

# 基于 OCTA 分析妊娠期高血压患者产后视网膜微循环的变化

孙鹏华<sup>1,2</sup>, 赵晓燕<sup>3</sup>, 汤明霞<sup>4</sup>, 刘 虎<sup>1</sup>

引用:孙鹏华,赵晓燕,汤明霞,等. 基于 OCTA 分析妊娠期高血压患者产后视网膜微循环的变化. 国际眼科杂志 2022;22(11):1861-1866

基金项目:江苏省科技计划项目(No.BE2020722)

作者单位:<sup>1</sup>(210000)中国江苏省南京市,南京医科大学第一附属医院眼科;<sup>2</sup>(225300)中国江苏省泰州市妇幼保健所眼科;<sup>3</sup>(213000)中国江苏省常州市,南京医科大学附属常州第二人民医院眼科;<sup>4</sup>(225300)中国江苏省泰州市人民医院眼科

作者简介:孙鹏华,毕业于南通大学医学院,学士,主治医师,研究方向:小儿眼科及高危孕产妇眼底病。

通讯作者:刘虎,医学博士,主任医师,博士研究生导师,研究方向:斜视与小儿眼科. liuhu@njmu.edu.cn

收稿日期:2022-04-24 修回日期:2022-10-12

## 摘要

**目的:**利用光学相干断层扫描血管成像技术(OCTA)定量分析产后6mo以上妊娠期高血压综合征(PIH)患者的视网膜微循环变化。

**方法:**分别测量19例PIH患者、23例正常妊娠女性(HPW)及19例未妊娠女性(CNPW)的屈光度、最佳矫正视力及眼轴长度,并使用OCTA测量三组视乳头及黄斑区血流参数、神经纤维层厚度和脉络膜厚度。所有妊娠患者数据均采集自分娩6mo以后。运用统计软件SPSS20.0,单因素方差分析比较三组间视网膜微循环相关参数的组间差异。

**结果:**PIH组的黄斑区无灌注区面积(FAZ)明显大于HPW组和CNPW组(均 $P<0.05$ );三组间的黄斑区各区域视网膜浅层血管密度无差异;PIH组的视乳头各区域浅层血管密度,其中视乳头整层6mm区域、外层、下外侧、鼻外侧高于HPW组和CNPW组;视神经纤维层平均厚度三组间无差异,但PIH组的视神经颞侧纤维层厚度明显低于HPW组和CNPW组(均 $P<0.05$ );PIH组的黄斑中心区视网膜厚度明显低于HPW和CNPW(均 $P<0.05$ );中心凹下脉络膜厚度三组间无差异。

**结论:**PIH患者产后视网膜部分区域血管密度、黄斑中心区厚度及颞侧视神经纤维层厚度与HPW及CNPW组间均存在差异,提示PIH对视网膜微循环的影响可能在产后仍持续存在。

**关键词:**妊娠期高血压;光学相干断层扫描血管成像技术(OCTA);视网膜浅层毛细血管密度

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2022.11.19

## Changes of retinal microcirculation in postnatal patients with pregnancy - induced hypertension based on OCTA

Peng - Hua Sun<sup>1,2</sup>, Xiao - Yan Zhao<sup>3</sup>, Ming - Xia Tang<sup>4</sup>, Hu Liu<sup>1</sup>

**Foundation item:** Science and Technology Project of Jiangsu Province(No.BE2020722)

<sup>1</sup>Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital with Nanjing Medical University, Nanjing 210000, Jiangsu Province, China; <sup>2</sup>Department of Ophthalmology, Taizhou Maternal and Child Health Care Center, Taizhou 225300, Jiangsu Province, China; <sup>3</sup>Department of Ophthalmology, Changzhou No.2 People's Hospital of Nanjing Medical University, Changzhou 213000, Jiangsu Province, China; <sup>4</sup>Taizhou People's Hospital, Taizhou 225300, Jiangsu Province, China

**Correspondence to:** Hu - Liu. Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital with Nanjing Medical University, Nanjing 210000, Jiangsu Province, China. liuhu@njmu.edu.cn  
Received: 2022-04-24 Accepted: 2022-10-12

## Abstract

• **AIM:** To quantitatively analyze the changes of retinal microcirculation in patients with pregnancy - induced hypertension (PIH) syndrome who have delivered after more than 6mo by using optical coherence tomography angiography(OCTA).

• **METHODS:** In this study, a total of 19 females with PIH, 23 healthy pregnant women and 19 control non pregnant women (CNPW) were recruited. Ocular examinations including diopter, best corrected visual acuity and axial length were measured, respectively. OCTA was used to measure the optic nerve head and macular blood flow parameters, nerve fiber layer and choroidal thickness of the three groups. The data of pregnant patients were collected more than 6mo after delivery. All statistical analyses were performed in the SPSS20.0, and single factor analysis of variance was used to analyze inter - group differences of retinal microcirculation related parameters among the three groups.

