

动态观察糖尿病视网膜病变激光术前后眼部血液动力学的变化

高宇飞, 刘向玲, 李松涛

基金项目:河南省高等学校重点科研项目计划(No. 15B320010)
作者单位:(453003)中国河南省安阳市眼科医院
作者简介:高宇飞,毕业于新乡医学院,眼科学硕士,主治医师,研究方向:青光眼、眼底病。
通讯作者:刘向玲,毕业于新乡医学院,硕士研究生导师,主任医师,科主任,研究方向:眼底病、斜视、弱视。13782512332@163.com
收稿日期:2017-03-02 修回日期:2017-06-02

Dynamic study of ocular hemodynamic changes on DR before and after panretinal photocoagulation

Yu-Fei Gao, Xiang-Ling Liu, Song-Tao Li

Foundation item: Key Scientific Research Project of Institutions of Higher Learning in Henan Province(No. 15B320010)
Anyang Eye Hospital, Anyang 453003, Henan Province, China
Correspondence to: Xiang-Ling Liu. Anyang Eye Hospital, Anyang 453003, Henan Province, China. 13782512332@163.com
Received:2017-03-02 Accepted:2017-06-02

Abstract

• **AIM:** To explore the treatment effects of retinal laser photocoagulation and the applications of color Doppler flow imaging(CDFI) in the diabetic retinopathy.

• **METHODS:** We collected 60 patients (120 eyes) with diabetic retinopathy(III ~ IV stage) from February 2013 to February 2014 in Anyang Eye Hospital admitted in fundus disease department. The health control (HC) group of 55 normal people was established simultaneously. Ocular blood flow velocity of the 55 normal people (110 eyes) and the 60 patients (120 eyes) was examined by CDFI of central retinal artery (CRA) and posterior ciliary artery (PCAs) using the PHILIPS HD6. Peak systolic velocity (PSV) was recorded. The examinations of CDFI, electroretinogram(ERG) and the vision were performed in pre-operation, 1,7d, 1, 3 and 6mo postoperatively.

• **RESULTS:** Compared the PSV of CRA of the DR group before and after photocoagulation to the data of the HC group, there was a significant difference ($P < 0.05$); compared the PSV of CRA of the DR group after photocoagulation with the data before, there was a significant difference ($P < 0.05$). Compared the PSV of PCAs of the DR group before and after photocoagulation to the data of the HC group, there was a significant difference ($P < 0.05$); compared the PSV of PCAs of the DR group after photocoagulation with the data before, there

was a significant difference at 1d postoperatively ($P < 0.05$), there was no significant difference at 7d, 1, 3 and 6mo ($P > 0.05$). Compared the aA and bA of ERG of the DR group before and after photocoagulation to the data of the HC group, there was a significant difference ($P < 0.05$). Compared the aA and bA of ERG of the DR group after photocoagulation with the data before, there was a significant difference ($P < 0.05$). Compared the aT and bT of ERG of the DR group before and after photocoagulation to the data of the HC group, there was a significant difference ($P < 0.05$); compared the aT and bT of ERG of the group DR after photocoagulation with the data before, there was no significant difference ($P > 0.05$). The vision of 49 cases(98 eyes) was improved 1 to 3 rows, the effective rate was 82%. The vision of 11 cases(22 eyes) remained constant.

• **CONCLUSION:** Retinal laser photocoagulation is an effective treatment to diabetic retinopathy patients, which can significantly reduce the peak systolic velocity of the central retinal artery, improve and stabilize the condition, protect visual function in long-term clinical effect. Color doppler flow imaging can observe the changes of ocular vessel flow velocity in diabetic eyes noninvasively, repeatedly and in real time, providing a basis for clinical treatments.

