

引文格式:雷祥,范珂,崔红培,李漫丽,李翔,武文忠,栗占荣,等. 不同类型视网膜病变患者视网膜外层厚度变化研究[J]. 眼科新进展,2019,39(6):536-539. doi:10.13389/j.cnki.rao.2019.0123

【应用研究】

# 不同类型视网膜病变患者视网膜外层厚度变化研究<sup>△</sup>

雷祥 范珂 崔红培 李漫丽 李翔 武文忠 栗占荣 赵朝霞

作者简介:雷祥,男,1980年5月出生,河南南阳人,硕士。联系电话:15937181238;E-mail:326350189@qq.com;ORCID:0000-0001-5303-2223

About LEI Xiang: Male, born in May, 1980. Master degree. Tel: 15937181238; E-mail: 326350189@qq.com; ORCID: 0000-0001-5303-2223

收稿日期:2018-04-14

修回日期:2018-10-10

本文编辑:申蓝

△基金项目:国家自然科学基金项目(编号:81600775)

作者单位:450003 河南省郑州市,河南省立眼科医院,河南省眼科研究所,河南省人民医院

通讯作者:赵朝霞,E-mail:zhaozhaoxia61@126.com;ORCID:0000-0001-9578-3818

Received date: Apr 14, 2018

Accepted date: Oct 10, 2018

Foundation item: National Natural Science Fund of China (No: 81600775)

From the Henan Eye Hospital, Henan Eye Institute, the People's Hospital of Henan Province, Zhengzhou 450003, Henan Province, China

Responsible author: ZHAO Zhao-Xia, E-mail: zhaozhaoxia61@126.com; ORCID: 0000-0001-9578-3818

changes are closely related to the changes in visual acuity of patients.

【Key words】 diabetic retinopathy; macular edema; retinal thickness; optical coherence tomography

【摘要】 目的 探讨不同类型视网膜病变(diabetic retinitis, DR)患者视网膜外层厚度的变化特点。方法 选择糖尿病(diabetes mellitus, DM)患者194例(194眼),其中无糖尿病视网膜病变(non-diabetic retinopathy, NDR)患者75例为NDR组,增殖型糖尿病视网膜病变组(proliferative diabetic retinitis, PDR)组患者64例为PDR组,糖尿病视网膜病变黄斑水肿(diabetic macular edema, DME)组患者55例为DME组,并选择50名50眼正常健康人作为对照组,均进行光学相干断层扫描成像检查,测定黄斑中心凹及距黄斑中心凹750 μm处鼻上、颞上等方位视网膜光感受器外节厚度(photoreceptor retinal photoreceptor outer segment, PROS)、视网膜光感受器厚度(total length of the photoreceptors, TLP)、视网膜神经纤维层厚度(retinal nerve fiber layer, RNFL),并分析上述指标与患者视力变化的关系。结果 四组患者黄斑中心凹PROS、TLP、RNFL比较差异均有统计学意义(均为 $P < 0.05$ ),PDR组、DME组黄斑中心凹PROS $[(35.61 \pm 4.41) \mu\text{m}, (32.58 \pm 6.74) \mu\text{m}]$ 、TLP $[(48.14 \pm 3.26) \mu\text{m}, (44.11 \pm 2.71) \mu\text{m}]$ 、RNFL $[(53.02 \pm 5.44) \mu\text{m}, (49.85 \pm 4.36) \mu\text{m}]$ 均低于对照组与NDR组(均为 $P < 0.05$ ),DME组均低于PDR组,其旁黄斑中心凹鼻上、颞上RNFL又低于PDR组,差异均有统计学意义(均为 $P < 0.05$ );四组患者最佳矫正视力比较差异均有统计学意义(均为 $P < 0.05$ ),PDR、DME组最佳矫正视力 $(0.81 \pm 2.24, 0.55 \pm 0.23)$ 低于对照组与NDR组(均为 $P < 0.05$ ),DME组低于PDR组( $P < 0.05$ );DR患者黄斑中心凹PROS、TLP及RNFL均与患者最佳矫正视力呈正相关(均为 $P < 0.05$ )。结论 PDR、DME患者PROS、RNFL、TLP均较正常健康人与非DR患者变薄或缩短,且其变化与患者视力变化存在紧密关联。

