另外,本研究进一步绘制 ROC 曲线也显示,治疗前 SCP 和 DCP 血管密度单独及联合检测均可有效预测治疗

反应(AUC 均>0.7),且联合预测的 AUC>0.90,提示联合检测治疗前 SCP 和 DCP 血管密度可全面评估黄斑区微循环状态,对抗 VEGF 治疗反应展现出良好的预测能力。

此外,本研究多因素 Logistic 回归分析发现,治疗前 HbA1c、病变类型为浆液性视网膜脱离也为 DME 患者抗 VEGF 治疗反应的影响因素,与既往研究结论一致^[20-21]。分析其原因,HbA1c 水平高表明患者长期处于较为显著的高血糖状态,会导致晚期糖基化终产物大量堆积,加重视网膜血管内皮细胞损伤,破坏血-视网膜屏障,使得视网膜水肿更难消退,同时高血糖还会影响药物在眼内的代谢作用效果,降低抗 VEGF 治疗的敏感性。而病变类型为浆液性视网膜脱离时,往往提示视网膜色素上皮细胞功能受损更为严重,其对液体的吸收能力下降,即使抗 VEGF 治疗抑制了血管渗漏,视网膜下液的吸收过程也会受到阻碍,从而导致治疗反应不佳。这提示我们在临床实践中,对于合并高血糖或病变类型为浆液性视网膜脱离的 DME 患者,需要更加密切地监测血糖水平,积极控制血糖,并结合患者的具体病变情况制定个体化的治疗方案,以提高抗 VEGF 治疗的效果。

综上所述,黄斑区微血管密度与 DME 患者抗 VEGF 治疗反应密切相关,治疗前 SCP 和 DCP 的血管密度可作为预测治疗反应的重要指标,临床可针对性给予预防和治疗措施。但本研究存在一定局限性:(1)样本量相对较小,尤其反应不良组仅 104 眼,且未进行外部验证,可能存在选择偏倚。(2)研究设计为单中心回顾性研究,无法完全排除混杂因素干扰,因果关系推断能力有限;未对不同抗 VEGF 药物类型与血管密度的关系进行分层分析,未来需开展多中心、前瞻性研究,并纳入更多潜在影响因素,如不同抗 VEGF 药物类型、治疗次数等分层分析,进一步验证本研究结论。(3)OCTA 检测的血管密度可能受设备参数、操作者经验等因素影响,需统一检测标准以提高结果的可靠性。(5)本研究未观察长期治疗反应及血管密度的动态变化,后续应延长随访时间,探讨血管密度与预后的长期关联。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突。
作者贡献声明:陈秀峰论文选题与修改,初稿撰写及审阅;余雪飞、辛雅琼文献检索,数据分析。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

[1] Tatsumi T. Current treatments for diabetic macular edema. *Int J Mol Sci*, 2023,24(11):9591.
[2] Singh RP, Tabano D, Kuo BL, et al. How intravitreal anti-vascular endothelial growth factor initial dosing impacts patient outcomes in diabetic macular oedema. *BMC Ophthalmol*, 2024,24(1):552.
[3] 关婧楠, 宗庸央措, 令娟, 等. 抗 VEGF 药物治疗糖尿病性黄斑水肿的系统评价再评价. *中国药房*, 2025,36(8):996-1000.
[4] Yao JJ, Huang WL, Gao LX, et al. Comparative efficacy of anti-vascular endothelial growth factor on diabetic macular edema diagnosed with different patterns of optical coherence tomography: a network meta-analysis. *PLoS One*, 2024,19(6):e0304283.
[5] Braham IZ, Kaouel H, Boukari M, et al. Optical coherence

tomography angiography analysis of microvascular abnormalities and vessel density in treatment-naïve eyes with diabetic macular edema. *BMC Ophthalmol*, 2022,22(1):418.

[6] Zhang CH, Gong B, Huang C, et al. Morphological and functional changes in the macular area in diabetic macular edema after a single intravitreal injection of aflibercept. *Int J Ophthalmol*, 2023, 16(1):88-94.

[7] 王怡璇, 曹永亮, 高萌, 等. 视网膜深层血流密度对康柏西普治疗糖尿病性黄斑水肿预后的影响:基于 OCTA 的评价. *眼科新进展*, 2022,42(4):299-303.

[8] 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). *国际内分泌代谢杂志*, 2021,41(5):482-548.

[9] 中华医学会眼科学会眼底病学组. 我国糖尿病视网膜病变临床诊疗指南 (2014 年). *中华眼科杂志*, 2014,50(11):851-865.

[10] Bressler SB, Odia I, Maguire MG, et al. Factors associated with visual acuity and central subfield thickness changes when treating diabetic macular edema with anti-vascular endothelial growth factor therapy: an exploratory analysis of the protocol T randomized clinical trial. *JAMA Ophthalmol*, 2019,137(4):382-389.

[11] Shi YF, Hu Y, Cui BB, et al. Vascular endothelial growth factor-mediated peritoneal neoangiogenesis in peritoneal dialysis. *Perit Dial Int*, 2022,42(1):25-38.

[12] 赵帅, 苏安乐, 冀璐. 糖尿病视网膜病变患者血清 VEGF、Periostin、FIB、apelin 水平变化及临床意义. *海南医学*, 2022,33(3):321-323.

[13] 王苏涵, 张乐颖, 秦婷婷, 等. VEGF 在糖尿病视网膜病变破坏血-视网膜屏障机制中的研究新进展. *国际眼科杂志*, 2024,24(8):

1260-1265.

[14] 陈沁芸, 张学东. 评估糖尿病黄斑水肿抗血管内皮生长因子药物治疗预后的临床标志物研究进展. *中华眼底病杂志*, 2021,37(4):321-327.

[15] Chen VY, Pottenburgh JA, Chen SE, et al. Plexus-specific retinal capillary blood flow analysis using erythrocyte mediated angiography and optical coherence tomography angiography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2024,65(11):33.

[16] 罗云霞, 徐晓霞, 杨宇. 光学相干断层扫描参数在视网膜静脉阻塞伴黄斑水肿患者微血管结构评估及抗血管内皮生长因子治疗中的应用. *海南医学*, 2025,36(6):800-803.

[17] Wu J, Zhang JF. Neovascular remodeling and subretinal fibrosis as biomarkers for predicting incomplete response to anti-VEGF therapy in neovascular age-related macular degeneration. *Front Biosci (Landmark Ed)*, 2022,27(4):135.

[18] Nam KY, Lee MW, Lee KH, et al. Superficial capillary plexus vessel density/deep capillary plexus vessel density ratio in healthy eyes. *BMC Ophthalmol*, 2022,22(1):482.

[19] 生侠, 周梦文, 贺靖凯, 等. 深浅层血管密度变化和视网膜高反射点评估糖网黄斑水肿治疗反应的效果. *实用医学杂志*, 2025,41(4):575-579.

[20] 冯希敏, 张凤妍, 祁颖, 等. 重度非增生型糖尿病视网膜病变患者经抗 VEGF 联合全视网膜激光光凝术治疗后黄斑水肿转归与术前糖化血红蛋白水平的关系. *眼科新进展*, 2022,42(9):709-713.

[21] 田涛, 姚晓喜, 彭婧利, 等. 不同抗 VEGF 药物治疗糖尿病性黄斑水肿的疗效及其与 OCT 分型的关系. *国际眼科杂志*, 2023,23(6):991-995.