

视网膜分支静脉阻塞的黄斑血流及结构特征分析

张占荣, 臧冬晓, 丁晓霞, 郝义, 王秋静, 宋琛, 王禹

引用: 张占荣, 臧冬晓, 丁晓霞, 等. 视网膜分支静脉阻塞的黄斑血流及结构特征分析. 国际眼科杂志 2021; 21(5): 910-914

作者单位: (113006) 中国辽宁省抚顺市眼病医院

作者简介: 张占荣, 硕士, 主治医师, 研究方向: 眼底病。

通讯作者: 王禹, 硕士, 主任医师, 硕士研究生导师, 研究方向: 眼底病、白内障. FSwangyu@163.com

收稿日期: 2020-05-02 修回日期: 2021-04-08

摘要

目的: 采用光学相干断层扫描血管成像(OCTA)技术观察视网膜分支静脉阻塞(BRVO)患者黄斑区血流及结构特征, 并分析视力的危险因素。

方法: 收集2018-01/2019-06在抚顺市眼病医院经眼底及眼底荧光造影检查确诊的BRVO患者92例, 92眼为BRVO组, 另选取同期基线资料与BRVO组患者相匹配的健康志愿者38例, 38眼作为对照组。记录两组受检者的基线资料, 并采用OCTA技术观察3mm×3mm范围内黄斑区深层和浅层血流密度、深层和浅层中心凹血流密度、黄斑中心凹厚度、神经上皮层厚度、神经上皮层下积液高度。分析BRVO患者上述参数的相关性, 并采用多因素Logistic回归法分析影响视力的危险因素。

结果: 与对照组相比, BRVO患者视力、黄斑中心凹厚度、深层血流密度、浅层血流密度、深层中心凹血流密度、浅层中心凹血流密度均有差异($P < 0.01$)。多因素Logistic回归分析显示, 年龄($P = 0.033$, $OR = 1.152$, $95\% CI 1.011 \sim 1.312$)、浅层中心凹血流密度($P = 0.010$, $OR = 1.260$, $95\% CI 1.056 \sim 1.504$)、黄斑中心凹厚度($P < 0.01$, $OR = 1.033$, $95\% CI 1.021 \sim 1.045$)均是视力的危险因素。BRVO患者深层及浅层血流密度与黄斑中心凹厚度、神经上皮层厚度均呈负相关($P < 0.01$), 黄斑中心凹厚度与神经上皮层厚度、神经上皮层下积液高度均呈正相关($P < 0.01$)。

结论: 利用OCTA可以观察BRVO患者视网膜血流状态及视网膜切面结构的变化, 将两者结合起来可以更全面地观察BRVO患者黄斑区视网膜的病变特点。年龄、黄斑中心凹厚度、浅层中心凹血流密度为影响视力的危险因素。

关键词: 视网膜分支静脉阻塞; 中心凹厚度; 血流密度; 光学相干断层扫描血管成像

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2021.5.34

Analysis of macular microcirculation and structural features of retinal branch vein occlusion

Zhan-Rong Zhang, Dong-Xiao Zang, Xiao-Xia Ding, Yi Hao, Qiu-Jing Wang, Chen Song, Yu Wang

Fushun Ophthalmopathy Hospital, Fushun 113006, Liaoning Province, China

Correspondence to: Yu Wang. Fushun Ophthalmopathy Hospital, Fushun 113006, Liaoning Province, China. FSwangyu@163.com
Received: 2020-05-02 Accepted: 2021-04-08

Abstract

• **AIM:** To analyse the characteristic of macular microcirculation and structural features detected by optical coherence tomography angiography (OCTA) in retinal branch vein occlusion (BRVO), and analyse the risk factors of visual acuity (VA).

• **METHODS:** Eligible eyes from subjects (92 with BRVO and 38 healthy people) were included. The relationship between factors and VA was analyzed by retrospective. Vessel density affected by vein occlusion of $3 \times 3\text{mm}^2$ centered on the fovea ($3 \times 3\text{mm VD}$) and foveal vessel density (foveal VD) in the superficial capillary plexus (SCP) and deep capillary plexus (DCP), were measured by OCTA. Central macular thickness (CMT), neuroepithelial layer thickness and height of subcortical fluid in patients with BRVO were measured.

