

# 光学相干断层扫描血管成像技术观察下的Vogt-小柳原田病的病理变化

张海萍<sup>1</sup>, 迟 玮<sup>2</sup>, 袁 进<sup>3</sup>, 叶晓圆<sup>2</sup>, 苏丽施<sup>2</sup>, 李 凡<sup>2</sup>, 田 焯<sup>1</sup>, 华 夏<sup>1</sup>

(1. 天津医科大学第二医院眼科, 天津 300211; 2. 中山大学中山眼科中心眼免疫与葡萄膜炎科, 广东 广州 510060;  
3. 中山大学中山眼科中心角膜科, 广东 广州 510060)

**摘 要:**【目的】观察静止期Vogt-小柳原田(VKH)患者与健康人之间的视网膜和脉络膜的微血管差异。【方法】回顾性研究静止期的Vogt-小柳原田患者12人,共20眼,正常对照13人,共21眼。所有患者与健康人均进行光学相干断层扫描血管成像(SS-OCTA)检查。对视网膜浅层毛细血管层的中心凹无血管区(FAZ)面积、非圆参数(AI)、视网膜浅层毛细血管层(SCP)的血管密度、视网膜深层毛细血管(DCP)的血管密度以及脉络膜毛细血管层(CC)的血管密度均使用ImageJ软件进行定量计算,同时用仪器内置软件测量中心凹下脉络膜厚度(SFCT)。统计学分析采用 $t$ 检验与Mann-Whitney  $U$ 检验。【结果】VKH静止期患者的FAZ面积明显低于健康人( $P=0.004$ )。VKH组的SCP(6 mm)、SCP(3 mm)与DCP(6 mm)的血管密度(48.14±3.65)%、(47.73±3.23)%和(48.53±1.89)%也低于正常对照组(49.84±1.56)%、(48.23±2.41)%和(50.31±1.58)%,其中只有VKH组的DCP(6 mm)的血管密度与正常对照组的血管密度之间具有统计学差异( $P=0.002$ )。然而,VKH组的SCP(1 mm)的血管密度(29.82±7.04)%明显高于正常对照组(25.59±5.44)%,并且具有统计学差异( $P=0.037$ )。SFCT(408.70±66.97) $\mu\text{m}$ 也明显高于正常对照组(254.00±54.48) $\mu\text{m}$ ( $P=0.000$ ),另一方面,VKH组的脉络膜毛细血管的血管密度与正常对照组相比并无明显差异( $P=0.095$ )。【结论】SS-OCTA检查可以发现静止期VKH患者的视网膜浅层毛细的血管层的FAZ面积由于黄斑中心凹周围1mm内的浅层视网膜毛细血管层的血管发生代偿性增加而出现减少的现象,而静止期VKH患者DCP的血管密度降低,说明静止期VKH患者的视网膜的深层毛细血管层的血供并未完全恢复。

**关键词:** Vogt-小柳原田综合征(VKH);光学相干断层扫描血管成像;定量分析

中图分类号:R773.4 文献标志码:A 文章编号:1672-3554(2021)03-0418-07

DOI:10.13471/j.cnki.j.sun.yat-sen.univ(med.sci).2021.0112

## Pathological Changes of Vogt-Koyanagi Harada Observed by Optical Coherence Tomography Angiography

ZHANG Hai-ping<sup>1</sup>, CHI Wei<sup>2</sup>, YUAN Jin<sup>3</sup>, YE Xiao-yuan<sup>2</sup>, SU Li-shi<sup>2</sup>, LI Fan<sup>2</sup>, TIAN Ye<sup>1</sup>, HUA Xia<sup>1</sup>

(1. Department of Ophthalmology, Second Hospital of Tianjin Medical University, Tianjin 300211, China; 2. Department of Ocular Immunity and Uveitis, Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510060, China; 3.