• **RESULTS:** Foveal avascular zone (FAZ) of the PIH group was significantly larger than that of the HPW and CNPW groups (all  $P < 0.05$ ). There was no statistical difference in macular superficial capillary plexus vessel density among the three groups. The superficial capillary plexus vessel density of each region of the optic nerve head in the PIH group, among which the entire 6mm

layer, outer layer, lower lateral layer and lateral nasal, was higher than that in the HPW and CNPW groups. There was no statistical difference in the average thickness of retinal nerve fiber layer among the three groups, but the thickness of temporal retinal nerve fiber layer of PIH group was significantly thinner than that of HPW and CNPW group (all  $P < 0.05$ ). The central foveal thickness of PIH group was significantly thinner than that of HPW group and CNPW group (all  $P < 0.05$ ). There was no statistical difference in central choroid thickness among the three groups.

• **CONCLUSION:** Differences were founded in partial retinal superficial capillary plexus vessel density, central foveal thickness and temporal retinal nerve fiber layer thickness in postpartum patients with PIH compared with HPW and CNPW groups, suggesting that the effect of PIH on retinal microcirculation may still exists after delivery.

• **KEYWORDS:** pregnancy-induced hypertension; optical coherence tomography angiography (OCTA); retinal superficial capillary plexus vessel density

**Citation:** Sun PH, Zhao XY, Tang MX, *et al.* Changes of retinal microcirculation in postnatal patients with pregnancy-induced hypertension based on OCTA. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022;22(11):1861-1866

## 0 引言

妊娠期高血压综合征(pregnancy-induced hypertension syndrome, PIH)是发生在妊娠 20wk 以后至产后 2wk,以高血压、水肿、蛋白尿为主要临床特征的妊娠期疾病。其包括:妊娠期高血压、轻度子痫前期、重度子痫前期和子痫<sup>[1]</sup>。它是孕产妇特有的一种全身性疾病,在我国发病率约为 9.4%~10.4%<sup>[2]</sup>。该疾病是造成孕产妇、胎儿和新生儿死亡的一个主要原因。患有 PIH 的孕妇,在怀孕期间发生胎盘早剥、脑血管事件、器官衰竭和弥散性血管内凝血的风险较大,同时还容易造成胎儿在宫内发育迟缓、早产和宫内死亡<sup>[3]</sup>。怀孕后因为激素、代谢、生理机制的变化和全身血压升高,会破坏靶器官(如脑、肾、肝、眼等重要器官)的微循环结构。病情严重的患者常出现的全身症状有头晕、头疼,甚至抽搐、昏迷;同时伴随视力下降或模糊、视野缺损等眼部症状的出现,其最常见的眼部并发症是高血压性视网膜病变、渗出性视网膜脱离和皮质盲<sup>[4]</sup>。视网膜作为活体唯一能观察到微血管的部位,眼底检查便成了判断 PIH 患者眼底病情发展的重要手段,视网膜眼底病变的严重程度常作为是否终止妊娠的重要依据<sup>[5-6]</sup>。既往通过荧光素钠或吲哚菁绿血管造影,证明病情较重的 PIH 患者存在视网膜病变。然而血管造影虽然可以很好地评估血管的功能结构是否异常,仍存在不良反应的风险,一般不建议使用<sup>[7-8]</sup>。

近年来,随着新型眼部成像方式——光学相干断层扫描成像(optical coherence tomography, OCT)和光学相干断层扫描血管成像技术(optical coherence tomography angiography, OCTA)的出现,使非侵入性定量分析视网膜结构和血流数据成为可能。该项技术具有可重复性、无创性和便捷客观快速成像等优势<sup>[9-11]</sup>。它的计算数据依赖

于血管面积和血管密度的测量,是真实血流的替代指标,并且这些参数已被证明其重复性和再现性是可靠的<sup>[12-14]</sup>。利用 OCTA 对 PIH 患者进行眼底检查,可以有效地评估 PIH 患者病情的严重程度,同时又避免了荧光血管造影技术对孕产妇和胎儿存在的潜在风险。目前国内外已有一些研究利用 OCT 或 OCTA 测量评估 PIH 患者视网膜及脉络膜的厚度和微循环变化,而利用 OCTA 研究 PIH 患者产后视网膜、脉络膜区的微循环变化较为缺乏。故本研究使用 OCTA 测量 PIH 患者产后黄斑和视乳头区域浅层毛细血管密度,以及黄斑区、视乳头神经纤维层和脉络膜厚度,为进一步探索 PIH 患者视网膜微循环的变化规律提供依据。

## 1 对象和方法

**1.1 对象** 收集了 2017-08/2020-04 在泰州市人民医院产科明确诊断为 PIH 的患者 19 例(PIH 组)、正常妊娠女性 23 例(HPW 组)及未妊娠女性 19 例(CNPW 组),共计 61 例。研究对象纳入标准:(1)年龄 20~40 岁;(2)双眼矫正视力在 1.0 及以上;(3)眼压 10~21mmHg;(4)等效球镜度低于 -5.0D;(5)所有妊娠女性均在产后 6mo 以上接受眼部检查;(6)血压:收缩压:90~139mmHg,舒张压:60~89mmHg。排除标准:(1)既往明确有相关眼部疾病如黄斑疾病、视神经疾病、眼部外伤及内眼手术史;(2)既往有系统性疾病如慢性高血压、心脏病、糖尿病、高血脂、肾病、血管炎、中枢神经系统疾病等;(3)OCTA 检查信号强度小于 7。所有检查项目均已征得研究对象本人或家属知情同意,本研究严格遵守《赫尔辛基宣言》,并经本院伦理委员会审查批准。

