

【DOI】 10.3969 / j.issn.1671-6450.2026.03.004

糖尿病专题

不同范围激光光凝术治疗增殖期糖尿病性视网膜病变的疗效观察

张丽丽 姚月菊 冯正国 刘杰 张敏

基金项目: 安徽省卫生健康科研项目(AHWJ2023A20568)

作者单位: 233000 安徽蚌埠 蚌埠市第三人民医院眼科

通信作者: 张丽丽, E-mail: zhang18096527272@163.com



【摘要】 目的 比较全视网膜、象限、缺血区视网膜激光光凝术在增殖期糖尿病性视网膜病变(PDR)治疗中的疗效。方法 回顾性选取2021年11月—2025年4月蚌埠市第三人民医院眼科收治的PDR患者88例,根据激光光凝术治疗范围分为全视网膜激光光凝术(PRP)组($n=28$)、象限组($n=30$)、缺血区靶向组($n=30$)。分别于术前及术后1个月,采用国际标准视力表检测最佳矫正视力(BCVA);采用光学相干断层扫描(OCT)测量黄斑中心凹厚度(CMT)与黄斑中心凹无血管区(FAZ)面积;同时测量视盘周围下方、鼻侧、上方、颞侧4个象限的视网膜神经纤维层(RNFL)厚度。记录并比较各组术后并发症发生率。结果 术后1个月,3组BCVA(LogMAR)均较术前改善($t=10.552, 10.232, 8.822$, P 均 <0.001),且3组间BCVA(LogMAR)差异具有统计学意义($F=11.825$, $P<0.001$),两两比较显示象限组LogMAR值最低(视力最佳),其次为PRP组,缺血区靶向组最高(P 均 <0.05)。术后3组CMT均较术前降低($t=12.745, 15.551, 8.972$, P 均 <0.001),且3组间CMT差异具有统计学意义($F=26.019$, $P<0.001$),两两比较显示象限组 $<$ PRP组 $<$ 缺血区靶向组(P 均 <0.05);而3组激光术前术后FAZ面积比较差异无统计学意义($P>0.05$)。术后3组下方、鼻侧、上方、颞侧象限RNFL均较术前降低,且象限组 $<$ PRP组 $<$ 缺血区靶向组($P<0.05$)。象限组(3.33%)、缺血区靶向组(6.67%)并发症率均低于PRP组(28.57%) ($\chi^2=9.850$, $P=0.007$)。结论 象限视网膜激光光凝术更有利于提高PDR患者的视力水平,降低CMT及各象限RNFL厚度,且并发症风险较低,安全可靠。

【关键词】 增殖期糖尿病性视网膜病变;全视网膜激光光凝术;象限视网膜激光光凝术;缺血区视网膜激光光凝术;视力水平;疗效

【中图分类号】 R587.2; R774.1

【文献标识码】 A

Observations on the efficacy of laser photocoagulation with different treatment areas for proliferative diabetic retinopathy Zhang Lili, Yao Yueju, Feng Zhengguo, Liu Jie, Zhang Min. Third People's Hospital of Bengbu City, Anhui, Bengbu 233000, China

Funding program: Anhui Health Research Project (AHWJ2023A20568)

Corresponding author: Zhang Lili, E-mail: zhang18096527272@163.com

【Abstract】 Objective To compare the efficacy of pan-retinal, sectoral, and ischemic area-targeted laser photocoagulation in the treatment of proliferative diabetic retinopathy (PDR). **Methods** A prospective cohort study was conducted, enrolling 88 PDR patients admitted to the Department of Ophthalmology, Bengbu Third People's Hospital from November 2021 to April 2025. According to the laser photocoagulation treatment area, patients were divided into the pan-retinal photocoagulation (PRP) group ($n=28$), the sectoral group ($n=30$), and the ischemic area-targeted group ($n=30$). Best corrected visual acuity (BCVA) was measured using the international standard visual acuity chart; central macular thickness (CMT) and foveal avascular zone (FAZ) area were measured by optical coherence tomography (OCT), and retinal nerve fiber layer (RNFL) thickness in the inferior, nasal, superior, and temporal quadrants around the optic disc was also measured. All measurements were taken preoperatively and 1 month postoperatively. The incidence of postoperative complications was recorded and compared among the groups. **Results** At 1 month postoperatively, BCVA (LogMAR) improved significantly in all three groups compared to preoperative levels ($t=10.552, 10.232, \text{ and } 8.822$, respectively; all $P<0.05$). A significant difference in BCVA (LogMAR) was observed among the three groups ($F=11.825, P<0.05$). Pairwise comparisons revealed that the sectoral group achieved the lowest LogMAR values (indicating the best visual acuity), followed by the PRP group, while the ischemic area-

