

### 【应用研究】

陈旭豪 洪颖 张纯

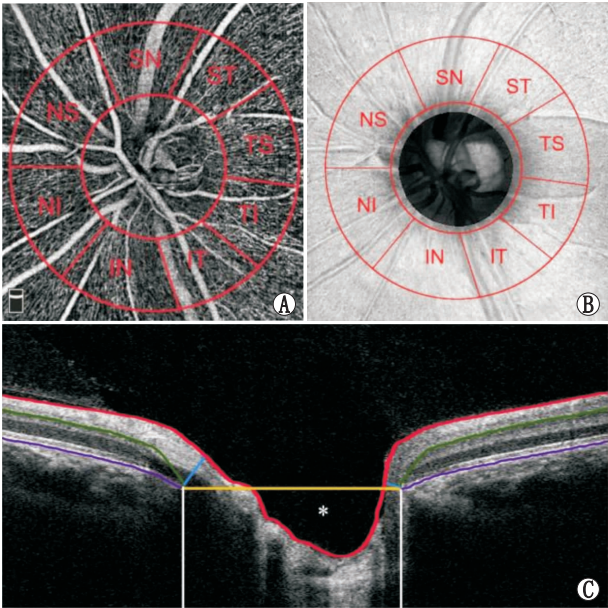
【中图分类号】R775

【中图分类号】R775

**1.2 检查方法** 使用 Optovue OCT 仪(V2017.1.0.155)的 HD 3D Angio Disc 模式,以视盘为中心扫描范围为 4.5 mm×4.5 mm 的区域。内置程序识别

Bruch 膜开口 (BMO) 作为视盘边界, 自动定位视盘中心, 定义直径 2 mm 的圆形区域为视盘内区域, 并以此为内界, 定义外径 4 mm、环径 1 mm 的圆环区域为视盘旁区域。根据改良的 Garway-Heath 分区法<sup>[10]</sup>将视盘旁区域分为鼻上 (NS, 117° ~ 180°)、鼻下 (NI, 181° ~ 230°)、下方鼻侧 (IN, 231° ~ 280°)、下方颞侧 (IT, 281° ~ 316°)、颞下 (TI, 317° ~ 353°)、颞上 (TS, 354° ~ 35°)、上方颞侧 (ST, 36° ~ 71°) 和上方鼻侧 (SN, 72° ~ 116°) 共 8 个象限 (图 1A、图 1B)。内置程序根据信号强度、眼球注视和运动情况综合计算图像质量评分。

**1.3 数据测量** 软件采集视盘旁内界膜至视网膜神经纤维层 (RNFL) 下界的信号, 测量各区域内平均 RNFL 厚度, 并计算相应毛细血管丛占测量区域总面积的比值作为血管密度 (VD)。OCT 内置程序自动识别视杯及视盘边界, 计算得出杯盘比相关数据: 杯盘面积比、垂直杯盘比、水平杯盘比、盘沿面积、视盘面积和视杯体积。选择每名受试者水平方向通过视盘中心的 OCT 图像, 导入至 ImageJ 1.53n, 进行图像增强、降噪和人工测量。定义 BMO 为 Bruch 膜层或视网膜色素上皮/Bruch 膜复合体在视盘两侧的止点, 记录 BMO 直径, 定义最小盘沿宽度 (MRW) 为 Bruch 膜止端至内界膜的最小距离, 分别记录鼻侧最小盘沿宽度 (MRW-N) 及颞侧最小盘沿宽度 (MRW-T) 数据 (图 1C)。



**图 1 OCT 及 OCTA 图像测量示意图** A: VD 测量示意图, 中央为视盘内区域, 环状结构为视盘旁区域, 共分为 8 个象限; B: RNFL 厚度测量示意图, 视盘旁区域共分为 8 个象限; C: BMO 宽度及 MRW 测量示意图, 红线示内界膜, 绿线示 RNFL 下界, 紫线示 Bruch 膜, 紫线与绿线相交处为 Bruch 膜止端, 黄线示 BMO, 蓝线示 MRW, \* 示视杯区域。