**1.2 方法** 入组对象均采用标准对数视力表检查视力,电脑验光仪(Topcon, KR-800)验光,非接触式眼压计(Topcon, CT-800)测量眼压,免散瞳眼底照相机(Nikon, Optos)拍摄眼底,生物测量仪(Zeiss, IOL Master)测量眼轴长度(AL)。在本研究中, OCT 及 OCTA 检查,使用 Zeiss Cirrus 5000 进行数据采集。OCTA 模式下分别采用 Angiography 3mm×3mm, Angiography 6mm×6mm, 对以黄斑中心凹为中心的 3mm×3mm 范围内,以视乳头为中心的 6mm×6mm 范围内视网膜浅层血管图像进行采集。使用设备内置的 Carl Zeiss-FORUM Viewer 系统量化分析黄斑中心凹、旁中心凹及直径 3mm 完整图像的视网膜浅层毛细血管密度(superficial capillary plexus vessel density, SCP-VD)及黄斑中心凹无灌注区面积(foveal avascular zone, FAZ),见图 1;视盘中心区域及以视盘中心以外直径 3mm 区域,及视盘为中心直径 3mm 区域以外直径 6mm 区域,视盘 6mm 完整区域的 SCP-VD,见图 2。OCT 模式下分别采用:Optic Disc Cube 200×200 测量视神经纤维层(retinal nerve fiber layer, RNFL)厚度,见图 3;Macular Cube 512×128 测量黄斑区厚度,见图 4;HD 5 Line Raster 模式下,标尺测量脉络膜厚度,见图 5。以上检查均由同一位操作熟练的医务工作者完成。

统计学分析:使用统计学软件 SPSS20.0 进行统计分析,计量资料以均数±标准差表示,组间比较采用单因素方差分析,方差分析后的进一步两两比较采用 LSD-t 检验,  $P < 0.05$  表示差异具有统计学意义。

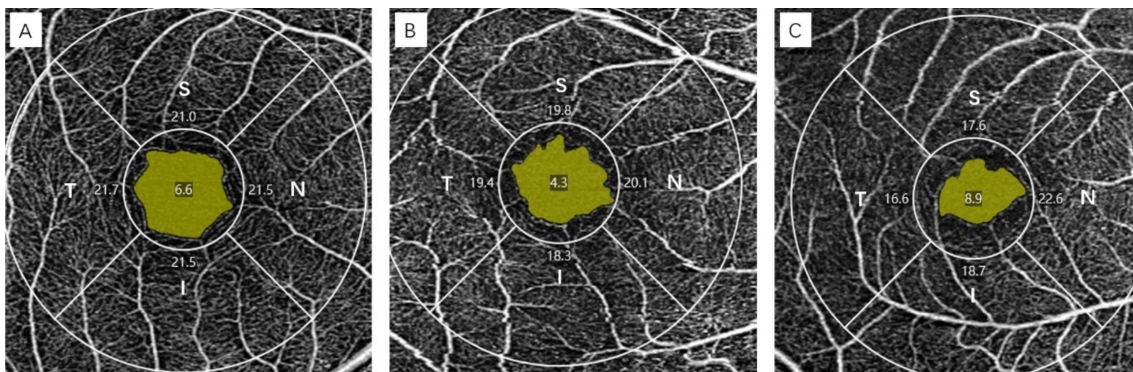


图1 黄斑区3mm范围内各区域SCP-VD分布 A:妊高组;B:正常妊娠组;C:非妊娠组。三组SCP-VD比较差异无统计学意义( $P>0.05$ )。

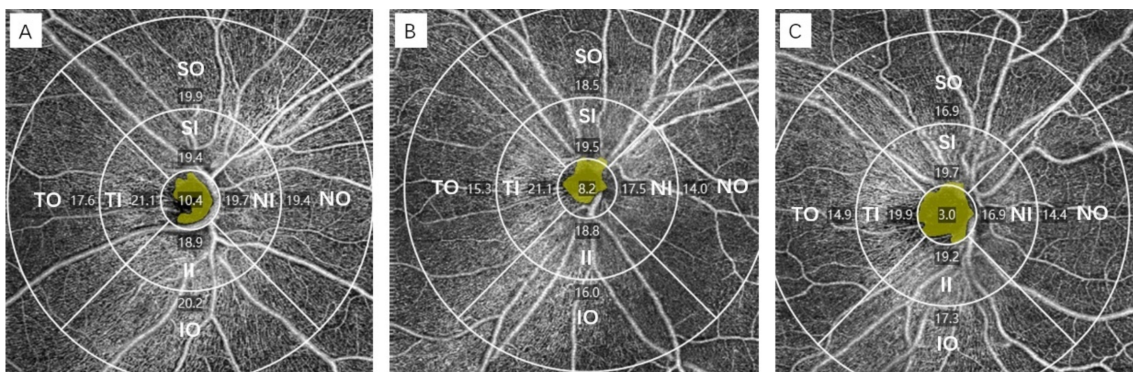


图2 视乳头6mm范围内各区域SCP-VD分布 A:妊高组;B:正常妊娠组;C:非妊娠组。三组SCP-VD比较差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