【关键词】 糖尿病视网膜病变;黄斑水肿;视网膜厚度;光学相干断层扫描

【中图分类号】 R774

## Changes in outer retinal thickness in patients with different types of retinopathy

LEI Xiang, FAN Ke, CUI Hong-Pei, LI Man-Li, LI Xiang, WU Wen-Zhong, LI Zhan-Rong, ZHAO Zhao-Xia

【Abstract】 **Objective** To investigate the changes in outer retinal thickness in patients with different types of retinopathy. **Methods** A total of 194 patients (194 eyes) with diabetes mellitus (DM) were selected and divided into non diabetic retinopathy group (NDR group, 75 patients), proliferative diabetic retinopathy group (PDR group, 64 patients) and diabetic macular edema group (DME group, 55 patients). Another 50 normal healthy people (50 eyes) were selected as the control group. All the patients were examined by optical coherence tomography (OCT) to measure the thickness of retinal photoreceptor outer segment (PROS), the total length of the photoreceptor (TLP) and the thickness of retinal nerve fiber layer (RNFL) at macula central fovea, superior nasal and superior temporal sites at 750 μm far from the macula central fovea. The relationship between the above indexes and changes in the visual acuity of patients was analyzed. **Results** There were statistically significant differences among the four groups in foveal PROS, TLP and RNFL (all  $P < 0.05$ ). The central foveal PROS  $[(35.61 \pm 4.41) \mu\text{m}, (32.58 \pm 6.74) \mu\text{m}]$ , TLP  $[(48.14 \pm 3.26) \mu\text{m}, (44.11 \pm 2.71) \mu\text{m}]$  and RNFL  $[(53.02 \pm 5.44) \mu\text{m}, (49.85 \pm 4.36) \mu\text{m}]$  of PDR group and DME group were smaller than those of the control group or NDR group (all  $P < 0.05$ ). The PROS, TLP and RNFL of DME group were significantly smaller than those of PDR group (all  $P < 0.05$ ). The superior nasal and superior temporal RNFL of DME group were smaller than those of PDR group (both  $P < 0.05$ ). There were statistically significant differences among the four groups in the best corrected visual acuity (all  $P < 0.05$ ). The best corrected visual acuities of DME group and PDR group  $(0.55 \pm 0.23, 0.81 \pm 2.24)$  were lower than those of the control group or NDR group (all  $P < 0.05$ ), and that of DME group was lower than that of PDR group ( $P < 0.05$ ). The central foveal PROS, TLP and RNFL of patients with diabetic retinopathy were positively correlated with the best corrected visual acuity (all  $P < 0.05$ ). **Conclusion** PROS, RNFL and TLP in patients with PDR and DME are thinner or shorter than those of normals and non DR patients, and their

糖尿病视网膜病变(diabetic retinopathy, DR)是糖尿病(diabetes mellitus, DM)常见微血管并发症,是导致患者视功能下降、生活质量降低的重要原因<sup>[1]</sup>。早期认为 DR 发病主要与血视网膜屏障破坏有关<sup>[2]</sup>。近期也有研究发现,DR 早期即伴有神经细胞受损,视网膜神经节细胞、神经胶质细胞凋亡,伴视网膜厚度及视网膜神经纤维层厚度(retinal nerve fiber layer, RNFL)改变,且其改变可能早于微血管病变<sup>[3]</sup>。而光学相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)是目前用于检查视网膜各层细微结构改变及定量测定视网膜厚度的非侵入性、非接触性、新型组织形态学检查工具,对视网膜形态学改变及厚度变化检测有较高的敏感度<sup>[4]</sup>。基于此,本研究采用 OCT 技术检测正常健康人与 DM 伴或不伴 DR 患者视网膜厚度的变化,旨在明确 DR 早期组织形态改变,为 DR 诊疗提供依据。

# 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 选择 2015 年 2 月至 2017 年 1 月于河南省人民医院收治的 DM 患者 194 例(194 眼)。纳入标准:均经空腹血糖、餐后 2 h 血糖及糖化血红蛋白确诊为 DM;经荧光素眼底血管造影或散瞳眼底检查确诊为无糖尿病视网膜病变(non-diabetic retinopathy, NDR)组或 DR,增殖型 DR(proliferative DR, PDR)满足 PDR 诊断标准<sup>[5]</sup>;DM 病程 > 3 个月;双眼中选择病变较重患眼纳入研究,若双眼病情相似则选右侧患眼,单眼患病者取单侧患眼,患眼未合并其

