

OCT 及 OCTA 观察垂体腺瘤患者黄斑区视网膜结构和微循环的改变

廖智辉^{1,2}, 杨辛^{1,2}, 芦凯伦^{1,2}, 戴彤彤^{1,2}, 庞燕华²

引用:廖智辉,杨辛,芦凯伦,等. OCT 及 OCTA 观察垂体腺瘤患者黄斑区视网膜结构和微循环的改变. 国际眼科杂志, 2024, 24(2):203-209.

作者单位:¹(524000) 中国广东省湛江市, 广东医科大学;
²(524000) 中国广东省湛江市, 广东医科大学附属第一医院眼科

作者简介:廖智辉,在读硕士研究生,研究方向:眼底病。

通讯作者:庞燕华,博士,主任医师,硕士研究生导师,眼科教研室副主任,研究方向:眼底病. 1049371818@qq.com

收稿日期:2023-09-15 修回日期:2023-12-26

摘要

目的:应用光学相干断层扫描(OCT)及光学相干断层扫描血管成像(OCTA)观察垂体腺瘤(PA)患者黄斑区视网膜结构和微循环的改变。

方法:横断面研究。纳入 2021-09/2023-03 在广东医科大学附属第一医院神经外科治疗的 PA 患者 40 例作为 PA 组,另选取年龄、性别相匹配的健康志愿者 42 例作为正常对照组,均进行视野、OCT 和 OCTA 检查,并分析 PA 患者眼部参数的相关性。

结果:PA 组患者黄斑区视网膜各层血管密度(VD)均低于正常对照组,且黄斑区浅层血管复合体(SVC)-VD 与神经节细胞复合体(mGCC)厚度(除内环鼻侧、外环下方)均呈正相关($P<0.05$),黄斑区各象限 mGCC 厚度、视盘周围各象限视网膜神经纤维层(CP-RNFL)厚度与视野平均缺损(MD)值均呈负相关($P<0.05$),中心凹无血管区(FAZ)面积与 MD 值呈正相关($P<0.05$)。

结论:OCT 与 OCTA 检查相结合可以全面了解 PA 患者视网膜结构和微循环功能的微观变化,对评估 PA 患者术前视功能具有重要价值。

关键词:垂体腺瘤;光学相干断层扫描血管成像(OCTA);血管密度;光学相干断层扫描(OCT);视野;视神经

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2024.2.05

Changes of macular retinal structure and microcirculation in patients with pituitary adenoma observed by optical coherence tomography and optical coherence tomography angiography

Liao Zhihui^{1,2}, Yang Xin^{1,2}, Lu Kailun^{1,2}, Dai Tongtong^{1,2}, Pang Yanhua²

of Guangdong Medical University, Zhanjiang 524000, Guangdong Province, China

Correspondence to: Pang Yanhua. Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of Guangdong Medical University, Zhanjiang 524000, Guangdong Province, China. 1049371818@qq.com

Received:2023-09-15 Accepted:2023-12-26

Abstract

• **AIM:** To observe the changes of macular retinal structure and microcirculation in patients with pituitary adenoma (PA) by optical coherence tomography (OCT) and optical coherence tomography angiography (OCTA).

• **METHODS:** Cross-sectional study. A total of 40 PA patients treated at the department of neurosurgery, Affiliated Hospital of Guangdong Medical University from September 2021 to March 2023 were included as PA group, and 42 age- and gender-matched healthy volunteers were selected as normal control group. All patients underwent visual field, OCT and OCTA examinations, and the correlation of ocular parameters in PA patients was analyzed.

• **RESULTS:** The vessel density (VD) of each retinal layer in the macular area of the PA group was lower than that of the normal control group, and the superficial vascular complex (SVC)-VD in the macular area was positively correlated with the thickness of the macular ganglion cell complex (mGCC) (except the nasal side of the inner ring and the lower part of the outer ring; $P<0.05$). The thickness of mGCC in each quadrant of the macular area and the thickness of the circumpapillary retinal nerve fiber layer (CP-RNFL) in each quadrant were negatively correlated with the mean defect (MD) value of the visual field ($P<0.05$), and the area of the foveal avascular zone (FAZ) was positively correlated with the MD value ($P<0.05$).

• **CONCLUSION:** The combination of OCT and OCTA can fully understand the microscopic changes of retinal structure and microcirculation function in PA patients, which is of great value in evaluating the preoperative visual function of PA patients.

• **KEYWORDS:** pituitary adenoma; optical coherence tomography angiography (OCTA); vessel density; optical coherence tomography (OCT); visual field; optic nerve

Citation: Liao ZH, Yang X, Lu KL, et al. Changes of macular retinal structure and microcirculation in patients with pituitary adenoma observed by optical coherence tomography and optical coherence tomography angiography. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2024, 24(2):203-209.

