

正常眼压性青光眼患者视盘区血管密度与视野指数和视野损伤形态的关系

赵娜¹, 赵文君¹, 唐云燕²

引用: 赵娜, 赵文君, 唐云燕. 正常眼压性青光眼患者视盘区血管密度与视野指数和视野损伤形态的关系. 国际眼科杂志 2021; 21(11):1927-1931

作者单位: ¹(476000) 中国河南省商丘市中医院眼科; ²(476000) 中国河南省商丘市东风眼科医院

作者简介: 赵娜, 毕业于新乡医学院, 本科, 主治医师, 研究方向: 临床眼科。

通讯作者: 赵娜. 892390070@qq.com

收稿日期: 2021-04-03 修回日期: 2021-09-28

摘要

目的: 研究正常眼压性青光眼 (NTG) 视盘区血管密度变化与青光眼视野指数 (VFI) 和视野损伤形态分期的关系。

方法: 选取我院 2018-12/2020-12 NTG 患者 106 例 106 眼和原发性开角型青光眼 (POAG) 患者 79 例 79 眼进行横断面研究, 其中双眼病变者采用随机数字表选取 1 眼为样本, 同时选取我院健康体检者 92 名为对照组, 三组均完成视盘血管密度、VFI 检测和视野缺损形态分期, 然后分析视盘血管密度与 VFI 和视野缺损形态分期的关系。

结果: POAG 组眼压明显高于 NTG 组 and 对照组 ($P < 0.05$); NTG 组和 POAG 组视盘区全区域血管密度、大血管密度和毛细血管密度均明显低于对照组 ($P < 0.05$), 无血管区密度均明显高于对照组 ($P < 0.05$), 且 NTG 组和 POAG 组各项指标比较有差异 ($P < 0.05$); NTG 组和 POAG 组 VFI 均明显低于对照组 ($P < 0.05$), 视野平均缺损 (MD) 明显高于对照组 ($P < 0.05$), 且 NTG 组和 POAG 组 VFI 和 MD 比较无差异 ($P > 0.05$); 随着视野缺损形态分期增加, NTG 患者视盘全区域血管密度和毛细血管密度呈明显降低趋势 ($P < 0.05$); NTG 患者视盘全区域血管密度和毛细血管密度与 VFI 呈正相关性, 与视野缺损形态分期呈负相关性, 无血管区密度与 VFI 呈负相关性, 与视野缺损形态分期呈正相关性 (均 $P < 0.05$)。

结论: NTG 患者视盘血管密度较 POAG 患者和正常人群明显降低, 且与 VFI 和视野缺损形态分期存在明显相关性, 其中以毛细血管密度相关程度最高, 可见 OCTA 对 NTG 诊断、治疗和随访均具有重要临床意义。

关键词: 正常眼压性青光眼; 视盘; 血管密度; 视野指数; 视野损伤形态分期

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2021.11.19

Relationship between blood vessel density in optic disc area and visual field index and visual field defect morphology in patients with normal tension glaucoma

Na Zhao¹, Wen-Jun Zhao¹, Yun-Yan Tang²

¹Department of Ophthalmology, Shangqiu Hospital of Traditional

Chinese Medicine, Shangqiu 476000, Henan Province, China; ²Department of Ophthalmology, Shangqiu Dongfeng Ophthalmology Hospital, Shangqiu 476000, Henan Province, China

Correspondence to: Na Zhao. Department of Ophthalmology, Shangqiu Hospital of Traditional Chinese Medicine, Shangqiu 476000, Henan Province, China. 892390070@qq.com

Received: 2021-04-03 Accepted: 2021-09-28

Abstract

• **AIM:** To study the relationship between the changes of blood vessel density in optic disc area of normal tension glaucoma (NTG) and visual field index (VFI) of glaucoma and morphological staging of visual field defect.

• **METHODS:** Totally 106 patients (106 eyes) with NTG and 79 patients (79 eyes) with primary open angle glaucoma (POAG) in the hospital between December 2018 and December 2020 were selected for cross-sectional study. Among them, 1 eye of binocular disease was selected as the sample by the random number table method, and another 92 healthy subjects with physical examination in the hospital were selected as control group. All three groups completed the optic disc blood vessel density, VFI detection and visual field defect morphological staging, and the relationship between optic disc blood vessel density and VFI and visual field defect morphological staging were analyzed.