他眼底疾病;最佳矫正视力 0.1 ~ 1.0,可中心固视或内固视;屈光不正  $\leq \pm 2.0$  DS;无高血压病史及眼部手术史。排除标准:青光眼、虹膜睫状体炎、葡萄膜炎、视网膜血管炎或视网膜静脉阻塞者;严重白内障、玻璃体积血及角膜瘢痕者;已接受治疗的黄斑水肿(macular edema, ME)者;有激光治疗史者;无法行 OCT 检查者;眼压 > 21 mmHg (1 kPa = 7.5 mmHg)者;合并高血压、冠心病、心功能不全、血液系统疾病、红斑狼疮、贫血等全身疾病者。其中 NDR 患者 75 例为 NDR 组;PDR 患者 64 例为 PDR 组;DR 并黄斑水肿(diabetic ME, DME)患者 55 例,为 DME 组<sup>[3,4]</sup>。NDR 组男 42 例,女 33 例;年龄 32 ~ 66 (51.1  $\pm$  5.3)岁;DM 病程 3 个月 ~ 3 a,平均(7.1  $\pm$  2.1)个月。PDR 组男 39 例,女 25 例;年龄 33 ~ 67 (51.3  $\pm$  4.9)岁;DM 病程 3 个月 ~ 4 a,平均(7.3  $\pm$  2.4)个月;其中 IV 期 39 例, V 期 25 例。DME 组男 35 例,女 20 例;年龄 32 ~ 67 (51.7  $\pm$  5.0)岁;DM 病程 4 个月 ~ 3 a,平均(7.5  $\pm$  2.5)个月。选择同期来医院体检的 50 名(50 眼,右眼)正常健康人作为对照组。年龄、性别与 DM 患者相匹配;无不适主诉;眼科常规检查未见异常;最佳矫正视力  $\geq 1.0$ ,屈光度  $\leq \pm 2.0$  DS;无眼部手术史;无 DM、高血压;无眼部畸形且可获得清晰 OCT 图像(图 1A ~ D)。其中男 32 名,女 18 名;年龄 34 ~ 66 (51.4  $\pm$  5.6)岁。NDR 组、PDR 组、DME 组、对照组性别、年龄等一般资料比较差异均无统计学意义(均为  $P > 0.05$ )。

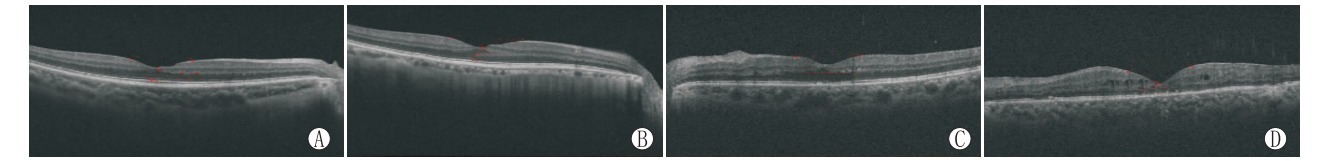


图 1 各组 OCT 图。A:对照组;B:NDR 组;C:PDR 组;D:DME 组

**1.2 方法** 所有患者入院后均行最佳矫正视力及常规眼科检查,并于上午 10:00 行 OCT 检查,采用海德堡 Spectralis OCT(德国海德堡公司)对受试者黄斑部行辐射线性扫描,采用内固视法,参照文献<sup>[6]</sup>全部对象检查前均充分散瞳,下颌放置于颌架,内注视,以黄斑中心凹为中心,采用“容积扫描”模式,扫描线长度为 6 mm,间隔 0.5 mm,夹角 30°,分别自左往右,自下而上进行垂直及水平线性扫描,选择信号强度评分超过 60 分的图片,均由同一位检测者利用自带图像分析软件自动测量视网膜光感受器层外节厚度(photoreceptor retinal outer segment, PROS)、RNFL、视网膜光感受器厚度(total length of the photoreceptors, TLP),PROS 由系统自带检测卡测定黄斑中心凹处 PROS,测定部位包括黄斑中心凹、黄斑中心凹外 750  $\mu$ m 旁中心凹;RNFL 由系统自动识别视盘中心,确定直径 3.4 mm 测量环位置,自 6 mm 方形区域提取数据,分析该