• **RESULTS:** The DCP, SCP, FD300, density of superficial fovea, density of superficial fovea and AI of the BRVO group were significantly different with control group ($P < 0.01$). Multivariate regression: Age ($P = 0.033$, $OR = 1.152$, $95\% CI = 1.011 \sim 1.312$). Density of superficial fovea ($P = 0.010$, $OR = 1.260$, $95\% CI = 1.056 \sim 1.504$) and Macular fovea thickness ($P < 0.01$, $OR = 1.033$, $95\% CI = 1.021 \sim 1.045$) were risk factors of VA. DCP and SCP were negatively related with CMT and neuroepithelial layer ($P < 0.01$). CMT was positively correlated with the thickness of neuroepithelial layer and the height of subcortical fluid ($P < 0.01$).

• **CONCLUSION:** Using OCTA, we can observe the BRVO retinal blood flow and the changes of the structure of the retinal section, and the pathological features of macular retina in BRVO patients can be observed more comprehensively. Age, density of superficial fovea and macular fovea thickness were risk factors of VA.

• **KEYWORDS:** retinal branch vein occlusion; central macular thickness; vessel density; optical coherence tomography angiography

Citation: Zhang ZR, Zang DX, Ding XX, et al. Analysis of macular microcirculation and structural features of retinal branch vein occlusion. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2021; 21(5): 910-914

0 引言

视网膜静脉阻塞(retinal vein occlusion, RVO)是视网膜血管疾病的第二大疾病,仅次于糖尿病视网膜病变。

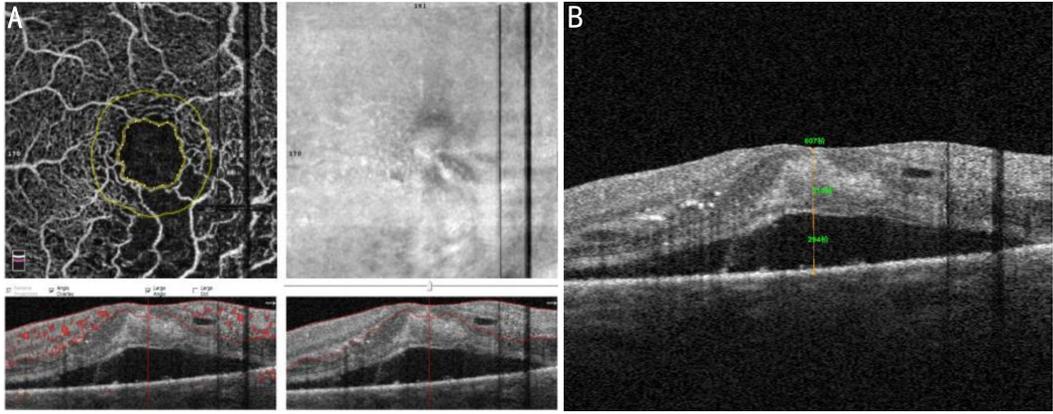


图1 BRVO患者OCTA检查结果 A:OCTA的FAZ模式下读取AI值、FD300、FAZ面积;B:经中心凹手动测量中心凹厚度、神经上皮层厚度、神经上皮层下积液高度。

以眼底出血及黄斑水肿为主要体征,累及黄斑部引起视力下降。眼底血管造影能发现发病后的血流无灌注区,可以甄别缺血性及非缺血性RVO以及视网膜新生血管,但对累及黄斑部的血流特征观察不是很清晰,无法观察黄斑纵切面的改变,而光学相干断层扫描(OCT)无法同时观察血流状态。本研究利用光学相干断层扫描血管成像(optical coherence tomography angiography,OCTA)对视网膜分支静脉阻塞(branch retinal vein occlusion,BRVO)患者的黄斑血流及结构特征进行分析。