• **KEYWORDS:** diabetic retinopathy; retinal laser photocoagulation; electroretinogram; color doppler flow imaging; vision

Citation: Gao YF, Liu XL, Li ST, *et al.* Dynamic study of ocular hemodynamic changes on DR before and after panretinal photocoagulation. *Guoji Yanke Zazhi(Int Eye Sci)* 2017;17(7):1254-1257

摘要

目的:探讨视网膜光凝术用于治疗糖尿病性视网膜病变(DR)的临床疗效以及彩色多普勒血流显像(CDFI)技术在DR中的应用价值。

方法:收集2013-02/2014-02在安阳市眼科医院眼底病科收治的需行全视网膜光凝术治疗的DR(III~IV期)住院病例60例120眼,同时设立正常对照组(HC)55例110眼。使用PHILIPS HD6彩色多普勒超声诊断仪检测正常人55例110眼和糖尿病视网膜病变患者60例120眼的视网膜中央动脉(CRA)和睫状后短动脉(PCAs),记录收缩期血流峰速(PSV)。视网膜光凝术前和术后第1、7d、1、3、6mo行彩色多普勒超声检查、闪光视网膜电流图及视力检查。

结果:观察组治疗前后视网膜中央动脉血流峰速分别与正

常对照组比较,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$);全视网膜光凝术后各时间点分别与术前比较,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$)。观察组治疗前后睫状后短动脉血流峰速分别与正常对照组比较,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$);全视网膜光凝术后各时间点分别与术前比较,术后 1d 差异有统计学意义($P < 0.05$),术后 7d、1、3、6mo 差异均无统计学意义(>0.05 、 >0.05 、 >0.05 、 >0.05)。观察组治疗前后视网膜电图 a 波振幅(aA)和 b 波振幅(bA)分别与正常对照组比较,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$);观察组治疗后 aA 和 bA 分别与治疗前比较,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$)。观察组治疗前后视网膜电图 a 波峰值时间(aT)和 b 波峰值时间(bT)分别与正常对照组比较,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$);观察组治疗后 aT 和 bT 分别与治疗前比较,差异无统计学意义(均 $P > 0.05$)。随访 6mo,患者视力有不同程度地提高或保持不变,49 例 98 眼患者视力提高 1~3 行不等,有效率 82%;11 例 22 眼视力保持不变。

结论:激光光凝术是治疗 DR 的有效手段,从长期临床效果上可显著降低视网膜中央动脉的 PSV,改善和稳定病情,保护视功能。彩色多普勒超声血流显像能够无创、可重复性、动态实时观察 DR 患者眼部血管血流动力学的变化,在临床上为治疗提供参考依据。

关键词:糖尿病视网膜病变;视网膜激光光凝术;视网膜电图;彩色多普勒超声;视力

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2017.7.13

引用:高宇飞,刘向玲,李松涛. 动态观察糖尿病视网膜病变激光术前眼部血液动力学的变化. 国际眼科杂志 2017;17(7):1254-1257

0 引言

糖尿病视网膜病变(dabetic retinopathy, DR)是糖尿病眼部最严重的并发症^[1],长期的高血糖环境损伤血管的内皮,会引起一系列眼底病变,如微血管瘤、硬性渗出、棉絮斑、新生血管、玻璃体增殖甚至视网膜脱离。激光光凝术是目前世界公认的治疗 DR 风险最小、效果确切的方法^[2],本次研究采用彩色多普勒血流成像(CDFI)技术对正常人和糖尿病视网膜病变患者的视网膜中央动脉、睫状后短动脉的血流动力学信息和二维影像进行了检测,观察视网膜中央动脉(CRA)和睫状后短动脉(PCAs)收缩期血流峰速(PSV),旨在进一步研究激光光凝术对眼部血管血流动力学的影响,为激光光凝术的临床治疗效果提供科学依据。

1 对象和方法

1.1 对象 收集 2013-02/2014-02 在安阳市眼科医院眼底病科收治的 DR 住院病例 60 例 120 眼,研究对象均经检眼镜及荧光眼底造影确诊为糖尿病性视网膜病变(Ⅲ~Ⅳ期)。同时设立正常对照组(health control group)55 例 110 眼,所有病例均通过临床检查,无青光眼、白内障、屈光不正、高血压等相关疾病。观察组(糖尿病组)60 例 120 眼,其中男 32 例,女 28 例,年龄 42~70(平均 55.4 ± 11.5)岁,糖尿病病程 7.9 ± 6.1 a。其中糖尿病视网膜病变Ⅲ期 68 眼,糖尿病视网膜病变Ⅳ期 52 眼,所有糖尿病视网膜病变患者眼底无大面积出血。对照组(健康对照组):年龄性别与观察组相称的正常受检者 55 例 110