环上 RNFL 厚度;TLP 为内节及外节厚度之和,黄斑中心凹每次均获得 6 张视网膜断层图片,旁中心凹每次均获得 12 次视网膜断层图像(图 2),取均值。

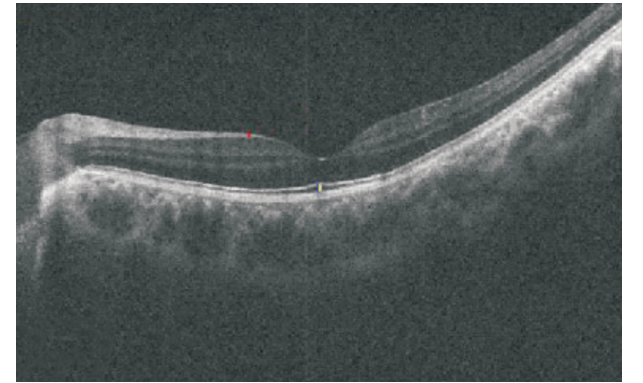


图 2 OCT 测量正常人视网膜 RNFL(红线)、TLP(IS/OS 黄线所示)、PROS(黄线下半段)图

**1.3 统计学方法** 采用 SPSS 19.0 软件分析数据,数值以  $\bar{x} \pm s$  表示,均行正态性和方差齐性检验,多组比较采用方差分析,组内行 LSD-*t* 检验,各因素与视力相关性分析采用 Pearson 相关分析。 $P < 0.05$  为差异具有统计学意义。

2 结果

**2.1 各组黄斑中心凹、旁中心凹 PROS 比较** 四组黄斑中心凹 PROS 比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。PDR 组、DME 组黄斑中心凹 PROS 低于对照组( $t = 4.131, 5.844$ , 均为  $P < 0.05$ )与 NDR 组( $t = 4.044, 6.359$ , 均为  $P < 0.05$ );DME 组 PROS 低于 PDR 组,差异有统计学意义( $t = 2.939, P < 0.05$ ),四组旁中心凹鼻上、颞上 PROS 比较差异均无统计学意义(均为  $P > 0.05$ ),见表 1。

表 1 各组黄斑中心凹、旁中心凹 PROS 比较

组别	<i>n</i>	黄斑中心凹 PROS/ $\mu\text{m}$	旁中心凹 PROS/ $\mu\text{m}$	
			鼻上	颞上
对照组	50	38.51 $\pm$ 2.57	27.32 $\pm$ 2.03	27.41 $\pm$ 1.96
NDR 组	75	38.21 $\pm$ 3.14	26.98 $\pm$ 1.97	27.11 $\pm$ 2.25
PDR 组	64	35.61 $\pm$ 4.41	26.83 $\pm$ 3.41	27.01 $\pm$ 2.56
DME 组	55	32.58 $\pm$ 6.74	27.22 $\pm$ 4.21	26.71 $\pm$ 6.02
<i>F</i> 值		17.568	2.364	2.179
<i>P</i> 值		0.000	0.089	0.093

**2.2 各组黄斑中心凹、旁中心凹 TLP 比较** 四组黄斑中心凹 TLP 比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),PDR 组、DME 组黄斑中心凹 TLP 短于对照组( $t = 4.618, 12.952$ , 均为  $P < 0.05$ )与 NDR 组( $t = 3.957, 11.899$ , 均为  $P < 0.05$ ),DME 组 TLP 短于 PDR 组,差异有统计学意义( $t = 7.260, P < 0.05$ ),四组旁中心凹鼻上、颞上 TLP 比较差异均无统计学意义(均为  $P > 0.05$ ),见表 2。