targeted group showed the highest values (all $P < 0.05$). Postoperative CMT decreased in all three groups compared to preoperative levels ($t = 12.745, 15.551, 8.972$, all $P < 0.05$), with a statistically significant difference in CMT among the three groups ($F = 26.019, P < 0.001$). Pairwise comparisons showed the order of reduction was: sectoral group $<$ PRP group $<$ ischemic area-targeted group (all $P < 0.05$). In contrast, no significant differences were found in FAZ area before and after laser treatment in any group (all $P > 0.05$). After surgery, RNFL thickness in the inferior, nasal, superior, and temporal quadrants decreased in all three groups compared to preoperative levels, with the order of reduction being: sectoral group $<$ PRP group $<$ ischemic area-targeted group (all $P < 0.05$). The complication rates in the sectoral group (3.33%) and ischemic area-targeted group (6.67%) were significantly lower than that in the PRP group (28.57%) ($\chi^2 = 9.850, P = 0.007$). **Conclusion** Sectoral retinal laser photocoagulation is more conducive to improving visual acuity, reducing central macular thickness and retinal nerve fiber layer thickness in all quadrants in PDR patients, and is associated with a lower risk of complications, demonstrating safety and reliability.

【Key words】 Proliferative diabetic retinopathy; Pan-retinal photocoagulation; Sectoral retinal photocoagulation; Ischemic area-targeted retinal photocoagulation; Visual acuity; Therapeutic effect

增殖期糖尿病性视网膜病变 (proliferative diabetic retinopathy, PDR) 是糖尿病视网膜病变的晚期阶段, 表现为视网膜因长期缺血缺氧而异常增生新生血管, 这些血管脆弱易破, 可能导致玻璃体积血、纤维组织增生, 甚至牵拉性视网膜脱离, 最终引发不可逆视力丧失, 未及时治疗者, 5 年内失明风险达 50%^[1-2]。目前, 临床上针对 PDR 主要予以基础疾病控制、抗血管内皮生长因子 (vascular endothelial growth factor, VEGF) 治疗、视网膜激光光凝术、玻璃体切除术治疗, 其中激光光凝术是 PDR 防控的基石, 重在“防”, 手术则是晚期并发症的主要手段, 重在“治”, 因而形成了控糖降压为基础, 激光光凝术为核心, 抗 VEGF 和手术为补充的方案^[3-4]。激光光凝术作为一线治疗, 其核心在于通过破坏缺氧的周边视网膜, 减少 VEGF 分泌, 从而抑制新生血管形成, 控制疾病进展, 降低严重视力损伤, 然而, 传统的全视网膜激光光凝术 (pan-retinal photocoagulation, PRP) “一刀切”模式缺乏个体化, 大面积光凝可能导致视野缺损、黄斑水肿加重等并发症^[5-7]。近年来, 象限视网膜激光光凝术、缺血区视网膜激光光凝术试图通过缩小治疗范围实现精准干预^[8-9], 但其是否会在确保疗效的同时降低并发症尚未可知, 且现有研究多局限于单一术式的短期效果比较, 三者如何选择尚无明确定论。本研究比较上述 3 种方案对 PDR 的疗效, 以为临床激光光凝术的治疗方案决策提供依据, 报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料 回顾性选取 2021 年 11 月—2025 年 4 月蚌埠市第三人民医院眼科收治的 PDR 患者 88 例, 根据激光光凝术治疗范围分为 PRP 组 ($n = 28$)、象限组 ($n = 30$)、缺血区靶向组 ($n = 30$)。PRP 组 28 例 56 只患眼, 男 14 例, 女 14 例; 年龄 33~74 (57.59 \pm 10.49) 岁; 糖尿病病程 5~15 (9.57 \pm 1.02) 年; PDR 分

期: IV 期 19 例, V 期 9 例。象限组 30 例 60 只患眼, 男 15 例, 女 15 例; 年龄 24~82 (58.23 \pm 10.72) 岁; 糖尿病病程 5~15 (9.64 \pm 1.08) 年; PDR 分期: IV 期 19 例, V 期 11 例。缺血区靶向组 30 例 60 只患眼, 男 14 例, 女 16 例; 年龄 31~77 (57.65 \pm 10.58) 岁; 糖尿病病程 5~15 (9.68 \pm 1.06) 年; PDR 分期: IV 期 18 例, V 期 12 例。3 组性别、年龄、糖尿病病程、PDR 分期等临床资料比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 具有可比性。本研究经蚌埠市第三人民医院医学伦理委员会审批 ([2025]第 k57 号), 全部患者和/或家属均知情同意并签署知情同意书。

