

## 光相干断层扫描成像在早产儿视网膜病变中的应用

梁超群 综述 陈长征 审校

武汉大学人民医院眼科中心, 武汉 430060

通信作者: 陈长征, Email: whuchenchzh@163.com

**【摘要】** 早产儿视网膜病变(ROP)是导致儿童视力损害的重要原因之一,目前其诊断主要依赖广域数字化视网膜成像系统(RetCam)和双目间接检眼镜检查。近年来,手持式光相干断层扫描成像(OCT)及光相干断层扫描血管成像(OCTA)技术在临床中应用广泛,这有助于观察到黄斑囊样改变(CMCs)、黄斑中心凹形成不良、黄斑中心凹血管发育异常和视网膜前膜等 ROP 异常改变。OCT 应用于 ROP 的随访观察,可测量脉络膜及视网膜各层厚度、黄斑中心凹血管密度等指标,评估 ROP 本身及相关治疗对黄斑、视网膜与脉络膜发育和视力等的影响,为更全面地认识和了解 ROP 提供有价值的信息。

**【关键词】** 光相干断层扫描成像; 早产儿视网膜病变; 黄斑; 视网膜; 脉络膜; 视力; 综述

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.06.019

### Progress of optical coherence tomography in retinopathy of prematurity

Liang Chaoqun, Chen Changzheng

Department of Ophthalmology, Renmin Hospital of Wuhan University, Wuhan 430060, China

Corresponding author: Chen Changzheng, Email: whuchenchzh@163.com

**【Abstract】** Retinopathy of prematurity (ROP) is one of the important causes of visual impairment in children. The current diagnosis relies mainly on the wide-field digital retinal imaging system (RetCam) and binocular indirect ophthalmoscopy. In recent years, the applications of handheld optical coherence tomography (OCT) and optical coherence tomography (OCTA) techniques in ROP have helped to observe some characteristics in ROP, such as cystoid macular changes (CMCs), shallower foveal depression, macular epiretinal membrane and other special clinical manifestations. OCT is used for follow-up observation of ROP, it can measure the retinal layers, choroidal thickness, macular foveal vascular density and other indicators, and can evaluate the therapeutic effect on macular, retina and choroidal development and visual acuity. OCT promotes a better understanding of ROP, and helps us to gain more information about ROP.

**【Key words】** Optical coherence tomography; Retinopathy of prematurity; Macula; Retina; Choroid; Visual acuity; Review

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.06.019

早产儿视网膜病变(retinopathy of prematurity, ROP)是导致儿童视力损害的重要原因之一<sup>[1-2]</sup>。目前,诊断和随访观察主要依赖于广域数字化视网膜成像系统(RetCam)和双目间接检眼镜检查<sup>[3]</sup>。光相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)是一项广泛应用于成人视网膜、视神经等疾病诊断及随访观察的无创检查技术<sup>[4-6]</sup>。常规 OCT 检查大多需要受检者体位及眼位的配合,故在婴幼儿、儿童检查中应用受限<sup>[7]</sup>。近年随着手持式 OCT 的出现,不能自觉配合检查的婴幼儿及儿童可在安静或者麻醉、扩瞳等条件下进行检查<sup>[8-9]</sup>,且光相干断层扫描血管成像(optical coherence tomography angiography, OCTA)技术的出现为更好地观察 ROP 患儿的视网膜血管结构提供了帮助。OCT 应用于 ROP 患儿眼底检查,有助于发现其

存在的黄斑囊样改变(cystoid macular changes, CMCs)、黄斑中心凹形成不良、黄斑中心凹血管发育异常和视网膜前膜等异常改变<sup>[9-11]</sup>,且 OCT 的应用使 ROP 的随访观察更为直观和便利。现将 OCT 在 ROP 中的应用进展进行综述。

### 1 ROP 的 OCT 表现

#### 1.1 CMCs

OCT 检查发现部分 ROP 患眼,甚至包括健康足月出生的婴儿也存在 CMCs,其形态类似于视网膜劈裂或黄斑囊样水肿(cystoid macular edema, CME)<sup>[12]</sup>。Maldonado 等<sup>[13]</sup>和 Dubis 等<sup>[14]</sup>研究发现,CME 的发生与 ROP 分期无明显联系,可能与早产有关。然而,Erol 等<sup>[15]</sup>研究发现,在平均出生胎龄(30.9±