• **RESULTS:** The intraocular pressure in POAG group was significantly higher than that in NTG group and control group ($P < 0.05$). The whole optic disc area blood vessel density, large vessel density and capillary density of NTG group and POAG group were significantly lower than those of control group ($P < 0.05$) while the density of avascular area was significantly higher than that of control group ($P < 0.05$), and there were differences in various indicators between NTG group and POAG group ($P < 0.05$). The VFI of NTG group and POAG group was significantly lower than that of control group ($P < 0.05$) while the mean visual field defect (MD) was significantly higher than that of control group ($P < 0.05$), and there were no statistical differences in VFI and MD between NTG group and POAG group ($P > 0.05$). With the increase in visual field defect morphology staging, the whole optic disc area blood vessel density and capillary density of patients with NTG showed a significant decrease ($P < 0.05$). The whole optic disc area blood vessel density and capillary density of patients with NTG were positively correlated with VFI and negatively correlated with visual field defect staging, and avascular area density was

negatively correlated with VFI and positively correlated with visual field defect staging (all $P < 0.05$).

• **CONCLUSION:** Optic disc blood vessel density of patients with NTG is significantly lower than that of patients with POAG and normal people, and it is significantly correlated with VFI and visual field defect morphological staging. Among them, capillary density has the highest correlation. It can be seen that OCTA has important clinical significance for NTG diagnosis, treatment and follow-up.

• **KEYWORDS:** normal tension glaucoma; optic disc; blood vessel density; visual field index; visual field defect morphological staging

Citation: Zhao N, Zhao WJ, Tang YY. Relationship between blood vessel density in optic disc area and visual field index and visual field defect morphology in patients with normal tension glaucoma. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2021;21(11):1927-1931

0 引言

原发性开角型青光眼(primary open angle glaucoma, POAG)是临床常见视网膜神经纤维病变,其发病机制目前仍未完全清楚,起病隐匿并缓慢进展,且病程无法逆转,因此容易导致患者视野缺损甚至丧失全部视力^[1]。正常眼压性青光眼(normal tension glaucoma, NTG)在青光眼中占比可高达70.0%(95% CI: 62.0%~77.0%),其主要特征为仅眼底和视野表现出青光眼性损害,但眼压基本维持正常,故临床诊治难度进一步增加^[2]。光学相干断层扫描血管成像(optical coherence tomography angiography, OCTA)近年来逐渐发展成熟并广泛应用,不仅有利于清楚显示视盘及周围视网膜微血管结构,同时还可对血管密度进行定量分析,对评估青光眼患者视盘微循环水平具有重要参考价值^[3]。李汉林等^[4]报道显示 NTG 患者黄斑区形态特征改变与视野缺损紧密相关,采用 OCTA 技术进行评估可在疾病早期实现无创诊断,为治疗提供依据。现阶段国内外关于视盘区血管密度变化在 NTG 诊治中的报道尚较为少见,本研究主要分析其与 NTG 患者视野指数(visual field index, VFI)和视野损伤形态分期的关系,现将结果详细报道如下。

1 对象和方法

1.1 对象 选取我院 2018-12/2020-12 确诊及随访 NTG 患者 106 例 106 眼和 POAG 患者 79 例 79 眼进行横断面研究,双眼病变者采用随机数字表选取 1 眼为样本,所有患者均按指南^[5]接受相关治疗,根据患者敏感性选择 β 受体阻滞剂、前列腺素类或碳酸酐酶抑制降低眼压。纳入标准:(1)分别符合 NTG 和 POAG 相关诊断标准^[5];(2)年龄 ≥ 18 岁;(3)屈光度数球镜 -6.00~+6.00D,柱镜 -3.00~+3.00D;(4)患者以及家属均完全了解本研究内容并签署同意书。排除标准:(1)最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA) < 0.5 ;(2)伴屈光介质严重混浊;(3)合并引起视野损害的其它眼部或全身病变;(4)合并眼部手术或外伤病史;(5)无法配合完成相关检测和随访。同时于我院健康体检者中选取 92 名作为对照组,纳入标准:(1)Humphrey 视野检查无明显异常;(2)无青光眼家族史;(3)BCVA ≥ 0.5 且眼压 ≤ 21 mmHg;(4)年龄 18~80 岁;(5)未见其它眼部或全身性疾病;(6)既往无眼部手术或