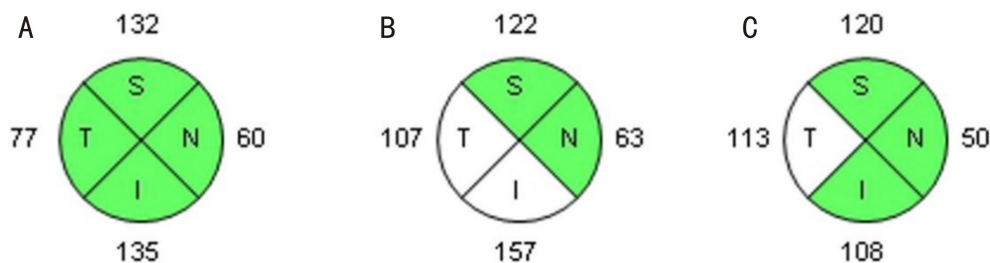


图3 视神经各区域纤维层厚度分布 A:妊高组;B:正常妊娠组;C:非妊娠组。三组纤维层厚度比较差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

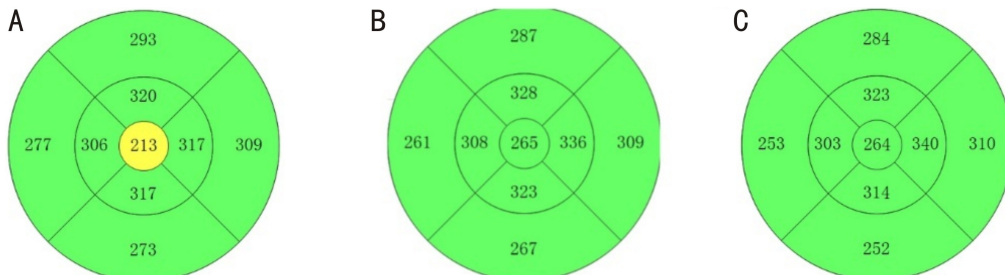


图4 黄斑区各区域厚度分布 A:妊高组;B:正常妊娠组;C:非妊娠组。三组黄斑区厚度比较差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

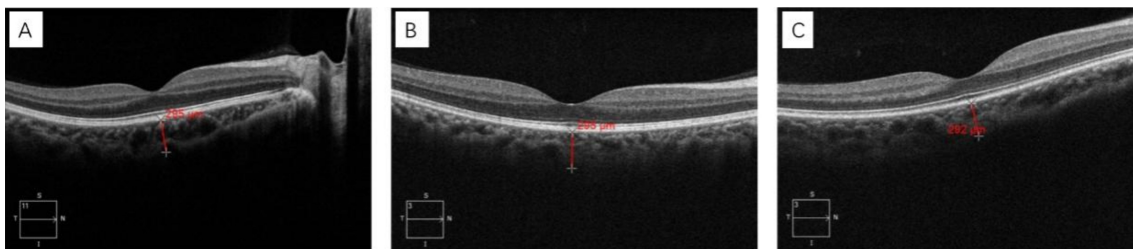


图5 HD 5 Line Raster 模式下标尺测量脉络膜厚度 A:妊高组;B:正常妊娠组;C:非妊娠组。三组脉络膜厚度比较差异无统计学意义( $P>0.05$ )。

## 2 结果

2.1 一般情况比较 三组受试者等效球镜度(SE)和AL比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。PIH组和HPW组

两组年龄差异无统计学意义( $P>0.05$ ),但均较CNPW组年龄增大( $P<0.001$ ),见表1。

2.2 黄斑区SCP-VD和黄斑无灌注区面积分析 PIH组、

表1 三组一般情况比较

组别	例数	年龄(岁)	SE(D)	AL(mm)
PIH组	19	30.84±3.63 <sup>b</sup>	2.11±1.13	24.30±0.73
HPW组	23	31.96±3.16 <sup>b</sup>	2.20±1.12	24.38±0.66
CNPW组	19	25.75±1.28	1.98±0.97	24.22±0.40
<i>F</i>		26.317	0.216	0.403
<i>P</i>		<0.001	0.806	0.700

注:<sup>b</sup>*P*<0.01 vs CNPW组。

HPW组和CNPW组黄斑区3mm范围内各分区SCP-VD差异均无统计学意义(*P*>0.05)。PIH组的黄斑FAZ较HPW组和CNPW组增大(*P*<0.05),HPW组和CNPW组FAZ差异无统计学意义(*P*>0.05),见表2。

**2.3 视乳头旁SCP-VD比较** 三组受试者在视乳头旁部分区域血管密度的差异有统计学意义(*P*<0.05)。视乳头整环(ER)、视乳头外环(OR)、视乳头外环鼻侧(NO)区域SCP-VD,PIH组高于HPW组和CNPW组(均*P*<0.05)。以上三个区域HPW组和CNPW组间SCP-VD差异均无统计学意义(*P*>0.05)。其余区域SCP-VD差异均无统计学意义(*P*>0.05),见表3。

