

单次早产儿视网膜病变治疗史儿童黄斑区光相干断层扫描血管成像特征

赵欣予 吴楨泉 张国明

深圳市眼科医院 深圳市眼科学重点实验室 暨南大学附属深圳眼科医院 518040

通信作者:张国明, Email: zhang-guoming@163.com

【摘要】 目的 利用光相干断层扫描血管成像(OCTA)观察单次激光光凝或玻璃体腔注射雷珠单抗(IVR)治疗的早产儿视网膜病变(ROP)患儿黄斑形态和视力改变。**方法** 采用横断面研究,收集2018年4—8月深圳市眼科医院有单次激光光凝或IVR治疗史的4~10岁ROP患儿14例23眼作为ROP组,其中单纯激光光凝9例14眼作为激光光凝组,IVR 5例9眼作为玻璃体腔注射组。同期收集年龄匹配的足月产正常儿童8例16眼作为对照组。采用OCTA的3 mm×3 mm扫描模式测量各组患儿黄斑中心凹无血管区(FAZ)面积、FAZ形态指数、表层视网膜血管密度(VD)及表层视网膜灌注密度(PD);利用其B-scan模式检测黄斑中心凹视网膜厚度(CFT)。检查并记录所有患儿的最佳矫正视力(BCVA)。**结果** OCTA图像显示ROP组FAZ区域较对照组小,FAZ形态较对照组不规则,CFT较对照组明显增厚,激光光凝组黄斑中心凹陷变浅,轮廓接近消失。ROP组FAZ面积、FAZ形态指数、VD和PD分别为 $(0.09 \pm 0.08) \text{ mm}^2$ 、 0.51 ± 0.25 、 $(19.18 \pm 2.50) \text{ mm/mm}^2$ 和 0.35 ± 0.04 ,均明显低于对照组的 $(0.32 \pm 0.08) \text{ mm}^2$ 、 0.68 ± 0.07 、 $(20.94 \pm 0.93) \text{ mm/mm}^2$ 和 0.38 ± 0.02 ,ROP组CFT为 $(215.00 \pm 21.32) \mu\text{m}$,明显高于对照组的 $(164.29 \pm 20.20) \mu\text{m}$,差异均有统计学意义($t = -8.03$ 、 -3.14 、 -3.02 、 -2.52 、 8.91 ,均 $P < 0.05$)。2组间BCVA比较,差异无统计学意义($t = 0.16$, $P = 0.87$)。激光光凝组CFT较玻璃体腔注射组明显增厚,差异有统计学意义($t = 3.50$, $P < 0.01$)。**结论** 单次激光光凝或IVR史ROP患儿黄斑区形态存在明显改变,但BCVA并未因此受到明显的影响。

【关键词】 早产儿视网膜病变;光相干断层扫描血管成像;黄斑中心凹无血管区

基金项目: 广东省高水平临床重点专科项目(SZGSP014);深圳市医学重点学科建设经费项目(SZXX038);深圳市基础重点项目(JCYJ20170817112542555)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20201104-00740

Optical coherence tomography angiography of macula in retinopathy of prematurity children with single treatment history

Zhao Xinyu, Wu Zhenquan, Zhang Guoming

Shenzhen Eye Hospital, Shenzhen Key Laboratory of Ophthalmology, Affiliated Shenzhen Eye Hospital of Jinan University, Shenzhen 518040, China

Corresponding author: Zhang Guoming, Email: zhang-guoming@163.com

【Abstract】 Objective To observe the changes of macular morphology and best corrected visual acuity (BCVA) in children with retinopathy of prematurity (ROP) after single treatment of laser photocoagulation or intravitreal injection of ranibizumab (IVR) by optical coherence tomography angiography (OCTA). **Methods** A cross sectional study was conducted. Fourteen cases (23 eyes) of ROP children with a treatment history aged 4–10 years were enrolled as the ROP group in Shenzhen Eye Hospital from April to August 2018, with 8 cases (16 eyes) of age-matched full-term children as control group. Among the ROP group, 9 cases (14 eyes) receiving photocoagulation were set as the photocoagulation group and 5 cases (9 eyes) receiving IVR as the injection group. The 3 mm×3 mm scanning mode of OCTA was adopted to measure the area of foveal avascular zone (FAZ), FAZ morphological index, superficial retinal vascular density (VD) and superficial retinal perfusion density (PD), and the B-scan mode was used to determine the central foveal thickness (CFT). BCVA of all children was recorded and analyzed. This study adhered to the Declaration of Helsinki and was approved by an Ethics Committee of Shenzhen Eye Hospital (No. b-03). Written informed consent was obtained from guardians prior to any examination. **Results** Compared with the control group, there was smaller area of FAZ, more irregular FAZ morphology and thicker CFT in the ROP group. The central fovea of macula in the laser photocoagulation group was shallow and almost indiscernible, and FAZ