外伤病史。所有受试者均签署知情同意书,本研究通过医院伦理委员会审批通过。

1.2 方法

1.2.1 视盘血管密度检测 采用 OCTA 血管成像系统扫描视盘区,嘱患者取端坐位,下颌置于下颌托并将额头向前紧挨额靠,待测眼保持凝视内固视灯,以 4.5mm \times 4.5mm 标准 Angio Disc 量化程序采集图像,获取视盘区血管分布情况并根据信号强度评估图像质量,检查者根据具体情况进行调整和重新扫描,确保图像无运动伪影或玻璃体漂浮物而采用影响分析,所有检测均由同一名具有 5a 以上工作经验的眼科医师独立完成,检查时间均为上午 9:00 至 12:00,并嘱被检者检查前 1d 禁饮咖啡,酒或摄取刺激性食物。将扫描数据导入 OCTA 血管成像仪自带软件并自动测量视盘区血管参数,其中 $0.9 < \text{像素比} \leq 1.0$ 表示视网膜动静脉等大血管; $0.7 < \text{像素比} \leq 0.9$ 表示视网膜毛细血管等小血管; $0 < \text{像素比} \leq 0.3$ 表示毛细血管间隙,计算 4.5mm \times 4.5mm 范围内各类型血管面积所占比例为血管密度。

1.2.2 VFI 检测 受检者屈光矫正后采用全自动视野计进行检查,采用中心视野 24-2 模式 SITA-Fast 策略采集数据并进行分析,背景光亮度设置为 31.5Asb,同时以 Goldmann III 白色视标为视标,生理盲点固视监控,要求固视丢失率、假阳性率和假阴性率均 $< 15\%$,测量 VFI 和视野平均缺损(mean defect, MD)指标。

1.2.3 视野缺损形态分期 根据单视野分析报告中模式偏差图对视野损伤形态进行评估,其中早期表现为旁中心暗点或鼻侧阶梯(簇点 ≥ 3 , $P < 1\%$)或窄浅弓形暗点($P_{\text{模式标准}} < 1\%$);中期表现为鼻侧宽大阶梯或暗点,联合鼻侧突破以及近半侧缺损;晚期组表现为联合鼻侧突破,半侧缺损伴另一侧旁中心暗点或鼻侧阶梯,环形暗点;末期组表现为近全盲视野或残存中心管状视野、颞侧视岛,按照以上标准,本研究 NTG 患者中早期、中期、晚期和末期组分别为 26、38、25 和 17 眼。

1.2.4 数据收集和分析 采集三组受检者性别、年龄、体质指数(body mass index, BMI)等基本资料,同时完成血压、眼压以及 BCVA 等相关指标检查,比较各组视盘血管密度和 VFI 差异,然后分析 NTG 患者视盘血管密度与 VFI 和视野缺损形态分期的关系。

统计学分析:使用 SPSS22.0 软件进行数据分析。计数资料以率(%)形式表示,组间比较采用 χ^2 检验,有统计学意义者采用 Bonferroni 法校正检验水准后进行两两比较,计量资料采用 Kolmogorov-Smirnov 法进行正态性检验,符合正态分布以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用单因素方差分析,有统计学意义者进行一步采用 SNK- q 检验进行两两比较;非正态分布者采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,并采用 Mann-Whitney U 检验进行组间比较;计数资料相关性分析采用 Pearson 积差系数;等级资料相关性分析采用 Spearman 秩相关检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 三组临床基本资料比较 三组性别、年龄、BMI、血压、心率以及眼压等基本资料比较差异均无统计学意义($P > 0.05$),POAG 组眼压明显高于 NTG 组和对照组,差异均有统计学意义($P < 0.05$),见表 1。

