

## 光学相干断层扫描血管成像在眼科的应用

杨沫 综述 魏世辉 徐全刚 审校

100853 北京,解放军总医院眼科

通信作者:魏世辉,Email:weishihui706@hotmail.com

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2017.05.017

**【摘要】** 光学相干断层扫描血管成像(OCTA)是一种新近出现的具有高分辨率的血管成像技术,可以三维立体成像、分层成像,并同时提供视网膜结构和功能信息等,已经广泛应用于视网膜、青光眼、视神经疾病的临床诊断及治疗中。但是 OCTA 技术处于其发展初期阶段,仍然具有广阔的发展空间。本文复习了大量国内外有关 OCTA 的临床研究,就其对视网膜和视神经解剖结构的新探索、对临床疾病诊疗价值及其局限性进行综述,以加深眼科医师对该技术的理解并指导临床应用。

**【关键词】** 光学相干断层扫描血管成像; 黄斑; 视盘

**基金项目:** 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2015AA020511)

**Application of optical coherence tomography angiography for ophthalmology** Yang Mo, Wei Shihui, Xu Quangang

Department of Ophthalmology, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China

Corresponding author: Wei Shihui, Email: weishihui706@hotmail.com

**【Abstract】** Optical coherence tomography angiography (OCTA) is a new emerging technology that is widely used in diagnosis of ocular diseases recently. It has the capability to generate high resolution 3D angiograms of retina and choroid, dissect and visualize the flow in various layers of the retina, and provide more informations of the structure and function of the retina simultaneously. Nevertheless, OCTA is in the early stage of clinical evaluation, so studies on imaging various diseases by OCTA are still on the way. In this article, we reviewed literatures of clinical research on OCTA, and summarized its current research situation, values of optic diseases and drawbacks, which guide its clinical application.

**【Key words】** Optic coherence tomography angiography; Macular; Optic nerve

**Fund program:** National High-tech R&D Program of China (863 Program) (2015AA020511)

OCT 于 1991 年由 Huang 等<sup>[1]</sup> 首先报道,是一项无创的活体视网膜组织断层扫描技术,但是早期由于技术限制,获得的图像清晰度欠佳。随着科技发展,傅里叶 OCT(Fourier-domain OCT)问世,该项技术主要包括频域 OCT(spectral-domain OCT, SD-OCT)和扫频光源 OCT(swept-source OCT, SS-OCT),它拥有更快的扫描速度和眼球追踪系统,可以获得分辨率更高的视网膜断层图像<sup>[2-3]</sup>。这种以傅里叶计算公式为基础的 OCT 不但可以获取视网膜结构图像,还可以获取视网膜血流图像。光学相干断层扫描血管成像(OCT angiography, OCTA)技术极大地拓展了 SD-OCT 对视网膜血管的观察能力,它通过在视网膜同一位置重复快速扫描探测运动粒子(如血细胞)等的运动,从而获取视网膜血管图像<sup>[4]</sup>。OCTA 的扫描速度更快,可以获得分层视网膜血管图像及脉络膜血管图像,能够更加准确地定位组织血管的位置及深度<sup>[5]</sup>,在临床上广泛应用于青光眼、视网膜和视神经疾病的诊治及病情监测中,但是 OCTA 仍然有其局限

性。本文将 OCTA 在眼科的应用及局限性综述如下。

### 1 正常人 OCTA 图像

#### 1.1 正常人黄斑 OCTA 图像

视网膜血管于视盘上朝向所供应的视网膜方向走行,并沿途分支,颞侧上支和下支视网膜动脉在黄斑的上方和下方呈对称的弧形走行,并向黄斑发出小分支,供应黄斑的小动脉在黄斑中心凹外周围形成毛细血管网,靠近中心的毛细血管连接成环称为拱环,其中心围绕的为无血管区,正常人黄斑区无血管区直径约为 0.5 mm。Matsunaga 等<sup>[6]</sup> 用 OCTA 观察到了黄斑区视网膜更详细的微血管结构:黄斑区血管在中心凹无灌注区周围形成拱环,在中心凹内层和中间层血管密度均低于旁中心凹血管密度,内层视网膜黄斑附近可见 9~10 支三级血管分支供应黄斑,在二级分支和三级分支旁可见小片状无血管区;中层视网膜小血管不连续,形成网格样外观,并且与内层视网膜血管之