表 2 各组黄斑中心凹、旁中心凹 TLP 比较

组别	<i>n</i>	黄斑中心凹 TLP/ $\mu\text{m}$	旁中心凹 TLP/ $\mu\text{m}$	
			鼻上	颞上
对照组	50	50.71 $\pm$ 2.49	36.06 $\pm$ 3.02	37.06 $\pm$ 2.17
NDR 组	75	50.26 $\pm$ 3.05	36.17 $\pm$ 2.59	36.74 $\pm$ 2.79
PDR 组	64	48.14 $\pm$ 3.26	36.51 $\pm$ 3.87	36.65 $\pm$ 3.02
DME 组	55	44.11 $\pm$ 2.71	36.71 $\pm$ 5.44	36.59 $\pm$ 4.79
<i>F</i> 值		14.658	1.788	1.597
<i>P</i> 值		0.000	0.126	0.216

**2.3 各组黄斑中心凹、旁中心凹 RNFL 比较** 四组黄斑中心凹、旁中心凹 RNFL 比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),PDR 组、DME 组黄斑中心凹、旁中心凹鼻上及颞上 RNFL 均低于对照组( $t_{\text{PDR组}} = 6.408, 9.195, 7.717$ , 均为  $P < 0.05$ ;  $t_{\text{DME组}} = 10.834, 13.742, 12.657$ , 均为  $P < 0.05$ )与 NDR 组( $t_{\text{PDR组}} = 5.738, 7.564, 7.909$ , 均为  $P < 0.05$ ;  $t_{\text{DME组}} = 9.329, 10.565, 12.707$ , 均为  $P < 0.05$ ),DME 组黄斑中心凹、旁中心凹鼻上及颞上 RNFL 又低于 PDR 组,差异均有统计学意义( $t = 3.468, 4.045, 4.465$ , 均为  $P <$

$0.05$ ),见表 3。

表 3 各组黄斑中心凹、旁中心凹 RNFL 比较

组别	<i>n</i>	黄斑中心凹 RNFL/ $\mu\text{m}$	旁中心凹 RNFL/ $\mu\text{m}$	
			鼻上	颞上
对照组	50	59.05 $\pm$ 4.33	73.12 $\pm$ 5.06	70.26 $\pm$ 4.79
NDR 组	75	58.52 $\pm$ 5.79	72.77 $\pm$ 7.65	69.89 $\pm$ 5.02
PDR 组	64	53.02 $\pm$ 5.44	64.25 $\pm$ 5.15	63.25 $\pm$ 4.83
DME 组	55	49.85 $\pm$ 4.36	60.74 $\pm$ 4.16	59.66 $\pm$ 3.77
<i>F</i> 值		13.547	12.374	11.768
<i>P</i> 值		0.000	0.000	0.000

**2.4 各组最佳矫正视力比较** 四组最佳矫正视力比较差异有统计学意义( $F = 10.674, P < 0.05$ ),PDR、DME 组最佳矫正视力分别为  $0.81 \pm 0.24, 0.55 \pm 0.23$ ,均低于对照组  $1.00$ ( $t_{\text{PDR组}} = 5.592, P < 0.05$ ;  $t_{\text{DME组}} = 13.828, P < 0.05$ )与 NDR 组  $1.00$ ( $t_{\text{PDR组}} = 6.860, P < 0.05$ ;  $t_{\text{DME组}} = 16.968, P < 0.05$ ),DME 组视力又低于 PDR 组,差异有统计学意义( $t = 6.006, P < 0.05$ )。

**2.5 DR 患者黄斑中心凹 PROS、TLP 及 RNFL 与最佳矫正视力相关性** DR 患者黄斑中心凹 PROS、TLP 及 RNFL 均与患者最佳矫正视力呈正相关( $r = 0.567, 0.478, 0.551$ , 均为  $P < 0.05$ ),其中 PROS 相关度最高( $P < 0.05$ ),即 DR 患者黄斑中心凹 PROS、TLP、RNFL 越高,患者最佳矫正视力越好。