2.7)周、体质量(1 609±477)g 的 179 例 358 眼早产儿中无 ROP 组和 ROP 组的 CME 发病率分别为 31% 和 54%, ROP 分期越高, CME 发生率越高, 1、2 和 3 期 ROP 患眼并发 CME 的比例分别为 46.3%、57.1% 和 87.5%。Vinekar 等<sup>[16]</sup> 研究也发现, CME 发生与 ROP 分期存在相关性, 临床查体时黄斑未见明显异常的早产儿中, 29.1% 的 2 期 ROP 患眼 OCT 检查后存在 CME, 而无 ROP 和 1 期 ROP 患眼均未发现 CME。由此可见, 出生胎龄和体质量等因素可能影响 CME 的发生率, 其发生率是否与 ROP 分期相关尚需进一步研究。

并发 CME 的 ROP 患眼病变分期越高, 黄斑水肿程度越严重。患眼黄斑中心凹视网膜厚度 (central foveal thickness, CFT) 值反映水肿严重程度。CFT 值、内层视网膜厚度值、中心凹与旁中心凹视网膜厚度 (中心凹外 1 000 μm 处) 的比值越大, 患眼进展为附加病变 (plus 病变) 以及 ROP 3 期病变的发生率越高<sup>[13]</sup>。

无 ROP 病变的早产儿或足月儿也可能发生 CME, 其发生机制、是否需要治疗以及预后如何均需进一步研究。Vinekar 等<sup>[16]</sup> 依据 OCT 表现将无治疗指征 ROP 黄斑改变分为 A 型和 B 型 2 种模式, A 型黄斑中心凹消失、呈圆顶状囊肿隆起; B 型黄斑中心凹结构变浅或正常, 但中心凹旁呈囊样水肿并层间积液, 两者 CME 发生率相当, A 型 CFT 值明显大于 B 型, 但未次随访时 (矫正胎龄为 52 周) CME 均自行吸收, Maldonado 等<sup>[13]</sup> 的报道也发现其在矫正胎龄 37 周时消失。

玻璃体腔血管内皮生长因子 (vascular endothelial growth factor, VEGF) 浓度是否与 CME 的发生和发展有关尚存在争议<sup>[16-18]</sup>, Erol 等<sup>[18]</sup> 研究发现, 1 型 ROP 患者治疗前 CME 发生率为 50%, 单纯玻璃体腔注射 ranibizumab 治疗后 2 个月所有患眼 CME 均吸收, 提示玻璃体腔 VEGF 浓度升高与 CME 发生有关。另有研究发现, ROP 患眼在抗 VEGF 药物玻璃体腔注射后仍可能发生 CME, 推测 CME 形成可能与 VEGF 以外的因素相关<sup>[14]</sup>。也有研究发现, 激光治疗后 CME 发生率升高, 提示激光治疗可能诱发 CME<sup>[19]</sup>。Vogel 等<sup>[12]</sup> 研究发现, 玻璃体腔注射 bevacizumab 治疗组中 39% 患眼在治疗后出现 CMCs, 说明抗 VEGF 治疗并未对 CMCs 产生显著的抑制作用, 也说明婴儿 CMCs 的病理生理特征可能与成人典型 VEGF 介导的 CME 不同。

ROP 患者 CME 吸收后, 患眼外层视网膜较薄且光感受器细胞层内节、外节和视网膜色素上皮 (retinal pigment epithelium, RPE) 层尚未形成, 提示 CME 可能导致早产儿, 包括 ROP 患儿视网膜发育延迟<sup>[17-18, 20-21]</sup>。18~20 个月龄 CME 早产儿贝利婴儿发展量表评分低于其他无 CME 者, 推测 CME 是反映婴幼儿神经发育是否完善的指标之一<sup>[22]</sup>。Rothman 等<sup>[23]</sup> 使用频域 OCT 观察发现, CME 患眼视网膜微结构与视力、脑部异常及神经发育均差于无 CME 者。CME 与视力、神经发育的关系还需进一步研究。