1 对象和方法

1.1 对象

收集2018-01/2019-06在抚顺市眼病医院经眼底及眼底荧光造影检查确诊的BRVO患者92例92眼,其中男37例,女55例;年龄36~82(平均 59.3 ± 8.7)岁;右眼52眼,左眼40眼;就诊时发病1~180d,眼压 16.9 ± 2.6 mmHg,等效球镜度(SE) 0.08 ± 1.28 D,最佳矫正视力(BCVA) 0.74 ± 0.72 (LogMAR)。纳入标准:(1)未接受过相关治疗,无内眼手术史及眼部外伤史;(2) $SE\leq\pm 3.00$ D;(3)无糖尿病、青光眼及其他眼底疾病。排除标准:(1)既往接受口服药物或眼内注射抗血管内皮生长因子(VEGF)药物或激素治疗,或球后、球旁注射非甾体激素类药物治疗眼底疾病者;(2)合并青光眼、视网膜动脉阻塞等眼部疾病、眼球先天发育异常性疾病;(3)屈光间质混浊;(4)既往有眼部手术病史及视网膜光凝史;(5)合并其他全身慢性疾病、免疫性疾病、感染、肿瘤等。另选取同期在本院体检及本院员工年龄、性别等与BRVO组患者相匹配的健康志愿者38例38眼(均纳入右眼数据进行分析)作为对照组,排除患有青光眼、视网膜动静脉阻塞等眼部疾病、眼球先天发育异常性疾病、屈光间质严重混浊、既往有眼部外伤及手术史、合并其他全身慢性疾病者。本研究符合《赫尔辛基宣言》原则,经医院伦理委员会审核批准。所有受检者均对本研究知情同意并且签署知情同意书。

1.2 方法

收集两组受检者年龄、性别、BCVA(LogMAR)、屈光度(SE)、眼压等基本资料及OCTA检查结果。OCTA检查采用Angio-OCT retina3.0模式扫描黄斑,以黄斑中心凹为中心 $3\text{mm}\times 3\text{mm}$ 的正方形范围进行横向和纵向两次扫描,每次扫描包含304条B-scan扫描线且在同一位置重复2次,每次B-scan包含304个A-scan,2次扫描合成最终图片,选取图片质量 $Q\geq 6$ 的图片进行分析。在设备

自动生成的vessel density图片中,读取相应位置血流密度;利用设备自带测量工具,经中心小凹测得并记录黄斑中心凹厚度(内界膜-色素上皮层)、神经上皮层厚度(内界膜-IS/OS层)、神经上皮层下积液高度(IS/OS层-色素上皮层);在FAZ模式下读取全层血流状态,观察并记录拱环外 $300\mu\text{m}$ 范围内全层血流密度(foveal density,FD300)、黄斑无血管区(foveal avascular zone,FAZ)面积及拱环非圆度指数(acircularity index,AI),见图1。对照组OCTA检查在同样模式下读取数值,设备自动选定黄斑中心凹区域 1mm 定义为黄斑中心凹,软件自动识别浅层视网膜(内界膜-内丛状层上 $10\mu\text{m}$)和深层视网膜(内丛状层上 $10\mu\text{m}$ -外丛状层下 $10\mu\text{m}$),AI定义为FAZ周长与同样面积大小的正圆周长的比值,越接近1代表FAZ越规则。

统计学分析:采用IBM statistics SPSS 22.0软件对数据进行统计学分析。采用Kolmogorov-Smirnov检验对计量资料进行正态性检验,符合正态分布的计量资料采用 $\bar{x}\pm s$ 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,组间比较采用卡方检验。视力的影响因素分析采用多因素Logistic回归分析。相关性分析采用Pearson相关分析法。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组受检者临床资料的比较

两组受检者BCVA、黄斑中心凹厚度、深层血流密度、浅层血流密度、深层中心凹血流密度、浅层中心凹血流密度、FD300、AI值差异均有统计学意义($P<0.01$),见表1。OCTA检查结果显示,BRVO组患者92眼中,上侧分支静脉阻塞56眼(61%),下侧分支静脉阻塞36眼(39%);囊样水肿83眼(90%),神经上皮层下积液76眼(83%),IS/OS层破坏1眼(1%),外界膜破坏4眼(4%),黄斑前膜4眼(4%),黄斑区硬性渗出9眼(10%);神经上皮层厚度 $403.6\pm 163.9\mu\text{m}$,神经上皮层下积液高度 $157\pm 145\mu\text{m}$ 。

