

# 早期原发性开角型青光眼视盘血流密度的分析研究

吴真真, 吴蔚林, 吴国玮, 贺琴, 张帅

引用: 吴真真, 吴蔚林, 吴国玮, 等. 早期原发性开角型青光眼视盘血流密度的分析研究. 国际眼科杂志 2022; 22(1): 95-98

基金项目: 福州市科技计划项目 (No.2019-S-97)

作者单位: (350000) 中国福建省福州市, 福州东南眼科医院

作者简介: 吴真真, 毕业于福建医科大学, 硕士研究生, 副主任医师, 研究方向: 青光眼、白内障。

通讯作者: 吴真真. wzz286203477@163.com

收稿日期: 2021-07-09 修回日期: 2021-12-02

## 摘要

**目的:** 探讨早期原发性开角型青光眼 (POAG)、高血压症患者和健康者的视盘血流密度的差异。

**方法:** 横断面研究。收集 2019-01/2021-04 于福州东南眼科医院青光眼科门诊就诊患者, 早期 POAG 组 45 例 70 眼, 其中男 32 例 49 眼, 女 13 例 21 眼, 年龄 48.50 (26.75, 64.50) 岁, 高血压组 37 例 65 眼, 其中男 17 例 29 眼, 女 20 例 36 眼, 年龄 37.00 (27.00, 47.00) 岁, 健康组 51 例 94 眼, 其中男 23 例 39 眼, 女 28 例 55 眼, 年龄 46.00 (34.50, 56.50) 岁。分别对三组进行常规的眼科检查包括最佳矫正视力 (BCVA)、眼压、视野、视网膜神经纤维层厚度 (RNFL)、中央角膜厚度 (CCT) 等, 通过光相干断层扫描血管成像检查 (OCTA) 采集并测量三组的视盘中心区、内层区、外层区和完整区的视盘血流密度。

**结果:** 三组眼压比较有差异 ( $H = 146.876, P < 0.001$ ), 早期 POAG 组和高血压组与健康组的眼压值有差异 (均  $P < 0.01$ ), 早期 POAG 组和高血压组患者的眼压无差异 ( $P = 0.132$ )。早期 POAG 组和高血压组的 BCVA、RNFL、MD 值比较有差异 ( $P = 0.005, 0.01, < 0.01$ ), 早期 POAG 组和健康组两者的 BCVA、RNFL、MD 值比较有差异 ( $P = 0.013, < 0.01, < 0.01$ ), 高血压组和健康组两者的 BCVA、RNFL、MD 值比较无差异 ( $P = 1.000, 0.660, 1.000$ )。早期 POAG 组和健康组之间 CCT 无差异 ( $P = 0.074$ ), 早期 POAG 组和高血压组之间 CCT 比较有差异 ( $P = 0.006$ ), 高血压组和健康组之间 CCT 比较有差异 ( $P < 0.01$ ) 在中心区、内层区、完整区, 早期 POAG 组和高血压组的血流密度比较有差异 (均  $P < 0.01$ ), 早期 POAG 组和健康组的血流密度比较有差异 (均  $P < 0.01$ ), 高血压组和健康组比较无差异 (均  $P = 1.000$ )。在外层区, 早期 POAG 组和健康组的血流密度比较有差异 ( $P = 0.001$ ), 高血压组和早期 POAG 组及健康组比较有差异 ( $P = 0.067, 0.877$ )。

**结论:** 早期 POAG 的视盘血流密度相比高血压症和健康者是减少的, 与视野 MD、RNFL 参数的变化是相一致的, 早期 POAG 视盘不同区域血流密度均减少。

**关键词:** 原发性开角型青光眼; 高血压症; 健康者; 光相干断层扫描血管成像检查; 视盘血流密度

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2022.1.20

## Analysis of the optic vessel density in early primary open angle glaucoma

Zhen - Zhen Wu, Wei - Lin Wu, Guo - Wei Wu, Qin He, Shuai Zhang

**Foundation item:** Fuzhou Science and Technology Planning Project (No.2019-S-97)

Fuzhou Southeast Eye Hospital, Fuzhou 350000, Fujian Province, China

**Correspondence to:** Zhen - Zhen Wu. Fuzhou Southeast Eye Hospital, Fuzhou 350000, Fujian Province, China. wzz286203477@163.com

Received: 2021-07-09 Accepted: 2021-12-02

## Abstract

• **AIM:** To investigate the difference of the optic vessel density in early primary open angle glaucoma (POAG), ocular high tension subjects and healthy subjects.