**1.4 统计学分析** 本研究应用 SPSS 24.0 进行统计学分析, 通过 Shapiro-Wilk 检验对数据进行正态性检

验。对正态分布数据采用均数 ± 标准差表示, 非正态分布的资料采用中位数 (四分位数间距) 表示。在各组受试者基线资料比较中, 对分类变量采用卡方检验, 对正态分布的连续变量采用单因素 ANOVA 及 Turkey-Kramer 检验进行比较, 对非正态分布的连续变量采用 Kruskal-Wallis *H* 检验。在对各组受试者杯盘比相关指标的比较中, 采用 Kruskal-Wallis *H* 检验。在对各组受试者 BMO 宽度、MRW、RNFL 厚度和 VD 的比较中, 为校正组间年龄差异的影响, 将分组作为固定效应, 年龄作为随机效应, 运用广义线性混合模型, 比较年龄校正后的组间差异。各组受试者的组间差异比较采用 Bonferroni 法校正调整检验水平。检验水平:  $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

**2.1 一般情况** 本研究共纳入 OHT 组患者 56 例 (56 眼), 年龄 12 ~ 68 (35.5 ± 13.0) 岁; POAG 组患者 33 例 (33 眼), 年龄 24 ~ 69 (47.7 ± 13.1) 岁; 正常对照组受试者 39 名 (39 眼), 年龄 20 ~ 66 (39.5 ± 10.4) 岁 (表 1)。三组受试者间性别、眼别、SE、BCVA 和图像质量评分差异均无统计学意义 (均为  $P > 0.05$ ); 三组受试者间年龄、CCT 和眼压差异均有统计学意义 (均为  $P < 0.05$ )。进一步两两比较结果显示, POAG 组患者的年龄大于 OHT 组及正常对照组, 差异均有统计学意义 (均为校正  $P < 0.05$ )。OHT 组患者和正常对照组受试者的年龄差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。OHT 组患者的 CCT 及眼压均高于 POAG 组及正常对照组, 差异均有统计学意义 (均为校正  $P < 0.05$ ); POAG 组和正常对照组受试者之间的 CCT 及眼压差异均无统计学意义 (均为  $P > 0.05$ )。

**表 1 三组受试者的一般资料比较**

指标	OHT 组	POAG 组	正常对照组	$F/H/\chi^2$	$P$
性别 (男/女)	29/27	11/22	18/21	2.869	0.238
眼别 (右/左)	36/20	17/16	25/14	1.659	0.436
年龄/岁	35.5 ± 13.0	47.7 ± 13.1	39.5 ± 10.4	10.215	<0.001
SE/D	-3.71 ± 2.53	-2.58 ± 2.48	-2.86 ± 2.47	2.480	0.088
CCT/ $\mu$ m	560.8 ± 31.3	525.9 ± 30.1	524.9 ± 28.8	20.619	<0.001
眼压/mmHg	24.5 ± 2.5	16.0 ± 3.1	14.9 ± 2.8	175.430	<0.001
BCVA/(logMAR)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.290	0.865
图像质量评分/分	8.0(1.0)	8.0(1.0)	9.0(1.0)	2.441	0.295

注: 性别和眼别采用卡方检验, 年龄、SE、CCT 和眼压采用单因素 ANOVA, BCVA 和图像质量评分采用 Kruskal-Wallis *H* 检验。

**2.2 三组受试者杯盘比相关指标的比较** 三组受试者间的杯盘面积比、垂直杯盘比、水平杯盘比、盘沿面积和视杯体积差异均有统计学意义 (均为  $P < 0.05$ ), 但视盘面积组间差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。两两比较结果显示, OHT 组患者的杯盘面积比、垂直杯盘比、水平杯盘比和视杯体积均小于 POAG 组, 盘沿面积则大于 POAG 组, 差异均有统计学意义 (均为校正  $P < 0.05$ )。与正常对照组比较,