## 1.2 视网膜前膜与视网膜前组织

视网膜前膜在 19 岁以下人群中并不常见, 发病率为 1/20 万, 且多数是在特发性疾病、外伤和葡萄膜炎等因素刺激下由神经胶质细胞、RPE 细胞、巨噬细胞及血管内皮细胞等相互作

用形成。Lee 等<sup>[17]</sup> 在早产儿 ROP 筛查中使用 OCT 扫描发现, 32% 早产儿存在视网膜前膜, 而间接检眼镜下检查均未见明显异常, 其中部分患眼确诊为 ROP, 可见在 ROP 治疗前也可能存在视网膜前膜, 尚不能确定其对视力的形成与发育是否有影响。经过眼底激光治疗的 ROP 患眼中, 视网膜前膜发生率升高, 推测视网膜前膜的发生可能与激光治疗有关<sup>[19]</sup>。

频域 OCT 发现部分 ROP 患眼存在团块状视网膜前组织, 实质为纤维血管增生, 即传统认为的位于嵴周围的爆米花样病变, 对 ROP 进展的评估有重要意义<sup>[8, 17, 24]</sup>。

## 1.3 视网膜血管及周围组织异常改变

Maldonado 等<sup>[25]</sup> 对 57 例矫正胎龄为 31~49 周的早产儿行 OCT 检查, 结果发现视网膜血管处隆起、血管管腔低反射、视网膜呈锯齿状和血管周围空腔样改变的比例分别为 44%、40%、22% 和 11%, 其中 10 例伴 plus 病变患眼的视网膜血管处隆起、血管管腔低反射、视网膜呈锯齿状更显著, 认为 SD-OCT 对于发现 ROP 的血管病变及血管周围视网膜组织病变有一定意义。尽管如此, SD-OCT 对于 plus 病变和 ROP 分期的诊断作用尚不如间接检眼镜<sup>[17]</sup>。

近年来随着 OCTA 技术的广泛应用, 关于 ROP 患儿视网膜血管发育特征的相关研究有了一定的发展。Falavarjani 等<sup>[26]</sup> 对曾是早产儿的 4~12 岁儿童行 OCTA 检查, 发现其黄斑中心凹无血管区域 (foveal avascular zone, FAZ) 面积与出生胎龄和出生体质量呈正相关。与无治疗指征的早产儿比较, 曾因 ROP 行激光治疗的患眼视网膜内层厚度和中央凹血管密度 (foveal vessel density, VD) 更高, FAZ 更小。Chen 等<sup>[27]</sup> 采用 OCTA 技术比较抗 VEGF 治疗后的 ROP 眼和正常对照眼发现, 与正常对照组比较, ROP 患眼 FZA 更小, VD 更高, CFT 更大。表层血管 VD 异常与较厚的内层视网膜均会影响视力预后。

## 2 OCT 应用于 ROP 随访及疗效评估

OCT 可评估疾病本身及相关治疗对黄斑发育、视网膜与脉络膜厚度和视力等的影响。

Toslak 等<sup>[28]</sup> 发现 OCT 检查视网膜上存在高反射灶 (hyperreflective foci, HRF) 时, 则 ROP 复发率较高, 该特殊结构在正常视网膜中并不存在, 可出现在年龄相关性黄斑变性、糖尿病视网膜病变患眼视网膜中。推测 HRF 可能是与炎症及血管渗透性增加导致 VEGF 浓度增加有关。

Villegas 等<sup>[11]</sup> 纳入 2~18 岁既往罹患 ROP 患者 44 例 44 眼, 其中 82% 患眼进行过眼底激光治疗, OCT 发现 91% 患眼黄斑中心凹形态异常 (包括内层视网膜的保留和中心凹未形成), 但 63.3% 患眼最佳矫正视力大于 20/40, 认为 ROP 患眼黄斑中心凹形态异常对视力影响不大, 因其并不阻碍视锥细胞的发育与成熟。Wu 等<sup>[1]</sup> 将 133 名 6~14 岁儿童按是否曾罹患 ROP、是否治疗、是否早产等分为治疗后 ROP 组、ROP 自行消退组、早产无 ROP 组和足月出生组并行 OCT 检查, 发现治疗后 ROP 组黄斑中心凹微结构异常检出率最高, 视力预后最差。