• **METHODS:** A cross-sectional study. From January 2019 to April 2021, patients were selected in the Department of Glaucoma in Fuzhou Southeast Eye Hospital. There were 45 patients (70 eyes) of early POAG group, including 32 males (49 eyes) and 13 females (21 eyes) with age of 48.50 (26.75, 64.50) years. There were 37 patients (65 eyes) of ocular high tension group, including 17 males (29 eyes) and 20 females (36 eyes) with age of 37.00 (27.00, 47.00) years. There were 51 patients (94 eyes) of healthy group, including 23 males (39 eyes) and 28 females (55 eyes) with age of 46.00 (34.50, 56.50) years. Ophthalmic examinations including best-corrected visual acuity (BCVA), intraocular pressure, central corneal thickness (CCT), mean deviations (MD), retinal nerve fiber layers thickness (RNFL) were measured in three groups. The center area, the inner circle area, the outer circle area, and the whole area of the optic vessel density in three groups were measured via optical coherence tomography angiography (OCTA) device.

• **RESULTS:** The difference of the intraocular pressure in early POAG group - ocular high tension group was not significant ( $H = 146.876, P < 0.001$ ), while significantly in early POAG group - healthy group and ocular high tension group - healthy group (all  $P < 0.01$ ). Significant differences in BCVA, MD, and RNFL were observed in early POAG group - ocular high tension group ( $P = 0.005, P = 0.01, P < 0.01$ ) and early POAG group - healthy group ( $P = 0.013, P < 0.01, P < 0.01$ ), while the difference was not found in ocular high tension group - healthy group ( $P = 1.000, P = 0.660, P = 1.000$ ). There was no difference of CCT in early POAG group - healthy group ( $P = 0.074$ ), and significant

differences were observed in early POAG group - ocular high tension group and ocular high tension group - healthy group ( $P = 0.006$ ,  $P < 0.01$ ). The optic vessel density comparison in the center area, the inner circle area, and the whole area were significantly different in early POAG group - ocular high tension group (all  $P < 0.01$ ) and in early POAG group - healthy group (all  $P < 0.01$ ), which indicated that the optic vessel density was obviously less in the early POAG group than the other two groups. The optic vessel density had no significant difference in ocular high tension group - healthy group in these areas (all  $P = 1.000$ ). In the outer circle area, there were no significant differences of the optic vessel density in early POAG group - ocular high tension group and early POAG group - healthy group ( $P = 0.067$ ,  $P = 0.877$ ), while significant difference was observed in early POAG group - healthy group ( $P = 0.001$ ).

• **CONCLUSION:** The optic vessel density was decreased in early POAG comparing with ocular high tension subjects and healthy subjects, which was agree with the changes of MD, RNFL. The optic vessel density decreased firstly from the center area and the inner circle area for early POAG.

• **KEYWORDS:** primary open angle glaucoma; ocular high tension; healthy subject; optical coherence tomography angiography; optic vessel density

**Citation:** Wu ZZ, Wu WL, Wu GW, *et al.* Analysis of the optic vessel density in early primary open angle glaucoma. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022;22(1):95-98