POAG 组患者盘沿面积较小,而杯盘面积比和垂直杯盘比均较大,差异均有统计学意义(均为校正  $P < 0.05$ ),两组受试者之间水平杯盘比和视杯体积差异

均无统计学意义(均为  $P > 0.05$ )。OHT 组与正常对照组受试者以上各项指标之间的差异均无统计学意义(均为校正  $P > 0.05$ )(表 2)。

表 2 各组受试者杯盘比相关指标比较

指标	OHT 组	POAG 组	正常对照组	$P$	$P_1$	$P_2$
杯盘面积比	0.21(0.19)	0.41(0.30)	0.25(0.19)	0.001	$<0.001$	0.026
垂直杯盘比	0.49(0.25)	0.69(0.24)	0.52(0.19)	0.001	$<0.001$	0.016
水平杯盘比	0.42(0.21)	0.60(0.29)	0.47(0.24)	0.002	0.002	0.053
盘沿面积/ $\text{mm}^2$	1.55(0.61)	1.33(0.52)	1.50(0.61)	0.003	0.017	0.004
视盘面积/ $\text{mm}^2$	2.08(0.47)	2.28(0.70)	2.28(0.81)	0.225	—	—
视杯体积/ $\text{mm}^3$	0.07(0.14)	0.18(0.26)	0.11(0.16)	0.022	0.018	0.509

注:采用 Kruskal-Wallis  $H$  检验。 $P$  为三组间比较, $P_1$  为 OHT 组与 POAG 组两两比较, $P_2$  为正常对照组与 POAG 组两两比较, $P_1$  和  $P_2$  均经过 Bonferroni 法校正。括号内数据为四分位数间距。

**2.3 三组受试者 BMO 宽度和 MRW 的比较** 广义线性混合模型分析结果见表 3。在校正年龄因素后,对 OHT 组、POAG 组和正常对照组进行比较,三组受试者 BMO 宽度、MRW-T 及 MRW-N 差异均无统计学意义(均为  $P > 0.05$ )。

表 3 三组受试者 BMO 宽度和 MRW 及广义线性混合模型分析结果

指标	OHT 组	POAG 组	正常对照组	$F$	$P$
BMO 宽度/ $\mu\text{m}$	1591.0 $\pm$ 183.7	1609.7 $\pm$ 203.0	1622.1 $\pm$ 206.3	0.000	1.000
MRW-T/ $\mu\text{m}$	202.9 $\pm$ 43.1	177.2 $\pm$ 50.6	207.3 $\pm$ 53.2	0.096	0.909
MRW-N/ $\mu\text{m}$	275.6 $\pm$ 76.3	212.4 $\pm$ 73.3	270.9 $\pm$ 88.7	0.089	0.915

**2.4 三组受试者视盘旁 RNFL 厚度的比较** OHT 组患者视盘旁 RNFL 厚度为(112.1 $\pm$ 12.6) $\mu\text{m}$ ,POAG 组患者为(91.5 $\pm$ 19.8) $\mu\text{m}$ ,正常对照组受试者为(116.6 $\pm$ 14.1) $\mu\text{m}$ ,广义线性混合模型分析显示,三组受试者间差异有统计学意义( $F = 23.617, P < 0.001$ )。两两比较结果显示,OHT 组及正常对照组受试者 RNFL 厚度均高于 POAG 组,差异均有统计学意义(均为校正  $P < 0.05$ ),OHT 组和正常对照组受试者之间的差异无统计学意义(校正  $P > 0.05$ )。对三组受试者的视盘旁各象限的平均 RNFL 厚度分别进行组间比较,结果显示,鼻上、下方鼻侧、下方颞侧、颞下、上方颞侧和上方鼻侧共 6 个象限的组间差异均有统计学意义(均为  $P < 0.05$ ),鼻下和颞上象限的差异均无统计学意义(均为  $P > 0.05$ )(表 4)。进一步两两比较结果显示,OHT 组及正常对照组受试者在下方鼻侧、下方颞侧、颞下、上方颞侧和上方鼻侧共 5 个象限的平均 RNFL 厚度均高于 POAG 组,差异均有统计学意义(校正  $P < 0.05$ ),鼻上象限的差异无统计学意义(校正  $P > 0.05$ )。OHT 组与正常对照组受试者各象限间差异均无统计学意义(校正  $P > 0.05$ )。