2.2 视力的影响因素分析

将年龄及上述差异有统计学意义的临床资料作为自变量,BCVA(LogMAR)作为因变量纳入多因素Logistic回归分析,结果显示,年龄、浅层中心凹血流密度、黄斑中心凹厚度是视力的危险因素,见表2。

2.3 血流密度与黄斑结构参数的相关性

Pearson相关性分析结果显示,BRVO患者深层和浅层血流密度与黄斑中心凹厚度、神经上皮层厚度均呈负相关($P<0.01$);浅层中

表1 两组受检者临床资料比较

组别	眼数	男/女(例)	年龄	SE	眼压	BCVA	黄斑中心凹厚度
			($\bar{x}\pm s$,岁)	($\bar{x}\pm s$,D)	($\bar{x}\pm s$,mmHg)	($\bar{x}\pm s$,LogMAR)	($\bar{x}\pm s$, μm)
BRVO组	92	37/55	59.3 \pm 8.7	0.08 \pm 1.28	16.9 \pm 2.6	0.74 \pm 0.72	561.74 \pm 202.22
对照组	38	18/20	58.6 \pm 7.5	0.05 \pm 0.95	15.3 \pm 2.4	-0.01 \pm 0.03	244.43 \pm 19.69
t/χ^2		0.563	0.534	0.110	1.990	9.746	9.485
P		0.453	0.594	0.913	0.055	<0.01	<0.01

组别	深层血流密度	浅层血流密度	深层中心凹血流	浅层中心凹血流	FD300	AI值	FAZ
	($\bar{x}\pm s$,%)	($\bar{x}\pm s$,%)	密度($\bar{x}\pm s$,%)	密度($\bar{x}\pm s$,%)	($\bar{x}\pm s$,%)	($\bar{x}\pm s$)	($\bar{x}\pm s$,mm ²)
BRVO组	40.71 \pm 7.04	41.07 \pm 5.14	34.26 \pm 11.79	28.08 \pm 7.72	47.67 \pm 4.40	1.23 \pm 0.11	0.299 \pm 0.193
对照组	51.27 \pm 2.43	47.35 \pm 2.40	29.45 \pm 6.84	16.84 \pm 5.59	52.03 \pm 1.89	1.12 \pm 0.03	0.354 \pm 0.120
t	-12.531	-9.387	2.870	8.024	-7.844	8.198	-1.621
P	<0.01	<0.01	0.005	<0.01	<0.01	<0.01	0.108

注:对照组:健康志愿者。

表2 视力的影响因素 Logistic 回归分析

因素	B	标准误	Wald	P	OR	OR的95%置信区间
年龄	0.142	0.66	4.544	0.033	1.152	1.011~1.312
FD300	-0.259	0.136	3.618	0.057	0.772	0.591~1.008
深层血流密度	0.131	0.109	1.443	0.230	1.140	0.921~1.410
浅层血流密度	-0.207	0.142	2.119	0.145	0.813	0.616~1.074
浅层中心凹血流密度	0.231	0.090	0.599	0.010	1.260	1.056~1.504
黄斑中心凹厚度	0.032	0.006	29.361	<0.01	1.033	1.021~1.045
神经上皮层厚度	-0.002	0.004	0.248	0.619	0.998	0.990~1.006
神经上皮层下积液高度	0.003	0.002	1.102	0.294	1.003	0.998~1.007

表3 BRVO患者血流密度与黄斑结构参数的相关性

观察指标	黄斑中心凹厚度		神经上皮层厚度		神经上皮层下积液高度	
	r	P	r	P	r	P
深层血流密度	-0.603	<0.01	-0.490	<0.01	0.009	0.930
浅层血流密度	-0.521	<0.01	-0.391	<0.01	0.080	0.458
深层中心凹血流密度	0.129	0.148	-0.178	0.095	0.246	0.020
浅层中心凹血流密度	0.751	<0.01	0.402	<0.01	0.255	0.016
黄斑中心凹厚度	-	-	0.698	<0.01	0.608	<0.01
神经上皮层厚度	0.698	<0.01	-	-	-0.118	0.272
神经上皮层下积液高度	0.608	<0.01	-0.118	0.272	-	-