表 1 三组临床基本资料比较

分组	n	性别(例)		年龄	BMI	收缩压	舒张压	心率	眼压
		男	女	($\bar{x}\pm s$,岁)	($\bar{x}\pm s$,kg/m ²)	($\bar{x}\pm s$,mmHg)	($\bar{x}\pm s$,mmHg)	($\bar{x}\pm s$,次/分)	($\bar{x}\pm s$,mmHg)
NTG 组	106	57	49	64.13±8.42	23.61±3.92	129.08±14.37	83.45±9.26	71.82±12.94	15.68±1.73 ^c
POAG 组	79	41	38	62.98±7.65	23.86±3.54	126.72±13.85	82.91±9.02	70.93±12.58	19.27±2.86
对照组	92	50	42	64.71±8.29	23.15±3.70	128.49±13.64	84.17±8.69	73.06±11.42	15.46±1.63 ^a
χ^2/F		0.111		1.082	0.863	0.714	0.456	0.694	91.516
P		0.946		0.340	0.423	0.491	0.635	0.500	<0.001

注:对照组:健康体检者。^a $P<0.05$ vs 对照组;^c $P<0.05$ vs POAG 组。

表 2 三组视盘血管密度比较

组别	n	全区域血管密度	大血管密度	毛细血管密度	无血管区密度
NTG 组	106	49.35±8.46 ^{a,c}	28.16±5.74 ^{a,c}	21.19±5.00 ^{a,c}	18.41±5.17 ^{a,c}
POAG 组	79	60.27±8.13 ^a	31.64±5.09 ^a	28.74±4.51 ^a	16.93±4.86 ^a
对照组	92	71.04±6.92	34.98±5.36	35.48±5.29	11.32±2.75
F		175.332	36.729	192.792	66.815
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:对照组:健康体检者。^a $P<0.05$ vs 对照组;^c $P<0.05$ vs POAG 组。

表 3 三组 VFI 和 MD 比较

分组	n	VFI($\bar{x}\pm s$,%)	MD[$M(P_{25},P_{75})$,dB]
NTG 组	106	64.14±27.84 ^a	-3.17(-7.02,-2.49) ^a
POAG 组	79	68.39±21.05 ^a	-2.94(-6.71,-2.63) ^a
对照组	92	98.92±0.76	-0.81(-1.06,-0.58)
F/χ^2		81.699	107.423
P		<0.001	<0.001

注:对照组:健康体检者。^a $P<0.05$ vs 对照组。

2.2 三组视盘血管密度比较 NTG 组和 POAG 组视盘区全区域血管密度、大血管密度和毛细血管密度均明显低于对照组($P<0.05$),无血管区密度均明显高于对照组($P<0.05$),且 NTG 组和 POAG 组各项指标比较差异均有统计学意义($P<0.05$),见表 2。

2.3 三组 VFI 和 MD 比较 NTG 组和 POAG 组 VFI 均明显低于对照组($P<0.05$),MD 均明显高于对照组($P<0.05$),NTG 组和 POAG 组 VFI 和 MD 比较差异均无统计学意义($P>0.05$),见表 3。

2.4 不同视野缺损形态分期 NTG 患者视盘血管密度比较 随着视野缺损形态分期增加,NTG 患者视盘全区域血管密度和毛细血管密度呈明显降低趋势($P<0.05$),不同分期患者差异均有统计学意义($P<0.05$),无血管区密度呈明显上升趋势($P<0.05$),且晚期组和末期组明显高于早期组和中期组($P<0.05$),末期组明显高于晚期组($P<0.05$),见表 4。

2.5 NTG 患者视盘血管密度与 VFI 和视野缺损形态分期的相关性分析 NTG 患者视盘全区域血管密度和毛细血管密度与 VFI 呈正相关性,与视野缺损形态分期呈负相关性,无血管区密度与 VFI 呈负相关性,与视野缺损形态分期呈正相关性(均 $P<0.05$),见表 5,图 1。

3 讨论

近年来随着人口老龄化发展,NTG 发病率呈明显上升趋势,统计显示全人口患病率约 1%,其中 60 岁以上人群约 4.8%^[6]。既往临床经验表明将眼压降低 30% 可有效延缓 NTG 患者视野损害进展,提示眼压仍为导致 NTG 的

重要因素,其原因可能为患者虽然眼压正常,但颅压偏低导致跨筛板压力梯度增加,从而造成视神经轴损伤和视野缺损,此外研究认为眼部或全身血流异常也可能参与 NTG 发病和进展^[7-9]。

