

# 人工智能在靶向视网膜光凝治疗糖尿病视网膜病变中的应用

赵敏

包头昆仑朝聚眼科医院 内蒙古自治区包头

**【摘要】目的** 分析靶向视网膜光凝 (TRP) 治疗糖尿病视网膜病变 (DR) 中采取人工智能 (AI) 的效果。**方法** 选取 DR 患者 120 例, 随机分为观察组 (TRP) 和对照组 (AI TRP) 各 60 例, 对比效果。**结果** 观察组血液流变学指标、眼部功能状态优于对照组, 症状改善时间、角膜水肿发生率、眼部疼痛发生率低于对照组 ( $P < 0.05$ ), 两组高眼压发生率、新生血管增生发生率、前房炎症发生率相近 ( $P > 0.05$ )。**结论** AI 在 TRP 治疗 DR 中应用效果良好。

**【关键词】** 糖尿病视网膜病变; 血液流变学指标; 靶向视网膜光凝; 生活质量; 人工智能; 并发症; 眼部功能

**【收稿日期】** 2026 年 1 月 10 日

**【出刊日期】** 2026 年 2 月 9 日

**【DOI】** 10.12208/j.ijcr.20260097

## The application of artificial intelligence in targeted retinal photocoagulation therapy for diabetic retinopathy

Min Zhao

Baotou Kunlun Chaoju Eye Hospital, Baotou, Inner Mongolia

**【Abstract】 Objective** To analyze the effect of artificial intelligence (AI) in the treatment of diabetic retinopathy (DR) with targeted retinal photocoagulation (TRP). **Methods** 120 DR patients were selected and randomly divided into an observation group (TRP) and a control group (AI TRP), with 60 patients in each group, to compare the effects. **Results** The observation group had better blood rheology indicators and eye function status than the control group. The time for symptom improvement, incidence of corneal edema, and incidence of eye pain were lower than those of the control group ( $P < 0.05$ ). The incidence of high intraocular pressure, neovascularization, and anterior chamber inflammation were similar between the two groups ( $P > 0.05$ ). **Conclusion** AI has shown good efficacy in the treatment of DR with TRP.

**【Keywords】** Diabetes retinopathy; Hemorheological indicators; Targeted retinal photocoagulation; Quality of life; Artificial intelligence; Complication; Eye function

对于糖尿病患者来讲, 糖尿病视网膜病变 (DR) 属于严重的微血管并发症, 是导致成年人失明的主要原因之一<sup>[1]</sup>。传统的靶向视网膜光凝治疗依赖于医生的临床经验和手动操作, 存在光斑定位精度不足、治疗参数个性化程度低、操作时间长等局限性, 难以满足复杂病变的精准治疗需求<sup>[2]</sup>。近年来, 人工智能 (AI) 技术凭借强大的图像识别、数据分析和深度学习能力, 在医疗领域展现出巨大潜力。在 DR 治疗中, AI 可通过对眼底图像的快速分析, 精准识别病变区域; 结合患者个体特征, 智能规划最优光凝参数和治疗方案, 实现“因人而异”的个性化治疗<sup>[3]</sup>。同时, AI 辅助系统能够实时监测治疗过程, 动态调整光凝策略, 提高治疗安全性和有效性。本文将探讨 AI 在 TRP 治疗 DR 中的应用效果, 如下。

### 1 资料和方法

#### 1.1 一般资料

2022 年 3 月至 2025 年 9 月, 120 例 DR 患者, 随机分为观察组 60 例, 男 35 例, 女 25 例, 平均年龄 ( $42.46 \pm 5.29$ ) 岁, 糖尿病平均病程 ( $9.11 \pm 1.18$ ) 年; 对照组 60 例, 男 36 例, 女 24 例, 平均年龄 ( $43.35 \pm 4.38$ ) 岁, 糖尿病平均病程 ( $9.22 \pm 1.33$ ) 年。两组资料对比 ( $P > 0.05$ )。

#### 1.2 方法

全部患者均采用如下干预: 治疗开始, 将患者各项检测数据录入标准化代谢性疾病管理中心系统, 由糖尿病及眼科领域专家共同制定个性化的降脂、降压、降糖及靶器官保护治疗方案, 通过饮食干预、药物治疗等措施对患者进行系统监测与管理。同时, 运用 AI 采集患者光学相干断层扫描及眼底彩色图像数据。康柏西普注射治疗的具体操作为: 先行眼表消毒, 以盐酸丁卡