Wu 等<sup>[29]</sup> 采用 OCT 测量 6~14 岁 ROP 儿童脉络膜厚度, 分析其与最佳矫正视力的相关性, 结果发现经激光或冷冻治疗

的 ROP 患眼脉络膜厚度较 ROP 自然消退组明显减小, 视力预后更差。Bowl 等<sup>[30]</sup>的研究同样证实 ROP 患眼脉络膜厚度较正常对照组小, 其中治疗组 ROP 患眼脉络膜厚度较自行消退组 ROP 患眼更小, 脉络膜厚度与视力预后相关。

Pueyo 等<sup>[31]</sup>采用 OCT 研究 ROP 对不同年龄婴儿视网膜结构的影响, 结果发现无 ROP 早产儿视网膜形态结构与足月儿无明显差异, 但有治疗指征的 ROP 患眼下方及鼻侧视网膜神经纤维层 (retinal nerve fiber layer, RNFL) 厚度降低, 颞侧 RNFL 增厚, 神经节细胞内丛状层复合体 (ganglion cell and inner plexiform layer complex, GCL-IPL) 变薄, 且这 2 个指标均与低出生体质量密切相关。出生后视网膜发育过程中存在一定的规律, 即内层视网膜离心生长, 外层视网膜向心生长。Miki 等<sup>[32]</sup>的研究则认为受早产、吸氧、ROP 等因素的影响, 内层视网膜向黄斑中心凹向心生长受到阻碍, 导致 GCL-IPL 变薄, 造成黄斑中心凹形态异常。Balasubramanian 等<sup>[33]</sup>的研究则发现经过治疗的 ROP 眼较无 ROP 病变的早产儿眼 GCL 层变厚, 最佳矫正视力更差。

Stoica 等<sup>[34]</sup>对既往经激光治疗的 3~8 岁 ROP 患儿行 OCT 检查, 选择年龄匹配的健康儿童作为对照, 发现 CFT 与出生胎龄、出生体质量均有相关性, 治疗后 ROP 组 CFT 更大。CFT 大于 257  $\mu\text{m}$  提示视力预后可能不理想。Gursoy 等<sup>[19]</sup>则发现 CFT 值与 ROP 病变程度相关, ROP 病变严重、需激光治疗者, 其 CFT 值较无 ROP 眼更大, 可能与激光治疗后视网膜前膜形成导致黄斑中央视网膜厚度 (central macular thickness, CMT) 增加有关, 也可能与 ROP 导致黄斑中心凹内层视网膜保留、中心凹形成不良等因素有关。Ecsedy 等<sup>[35]</sup>研究发现, 7~14 岁经激光治疗后的 ROP 患儿 CMT 值较正常同龄者更大, 中心凹较浅, 其可能是早产、ROP 等因素导致内层视网膜离心生长机制紊乱所致。Bonotto 等<sup>[36]</sup>以 5~6 岁早产儿童 24 例 48 眼为研究对象, 将其分为 ROP 治疗组、ROP 自然消退组和无 ROP 组, OCT 检查后发现, ROP 治疗组 CMT 值较 ROP 自然消退组大, 但 3 个组视网膜各层结构在 OCT 上并未见明显差异。有治疗指征的 ROP 患眼往往病情更严重, CMT/CFT 更大, 视网膜和脉络膜发育、视力预后等较 ROP 自然消退者、足月出生者更差。也有研究者持不同观点, Narang 等<sup>[37]</sup>研究发现 ROP 激光治疗对 CMT 影响不大, 影响 CMT 的主要因素是胎龄。Erol 等<sup>[18]</sup>将进行单纯 ranibizumab 治疗的 1 型 ROP 患儿治疗前和治疗后黄斑 OCT 图像进行回顾性分析, 治疗前、治疗后 1 周和治疗后 2 个月 CMT 分别为 (292.5 $\pm$ 61.4)、(321.3 $\pm$ 45.1) 和 (171.6 $\pm$ 21.7)  $\mu\text{m}$ , CMT 随着治疗时间的延长呈先升后降的趋势, 其原因尚不清楚。更准确真实的结果有待进一步大样本、长时间的随访研究。