## 0 引言

原发性开角型青光眼 (POAG) 由于没有急性发作的典型症状,早期发病隐匿,就诊时往往多晚期。目前,青光眼性视神经损害是不可逆的,但青光眼是可预防和控制的疾病,因此早期诊断和早治疗在临床中非常重要。越来越多的证据表明,视盘血流异常参与青光眼的发病机制,视盘血流密度的减少和血管血流的异常可能与青光眼的类型和疾病的预后有着密切的相关。光相干断层扫描血管成像 (OCTA) 是一项安全无创、可重复、可定量的新检查技术,通过探测和分析视网膜血管中红细胞的运动信号,可以在不需要注射造影剂的情况下生成视网膜血管图像,可检测视盘、视盘周围及黄斑区微血管的血流状态,为青光眼的诊断和发病机制的研究提供更多的证据。本研究通过 OCTA 检查分别测量早期 POAG 患者、高眼压症患者及健康人视盘表层血流密度,分析研究三组间视盘血流密度的特征,并比较之间的差异,现将结果报道如下。

## 1 对象和方法

**1.1 对象** 横断面研究。收集 2019-01/2021-04 于福州东南眼科医院青光眼科门诊就诊患者,共纳入 133 例 229 眼,按临床诊断标准分为 3 组,早期 POAG 组 45 例 70 眼,其中男 32 例 49 眼,女 13 例 21 眼,年龄 48.50 (26.75, 64.50) 岁,高眼压组 37 例 65 眼,其中男 17 例 29 眼,女 20 例 36 眼,年龄 37.00 (27.00, 47.00) 岁,健康组 51 例 94 眼,其中男 23 例 39 眼,女 28 例 55 眼,年龄 46.00 (34.50, 56.50) 岁。各组间的年龄差异无统计学意义 ( $H = 5.718$ ,

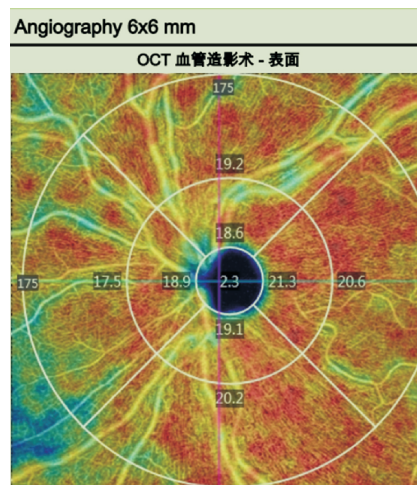


图 1 表面视盘不同区域的血流密度 OCTA 图像。

$P = 0.057$ ), 见表 1。纳入标准: (1) 早期 POAG 组: 房角开放、24h 眼压超过 21mmHg (1mmHg = 0.133kPa)、具有青光眼特征性视盘改变和视野缺损的青光眼, 年龄大于 18 周岁。依据 HPA 国际视野分期法: 视野检查平均缺损 (MD)  $< -6$ dB 为早期; (2) 高眼压组: 房角开放、24h 眼压超过 21mmHg、不具有青光眼特征性视盘改变和视野缺损, 年龄大于 18 周岁; (3) 健康组: 房角开放、24h 眼压不超过 21mmHg、不具有青光眼特征性视盘改变和视野缺损, 年龄大于 18 周岁。排除标准: (1) 外伤、炎症等导致的继发性青光眼和先天性青光眼; (2) 其它视神经或视网膜疾病、眼部手术史; (3) 球镜度数  $> 6.00$ D, 散光度数  $> 2$ D; (4) 严重白内障或者其他原因导致屈光间质混浊影响眼底成像; (5) 患有高血压、糖尿病。本研究流程符合《赫尔辛基宣言》的要求, 并获得福州东南眼科医院伦理委员批准 (No. 2019-001)。所有患者均知情同意。