因滴眼液(山东博士伦福瑞达制药有限公司, 国药准字 H37022894)进行局部麻醉, 随后使用 5%聚维酮碘(上海禾丰制药有限公司, 国药准字 H31021302)对结膜囊消毒并以生理盐水冲洗。抽取 0.05mL 康柏西普(信达生物制药(苏州)有限公司, 国药准字 S20190022)于颞上象限距巩膜 3.5-4.0mm 处穿刺注入玻璃体腔, 注射后轻压眼球 1-2min, 结膜囊涂抹妥布霉素地塞米松眼膏(沈阳兴齐眼药股份有限公司, 国药准字 H20203407)并包扎, 术后连续 3d 使用左氧氟沙星滴眼液(第一三共制药(中国)有限公司, 国药准字 H20153171)滴眼, 4 次/d, 1 周后根据病情评估是否进行光凝治疗。

对照组: PRP 治疗。完成麻醉消毒后, 借助 Spectra532 倍频眼科激光治疗仪评估黄斑水肿程度, 先对黄斑区进行格栅样光凝, 治疗参数设定为波长、能量、曝光时间分别为 532nm、120-200mW、0.1-0.2s。随后进行 PRP 治疗, 治疗范围涵盖颞上、颞下血管弓至锯齿缘及视盘周边区域, 采用波长、光斑直径、曝光时间、功率分别为 532nm、200-300 $\mu$ m、0.2-0.3s、200mW, 以 III 级浓白色光凝反应为标准, 对积血遮挡区域优先治疗, 根据玻璃体体积血吸收情况分 3-4 次完成 600-750 个光凝点, 间隔 1 周治疗 1 次, 总计完成 1200-1500 个激光点。

观察组: AI TRP 治疗。术前将眼底自身荧光(FAF)图像与德国 Navails 靶向导航激光系统获取的彩色眼底像进行融合, 在荧光素血管造影引导下精准划定视盘及黄斑保护区域, 识别无灌注区(NPA), 对 NPA 及其外围 0.5-1 个视盘直径范围实施 TRP 治疗。激光参数设置为: 光斑直径 200 $\mu$ m、间距 1.5 倍光斑直径、能量 250mW、曝光时间 20ms, 单次完成 1500 次曝光。两组患者均接受为期 1 个月的随访观察。

### 1.3 观察指标

血液流变学指标(收缩期峰值流速、血流阻力指数等)、眼部功能状态指标(屈光状态、眼轴长度等)<sup>[4]</sup>、症状改善时间(视网膜水肿、渗出等)、并发症(高血压、眼部疼痛等)。

### 1.4 统计学处理

SPSS23.0 分析数据, 计数、计量(%), ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 行  $\chi^2$ 、t 检验,  $P < 0.05$  统计学成立。

## 2 结果

### 2.1 血液流变学指标

治疗后, 组间比较 ( $P < 0.05$ ), 见表 1。

### 2.2 眼部功能状态指标

治疗后, 组间比较 ( $P < 0.05$ ), 见表 2。

### 2.3 症状改善时间

组间比较 ( $P < 0.05$ ), 见表 3。

表 1 血液流变学指标 ( $\bar{x} \pm s$ )

指标	时间	观察组 (n=60)	对照组 (n=60)	t	P
血流阻力指数 (%)	治疗前	0.71 $\pm$ 0.01	0.73 $\pm$ 0.01	1.231	>0.05
	治疗后	0.58 $\pm$ 0.01	0.64 $\pm$ 0.02	4.425	<0.05
舒张末期流速 (cm/s)	治疗前	2.59 $\pm$ 0.44	2.61 $\pm$ 0.23	0.341	>0.05
	治疗后	4.41 $\pm$ 0.55	3.21 $\pm$ 0.43	6.733	<0.05
收缩期峰值流速 (cm/s)	治疗前	7.26 $\pm$ 0.55	7.35 $\pm$ 0.65	0.245	>0.05
	治疗后	11.41 $\pm$ 0.63	9.80 $\pm$ 0.11	3.251	<0.05

表 2 眼部功能状态指标 ( $\bar{x} \pm s$ )