morphology was irregular. The FAZ area, FAZ morphological index, VD and PD in the ROP group were (0.09 ± 0.08) mm^2 , 0.51 ± 0.25 , (19.18 ± 2.50) mm/mm^2 and 0.35 ± 0.04 , respectively, which were significantly lower than (0.32 ± 0.08) mm^2 , 0.68 ± 0.07 , (20.94 ± 0.93) mm/mm^2 , 0.38 ± 0.02 , respectively in the control group ($t = -8.03, -3.14, -3.02, -2.52$; all at $P < 0.05$). The CFT in the ROP group was (215.00 ± 21.32) μm , which was significantly thicker than (164.29 ± 20.20) μm in the control group ($t = 8.91, P < 0.05$). There was no statistical difference in BCVA between the two groups ($t = 0.16, P = 0.87$). The CET in the laser photocoagulation group was significantly thicker than that in the injection group ($t = 3.50, P = 0.01$). **Conclusions** There are obvious morphology changes of macula in ROP children with single treatment history of laser photocoagulation or IVR, while the BCVA is not significantly affected by the treatment.

[Key words] Retinopathy of prematurity; Optical coherence tomography angiography; Foveal avascular zone

Fund program: Guangdong Province High Level and Clinical Key Specialty (SZGSP014); Shenzhen Medical Discipline Construction Funds (SZXK038); Basic Key Project of Shenzhen (JCYJ20170817112542555)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20201104-00740

早产儿视网膜病变 (retinopathy of prematurity, ROP) 是一种血管增生性致盲眼病^[1-2]; ROP 无血管的外周视网膜刺激血管增生、牵拉, 严重者可导致视网膜脱离^[3-5]。ROP 患儿存在眼部结构异常且有较高的眼部疾病发生率, 例如屈光不正、斜视、白内障、青光眼及视网膜脱离等^[2,6]。多数早产儿在随访过程中出现黄斑形态的异常, 如黄斑水肿、内层视网膜永存及黄斑中心凹消失等^[2]。观察黄斑区的微细结构有助于快速判断黄斑区的异常变化。光相干断层扫描血管成像 (optical coherence tomography angiography, OCTA) 是一项无创、快捷的血流检测技术, 无需静脉注射造影剂即能对血流信号进行量化分析, 较传统的荧光素眼底血管造影 (fluorescein fundus angiography, FFA) 技术能更准确地提供视网膜脉络膜血流信息, OCTA 利用运动对比产生视网膜和脉络膜血管数据, 对异常血管的观察较传统的 FFA 更清晰, 为更全面地了解疾病情况提供有价值的信息^[7-12]。目前国内外有关 OCTA 应用于 ROP 患儿的研究较少^[2,8]。本研究拟比较单次激光光凝或玻璃体腔注射雷珠单抗 (intravitreal injection of ranibizumab, IVR) 治疗史的 ROP 患儿与足月产正常儿童 OCTA 检测的黄斑区相关参数及 BCVA, 探讨 ROP 术后儿童黄斑区形态和视力的改变。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用横断面研究, 收集 2018 年 4—8 月于深圳市眼科医院行 OCTA 检查的经视网膜激光光凝或有 IVR 治疗史的 4~10 岁 ROP 患儿 14 例 23 眼作为 ROP 组, 其中男 9 例 15 眼, 女 5 例 8 眼。疾病的诊断依据 ROP 国际分类标