眼,其中男 32 例,女 23 例,年龄 40~72(平均 55.8 ± 11.1)岁。

1.2 方法

1.2.1 激光治疗 使用 Novus Varia 固体多波长眼底激光治疗仪,激光治疗前用 5g/L 复方托吡卡胺散大瞳孔至直径约 6~8mm。对 DR Ⅲ、Ⅳ期患者均进行全视网膜光凝术。其范围:距视盘上方、下方、鼻侧 1 个视盘直径(PD)以及黄斑颞侧 2 个视盘直径到视网膜周边部,颞侧上下血管弓之间的后极部视网膜不予光凝。激光参数:激光斑直径为 200~500 μ m,曝光时间为 0.2~0.4s,输出功率根据不同部位及屈光间质情况,通常在 150~500mW,以灰白色Ⅲ级光凝斑为标准。激光治疗由同一高级职称医师操作,分 4 次进行,每周 1 次,每次行 300~600 点,激光总量约 1 200~1 800 点。

1.2.2 多普勒超声检查 采用 PHILIPS HD6 三维彩色超声仪,宽频线阵探头,频率 7~14MHz。受检者平躺于检查床,嘱其闭上双眼,平视,在眼睑皮肤涂适量耦合剂,置超声探头于上眼睑,沿水平方向扫描,扫视到球后视神经暗区的清晰影像时,打开彩色多普勒,在距眼球后壁 1~2mm 处的视神经暗区内,可以探测到红、蓝伴行的彩色血流,分别为 CRA 和视网膜中央静脉(CRV)。选择取样角度小于 15°,选择最佳的节段取样,取样容积设为 1.0mm \times 1.0mm。利用脉冲多普勒获得清楚显示的视网膜中央动脉血流频谱时,冻结图像,测量时取 4~6 个搏动周期的最佳频谱,监测指标为 PSV;以同样方法,于视神经周围视神经暗区处,可获得 PCAs 的 PSV。正常对照组视网膜中央动脉的 PSV 为 10.36 ± 1.47 cm/s,正常组鼻侧和颞侧睫状后短动脉的 PSV 分别为 11.83 ± 1.64 、 11.270 ± 2.810 cm/s,鼻侧和颞侧睫状后短动脉的 PSV 无显著差异性,所以在对照时均选用鼻侧支的参数进行测量分析。

1.2.3 视网膜电图检查 检查前用散瞳剂复方托品酰胺滴眼液点眼放大瞳孔,于暗室暗适应 30min 后,用 4g/L 盐酸奥布卡因滴眼液点眼进行角结膜表面麻醉,清洁眼睑及前额皮肤,参考电极放于同侧太阳穴或前额正中,地电极放于同侧耳垂或面颊部,角膜接触电极于角膜表面中央位置并与角膜良好接触。嘱受检者下颌置于刺激器的下颌托上,双眼注视前方红色固视点,获得稳定波形后,使用眼电生理检查系统(RETI-SCAN K-GAM)进行闪光 ERG 检查。采用标准全视野闪光刺激器对视网膜进行照射,白色闪光作为刺激光波长,色温约 7 000k,刺激光强度采用标准闪光强度(1.5~3.0cd/m²),受检者注视全视野刺激器球面内的固视点,分别记录 a 波、b 波的振幅(aA, bA)和峰值时间(aT, bT),进行分析。

统计学分析:采用 SPSS13.0 进行统计学分析。采用单因素方差分析对观察组术前术后各时间点的视网膜中央动脉 PSV,睫状后短动脉 PSV 以及视网膜电图各参数进行对比,若存在差异则采用 Dunnett 法对观察组术后各时间点均数与术前进行两两对比。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 视网膜中央动脉收缩期血流峰速比较 正常对照组视网膜中央动脉 PSV 为 10.36 ± 1.47 cm/s,观察组治疗前、治疗后 1、7d、1、3、6mo 视网膜中央动脉 PSV 均数分别为 8.25 ± 0.86 、 9.71 ± 1.42 、 8.84 ± 1.03 、 7.14 ± 0.75 、 7.52 ± 0.83 、 7.62 ± 1.07 cm/s;观察组治疗前后资料与正常对照