指标	时间	观察组 (n=60)	对照组 (n=60)	t	P
黄斑中心凹视网膜厚度 ( $\mu$ m)	治疗前	428.92 $\pm$ 50.16	427.83 $\pm$ 50.63	0.082	>0.05
	治疗后	190.73 $\pm$ 33.26	269.77 $\pm$ 35.69	8.873	<0.05
最佳矫正视力	治疗前	0.43 $\pm$ 0.06	0.40 $\pm$ 0.08	1.440	>0.05
	治疗后	0.74 $\pm$ 0.13	0.60 $\pm$ 0.21	2.521	<0.05
屈光状态 (D)	治疗前	-0.55 $\pm$ 0.17	-0.58 $\pm$ 0.14	0.767	>0.05
	治疗后	-1.32 $\pm$ 0.13	-0.90 $\pm$ 0.09	14.646	<0.05
眼轴长度 (mm)	治疗前	24.20 $\pm$ 2.66	23.72 $\pm$ 3.23	0.687	>0.05
	治疗后	26.67 $\pm$ 1.25	25.70 $\pm$ 1.41	3.065	<0.05

表 3 症状改善时间 ( $\bar{x} \pm s, d$ )

指标	观察组 (n=60)	对照组 (n=60)	t	P
视网膜水肿改善	28.55 ± 4.12	34.31 ± 6.28	4.191	<0.05
渗出吸收	66.11 ± 8.01	72.42 ± 10.88	2.554	<0.05
眼底出血吸收	14.44 ± 2.55	21.00 ± 3.97	7.591	<0.05

#### 2.4 并发症发生情况

观察组：高眼压 1 例 (1.67%)、角膜水肿 1 例 (1.67%)、眼部疼痛 1 例 (1.67%)、新生血管增生 1 例 (1.67%)、前房炎症 2 例 (3.33%)；对照组：3 例 (5.00%)、8 例 (13.33%)、8 例 (13.33%)、2 例 (3.33%)、4 例 (6.67%)。两组高眼压、新生血管增生、前房炎症发生率组间比较 ( $P>0.05$ )；角膜水肿及眼部疼痛发生率组间比较 ( $P<0.05$ )。

#### 3 讨论

DR 是全球主要致盲眼病之一，尤其威胁中老年人群的视觉健康<sup>[5]</sup>。随着病程进展，若未及时干预，患者将面临不可逆的失明风险。AI 的发展虽革新了疾病诊断模式，但治疗仍需结合传统手段与创新技术。传统 PRP 虽为治疗严重 DR 的常用方法，却因激光覆盖局限、难以抑制新生血管，且易引发疼痛、黄斑水肿等并发症，限制其临床效果<sup>[6]</sup>。TRP 依托具备视网膜跟踪功能的新型激光系统，可实现超广角眼底成像，精准定位 NPA，为更安全、有效的手术干预提供技术支持，成为 DR 治疗领域的新方向<sup>[7]</sup>。

本研究结果说明 AI TRP 治疗 DR 效果显著，分析原因：(1) 血液流变学指标。AI 技术融合 FAF 图像、彩色眼底像及荧光素血管造影数据，精准识别 NPA 边界并规划激光治疗区域<sup>[8]</sup>。与传统光凝相比，AI 辅助的 TRP 治疗避免过度或不足干预，减少正常视网膜损伤与炎症反应，维护血管内皮完整性<sup>[9]</sup>。同时，通过精准设定激光参数，有效封闭异常血管，改善视网膜缺血状态，缓解血管痉挛，提升血流速度，降低阻力指数，显著优化视网膜微循环。(2) 眼部功能状态<sup>[10]</sup>。AI 系统基于患者个体病变特征，治疗前精准划定视盘及黄斑保护区域，规避对黄斑中心凹等关键结构的损伤，显著降低治疗后黄斑水肿风险，维持黄斑结构完整性，稳定或提升黄斑中心凹视网膜厚度。同时，AI 整合屈光状态、眼轴长度等数据，动态优化激光参数与治疗方案，避免医源性损伤，全方位保障眼部功能稳定<sup>[11]</sup>。(3) 生活质量及症状改善。AI 通过实时解析眼底图像精准锁定出血、渗出及水肿区域，为 TRP 治疗明确靶向<sup>[12]</sup>。在此引导下，TRP 可精准作用于病变血管，加速异常

血管闭合，促进病灶吸收消退<sup>[13]</sup>。同时，AI 智能调控激光参数，减轻治疗引发的炎症反应，降低血管通透性，显著缩短视网膜水肿改善时间<sup>[14]</sup>。患者视觉功能恢复更快，有效减少视力障碍导致的生活困扰，缓解心理压力，提升社交与工作参与度。此外，AI TRP 单次治疗模式减少就医频次与经济成本，全面优化患者生活质量与就医体验<sup>[15]</sup>。(4) 并发症。本研究显示，TRP 治疗组角膜水肿、眼部疼痛发生率显著低于对照组，证实其安全性优势。相较于分阶段、激光斑数多的 PRP 治疗，TRP 以较少的激光斑一次性完成，结合靶向导航系统精准定位缺血区，减少正常视网膜损伤，降低并发症风险<sup>[16]</sup>。但因样本量及个体差异，TRP 长期安全性仍需多中心研究进一步验证。