准^[13]。雷珠单抗单眼注射剂量为 0.25 mg/0.025 ml。ROP 组中行单纯激光光凝 9 例 14 眼, 作为激光光凝组, IVR 治疗 5 例 9 眼, 作为玻璃体腔注射组。同期收集同龄足月产正常儿童 8 例 16 眼作为对照组, 其中男 5 例 10 眼, 女 3 例 6 眼。ROP 纳入标准: (1) 诊断为 ROP 阈值病变的患儿; (2) 仅行 1 次手术治疗 (视网膜激光光凝或 IVR); (3) 无其他眼部疾病者。排除标准: (1) 初次手术治疗后复发行二次手术者; (2) 因眼球震颤、年龄较小或 ROP 4 期术后 BCVA 较差等无法配合检查者。本研究遵循《赫尔辛基宣言》, 并经深圳市眼科医院伦理委员会审核批准 (批文号: b-03), 所有受试者监护人均知晓试验目的并签署知情同意书。ROP 组和对照组出生胎龄和出生体质量比较差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$); 年龄和性别比例比较差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$) (表 1)。

1.2 方法

1.2.1 BCVA 检查 采用复方托吡卡胺滴眼液点眼扩瞳 4 次, 每次间隔 10 min, 先采用电脑验光仪 (KR800, 日本 Topcon 公司) 检测屈光度, 然后由同 1 名高年资验光师行检影验光。使用标准 Snellen 视力表记录小数视力, 转化为最小分辨角对数 (LogMAR) 视力进行统计分析。

表 1 ROP 组与对照组儿童基线数据比较
Table 1 Comparison of baseline data between the ROP group and the control group

组别	例数/眼数	年龄 (mean±SD, 岁) ^a	性别比例 (男/女, n) ^b	出生胎龄 (mean±SD, 周) ^a	出生体质量 (mean±SD, g) ^a
ROP 组	14/23	6.9±2.2	9/5	29.6±2.5	1 312.9±253.0
对照组	8/16	8.3±1.6	5/3	39.6±0.7	3 222.5±237.1
t/χ^2 值		-1.5	-	-13.8	-17.4
P 值		0.15	>0.05	<0.01	<0.01

注: (a: 独立样本 t 检验, b: Fisher 检验) ROP: 早产儿视网膜病变

Note: (a: Independent samples t test, b: Fisher test) ROP: retinopathy of prematurity

1.2.2 OCTA 检查 所有受检者取坐位,采用 OCTA (Cirrus HD-OCT 5000 system, 美国 Carl Zeiss Meditec 公司)的 3 mm×3 mm 范围扫描模式对受检者进行检测,扫描深度为视网膜的内界膜层至内丛状层,即表层视网膜。检测并记录受检者黄斑中心凹无血管区 (foveal avascular zone, FAZ) 面积、FAZ 形态指数、表层视网膜血管密度 (retinal vascular density, VD)、表层视网膜灌注密度 (retinal perfusion density, PD) 等指标。其中 FAZ 形态指数取值范围为 0~1,数值越接近 0,形态越不规则,越接近 1,形态越接近圆;VD 为扫描区视网膜血管长度与面积的比值,以 mm/mm² 表示;PD 为扫描区内视网膜血管覆盖面积与扫描区总面积的比值。然后采用该机器的 B-scan 模式测量黄斑中心凹视网膜厚度 (central foveal thickness, CFT)。所有检查均由 1 名专业医生进行 2 次扫描,选取其中清晰的扫描数据。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 23.0 统计学软件进行统计分析。计量资料的数据经 W 检验呈正态分布,以 mean±SD 表示。ROP 组与对照组性别比例比较采用 Fisher 检验,年龄、出生胎龄及出生体质量比较采用独立样本 t 检验。ROP 组与对照组以及激光光凝组与玻璃体腔注射组各检查指标比较采用独立样本 t 检验。采用双侧检验, P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 各组黄斑区 OCTA 图像特征比较

ROP 组 FAZ 较对照组小, CFT 较对照组明显增厚, FAZ 形态较对照组不规则;与玻璃体腔注射组比较,激光光凝组 CFT 明显增厚,中心凹陷变浅,轮廓接近消失 (图 1)。

2.2 ROP 组与对照组 BCVA 和 OCTA 测量指标比较

ROP 组 FAZ 面积、FAZ 形态指数、VD 和 PD 明显低于对照组,差异均有统计学意义 (t = -8.03、-3.14、-3.02、-2.52, 均 P<0.05); 2 个组 BCVA 比较,差异无统计学意义 (P>0.05) (表 2)。