1.2 病例选择标准 (1) 纳入标准: 确诊为 1 型或 2 型糖尿病^[10], 病程 ≥ 5 年; 满足《我国糖尿病视网膜病变临床诊疗指南 (2022 年)》^[11] 中 PDR 相关标准, 分期为 IV 期 (增生早期) 和 V 期 (纤维增生期), 经眼底检查、荧光素血管造影 (fundus fluorescein angiography, FFA) 确诊; 血糖控制相对稳定, 空腹血糖 6~7 mmol/L, 餐后 2 h 血糖控制在 12 mmol/L, 以减少血糖波动对结果的干扰; 年龄 ≥ 18 岁; 双眼患病, 且患眼最佳矫正视力 (best corrected visual acuity, BCVA) ≥ 0.1 (或 LogMAR ≤ 1.0)。(2) 排除标准: VI 期 (增生晚期) 及视力丧失者; 存在其他致盲性眼病如青光眼、黄斑水肿、视网膜脱离、严重白内障或玻璃体积血影响激光治疗; 既往接受过视网膜激光光凝术、抗 VEGF 治疗或玻璃体切割术; 合并严重心脑血管疾病、恶性肿瘤; 合并活动性眼部感染; 由其他病因诱发的视网膜病变; 妊娠或哺乳期女性; 既往有眼外伤或眼部手术史。

1.3 治疗方法 3 组患者均给予科学控制血糖、血压、血脂等全身系统的慢病管理, 眼部局部治疗予以抗 VEGF 药物和激光光凝术, 仪器为法国光太 Vitra 型眼底激光治疗仪 (购自法国光太医疗公司), 波长包括

532 nm(绿光)和 650 nm(红光)。

1.3.1 PRP 组:术前 3 d 给予左氧氟沙星滴眼液(4 次/d)预防感染;术前 30 min 给予复方托吡卡胺滴眼液散瞳(瞳孔直径达到 8 mm)。引导患者取坐位,使用盐酸奥布卡因滴眼液表面麻醉。麻醉完毕后,将下颌放在激光仪器底座上,尽量使额头紧贴在额托上。波长选择 532 nm,对于视网膜出血较多或水肿较重区域采用 650 nm。光斑直径参数 200~500 μm,曝光时间参数 0.2~0.3 s,能量参数 200~350 mW,光凝点数每只眼 900~1 200 点,分 3~4 次完成,每次治疗间隔 1 周。治疗范围从视盘外 1 视盘直径(PD)开始,覆盖整个视网膜周边部,避开黄斑中心凹区域。光凝顺序为下方、鼻侧、上方、颞侧。术后使用妥布霉素地塞米松眼膏涂抹结膜囊内,包眼。给予左氧氟沙星滴眼液,4 次/d,连续使用 1 周。

1.3.2 象限组:术前准备、麻醉、体位、术后处理同 PRP 组,激光光凝沿血管走行,仅对出现无灌注区及新生血管的象限进行治疗。按照下方、鼻侧、上方、颞侧顺序完成每个象限激光光凝,象限的具体光凝范围根据眼底 FFA 结果确定,确保覆盖所有病变区域。每次治疗间隔 1 周,分 3~4 次完成。

1.3.3 缺血区靶向组:术前准备、麻醉、体位、术后处理同 PRP 组,根据 FFA 结果,对视网膜缺血区及新生血管周围超过 1PD 范围进行激光光凝。光凝时注意避开黄斑中心凹区域,确保光凝斑之间间隔 1 个光斑直径。每次治疗间隔 1 周,分 3~4 次完成。

1.4 观测指标与方法 所有观察指标均由 2 名不知晓患者分组情况的经验丰富的眼科医师独立进行测量与评估。

1.4.1 视力指标检测:全部患者于术前及术后 1 个月,在标准照明条件下,采用国际标准视力表检测 BCVA,检测距离为 5 m,记录患者最佳矫正下的视力值,并统一转换为 LogMAR 值以利于统计分析[换算关系:LogMAR = -log(小数视力)]。