间有交通支存在。

Yu 等<sup>[7]</sup>用 OCTA 测量了 76 眼正常眼黄斑中心凹无灌注区大小,为  $(0.474 \pm 0.172) \text{ mm}^2$ ,与传统认识大致相同,但较荧光素眼底血管造影(fundus fluorescein angiography, FFA)方法测量面积  $(0.35 \sim 0.41 \text{ mm}^2)$  大<sup>[8]</sup>,Shahlaee 等<sup>[9]</sup>测量了 34 眼正常眼浅层及深层黄斑中心凹无灌注区面积,浅层为  $(0.270 \pm 0.101) \text{ mm}^2$ ,深层为  $(0.340 \pm 0.116) \text{ mm}^2$ ,与 Tan 等<sup>[10]</sup>和 Takase 等<sup>[11]</sup>测量结果一致,较 FFA 方法测量面积更小。结果的不同可能与性别、年龄、屈光度数、黄斑中心凹视网膜和脉络膜厚度及不同时期毛细血管的开放程度等影响因素有关<sup>[12]</sup>,需要进一步行大样本分层研究取得更准确的结果。

黄斑区血液供应对视功能的维持至关重要。Yu 等<sup>[7]</sup>测量了黄斑区的供血参数——血流指数和血管密度,并评估了视网膜厚度与供血参数之间的关系,认为黄斑区血管密度与内层视网膜(内界膜至内核层)厚度呈正相关,主要是由于视网膜血管系统为视网膜内层供血,内层视网膜越厚,代谢越旺盛,血供越丰富。

## 1.2 正常人视盘 OCTA 图像

供给视盘的血管以视盘为中心,呈放射状分布。在视盘神经纤维表层由视网膜中央动脉系统供血,筛板及筛板前区由睫状后动脉系统供血,睫状后动脉进入眼球后,在视盘周围形成 Zinn-Haller 环。Jia 等<sup>[4]</sup>首次用 OCTA 观察到了正常人的视盘微血管结构,视盘表层血管网终止于视盘边缘,而睫状后短动脉供给全部视盘及其周围的深层组织。

Ishida 等<sup>[13]</sup>用 OCTA 扫描 253 例高度近视患者视盘,在 10 例患者视盘周围发现小血管结构 Zinn-Haller 环,认为 OCTA 检测 Zinn-Haller 环可能成为未来临床视神经疾病及青光眼的研究方向。Spaide 等<sup>[5]</sup>对比了 12 眼正常眼视盘及视盘周围血管 FFA 与 OCTA 的成像特点,结果显示仅有部分眼的 FFA 图像可以观察到上方及下方盘沿的放射状毛细血管网,但是细节均无法分辨,OCTA 却可以清晰显示视盘及视盘周围放射状毛细血管网。Matsunaga 等<sup>[6]</sup>观察了正常眼视盘周围微血管特点,可见内层视网膜血管以视盘为中心呈连续性放射状分布,血管走行大致平行于神经纤维走行,而中层视网膜血管则不连续,形成网格样外观。

Yu 等<sup>[14]</sup>观察了健康志愿者 64 人 121 眼视盘周围血管密度与神经纤维层厚度,二者呈明显正相关,即随着视盘周围神经纤维层厚度的增加,血管密度增大,由此认为视网膜神经纤维层越厚,对氧气和能量需求越高,血供越丰富。