**2.4 RNFL厚度和黄斑区视网膜厚度及脉络膜厚度的分析** 在RNFL的各区域,上方、下方、鼻侧及平均RNFL厚度,三组差异均无统计学意义(*P*>0.05)。颞侧RNFL厚度三组间有统计学意义(*P*<0.05),PIH组较HPW组和CNPW组明显变薄(均*P*<0.05),HPW组和CNPW组间无统计学意义(*P*>0.05)。三组平均黄斑中心区视网膜厚度(central macular thickness, CMT)差异有统计学意义(*P*<0.05),其中PIH组较HPW和CNPW组明显变薄(均*P*<0.05),HPW组和CNPW组间差异无统计学意义(*P*>0.05)。三组中心凹下脉络膜厚度(central choroid thickness, CCT)差异无统计学意义(*P*>0.05),见表4。

### 3 讨论

本研究通过OCTA深入分析产后6mo以上PIH患者黄斑和视乳头区域血管密度的变化及黄斑区、视乳头纤维层和脉络膜厚度的变化,可对PIH患者产后进行远期的预后判断,为进一步研究产后PIH患者眼后段视网膜、脉络膜区的微循环改变提供重要依据。既往有研究证明PIH会造成视网膜血流的变化<sup>[14]</sup>。对于视乳头和视网膜血管,其有一个不受自主神经系统影响的自动调节系统,使得其在全身血压更高时,能够同时维持血管的张力<sup>[15]</sup>。而脉络膜系统缺乏自主调节功能,其由交感神经控制,全身血压升高会引起代偿性的交感神经反应,从而损害了脉络膜血管系统<sup>[16]</sup>。

在本次研究中,对黄斑区FAZ进行测量,结果显示PIH组黄斑中心凹FAZ较其他两组明显变大(*P*<0.05)。黄斑中心凹区域的血液供给主要来自于脉络膜循环系统,当全身血压升高时,脉络膜血流量与全身血流量成比例增加,尚未对视网膜和脉络膜的结构和功能造成明显的影响。但随着病情的发展,进入PIH的中后期,其所引起的流向全身重要组织器官的输出量明显升高,进一步造成全身血管容积增加,外周血管扩张。由于过度灌注导致脉络膜毛细血管受损,引起血管源性组织水肿,伴脉络膜闭塞,

最终引起反常灌注减少,脉络膜缺血和梗死<sup>[17-18]</sup>。本次研究中,三组受试者FAZ比较差异有统计学意义,提示PIH患者即使在产后6mo,全身血压恢复正常,其黄斑中心凹区域的脉络膜毛细血管可能还是发生了不可逆的损伤。

既往研究显示,部分PIH患者在产后血压平稳后才会出现眼底病变,主要考虑到产后内分泌和免疫水平波动较明显,及妊娠期胎盘释放的一些激素<sup>[19]</sup>。因此,为避免以上因素的干扰,本次研究PIH组入组条件,均为产后6mo以上。

在这次研究中,三组视网膜SCP-VD差异无统计学意义(*P*>0.05)。由于视网膜有一个独立的不受自主神经系统影响的自动调节系统,当全身血流动力学发生明显变化时,为抵抗血压的增高,视网膜有很强的自动调节能力。同时本次研究中发现,视乳头整层6mm区域、外层、下外侧、鼻外侧区域血管密度均有统计学意义(*P*<0.05),PIH组高于HPW组和CNPW组。我们认为尽管视乳头也存在自动调节功能,但其自动调节能力容易受到全身血流动力学变化的影响,当生理极限被突破,会出现相应区域血流学的改变,造成灌注损伤,导致视乳头部分区域的组织损伤。Ciloglu等<sup>[14]</sup>通过对55例子痫前期患者、43例健康孕妇和38例健康未孕者进行研究认为,子痫前期组的视网膜浅、深层的毛细血管密度均低于健康未怀孕组,子痫前期组的视乳头区血流浅、深层密度显著高于正常妊娠组、健康未孕组。而Urfahoglu等<sup>[20]</sup>对于27例子痫前期患者、26例健康孕妇和25例健康未孕组的研究则认为视网膜浅、深层的毛细血管密度差异无统计学意义,子痫前期视乳头血流面积低于正常妊娠组和健康未孕组。我们认为目前关于PIH是否对视网膜及视乳头的血管密度造成影响,还存在争议。由于本研究纳入研究对象均在产后血压及激素水平恢复平稳后进行眼科检查,视网膜在正常情况下,有强大的自动调节系统,维持血流量平衡<sup>[18]</sup>,而视网膜的自动调节能力可能比视乳头更强。最终,在产后6mo,三组受试者的视网膜血管密度差异无统计学意义,视乳头血管密度部分区域组间差异有统计学意义。

此外,本研究发现三组CMT差异有统计学意义,PIH组最低。Demir等<sup>[21]</sup>发现中心凹和中心凹旁的视网膜厚度增加,猜测妊娠可能导致液体滞留在视网膜。与其相反,Atas等<sup>[22]</sup>发现子痫前期组和健康妊娠组相比,黄斑旁中央区和中心凹中心厚度下降。本研究提示PIH患者在产后血压恢复后,可能仍然存在部分区域的视网膜微循环障碍和视网膜萎缩<sup>[23-24]</sup>,最终导致了视网膜厚度的降低。