3 讨论

DR 所引起黄斑水肿是成年人群视力降低及致盲的主要原因<sup>[7]</sup>。目前认为血-视网膜屏障破坏所致视网膜组织层液体聚集及视网膜厚度变化是引起视力降低的重要原因<sup>[8]</sup>。但 Berkowitz 等<sup>[9]</sup>指出,DR 患者神经元变性、神经脱髓鞘、轴突萎缩等神经病变早于视网膜血管病变。而早期研究报道多围绕视网膜内核厚度变化展开<sup>[10-11]</sup>,少有报道对视网膜外层 PROS 厚度的变化进行研究,而视网膜变性及黄斑病变等其首要病变均出现于视网膜外层,以光感受器层与色素上皮细胞层为主<sup>[12]</sup>。而外界膜、IS/OS 交界连接带、视锥细胞外节末梢则均存在于光感受器细胞内,且其高反射光带的完整性直接影响光感受器细胞功能状态及其完整性。Toprak 等<sup>[13]</sup>建立动物模型,并采用频谱 OCT 进行视网膜结构及功能筛查,发现 IS/OS 条带所对应视网膜组织为光感受器细胞内节椭圆体,因此认为 IS/OS 异常可能与光感受器线粒体异常有关,即视网膜光感受器细胞能量代谢异常,其功能受损,引起该区域细胞变性 & 坏死,导致视力降低,因此提出黄斑区 IS/OS 缺损或断裂均为患者视力异常的反馈。

研究发现,长期处于高血糖状态可能对血-视网膜屏障产生干扰,造成黄斑区视网膜增厚,引起毛细血管通透性提升,导致水分进入组织内,导致视网膜增厚<sup>[14]</sup>。PROS、TLP 均为反映视网膜光感受器厚度

及长度的指标,其水平的变化在很大程度上反映视网膜变性及早期黄斑病变。本研究对正常健康人、NDR、PDR 及 DME 患者 PROS、TLP 监测发现,PDR 与 DME 患者 PROS 较健康人与 NDR 患者薄,TLP 较健康人及 NDR 短,分析原因可能为 DM 患者视网膜微血管长期暴露于高血糖环境内,可造成眼部微血管病变,导致视网膜功能降低,早期 DR 患者均伴不同程度脉络膜毛细血管萎缩及内皮细胞功能受损,导致蛋白、脂质、细胞等成分渗出视网膜血管,而大分子物质无法通过外界膜,并聚集于外界膜前,引起渗透压增加,导致细胞外液聚集于同视网膜内核层,造成黄斑区肿胀,进一步引起组织缺氧、缺血,造成血-视网膜屏障破坏,引起光感受器细胞损害,造成神经元组织变性或缺失,导致 PROS 变薄。

此外,进行 RNFL 厚度监测发现,PDR、DME 患者视网膜黄斑中心凹、旁中心凹鼻上及颞上 RNFL 厚度均较对照组与 NDR 组降低,表明 DR 患者视网膜神经纤维亦存在不同程度的损害,与 Yohannan 等<sup>[15]</sup>研究结论一致,而 DME 患者 RNFL 又低于 PDR 患者,分析原因可能为随 DM 病程的进展,患者 ME 程度上升,视网膜神经细胞轴突日趋变性且数量逐渐减少,引起 RNFL 变薄。另外,进行相关性分析发现,DR 患者早期 PROS、TLP、RNFL 的变化均与患者最佳矫正视力呈正相关,表明视网膜病变患者 PROS 及 TLP 与 RNFL 的变化均与患者视力损伤存在密切联系。而密切监测 DM 视网膜损伤患者 PROS、TLP、RNFL 的变化则可为其诊断、治疗及预后的改善提供依据。

综上所述,不同类型视网膜病变患者视网膜外层厚度存在一定的差异,PDR、DME 患者 PROS、RNFL、RLP 均较正常健康人与非 DR 患者变薄或缩短,且 PROS、RNFL、RLP 变化与患者视力变化存在紧密关联,其 PROS、TLP、RNFL 越高,患者视力越好。