Department of Cornea, Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510060, China)

Correspondence to: HUA Xia, E-mail: cathayhuaxia@163.com

**Abstract:**【Objective】To observe the differences of retina and choroid microvasculature between Vogt-Koyanagi-Harada (VKH) patients in convalescent stage and healthy people.【Methods】In this retrospective study, 12 Vogt-Koyanagi-Harada patients in convalescent stage (20 eyes), and 13 healthy people (21 eyes) as controls were examined by Swept-

收稿日期:2021-02-27

基金项目:国家自然科学基金(81670816;81870638)

作者简介:张海萍,硕士生,研究方向:眼免疫与眼前节,E-mail:758694190@qq.com;华夏,通信作者,主任医师,研究方向:眼免疫与眼前节,E-mail:cathayhuaxia@163.com

Source optical coherence tomography angiography (SS-OCTA, PLEX Elite 9000, Carl Zeiss). The area of the foveal avascular zone (FAZ) of the superficial capillary plexus (SCP) of the retina, the acircularity index (AI), the vascular density of the superficial (SCP) and deep capillary plexus (DCP), and the vascular density of choriocapillaris (CC) were analyzed by ImageJ software. The subfoveal choroidal thickness (SFCT) is measured by the built-in software of PLEX Elite 9000. *t* test and Mann-Whitney *U* test were used for statistical analysis.【Results】FAZ area of the Vogt-Koyanagi-Harada patients in convalescent stage was significantly smaller than that of healthy people ( $P=0.004$ ). The vascular density of SCP (6mm), SCP (3mm) and DCP (6mm) in the VKH group ( $48.14\pm 3.65\%$ ), ( $47.73\pm 3.23\%$ ), ( $48.53\pm 1.89\%$ ), respectively, was also lower than that of the normal control group ( $49.84\pm 1.56\%$ ), ( $48.23\pm 2.41\%$ ), ( $50.31\pm 1.58\%$ ). However, only the vascular density of DCP (6 mm) in the VKH group was statistically different from that of the normal control group ( $P=0.002$ ). The vascular density of SCP (1 mm) in the VKH group ( $29.82\pm 7.04\%$ ) was significantly higher than that of the normal control group ( $25.59\pm 5.44\%$ ), and there was a statistical difference ( $P=0.037$ ). SFCT ( $408.70\pm 66.97$ )  $\mu\text{m}$  was also significantly higher than the normal control group ( $254.00\pm 54.48$ )  $\mu\text{m}$  ( $P=0.000$ ). On the other hand, the vascular density of choriocapillaris in the VKH group was not significantly different from that in the normal control group ( $P=0.095$ ).【Conclusions】SS-OCTA examination can discover the changes that the FAZ area in SCP of the VKH patients in convalescent stage has decreased due to the blood vessels compensatory increase in the superficial capillary plexus within 1mm around the macular fovea. The decrease in the vascular density of the DCP can also indicate that the retinal blood supply of VKH patients in convalescent stage has not been fully restored.

**Key words:** vogt-koyanagi-harada syndrome; swept-source optical coherence tomography angiography; quantitative analysis

[J SUN Yat-sen Univ (Med Sci), 2021, 42(3): 418-424]

Vogt-小柳原田(Vogt-Koyanagi-Harada, VKH)是涉及眼睛、皮肤、脑膜和听觉系统的肉芽肿性炎症<sup>[1]</sup>。其眼科症状被描述为双侧肉芽肿性葡萄膜炎,并伴有严重的视盘水肿,视网膜脱离和玻璃体炎,最终发展为晚霞样眼底<sup>[2]</sup>。VKH的发病机制尚不清楚,目前认为与黑色素细胞,病毒感染和遗传因素有关<sup>[2]</sup>。目前多模式成像技术通常用于诊断VKH疾病,例如荧光素血管造影术(fluorescein fundus angiography, FFA)、吲哚菁绿色血管造影术(indocyanine green angiography, ICGA)和光学相干断层扫描血管造影术(optical coherence tomography angiography, OCTA)<sup>[2]</sup>。其中FFA结合ICGA是诊断早期VKH疾病的有用工具<sup>[3]</sup>,但是与OCTA相比,FFA和ICGA具有潜在的染料相关风险,并且无法定量分析视网膜和脉络膜微血管的变化<sup>[4]</sup>。OCTA是一种新兴的分析眼底血管结构的技术,与FFA与ICGA相比,OCTA具有优越的诊断能力。因此,应用OCTA对VKH进行全面的有助于进一步了解VKH的发病机制。随着OCTA的发展,OCTA有两种模式:频域OCTA(spectral-domain optical coherence tomography angiography, SD-OCTA)和扫频OCTA(swept-source optical coherence tomography an-

giography, SS-OCTA),且与SD-OCTA系统相比,SS-OCTA成像质量会更高<sup>[5-8]</sup>。本研究旨在通过SS-OCTA来观察用药1~3个月之内的静止期的VKH患者的视网膜与脉络膜微血管的变化,从而进一步揭示VKH疾病发生发展过程中视网膜与脉络膜微血管的变化趋势。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究对象

