

# 量化 OCTA 在视网膜静脉阻塞中的应用

金 昕<sup>1</sup>, 谭 薇<sup>1</sup>, 李 燕<sup>2</sup>

引用:金昕,谭薇,李燕. 量化 OCTA 在视网膜静脉阻塞中的应用. 国际眼科杂志 2021;21(4):711-714

基金项目:遵义市科技计划项目[No.遵市科合社字(2018)168号]  
作者单位:<sup>1</sup>(563000)中国贵州省遵义市第一人民医院眼科;  
<sup>2</sup>(650000)中国云南省昆明市,昆明医科大学第一附属医院眼科  
作者简介:金昕,毕业于昆明医科大学,硕士,主治医师,研究方向:眼底病。

通讯作者:谭薇,博士,教授,主任医师,研究方向:白内障、眼视光. tanwei950118@sina.com

收稿日期:2020-06-09 修回日期:2021-03-04

## 摘要

**目的:**应用光学相干断层扫描血管成像技术(OCTA)测量视网膜静脉阻塞(RVO)患者黄斑区血流密度、黄斑中心凹无血管区(FAZ)面积和黄斑中心凹视网膜厚度。

**方法:**选取 RVO 患者 30 例 30 眼,视网膜中央静脉阻塞(CRVO)和视网膜分支静脉阻塞(BRVO)患者各 15 例,双眼接受 OCTA 检查,获取黄斑中心 3mm×3mm 大小范围的血流密度、FAZ 面积、黄斑中心凹视网膜厚度,以及双眼最佳矫正视力(BCVA)。比较患眼与健眼上述指标的变化及其与 BCVA 的相关性。

**结果:**CRVO 患者患眼黄斑区视网膜浅层毛细血管网(SVN)、深层毛细血管网(DVN)总血流密度较健眼降低[SVN:(43.07±4.95)% vs (50.09±2.86)%, DVN:(45.89±4.12)% vs (53.29±2.62)%,均  $P<0.01$ ],与 BCVA 呈负相关( $r_s=-0.6, -0.5$ ,均  $P<0.05$ )。BRVO 患者患眼 SVN、DVN 总血流密度较健眼降低[SVN:(45.62±3.04)% vs (52.10±2.98)%, DVN:(49.21±3.80)% vs (55.52±3.33)%,均  $P<0.01$ ],与 BCVA 呈负相关( $r_s=-0.5, -0.5$ ,均  $P<0.05$ )。BRVO 患眼病变区域与患眼未病变区域、健眼对应区域比较,SVN、DVN 血流密度均下降(均  $P<0.01$ );患眼未病变区域 DVN 血流密度较健眼相应区域下降[(56.86±1.95)% vs (58.15±2.24)%,  $P=0.02$ ];患眼病变区域 DVN 血流密度与 BCVA 呈负相关( $r_s=-0.6, P=0.01$ )。CRVO、BRVO 患眼 SVN 的 FAZ 面积较健眼明显扩大(CRVO:0.515±0.26mm<sup>2</sup> vs 0.27±0.08mm<sup>2</sup>,  $P<0.01$ ; BRVO:0.376±0.12mm<sup>2</sup> vs 0.261±0.07mm<sup>2</sup>,  $P<0.01$ ),且均与 BCVA 呈正相关(CRVO: $r_s=0.6, P=0.01$ ; BRVO: $r_s=0.5, P=0.01$ )。CRVO、BRVO 患眼黄斑中心凹视网膜厚度均较健眼增加(CRVO:431.2±191.3μm vs 235.5±18.2μm,  $P<0.01$ ; BRVO:373.2±188.7μm vs 233.8±13.7μm,  $P=0.01$ ),均与 BCVA 呈正相关(CRVO: $r_s=0.9, P=0.01$ ; BRVO: $r_s=0.6, P=0.01$ )。

**结论:**OCTA 可作为测量 RVO 患者黄斑区血流密度、FAZ 面积及黄斑中心凹视网膜厚度的有效工具。

**关键词:**视网膜静脉阻塞;光学相干断层扫描血管成像;血流密度

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2021.4.30

## Application of quantitative OCTA in retinal vein occlusion

Xin Jin<sup>1</sup>, Wei Tan<sup>1</sup>, Yan Li<sup>2</sup>

**Foundation item:** Science and Technology Plan Project of Zunyi [No.(2018)168]

<sup>1</sup>Department of Ophthalmology, the First People's Hospital of Zunyi, Zunyi 563000, Guizhou Province, China; <sup>2</sup>Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650000, Yunnan Province, China