**1.2 方法** 所有的纳入对象均完成全面的眼科检查, 包括裂隙灯、间接眼底镜、最佳矫正视力 (BCVA)、眼压、屈光状态、房角镜、中央角膜厚度 (CCT) 检查、视网膜神经纤维层厚度 (RNFL) 检查、视野检测。采用光相干断层扫描仪 Cirrus HD-OCT 5000 行 OCTA 检查, 采集眼底视盘表层血管图像, 扫描模式 Angiography 6x6mm, 并利用内置量化分析软件 Cirrus HD-OCT 5000 Review Software V.10 对采集的眼底表层血管图像进行量化分析。OCTA 检查以视盘为中心, 6x6mm 范围内, 采集并测量视盘及视盘周围三个同心环内的表层血流密度: 包括视盘中心区域血流密度、内层区域血流密度、外层区域血流密度、完整区域血流密度, 其中视盘中心区域指直径 1mm 范围内、内层区域指 (1~3)mm 的环形区域、外层区域指 3~6mm 的环形区域、完整区域指直径 6mm 圆范围内 (图 1)。测量均由同一个熟练的专业技术人员操作, 同一型号机器采集。

统计学分析: 采用 SPSS 25.0 统计学软件对数据进行分析, 对计量资料通过 Shapiro-Wilk 正态检验, 满足正态分布采用  $\bar{x} \pm s$  描述, 组间差异比较采用单因素方差分析, 多重比较采用 Bonferroni 校正,  $P < 0.017$  (0.05/3) 为差异有统计学意义。不满足正态分布的采用  $M(P_{25}, P_{75})$  描述, 组间差异比较采用 Kruskal-Wallis  $H$  检验。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

表 1 三组相关参数的比较

组别	眼数	年龄[ $M(P_{25}, P_{75})$ , 岁]	眼压[ $M(P_{25}, P_{75})$ , mmHg]	BCVA[ $M(P_{25}, P_{75})$ , LogMAR]	CCT ( $\bar{x} \pm s$ , $\mu\text{m}$ )	RNFL[ $M(P_{25}, P_{75})$ , $\mu\text{m}$ ]	MD[ $M(P_{25}, P_{75})$ , db]
总体	229	44.00 (30.00, 57.00)	20.00 (17.00, 24.00)	1.61 (1.61, 1.61)	546.28 $\pm$ 34.58	97.00 (91.00, 104.00)	-1.22 (-2.79, -0.65)
早期 POAG 组	70	48.50 (26.75, 64.50)	25.00 (21.00, 29.00) <sup>b</sup>	1.61 (1.59, 1.61) <sup>a, c</sup>	543.84 $\pm$ 27.331 <sup>d</sup>	92.50 (82.00, 99.00) <sup>b, d</sup>	-3.50 (-5.48, -1.54) <sup>b, d</sup>
高眼压组	65	37.00 (27.00, 47.00)	22.00 (21.00, 24.00) <sup>b</sup>	1.61 (1.61, 1.61)	561.09 $\pm$ 34.88 <sup>b</sup>	97.0 (93.00, 103.00)	-0.76 (-1.47, -0.45)
健康组	94	46.0 (34.50, 56.50)	16.00 (14.00, 18.00)	1.61 (1.61, 1.61)	532.44 $\pm$ 33.04	98.00 (93.25, 106.00)	-0.86 (-1.60, -0.62)
H/F		5.718	46.876	11.646	16.061	19.092	64.589
P		0.057	<0.001	0.003	<0.001	<0.001	<0.001

注:<sup>a</sup> $P < 0.05$ , <sup>b</sup> $P < 0.01$  vs 健康组; <sup>c</sup> $P < 0.05$ , <sup>d</sup> $P < 0.01$  vs 高眼压组。

表 2 三组视盘不同区域血流密度比较

组别	眼数	中心区	内层区	外层区	完整区
总体	229	2.60(1.00, 5.60)	16.70(14.80, 18.10)	18.00(16.90, 18.90)	17.20(16.20, 18.10)
早期 POAG 组	70	1.25(0.30, 2.3) <sup>b, d</sup>	15.05(13.20, 16.67) <sup>b, d</sup>	17.55(15.03, 18.38) <sup>b</sup>	16.40(14.90, 17.45) <sup>b, d</sup>
高眼压组	65	4.40(1.30, 8.20)	16.90(15.80, 18.50)	18.10(17.10, 18.80)	17.40(16.70, 18.00)
健康组	94	3.50(1.47, 6.72)	17.40(15.50, 18.38)	18.30(17.50, 19.00)	17.70(16.80, 18.30)
H		31.350	29.890	12.493	25.819
P		<0.001	<0.001	0.002	<0.001