视网膜神经节细胞(retinal ganglion cells, RGCs)丢失导致视网膜厚度进行性变薄是 NTG 主要病理特征,既往研究表明视网膜微循环障碍可能在其中发挥重要作用,患者眼部血流阻力明显增加而流速降低,视神经血流灌注水平较正常人群大幅度减少,且通常在视神经损害发生之前便已存在^[10-11]。OCTA 为无创性眼底检查方法,通过多次扫描 OCT 信号变化来捕捉血管中红细胞运动状态,然后整合信息获得高分辨率三维血管图像,同时定量分析血管密度,具有简便易行、安全无创和可重复性高等优势^[12]。近年来 OCTA 在眼底疾病诊断及治疗已逐渐展开应用,对评估视网膜血流灌注水平具有重要参考价值,聂芬等^[13]采用 OCTA 评估显示 POAG 合并高度近视患者血管密度与视野缺损存在明显相关性。Rao 等^[14]研究表明在青光眼严重程度固定的情况下,采用 OCTA 技术测量视盘血管密度较测量视网膜结构更有利于提升 POAG 诊断水平。本研究的结果显示 NTG 组和 POAG 组视盘全区域血管密度、大血管密度和毛细血管密度均明显低于对照组,同时无血管区密度均明显高于对照组,提示视网膜血流灌注减少也是造成青光眼的重要原因,其作用机制可能为血供不足导致视神经营养缺乏和功能障碍^[15]。此外本研究中 NTG 组患者视盘全区域血管密度、大血管密度及毛细血管密度明显低于 POAG 组,且无血管区密度均明显高于 POAG 组,可见 NTG 患者视网膜血流异常相对更为严重,同时因本研究中两组患者 VFI 和 MD 比较无明显差异,故而可以推测视网膜血流灌注减少对 NTG 发病和进展的影响相较 POAG 更为明显,采用 OCTA 测量血管密度对评估病情严重程度可能具有良好参考价值。

VFI 是 Humphrey 视野检测报告新提出的评估指标,与视野平均缺损和模式标准差等传统指标算法不同,以视岛原理中所有视野检测位点偏心度不同而引起的光敏感度权重系数不同为理论基础,可有效避免屈光介质造成的干