**2.5 三组受试者视盘旁 VD 的比较** 广义线性混合模型分析结果显示,各组受试者之间视盘内和视盘旁 VD 的差异均有统计学意义(均为  $P < 0.05$ )。两两比较结果显示,OHT 组患者视盘内和视盘旁 VD 均低于正常对照组,而 OHT 组与正常对照组受试者视盘旁 VD 均高于 POAG 组,差异均有统计学意义(均

表 4 三组受试者视盘旁各象限 RNFL 厚度及广义线性混合模型分析结果

位置	OHT 组	POAG 组	正常对照组	$F$	$P$
鼻上/ $\mu\text{m}$	103.5 $\pm$ 20.7	92.2 $\pm$ 29.1	113.0 $\pm$ 23.0	5.782	0.004
鼻下/ $\mu\text{m}$	82.2 $\pm$ 19.1	80.1 $\pm$ 29.6	92.2 $\pm$ 21.0	0.889	0.413
下方鼻侧/ $\mu\text{m}$	134.0 $\pm$ 20.6	97.9 $\pm$ 29.6	138.9 $\pm$ 22.3	19.182	$<0.001$
下方颞侧/ $\mu\text{m}$	153.5 $\pm$ 28.6	98.7 $\pm$ 48.2	153.5 $\pm$ 23.2	17.627	$<0.001$
颞下/ $\mu\text{m}$	80.2 $\pm$ 13.2	69.7 $\pm$ 18.8	78.7 $\pm$ 13.8	4.209	0.017
颞上/ $\mu\text{m}$	83.1 $\pm$ 12.7	77.4 $\pm$ 18.3	80.8 $\pm$ 12.7	1.268	0.285
上方颞侧/ $\mu\text{m}$	139.2 $\pm$ 21.3	109.4 $\pm$ 33.4	142.3 $\pm$ 21.8	12.231	$<0.001$
上方鼻侧/ $\mu\text{m}$	131.5 $\pm$ 23.2	104.9 $\pm$ 35.8	139.7 $\pm$ 27.3	12.438	$<0.001$

为校正  $P < 0.05$ ),POAG 组患者视盘内 VD 与其余两组间差异均无统计学意义(均为校正  $P > 0.05$ )。进一步对三组受试者的视盘旁各象限 VD 分别进行组间比较,鼻上、鼻下、下方鼻侧、下方颞侧、上方颞侧和上方鼻侧共 6 个象限的组间差异均有统计学意义(均为  $P < 0.05$ ),颞下和颞上象限的差异均无统计学意义(均为  $P > 0.05$ )(表 5)。进一步两两比较结果显示,OHT 组患者视盘旁 VD 在鼻上、下方鼻侧、下方颞侧、上方颞侧和上方鼻侧共 5 个象限均高于 POAG 组,差异均有统计学意义(均为校正  $P < 0.05$ );鼻下象限差异无统计学意义(校正  $P > 0.05$ )。正常对照组受试者视盘旁 VD 在鼻上、鼻下、下方鼻侧、下方颞侧、上方颞侧和上方鼻侧共 6 个象限高于 POAG 组,正常对照组受试者视盘旁鼻上 VD 高于 OHT 组,差异均有统计学意义(均为校正  $P < 0.05$ ),其余象限在两组间的差异均无统计学意义(均为校正  $P > 0.05$ )。