心凹血流密度与黄斑中心凹厚度、神经上皮层厚度、神经上皮层下积液高度呈正相关($P<0.05$);黄斑中心凹厚度与神经上皮层厚度、神经上皮层下积液高度均呈正相关($P<0.01$);深层中心凹血流密度与神经上皮层下积液高度呈正相关($P<0.05$),见表3。

3 讨论

BRVO在临床工作中最常见的引起视力下降的原因是黄斑水肿,部分患者可并发黄斑前膜、椭圆体带破坏、外界膜中断等黄斑病变也可能影响视力^[1]。本研究对发病1~180[30(15,60)]d,且未接受过治疗的92例BRVO患者进行分析,发现囊样水肿(90%)、神经上皮层下积液(83%)为黄斑主要体征,而IS/OS层破坏(1%)、外界膜破坏(4%)、黄斑前膜(4%)、黄斑区硬性渗出(10%)均占比较小,表明发病6mo内的患者黄斑部表现以黄斑囊样水肿及神经上皮层下积液为主要体征,原因可能为眼球内导致血管通透性增加的因子如VEGF升高,提示即使发病

6mo的BRVO患者行抗VEGF治疗亦是有必要且效果可能较好,因为感光细胞受损较少,但该结论还需进一步临床研究证实。

本研究对影响视力的因素进行多因素Logistic回归分析,结果表明年龄、黄斑中心凹厚度、浅层中心凹血流密度为影响视力的危险因素,这与Yiu等^[1]和Balaratnasingam等^[2]研究结果类似。Yiu等^[1]研究发现,视网膜下积液、视网膜结构紊乱、囊样水肿、IS/OS中断、外界膜中断为视力的危险因素,而视网膜结构紊乱、囊样水肿的患者常表现为黄斑中心凹厚度增加,间接支持本研究结论。Balaratnasingam等^[2]利用Adobe Photoshop CC眼底照相后进行FAZ测量,进行Logistic多因素回归分析显示,年龄、FAZ面积、椭圆体带中断为视力的危险因素,该研究中FAZ面积测量所用设备与本研究不同,可能造成结果差异。

Seknazi等^[3]研究结果显示深层视网膜血流密度低于

46%时,浅层视网膜 FAZ 面积显著扩大,说明静脉阻塞致缺血到某种程度或随着病情时间的延长,血管闭塞面积慢慢扩大,FAZ 面积才出现扩大的表现,而本研究纳入的患者患病时间多数较短(中位数 30d),故 FAZ 面积与对照组比较差异无统计学意义。而在 BRVO 组与对照组的比较中发现,BRVO 组的 AI 值增大,全层 FAZ 面积稍减小(差异无统计学意义),分析认为 BRVO 致血液回流障碍,血管迂曲扩张,同时视网膜血管灌注减少,视网膜缺血缺氧后水肿,水肿又加重血管迂曲,甚至血管移位变形,故 BRVO 患者黄斑中心凹血管迂曲扩张导致拱环规则性下降,FAZ 面积减小。既往研究发现 BRVO 不同程度黄斑水肿其 FAZ 面积不同,黄斑水肿程度越重,FAZ 面积越小,视力与血流密度及黄斑中心凹厚度相关,BRVO 中观察到浅层血管迂曲,FAZ 变形,深层血管扩张充盈^[4-7],亦与本研究结论类似。