**Correspondence to:** Wei Tan. Department of Ophthalmology, the First People's Hospital of Zunyi, Zunyi 563000, Guizhou Province, China. tanwei950118@sina.com

Received:2020-06-09 Accepted:2021-03-04

## Abstract

• **AIM:** To use optical coherence tomography angiography (OCTA) in measuring the macular vascular density, foveal avascular zone (FAZ) area and the macular retinal thickness in patients with retinal vein occlusion (RVO).

• **METHODS:** Totally 30 patients (30 eyes) with unilateral RVO were enrolled. Fifteen patients with central retinal vein occlusion (CRVO) and 15 patients with branch retinal vein occlusion (BRVO), OCTA was performed on both eyes. Macular vascular density in the 3mm×3mm range, FAZ area, foveal thickness and best-corrected visual acuity (BCVA) were measured. The changes of vascular density, FAZ area, foveal thickness and its correlation with BCVA were compared between the eyes and the fellow eyes.

• **RESULTS:** In eyes with CRVO the overall vascular density measured in the entire scan was lower compared to fellow eyes in both the superficial [SVN:(43.07±4.95)% vs (50.09±2.86)%;  $P<0.01$ ] and [DVN:(45.89±4.12)% vs (53.29±2.62)%;  $P<0.01$ ]. And a negative correlation was found between the visual acuity and the overall density in superficial ( $r_s=-0.6, P<0.05$ ) and deep ( $r_s=-0.5, P<0.05$ ) networks. In eyes with BRVO the overall vascular density measured in the entire scan was lower compared to fellow eyes in both the superficial [(45.62±3.04)% vs (52.10±2.98)%;  $P<0.01$ ] and deep [(49.21±3.80)% vs (55.52±3.33)%;  $P<0.01$ ] networks. And a negative correlation was found between the visual acuity and the overall density in superficial ( $r_s=-0.5, P<0.05$ ) and deep ( $r_s=-0.5, P<0.05$ ) networks. In both networks, the density was lower in the affected BRVO sector compared to the unaffected sector in the same eye and in

the fellow eye ( $P < 0.01$ ). And the vascular density in the affected BRVO sector correlated negatively with visual acuity in the deep network ( $r_s = -0.6, P = 0.01$ ). In the deep network, the density was lower in the unaffected sector of the BRVO eye compared with the corresponding sector in the fellow eye [(56.86±1.95)% vs (58.15±2.24)%;  $P = 0.02$ ]. The mean FAZ area in CRVO and BRVO eyes was significantly lower at the superficial network when compared to the fellow eyes [CRVO: (0.515±0.26) mm<sup>2</sup> vs (0.27±0.08) mm<sup>2</sup>,  $P < 0.01$ ; BRVO: (0.376±0.12) mm<sup>2</sup> vs (0.261±0.07) mm<sup>2</sup>,  $P < 0.01$ ] and correlated positively with visual acuity (CRVO:  $r_s = 0.6, P = 0.01$ ; BRVO:  $r_s = 0.5, P = 0.01$ ). The mean foveal thickness in CRVO and BRVO eyes was significantly thicker when compared to the fellow eyes [CRVO: (431.2±191.3) μm vs (235.5±18.2) μm,  $P < 0.01$ ; BRVO: (373.2±188.7) μm vs (233.8±13.7) μm,  $P = 0.01$ ] and correlated positively with visual acuity (CRVO:  $r_s = 0.9, P = 0.01$ ; BRVO:  $r_s = 0.6, P = 0.01$ ).

• **CONCLUSION:** Quantitative OCTA can be used as an effective tool for measuring blood flow in macular areas and FAZ area of RVO patients.