激光和玻璃体腔注射抗 VEGF 治疗对 ROP 患眼视网膜发育有不同的影响。Vogel 等<sup>[12]</sup>采用手持式 OCT 比较玻璃体腔注射 bevacizumab 和激光治疗对 ROP 患眼黄斑发育的影响, 玻璃体腔注射 bevacizumab 治疗组黄斑中央凹处的外层视网膜增厚更快, 而激光治疗组的内层视网膜的早期挤压和黄斑中心凹的椭圆体带 (ellipsoid zone, EZ) 延迟发育现象更明显。

另外, OCT 可识别 ROP 病变是否累及黄斑, 从而区分 4A 和

4B 期; 可用于发现 ROP 伴视网膜脱离患眼玻璃体手术治疗前后视网膜后极部各层结构的异常, 更准确地评估患者视力预后<sup>[8]</sup>。

### 3 小结

OCT 在婴幼儿眼部检查中的应用日益广泛, 为更好地认知 ROP 提供有价值信息。目前, OCT 在婴幼儿检查中需要根据受检者的年龄等调整眼轴、参考臂长度等参数才能获取清晰的图像, 操作耗时长, 且对 ROP 周边病变的观察具有一定局限性。ROP 患眼视网膜外层结构可能发生变化, 导致 OCT 检查时易出现自动分层错误。未来 OCT 技术的升级可能会克服这些困难, 减少分层错误的发生率, 增加频域 OCT 的视角以便观察周边部视网膜, 对以周边视网膜病变为主要表现的疾病的诊断及随访更有意义, 对研究 ROP 血管与无血管区交界处视网膜结构、早期发现视网膜损害及选择合适的治疗时机等更有帮助。

### 参考文献

- [1] Wu WC, Lin RI, Shih CP, et al. Visual acuity, optical components, and macular abnormalities in patients with a history of retinopathy of prematurity [J]. *Ophthalmology*, 2012, 119(9): 1907-1916. DOI: 10.1016/j.ophtha.2012.02.040.
- [2] Hansen RM, Moskowitz A, Akula JD, et al. The neural retina in retinopathy of prematurity [J]. *Prog Retin Eye Res*, 2017, 56(1): 32-57. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2016.09.004.
- [3] Timkovic J, Nemcansky J, Cholevik D, et al. A new modified technique for the treatment of high-risk prethreshold ROP under the direct visual control of RetCam 3 [J]. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*, 2015, 159(3): 413-416. DOI: 10.5507/bp.2015.027.
- [4] Costello F. Optical coherence tomography in neuro-ophthalmology [J]. *Neurol Clin*, 2017, 35(1): 153-163. DOI: 10.1016/j.ncl.2016.08.012.
- [5] Schmidt-Erfurth U, Klmscha S, Waldstein SM, et al. A view of the current and future role of optical coherence tomography in the management of age-related macular degeneration [J]. *Eye (Lond)*, 2017, 31(1): 26-44. DOI: 10.1038/eye.2016.227.
- [6] Hood DC. Improving our understanding, and detection, of glaucomatous damage: an approach based upon optical coherence tomography (OCT) [J]. *Prog Retin Eye Res*, 2017, 57(3): 46-75. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2016.12.002.
- [7] Avery RA, Rajjoub RD, Trimboli-Heidler C, et al. Applications of optical coherence tomography in pediatric clinical neuroscience [J]. *Neuropediatrics*, 2015, 46(2): 88-97. DOI: 10.1055/s-0035-1549098.
- [8] 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 [2019-01-13]. <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2015/782420/>. DOI: 10.1155/2015/782420.
- [9] Maldonado RS, Toth CA. Optical coherence tomography in retinopathy of prematurity: looking beyond the vessels [J]. *Clin Perinatol*, 2013, 40(2): 271-296. DOI: 10.1016/j.clp.2013.02.007.
- [10] Chen YH, Lien R, Chiang MF, et al. Outer retinal structural alternation and segmentation errors in optical coherence tomography imaging in patients with a history of retinopathy of prematurity [J]. *Am J Ophthalmol*, 2016, 166: 169-180. DOI: 10.1016/j.ajo.2016.03.030.
- [11] Villegas VM, Capo 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.
- [12] 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(3): 444-452. DOI: 10.1016/j.ophtha.2017.09.020.
- [13] Maldonado RS, O'Connell R, Ascher SB, et al. Spectral-domain optical