1.4.2 黄斑区相关参数检测:全部患者于术前及术后 1 个月,采用光学相干断层扫描技术(optical coherence tomography, OCT)测量激光黄斑中心凹厚度(central macular thickness, CMT)及黄斑中心凹无血管区(foveal avascular zone, FAZ)面积。

1.4.3 视网膜神经纤维层各象限厚度检测:全部患者于术前及术后 1 个月,以视盘为中心,采用 OCT 测量下方、鼻侧、上方、颞侧 4 个象限视盘周围的视网膜神经纤维层(retinal nerve fiber layer, RNFL)厚度。

1.4.4 激光术后并发症风险记录:于术后第 1 周、第 1

个月及第 3 个月门诊随访时通过症状询问、专科检查及辅助检查等方式监测并记录,包括暂时性视力下降、视野缺损、黄斑水肿加重、夜盲、玻璃体出血、新生血管复发等。

1.5 统计学方法 采用 SPSS 25.0 软件进行统计学处理。计数资料以频数或构成比(%)表示,比较采用 χ^2 检验;符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,3 组间比较行 F 检验,进一步两两比较采用 LSD- t 检验,组内比较采用配对 t 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 3 组 PDR 患者视力指标比较 术后 1 个月,3 组患者的 BCVA 均较术前显著改善($P < 0.01$),且 3 组间 BCVA 比较,差异有统计学意义($P < 0.01$);进一步分析,象限组 BCVA 最佳,其次为 PRP 组,缺血区靶向组相对最差,3 组间两两比较差异均有统计学意义($P < 0.05$),见表 1。

表 1 3 组 PDR 患者术前与术后 1 个月 BCVA 比较 ($\bar{x} \pm s$, LogMAR)

Tab.1 Comparison of the best corrected visual acuity of three groups of PDR patients before surgery and one month after surgery

组别	眼数	术前	术后 1 个月	t/P 值
PRP 组	56	0.72±0.14	0.46±0.12	10.552/ <0.001
象限组	60	0.70±0.19	0.41±0.11 ^a	10.232/ <0.001
缺血区靶向组	60	0.73±0.12	0.52±0.14 ^{ab}	8.822/ <0.001
F 值		0.596	11.825	
P 值		0.552	<0.001	

注:与 PRP 组比较,^a $P < 0.05$;与象限组比较,^b $P < 0.05$ 。

2.2 3 组 PDR 患者黄斑区相关参数比较 术后 1 个月,3 组 CMT 均较术前显著降低($P < 0.01$),且 3 组间 CMT 值比较差异具有统计学意义($P < 0.01$);进一步分析,象限组的 CMT 值最低,PRP 组次之,缺血区靶向组最高,3 组间两两比较差异均具有统计学意义($P < 0.05$)。而 3 组患者手术前后组间、组内 FAZ 面积比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 2。

2.3 3 组 PDR 患者视网膜神经纤维层各象限厚度比较 术后 1 个月,3 组患者下方、鼻侧、上方、颞侧象限 RNFL 厚度均较术前降低($P < 0.01$),且 3 组间所有 4 个象限 RNFL 厚度比较差异均具有统计学意义($P < 0.01$);进一步分析,象限组的所有 4 个象限 RNFL 厚度均为最薄,PRP 组次之,缺血区靶向组最厚,且 3 组间两两比较,差异均具有统计学意义($P < 0.05$),见表 3。

2.4 3 组 PDR 患者激光术后并发症风险比较 随访发现 象限组、缺血区靶向组、PRP 组并发症发生率依次升高,分别为 3.33%、6.67%、28.57% 3 组间比较差异有统计学意义($\chi^2=9.850 P=0.007$) ,见表 4。

3 讨论

全球流行病学调查显示 ,PDR 患病率为 6.46% ,随着糖尿病患病率上升 ,我国 PDR 患者逐年增加 ,成为工作年龄人群致盲主因之一^[12-15]。PDR 的核心机制是慢性高血糖驱动的代谢紊乱、视网膜微血管损伤及缺血缺氧 ,通过 VEGF 等因子介导的病理性新生血管形成和纤维增生 ,最终导致视网膜结构破坏和功能丧失^[16]。针对这些机制 ,血糖控制、抗 VEGF 治疗、激光光凝成为当前主要治疗策略。抗 VEGF 治疗为基础治疗方案 ,可辅助激光光凝术 ,快速抑制新生血管生长