2.3 激光光凝组与玻璃体腔注射组 BCVA 和 OCTA 测量指标比较

激光光凝组 CFT 较玻璃体腔注射组明显增厚,差异有统计学意义 (t = 3.50, P = 0.01)。2 个组间 BCVA、FAZ 面积、FAZ 形态指数、VD 和 PD 比较,差异均无统计学意义 (均 P>0.05) (表 3)。

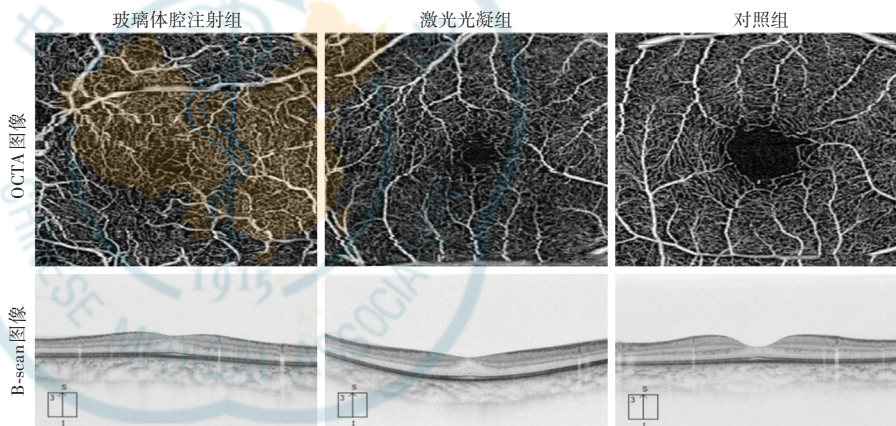


图 1 各组黄斑区 OCTA 扫描图像比较 与对照组比较,ROP 组的 FAZ 面积变小,FAZ 形状不规则,CFT 明显增厚;与玻璃体腔注射组比较,激光光凝组 FAZ 面积更小,CFT 进一步增厚,中心凹陷变浅,轮廓近于消失 OCTA:光相干断层扫描血管成像

Figure 1 OCTA images of fovea with different scan modes in different groups There was smaller FAZ area, irregular FAZ shape and obviously thicker CFT in the ROP group in comparison with the control group. Compared with the injection group, the central fovea of macula in the laser photocoagulation group was shallow and almost indiscernible, and FAZ morphology was irregular OCTA: optical coherence tomography angiography

表 2 ROP 组与对照组各测量指标比较 (mean±SD)
Table 2 Comparison of indicators between the ROP group and the control group (mean±SD)

组别	眼数	BCVA	CFT (μm)	FAZ 面积 (mm ²)	FAZ 形态指数	VD (mm/mm ²)	PD
ROP 组	23	0.86±0.15	215.00±21.32	0.09±0.08	0.51±0.25	19.18±2.50	0.35±0.04
对照组	16	0.86±0.15	164.29±20.20	0.32±0.08	0.68±0.07	20.94±0.93	0.38±0.02
t 值		0.16	8.91	-8.03	-3.14	-3.02	-2.52
P 值		0.87	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02

注:(独立样本 t 检验) ROP:早产儿视网膜病变;BCVA:最佳矫正视力;CFT:黄斑中心凹视网膜厚度;FAZ:黄斑中心凹无血管区;VD:表层视网膜血管密度;PD:表层视网膜灌注密度

Note: (Independent samples t test) ROP: retinopathy of prematurity; BCVA: best corrected visual acuity; CFT: central foveal thickness; FAZ: foveal avascular zone; VD: retinal vascular density; PD: retinal perfusion density

表 3 激光光凝组与玻璃体腔注射组各检测指标比较 (mean±SD)
Table 3 Comparison of baseline data between the photocoagulation group and injection group (mean±SD)

组别	眼数	BCVA	CFT (μm)	FAZ 面积 (mm^2)	FAZ 形态指数	VD (mm/mm^2)	PD
激光光凝组	14	0.84±0.17	225.05±19.26	0.08±0.04	0.55±0.17	19.75±2.15	0.36±0.04
玻璃体腔注射组	9	0.88±0.11	203.83±18.00	0.10±0.13	0.44±0.33	18.31±2.87	0.34±0.05
<i>t</i> 值		0.76	3.50	-0.44	0.88	1.38	1.17
<i>P</i> 值		0.46	0.01	0.67	0.40	0.18	0.26