- coherence tomographic assessment of severity of cystoid macular edema in retinopathy of prematurity [J]. Arch Ophthalmol, 2012, 130 ( 5 ) : 569-578. DOI:10.1001/archophthalmol.2011.1846.
- [14] Dubis AM, Subramaniam CD, Godara P, et al. Subclinical macular findings in infants screened for retinopathy of prematurity with spectral-domain optical coherence tomography[J]. Ophthalmology, 2013, 120(8) : 1665-1671. DOI:10.1016/j.ophtha.2013.01.028.
- [15] Erol MK, Ozdemir O, Turgut Coban D, et al. Macular findings obtained by spectral domain optical coherence tomography in retinopathy of prematurity[J/OL]. J Ophthalmol, 2014, 2014 : 468653 [2018-11-12]. https://www.hindawi.com/journals/joph/2014/468653/. DOI: 10.1155/2014/468653.
- [16] Vinekar A, Avadhani K, Sivakumar M, et al. Understanding clinically undetected macular changes in early retinopathy of prematurity on spectral domain optical coherence tomography [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2011, 52(8) : 5183-5188. DOI:10.1167/iovs.10-7155.
- [17] Lee AC, Maldonado RS, Sarin N, et al. Macular features from spectral-domain optical coherence tomography as an adjunct to indirect ophthalmoscopy in retinopathy of prematurity [J]. Retina, 2011, 31(8) : 1470-1482. DOI:10.1097/IAE.0b013e31821dfa6d.
- [18] Erol MK, Coban DT, Ozdemir O, et al. Spectral-domain OCT analyses of macular changes after ranibizumab therapy for Type 1 retinopathy of prematurity [J]. J Pediatr Ophthalmol Strabismus, 2015, 52 ( 3 ) : 152-158. DOI:10.3928/01913913-20150326-12.
- [19] Gursay 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] Vajzovic L, Rothman AL, Tran-Viet D, et al. Delay in retinal photoreceptor development in very preterm compared to term infants [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2015, 56 ( 2 ) : 908-913. DOI: 10.1167/iovs.14-16021.
- [21] Maldonado RS, O'Connell RV, Sarin N, et al. Dynamics of human foveal development after premature birth [J]. Ophthalmology, 2011, 118(12) : 2315-2325. DOI:10.1016/j.ophtha.2011.05.028.
- [22] Rothman AL, Tran-Viet D, Gustafson KE, et al. Poor neurodevelopmental outcomes associated with cystoid macular edema identified in preterm infants in the intensive care nursery [J]. Ophthalmology, 2015, 122 ( 3 ) : 610-619. DOI: 10.1016/j.ophtha.2014.09.022.
- [23] Rothman AL, Tran-Viet D, Vajzovic L, et al. Functional outcomes of young infants with without macular edema [J]. Retina, 2015, 35 ( 10 ) : 2018-2027. DOI:10.1097/iae.0000000000000579.
- [24] Chavala SH, Farsi S, Maldonado R, et al. Insights into advanced retinopathy of prematurity using handheld spectral domain optical coherence tomography imaging [J]. Ophthalmology, 2009, 116 ( 12 ) : 2448-2456. DOI:10.1016/j.ophtha.2009.06.003.
- [25] Maldonado RS, Yuan E, Tran-Viet D, et al. Three-dimensional assessment of vascular and perivascular characteristics in subjects with retinopathy of prematurity [J]. Ophthalmology, 2014, 121 ( 6 ) : 1289-1296. DOI:10.1016/j.ophtha.2013.12.004.
- [26] Falavarjani KG, Iafe NA, Velez FG, et al. Optical coherence tomography angiography of the fovea children born preterm [J]. Retina, 2017, 37 ( 12 ) : 2289-2294. DOI:10.1097/iae.0000000000001471.