Lee等<sup>[22]</sup>认为血压升高对脉络膜的影响早于视网膜,子痫前期的患者脉络膜明显增厚,主要是由脉络膜静脉过度充盈引起。但Atas等<sup>[22]</sup>和Sayin等<sup>[26]</sup>认为由于脉络膜血管痉挛,导致子痫前期患者CCT明显比健康妊娠组薄。与上述研究不同,本次研究三组间CCT无统计学意义,可能原因如下:(1)对于PIH组的研究是在产后6mo后,产妇的血压、内分泌水平均已恢复到平稳状态,脉络膜形态结构得以恢复;(2)本研究PIH组的入组对象包含妊娠期高血压和子痫前期,由于样本量偏小,弱化了PIH对脉络

表2 黄斑区3mm范围内各分区 SCP-VD 和 FAZ 面积的比较

组别	FAZ(mm <sup>2</sup> )	SCP-VD(/mm)						
		C	IR	ER	S	I	T	N
PIH 组	0.36±0.07	6.96±2.60	19.74±1.52	18.27±1.57	19.52±1.53	19.78±1.75	19.68±1.71	19.94±1.97
HPW 组	0.30±0.11 <sup>a</sup>	8.04±2.61	19.72±2.08	18.40±2.04	20.12±2.29	19.00±2.43	19.57±2.63	20.11±2.37
CNPW 组	0.28±0.09 <sup>a</sup>	8.68±2.75	19.90±2.11	18.65±2.08	20.05±2.49	19.05±3.15	19.91±1.95	20.66±2.15
<i>F</i>	3.45	2.051	0.053	0.194	0.46	0.559	0.130	0.573
<i>P</i>	0.039	0.138	0.948	0.824	0.634	0.575	0.878	0.567

注:C:中心凹;IR:内环;ER:整环;S:上方;I:下方;T:颞侧;N:鼻侧。<sup>a</sup>*P*<0.05 vs PIH 组。

表3 视神经6mm范围内各区域 SCP-VD 比较 ( $\bar{x}\pm s$ , /mm)

区域	PIH 组	HPW 组	CNPW 组	<i>F</i>	<i>P</i>
C	4.92±3.47	4.00±4.0	4.59±4.86	0.27	0.764
IR	18.67±1.43	18.41±1.28	18.56±1.36	0.197	0.822
OR	18.46±0.73	17.24±2.1 <sup>a</sup>	16.78±2.61 <sup>a</sup>	3.626	0.033
ER	18.13±0.58	17.11±1.71 <sup>a</sup>	16.85±2.14 <sup>a</sup>	3.306	0.044
SI	18.92±1.08	19.01±1.01	18.85±1.44	0.111	0.895
SO	18.66±0.73	17.75±2.09	17.39±2.76	1.939	0.153
II	18.61±1.83	18.63±1.38	19.04±1.28	0.516	0.600
IO	19.36±1.14	18.38±1.53	18.02±2.21 <sup>a</sup>	3.307	0.044
TI	19.05±1.80	18.52±1.60	18.66±1.66	0.551	0.580
TO	17.90±1.59	16.90±2.87	16.59±2.69	1.455	0.242
NI	18.10±1.84	17.48±2.83	17.69±2.48	0.336	0.716
NO	17.95±1.10	15.85±3.20 <sup>a</sup>	15.47±3.45 <sup>b</sup>	4.328	0.018

注:C:中心;IR:内环;OR:外环;ER:整环;SI:内环上方;SO:外环上方;II:内环下方;IO:外环下方;TI:内环颞侧;TO:外环颞侧;NI:内环鼻侧;NO:外环鼻侧。<sup>a</sup>*P*<0.05, <sup>b</sup>*P*<0.01 vs PIH 组。

表4 视乳头各区域神经纤维层厚度、黄斑各区域及脉络膜厚度分析 ( $\bar{x}\pm s$ , μm)

观察指标	PIH 组 (n=19)	HPW 组 (n=23)	CNPW 组 (n=19)	<i>F</i>	<i>P</i>
RNFL					
A	100.74±8.14	98.32±10.57	102.94±10.69	1.090	0.343
S	117.26±12.05	116.80±18.74	115.00±21.48	0.083	0.921
I	139.47±17.67	127.28±18.46	137.94±19.83	2.555	0.087
T	80.26±12.05	94±16.68 <sup>b</sup>	93±14.45 <sup>a</sup>	5.111	0.009
N	66±11.68	62.21±7.24	65.56±10.91	0.793	0.458
黄斑厚度					
A	276±11.97	277.39±15.79	277.37±14.62	0.061	0.941
CMT	227.42±19.59	250.61±18.57 <sup>b</sup>	245.16±20.29 <sup>b</sup>	7.845	0.001
SI	318.26±13.03	327.57±15.89	324.58±15.16	2.093	0.133
SO	280.84±11.99	286.00±14.50	283.32±21.67	0.515	0.600
II	312.11±15.58	319.48±14.09	314.21±10.66	1.653	0.200
IO	264.21±10.10	264.91±11.47	265.95±11.83	0.116	0.890
TI	305.05±13.18	310.96±14.93	307.68±12.33	0.990	0.378
TO	258.42±10.69	262.13±12.74	260.37±13.07	0.477	0.623
NI	315.89±15.81	326.26±14.66	325.47±15.84	2.78	0.07
NO	298.05±11.49	304.87±14.88	305.21±12.44	1.842	0.168
CCT	292.05±29.46	284.96±33.94	299.21±29.53	1.085	0.345