• **KEYWORDS:** retinal vein occlusion; optical coherence tomography angiography; vascular density

**Citation:** Jin X, Tan W, Li Y. Application of quantitative OCTA in retinal vein occlusion. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2021; 21(4): 711-714

## 0 引言

光学相干断层扫描血管成像技术(optical coherence tomography angiography, OCTA)是一种近年来新兴的无创、快速、高分辨率的眼底血管成像技术。与传统 OCT 相比, OCTA 具有更高的分辨率、更快的扫描速度,能更精确地定性分析视网膜形态结构改变,并且能无创地定量测量视网膜、脉络膜、视盘的血流灌注<sup>[1]</sup>。OCTA 首次实现在活体上对视盘、黄斑区的血流分析达到组织解剖水平,为眼科多种疾病,尤其是血管性疾病的研究及诊疗提供依据<sup>[2]</sup>。当然 OCTA 也有一些局限性:(1)血流投射的伪影增加了分辨深层图像血管的困难,浅层血管投射的伪影可导致深层图像信号的变异;(2)大血管中血流的快速运动导致相干干涉消失,所以大血管的 OCT 结构和血流信号会减弱甚至丢失;(3)扫描范围相对较小。本研究应用 OCTA 量化分析视网膜静脉阻塞(retinal vein occlusion, RVO)患眼和健眼之间黄斑区血流灌注的变化,探讨其与视力的关系,现将结果报告如下。

## 1 对象和方法

**1.1 对象** 2016-02/2017-04 在昆明医科大学第一附属医院眼科门诊就诊,通过眼底检查、眼底荧光血管造影、OCT 检查明确诊断为单眼 RVO 的患者 30 例,其中男 13 例,女 17 例,年龄 41~77(平均 58.55±9.87)岁;视网膜中央静脉阻塞(central retinal vein occlusion, CRVO)15 例,视网膜分支静脉阻塞(branch retinal vein occlusion, BRVO)15 例,颞上分支静脉阻塞 6 例(40%),颞下分支静脉阻塞 9 例(60%)。由同一医师使用我国标准视力表分别检查双眼 BCVA,用小数字记录法记录结果,换算为 LogMAR 视力

后用于统计分析,所有 CRVO 患者患眼 BCVA 0.67±0.36,健眼 0.23±0.13;所有 BRVO 患眼 BCVA 0.53±0.24,健眼 0.20±0.11。纳入标准:首次来院诊断为单眼 RVO,初发病例。排除标准:合并或曾患有糖尿病视网膜病变、视网膜血管炎、葡萄膜炎、年龄相关性黄斑变性、高度近视黄斑病变等眼底血管性疾病;既往接受过眼内药物注射或眼科手术;屈光间质混浊或固视差不能获得清晰 OCTA 图像;有眼外伤病史。本研究遵循《赫尔辛基宣言》的原则并获得研究对象的知情同意。

## 1.2 方法

**1.2.1 OCTA 检查** 本研究所有对象均使用 OCTA 仪器(RTVue XR Avanti, Optovue, Inc, Fremont, CA)检查。所有患者行 OCTA 检查前充分散瞳。OCTA 检查时以黄斑中心凹为中心在 3mm×3mm 范围内进行扫描,扫描结束后软件自动分离生成浅层毛细血管网(superficial vascular networks, SVN)(内界膜下 3μm 至内丛状层下 15μm)、深层毛细血管网(deep vascular networks, DVN)(内丛状层下 15μm 至 70μm)、外层视网膜血管(内丛状层下 70μm 至视网膜色素上皮层下 30μm)、脉络膜毛细血管四个层面的图像(视网膜色素上皮层下 30~60μm)(图 1)。如果出现下列情况则认定为图像质量差,需重新扫描或排除该患者:信号强度值小于 4;眨眼或固视差导致出现伪影;屈光介质混浊导致图像模糊。

**1.2.2 黄斑中心凹无血管区面积、黄斑中心凹视网膜厚度、血流密度的获得** 获得 OCTA 图像后选择 Non-flow 选项自动测量 SVN 的黄斑中心凹无血管区(foveal avascular zone, FAZ)面积(图 2)。选择血流密度选项,会出现一个叠加在 OCTA 图像上的网格,网格由 2 个圆组成:直径为 1mm 的内圆和直径为 3mm 的外圆,黄斑中心凹区域视为内圆,用于测量黄斑中心凹视网膜厚度,外圆分成四部分:鼻侧、上方、颞侧、下方,软件自动计算整个扫描区域和网格的不同区域的血流密度值(图 3)。CRVO 组,我们比较患眼和健眼 SVN、DVN 总血流密度。BRVO 组,除了比较总血流密度,还分区比较患眼病变区域(如颞上分支静脉阻塞病变区域为上方)与同一眼未发生病变区域(如颞上分支静脉阻塞未病变区域为下方)的血管密度,并且将这两个区域分别与健眼的相应区域进行比较。