¹Guangdong Medical University, Zhanjiang 524000, Guangdong Province, China; ²Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital

0 引言

垂体腺瘤(pituitary adenoma, PA)是颅内最常见的良性肿瘤之一,也是引起视觉通路受压的一种常见的神经眼科疾病,典型症状是特定区域的视力和视野缺损^[1]。视野检查对PA有重要的定位诊断意义^[2],但视野检查具有滞后性,敏感度较差且主观性强。因此,需进一步探究对PA患者视觉功能损伤更灵敏和客观的评估方法。视交叉受压导致视网膜神经纤维层(retinal nerve fiber layer, RNFL)逆行变性,已有大量研究利用光学相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)证实了PA患者视网膜微观结构的损伤,并发现神经受压还可引起神经周围微血管异常,对神经调节起重要作用。光学相干断层扫描血管成像(optical coherence tomography angiography, OCTA)是一种高速、定量、无创的眼底血管成像技术,可在数秒内生成各层血管图像,具有连续显示能力,可以评估黄斑和视神经的血管组织^[3-4],客观量化视网膜微循环状态。目前,关于垂体瘤压迫视交叉对视网膜微循环改变的研究较少。本研究应用OCT及OCTA观察PA患者黄斑区视网膜结构和微循环的变化,探讨微循环改变与视觉功能及结构之间的相关性,为有效评估PA患者视功能的损伤提供新的思路。

1 对象和方法

1.1 对象

横断面研究。纳入2021-09/2023-03在广东医科大学附属第一医院神经外科住院的经磁共振扫描检查和术后病理检查确诊为PA的患者40例作为PA组,其中男18例,女22例,平均年龄 52.28 ± 14.96 岁,包括4例促肾上腺皮质腺瘤,14例促性腺激素腺瘤,2例泌乳素细胞瘤,1例生长激素细胞瘤,2例混合性生长激素细胞和泌乳素细胞肿瘤,17例非分泌性腺瘤。纳入标准:(1)通过影像学磁共振成像检查证实为垂体瘤,且瘤体均经鼻内镜下蝶窦手术切除,经病理检查确诊为PA;(2)年龄 >18 岁;(3)非接触性眼压 ≤ 21 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa);(4)屈光度检查球镜度数 $\leq \pm 6.0$ D,柱镜度数 < 3.00 D;(5)OCT图像清晰,OCTA成像质量好。排除标准:(1)既往有颅内疾病及颅内手术史;(2)既往有眼外伤、青光眼、神经视网膜疾病史及眼部手术史。另选取与PA组年龄、性别相匹配的健康志愿者42例作为正常对照组,其中男20例,女22例,平均年龄 49.71 ± 12.29 岁。纳入标准:(1)非接触性眼压 ≤ 21 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa);(2)视力或矫正视力 ≥ 4.9 (小数视力),屈光度检查球镜度数 $\leq \pm 6.0$ D,柱镜度数 < 3.00 D;(3)OCT图像清晰,OCTA成像质量好。排除标准同PA组。本研究遵循《赫尔辛基宣言》的基本原则,经医院伦理委员会审批通过(批号KT2022-038),所有受试者均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 常规眼科检查

两组研究对象均进行常规眼科评估检查,如眼压、视力、裂隙灯眼底检查等,其中视力检查采用标准对数视力表进行小瞳下验光获得最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA),结果转换为最小分辨角对数(LogMAR)视力进行统计分析。本研究中PA组数据均为术前检查结果。

1.2.2 视野检查

视野平均缺损(mean defect, MD)值是用于评估整体视野缺损的参数,纳入研究对象均采用全自动视野检查仪(APS-6000BER)评估视野,以 30° 为中心,如立体视觉消失,假阴性或假阳性误差超过20%,则认为检测结果不可靠,在矫正屈光不正后进行2次可靠的视野检查,以MD值评估总体视野缺损情况。

1.2.3 OCT及OCTA检查

1.2.3.1 检查方法及图像获取

OCT和OCTA检查均由同一位经验丰富的眼科医师完成。采用Spectralis-OCT设备测量视盘周围视网膜神经纤维层(circumpapillary retinal nerve fiber layer, CP-RNFL)厚度和黄斑区神经节细胞复合体(macular ganglion cell complex, mGCC)厚度,使用中心波长为870 nm的扫频激光源,每秒8.8帧速率进行扫描,扫描分辨率选择High Speed,其中视盘区采用国际标准直径3.45 mm环形模式(768A-scans)以视盘为中心采集RNFL厚度;黄斑区选择容积扫描模式扫描框获取,以中心凹为中心,扫描范围 $8.8 \text{ mm} \times 8.8 \text{ mm}$ (31线,间隔 $240 \mu\text{m}$,768A-scans);使用自带图像分析软件对黄斑区视网膜各层各象限厚度进行测量,将神经纤维层、神经节细胞层和内丛状层厚度之和定义为mGCC厚度。OCTA检查扫描分辨率选择High Res(每像素 $5.7 \mu\text{m}$)、以中心凹为中心,扫描范围 $3 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ (间隔 $6 \mu\text{m}$,512A-scans),获取黄斑区视网膜各层血管密度(vessel density, VD)、中心凹无血管区(foveal avascular zone, FAZ)图像。