表 5 三组受试者视盘旁各象限 VD 及广义线性混合模型分析结果

位置	OHT 组	POAG 组	正常对照组	$F$	$P$
视盘内/%	50.8 $\pm$ 5.8	50.8 $\pm$ 7.0	53.2 $\pm$ 5.1	4.080	0.019
视盘旁/%	51.4 $\pm$ 2.6	46.3 $\pm$ 4.8	52.8 $\pm$ 3.0	24.279	0.001
鼻上	46.6 $\pm$ 4.4	43.6 $\pm$ 6.8	49.7 $\pm$ 4.2	12.039	$<0.001$
鼻下	45.3 $\pm$ 4.5	42.3 $\pm$ 7.4	46.7 $\pm$ 4.8	3.291	0.040
下方鼻侧	50.0 $\pm$ 4.5	42.0 $\pm$ 9.0	51.6 $\pm$ 4.6	15.952	$<0.001$
下方颞侧	57.2 $\pm$ 4.6	43.2 $\pm$ 14.7	57.7 $\pm$ 3.9	22.700	$<0.001$
颞下	54.1 $\pm$ 3.7	50.7 $\pm$ 6.5	54.4 $\pm$ 4.5	0.593	0.554
颞上	56.3 $\pm$ 3.4	54.9 $\pm$ 4.5	56.6 $\pm$ 3.9	2.103	0.127
上方颞侧	55.4 $\pm$ 4.1	49.7 $\pm$ 10.3	56.8 $\pm$ 4.2	6.668	0.002
上方鼻侧	50.4 $\pm$ 4.5	45.1 $\pm$ 9.7	52.2 $\pm$ 4.9	7.243	0.001

### 3 讨论

OHT 的持续高眼压状态是进展为 POAG 的危险因素<sup>[11]</sup>。既往的影像学研究中,OHT 患者在视盘区域结构<sup>[12-14]</sup>和微循环<sup>[15-17]</sup>指标上与正常人差异较小,但眼压改变会伴随视盘形态<sup>[18]</sup>、RNFL 厚度以及微循环<sup>[19-21]</sup>的变化,OHT 患者潜在的视盘结构及微循环改变可能会随着影像技术的发展被发现。OCT 和 OCTA 是具有较高检测效能的无创检查<sup>[22-23]</sup>,是 OHT 和青光眼患者眼球结构及微循环损伤监测的重要手段。

青光眼患者眼球结构改变包括病理性的盘沿丢失和视杯增大<sup>[2]</sup>,而 OHT 患者与 POAG 患者的重要区别在于视盘形态未见明显损伤。本研究中 OHT 患者的视盘形态与正常人群无明显差异,其杯盘比和视杯体积均较 POAG 患者更小,而盘沿面积则更大,这与既往的横断面研究结果一致<sup>[13]</sup>。但在进一步对盘沿结构的比较中,本研究未发现三组受试者之间 BMO 宽度和 MRW 的差异。Sharma 等<sup>[24]</sup>的研究纳入了平均垂直杯盘比为 0.75 的 POAG 组患者,发现 OHT 和正常对照组受试者的 MRW 均高于 POAG 组,由于三组受试者视盘面积无明显差异,POAG 患者的杯盘比增大即与盘沿组织减小相对应,因而产生了 MRW 的组间差异。而本研究 POAG 组患者的垂直杯盘比小于 Sharma 等<sup>[24]</sup>的研究人群,而视盘面积在三组间无差异,因而,MRW 对于杯盘比较大的受试者可能具有更强的诊断意义。

OHT 患者的 RNFL 厚度与正常人群无明显差异,但均高于 POAG 患者。临床上,RNFL 厚度是监测青光眼发生和进展的一项重要指标<sup>[25]</sup>。多项横断面研究表明,OHT 患者与正常对照组受试者的 RNFL 厚度无显著差异<sup>[26-27]</sup>,即 OHT 患者在视网膜结构上未受到明显损害。OHT 患者的 RNFL 厚度显著高于视野前青光眼和早期伴视野缺损的青光眼,因而其对于区分 OHT 和 POAG 具有较高的敏感性<sup>[28]</sup>。但在视网膜厚度与微循环指标的比较中,结构变化对于 OHT 患者的敏感性可能较低。本研究中 OHT 组患者的视盘旁 VD 较正常对照组受试者显著下降,其对应的 RNFL 厚度与正常对照组受试者未见明显差异,这也反映了在早期微循环的局部变化可能比视网膜结构的变化更为显著<sup>[27]</sup>,进一步提示微循环指标在早期青光眼识别中的重要意义。