组比较, PSV 降低, 差异有统计学意义 ($F = 3.742, P = 0.003$), 各时间点分别与正常组比较差异有统计学意义 ($P = 0.034, 0.041, 0.035, 0.007, 0.016, 0.020$); 全视网膜光凝术后各时间点与术前比较, 差异有统计意义 ($F = 4.487, P = 0.002$), 分别与术前比较后发现术后 1、7d PSV 升高, 术后 1、3、6mo PSV 下降, 差异有统计学意义 ($P = 0.027, 0.044, 0.032, 0.039, 0.024$), 见表 1。

2.2 眼部睫状后短动脉收缩期血流峰速比较 正常对照组睫状后短动脉 PSV 为 $11.83 \pm 1.64 \text{ cm/s}$, 观察组治疗前、治疗后 1、7d, 1、3、6mo 睫状后短动脉 PSV 均数分别为 $10.13 \pm 1.25, 11.46 \pm 1.47, 9.84 \pm 1.36, 10.21 \pm 1.19, 9.78 \pm 1.37, 10.05 \pm 1.42 \text{ cm/s}$; 观察组治疗前后各时间点与正常对照组比较, PSV 降低, 差异有统计学意义 ($F = 2.991, P = 0.012$), 分别与正常组比较差异有统计学意义 ($P = 0.047, 0.039, 0.018, 0.027, 0.006, 0.033$); 全视网膜光凝术后各时间点与术前比较, 差异有统计意义 ($F = 2.694, P = 0.030$), 分别与术前比较后发现, 术后 1d PSV 升高, 差异有统计学意义 ($P = 0.013$), 术后 7d, 1、3、6mo PSV 无明显统计学差异 ($P = 0.174, 0.232, 0.075, 0.256$), 见表 1。

2.3 视网膜光凝术前视网膜电图参数分析 正常对照组闪光视网膜电图 a 波振幅 (aA) 及观察组治疗前、治疗后 1、7d, 1、3、6mo aA 均数见表 2; 观察组治疗前后数据分别与正常对照组比较差异有统计学意义 ($F = 26.515, P < 0.01$); 分别与正常组比较差异有统计学意义 (均 $P < 0.01$)。观察组治疗后各时间点与治疗前比较差异有统计学意义 ($F = 14.581, P < 0.01$), 分别与术前比较差异有统计学意义 ($P < 0.01, < 0.01, 0.011, 0.005, 0.002$)。正常对照组闪光视网膜电图 a 波峰值时间 (aT) 及观察组治疗前、治疗后 1、7d, 1、3、6mo aT 均数见表 2; 观察组治疗前后数据与正常对照组比较差异有统计学意义 ($F = 14.339, P < 0.01$), 分别与正常组比较差异有统计学意义 ($P = 0.017, 0.009, 0.022, 0.034, 0.039, 0.003$); 观察组术后与术前比较差异无统计学意义 ($F = 1.236, P = 0.305$)。正常对照组闪光视网膜电图 b 波振幅 (bA) 及观察组术前、术后 1、7d, 1、3、6mo bA 均数见表 2; 观察组治疗前后数据分别与正常对照组比较差异有统计学意义 ($F = 3.178, P = 0.009$), 分别与正常组比较差异有统计学意义 ($P < 0.01$); 观察组治疗后分别与术前比较差异有统计学意义 ($F = 10.273, P < 0.01$), 分别与术前对照差异有统计学意义 ($P = 0.015, 0.021, 0.034, 0.033, 0.026$)。正常对照组闪光视网膜电图 b 波峰值时间及观察组术前、术后 1、7d, 1、3、6mo bT 均数见表 2; 观察组治疗前后数据分别与正常对照组比较差异有统计学意义 ($F = 2.279, P = 0.047$), 分别与正常组对比差异有统计学意义 ($P = 0.035, 0.021, 0.031, 0.022, 0.039, 0.036$); 观察组术后分别与术前比较差异无统计学意义 ($F = 0.529, P = 0.753$)。

2.4 视网膜光凝术后视力变化 随访 3mo, 患者视力有不同程度地提高或保持不变。49 例 98 眼患者视力提高 1~3 行不等, 有效率 82%; 11 例 22 眼视力保持不变。