1.2.3.2 图像处理及分析

从OCT和OCTA数据库中导出CP-RNFL厚度、黄斑区全视网膜层(retina, RET)厚度、mGCC厚度,获取RET、浅层血管复合体(superficial vascular complex, SVC)、深层血管复合体(deep vascular complex, DVC)、浅层血管丛(superficial vascular plexus, SVP)、中层毛细血管丛(intermediate capillary plexus, ICP)、深层毛细血管丛(deep capillary plexus, DCP)的VD及FAZ原始图片。通过Image J(1.53)软件以8位灰阶格式并设定图像阈值对图像进行处理计算,照片被二值化以清楚地分辨微血管,计算各层VD,VD定义为图像中血管占据的面积百分比^[5]。FAZ是位于中心凹边缘的高度特化的无毛细血管区域,负责准确的视力,使用Image J(1.53)软件手绘工具勾勒出黄斑区全层视网膜图像FAZ边界,测量FAZ面积(图1)。

统计学分析:所有数据采用SPSS 25.0软件进行统计分析。计量资料使用Shapiro-Wilk检验符合正态分布,采用均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,两组间比较采用独立样本 t 检验。计数资料采用 n 表示,两组间比较采用卡方检验。相关性分析采用Pearson相关分析法。 $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 两组研究对象基本资料比较

两组研究对象年龄、性别构成比差异均无统计学意义($P > 0.05$),但PA组患者BCVA低于正常对照组,MD值明显高于正常对照组,差异均有统计学意义($P < 0.001$,表1),提示PA患者视功能受损。

2.2 两组研究对象CP-RNFL厚度比较

PA组患者各象限CP-RNFL厚度均较正常对照组变薄,其中鼻侧、颞侧CP-RNFL厚度差异均有统计学意义($P < 0.05$),而下方和上方CP-RNFL厚度差异均无统计学意义($P > 0.05$,表2),提示在肿瘤压迫下,PA患者鼻颞侧神经纤维损伤最明显。

2.3 两组研究对象黄斑区视网膜厚度和mGCC厚度比较

PA组患者黄斑区各象限RET厚度均较正常对照组下降,差异均有统计学意义($P < 0.05$);PA组患者黄斑区各象限mGCC厚度均较正常对照组下降,除内环颞侧、内环下方外差异均有统计学意义($P < 0.05$,表3),提示PA患者黄斑区视网膜受损。

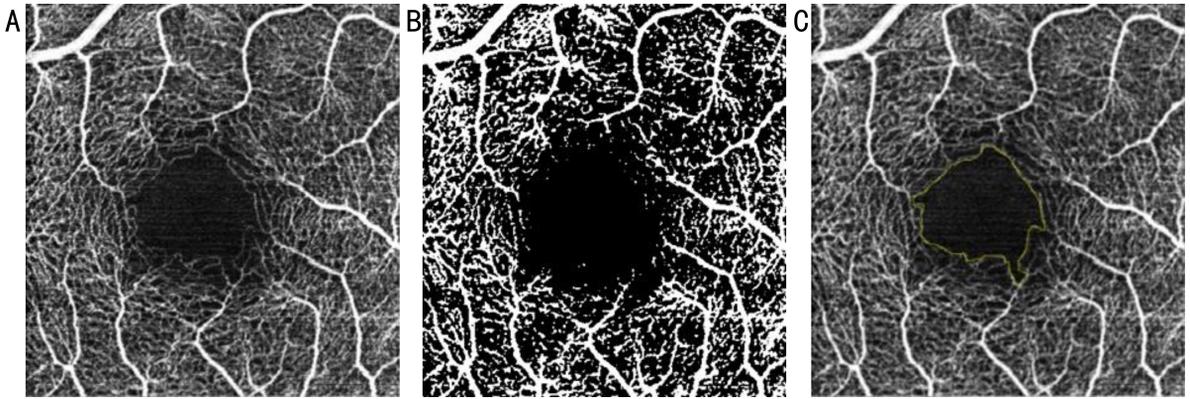


图1 黄斑区 OCTA 检查图像分析 A:原始 VD 图;B:经 Image J(1.53)软件处理的二值化图;C:经 Image J(1.53)软件手绘工具勾勒出的 FAZ 边界。

表 1 两组研究对象基本资料比较

组别	例数/眼数	男/女(例)	年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	BCVA($\bar{x}\pm s$,LogMAR)	MD 值($\bar{x}\pm s$,dB)
PA 组	40/80	18/22	52.28±14.96	0.30±0.66	3.32±6.58
正常对照组	42/84	20/22	49.71±12.29	0.01±0.07	0.13±0.23
t/χ^2		0.447	0.849	3.818	4.328
P		0.504	0.400	<0.001	<0.001