注:(独立样本 *t* 检验) BCVA:最佳矫正视力;CFT:黄斑中心凹视网膜厚度;FAZ:黄斑中心凹无血管区;VD:表层视网膜血管密度;PD:表层视网膜灌注密度

Note:(Independent samples *t* test) BCVA: best corrected visual acuity; CFT: central foveal thickness; FAZ: foveal avascular zone; VD: retinal vascular density; PD: retinal perfusion density

3 讨论

黄斑区正常的形态结构是保障视功能的解剖学基础^[8],因此研究早产儿黄斑区形态结构的发育特征具有重要的临床意义。OCTA 通过无创视觉化视网膜血管的方法,在检测早产儿黄斑区微血管发育方面较传统的 FFA 等有创性检查具有明显的优势^[3]。Falavarjani 等^[2]采用 OCTA(Optovue RTVue)检测并比较有激光光凝史和无激光光凝史 ROP 患儿与年龄匹配的足月正常儿童黄斑区微细结构的差异;Nonobe 等^[3]采用 OCTA(Zeiss-Cirrus HD 5000)检测并比较激光光凝和冷冻术后 ROP 患儿与年龄匹配足月正常儿童黄斑区微细结构的差异。以上 2 个研究均发现 ROP 患儿 FAZ 面积偏小,与本研究 ROP 组患儿 FAZ 面积明显低于对照组相一致,同时该结果与 Mintz-Hittner 等^[14]采用 FFA 得出的结论相一致。早产儿 FAZ 面积偏小的原因尚未明确,Nonobe 等^[3]和 Gariano^[15]研究显示,早产儿视网膜中高水平的血管内皮生长因子可诱导黄斑区微血管的异常化,导致 FAZ 面积变小;另有研究显示,胎儿黄斑中心凹内层毛细血管网在胎龄 30 周时开始慢慢退化,内层视网膜血管重塑形成 FAZ,并逐渐形成黄斑中心凹的凹陷,而早产儿在此 FAZ 形成前出生,便形成了偏小的 FAZ 或 FAZ 缺失^[2,14,16],并且形成的 FAZ 形态相比于正常儿童也更不规则。早产儿童黄斑区的微细结构与足月产正常儿童相比,存在较为明显的不同,该特征随着患儿年龄的增加是否会有变化,值得我们进行更长时间的追踪和更详细的探讨。

早产儿黄斑中心凹未完全退化的微血管、永存的内层视网膜及内层视网膜离心迁移力的下降共同导致 CFT 的增加^[17-18]。Gursoy 等^[19]研究显示,早产和 ROP 均可能影响 FAZ 的发育,使 FAZ 形成异常的血管分支,导致 CFT 增加。本研究结果显示,ROP 组患

儿 CFT 明显厚于对照组,并且激光光凝组患儿 CFT 明显厚于玻璃体腔注射组。同时,异常的血管分支也导致 FAZ 形态不规则,该现象与 Vogel 等^[20]研究相一致。视网膜激光光凝破坏了周边视网膜,限制了内层视网膜细胞向周边的迁移和重建,而 IVR 治疗后的眼则无该限制,因此视网膜激光光凝后的儿童黄斑中心凹更厚。早产儿的 CFT 较正常儿童更厚,可能是早产破坏了胎儿原来的生存环境,黄斑区的形态结构也因此受到影响。本研究推测,CFT 的增厚与早产和 ROP 激光光凝均有一定的关系。

Falavarjani 等^[2]与冷云霞等^[8]均发现 ROP 患儿整个黄斑区(3 mm×3 mm)VD 较足月正常儿童增加。Nonobe 等^[3]研究发现 ROP 患儿整个黄斑区 VD 较足月正常儿童降低,与本研究结果一致。另外,本研究中 ROP 组 PD 较对照组低,说明 ROP 患儿的眼底血流灌注情况低于正常儿童。VD 和 PD 分别是评估黄斑区视网膜血管数量和黄斑区视网膜血管中灌注量的指标,ROP 患儿的 VD 和 PD 均低于正常儿童,推测 ROP 患儿的黄斑区血流供应低于正常儿童。Falavarjani 等^[2]和 Nonobe 等^[3]所采用的机器分别为 OCTA(Optovue RTVue)和 OCTA(Zeiss-Cirrus HD 5000),机器对各个参数的测量标准有所不同,且各研究纳入的 ROP 患儿也有所差别,以上因素均可能造成不同研究中 VD 结果的不同。以上研究的样本量均较小,未来仍需扩大样本量进一步验证。同时应采用 2 种仪器对同一组儿童进行检查,以减少机器参数不同对研究结果的影响。