3 讨论

DR 是临床上眼科常见的一种并发症, 早期主要表现为微血管瘤增生和毛细血管扩张, 持续的高血糖促使反复的内皮细胞死亡和再生, 引起基底膜增厚, 血管口径缩小, 内壁粗糙, 弹性及收缩力减弱, 这些改变导致最终管腔狭窄或闭塞, 在毛细血管病变的基础上, 视网膜小动脉栓塞,

表 1 各组视网膜中央动脉及睫状后短动脉 PSV 数据

组别	$(\bar{x} \pm s, \text{cm/s})$	
	视网膜中央动脉 PSV	睫状后短动脉 PSV
正常组	10.36 ± 1.47	11.83 ± 1.64
观察组		
术前	8.25 ± 0.86	10.13 ± 1.25
术后 1d	9.71 ± 1.42	11.46 ± 1.47
术后 7d	8.84 ± 1.03	9.84 ± 1.36
术后 1mo	7.14 ± 0.75	10.21 ± 1.19
术后 3mo	7.52 ± 0.83	9.78 ± 1.37
术后 6mo	7.62 ± 1.07	10.05 ± 1.42

表 2 各组视网膜电图 aA、aT、bA、bT 数据

组别	$\bar{x} \pm s$			
	aA (μV)	aT (ms)	bA (μV)	bT (ms)
正常组	78.17 ± 11.72	16.92 ± 4.71	172.16 ± 46.38	38.91 ± 6.13
观察组				
术前	34.48 ± 6.72	18.39 ± 4.01	57.21 ± 16.29	42.16 ± 8.47
术后 1d	19.52 ± 7.04	19.36 ± 4.87	38.44 ± 12.02	44.49 ± 9.21
术后 7d	22.91 ± 6.58	18.81 ± 4.08	39.22 ± 13.13	43.67 ± 10.03
术后 1mo	25.83 ± 5.64	18.54 ± 4.15	43.29 ± 15.81	44.02 ± 10.28
术后 3mo	26.12 ± 4.35	18.92 ± 3.76	45.23 ± 12.78	43.17 ± 8.04
术后 6mo	25.93 ± 3.73	19.06 ± 4.08	44.97 ± 11.52	41.56 ± 7.17

远程无灌注区形成, 小动脉硬化, 新生血管生成, 严重威胁患者视力, 晚期多数患者视力很差甚至失明, 所以预防、早期诊断和早期治疗对 DR 的预后极其重要^[3-4]。在 DR 的临床治疗上, 激光光凝术的安全性及有效性在全世界广泛是被认可的, 光凝用于治疗 DR 的基本原理是利用激光的光热效应使脉络膜视网膜瘢痕化, 视网膜对氧的需求降低, 术后视网膜血管收缩、渗漏减少, 从而视网膜的水肿和渗出情况减轻; 光凝降低了视网膜的厚度, 视网膜内层更易接收到来自脉络膜血管的氧, 使视网膜的缺氧状态得到改善; 光凝封闭视网膜无灌注区改善视网膜缺血状态, 从而减少因缺血而诱导的新生血管生长因子的分泌, 减少新生血管形成或使之消退^[5-7]。光凝通过破坏毛细血管闭塞区减少新生血管的产生, 使已有的新生血管退缩, 预防再生新生血管^[8], 黄斑水肿在光凝术后也可减轻甚至完全消退, 从而抑制 DR 病程的发展, 保存或挽救患者的视力。检眼镜和眼底血管造影等检查方法是当前临床上比较普及的检查手段, 但对于某些合并有其它眼部疾病如角膜混浊、玻璃体变性、白内障等, 导致屈光间质不清, 其病变程度不能使用这些检查方法来进行确诊。此外荧光造影检查也有其局限性, 对于那些全身条件差、患有心脏病、肝肾功异常以及对造影剂过敏的患者, 均不能采用眼底血管造影。

CDFI 是利用多普勒效应探测运动的脏器反射回的超声频率变化以及测定血流速的一种方法, 其不受屈光间质混浊的限制, 利用二维超声可以清楚地观察到眼球内及眼底的情况以及病变的位置、形态、内部结构、附着点、活动度等, 二维超声与彩色多普勒技术相结合, 能够准确、无创、实时动态、可重复性地显示球后血管形态及血流动力学信息^[9-10]。眼部血流动力学检查也可为早期发现 DR 提供参考途径^[11-12], 在检眼镜尚不能观察到病变之前, DR 患者的眼部血管动力学检查几乎均有不同程度的异常^[13]。