注:正常对照组:健康志愿者。

表 2 两组研究对象各象限 CP-RNFL 厚度比较

组别	眼数	厚度比较 ($\bar{x}\pm s, \mu\text{m}$)			
		鼻侧	上方	颞侧	下方
PA 组	80	71.20±20.30	130.53±22.25	75.19±17.90	137.43±22.94
正常对照组	84	78.13±18.13	136.30±19.11	83.71±20.42	143.59±16.56
t		-2.309	-1.084	-2.838	-1.959
P		0.022	0.073	0.005	0.052

注:正常对照组:健康志愿者。

表 3 两组研究对象黄斑区各象限视网膜厚度和 mGCC 厚度比较

参数	厚度比较 ($\bar{x}\pm s, \mu\text{m}$)			
	PA 组 (n=80)	正常对照组 (n=84)	t	P
RET 厚度				
内鼻	326.65±22.84	338.70±15.90	-3.90	<0.001
内上	328.93±19.62	341.52±15.47	-4.54	<0.001
内颞	315.92±15.94	321.75±17.33	-2.23	0.027
内下	323.57±18.22	329.16±25.40	-1.16	0.019
外鼻	306.14±17.90	321.38±17.42	-5.523	<0.001
外上	290.00±17.53	303.14±16.37	-4.965	<0.001
外颞	279.66±15.88	287.43±17.15	-3.005	0.003
外下	283.90±15.81	293.63±16.28	-3.880	<0.001
mGCC 厚度				
内鼻	100.93±19.97	120.70±15.40	-7.121	<0.001
内上	109.04±16.98	117.73±9.89	-3.980	<0.001
内颞	97.48±11.58	100.70±10.46	-1.875	0.063
内下	105.81±14.96	110.89±17.00	-1.875	0.440
外鼻	109.30±16.24	120.81±10.45	-5.369	<0.001
外上	97.48±12.82	105.83±8.53	-4.890	<0.001
外颞	86.55±8.08	91.48±12.01	-3.879	<0.001
外下	98.35±12.01	105.13±8.87	-4.125	<0.001

注:正常对照组:健康志愿者。

2.4 两组研究对象黄斑区视网膜 VD 和 FAZ 面积比较

PA 组患者黄斑区视网膜各层 VD 均较正常对照组下降, FAZ 面积较正常对照组增加,差异均有统计学意义($P < 0.01$,表 4,图 2),提示 PA 患者视网膜血管系统受损,微循环功能下降。

2.5 PA 患者眼部参数的相关性分析

PA 组患者 MD 值与各象限 CP-RNFL 厚度、黄斑区各象限 RET 厚度和 mGCC 厚度均呈负相关($P < 0.05$,表 5),提示随着视网膜结构的损伤,视野进一步缺损。PA 组患者 MD 值与黄斑区视网膜各层 VD 均无相关性($P > 0.05$),与 FAZ 面积呈正相关($P < 0.05$,表 6)。PA 组患者黄斑区各层毛细血管层中,SVC-VD 与黄斑区 mGCC 厚度(除内环鼻侧、外环下方)均具有相关性($P < 0.05$,表 7),提示浅层毛细血管丛与视网膜神经节细胞(retinal ganglion cell,RGC)关系最为密切。

3 讨论

PA 患者视功能障碍通常因瘤体压迫视觉通路所致,视觉通路受压可通过阻断轴突传导,阻断顺行性和逆行性轴质流和/或干扰神经传导(通过产生的脱髓鞘作用)而导致视野改变和视觉障碍^[6]。视觉信息传递到大脑过程中 RGC 的完整性起着至关重要的作用,动物实验证实视觉通路病变会引起 RGC 轴突的损伤,轴突损伤所致的逆行变性会使视网膜内外层厚度发生变化^[7]。当 PA 在解