统计学分析:采用统计学软件 SPSS 20.0 分析数据。计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,患眼和健眼的比较采用配对样本  $t$  检验。视力与血流密度、FAZ 面积和黄斑中心凹视网膜厚度的关系采用 Spearman 相关分析。当  $P < 0.05$  时认为差异具有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 黄斑区血流密度** CRVO 组患眼黄斑区 SVN、DVN 平均总血流密度分别为(43.07±4.95)%、(45.89±4.12)%,健眼分别为(50.09±2.86)%、(53.29±2.62)%,患眼 SVN、DVN 血流密度较健眼降低,差异均有统计学意义( $t = -5.499, -6.731$ , 均  $P < 0.05$ )。患眼 SVN、DVN 血流密度与患眼 BCVA(患眼:0.67±0.36,健眼:0.23±0.13)呈负相关(SVN:  $r_s = -0.6, P < 0.05$ ; DVN:  $r_s = -0.5, P < 0.05$ )。

BRVO 组患眼 SVN、DVN 平均总血流密度分别为(45.62±3.04)%、(49.21±3.80)%,健眼分别为(52.10±

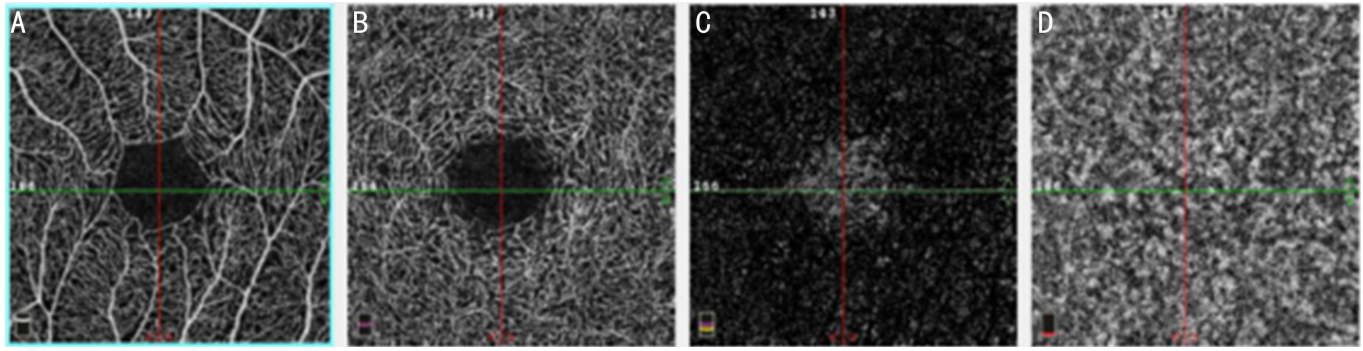


图1 正常人黄斑区3mm×3mm OCTA图 A:浅层毛细血管网层面;B:深层毛细血管网层面;C:外层视网膜血管层面;D:脉络膜毛细血管层面。

2.98)%、(55.52±3.33)%，患眼SVN、DVN血流密度较健眼降低，差异有统计学意义( $t = -9.992, -10.335$ ，均 $P < 0.001$ )。患眼SVN、DVN总血流密度与患眼BCVA(患眼:0.53±0.24,健眼:0.20±0.11)呈负相关(SVN: $r_s = -0.5, P < 0.05$ ;DVN: $r_s = -0.5, P < 0.05$ )。分区域分析结果显示:患眼病变区域SVN、DVN血流密度分别为(42.76±2.51)%、(44.48±2.77)%，健眼对应区域分别为(53.61±2.83)%、(59.35±2.87)%；患眼未病变区域分别为(50.94±1.51)%、(56.86±1.95)%，健眼对应区域分别为(51.37±2.33)%、(58.15±2.2)%。患眼病变区域与未病变区域SVN、DVN血流密度差异有统计学意义(SVN: $t = -15.423, DVN: t = -19.712$ ，均 $P < 0.05$ )，患眼病变区域与健眼对应区域SVN、DVN血流密度差异有统计学意义(SVN: $t = -8.774, DVN: t = -13.316$ ，均 $P < 0.05$ )；患眼未病变区域与健眼对应区域仅DVN血流密度差异有统计学意义( $P = 0.02$ )，SVN血流密度差异无统计学意义( $P = 0.11$ )。患眼病变区域DVN血流密度与BCVA呈负相关( $r_s = -0.6, P = 0.01$ )，SVN血流密度与视力无相关性( $P = 0.06$ )。