我们纳入2019年11月份到2020年10月份来中山大学中山眼科中心就诊的VKH患者。其中符合本研究要求的患者[处于VKH静止期并且服用糖皮质激素(1.2~1.5 mg/kg)的时间在1~3个月]有12例,共20眼,平均年龄为( $41.58\pm 12.19$ )岁。对照组健康人招募于社会人员13名,共21眼(因图片质量问题排除5眼),对照组人员均无眼病与其他全身性疾病,平均年龄为( $39.50\pm 11.24$ )岁。已得到患者和健康人同意及签署知情同意书,并取得医院伦理委员会的批准。

### 1.2 纳入与排除标准

纳入标准:①根据2001年首届Vogt-Koy-

anagi-Harada 病国际研讨会的修订标准对 VKH 进行诊断<sup>[1]</sup>。② 所有 VKH 患者的均处于静止期且口服糖皮质激素的时间在 1~3 月内,无严重前房炎症等急性 VKH 表现。③ SS-OCTA 检查结果的图片质量清晰并能进行定量分析。排除标准:① 既往有眼部创伤与眼部手术史。② VKH 疾病合并其他眼部疾病。③ 图片质量未达标。

### 1.3 检查方法

所有纳入的受试者与健康人均进行 SS-OCTA 检查,其仪器是蔡司公司的 PLEX Elite 9000,其扫描光源为 1 060 nm,扫描速度为 10 kHz。所有受试者与健康人进行检查之前进行散瞳,采用 15 mm×9 mm 的图片采集模式,并且所有的检查均由同一名经验丰富并受过专业训练的检查医师完成。

### 1.4 图像处理方法

PLEX Elite 9000 仪器可以自动除去伪影,我们在仪器上去除伪影以后再将得到的检查结果的图像进行筛选,然后用 ImageJ 软件进行处理。定量分析视网膜浅层毛细血管层的中心凹无血管区(foveal avascular zone, FAZ)面积,各层(浅层毛细血管丛(superficial capillary plexuses, SCP)、深层毛细血管丛(superficial capillary plexuses, DCP)和脉络膜毛细血管(choriocapillaris, CC)的分割方法由 PLEX Elite 9000 的内置软件执行。对 SCP 与 DCP 进行血管密度分析时,其二值化阈值方法选择 ImageJ 软件中的方法<sup>[9]</sup>,并且选择以黄斑为中心,直径为 6 mm 的圆作为定量分析的范围,同时也对 SCP 进行了以黄斑为中心,直径分别为 3 mm、1 mm 的圆的范围进行了血管密度的测定。对 CC 进行血管面积与血管密度分析时,使用 ImageJ 软件上的 Auto Local Threshold 中的 Phansalka 方法二值化后进行定量分

析<sup>[10]</sup>,其测量范围与 DCP 的测量范围保持一致。采用仪器自带的功能对中心凹下脉络膜厚度(subfoveal choroidal thickness, SFCT)进行测量,其测量时由两名医师各自独立测量,对两次的测量结果取平均值。

### 1.5 计算方法

对血管密度进行定量分析时,为排除 FAZ 的影响,我们定量时排除 FAZ 的面积,从而得到血管面积,然后按照下列算式求取血管密度。

$$\text{血管密度} = \frac{\text{血管面积}}{\pi R^2} \times 100\%$$

### 1.6 统计学方法

使用 SPSS 22 统计学软件对数据进行分析,使用 GraphPad prism 8.0.1 软件绘制图片。患者与健康人的数据之间的比较采用双侧独立样本 *t* 检验或 Mann-Whitney *U* 检验,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。符合正态分布的数据用均数±标准差表示,不符合正态分布的数据用中位数(下四分位数,上四分位数)表示。

## 2 结果

### 2.1 VKH 组与正常对照组基本特征情况

VKH 组和正常对照两组间的性别、年龄与眼压的差异均无统计学意义 ( $P=0.790$ ,  $P=0.655$ ,  $P=0.233$ ),但是其最佳矫正视力存在统计学差异 ( $P=0.000$ ),具体统计学分析见表 1。Gender 采用卡方检验进行分析, Age 与 IOP 符合正态分布且方差齐采用双侧独立样本 *t* 检验进行分析, Log MAR BCVA 不符合正态分布采用 Mann-Whitney *U* 检验进行分析。