注:<sup>b</sup> $P < 0.01$  vs 健康组; <sup>d</sup> $P < 0.01$  vs 高眼压组。

## 2 结果

**2.1 三组眼压的比较** 三组之间的眼压差异具有统计学意义( $H = 146.876, P < 0.001$ ), 进一步两两比较发现早期 POAG 组和高眼压组患者的眼压差异无统计学意义( $P = 0.132$ )。早期 POAG 组和高眼压组与健康组的眼压值差异均有统计学意义(均  $P < 0.01$ ), 见表 1。

**2.2 三组 BCVA 和 RNFL 及 MD 值的比较** 不同分组之间的 BCVA、RNFL、MD 的差异均具有统计学意义( $H = 11.646, 19.092, 64.589, P = 0.003, < 0.001, < 0.001$ ), 进一步两两比较发现早期 POAG 组和高眼压组两者的 BCVA、RNFL、MD 值差异具有统计学意义( $P = 0.005, 0.01, < 0.01$ ), 早期 POAG 组和健康组两者的 BCVA、RNFL、MD 值差异具有统计学意义( $P = 0.013, < 0.01, < 0.01$ ), 高眼压组和健康组的 BCVA、RNFL、MD 值差异无统计学意义( $P = 1.000, 0.660, 1.000$ ), 见表 1。

**2.3 三组 CCT 的比较** 三组之间的 CCT 比较差异有统计学意义( $F = 16.061, P < 0.001$ ), 进一步两两比较发现早期 POAG 组和健康组之间 CCT 差异无统计学意义( $P = 0.074$ ), 早期 POAG 组和高眼压组之间 CCT 比较差异有统计学意义( $P = 0.006$ ), 高眼压组和健康组之间 CCT 比较差异有统计学意义( $P < 0.01$ ), 其中高眼压组组的 CCT 最厚, 见表 1。

**2.4 三组视盘不同区域血流密度的比较** 三组之间视盘中心区、内层区、外层区和完整区的血流密度差异均具有统计学意义( $H = 31.350, 29.890, 2.493, 25.819$ , 均  $P < 0.05$ ), 进一步两两比较发现在中心区、内层区、完整区, 早期 POAG 组和高眼压组的血流密度比较差异有统计学意义(均  $P < 0.01$ ), 早期 POAG 组和健康组的血流密度比较差异有统计学意义(均  $P < 0.01$ ), 高眼压组和健康组

差异无统计学意义(均  $P = 1.000$ )。在外层区, 早期 POAG 组和健康组的血流密度比较差异有统计学意义( $P < 0.01$ ), 高眼压组和健康组、早期 POAG 组、健康组比较差异无统计学意义( $P = 0.067, 0.877$ ), 见表 2。

## 3 讨论

青光眼是全球第一大不可逆致盲性眼病, 是由于视网膜神经节细胞损伤引起的视神经进行性萎缩, 导致视力下降、视野缺损的疾病。目前关于它的发病机制, 尚未完全明确, 虽然可能机械压力学说的理论占主导, 但是血管缺血学说的重要性也在不断地被研究和证明。有研究表明, POAG 的视网膜中央动脉收缩期和舒张期血流是明显减少的, 提示着从视盘表面到视网膜内层可能都存在血流供应的不足<sup>[1]</sup>。Bekkers 等<sup>[2]</sup>研究表明青光眼的视盘周围、视盘和黄斑区的血流密度和血流指数是明显减低。Barbosa-Breda 等<sup>[3]</sup>报道血管相关参数还可以用于鉴别区分不同类型的青光眼, 特别是 POAG 和正常眼压性青光眼, 正常眼压性青光眼的血管和血流参数是显著异常的。还有研究发现相比健康者, 青光眼患者视盘周围表层和黄斑区的上下方区域血流密度和血流是明显受损的<sup>[4-5]</sup>。