2.2 FAZ面积 CRVO组患眼SVN的FAZ面积为0.515±0.26mm<sup>2</sup>，健眼为0.27±0.08mm<sup>2</sup>；BRVO组患眼SVN的FAZ面积为0.376±0.12mm<sup>2</sup>，健眼为0.261±0.07mm<sup>2</sup>；患眼FAZ面积较健眼大，差异有统计学意义(CRVO: $t = 3.72, BRVO: t = 3.022$ ，均 $P < 0.05$ )。两组患眼FAZ面积与BCVA(CRVO 0.67±0.36, BRVO 0.53±0.24)均呈正相关(CRVO: $r_s = 0.6, P = 0.01$ ; BRVO: $r_s = 0.5, P = 0.01$ )。

2.3 黄斑中心凹视网膜厚度 CRVO组患眼黄斑中心凹视网膜厚度为431.2±191.3μm，健眼为235.5±18.2μm；BRVO组患眼为373.2±188.7μm，健眼为233.8±13.7μm。患眼黄斑中心凹视网膜厚度较健眼明显增加，差异均有统计学意义(CRVO: $t = 3.928, P = 0.002$ ; BRVO: $t = 2.926, P = 0.011$ )。两组患者患眼黄斑中心凹视网膜厚度与BCVA(CRVO 0.67±0.36, BRVO 0.53±0.24)均呈正相关(CRVO: $r_s = 0.9, P = 0.01$ ; BRVO: $r_s = 0.6, P = 0.01$ )。

### 3 讨论

本研究应用OCTA作为检测工具，发现CRVO和BRVO患者患眼SVN、DVN总血流密度与健眼相比，血流密度均有显著下降，并与患者视力呈负相关，此结果与既往国内外报道相类似<sup>[3-4]</sup>。在BRVO患者，患眼病变区域SVN、DVN血流密度较患眼的未病变区域和健眼对应区域显著减少，甚至患眼未病变区域的DVN血流密度和健眼对应区域相比较也有明显减少。这些结果提示BRVO虽

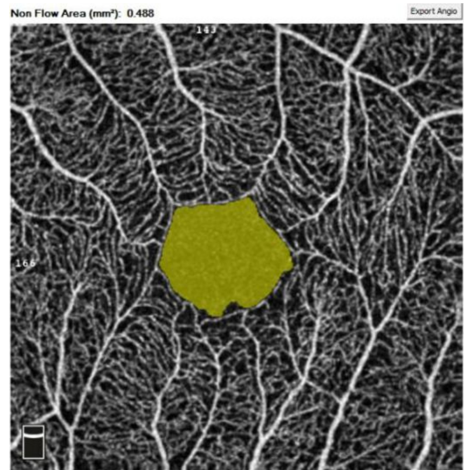


图2 FAZ面积测量图 黄色区域为OCTA软件自动识别的FAZ区，数值显示在图片上方。

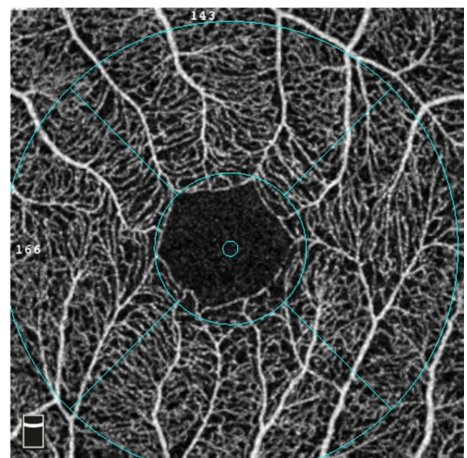


图3 黄斑区血流密度测量图 这是一个正常人视网膜浅层毛细血管网3mm×3mm OCTA图像，图中蓝色网格由2个圆组成：直径为1mm的内圆和直径为3mm的外圆，外圆分成四部分：鼻侧、上方、颞侧、下方。