综上所述，AI 联合 TRP 治疗 DR 在优化视网膜血液流变学、保护眼部功能、加速症状改善等方面发挥协同作用，为 DR 患者提供更安全、高效的治疗策略。

#### 参考文献

- [1] 汤雪娥,杨志浩,邹艳兰,彭小凡,袁远平,谢东文.人工智能在靶向视网膜光凝治疗糖尿病视网膜病变中的应用[J].中国医学创新,2024,21(12):96-100.
- [2] 胡艳华,张茉莉,魏文斌,焦剑.复方樟柳碱联合激光光凝对糖尿病视网膜病变的疗效及血液流变学观察[J].国际眼科杂志,2025,25(1):148-151.
- [3] 仵葱,李素华,路俊霞.微脉冲激光光凝联合玻璃体视网膜手术及雷珠单抗治疗增殖期糖尿病性视网膜病变患者的效果观察[J].临床医学工程,2025,32(1):93-96.
- [4] 吴静,张迁.止血散瘀明目汤联合全视网膜激光光凝对糖尿病视网膜病变患者视力、黄斑厚度及血清脂联素水平的影响[J].广州中医药大学学报,2024,41(5):1207-1212.
- [5] 汤畴旺,张采华,郑上椿.抗 VEGF 药物联合全视网膜激光治疗糖尿病视网膜病变的效果和预后分析[J].中国卫生标准管理,2024,15(12):141-144.
- [6] 邱新文,周爱云,周益龙,任旋,兰丽霞,叶波.阈下值微脉冲全视网膜激光联合阿柏西普治疗增殖性糖尿病视网膜病变[J].江西医药,2024,59(3):292-296.

- [7] 杨菲.责任制护理在激光光凝治疗糖尿病视网膜病变中的应用及对患者黄斑水肿吸收与新生血管消退的影响[J].首都食品与医药,2024(1):128-131.
- [8] 练海东,万慧娟,章磊,袁婷,赵新荣.577 nm 激光光凝联合雷珠单抗促进糖尿病视网膜病变伴黄斑水肿患者视力恢复的效果观察[J].反射疗法与康复医学,2024,5(15):30-3248.
- [9] 张云霞,秦岭,舒智宇.新型全视网膜激光光凝治疗对增生型糖尿病视网膜病变患者视网膜前膜相关因子的影响[J].河北医药,2024,46(3):435-438.
- [10] 安鑫,焦剑,魏文斌,张茉莉.复方樟柳碱联合视网膜激光光凝治疗重度非增殖性糖尿病视网膜病变[J].国际眼科杂志,2024,24(5):790-794.
- [11] 郁美霞,张成霞,董有慧,徐凯.不同药物联合黄斑区激光光凝对老年糖尿病视网膜病变后黄斑水肿的影响[J].国际医药卫生导报,2024,30(21):3569-3574.
- [12] 梁娜,张婉泽,李云飞,贾舒雅,李丽.玻璃体腔注药结合视网膜激光光凝对糖尿病视网膜病变患者最佳矫正视力及视网膜血流动力学的影响[J].河北医药,2024,46(15):2300-23032307.
- [13] 郭小静,王亚妮.抗血管内皮生长因子玻璃体腔注射在糖尿病性视网膜病变激光光凝治疗中的应用效果[J].临床医学研究与实践,2024,9(2):50-53.
- [14] 蒋磊,孙丽娟.玻璃体注射阿柏西普与玻璃体切除术联合全视网膜光凝治疗增殖性糖尿病视网膜病变玻璃体出血患者疗效比较[J].中医眼耳鼻喉杂志,2023,13(1):22-2553.
- [15] 毛羽,侯思梦,肖媛媛,纪哲文.雷珠单抗联合全视网膜光凝治疗增殖期糖尿病性视网膜病变的疗效观察[J].中国临床医生杂志,2023,51(4):499-502.
- [16] 曾令娟,秦维灿,唐德友.超广角荧光素眼底血管造影检查在识别糖尿病视网膜病变新生血管及黄斑水肿中的应用[J].临床眼科杂志,2023,31(6):508-513.

**版权声明:** ©2026 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**