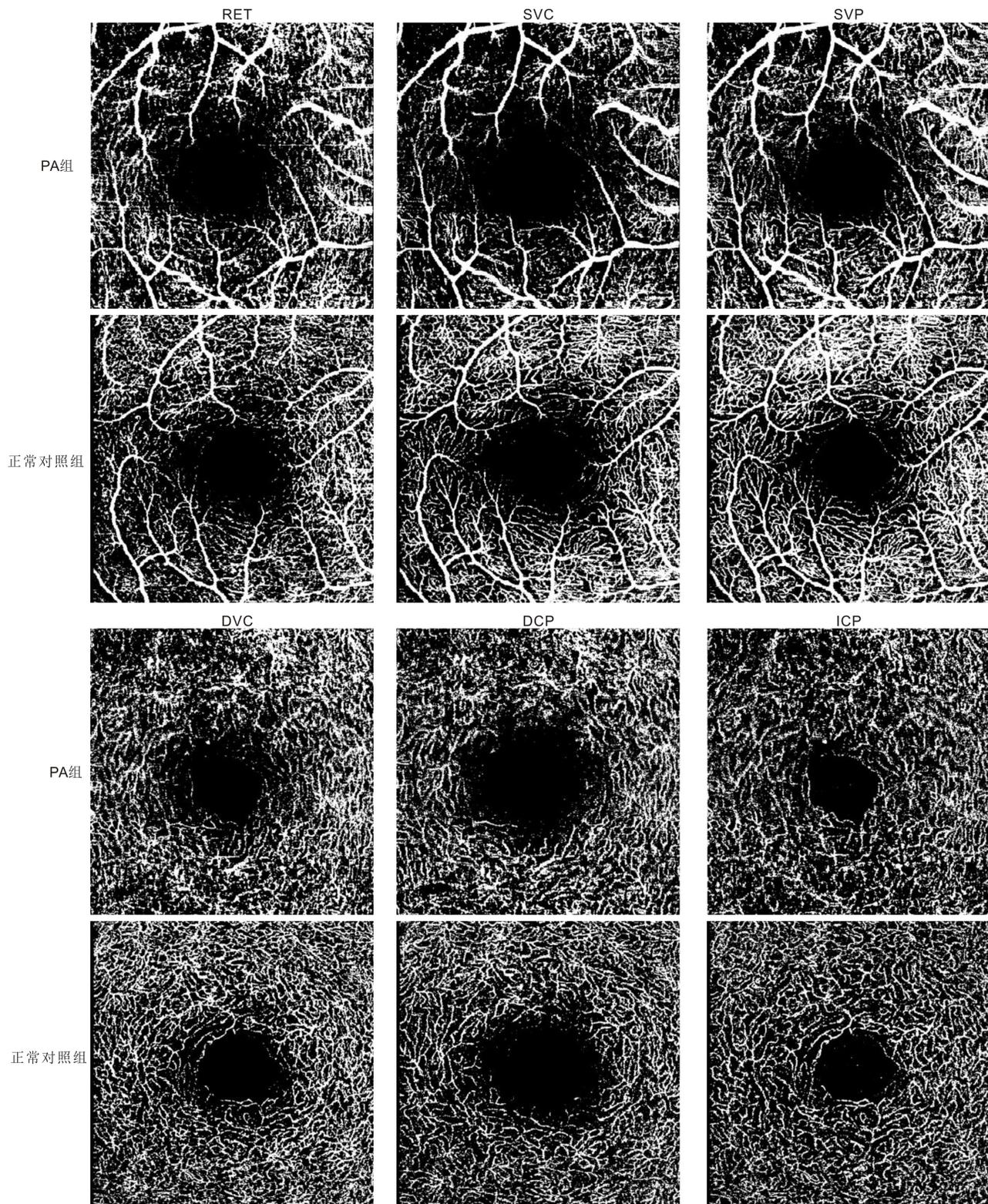


图2 黄斑区各层 OCTA 二值化图像。

剖学上侵犯并压迫视交叉时,患者常表现为双眼视野颞侧偏盲^[8],临床上一般用视野检查或 OCT 检查评估视功能的改变。本研究联合 OCT 和 OCTA 观察 PA 患者眼底视网膜结构和微循环变化,相比于视力、视野检查,能够更准确、完整地评估 PA 患者术前的视功能。

利用 OCT 技术测量 CP-RNFL 厚度、黄斑区 mGCC 厚度可有效评估 PA 患者眼底视网膜结构的损伤改变。一项荟萃分析发现,PA 患者 CP-RNFL、mGCC 和黄斑区 RET 厚度变薄证实 OCT 在病变中的有效性^[9],这与本研

究结果相似,本研究发现 PA 所致视交叉压迫患者的视网膜厚度均低于正常对照组,且视野与 CP-RNFL 厚度、mGCC 厚度之间存在相关性。分析这可能与 PA 直接压迫视交叉,导致轴浆运输和血供减少,神经纤维萎缩和神经节细胞凋亡有关。视网膜以中心凹垂直线为界,可分为鼻侧交叉纤维和颞侧未交叉纤维,交叉纤维在水平扇区汇入视盘,未交叉纤维则在垂直扇区汇入视盘^[10],因此,CP-RNFL 可以从鼻侧交叉纤维和颞侧未交叉纤维两个亚结构的变化评估 PA 患者的视功能。

表4 两组研究对象黄斑区VD和FAZ面积比较 $\bar{x} \pm s$

参数	PA组	正常对照组	t	P
	(n=80)	(n=84)		
VD(%)				
RET	23.02±5.56	25.99±6.67	-3.064	0.003
SVC	20.78±7.73	25.33±6.37	-4.070	<0.001
DVC	24.75±6.40	29.11±6.00	-4.473	<0.001
SVP	25.98±7.70	32.13±6.15	-5.630	<0.001
ICP	20.91±5.44	24.64±5.48	-4.346	<0.001
DCP	22.34±6.25	26.46±5.74	-4.373	<0.001
FAZ面积(mm ²)	0.52±0.30	0.37±0.13	3.892	<0.001