Chen 等^[21]研究表明,随着 ROP 患儿 FAZ 面积减小,视敏度也相应降低,推测早产儿的 FAZ 形态及大小异常可能会影响视功能。本研究纳入的 4~10 岁儿童的检查结果显示,ROP 组与对照组患儿 BCVA 无明显差异,FAZ 的异常尚未影响 ROP 患儿的 BCVA。然而,单纯某个时间点的观察尚不足以发现隐匿性眼部

微细结构的改变。明确黄斑区微细结构的异常对 ROP 患儿视力的影响仍需要进行更长期的随访。对黄斑区微细结构的随访观察有助于及早发现 ROP 患儿可能产生的眼部疾患,从而进行及时的干预。

综上所述,本研究中 OCTA 检测结果显示,单次激光光凝或 IVR 史 ROP 患儿的黄斑形态较足月产正常儿童存在明显改变,但 BCVA 并未因此受到明显影响。OCTA 可及时发现早产儿童黄斑微细结构的发展变化,从而提供更精准的 ROP 诊断数据。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Hartnett ME. Pathophysiology and mechanisms of severe retinopathy of prematurity [J]. *Ophthalmology*, 2015, 122 (1) : 200-210. DOI: 10.1016/j.ophtha.2014.07.050.
- [2] Falavarjani KG, Iafe NA, Velez FG, et al. Optical coherence tomography angiography of the fovea in children born preterm [J]. *Retina*, 2017, 37 (12) : 2289-2294. DOI: 10.1097/IAE.0000000000001471.
- [3] Nonobe N, Kaneko H, Ito Y, et al. Optical coherence tomography angiography of the foveal avascular zone in children with a history of treatment-requiring retinopathy of prematurity [J]. *Retina*, 2019, 39 (1) : 111-117. DOI: 10.1097/IAE.0000000000001937.
- [4] Mintz-Hittner HA, Kennedy KA, Chuang AZ, et al. Efficacy of intravitreal bevacizumab for stage 3+ retinopathy of prematurity [J]. *N Engl J Med*, 2011, 364 (7) : 603-615. DOI: 10.1056/NEJMoa1007374.
- [5] Quimson SK. Retinopathy of prematurity: pathogenesis and current treatment options [J]. *Neonatal Netw*, 2015, 34 (5) : 284-287. DOI: 10.1891/0730-0832.34.5.284.
- [6] Salvin JH, Lehman SS, Jin J, et al. Update on retinopathy of prematurity: treatment options and outcomes [J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2010, 21 (5) : 329-334. DOI: 10.1097/ICU.0b013e32833cd40b.
- [7] Zhang A, Zhang Q, Chen CL, et al. Methods and algorithms for optical coherence tomography-based angiography: a review and comparison [J/OL]. *J Biomed Opt*, 2015, 20 (10) : 100901 [2020-10-25]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26473588/>. DOI: 10.1117/1.JBO.20.10.100901.
- [8] 冷云霞,张柳,张蒙,等.早产儿视网膜病变黄斑中心视网膜微血管形态特征:基于光学相干断层扫描血管成像(OCTA)的观察[J].*眼科新进展*, 2018, 38 (4) : 357-360. DOI: 10.13389/j.cnki.rao.2018.0083.
Leng YX, Zhang L, Zhang M, et al. Observation of central macular retinal microvascular network morphology of retinopathy of prematurity by optical coherence tomography angiography [J]. *Rec Adv Ophthalmol*, 2018, 38 (4) : 357-360. DOI: 10.13389/j.cnki.rao.2018.0083.
- [9] Zhao Q, Yang WL, Wang XN, et al. Repeatability and reproducibility of quantitative assessment of the retinal microvasculature using optical coherence tomography angiography based on optical microangiography [J]. *Biomed Environ Sci*, 2018, 31 (6) : 407-412. DOI: 10.3967/bes2018.054.
- [10] Lupidi M, Coscas F, Cagini C, et al. Automated quantitative analysis of retinal microvasculature in normal eyes on optical coherence tomography angiography [J]. *Am J Ophthalmol*, 2016, 169 : 9-23. DOI: 10.1016/j.ajo.2016.06.008.
- [11] 李可嘉,喻晓兵,陈沁.视网膜分支静脉阻塞患眼黄斑区血流密度及黄斑中心凹无血管区面积测量结果观察[J].*中华眼底病杂志*, 2018, 34 (1) : 17-20. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1015.2018.01.005.