视网膜中央动脉和睫状后动脉由眼动脉发出, CRA 是营养视网膜的终末血管,是唯一供应视网膜内层的动脉,PCAs 又称脉络膜动脉,有很多支,在视神经周围垂直穿入巩膜,分布于脉络膜,其主要供应视网膜的外四层。因此视网膜中央动脉和睫状后短动脉的血流动力学参数能够反映视网膜的微循环情况。PSV 顾名思义是收缩期血流速度的最高值,也是整个心动周期内最高血流速度,反映的是血管充盈度和血流供应强度,因此我们可使用 CDFI 在激光光凝术前对 DR 患者眼部血管动力学进行检测,根据其变化情况来评估视网膜光凝术的临床价值。

视网膜电图是目前唯一可以客观反映视网膜功能的一项非侵入式检查,其中全视野闪光 ERG 是光刺激引起整个视网膜各级神经元电反应的总和,能在细胞水平反映视网膜各层的功能。糖尿病视网膜病变不仅是微血管病变,同时也存在神经变性^[14],并且神经功能异常发生在视网膜微血管病变之前^[15]。通过视网膜电图对视网膜神经系统功能改变进行检测,既可为早期诊断 DR 提供依据,也能有助于判断 DR 的病情进展及预后。对 DR 患者视网膜光凝术前后进行视网膜电图的检测,可以明确光凝对 DR 视网膜功能的影响,结合彩色超声多普勒数据,进一步肯定视网膜光凝术用于治疗糖尿病视网膜病变的重要性。

本研究发现,视网膜光凝术后 DR 患者的视网膜血流灌注有明显改善,表现为治疗后 CRA 的 PSV 同治疗前明显下降。我们通过对激光光凝患者术后 6mo 的随访发现,较术前相比患者的动脉变细,静脉迂曲程度也有改善。分析原因是利用激光生物学热效应中的光凝固作用破坏了视网膜外层较大面积代谢活跃的光感细胞,减少光感细胞的数量,而且光凝还可以直接封闭扩张渗漏的毛细血管、微血管瘤、无灌注区及新生血管膜,视网膜光凝术后视网膜变薄,视网膜内层能够得到更多来自脉络膜循环的氧,视网膜血管修复,使血-视网膜屏障功能改善,视网膜供氧增加,通过视网膜血管系统自主性调节作用^[16]引起动脉收缩,即经过有效光凝治疗后去除了各种耗氧的因素,同时改善了视网膜内层氧气供给,使得视网膜对氧气的需求降低,血流量相应的减少,达到稳定视网膜病变、挽救剩余视力的目的。同步进行的视网膜电流图研究结果也显示,视网膜电图 aA 在全视网膜光凝后较光凝前明显降低,提示激光损伤了光感受器细胞,视网膜色素上皮的黑色素吸收激光的光能,光能产生的热量使视网膜色素上皮细胞、邻近的光感受器及一定范围的脉络膜毛细血管层得以破坏。这种组织学的改变引起生理学的变化,光感受器含有高密度的线粒体,需消耗大量的氧,通常氧和营养物质从脉络膜毛细血管弥散到视网膜,被光感受器所消耗。而在激光光凝斑处神经胶质取代了正常的光感受器,这些组织含线粒体非常少,耗氧量很低,这就使得光凝斑的作用相当于窗口,让来自脉络膜的氧穿过视网膜外层进入内层,使内层视网膜的氧压提高^[17]。bA 光凝后较光凝前明显降低,可能是因为激光在损伤视锥细胞、视杆细胞的同时,也损伤了双极或 Muller 氏细胞,使颗粒层细胞排列紊乱且向外移位,该层增厚,也可能是涉及与视网膜外层有关的暗适应能力的障碍,还需要深入地观察和研究。a 波、b 波的峰值时间在激光治疗前后无显著变化说明激光治疗在减少了光感受器数量的同时并未使视信息的传递速度受影响。本次研究也显示视网膜光凝术后,随着视