注:正常对照组:健康志愿者。

表5 PA患者MD值与CP-RNFL厚度及黄斑区RET厚度和mGCC厚度的相关性

参数	MD值	
	r	P
CP-RNFL厚度		
鼻侧	-0.243	0.030
上方	-0.331	0.003
颞侧	-0.352	0.001
下方	-0.383	<0.001
RET厚度		
内鼻	-0.380	0.001
内上	-0.391	<0.001
内颞	-0.329	0.003
内下	-0.311	0.005
外鼻	-0.379	0.001
外上	-0.355	0.001
外颞	-0.349	0.002
外下	-0.375	0.001
mGCC厚度		
内鼻	-0.423	<0.001
内上	-0.435	<0.001
内颞	-0.248	0.027
内下	-0.312	0.005
外鼻	-0.460	<0.001
外上	-0.387	<0.001
外颞	-0.369	0.001
外下	-0.469	<0.001

表6 PA患者MD值与黄斑区VD和FAZ面积的相关性

参数	MD值	
	r	P
VD		
RET	-0.010	0.930
SVC	-0.150	0.178
DVC	-0.143	0.212
SVP	-0.136	0.235
ICP	-0.153	0.180
DCP	-0.112	0.331
FAZ面积	0.287	0.011

本研究发现,PA患者鼻颞CP-RNFL厚度变薄较为显著,且颞侧CP-RNFL变薄更多,这与Menon等^[11]研究结果相似,说明颞侧神经纤维层变薄对视力影响最大,这可能与瘤体压迫视交叉的相对位置有关。然而,既往文献报道,在CP-RNFL厚度正常的情况下观察到mGCC变薄^[12-13],推测在CP-RNFL厚度变薄之前,mGCC已经受损。Blanch等^[14]在标准自动视野测试中发现视野缺损变得明显之前,评估mGCC厚度就能检测到视交叉的受损,如患者未行OCT检查,则被认定为具有正常视觉功能而没有视神经病变。本研究发现,PA组患者各象限mGCC厚度均较正常对照组下降,且与CP-RNFL厚度变薄相比,mGCC厚度下降更为明显,分析认为mGCC有可能提供CP-RNFL无法提供的与压迫性视神经病变的诊断和预后有关的信息,其变薄的程度可能为压迫视交叉的垂体瘤提供合适的手术时机^[15]。视交叉的交叉神经纤维与来自视网膜鼻侧的神经纤维相连,视交叉的压迫引起视网膜鼻侧神经的逆行性变性,从而导致变薄。本研究进一步证实PA患者的mGCC与视野损伤间具有相关性,mGCC越薄,视野损伤越重,mGCC厚度可作为PA早期评估诊断的补充工具。

OCTA是一项高速、定量、无创的非侵入性检查,可以重建视网膜的三维血管结构,通过测量在同一位置拍摄的连续横截面图像(B帧)中OCT信号的变化来检测低至毛细血管水平的血流^[16],从而评估VD、FAZ面积及血管异常的存在^[3-4],为RGC功能障碍或丢失有关的血流减少提供了新的信息,如量化治疗前黄斑区VD的减少,这是二维眼底荧光血管造影图像无法实现的。多项关于OCTA的研究表明,在正常眼睛^[17-18]和糖尿病视网膜病变^[19]中,血管损伤与结构损伤之间具有很强的相关性。本研究比较了PA组患者术前和正常对照组的视网膜微血管密度,结果显示PA患者黄斑区各层VD均较正常对照组下降,黄斑区FAZ面积较正常对照组增加,提示PA患者的视网膜血管系统受损,微循环功能下降,这与Cennamo等^[20]、Lee等^[21]报道的研究结果一致。既往研究已经确定视网膜血管网络在许多视神经病变中起主要作用^[22-23]。OCT参数(CP-RNFL、mGCC变薄)揭示了结构变化,如神经元丢失,而OCTA测量则可以证实与神经节细胞功能障碍或丢失有关的血管流量减少。Dallorto等^[24]认为VD减少可能与细胞功能降低有关,甚至发生在细胞死亡之前。本研究显示,黄斑区各层毛细血管丛中,SVC-VD与黄斑区mGCC厚度相关性最显著,说明浅层毛细血管丛与RGC关系最为密切。有研究报道,视神经受压萎缩,眼底代谢需求减少,从而导致PA患者VD降低^[23,25-26]。这可能是因为视网膜代谢活动与神经元和轴突相关,当视神经轴突变性时,视网膜血供需求减少,导致浅表血管退化,由浅层血管吻合网营养的深部视网膜神经丛可能会受到继发性影响^[23],从而通过OCTA检查发现。因此,OCTA可以早于临床症状出现之前检测出细胞功能降低,从而进行精确的术前诊断^[27]。同时,其可以被认为是一种可行的工具用于评估术后血管流量成功恢复的早期迹象。既往研究报告了微血管改变与视觉功能之间的显著相关性,如视力和视野。汤洋等^[28]研究发现,鞍区肿瘤患者的视网膜微