Li KJ, Yu XB, Chen Q. The alterations of macular vascular density and the area of foveal avascular zone in branch retinal vein occlusion eyes [J]. *Chin J Ocul Fundus Dis*, 2018, 34 (1) : 17-20. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1015.2018.01.005.
- [12] 梁超群,陈长征.光相干断层扫描成像在早产儿视网膜病变中的应用[J].*中华实验眼科杂志*, 2019, 37 (6) : 493-496. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.06.019.
Liang CQ, Chen CZ. Progress of optical coherence tomography in retinopathy of prematurity [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2019, 37 (6) : 493-496. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.06.019.
- [13] International Committee for the Classification of Retinopathy of Prematurity. The international classification of retinopathy of prematurity revisited [J]. *Arch Ophthalmol*, 2005, 123 (7) : 991-999. DOI: 10.1001/archophth.123.7.991.
- [14] Mintz-Hittner HA, Knight-Nanan DM, Satriano DR, et al. A small foveal avascular zone may be an historic mark of prematurity [J]. *Ophthalmology*, 1999, 106 (7) : 1409-1413. DOI: 10.1016/S0161-6420(99)00732-0.
- [15] Gariano RF. Special features of human retinal angiogenesis [J]. *Eye (Lond)*, 2010, 24 (3) : 401-407. DOI: 10.1038/eye.2009.324.
- [16] Vinekar A, Mangalesh S, Jayadev C, et al. Retinal imaging of infants on spectral domain optical coherence tomography [J/OL]. *Biomed Res Int*, 2015, 2015 : 782420 [2020-10-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26221606/>. DOI: 10.1155/2015/782420.
- [17] Villegas VM, Capó H, Cavuoto K, et al. Foveal structure-function correlation in children with history of retinopathy of prematurity [J]. *Am J Ophthalmol*, 2014, 158 (3) : 508-512. DOI: 10.1016/j.ajo.2014.05.017.
- [18] Wang J, Spencer R, Leffler JN, et al. Critical period for foveal fine structure in children with regressed retinopathy of prematurity [J]. *Retina*, 2012, 32 (2) : 330-339. DOI: 10.1097/IAE.0b013e318219e685.
- [19] Gursoy H, Bilgec MD, Erol N, et al. The macular findings on spectral-domain optical coherence tomography in premature infants with or without retinopathy of prematurity [J]. *Int Ophthalmol*, 2016, 36 (4) : 591-600. DOI: 10.1007/s10792-016-0176-9.
- [20] Vogel RN, Strampe M, Fagbemi OE, et al. Foveal development in infants treated with bevacizumab or laser photocoagulation for retinopathy of prematurity [J]. *Ophthalmology*, 2018, 125 : 444-452. DOI: 10.1016/j.ophtha.2017.09.020.
- [21] Chen YC, Chen YT, Chen SN. Foveal microvascular anomalies on optical coherence tomography angiography and the correlation with foveal thickness and visual acuity in retinopathy of prematurity [J]. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2019, 257 (1) : 23-30. DOI: 10.1007/s00417-018-4162-y.

(收稿日期:2020-11-04 修回日期:2021-06-09)

(本文编辑:张宇)

读者·作者·编者

本刊对稿件组织病理学彩色图片及电子显微镜图片中标尺的要求

如果作者稿件中包含有组织病理图、免疫荧光染色图、免疫组织化学图、电子显微镜图片,为了反映组织标本大小的最精确尺度,请在电子版图片的左下方附注标尺。

(本刊编辑部)