表 1 VKH 组与正常对照组基本特征

Table 1 Basic characteristics of VKH group and normal control group

Items	VKH	Control	$\chi^2/t/Z$	$(\bar{x} \pm s)$ <i>P</i>
Gender(F/M) <sup>1)</sup>	4/8	5/8	0.071	0.790
Age/years	41.58±12.19 <sup>2)</sup>	39.50±11.24	0.453	0.655
IOP <sup>3)</sup> /mmHg	13.49 ±2.61	14.31±1.59	-1.216	0.233
LogMAR BCVA <sup>4)</sup>	0.20 <sup>5)</sup> (0.10, 0.40) <sup>6)</sup>	0.00(0.00, 0.00)	-5.909	0.000

<sup>1)</sup> F/M: female/male; <sup>2)</sup> mean±SD; <sup>3)</sup> IOP: intraocular pressure; <sup>4)</sup> LogMAR BCVA: best-corrected visual acuity; <sup>5)</sup> median; <sup>6)</sup> lower quartile, upper quartile

## 2.2 VKH组与正常对照组的FAZ面积与非圆参数之间的对比

VKH静止期患者的视网膜浅层毛细血管层的FAZ面积明显小于正常对照组的视网膜浅层毛细血管层的FAZ面积,并且具有统计学意义( $P=0.004$ )。具体统计学分析见表2。FAZ与非圆参数(acircularity index, AI)不符合正态分布使用Mann-Whitney  $U$ 检验进行分析。

## 2.3 VKH组与正常对照组的SCP血管密度、DCP血管密度与SFCT之间的对比

与正常对照组相比,VKH组的SCP(6 mm)、SCP(3 mm)与DCP(6 mm)的血管密度是降低的,其中DCP(6 mm)的血管密度降低更明显,并且其与正常对照组的血管密度的差异具有统计学意义( $P=0.002$ )。但是SCP(1 mm)的血管密度明显高于正常对照组( $P=0.037$ ),另外VKH组的脉络膜厚度明

显高于正常对照组( $P=0.000$ )。具体统计学分析见表3。数据均符合正态分布并且方差齐采用双侧独立样本 $t$ 检验进行分析。

## 2.4 VKH组与正常对照组的CC血管密度的对比

纳入的VKH患者的脉络膜毛细血管层的血管密度与健康人相比,并无较大区别。具体统计学分析见表4。数据采用Mann-Whitney  $U$ 检验进行分析。

## 2.5 VKH组各测量指标与Log MAR BCVA之间的相关性分析

对VKH组各测量指标与Log MAR BCVA之间进行了相关性分析。在本次的病例对照研究中Log MAR BCVA与大部分指标之间的相关性均较小。但是在这八个测量指标中,SCP(3 mm)的血管密度与Log MAR BCVA之间具有明显的相关性( $r=-0.536, P=0.015$ ),相关性结果如图1所示。

表2 VKH组与正常对照组的FAZ面积与AI之间的对比

Table 2 Comparison of FAZ area and AI between VKH group and normal control group

Items	VKH	Control	Z	P
FAZ <sup>1)</sup> /mm <sup>2</sup>	0.25(0.16,0.31)	0.36(0.27,0.42)	-2.843	0.004
AI <sup>2)</sup>	1.17(1.12,1.23)	1.13(1.11,1.20)	-0.782	0.434

<sup>1)</sup> FAZ: foveal avascular zone; <sup>2)</sup> AI: acircularity index

表3 VKH组与正常对照组的SCP血管密度、DCP血管密度与SFCT之间的对比

Table 3 Comparison of SCP vascular density, DCP vascular density and SFCT between VKH group and normal control group ( $\bar{x} \pm s$ )

Items	VKH	Control	t	P
SCP(6 mm)VD/%	48.14±3.65	49.84±1.56	-1.925	0.065
SCP(3 mm)VD/%	47.73±3.23	48.23±2.41	-0.560	0.579
SCP(1 mm)VD/%	29.82±7.04	25.59±5.44	2.159	0.037
DCP(6 mm)VD/%	48.53±1.89	50.31±1.58	-3.273	0.002
SFCT/ $\mu$ m	408.70±66.97	254.00±54.48	8.132	0.000