## 2 OCTA 在眼科疾病中的应用

### 2.1 OCTA 在视网膜疾病中的应用

视网膜是人体内代谢最旺盛、耗氧量最高的组织之一,其代谢和视功能的维持依赖于正常的视网膜和脉络膜血管系统<sup>[15]</sup>。FFA 和吲哚青绿血管造影(indocyanine green angiography, ICGA)是视网膜和脉络膜血管疾病影像检查诊断的经典方法<sup>[16]</sup>,目前仍然是糖尿病视网膜病变(diabetic retinopathy, DR)、年龄相关性黄斑变性(age-related macular

degeneration, AMD)、中心性浆液性脉络膜视网膜病变(central serous chorioretinopathy, CSC)、特发性黄斑中心凹旁毛细血管扩张症(macular telangiectasia type 2, MacTel2)等视网膜和脉络膜血管性疾病诊断的金标准<sup>[17]</sup>。但是造影技术是一种有创检查,有发生过敏反应的风险,所得的图像是二维图像,不能立体呈现视网膜和脉络膜各层次的血管。文献报道,在 FFA 中大约有 2/3 的视网膜毛细血管网不能显影,几乎所有的深层视网膜毛细血管网均不能显影<sup>[5]</sup>。OCTA 显示视网膜浅层、深层血管及脉络膜血管,有利于我们了解视网膜缺血性疾病不同时期视网膜血管受损情况,也便于我们发现视网膜新生血管性疾病的起源及微血管的解剖结构<sup>[16]</sup>。由于 OCTA 的信号来源于血流,其获取的图像也有利于我们了解组织的血液供应状态和血管形态的改变<sup>[16]</sup>。

**2.1.1 DR** 糖尿病是一种可以造成视网膜微血管损伤的全身疾病,其经典的视网膜血管改变包括微血管瘤、无灌注区、新生血管、黄斑中心凹无血管区扩大等。Ishibazawa 等<sup>[18]</sup>在一项前瞻性研究中对比观察了 25 例 47 眼不同分期 DR 患眼的视网膜血管病变,结果显示 OCTA 可以显示视网膜微血管瘤、无灌注区、视网膜内微血管异常(intraretinal microvascular abnormalities, IRMA)及视盘新生血管等病变,其中 FFA 与 OCTA 中微血管瘤并非一一对应,说明 OCTA 与 FFA 对微血管瘤的观察能力存在差异;与 FFA 相比,OCTA 观察的视网膜无灌注区的边界及 IRMA 形态更清晰,并且可以清晰地观察到新生血管形态。有研究观察了眼底检查正常的糖尿病患者 39 例 61 眼,发现糖尿病患者虽然尚未出现临床可见的 DR,但是却可以出现黄斑拱环破坏、黄斑区无血管区扩大等 OCTA 表现<sup>[19]</sup>。Takase 等<sup>[11]</sup>也观察到了相同现象,说明糖尿病患者微血管改变出现在临床 DR 出现之前,因此 OCTA 可以用于评估糖尿病患者是否即将发生 DR,也可以通过观察视网膜改变协助诊断糖尿病。对 DR 患者的研究中也显示黄斑拱环的破坏和黄斑区无灌注区扩大<sup>[11,20-21]</sup>,因此 OCTA 可以用来观察早期 DR。

**2.1.2 MacTel2** MacTel2 是一种好发于老年人的双眼不对称性受累的黄斑区毛细血管缺血性疾病。缺血性改变源于黄斑区深层毛细血管网逐渐向浅层扩展,视网膜血管向深层移位,形成无灌注区、新生血管及视网膜血管异常吻合支,黄斑区薄变、瘢痕形成,从而严重影响视功能。既往 FFA 是诊断该疾病的主要手段。Thorell 等<sup>[22]</sup>对比了 22 例不同分期 MacTel2 患者共 41 眼,结果显示 OCTA 对黄斑区病变的检测能力与 FFA 相当,但其对病变的显示较 FFA 更清晰。Spaide 等<sup>[23]</sup>详细观察了 MacTel2 患者黄斑区的 OCTA 图像,发现患者视网膜内层毛细血管密度降低,多数血管向深层移位,OCTA 可以分层显示视网膜血管,从而更好地显示视网膜血管向深层移位及直角血管等特征性改变,吉宇莹等<sup>[24]</sup>对 2 例 MacTel2 患者共 4 眼行 OCTA 检查,发现患眼中心凹无血管区扩大,黄斑中心凹浅层和深层毛细血管丛扩张、牵拉、扭曲。由此可见 OCTA 对该病发病机制的研究及临床诊断具有重要意义。