同时,本研究发现 BRVO 组患者浅层及深层中心凹血流密度均比对照组增大,可能与黄斑中心凹区域末梢血管迂曲有关,而迂曲扩张越重,FAZ 面积越小,计算所得中心凹血流密度增高越大。另外可能与由于神经上皮层水肿导致中心凹微血管向中心小凹移位有关,水肿越重,移位越明显,进而导致测得的中心凹血流密度增加,本研究发现浅层中心凹血流密度与中心凹厚度呈正相关性,也支持该结论。此外,本研究中患者发病时间中位数为 30d,说明发病时间较短,无灌注区可能还未扩大到中心凹,才会有这样的结果,研究过程中观察到多数纳入患者无灌注区尚未累及中心凹。而深层中心凹血流密度与中心凹厚度无相关性,分析可能与深层血管扩张的幅度没有浅层大有关,因为在正常人中深层中心凹血流密度比浅层中心凹血流密度大($29.45\% \pm 6.84\%$ vs $16.84\% \pm 5.59\%$),而 BRVO 患者中深层中心凹血流密度相对于正常人增长 16.33%,浅层中心凹血流密度相对于正常人增长 66.75%,显然浅层中心凹血流密度增加更明显。视网膜深层血管为静脉血管,BRVO 时血流速度下降,且比浅层动脉血管流速更低,Campagnoli 等^[8]利用高分辨率测速设备测得结果与本研究基本一致,但由于 OCTA 设备对低于 0.3mm/s 的血流无法检出,以及可能与神经上皮层水肿导致深层测量信号减弱有关。Ouederni 等^[9]亦有类似的结论,即血流密度与视力无关,分析也可能与样本量较小(17 例)有关,且观察到血管扩张在深层较显著,血管扭曲在浅层血管较显著。Mastropasqua 等^[10]研究结果认为,BRVO 患者深浅层中心凹血流密度高于正常对照组,但差异无统计学意义,分析可能与患者病程长短及入组的样本量(28 例)有关。

此外,本研究发现 BRVO 组患者 FD300、深层血流密度、浅层血流密度均较对照组下降,这与 Deng 等^[11]和王丽雯等^[7]研究结果类似,相对于正常对照组,下降率分别为 8.38%、20.60%、13.26%,可见深层血流密度下降最多,浅层次之,FD300 下降最少。Kim 等^[12]对深浅血管丛密度量化研究发现,相比于非受累区,受累区的血流密度下降率为浅层的 13.88%,深层的 24.60%,深层受累区相对于非受累区血流密度的下降率是浅层相对于非受累区下降率的 1.77~1.84 倍,这可能也与 RVO 中深层毛细血管更易出现缺血表现有关。上级静脉阻塞直接导致下

级静脉回流障碍、淤滞、血管扩张,血流速度减慢、停滞,导致 OCTA 检测不出,血流密度下降,而浅层动脉出现病变稍晚于静脉。Freund 等^[13]亦认为深层毛细血管是视网膜毛细血管的主要回流系统。Díez-Sotelo 等^[14]研究证明 BRVO 深层血管更易出现无灌注区。Wakabayashi 等^[15]研究证明深层、浅层血流密度及 FAZ 面积与视力相关,深层血流密度与视力相关性最强,可能与深层血流供应内丛状层、内核层、外丛状层血供,一旦缺血对视网膜功能影响较大有关,进而影响视力。

本研究结果表明,黄斑中心凹厚度是视力的危险因素,黄斑中心凹水肿越重,视力越差。血液回流障碍及无灌注区形成,视网膜组织缺血缺氧,可导致 VEGF 升高,血管扩张,引起液体渗出及细胞肿胀,进一步导致神经上皮层水肿、结构紊乱,甚至光感受器缺氧损害,最终导致视力下降。深层及浅层血流密度与黄斑中心凹厚度及神经上皮层厚度均呈负相关,与神经上皮层下积液高度无相关性,即血流密度越小,中心凹及神经上皮层厚度越大,说明神经上皮层下积液可能有来自脉络膜层液体参与。Winegarner 等^[16]研究发现未经治疗的 BRVO,其黄斑水肿与深层、浅层血流密度呈负相关,且均与视力相关,与本研究结果相似。黄斑中心凹厚度与神经上皮层厚度、神经上皮层下积液高度呈正相关,而神经上皮层厚度与神经上皮层下积液高度无线性关系,且深、浅层血流密度与神经上皮层下积液高度无线性关系,再次说明在 BRVO 中导致神经上皮层水肿与神经上皮层下积液的原因可能各有侧重,但均与病情严重程度相关。浅层中心凹血流密度与黄斑中心凹厚度、神经上皮层厚度、神经上皮层下积液高度均呈正相关,分析与病情越重中心凹处血管迂曲扩张越明显及随着神经上皮层水肿加重,毛细血管有所移位有关。