SCP: superficial capillary plexus; VD: vascular density; DCP: deep capillary plexus; SFCT: subfoveal choroidal thickness

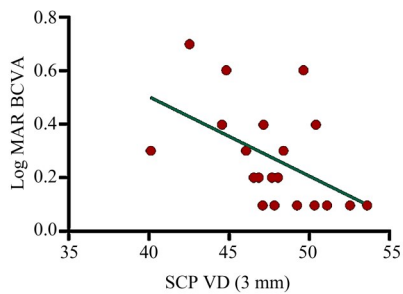
表4 VKH组与正常对照组CC血管密度的对比

Table 4 Comparison of the vascular density of CC between VKH and normal control group

Items	VKH	Control	Z	P
CC(6 mm)VD/%	71.27(67.85,73.57)	69.54(67.30,71.20)	-1.669	0.095

CC: choriocapillaris





Capillary plexus (3 mm) and Log MAR BCVA in VKH group

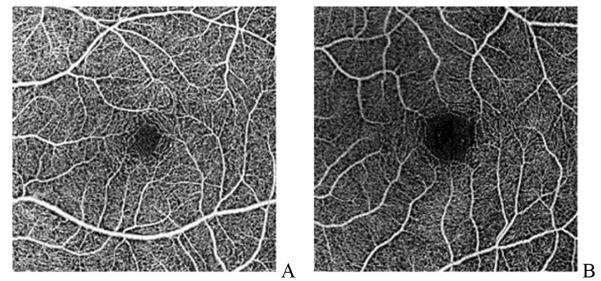
图1 VKH组SCP(3 mm)的血管密度与Log MAR BCVA之间相关性分析散点图

Fig. 1 Scattergram of correlation analysis between the vascular density of the superficial capillary plexus (3 mm) and Log MAR BCVA in VKH group

### 3 讨论

VKH是一种多系统自身免疫性疾病,在中国, VKH是最常见的葡萄膜炎之一<sup>[11]</sup>,然而,目前对于VKH的发病机制的研究尚不明确,大部分人认为其发病机制与黑色素细胞有关<sup>[12]</sup>。由于目前大部分的研究多聚焦于口服糖皮质激素3个月以上的VKH静止期病人的视网膜与脉络膜微血管的变化,据了解,目前少有研究报道用药1~3个月之内的静止期的VKH患者的视网膜与脉络膜微血管的变化,为弥补此类研究在VKH病程进展中选取截点的不足,本研究纳入口服糖皮质激素1~3个月之间的静止期VKH患者作为研究对象。在此次研究中,我们发现VKH组的FAZ面积、SCP(1 mm)、DCP的血管密度以及SFCT的厚度均与健康人之间存在差异, VKH组的SCP(6 mm)与SCP(3 mm)的血管密度虽然小于健康人组,但是两组之间的差异并无统计学意义,另一方面CC的血管密度与健康人进行相比,发现两组之间的差别并不显著。对VKH组各测量指标与Log MAR BCVA之间进行相关性分析,结果发现SCP(3 mm)的血管密度与Log MAR BCVA之间具有明显的相关性。

在本次研究中,我们发现VKH组的FAZ的面积明显小于健康人组(图2),在关于VKH疾病的一例病例报告中, Giannakouras等<sup>[13]</sup>在病人的视网膜浅层和深层的毛细血管丛中也发现FAZ的面积减少。但是在Karaca等<sup>[14]</sup>的研究中,静止期的FAZ的面积是明显大于健康人组的FAZ面积,并认为FAZ的面积扩大与急性期的浆液性视网膜脱离和黄



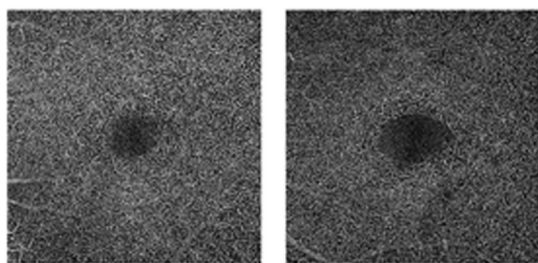
Representative SS-OCTA images from a VKH patient (Figure 2 A, a 32-year-old female) and a healthy person (Figure 2 B, a 33-year-old female). FAZ in the superficial retinal capillary plexus of VKH patients is significantly reduced.