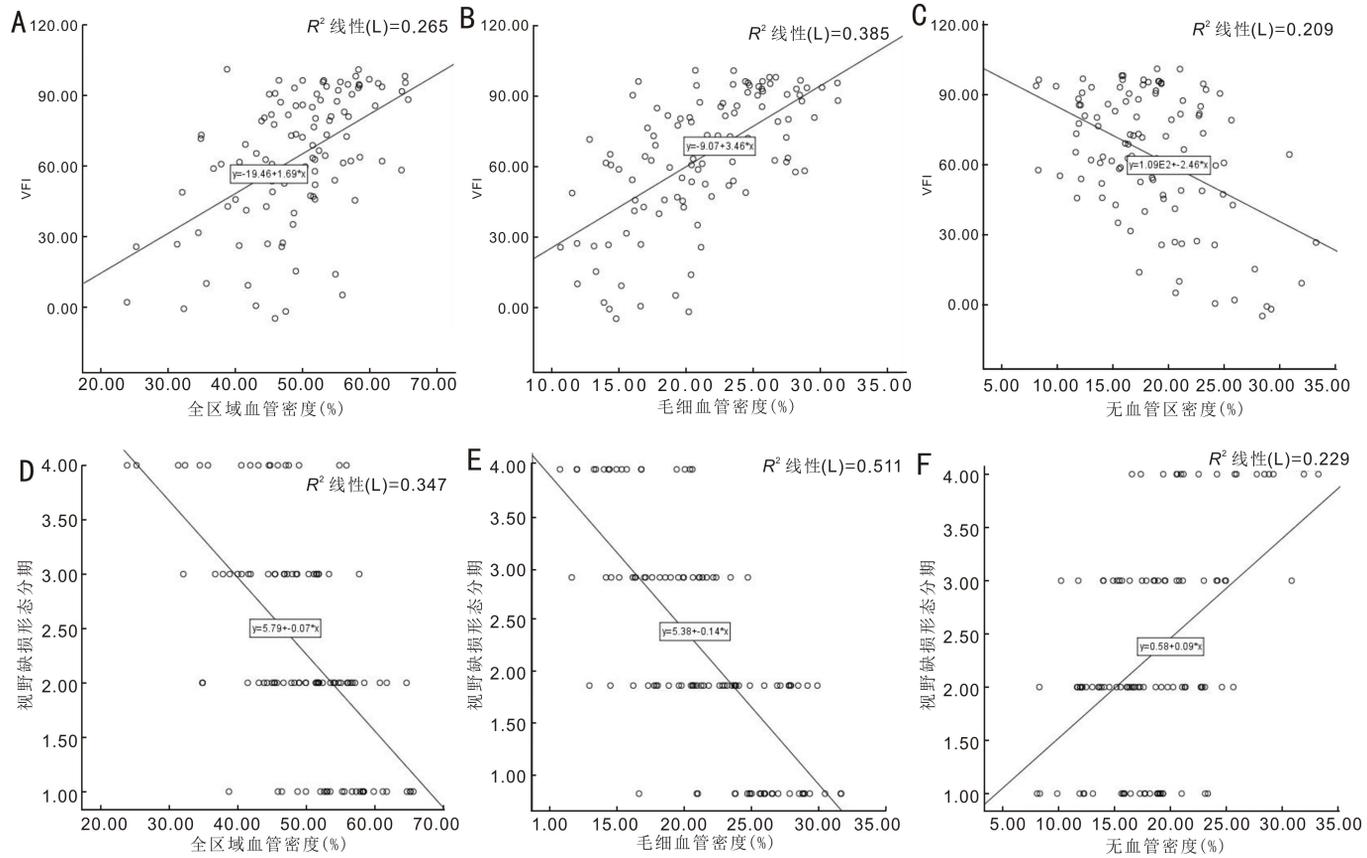


图1 NTG患者视盘血管密度与VFI和视野缺损形态分期的相关性分析。

表4 不同视野缺损形态分期NTG患者视盘血管密度比较

分期	n	全区域血管密度	大血管密度	毛细血管密度	无血管区密度
早期组	26	56.05±5.65	28.47±5.13	24.90±3.82	15.76±4.19
中期组	38	50.73±6.59 ^a	28.19±5.20	21.76±4.39 ^a	16.02±4.37
晚期组	25	46.04±6.08 ^{a,c}	28.03±5.62	19.24±4.17 ^{a,c}	18.53±4.61 ^{a,c}
末期组	17	41.07±9.32 ^{a,c,e}	27.94±5.48	16.43±4.06 ^{a,c,e}	21.95±4.82 ^{a,c,e}
F		21.877	0.050	20.397	10.809
P		<0.001	0.081	<0.001	<0.001

注:^a $P<0.05$ vs 早期组;^c $P<0.05$ vs 中期组;^e $P<0.05$ vs 晚期组。

表5 NTG患者视盘血管密度与VFI和视野缺损形态分期的相关性分析

分期	VFI		视野缺损形态分期	
	r	P	r_s	P
全区域血管密度	0.515	<0.001	-0.591	<0.001
毛细血管密度	0.621	<0.001	-0.721	<0.001
无血管区密度	-0.457	<0.001	0.410	<0.001

扰^[16]。侯宪如等^[17]研究显示VFI对青光眼视野损伤分期诊断的准确性较视野平均缺损具有明显优势,更有利于反映视野损伤严重程度。本研究根据视野模式偏差图将NTG患者视野损伤形态分为5期,既能符合现阶段国内外视野解读一般原则,同时还可最大限度保持早期患者局部视野损伤的特征性改变,同时分析显示随着视野缺损形态分期增加,NTG患者视盘全区域血管密度和毛细血管密度呈明显降低趋势,不同分期患者的差异均有统计学意义,且晚期组和末期组无血管区密度明显高于早期组和中期组,末期组无血管区密度明显高于晚期组,可见NTG患