综上所述,利用 OCTA 可以在观察 BRVO 视网膜血流状态的同时,观察视网膜切面结构的变化,将两者结合起来可以更全面观察 BRVO 患者黄斑区视网膜的病变特点。本研究结果表明,发病 6mo 内未经治疗的 BRVO 患者黄斑中心凹厚度、神经上皮层厚度、神经上皮层下积液高度、深层血流密度、浅层血流密度、FD300 均可作为视力的评估指标,且血流密度与黄斑中心凹厚度及神经上皮层厚度具有一定的相关性。

参考文献

- 1 Yiu G, Welch RJ, Wang YW, et al. Spectral-domain OCT predictors of visual outcomes after ranibizumab treatment for macular edema resulting from retinal vein occlusion. *Ophthalmol Retina* 2020; 4(1): 67-76
- 2 Balaratnasingam C, Inoue M, Ahn S, et al. Visual acuity is correlated with the area of the foveal avascular zone in diabetic retinopathy and retinal vein occlusion. *Ophthalmology* 2016; 123(11): 2352-2367
- 3 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* 2018; 38(8): 1562-1570
- 4 王林妮,于荣国,杨锦,等. 视网膜分支静脉阻塞黄斑水肿程度对黄斑中心凹无血管区量化分析的影响. *中华眼底病杂志* 2019; 35(1): 20-24
- 5 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

6 Koullis N, Kim AY, Chu Z, *et al.* Quantitative microvascular analysis of retinal venous occlusions by spectral domain optical coherence tomography angiography. *PLoS One* 2017; 12(4): 0176404

7 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

8 Campagnoli TR, Somfai GM, Tian J, *et al.* Noninvasive, high-resolution functional macular imaging in subjects with retinal vein occlusion. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina* 2017; 48(10): 799-809

9 Ouederni M, Sassi H, Nefaa F, *et al.* Anatomic-functional study in branch retinal vein occlusion using Swept Source Optical Coherence Tomography Angiography. *J Fr Ophthalmol* 2019; 42(3): 255-261

10 Mastropasqua R, Toto L, Di Antonio L, *et al.* Optical coherence tomography angiography microvascular findings in macular edema due to central and branch retinal vein occlusions. *Sci Rep* 2017; 7: 40763

11 Deng Y, Cai XJ, Zhang SC, *et al.* Quantitative analysis of retinal microvascular changes after conbercept therapy in branch retinal vein occlusion using optical coherence tomography angiography. *Ophthalmologica* 2019; 242(2): 69-80

12 Kim JT, Chun YS, Lee JK, *et al.* Comparison of vessel density reduction in the deep and superficial capillary plexuses in branch retinal vein occlusion. *Ophthalmologica* 2020; 243(1): 66-74

13 Freund KB, Sarraf D, Leong BCS, *et al.* Association of optical coherence tomography angiography of collaterals in retinal vein occlusion with major venous outflow through the deep vascular complex. *JAMA Ophthalmol* 2018; 136(11): 1262-1270

14 Díez-Sotelo M, Abralde M, Gómez-Ulla F. Multimodality imaging approach for combined central retinal vein and artery occlusion: the role of optical coherence tomography angiography. *Case Rep Ophthalmol* 2019; 10(3): 415-423

15 Wakabayashi T, Sato T, Hara - Ueno C, *et al.* Retinal microvasculature and visual acuity in eyes with branch retinal vein occlusion: imaging analysis by optical coherence tomography angiography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2017; 58(4): 2087-2094

16 Winegarner A, Wakabayashi T, Hara - Ueno C, *et al.* Retinal microvasculature and visual acuity after intravitreal aflibercept in eyes with central retinal vein occlusion: an optical coherence tomography angiography study. *Retina* 2018; 38(10): 2067-2072