## 参考文献

- [1] LIANG A Y, CAO D, ZHANG L. The correlation between choroidal thickness and diabetic retinopathy [J]. *Chin J Ocul Fund Dis*, 2017, 33(3): 315-318.  
梁安怡,曹丹,张良. 脉络膜厚度与糖尿病视网膜病变相关性研究现状[J]. 中华眼底病杂志, 2017, 33(3): 315-318.
- [2] TERAUCHI G, SHINODA K, MATSUMOTO C S. Recovery of photoreceptor inner and outer segment layer thickness after reattachment of rhegmatogenous retinal detachment. [J]. *Br J Ophthalmol*, 2015, 99(10): 1323-1327.
- [3] SIM D A, KEANE P A, MEHTA H, FUNG S, ZARRANZ-VENTURA J, FRUTTIGER M, et al. Repeatability and reproducibility of choroidal vessel layer measurements in diabetic retinopathy using enhanced depth optical coherence tomography [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2013, 54(4): 2893-2901.
- [4] HASHIMOTO Y, SAITO W, SAITO M, HIROOKA K, YOSHIZAWA C, NODA K, et al. Retinal outer layer thickness increases with regression of multiple evanescent white dot syndrome and visual improvement positively correlates with photoreceptor outer segment length [J]. *Acta Ophthalmol*, 2014, 92(7): 591-592.
- [5] BAVINGER J C, DUNBAR G E, STEM M S, BLACHLEY T S, KWARK L, FARSIU S, et al. The effects of diabetic retinopathy and pan-retinal photocoagulation on photoreceptor cell function as assessed by dark adaptometry [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2016, 57(1): 208-217.
- [6] FAN N, HUANG L N, CHENG H B, LAI M Y. Photoreceptor layer thickness measurement in normal and glaucomatous eyes with spectral domain OCT [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2011, 29(4): 359-362.  
樊宁, 黄丽娜, 成洪波, 赖锦莹. 频域 OCT 对正常人和青光眼感受器细胞层厚度的检测 [J]. 中华实验眼科杂志, 2011, 29(4): 359-362.
- [7] XUS S C, LI H R, FAN Y, WEN Y, SUN J L. Correlation between ocular axial length and central retinal thickness in diabetic retinopathy [J]. *Rec Adv Ophthalmol*, 2014, 34(3): 253-256.  
薛尚才, 李惠荣, 范勇, 温玉, 孙建玲. 糖尿病视网膜病变眼轴长与中心视网膜厚度的相关性研究 [J]. 眼科新进展, 2014, 34(3): 253-256.
- [8] ELHABASHY S A, ELBARBARY N S. Can optical coherence tomography predict early retinal microvascular pathology in type 1 diabetic adolescents without minimal diabetic retinopathy? A single-centre study [J]. *J Pediatr Endocr Met*, 2015, 28(1-2): 139-146.
- [9] BERKOWITZ B A, BISSIG D, PATEL P, BHATIA A, ROBERTS R. Acute systemic 11-cis-retinal intervention improves abnormal outer retinal ion channel closure in diabetic mice [J]. *Mol Vis*, 2012, 18: 372-376.
- [10] LEE D H, KIM J T. The relationship between foveal ischemia and spectral-domain optical coherence tomography findings in ischemic diabetic macular edema [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2013, 54(2): 1080-1085.
- [11] JAIN A, SAXENA S, KHANNA V K, SHUKLA R K, MEYER C H. Status of serum VEGF and ICAM-1 and its association with external limiting membrane and inner segment-outer segment junction disruption in type 2 diabetes mellitus [J]. *Mol Vis*, 2013, 19: 1760-1768.
- [12] GENG S, YE J J, CHEN X Y, AI F R. Measurement and comparison of retinal nerve fiber layer thickness in different stages of diabetic retinopathy patient with type 2 diabetes [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2013, 31(1): 60-64.  
耿爽, 叶俊杰, 陈辛元, 艾凤荣. 不同程度 2 型糖尿病视网膜病变患者视网膜神经纤维层厚度的变化和比较 [J]. 中华实验眼科杂志, 2013, 31(1): 60-64.
- [13] TOPRAK I, YAYLALI V, YILDIRIM C. Decreased photoreceptor inner segment/outer segment junction reflectivity in patients with idiopathic epimacular membrane [J]. *Eye*, 2014, 28(9): 1126-1130.
- [14] SACCHETTI M, MANTELLI F, ROCCO M L. Recombinant human nerve growth factor treatment promotes photoreceptor survival in the retinas of rats with retinitis pigmentosa [J]. *Curr Eye Res*, 2017, 42(7): 1064-1068.
- [15] YOHANNAN J, BITTENCOURT M, SEPAH Y J, HATEF E, SOPHIE R, MORADI A, et al. Association of retinal sensitivity to integrity of photoreceptor inner/outer segment junction in patients with diabetic macular edema [J]. *Ophthalmology*, 2013, 120(6): 1254-1261.