- [27] 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]. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2019, 257 ( 1 ) : 23-30. DOI:10.1007/s00417-018-4162-y.
- [28] Toslak D, Erol M. Spectral domain-optical coherence tomographic assessment of macular changes following anti-vascular endothelial growth factor therapy in patients with retinopathy of prematurity [J]. Annals of Medical Research, 2018, 25 ( 4 ) : 635-639. DOI: 10.5455/annalsmedres.2018.08.152.
- [29] Wu WC, Shih CP, Wang NK, et al. Choroidal thickness in patients with a history of retinopathy of prematurity [J]. JAMA Ophthalmol, 2013, 131 ( 11 ) : 1451-1458. DOI:10.1001/jamaophthalmol.2013.5052.
- [30] Bowl W, Bowl M, Schweinfurth S, et al. Choroidal thickness with swept-source optical coherence tomography versus foveal morphology in young children with a history of prematurity [J]. Ophthalmic Research, 2018, 60 ( 4 ) : 205-213. DOI:10.1159/000484631.
- [31] Pueyo V, Gonzalez I, Altemir I, et al. Microstructural changes in the retina related to prematurity [J]. Am J Ophthalmol, 2015, 159 ( 4 ) : 797-802. DOI:10.1016/j.ajo.2014.12.015.
- [32] Miki A, Honda S, Inoue Y, et al. Foveal depression and related factors in patients with a history of retinopathy of prematurity [J]. Ophthalmologica, 2018, 240(2) : 106-110. DOI:10.1159/000488368.
- [33] Balasubramanian S, Beckmann J, Mehta H, et al. Relationship between retinal thickness profiles and visual outcomes in young adults born extremely preterm; The EPICure@19 Study [J]. Ophthalmology, 2019, 126 ( 1 ) : 107-112. DOI:10.1016/j.ophtha.2018.07.030.
- [34] Stoica F, Chirita-Emandi A, Andreescu N, et al. Clinical relevance of retinal structure in children with laser-treated retinopathy of prematurity versus controls-using optical coherence tomography [J]. Acta Ophthalmologica, 2018, 96 ( 2 ) : 222-228. DOI:10.1111/aos.13536.
- [35] Ecsedy M, Szamosi A, Karko C, et al. A comparison of macular structure imaged by optical coherence tomography in preterm and full-term children [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2007, 48 ( 11 ) : 5207-5211. DOI:10.1167/iovs.06-1199.
- [36] Bonotto LB, Moreira AT, Bortolotto CM. Structural features of macular eyes of preschoolers born preterm: analysis by optical coherence tomography, and indirect ophthalmoscopy [J]. Arq Bras Oftalmol, 2013, 76 ( 2 ) : 98-104.
- [37] Narang S, Singh A, Jain S, et al. Optical coherence tomography of fovea before and after laser treatment in retinopathy of prematurity [J]. Middle East Afr J Ophthalmol, 2014, 21 ( 4 ) : 302-306. DOI:10.4103/0974-9233.142265.

(收稿日期:2018-12-03 修回日期:2019-03-21)

(本文编辑:刘艳)

读者·作者·编者

## 本刊对来稿中电子版图片的要求

自我刊开通网上投稿以来,作者均采用将 Word 文档从网上在线投稿的方式,但部分来稿中所包含的图片像素较低,这些图片便于网上审稿,并不能用于制版印刷。因为显示器与彩印纸品的色彩形成截然不同,显示器应用红、绿、蓝的三原色原理发射光线形成图像,这种色彩形成的原理被称为 RGB 模式;而彩色印刷品是蓝、红、黄、黑四色油墨印制在纸制品上来形成彩色图像,这种原理被称为 CMYK 模式。那些在显示器上看起来比较清晰但分辨率较低的图片在实际印刷时不能转换为高质量 CMYK 模式的图片。为了保证论文的刊出质量及本刊的印刷出版质量,如果作者的来稿中附有组织病理图、免疫荧光染色图、免疫组织化学图、细胞图,请作者将原图保存为 TIFF 格式或 JPG 格式,图片的分辨率至少 300 dpi。

(本刊编辑部)