图2 VKH组与正常对照组的视网膜浅层毛细血管层的FAZ对比

Fig. 2 Comparison of FAZ of superficial capillary plexus between VKH group and normal control group

斑缺血有关。为探究视网膜浅层毛细血管层FAZ面积减少的原因,我们对SCP 1 mm范围的血管密度进行定量分析,结果发现相对正常对照组而言, VKH组的血管密度在SCP 1 mm范围内是增加的,由此可见在接近FAZ范围(1 mm)内的浅层视网膜毛细血管的增加造成FAZ面积的缩小。我们猜测SCP1mm范围内血管密度的增加是由于在黄斑附近,病变导致的缺血缺氧可能会诱导血管增生,从而保证黄斑区供血造成的。

在VKH组的SCP(6 mm)、SCP(3 mm)和DCP(6 mm)中,我们发现其血管密度低于健康人组,并且在DCP的减少更为明显(图3)。造成这种现象的原因可能是在VKH疾病急性期存在与浆液性视网膜脱离相关的视网膜下积液。而DCP(6 mm)的血管密度降低更加明显,可能是由于DCP位于一个类似于分水岭的区域,在该区域中血氧饱和度的下降可能比内、外视网膜的减少更多<sup>[15]</sup>,所以DCP易损性增加,其血管密度下降的更加明显。这与Karaca I等<sup>[14]</sup>在非急性VKH中对DCP血管密度研究的结果相一致,另一方面贾珊珊等<sup>[16]</sup>在急性期的VKH患者中同样发现DCP血管密度降低,这表明DCP的血管密度的减少或许可以视为VKH疾病中的一个典型特征。VKH疾病是一种葡萄膜炎,其主要损害脉络膜以及脉络膜毛细血管,在本研究中VKH组的脉络膜毛细血管的血管面积与血管密度与正常对照组相比并无显著差异。贾珊珊等<sup>[16]</sup>在VKH急性期发现脉络膜毛细血管的密度明显低于健康人。然而Karaca等<sup>[14]</sup>也证实静止期VKH患者



A B Representative SS-OCTA images from a VKH patient (Figure 3 A, a 42-year-old male) and a healthy person (Figure 3 B, a 41-year-old male). The vascular density of deep retinal capillary plexus of VKH patients is significantly reduced (the vascular density of deep retinal capillary plexus of VKH patients is 45.80%, the vascular density of deep retinal capillary plexus of healthy person is 49.67%).

图3 VKH组与正常对照组的视网膜深层毛细血管层的密度对比

Fig. 3 Comparison of vascular density of deep capillary plexus between VKH group and normal control group

与健康对照组的脉络膜血流面积无明显差异( $P>0.05$ )。这表明随着VKH疾病的发展以及糖皮质激素的服用,脉络膜毛细血管的密度得到改善。在VKH疾病中,脉络膜增厚是VKH急性期的一种典型表现,但是在本次研究中我们发现用药1~3个月的静止期VKH患者的脉络膜也是增厚的,这与Li-

ang等<sup>[17]</sup>的研究相一致。这有可能是由于VKH急性期炎症浸润的结果,同时也说明用药1~3个月的静止期VKH患者的脉络膜并未完全恢复。

本研究中,我们对各测量指标与Log MAR BCVA之间的相关性进行了分析,我们发现SCP(3 mm)的血管密度与Log MAR BCVA之间存在相关性,表明SCP(3 mm)可能是指示视力预后的参考因素。但是梁安怡<sup>[18]</sup>在53例(109眼)急性期VKH患者与92例(181眼)慢性期VKH患者中发现SCP、DCP与CC的血流密度与视力之间存在较好的相关性。梁安怡的实验纳入的患者人数远远大于本次的研究,而相关性的研究结果的不同可能是由于样本量较少造成的。

在本次病例对照研究中存在几个局限性:样本量较少,没有对病人进行随访,无法观察随着用药时间的延长,病人的视网膜和脉络膜的变化趋势。

综上所述,SS-OCTA检查可以发现静止期VKH患者的视网膜浅层毛细血管层的FAZ面积由于周围1 mm内的浅层视网膜毛细血管层的血管发生代偿性增加而出现减少的现象;而DCP的血管密度降低,又说明静止期VKH患者的视网膜的深层毛细血管层的血供并未完全恢复。