网膜血流动力学改善,患者的视力明显提高,分析原因光凝封闭了大片毛细血管无灌注区使视网膜缺血得以改善,减少新生血管形成和使新生血管消退,从而使视网膜小动脉和扩张的小静脉收缩,毛细血管收缩或闭塞,血管渗漏减少,视网膜渗出和水肿减轻甚至消失,同时视网膜光凝改变了血流的分布,保障了黄斑区的供氧,保护视神经,视网膜的感光和传导功能改善,黄斑中心凹视网膜厚度降低^[18],视力得以提高。

参考文献

- 1 Jong HO, Seong WK, Kwon SS, et al. The change of macular thickness following single-session pattern scan laser panretinal photocoagulation for diabetic retinopathy. *Graefes Arch Clin Exper Ophthalmol* 2015; 253 (1): 57-63
- 2 Yamagishi SI. Role of advanced glycation end products (AGEs) and receptor for AGEs (RAGE) in vascular damage in diabetes. *Exper Gerontol* 2011; 46(4): 217-224
- 3 孙郁, 龚渭冰, 袁鹰, 等. 彩色多普勒对糖尿病视网膜病变球后动脉血流动力学变化的研究. *热带医学杂志* 2013; 7(6): 546-549
- 4 Mohsen Hosseini S, Boringt AP, Sun L, et al. The association of previously reported polymorphisms for microvascular complications in meta-analysis of diabetic retinopathy. *Human Genetics* 2015; 134(2): 247-257
- 5 Bhagat N, Grigorian RA, Tutela A, et al. Diabetic macularedema: Pathogenesis and treatment. *Surv Ophthalmol* 2009; 54(1): 1-32
- 6 苏艳, 王秋利, 韩渝萍. 不同分期糖尿病视网膜病变激光治疗疗效分析. *中国临床研究* 2012; 25(2): 161-162
- 7 Koutsonas A, Carstesen D, Henkel C, et al. Effects of Coagulation on the Autofluorescence Pattern of ARPE - 19 Cells: An *in vitro* Study. *Ophthalmic Res* 2012; 49(1): 11-19
- 8 Muqit MMK, Marcellino GR, Gray JCB, et al. Pain responses of Pascal 20ms multispot and 100ms single - spot panretinal photocoagulation: Manchester Pascal Study, MAPASS report 2. *Br J Ophthalmol* 2010; 94(11): 1493-1498
- 9 陈晓梅, 李友谊, 吕红彬, 等. 彩色多普勒在无创评价糖尿病性视网膜病变的价值. *中国临床医学影像杂志* 2014; 25(2): 122-124
- 10 陈梅, 肖家翔. 彩色多普勒超声观察糖尿病视网膜病变血流动力学变化. *实用中医药杂志* 2012; 28(4): 303
- 11 陈炜, 张立, 张亚. 彩色多普勒超声对糖尿病眼球后血管血流动力学的研究. *国际眼科杂志* 2014; 14(9): 1644-1645
- 12 张晓云, 徐力, 张小杉, 等. 彩色多普勒成像评价早期糖尿病视网膜病变球后血流动力学改变. *中国老年学杂志* 2015; 13(15): 133-136
- 13 石喜喜, 柳心平, 柳丽萍. 彩色多普勒超声检查糖尿病眼部血管血流动力学变化探讨视网膜病变价值. *临床荟萃* 2012; 27(10): 902-904
- 14 Villarreal M, Ciudin A, Hernandez C, et al. Neurodegeneration: An early event of diabetic retinopathy. *World J Diabetes* 2010; 1(2): 57-64
- 15 Antonetti DA, Barber AJ, Bronson SK, et al. Diabetic retinopathy: seeing beyond glu-cose-induced microvascular disease. *Diabetes* 2006; 55(9): 2401-2411
- 16 Stefansson E, Macherer R, de-Juan-E Jr. Retinal oxygenation and laser treatment in patients with diabetic retinopathy. *Br J ophthalmol* 1992; 113(1): 36
- 17 Stefansson E. The therapeutic effects of retinal laser treatment and vasetomy. A theory based on oxygen and vascular Physiology. *Acta Ophthalmol Scand* 2001; 79(5): 435-440
- 18 时倩倩, 刘华, 付蓉花. 全视网膜光凝术对增生性糖尿病视网膜病变患者黄斑区视网膜功能的影响. *眼科新进展* 2015; 35(4): 362-365