OHT 组患者的视盘内 VD 和视盘旁 VD 均低于正常对照组,而与 POAG 组患者比较,OHT 组患者视盘旁整体 VD 更高,这提示 OHT 患者可能存在局部的微循环障碍,但其损害程度轻于青光眼患者。既往部分研究显示,在年龄匹配的情况下,OHT 患者与正常人群的视盘旁 VD 差异无统计学意义<sup>[22,26-27]</sup>。但 Chen 等<sup>[22]</sup>研究发现,在杯盘比增大的前提下,视盘旁的 VD 在 OHT 患者中可能会有节段性的下降,

其微循环潜在损伤的风险较既往研究更大。而在本研究中,OHT 组与正常对照组受试者的垂直杯盘比无明显差异,但 OHT 组患者依然存在视盘区域 VD 的下降,这进一步提示 OHT 组患者的潜在微循环障碍,这也是本研究的临床价值。正常的视网膜组织中,视网膜神经血管单元主导神经活动与局部血流的调控<sup>[29]</sup>,作为其中的重要组成,神经节细胞的损伤伴随着视网膜微循环的损伤。本研究中,OHT 组和正常对照组受试者的 RNFL 厚度均高于 POAG 组,这与 POAG 组 VD 下降的趋势相对应,也从影像学的角度进一步证明了神经节细胞损伤与微循环损伤的对应关系。然而,由于神经血管单元的存在,RGC 神经活动的下降伴随着代谢需求的降低,继而使微循环因反馈作用降低<sup>[29]</sup>。总之,OHT 患者 VD 的降低可能会伴随潜在的神经损伤风险。

本研究也具有一定的局限性。首先,本研究纳入的 OHT 患者样本量有限,后续有待多中心研究进一步对比不同分期和病程对于相关指标的改变。其次,对视盘中心的水平扫描图像进行测量不能完整反映视盘结构在各个方向上的变化,后续研究需要进一步判断 OHT 患者不同方向盘沿参数的异同。另外,OCTA 仅能评估 VD 的状态,后续研究可进一步探讨 OHT 患者的血流状态改变。

综上所述,OHT 患者的视盘区域结构与正常人群无差异,视盘区域出现 VD 下降,POAG 患者视盘结构及微循环损伤重于 OHT 患者。本研究为 OCT 在 OHT 患者的诊治中的应用提供了一定的理论依据。

### 参考文献

- [1] 中华医学会眼科学分会青光眼学组. 中国高血压症诊断治疗和随访专家共识(2020 年)[J]. 中华眼科杂志, 2020, 56(1): 21-24.  
Chinese Glaucoma Society, Chinese Ophthalmological Society. Chinese expert consensus on the diagnosis, treatment and follow-up for ocular hypertension (2020) [J]. *Chin J Ophthalmol*, 2020, 56(1): 21-24.
- [2] EUROPEAN-GLAUCOMA-SOCIETY. European Glaucoma Society terminology and guidelines for glaucoma, 5th edition [J]. *Br J Ophthalmol*, 2021, 105 (Suppl 1): 1-169.
- [3] GEYMAN L S, GARG R A, SUWAN Y, TRIVEDI V, KRAWITZ B D, MO S, et al. Peripapillary perfused capillary density in primary open-angle glaucoma across disease stage: an optical coherence tomography angiography study [J]. *Br J Ophthalmol*, 2017, 101(9): 1261-1268.
- [4] TATHAM A J, MEDEIROS F A. Detecting structural progression in glaucoma with optical coherence tomography [J]. *Ophthalmology*, 2017, 124(12S): S57-S65.
- [5] 张纯, 吴倩如, 张嶙, 王宁利. 青光眼性视神经损伤的非压力依赖因素 [J]. 中华眼科杂志, 2020, 56(7): 549-556.  
ZHANG C, WU Q R, ZHANG D, WANG N L. The pressure-independent factors for glaucomatous damage to the optic nerve [J]. *Chin J Ophthalmol*, 2020, 56(7): 549-556.
- [6] DREXLER W, FUJIMOTO J G. State-of-the-art retinal optical coherence tomography [J]. *Prog Retin Eye Res*, 2008, 27(1): 45-88.
- [7] 中华医学会眼科学分会青光眼学组. 我国原发性青光眼诊断和治疗专家共识(2014 年)[J]. 中华眼科杂志, 2014, 50(5): 382-383.  
Chinese Glaucoma Society, Chinese Ophthalmological Socie-