注:A:平均;S:上方;I:下方;T:颞侧;N:鼻侧;CMT:黄斑中心区视网膜厚度;SI:内环上方;SO:外环上方;II:内环下方;IO:外环下方;TI:内环颞侧;TO:外环颞侧;NI:内环鼻侧;NO:外环鼻侧;CCT:中心凹下脉络膜厚度。<sup>a</sup>*P*<0.05, <sup>b</sup>*P*<0.01 vs PIH 组。

膜的影响。故需扩大样本量进一步研究,以明确不同严重程度患者脉络膜的变化情况。既往通过荧光造影和吲哚青绿血管造影的研究已表明,大多数视网膜损伤是由脉络膜血管系统的改变引起的,包括脉络膜的闭塞和梗死,故为进一步明确 PIH 对脉络膜造成的病理性损害在产后是否持续存在,在后续研究中检测脉络膜的微循环状况是很有必要的<sup>[27-28]</sup>。

既往研究中也发现还有其他因素可能会影响视网膜微循环结果:(1)在年龄与视网膜血管密度相关性研究中, Park 等认为视网膜血管密度与年龄呈负相关性<sup>[29-31]</sup>, 但 Gadde 等又认为视网膜血管密度与年龄无相关性<sup>[32-34]</sup>。本次三组研究对象年龄 24~40 岁,虽然 PIH 组和 HPW 组的年龄无统计学意义,但 CNPW 组年龄客观上均小于 PIH 组和 HPW 组。本次研究中,在 SE 和 AL 无统计学意义的情况下,PIH 组的部分区域视网膜血管密度仍高于 HPW 组和 CNPW 组,且 HPW 组和 CNPW 组间无明显差异。(2)PIH 疾病的严重程度可能也会对视网膜血管密度造成不同的影响,既往的研究主要报道了子痫前期对视网膜血管密度的影响<sup>[14]</sup>,本次研究人群中,PIH 组入组对象主要是产后 6mo 血压恢复平稳后的子痫前期产妇,病情程度较轻的妊娠期高血压患者所占比例较少。因此,在本研究中,子痫前期患者可能是导致 PIH 患者产后视网膜血管密度发生改变的主要原因。

本研究首次报道了 PIH 患者在产后 6mo 后的视网膜微循环数据,发现 PIH 患者黄斑 FAZ 大于 HPW 组和 CNPW 组,视乳头部分区域血管密度升高,CMT 降低,说明 PIH 患者即使在产后 6mo,各项指标均恢复正常,仍存在部分区域的视网膜和脉络膜结构和功能的异常。同时本次研究存在一定的局限性,主要有以下几点:(1)研究样本量较少,可能对结果造成一定的偏倚;(2)在后续的研究中,我们将进一步扩大样本量深入探讨年龄,不同程度的 PIH 对视网膜微循环参数的影响;(3)既往有研究报道关于 PIH 脉络膜血管密度指数(choroidal vascular density index,CVI)的变化<sup>[35]</sup>,但受限于检测仪器,本次研究只能测得到视网膜和视乳头浅层毛细血管密度,未能监测到深层毛细血管的血流情况及脉络膜毛细血管的血管密度。