者视盘血管密度与视野缺损严重程度具有密切联系,视盘血管密度降低和血流灌注减少可能是造成病情持续进展的重要原因。本研究分析NTG患者视盘血管密度与VFI和视野缺损形态分期的相关性显示毛细血管密度具有较强相关性,提示NTG发病和进展可能主要与视网膜毛细血管变化有关,因此采用毛细血管密度评估病情严重程度临床价值更高,但引起NTG患者视网膜毛细血管改变的病理生理机制还有待深入研究。本研究分析得出采用OCTA技术评估视盘毛细血管密度不仅有利于探寻NTG发病机制,同时对评估视盘损伤和视野缺损严重程度具有良好参考价值,为监测病情和指导治疗提供依据,但样本容量相对较小,可能对结果准确性和可重复性造成不利影响,因目前OCTA在NTG中的应用还处于起步阶段,故后续还需扩大样本容量开展更多研究进行论证,同时确立视盘毛细血管密度正常值参考范围,以促进该技术在临床应用更为规范合理。

综上所述,NTG患者视盘血管密度较POAG患者和正常人群明显降低,且与VFI和视野缺损形态分期存在明

显相关性,其中以毛细血管密度相关程度最高,可见OCTA对NTG的诊断、治疗和随访均具有重要临床意义。

参考文献

1 Canut MI, Villa O, Kudsieh B, *et al.* MLIP genotype as a predictor of pharmacological response in primary open-angle glaucoma and ocular hypertension. *Sci Rep* 2021;11(1):1583

2 Zhao J, Solano MM, Oldenburg CE, *et al.* Prevalence of normal-tension glaucoma in the Chinese population: a systematic review and meta-analysis. *Am J Ophthalmol* 2019;199:101-110

3 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

4 李汉林, 潘瞳, 仇雪梅, 等. 正常眼压性青光眼黄斑区视网膜厚度和血管密度变化及其与视野的相关性分析. *眼科新进展* 2020;293(11):65-69

5 中华医学会眼科学分会青光眼学组中华医学会中华眼科杂志编辑委员会. 我国原发性青光眼诊断和治疗专家共识. *中华眼科杂志* 2008;9:862-863

6 Chen MJ. Normal tension glaucoma in Asia: Epidemiology, pathogenesis, diagnosis, and management. *Taiwan J Ophthalmol* 2020;10(4):250-254

7 任泽钦. 正常眼压青光眼的基本问题及其认识方法. *眼科* 2020;29(1):6-8

8 De Moraes CG. Natural history of normal-tension glaucoma with (very) low intraocular pressure. *Ophthalmology* 2019;126(8):1117-1118

9 田佳鑫,王宁利. 原发性开角型青光眼与血流异常的关系. *中华实验眼科杂志* 2018;36(8):643-648

10 Inuzuka H, Sawada A, Inuzuka M, *et al.* Thinning rates of retinal nerve layer and ganglion cell-inner plexiform layer in various stages of normal tension glaucoma. *Br J Ophthalmol* 2020;104(8):1131-1136

11 Yarmohammadi A, Zangwill LM, Manalastas PIC, *et al.* Peripapillary and macular vessel density in patients with primary open-angle glaucoma and unilateral visual field loss. *Ophthalmology* 2018;125(4):578-587

12 赵琦, 王霄娜, 杨文利, 等. 基于光学微血流成像技术的相干光断层扫描血流成像对视网膜血流定量分析的可重复性评价. *眼科* 2018;27(2):107-110

13 聂芬, 欧阳君怡, 罗丽佳, 等. OCTA评估高度近视合并原发性开角型青光眼血管密度与视野缺损的相关性. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2020;22(12):881-888

14 Rao HL, Pradhan ZS, Weinreb RN, *et al.* A comparison of the diagnostic ability of vessel density and structural measurements of optical coherence tomography in primary open angle glaucoma. *PLoS One* 2017;12(3):e0173930

15 Moore NA, Harris A, Wentz S, *et al.* Baseline retrobulbar blood flow is associated with both functional and structural glaucomatous progression after 4 years. *Br J Ophthalmol* 2017;101(3):305-308

16 Iutaka NA, Grochowski RA, Kasahara N. Correlation between visual field index and other functional and structural measures in glaucoma patients and suspects. *J Ophthalmic Vis Res* 2017;12(1):53-57

17 侯宪如, 秦佳音, 任泽钦. 青光眼视野指数与视野形态分期的关系及其诊断价值. *中华眼科杂志* 2017;53(2):92-97