- ty. Chinese expert consensus on the diagnosis and treatment for primary glaucoma (2014) [J]. *Chin J Ophthalmol*, 2014, 50(5):382-383.
- [8] 中华医学会眼科学分会青光眼学组, 中国医师协会眼科医师分会青光眼学组. 中国青光眼指南(2020年)[J]. 中华眼科杂志, 2020, 56(8):573-586.
- [9] Chinese Glaucoma Society, Chinese Ophthalmological Society, Chinese Ophthalmologist Association. Chinese glaucoma guideline (2020) [J]. *Chin J Ophthalmol*, 2020, 56(8):573-586.
- [9] BRUSINI P, FILACORDA S. Enhanced Glaucoma Staging System (GSS 2) for classifying functional damage in glaucoma [J]. *J Glaucoma*, 2006, 15(1):40-46.
- [10] GARWAY-HEATH D F, POINOOSAWMY D, FITZKE F W, HITCHINGS R A. Mapping the visual field to the optic disc in normal tension glaucoma eyes[J]. *Ophthalmology*, 2000, 107(10):1809-1815.
- [11] KASS M A, HEUER D K, HIGGINBOTHAM E J, JOHNSON C A, KELTNER J L, MILLER J P, et al. The Ocular Hypertension Treatment Study: a randomized trial determines that topical ocular hypotensive medication delays or prevents the onset of primary open-angle glaucoma[J]. *Arch Ophthalmol*, 2002, 120(6):701-713, 829-830.
- [12] ANTON A, MORENO-MONTANES J, BLAZQUEZ F, ALVAREZ A, MARTIN B, MOLINA B. Usefulness of optical coherence tomography parameters of the optic disc and the retinal nerve fiber layer to differentiate glaucomatous, ocular hypertensive, and normal eyes[J]. *J Glaucoma*, 2007, 16(1):1-8.
- [13] DAGDELEN K, DIRICAN E. The assessment of structural changes on optic nerve head and macula in primary open angle glaucoma and ocular hypertension[J]. *Int J Ophthalmol*, 2018, 11(10):1631-1637.
- [14] GARCIA-MEDINA J J, DEL-RIO-VELLOSILLO M, PALAZON-CABANES A, PINAZO-DURAN M D, ZANON-MORENO V, VILLEGAS-PEREZ M P. Glaucomatous Maculopathy: thickness differences on inner and outer macular layers between ocular hypertension and early primary open-angle glaucoma using 8 × 8 posterior pole algorithm of SD-OCT[J]. *J Clin Med*, 2020, 9(5):1503.
- [15] CHAO S C, YANG S J, CHEN H C, SUN C C, LIU C H, LEE C Y. Early macular angiography among patients with glaucoma, ocular hypertension, and normal subjects[J]. *J Ophthalmol*, 2019, 2019:7419470.
- [16] CHIHARA E, DIMITROVA G, AMANO H, CHIHARA T. Discriminatory power of superficial vessel density and prelaminar vascular flow Index in eyes with glaucoma and ocular hypertension and normal eyes[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2017, 58(1):690-697.
- [17] 吴真真, 吴蔚林, 吴国玮, 贺琴, 张帅. 早期原发性开角型青光眼视盘血流密度的分析研究[J]. 国际眼科杂志, 2022, 22(1):95-98.
- WU Z Z, WU W L, WU G W, HE Q, ZHANG S. Analysis of the optic vessel density in early primary open angle glaucoma [J]. *Int Eye Sci*, 2022, 22(1):95-98.
- [18] JIANG R, XU L, LIU X, CHEN J D, JONAS J B, WANG Y X. Optic nerve head changes after short-term intraocular pressure elevation in acute primary angle-closure suspects[J]. *Ophthalmology*, 2015, 122(4):730-737.
- [19] LIU C, UMAPATHI R M, ATALAY E, SCHMETTERER L, HUSAIN R, BOEY P Y, et al. The effect of medical lowering of intraocular pressure on peripapillary and macular blood flow as measured by optical coherence tomography angiography in treatment-naïve eyes [J]. *J Glaucoma*, 2021, 30(6):465-472.