表7 PA患者黄斑区各层VD与mGCC厚度的相关性

mGCC 厚度	统计值	VD					
		RET	SVC	DVC	SVP	ICP	DCP
内鼻	<i>r</i>	0.050	0.197	0.165	0.184	0.136	0.119
	<i>P</i>	0.661	0.084	0.150	0.108	0.236	0.300
内上	<i>r</i>	-0.004	0.232	0.197	0.220	0.183	0.119
	<i>P</i>	0.971	0.041	0.084	0.053	0.109	0.299
内颞	<i>r</i>	0.028	0.274	0.238	0.264	0.234	0.193
	<i>P</i>	0.807	0.015	0.036	0.020	0.039	0.090
内下	<i>r</i>	0.084	0.330	0.276	0.300	0.248	0.174
	<i>P</i>	0.465	0.003	0.014	0.008	0.029	0.128
外鼻	<i>r</i>	0.016	0.269	0.200	0.249	0.186	0.073
	<i>P</i>	0.888	0.017	0.079	0.028	0.103	0.523
外上	<i>r</i>	-0.023	0.267	0.135	0.254	0.150	0.028
	<i>P</i>	0.844	0.018	0.240	0.025	0.190	0.806
外颞	<i>r</i>	-0.034	0.284	0.250	0.278	0.280	0.241
	<i>P</i>	0.766	0.012	0.027	0.014	0.013	0.033
外下	<i>r</i>	-0.074	0.199	0.151	0.214	0.149	0.087
	<i>P</i>	0.518	0.081	0.188	0.060	0.192	0.451

血管密度与视野损伤间的相关性,视野损伤越重,微血管密度越低。然而,本研究发现,PA患者MD值与黄斑区VD并不存在相关性,这与 Higashiyama 等^[29]研究结果一致,推测可能是因为黄斑区鼻侧和颞侧半部的视网膜神经纤维均与颞侧视盘相联系,造成了黄斑区视网膜神经纤维不同于外周视网膜纤维的复杂性。本研究结果提示PA患者微血管变化与结构存在一定的相关性,PA引起的交叉压迫不仅导致神经节细胞受损,更表现为视网膜微血管灌注的明显减少。

OCT参数(CP-RNFL和mGCC)有助于评估PA患者的结构改变,是客观且可精确量化的指标。而OCTA可量化视网膜毛细血管微灌注的改变,从而评估视网膜神经组织的微循环功能,为PA患者术前的视功能评估提供了新的有价值的方法。目前,OCTA技术还处于早期阶段,但其性能非常出色,预计在不久的将来会有更大的发展。此外,OCTA能够分别观察视网膜不同层次的毛细血管丛,从而深入了解以前无法获得的病理生理机制。OCTA提供的血管密度和结构信息,可以了解神经组织与其血液供应之间的相关性。

本研究结果提示了一些潜在研究方向,如进一步研究对比PA患者术前和术后VD的变化,可能有助于在临床中监测和评估PA引起的视功能损害,为PA患者视功能恢复提供了一些预测指标。然而,本研究也存在一定的局限性:(1)本研究是一项横断面研究,且样本量小,无法评估VD在疾病进展中的预后价值,需要进行纵向研究探讨VD与交叉压迫减压手术中其他功能和解剖参数之间的关系;(2)采用OCTA测量VD时,其血管造影信号基于运动,容易受到患者不配合动作所致的伪影影响;(3)本研究仅对中心凹3mm×3mm范围进行OCTA扫描,未来可进一步探索更大范围的视网膜微循环改变。因此,在分析中需要对这些因素进行调整,需要进一步的前瞻性和综合性研究阐明PA患者微血管变化的病理生理学及手术减压对这种变化的影响。

综上所述,本研究将OCT与OCTA检查参数相结合,可以更深入全面地了解PA患者的视网膜结构和微循环的变化及相关性,证明黄斑区视网膜灌注下降与由于视交叉的压迫导致的mGCC、CP-RNFL的损伤相关。OCTA对早期发现瘤体导致的视交叉的压迫更敏感,为诊断压缩性视神经病变提供了更准确、更完整的方法。

参考文献

- [1] Lopes MBS. The 2017 World Health Organization classification of tumors of the pituitary gland; a summary. *Acta Neuropathol*, 2017,134(4):521-535.
- [2] Greenman Y, Cooper O, Yaish I, et al. Treatment of clinically nonfunctioning pituitary adenomas with dopamine agonists. *Eur J Endocrinol*, 2016,175(1):63-72.
- [3] Wylęgała A. Principles of OCTA and applications in clinical neurology. *Curr Neurol Neurosci Rep*, 2018,18(12):96.
- [4] Bonnin S, Mané V, Couturier A, et al. New insight into the macular deep vascular plexus imaged by optical coherence tomography angiography. *Retina*, 2015,35(11):2347-2352.
- [5] Liu L, Jia YL, Takusagawa HL, et al. Optical coherence tomography angiography of the peripapillary retina in glaucoma. *JAMA Ophthalmol*, 2015,133(9):1045-1052.
- [6] Danesh-Meyer HV, Yoon JJ, Lawlor M, et al. Visual loss and recovery in chiasmal compression. *Prog Retin Eye Res*, 2019,73:100765.
- [7] Dinkin M. Trans-synaptic retrograde degeneration in the human visual system: slow, silent, and real. *Curr Neurol Neurosci Rep*, 2017,17(2):16.
- [8] Kim TG, Jin KH, Kang J. Clinical characteristics and ophthalmologic findings of pituitary adenoma in Korean patients. *Int Ophthalmol*, 2019,39(1):21-31.
- [9] Chou YY, Zhang BL, Gan LY, et al. Clinical efficacy of optical coherence tomography in sellar mass lesions: a meta-analysis. *Pituitary*, 2020,23(6):733-744.
- [10] Banc A, Biousse V, Newman NJ, et al. Ocular optical coherence tomography in the evaluation of sellar and parasellar masses: a review. *Neurosurgery*, 2023,92(1):42-67.