和渗漏 ,减少对视网膜进一步损害 ,从而快速改善或稳定视力。激光光凝术是 PDR 的一线治疗手段 ,其核心机制是通过激光的热效应作用于视网膜 ,改善视网膜缺血缺氧状态并抑制新生血管的异常增生 ,其中 PRP 为 PDR 的标准疗法 ,治疗范围包括中周部至周边视网膜 ,覆盖广泛 ,可减少整体的缺血区域 ,有效抑制全视网膜新生血管形成 ,显著降低玻璃体出血和牵引性视网膜脱离风险 ,但对视网膜的损伤较大 ,会过度破坏健康视网膜 ,可能导致周边视野缺损、夜间视力下降(夜盲)、黄斑水肿加重等并发症风险^[17]。

象限视网膜激光光凝术仅针对病变集中的象限治疗 ,精准性提高 ,可以减少对健康组织的损伤 ,保留更多视功能 ,创伤小、恢复快、术后并发症风险低^[18]。缺血区视网膜激光光凝术仅针对 FFA 明确的缺血区域 ,

表 2 3 组 PDR 患者术前与术后 1 个月黄斑区相关参数比较 ($\bar{x}\pm s$)

Tab.2 Comparison of macular-related parameters before surgery and one month after surgery in three groups of PDR patients

组 别	眼数	CMT(μm)		<i>t</i> / <i>P</i> 值	FAZ 面积(mm^2)		<i>t</i> / <i>P</i> 值
		术前	术后 1 个月		术前	术后 1 个月	
PRP 组	56	326.67±46.75	227.43±34.78	12.745/<0.001	0.49±0.13	0.46±0.09	1.420/0.159
象限组	60	322.56±44.34	214.32±30.67 ^a	15.551/<0.001	0.50±0.11	0.48±0.05	1.282/0.202
缺血区靶向组	60	321.78±49.29	255.21±29.56 ^{ab}	8.972/<0.001	0.48±0.14	0.47±0.07	0.495/0.622
<i>F</i> 值		0.180	26.019		0.371	1.137	
<i>P</i> 值		0.835	<0.001		0.691	0.323	

注:与 PRP 组比较 ,^a*P*<0.05;与象限组比较 ,^b*P*<0.05。

表 3 3 组 PDR 患者术前与术后 1 个月视网膜神经纤维层各象限厚度比较 ($\bar{x}\pm s \mu\text{m}$)

Tab.3 Comparison of retinal nerve fiber layer thickness in each quadrant before surgery and one month after surgery in three groups of PDR patients

组 别	时间	下方	鼻侧	上方	颞侧
PRP 组 (<i>n</i> =56)	术前	120.56±15.89	74.76±16.78	125.43±17.89	74.34±8.90
	术后 1 个月	106.43±13.78	62.21±11.67	107.23±12.54	62.19±13.65
象限组 (<i>n</i> =60)	术前	123.78±11.94	76.87±15.89	128.54±20.90	76.45±9.01
	术后 1 个月	102.54±10.43 ^a	59.32±10.78 ^a	101.43±11.89 ^a	59.16±13.76 ^a
缺血区靶向组 (<i>n</i> =60)	术前	124.45±15.01	78.43±12.01	127.65±19.01	75.56±11.10
	术后 1 个月	111.65±16.54 ^{ab}	68.43±16.65 ^{ab}	112.34±14.76 ^{ab}	68.65±14.89 ^{ab}
<i>t</i> / <i>P</i> PRP 组内值		5.027/<0.001	4.595/<0.001	6.234/<0.001	5.580/<0.001
<i>t</i> / <i>P</i> 象限组内值		10.378/<0.001	7.080/<0.001	8.733/<0.001	8.143/<0.001
<i>t</i> / <i>P</i> 缺血区靶向组内值		4.439/<0.001	3.773/<0.001	4.928/<0.001	2.882/0.005
<i>F</i> / <i>P</i> 术后组间值		6.570/0.002	7.313/0.001	10.363/<0.001	6.409/0.002

注:与 PRP 组比较 ,^a*P*<0.05;与象限组比较 ,^b*P*<0.05。

表 4 3 组 PDR 患者术后并发症比较 [例(%)]

Tab.4 Comparison of postoperative complications among the three groups of PDR patients

组 别	例数	暂时性视力下降	视野缺损	黄斑水肿加重	夜盲	玻璃体出血	新生血管复发	总发生率
PRP 组	28	2(7.14)	2(7.14)	2(7.14)	1(3.57)	1(3.57)	0	8(28.57)
象限组	30	0	0	1(3.33)	0	0	0	1(3.33) ^a
缺血区靶向组	30	0	0	1(3.33)	0	0	1(3.33)	2(6.67)