- [20] SHOJI T, KANNO J, WEINREB R N, YOSHIKAWA Y, MINE I, ISHII H, et al. OCT angiography measured changes in the foveal avascular zone area after glaucoma surgery[J]. *Br J Ophthalmol*, 2022, 106(1):80-86.
- [21] LIU L, TAKUSAGAWA H L, GREENWALD M F, WANG J, ALONZO B, EDMUNDS B, et al. Optical coherence tomographic angiography study of perfusion recovery after surgical lowering of intraocular pressure[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1):17251.
- [22] CHEN X, WANG X, HU X, SUN X. The evaluation of juvenile ocular hypertension by optical coherence tomography angiography[J]. *BMC Ophthalmol*, 2020, 20(1):423.
- [23] HAN J C, CHOI D Y, KWUN Y K, SUH W, KEE C. Evaluation of lamina cribrosa thickness and depth in ocular hypertension[J]. *Jpn J Ophthalmol*, 2016, 60(1):14-19.
- [24] SHARMA S, TUN T A, BASKARAN M, ATALAY E, THAKKUS G, LIANG Z, et al. Effect of acute intraocular pressure elevation on the minimum rim width in normal, ocular hypertensive and glaucoma eyes[J]. *Br J Ophthalmol*, 2018, 102(1):131-135.
- [25] SAVINI G, CARBONELLI M, BARBONI P. Spectral-domain optical coherence tomography for the diagnosis and follow-up of glaucoma[J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2011, 22(2):115-123.
- [26] KÖSE H C, TEKELI O. Optical coherence tomography angiography of the peripapillary region and macula in normal, primary open angle glaucoma, pseudoexfoliation glaucoma and ocular hypertension eyes[J]. *Int J Ophthalmol*, 2020, 13(5):744-754.
- [27] VERTICCHIO VERCELLIN A C, HARRIS A, TANGA L, SIESKY B, QUARANTA L, ROWE L W, et al. Optic nerve head diurnal vessel density variations in glaucoma and ocular hypertension measured by optical coherence tomography angiography[J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2020, 258(6):1237-1251.
- [28] TONG Y, WANG T, ZHANG X, HE Y, JIANG B. Optical coherence tomography evaluation of peripapillary and macular structure changes in pre-perimetric glaucoma, early perimetric glaucoma, and ocular hypertension: a systematic review and meta-analysis[J]. *Front Med (Lausanne)*, 2021, 8:696004.
- [29] WAREHAM L K, CALKINS D J. The Neurovascular Unit in Glaucomatous Neurodegeneration[J]. *Front Cell Dev Biol*, 2020, 8:452.

## Assessment of structure and microcirculation of the optic disc in ocular hypertension patients by optical coherence tomography

CHEN Xuhao, HONG Ying, ZHANG Chun

Department of Ophthalmology, Beijing Key Laboratory of Restoration of Damaged Ocular Nerve, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China

Corresponding author: ZHANG Chun, E-mail: zhangc1@yahoo.com

**[Abstract] Objective** To assess the structure and microcirculation of the optic disc in ocular hypertension (OHT) patients based on optical coherence tomography (OCT). **Methods** A total of 56 OHT patients (56 eyes) treated in the Ophthalmology Department of Peking University Third Hospital between June 2018 and December 2021 were prospectively collected and included in the OHT group, 33 primary open-angle glaucoma (POAG) patients (33 eyes) during the same period in the POAG group, and 39 normal individuals (39 eyes) in the normal control group. The cup-to-disc ratio (CDR),

(下转第 633 页)