- [11] Menon S, Nair S, Kodnani A, et al. Retinal nerve fiber layer thickness and its correlation with visual symptoms and radiological features in pituitary macroadenoma. *J Neurosci Rural Pract*, 2023, 14(1):41–47.
- [12] Tieger MG, Hedges TR 3rd, Ho J, et al. Ganglion cell complex loss in chiasmal compression by brain tumors. *J Neuroophthalmol*, 2017, 37(1):7–12.
- [13] Yum HR, Park SH, Park HY L, et al. Macular ganglion cell analysis determined by Cirrus HD optical coherence tomography for early detecting chiasmal compression. *PLoS One*, 2016, 11(4):e0153064.
- [14] Blanch RJ, Micieli JA, Oyesiku NM, et al. Optical coherence tomography retinal ganglion cell complex analysis for the detection of early chiasmal compression. *Pituitary*, 2018, 21(5):515–523.
- [15] Sasagawa Y, Nakahara M, Takemoto D, et al. Optical coherence tomography detects early optic nerve damage before visual field defect in patients with pituitary tumors. *Neurosurg Rev*, 2023, 46(1):85.
- [16] Campbell JP, Zhang M, Hwang TS, et al. Detailed vascular anatomy of the human retina by projection-resolved optical coherence tomography angiography. *Sci Rep*, 2017, 7(1):42201.
- [17] Kurihara T. Development and pathological changes of neurovascular unit regulated by hypoxia response in the retina. *ProgBrain Res*, 2016, 225:201–211.
- [18] Liu W, Luisi J, Liu H, et al. OCT-Angiography for Non-Invasive Monitoring of Neuronal and Vascular Structure in Mouse Retina; Implication for Characterization of Retinal Neurovascular Coupling. *EC Ophthalmol*, 2017, 5(3):89–98
- [19] Moran EP, Wang ZX, Chen J, et al. Neurovascular cross talk in diabetic retinopathy: Pathophysiological roles and therapeutic implications. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2016, 311(3):H738–H749.
- [20] Cennamo G, Solari D, Montorio D, et al. Early vascular modifications after endoscopic endonasal pituitary surgery: the role of OCT-angiography. *PLoS One*, 2020, 15(10):e0241295.
- [21] Lee GI, Park KA, Oh SY, et al. Parafoveal and peripapillary perfusion predict visual field recovery in chiasmal compression due to pituitary tumors. *J Clin Med*, 2020, 9(3):697.
- [22] Sakaguchi K, Higashide T, Udagawa S, et al. Comparison of sectoral structure – function relationships in glaucoma: vessel density versus thickness in the peripapillary retinal nerve fiber layer. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2017, 58(12):5251–5262.
- [23] Wang XG, Jia YL, Spain R, et al. Optical coherence tomography angiography of optic nerve head and parafovea in multiple sclerosis. *Br J Ophthalmol*, 2014, 98(10):1368–1373.
- [24] Dallorto L, Lavia C, Jeannerot AL, et al. Retinal microvasculature in pituitary adenoma patients: is optical coherence tomography angiography useful? *Acta Ophthalmol*, 2020, 98(5):e585–e592.
- [25] Ghasemi Falavarjani K, Tian JJ, Akil H, et al. Swept-source optical coherence tomography angiography of the optic disk in optic neuropathy. *Retina*, 2016, 36(Suppl 1):S168–S177.
- [26] Feucht N, Maier M, Lepennetier G, et al. Optical coherence tomography angiography indicates associations of the retinal vascular network and disease activity in multiple sclerosis. *Mult Scler*, 2019, 25(2):224–234.
- [27] Wang XQ, Chou YY, Zhu HJ, et al. Retinal microvascular alterations detected by optical coherence tomography angiography in nonfunctioning pituitary adenomas. *Transl Vis Sci Technol*, 2022, 11(1):5.
- [28] 汤洋, 徐婧, 瞿远珍, 等. 常见鞍区肿瘤患者视网膜微血管密度与视野损害的相关性研究. *国际眼科杂志*, 2023, 23(3):488–493.
- [29] Higashiyama T, Ichiyama Y, Muraki S, et al. Optical coherence tomography angiography of retinal perfusion in chiasmal compression. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*, 2016, 47(8):724–729.