#### 参考文献

- [1] O'keefe GA, Rao NA. Vogt-Koyanagi-Harada disease [J]. *Surv Ophthalmol*, 2017, 62(1): 1-25.
- [2] Fardeau C, Tran TH, Gharbi B, et al. Retinal fluorescein and indocyanine green angiography and optical coherence tomography in successive stages of Vogt-Koyanagi-Harada disease [J]. *Int Ophthalmol*, 2007, 27(2-3): 163-172.
- [3] Read RW, Holland GN, Rao NA, et al. Revised diagnostic criteria for Vogt-Koyanagi-Harada disease: report of an international committee on nomenclature [J]. *Am J Ophthalmol*, 2001, 131(5): 647-652.
- [4] Luo K, Cai H, Hu Y, et al. Distinguishing microvasculature features of vogt-koyanagi-harada in patients in acute and convalescent phases using optical coherence tomography angiography [J]. *Ocul Immunol Inflamm*, 2020; 1-7.
- [5] Unterhuber A, Povazay B, Hermann B, et al. In vivo retinal optical coherence tomography at 1040 nm - enhanced penetration into the choroid [J]. *Opt Express*, 2005, 13(9): 3252-3258.
- [6] Povazay B, Hermann B, Unterhuber A, et al. Three-dimensional optical coherence tomography at 1050 nm versus 800 nm in retinal pathologies: enhanced performance and choroidal penetration in cataract patients [J]. *J Biomed Opt*, 2007, 12(4): 041211.
- [7] Lane M, Moulton EM, Novais EA, et al. Visualizing the choriocapillaris under drusen: comparing 1050-nm swept-source versus 840-nm spectral-domain optical coherence tomography angiography [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2016, 57(9): 585-590.
- [8] Borrelli E, Shi Y, Uji A, et al. Topographic analysis of the choriocapillaris in intermediate age-related macular degeneration [J]. *Am J Ophthalmol*, 2018, 196: 34-43.
- [9] Aicher NT, Nagahori K, Inoue M, et al. Vascular density of the anterior segment of the eye determined by op-

- tical coherence tomography angiography and slit-lamp photography [J]. *Ophthalmic Res*, 2020, 63(6): 572-579.
- [10] Yun C, Nam KT, Park S, et al. Features of the choriocapillaris on four different optical coherence tomography angiography devices [J]. *Int Ophthalmol*, 2020, 40(2): 325-333.
- [11] Yang P, Zhang Z, Zhou H, et al. Clinical patterns and characteristics of uveitis in a tertiary center for uveitis in China [J]. *Curr Eye Res*, 2005, 30(11): 943-948.
- [12] Baltmr A, Lightman S, Tomkins-Netzer O. Vogt-Koyanagi-Harada syndrome - current perspectives [J]. *Clin Ophthalmol*, 2016, 10: 2345-2361.
- [13] Giannakouras P, Andreanos K, Giavi B, et al. Optical coherence tomography angiography: employing a novel technique for investigation in Vogt-Koyanagi-Harada disease [J]. *Case Rep Ophthalmol*, 2017, 8(2): 362-369.
- [14] Karaca I, Yılmaz SG, Afrashi F, et al. Assessment of macular capillary perfusion in patients with inactive Vogt-Koyanagi-Harada disease: an optical coherence tomography angiography study [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2020, 258(6): 1181-1190.
- [15] Wang H, Xu X, Sun X, et al. Macular perfusion changes assessed with optical coherence tomography angiography after vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2019, 257(4): 733-740.
- [16] 贾珊珊, 赵滢, 巩迪, 等. 急性期 Vogt-小柳原田病相干光层析血管成像术观察 [J]. *中华眼科杂志*, 2017, 53(10): 735-739.
- Jia SS, Zhao C, Gong D, et al. Optical coherence tomography angiography of acute Vogt-Koyanagi-Harada disease [J]. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*, 2017, 53(10): 735-739.
- [17] Liang A, Zhao C, Jia S, et al. Retinal microcirculation defects on octa correlate with active inflammation and vision in Vogt-Koyanagi-Harada disease [J]. *Ocul Immunol Inflamm*, 2020: 1-7.
- [18] 梁安怡. Vogt-小柳原田病的光学相干断层扫描血管造影研究 [D]. 北京协和医学院, 2018.
- Liang AY. Optical tomography angiography in Vogt-Koyanagi-Harada disease [D]. Peking Union Medical College, 2018.

(编辑 余菁)