然只是视网膜某一支的血管发生阻塞，但整个视网膜的血流都受到了影响。对BRVO组患眼病变区域血流密度与视力进行相关性分析后发现，仅DVN血流密度与视力呈负相关，已有研究表明，发生视网膜静脉阻塞时，DVN受到的损伤往往更严重<sup>[5]</sup>。解剖学上视网膜毛细血管网分3层：视盘周围放射状毛细血管网、SVN和DVN。DVN由于其所处的位置较深，血液中的氧饱和度可能低于浅层毛细血管网<sup>[6]</sup>。当发生RVO时，血管内压力升高，深层视网膜血管中静水压升高的更快，而浅层视网膜毛细血管直

接与视网膜小动脉相连,可能获得更多的血流灌注<sup>[7]</sup>。视网膜毛细血管的这些解剖因素部分解释了为什么视网膜静脉阻塞时深层毛细血管更容易受累。

以往的利用 OCTA 对健康人群及糖尿病视网膜病变人群 FAZ 面积测量的研究证实了 OCTA 的有效性<sup>[8-9]</sup>。有关中国人健康人群 FAZ 面积的研究显示,随着年龄的增加,FAZ 面积扩大<sup>[10-11]</sup>。Adhi 等<sup>[12]</sup>对 23 例 RVO 患者及 8 例年龄匹配的健康对照组进行比较发现,RVO 患眼 FAZ 面积( $1.13 \pm 0.25 \text{mm}^2$ )较其对侧眼( $0.58 \pm 0.2 \text{mm}^2$ )、健康对照组( $0.30 \pm 0.09 \text{mm}^2$ )均扩大,且健眼 FAZ 面积也较健康对照组扩大。本研究证实,CRVO 和 BRVO 患眼 SVN 的 FAZ 面积与健眼相比有显著增加,并且患眼 SVN 的 FAZ 面积增加与视力呈正相关,与既往报道结果类似<sup>[13]</sup>。Salles 等观察了 24 例抗 VEGF 治疗后黄斑水肿消退的 CRVO 患者,发现 SVN 的 FAZ 面积与视力呈正相关,而 DVN 的 FAZ 面积与视力无相关性<sup>[14]</sup>。但 Samara 等<sup>[15]</sup>对 17 例(其中 12 例接受过抗 VEGF 和/或激光光凝治疗)BRVO 患者研究后发现,BRVO 患者仅 DVN 的 FAZ 面积扩大,且与视力呈正相关,而 SVN 的 FAZ 面积变化无统计学意义,这与本研究的结果存在差异,分析可能与其研究对象中大部分为治疗后的患者有关。以上学者的研究的共同点之一是他们都选择了经过治疗后黄斑水肿消退的病例,因为他们认为在存在黄斑水肿时,视网膜内液体体积聚,可能会产生伪影,伪影会影响 FAZ 面积测量的准确性,这一做法保证了结果的准确性,但是将未治疗和治疗后的病例放在一起研究,或是单纯研究治疗后的病例,都不能排除治疗对于视网膜血管的影响,本研究纳入的患者均是未经治疗的病例,以保证得到的数据代表的是患者初始发病的状态。本研究对 30 例 RVO 患者黄斑区 OCTA 图像观察发现,部分患者黄斑拱环血管中断,毛细血管末端闭塞,这可能是造成 FAZ 面积增大的原因之一,但其机制目前尚不清楚,推测可能与毛细血管内压力增高,黄斑水肿对拱环周围毛细血管的机械牵拉有关,随着病程的进展,拱环周围毛细血管血流密度降低、毛细血管进一步闭塞、血管间隙增加,使 FAZ 面积不断增大。

关于黄斑中心凹视网膜厚度的测量,我们发现在 CRVO、BRVO 患者患眼黄斑中心凹视网膜厚度较对侧眼增加,并且黄斑中心凹厚度与视力呈正相关。Samara 等<sup>[15]</sup>用 OCTA 测量了 17 例 BRVO 患者患眼平均黄斑中心凹厚度为  $339 \mu\text{m}$ ,对侧眼为  $260 \mu\text{m}$ ,与本研究测量的 BRVO 组结果有差异,他的研究中纳入的患者为不存在黄斑囊样水肿(cystoid macular edema,CME)、并且有 12 例患者是接受过治疗的(抗 VEGF 治疗和/或激光光凝治疗),推测结果有差异是这些原因导致。CME 是 RVO 常见的并发症之一,是导致患者视力下降的主要原因之一,其发病率总干阻塞者略高于分支阻塞,既往报道总干阻塞 CME 发病率为 40%~66%,分支阻塞者为 30%~62%<sup>[16]</sup>,本研究中 30 例患者合并 CME 的有 12 例(40%),CRVO 患者发病率为 46%,BRVO 为 33%,与既往报道结果类似。黄斑中心凹视网膜厚度测量是评价 RVO 患者 CME 严重程度的主要指标之一。本研究应用 OCTA 能轻易地观察患者是否存在 CME,并可精确测量黄斑中心凹视网膜厚度。