OCTA 是基于 SD-OCT 开发出的新检查技术, 可以检测视网膜微血管的血流密度, 对视盘表层血管图像进行量化分析, 它可以提供中心、内层、外层、完整四个区域的血流密度, 还可以提供视盘、视盘周围、黄斑、深层视网膜、脉络膜等层次的血管血流信息, 为血流的形态学研究提供了新的手段, 可以更加直观地准确地测量血流密度, 在青光眼、眼底视网膜视神经疾病等的诊治上发挥着越来越重要的作用。OCTA 也为早期 POAG 的诊断和研究提供了新方法<sup>[6]</sup>。已有部分关于 OCTA 的文献报道得出青光眼患者的视盘血流相比健康者是减少的<sup>[7]</sup>, 特别是视盘血流密

度明显的低于正常眼,并且与青光眼结构和功能的损害程度密切相关<sup>[8-11]</sup>。更有通过 OCTA 研究发现,原发性开角型青光眼视盘血流密度减少与视网膜神经纤维层厚度的缺损是一致的<sup>[12]</sup>。Scripsema 等<sup>[13]</sup>和 Igarashi 等<sup>[14]</sup>做了关于 POAG 和正常眼性青光眼的视盘血流密度的比较研究,均得出视盘血流密度减少与视网膜神经纤维层厚度的缺损、视野、MD 值、眼压密切相关的结论。OCTA 可以提供多层次和多区域的血流信息,在青光眼的诊断上不仅和 RNFL 具有相似性,而且它还可以提供更丰富的信息,包括深层视网膜和脉络膜的血流信息,用于青光眼的诊断和鉴别诊断及预后评估等<sup>[15]</sup>。在诊断早期青光眼中,相比 OCT 可能有更好的临床价值<sup>[6]</sup>。

本研究详细的对三组人群的眼压、BCVA、RNFL、MD 值和 CCT 进行多重比较分析,结果表明早期 POAG 组 BCVA、MD 值和 RNFL 与高眼压组和健康组均有明显减少,高眼压组和健康组无明显差异,完全符合三组临床表现特征,同时也和本试验早期 POAG 的视盘血流密度减少的结论相对应。临床上高眼压症指的是眼压高于 21mmHg,但无青光眼特征的视盘损害和视野缺损,其眼压升高多与角膜厚度增厚有相关性。本研究里高眼压组眼压高于 21mmHg,BCVA、视野和 RNFL 相较健康组无明显差异,但角膜厚度是三组中最厚的,与其他两组的差异比较是有统计学意义的,符合其眼压升高多与角膜厚度增厚的特征。

本研究通过 OCTA 对比研究早期 POAG、高眼压症和健康者的表层视盘的中心区、内层区、外层区和完整区视盘血流密度差异。研究结果提示在四个区域里,早期 POAG 的血流密度相比健康组都是显著性减少的,这和 Li 等<sup>[6]</sup>的研究结果是一致的。在视盘中心区、内层区和完整区,早期 POAG 组相比高眼压组的视盘血流密度都具有显著性差异,早期 POAG 的视盘中心区域的血流密度是明显减少的,视盘中心区主要来自黄斑区视网膜神经纤维束,符合早期 POAG 视神经损害的特征。在外层区,早期 POAG 组和高眼压组的视盘血流密度差异不显著,考虑外层区是距离视盘中心的 3~6mm 的环形区域,接近视盘的外周围,对早期 POAG 视盘血流密度减少的影响相对较弱。另外这两组的样本量较少可能也是个影响因素。由此可推测,早期 POAG 视盘血流密度的减少可能是从视盘的中心区和内层区开始的,这将有利于通过 OCTA 检测中识别早期 POAG 视盘血流密度减少的区域。高眼压症是一类眼压超过正常水平,但长期随访观察并不出现青光眼性视神经和视野的损害,通常眼压在 21~30mmHg。在本研究里,高眼压组和健康组四个不同区域的血流密度都是无显著性差异的,这和高眼压症的临床特征是相对应的。据我们所知,目前为止尚无关于从视盘的中心区、内层区、外层区和完整区四个不同区域对早期 POAG 患者、高眼压症患者和健康者的视盘血流密度进行分析研究的研究,这是本研究的创新点。