注:与 PRP 组比较 ,^a*P*<0.05。

高度靶向,可最大限度保护正常视网膜,损伤最小,但对技术要求高,若缺血区判断不准确或病变进展,可能导致治疗失败,新生血管复发^[19]。BCVA 为评估视力恢复的重要指标,PDR 患者因视网膜缺氧、黄斑水肿和新生血管形成等病理特征,导致视力显著下降^[20]。本研究发现,3 组术后 BCVA(LogMAR) 均较术前降低,且象限组最佳,其次为 PRP 组,缺血区靶向组相对最差。考虑原因为,激光手术可通过激光破坏组织,有效抑制 VEGF 产生,继而减少新生血管形成,促进患者视力康复。而象限激光术将视网膜分为 4 个象限,仅对病变较严重象限进行光凝,与 PRP 广泛治疗比较,可相对减少对正常视网膜组织的损伤,保留更多的视网膜功能,一定程度上可提高视力水平。而与缺血区靶向治疗比较,象限激光术对于病变区域治疗更加彻底,可最大程度提高病变清除率,继而控制病情,提高视力水平。

CMT、FAZ 面积为评估黄斑区病变的重要指标,CMT 可反映黄斑区有液体积聚或组织增厚,FAZ 面积可反映视网膜血管病变。PDR 病理过程中伴随着黄斑水肿,可导致 CMT 增高,而 FAZ 面积主要由视网膜解剖结构决定,其面积相对稳定^[21-22]。本研究发现,术后 3 组 CMT 均较术前降低,且象限组<PRP 组<缺血区靶向组,而 3 组激光术前术后 FAZ 面积比较差异无统计学意义。考虑原因为,象限激光术可根据病变具体位置和范围,有针对性地对病变区域进行光凝,最大限度地减少对正常视网膜组织的损伤,同时有效地控制病变的发展,从而更有利于降低 CMT。同时,象限激光术对视网膜的损伤范围更小,有利于维持视网膜的正常生理功能,促进黄斑区的恢复,更有利于降低 CMT。

PDR 患者伴随着视网膜血管异常增生和闭塞,导致视网膜缺氧,进一步加剧视网膜神经细胞的损伤和凋亡,促使 RNFL 增加^[23-25]。Matsumoto 等^[26] 研究报道,象限激光术改善中央脉络膜厚度效果更显著,本研究中 3 组患者术后下方、鼻侧、上方、颞侧象限 RNFL 均较术前降低,且象限组<PRP 组<缺血区靶向组,与上述研究结果一致。考虑原因为,激光手术可破坏视网膜色素上皮细胞、视网膜毛细血管等耗氧较高的外层光感受器组织,改善视网膜的氧合功能,减轻视网膜的缺血缺氧状态。相较于其他激光术,象限激光术可更好地保护黄斑区等视网膜中心区域,有利于维持视网膜的正常功能,降低 RNFL,同时该手术对视网膜损伤相对较小,有利于视网膜的自我修复机制发挥作用,促进视网膜的正常结构

恢复,进一步降低 RNFL。

本研究还发现,象限组、缺血区靶向组并发症发生率均低于 PRP 组。考虑原因为,PRP 治疗范围更加广泛,虽然可提高疗效,但 PRP 广泛破坏周边视网膜,易导致视野缺损,加之周边视网膜富含负责暗视力的杆状细胞,损伤后亦会增加夜盲风险;而象限激光术仅针对缺血严重的象限进行光凝,可保留正常视网膜功能,从而降低整体视网膜功能损伤,因而视野缺损减少、夜盲风险降低。同时,PRP 大面积激光治疗可能引发更显著的炎症反应,破坏血-视网膜屏障,增加血管渗漏风险而出现黄斑水肿加重和暂时性视力下降;而象限激光术因治疗范围小,炎症反应较轻,可减少液体渗入黄斑区,黄斑水肿减轻,加之术后炎症反应和水肿程度较轻,短期视力波动较小,暂时性视力下降减少。此外,PRP 可能因大面积治疗导致 VEGF 短期波动,刺激新生血管不稳定,而象限激光局部治疗可能更平缓地抑制 VEGF,减少新生血管破裂出血的风险。因此,象限激光术通过缩小治疗范围、减少炎症反应、保护血-视网膜屏障、分阶段调控 VEGF 水平及精准靶向治疗,显著降低了 PRP 常见的术后并发症。此外,缺血区激光光凝术仅针对已明确的局部缺血或无灌注区进行光凝,但糖尿病性视网膜病变的缺血往往呈弥漫性、进展性,可能遗漏未被发现的潜在缺血区或无灌注区,导致覆盖范围不足,可能遗留缺血刺激源,造成治疗失败或复发,而象限光凝直接破坏周边视网膜的无灌注区,减少缺血组织的总面积,阻断“缺血→VEGF 升高→新生血管→出血/纤维化→进一步缺血”的恶性循环,降低复发风险。