综上所述,本研究发现 PIH 患者产后视网膜部分区域血管密度与 HPW 及 CNPW 组间均存在差异,提示 PIH 对视网膜微循环的影响可能在产后仍持续存在。

#### 参考文献

- 1 乐杰. 妇产科学. 第7版. 北京: 人民卫生出版社 2008; 104-117
- 2 吴扬, 唐晓鸿. 妊娠期高血压疾病患者的预后特点及其影响因素. 现代妇产科进展 2013;22(8):666-668
- 3 Kintiraki E, Papakatsika S, Kotronis G. Pregnancy - Induced hypertension. *Hormones* 2015;14(2):211-223
- 4 Abu Samra K. The eye and visual system in the preeclampsia/eclampsia syndrome: what to expect? *Saudi J Ophthalmol* 2013;27(1):51-53
- 5 吴彩云, 杜婉丽, 张瑜. EDI-OCT 评估妊娠高血压疾病眼底病变中视网膜和脉络膜厚度的改变. 国际眼科杂志 2018; 18(5): 926-929
- 6 李凤鸣. 中华眼科学. 第2版. 北京: 人民卫生出版社 2005; 2154-2155
- 7 刘家琦, 李凤鸣. 实用眼科学. 第3版. 北京: 人民卫生出版社 2010;429-430
- 8 Wright PH, Khalid H, Keane PA. The utility of wide-field optical coherence tomography angiography in diagnosis and monitoring of proliferative diabetic retinopathy in pregnancy. *Am J Ophthalmol Case Rep* 2022;25:101280
- 9 Tsang SH, Sharma T. Optical coherence tomography. *Adv Exp Med Biol* 2018;1085:11-13
- 10 Tok A, Beyoğlu A. Antenatal and postpartum comparison of HD-OCT findings of macula, retinal nerve fiber layer, ganglion cell density between severe preeclampsia patients and healthy pregnant woman. *Hypertens Pregnancy* 2020;39(3):252-259
- 11 Dingerkus VLS, Munk MR, Brinkmann MP, et al. Optical coherence tomography angiography (OCTA) as a new diagnostic tool in uveitis. *J Ophthalmic Inflamm Infect* 2019;9(1):10
- 12 Yilmaz I, Ocak OB, Yilmaz BS, et al. Comparison of quantitative measurement of foveal avascular zone and macular vessel density in eyes of children with amblyopia and healthy controls; an optical coherence tomography angiography study. *J AAPOS* 2017;21(3):224-228
- 13 Lim CW, Cheng J, Tay ELT, et al. Optical coherence tomography angiography of the macula and optic nerve head; microvascular density and test-retest repeatability in normal subjects. *BMC Ophthalmol* 2018; 18(1):315
- 14 Ciloglu E, Okcu NT, Dogan NÇ. Optical coherence tomography angiography findings in preeclampsia. *Eye (Lond)* 2019; 33(12): 1946-1951
- 15 Tso MO, Jampol LM. Pathophysiology of hypertensive retinopathy. *Ophthalmology* 1982;89(10):1132-1145
- 16 Khojasteh H, AkhavanrezayatA, Ghoraba H, et al. Novel surgical approach for removing intraretinal loculated foveal hemorrhage in a patient with hypertensive retinopathy. *Am J Ophthalmol Case Rep* 2021; 24:101217
- 17 Naderan M. Ocular changes during pregnancy. *J Curr Ophthalmol* 2018;30(3):202-210
- 18 Sedille L, Pierre F, Pourrat O, et al. Keeping eyes on preeclampsia. *Pregnancy Hypertens* 2018;13:286-290
- 19 魏丹, 苏九妹, 高军, 等. 重度子痫前期渗出性视网膜脱离的影响因素分析及妊娠结局分析. 中华眼底病杂志 2021; 37(5): 371-376
- 20 Urfaloglu S, Bakacak M, Özdemir G, et al. Posterior ocular blood flow in preeclamptic patients evaluated with optical coherence tomography angiography. *Pregnancy Hypertens* 2019;17:203-208
- 21 Demir M, Oba E, Can E, et al. Foveal and parafoveal retinal thickness in healthy pregnant women in their last trimester. *Clin Ophthalmol* 2011;5:1397-1400
- 22 Ataş M, Açmaz G, Aksoy H, et al. Evaluation of the macula, retinal nerve fiber layer and choroid in preeclampsia, healthy pregnant and healthy non-pregnant women using spectral-domain optical coherence tomography. *Hypertens Pregnancy* 2014;33(3):299-310
- 23 Wright PH, Khalid H, Keane PA. The utility of wide-field optical coherence tomography angiography in diagnosis and monitoring of proliferative diabetic retinopathy in pregnancy. *Am J Ophthalmol Case Rep* 2022;25:101280
- 24 Komoto S, Maruyama K, Hashida N, et al. Bilateral serous retinal detachment associated with subretinal fibrin-like material in a case of pregnancy-induced hypertension. *Am J Ophthalmol Case Rep* 2019; 16:100572
- 25 Lee CS, Choi EY, Lee M, et al. Serous retinal detachment in preeclampsia and malignant hypertension. *Eye (Lond)* 2019;33(11): 1707-1714
- 26 Sayin N, Kara N, Pirhan D, et al. Subfoveal choroidal thickness in preeclampsia: comparison with normal pregnant and nonpregnant women. *Semin Ophthalmol* 2014;29(1):11-17
- 27 Benfica CZ, Zanella T, Farias LB, et al. Choroidal thickness in preeclampsia measured by spectral-domain optical coherence tomography. *Int Ophthalmol* 2019;39(9):2069-2076
- 28 Valluri S, Adelberg DA, Curtis RS, et al. Diagnostic indocyanine green angiography in preeclampsia. *Am J Ophthalmol* 1996; 122(5): 672-677
- 29 Park SH, Cho H, Hwang SJ, et al. Changes in the retinal microvasculature measured using optical coherence tomography angiography according to age. *J Clin Med* 2020;9(3):883
- 30 霍妍佼, 郭彦, 杨丽红, 等. 40岁以上正常人的黄斑血流密度和灌注密度改变. 眼科 2022;31(2):125-129
- 31 Iafe NA, Phasukkijwatana N, Chen XJ, et al. Retinal capillary density and foveal avascular zone area are age-dependent: quantitative analysis using optical coherence tomography angiography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016;57(13):5780
- 32 Rao HL, Pradhan ZS, Weinreb RN, et al. Determinants of peripapillary and macular vessel densities measured by optical coherence tomography angiography in normal eyes. *J Glaucoma* 2017; 26(5): 491-497
- 33 Gadde SG, Anegondi N, Bhanushali D, et al. Author response: quantification of vessel density in retinal optical coherence tomography angiography images using local fractal dimension. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016;57(4):2263
- 34 You QS, Chan JCH, Ng ALK, et al. Macular vessel density measured with optical coherence tomography angiography and its associations in a large population-based study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2019;60(14): 4830-4837
- 35 Shim KY, Bae JG, Lee JK, et al. Relationship between proteinuria and optical coherence tomographic features of the chorioretina in patients with pre-eclampsia. *PLoS One* 2021;16(5):e0251933