本研究存在一些不足:样本量较少;采用小扫描窗口( $3 \text{mm} \times 3 \text{mm}$ )无法评估黄斑区以外的视网膜毛细血管血流状况;排除了因视力较差而无法固视的患者,有可能使研究结果偏向于病情相对较轻的患者。

总之,我们的研究表明 OCTA 对 RVO 血流密度和 FAZ 的量化的有效性,OCTA 可能成为 RVO 诊断和随访的良好工具。

#### 参考文献

- 1 Jia Y, Bailey ST, Hwang TS, et al. Quantitative optical coherence tomography angiography of vascular abnormalities in the living human eye. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2015;112(18):2395-2402
- 2 Zhang A, Zhang Q, Chen CL, et al. Methods and algorithms for optical coherence tomography-based angiography: a review and comparison. *J Biomed Opt* 2015;20(10):100901
- 3 王丽雯,崔林,邹吉新,等. OCTA 在视网膜静脉阻塞诊疗中的应用价值. *国际眼科杂志* 2019;19(8):1361-1364
- 4 Grace T, Touka B, Felipe C, et al. Optical Coherence Tomography Angiography in Eyes with Retinal Vein Occlusion. *J Ophthalmic Vis Res* 2018;13(3):315-332
- 5 Seknazi D, Coscas F, Sellam A, et al. Optical coherence tomography angiography in retinal vein occlusion: Correlations Between Macular Vascular Density, Visual Acuity, and Peripheral Nonperfusion Area on Fluorescein Angiography. *Retina* 2017;38:1-9
- 6 Kim MJ, Woo SJ, Park KH, et al. Retinal nerve fiber layer thickness is decreased in the fellow eyes of patients with unilateral retinal vein occlusion. *Ophthalmology* 2011;118:706-710
- 7 Bonnin S, Mane V, Couturier A, et al. New insight into the macular deep vascular plexus imaged by optical coherence tomography angiography. *Retina* 2015;35:2347-2352
- 8 雷颖庆,周琦,段成霞,等. OCTA 定量分析糖尿病视网膜病变患者黄斑区微血管改变. *眼科新进展* 2020;40(2):161-164
- 9 向湘,唐仕波. 光学相干断层扫描血管成像在 DR 中的临床应用. *国际眼科杂志* 2017;17(8):1477-1480
- 10 Yu J, Jiang C, Wang X, et al. Macular perfusion in healthy Chinese: an optical coherence tomography angiogram study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2015;56(5):3212-3217
- 11 Wons J, Pfau M, Wirth MA, et al. Optical Coherence Tomography Angiography of the Foveal Avascular Zone in Retinal Vein Occlusion. *Ophthalmologica* 2016;235(4):195-202
- 12 Adhi M, Filho MA, Louzada RN, et al. Retinal Capillary Network and Foveal Avascular Zone in Eyes with Vein Occlusion and Fellow Eyes Analyzed With Optical Coherence Tomography Angiography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016;57(9):486-494
- 13 付碧波,陈小玲,叶波,等. 单眼视网膜静脉阻塞患者对侧眼黄斑区血流密度和中心凹无血管区面积观察. *中华眼底病杂志* 2020;36(4):285-288
- 14 Casselholmde Salles M, Kvanta A, Amrén U, et al. Optical Coherence Tomography Angiography in Central Retinal Vein Occlusion: Correlation Between the Foveal Avascular Zone and Visual Acuity. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016;57(9):OCT242-246
- 15 Samara WA, Shahlaee A, Sridhar J, et al. Quantitative Optical Coherence Tomography Angiography Features and Visual Function in Eyes with Branch Retinal Vein Occlusion. *Am J Ophthalmol* 2016;166:76-83
- 16 张惠蓉,夏英杰. 视网膜静脉阻塞患者视力预后相关因素分析. *中华眼科杂志* 2002;38(2):98-102