综上所述,相较于全视网膜与缺血区靶向光凝,象限视网膜激光光凝术在治疗 PDR 中展现出更优的疗效与安全性,能更有效地改善患者视力,减轻黄斑中心凹水肿与 RNFL 增厚,同时显著降低术后并发症风险。本研究的优势在于采用多维度客观指标进行评估,结论较为可靠;然而作为一项单中心研究,样本量有限且随访周期较短,其结果有待多中心、大样本的长期随访研究进一步验证。未来可在此基础上开展随机对照试验,并结合光学相干断层扫描血管成像与广域成像等先进技术,实现更精准的个体化治疗,从而系统优化 PDR 的临床治疗路径。

利益冲突:所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明

张丽丽:课题设计,数据分析,论文撰写;姚月菊:资料收集和修改,统计学处理;冯正国:论文撰写与修改;刘杰、张敏:实施研究过程,数据收集,分析整理

参考文献

- [1] 朱晓蓉, 杨芳远, 张琳, 等. 北京市东城区与通州区的社区 2 型糖尿病人群糖尿病视网膜病变患病率及相关因素横断面研究[J]. 中华预防医学杂志, 2024, 58(9): 1324-1330. DOI: 10.3760/cma.j.cn112150-20240222-00136.
- [2] 周雷, 赵越. 2 型糖尿病性视网膜病变住院患者中西医诊治特点分析[J]. 长春中医药大学学报, 2024, 40(8): 888-891. DOI: 10.13463/j.cnki.czzy.2024.08.015.
- [3] 陈一文, 张雪莲. 2 型糖尿病患者发生颈动脉粥样硬化与增殖期糖尿病视网膜病变的相关性研究[J]. 中国全科医学, 2022, 25(23): 2843-2848. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2022.0248.
- [4] Lundeen EA, Burke-Conte Z, Rein DB, et al. Prevalence of diabetic retinopathy in the US in 2021 [J]. JAMA Ophthalmol, 2023, 141(8): 747-754. DOI: 10.1001/jamaophthalmol.2023.2289.
- [5] 王超军, 陈金桃, 吕晓贝. 糖尿病视网膜病变患者行全视网膜光凝术中的疼痛反应[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2022, 24(3): 186-190. DOI: 10.3760/cma.j.cn115909-20210714-00274.
- [6] Alsoudi AF, Wai KM, Koo E, et al. Initial therapy of panretinal photocoagulation vs Anti-VEGF injection for proliferative diabetic retinopathy [J]. JAMA Ophthalmol, 2024, 142(10): 972-975. DOI: 10.1001/jamaophthalmol.2024.3283.
- [7] 张文怡, 姚静, 王建明, 等. 全视网膜激光光凝术后患者视觉的相关生活质量[J]. 分子影像学杂志, 2022, 45(1): 49-54. DOI: 10.12122/j.issn.1674-4500.2022.01.10.
- [8] 徐建龙, 马青. 改良全视网膜激光光凝术治疗糖尿病性视网膜病变的临床效果及对血清 VEGF 水平的影响[J]. 影像科学与光化学, 2020, 38(2): 301-306. DOI: 10.7517/issn.1674-0475.190916.
- [9] 陈海燕, 史雪辉, 沈冰, 等. 阿柏西普联合阈值下激光治疗缺血型视网膜分支静脉阻塞继发黄斑水肿的临床观察[J]. 中国激光医学杂志, 2023, 32(1): 13-18. DOI: 10.13480/j.issn1003-9430.2023.0013.
- [10] 中华医学会糖尿病学分会. 中国糖尿病防治指南(2024 版) [J]. 中华糖尿病杂志, 2025, 17(1): 16-139. DOI: 10.3760/cma.j.cn115791-20241203-00705.
- [11] 中华医学会眼科学分会眼底病学组, 中国医师协会眼科医师分会眼底病学组. 我国糖尿病视网膜病变临床诊疗指南(2022 年) [J]. 中华眼底病杂志, 2023, 39(2): 99-124. DOI: 10.3760/cma.j.cn511434-20230110-00018.
- [12] Teo ZL, Tham YC, Yu M, et al. Global prevalence of diabetic retinopathy and projection of burden through 2045: Systematic review and Meta-analysis [J]. Ophthalmology, 2021, 128(11): 1580-1591. DOI: 10.1016/j.ophtha.2021.04.027.