综上所述,早期 POAG 的视盘血流密度相比高眼压症和健康者是减少的,与视野 MD、RNFL 等参数的变化特征是相一致、相对应的。视盘血流密度的测量可以用于辅助

POAG 的早期发现和诊断,高眼压症患者和健康者的视盘血流密度无明显减少。

#### 参考文献

- 1 Akarsu C, Bilgili MYK. Color Doppler imaging in ocular hypertension and open-angle glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2004;242(2):125-129
- 2 Bekkers A, Borren N, Ederveen V, et al. Microvascular damage assessed by optical coherence tomography angiography for glaucoma diagnosis: a systematic review of the most discriminative regions. *Acta Ophthalmol* 2020;98(6):537-558
- 3 Barbosa-Breda J, Van Keer K, Abegão-Pinto L, et al. Improved discrimination between normal-tension and primary open-angle glaucoma with advanced vascular examinations - the Leuven Eye Study. *Acta Ophthalmol* 2019;97(1):e50-e56
- 4 Jesus DA, Barbosa Breda J, Van Keer K, et al. Quantitative automated circumpapillary microvascular density measurements: a new angioOCT-based methodology. *Eye (Lond)* 2019;33(2):320-326
- 5 Lommatzsch C, Rothaus K, Koch JM, et al. OCTA vessel density changes in the macular zone in glaucomatous eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2018;256(8):1499-1508
- 6 Li YJ, Liu WS, Bai ZC, et al. Diagnostic performance of OCT and OCTA in less than 60-year-old patients with early POAG: a cross-sectional study. *Int J Ophthalmol* 2020;13(12):1915-1921
- 7 Jia YL, Wei E, Wang XG, et al. Optical coherence tomography angiography of optic disc perfusion in glaucoma. *Ophthalmology* 2014;121(7):1322-1332
- 8 Rao HL, Pradhan ZS, Weinreb RN, et al. Vessel density and structural measurements of optical coherence tomography in primary angle closure and primary angle closure glaucoma. *Am J Ophthalmol* 2017;177:106-115
- 9 Shin JW, Lee J, Kwon J, et al. Regional vascular density-visual field sensitivity relationship in glaucoma according to disease severity. *Br J Ophthalmol* 2017;101(12):1666-1672
- 10 Lee EJ, Kim TW, Lee SH, et al. Underlying microstructure of parapapillary deep-layer capillary dropout identified by optical coherence tomography angiography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2017;58(3):1621-1627
- 11 Wang X, Jiang C, Ko T, et al. Correlation between optic disc perfusion and glaucomatous severity in patients with open-angle glaucoma: an optical coherence tomography angiography study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2015;253(9):1557-1564
- 12 Lee EJ, Lee KM, Lee SH, et al. OCT angiography of the peripapillary retina in primary open-angle glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016;57(14):6265-6270
- 13 Scripsema NK, Garcia PM, Baviera RD, et al. Optical coherence tomography angiography analysis of perfused peripapillary capillaries in primary open-angle glaucoma and normal-tension glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016;57(9):611-620
- 14 Igarashi R, Ochiai S, Sakaue Y, et al. Optical coherence tomography angiography of the peripapillary capillaries in primary open-angle and normal-tension glaucoma. *PLoS One* 2017;12(9):e0184301
- 15 Andrade De Jesus D, Sánchez Brea L, Barbosa Breda J, et al. OCTA multilayer and multisector peripapillary microvascular modeling for diagnosing and staging of glaucoma. *Transl Vis Sci Technol* 2020;9(2):58