- [13] 何静, 雷春燕, 张美霞. 糖化血红蛋白变异指数与糖尿病视网膜病变严重程度的相关性研究[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2024, 38(2): 34-40. DOI: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2023.376.
- [14] 谌金金, 严涛. 不同分期糖尿病视网膜病变患者神经节细胞复合体参数变化特征及与血红蛋白水平相关性的研究[J]. 中国糖尿病杂志, 2025, 33(10): 733-739. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6187.2025.10.003.
- [15] 毛羽, 侯思梦, 肖媛媛, 等. 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. DOI: 10.3969/j.issn.2095-8552.2023.04.036.
- [16] Acar OPA, Onur IU. Effect of panretinal photocoagulation on retina and choroid in diabetic retinopathy: An optical coherence tomography angiography study [J]. Photodiagnosis Photodyn Ther, 2022, 40: 103166. DOI: 10.1016/j.pdpdt.2022.103166.
- [17] 伏海昕, 朱振涛, 王洁, 等. 全视网膜激光光凝术治疗老年糖尿病视网膜病变的预后及影响因素[J]. 中国临床保健杂志, 2023, 26(6): 762-765. DOI: 10.3969/j.issn.1672-6790.2023.06.010.
- [18] 吴骄阳, 郭雷, 张美霞. 视网膜激光光凝治疗糖尿病视网膜病变的疗效及视网膜电图震荡电位、视力变化观察[J]. 实用医院临床杂志, 2021, 18(4): 158-161. DOI: 10.3969/j.issn.1672-6170.2021.04.046.
- [19] Nourinia R, Emamverdi M, Ramezani A, et al. Peripheral ischemic retinal photocoagulation in addition to intravitreal bevacizumab versus intravitreal bevacizumab alone for the treatment of macular edema secondary to central retinal vein occlusion: A randomized double-masked controlled clinical trial [J]. Retina, 2020, 40(6): 1110-1117. DOI: 10.1097/IAE.0000000000002573.
- [20] 潘岳峰, 张大卫, 卢建民. 全视网膜激光光凝术对糖尿病视网膜病变患者脉络膜厚度的影响[J]. 中国医刊, 2022, 57(3): 305-308. DOI: 10.3969/j.issn.1008-1070.2022.03.020.
- [21] 仇秀娟, 刘彦铄, 刘凤桐. 全视网膜激光光凝对糖尿病视网膜病变患者黄斑区脉络膜厚度的影响及与预后的相关性[J]. 局解手术学杂志, 2022, 31(3): 216-220. DOI: 10.11659/j.jssx.08E021065.
- [22] 李爽, 王露萍, 王薇, 等. 早期增殖性糖尿病视网膜病变全视网膜激光光凝术后脉络膜结构的变化[J]. 中国激光医学杂志, 2023, 32(3): 159-166. DOI: 10.13480/j.issn1003-9430.2023.0159.
- [23] 张畅, 贾洪强, 杨栋梁. 视网膜光凝对糖尿病视网膜病变患者神经纤维层厚度的影响[J]. 国际眼科杂志, 2019, 19(1): 139-141. DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2019.1.32.
- [24] 杨水平, 陈振文, 郑春荣. 阿柏西普联合全视网膜激光光凝治疗缺血型视网膜中央静脉阻塞伴黄斑水肿的临床价值[J]. 安徽医学, 2023, 44(3): 252-257. DOI: 10.3969/j.issn.1000-0399.2023.03.002.
- [25] 李全兰, 犹爱林, 刘林殊, 等. 康柏西普联合全视网膜激光光凝对缺血型视网膜中央静脉阻塞伴黄斑水肿患者视力预后及视网膜血流的影响[J]. 中国医师杂志, 2023, 25(6): 864-868. DOI: 10.3760/cma.j.cn431274-20220914-00907.
- [26] Matsumoto H, Hoshino J, Nakamura K, et al. Quadrant laser photocoagulation trial to ameliorate choroidal congestion in central serous chorioretinopathy [J]. Jpn J Ophthalmol, 2023, 67(2): 156-163. DOI: 10.1007/s10384-023-00976-x.

(收稿日期: 2025-09-25)