**2.1.3 AMD** 湿性 AMD(wet-AMD, wAMD)是 AMD 中致盲率最高的亚型,常见的眼底表现为脉络膜新生血管(choroidal

neovascularization, CNV) 和脉络膜息肉样变 (idiopathic polypoidal choroidal vasculopathy, PCV)。CNV 根据病灶存在的位置, 可以分为 3 种类型: I 型 [CNV 位于视网膜色素上皮 (retinal pigment epithelium, RPE) 层和 Bruch 膜之间]、II 型 (CNV 突破 RPE 层) 和 III 型 (CNV 位于视网膜内)。由于 FFA 只能在 2D 平面显示病灶, 且病变造成的出血、渗出、RPE 的遮挡及荧光素的渗漏导致 FFA 往往不能观察到 CNV 及其细节, OCTA 弥补了上述不足, 可以清晰地显示 CNV 的细节、范围、深度及其周围脉络膜血供情况, 有助于 CNV 分型的判定、病情严重程度的评估、疗效的判断及病情的监测<sup>[25-29]</sup>。ICGA 所见的脉络膜异常分支血管网 (branching vascular networks, BVN) 和 PCV 是临床诊断 PCV 的金标准, PCV 在 OCTA 检查中主要表现为强信号亮点, 但由于病灶血流速度差异及浓厚出血的遮挡, OCTA 并不能显示所有的 PCV<sup>[30]</sup>。

## 2.2 OCTA 在青光眼及视神经疾病中的应用

血管机制可能在青光眼及视神经疾病中起到重要作用。多项流行病学调查研究显示青光眼病理改变与血管机能障碍有关<sup>[31-32]</sup>, 由此认为视盘局部缺血可能是青光眼的发病机制之一<sup>[33]</sup>。大多数视神经疾病表现为视盘水肿或者萎缩<sup>[34]</sup>, 视盘水肿往往伴随视盘表面血管迂曲、扩张, 视盘萎缩往往出现相应区域血管萎缩。既往研究证实, 非动脉炎性前部缺血性视神经病变 (nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy, NAION)、各种类型视神经炎、遗传性视神经病变等均会出现视盘供血及视盘表面血管形态的改变<sup>[35-38]</sup>。FFA 只能显影视盘周围浅层血管网, 而不能显示深层血管网<sup>[39]</sup>。Wang 等<sup>[40]</sup>用多普勒 OCT 测量视盘周围视网膜血供, 但是也只能检测到视盘周围大血管血流, 视盘周围微血管由于血流速度过于缓慢而不能检测到。激光多普勒血流仪、激光散斑血流成像等检测方法由于变异大、检测要求苛刻等原因未广泛应用于临床。OCTA 可以直观地看到视盘及视盘周围浅层和深层大血管及微小血管形态, 有利于我们进一步探求视神经疾病的发病机制, 从而改进治疗措施。

**2.2.1 青光眼** 视盘低灌注是开角型青光眼的重要危险因素<sup>[32]</sup>。Jia 等<sup>[41]</sup>使用 OCTA 对比了青光眼患者和正常人视盘血流参数, 结果显示青光眼患者视盘血流指数降低 35%, 血管密度降低 34%, 其敏感性和特异性均达到 100%; 随后的多项研究也发现青光眼患者与正常人比较 OCTA 检测视盘血流指数和血管密度均有所降低<sup>[42-45]</sup>, 证实血流机制在青光眼中起到重要作用。Jia 等<sup>[41]</sup>和 Akagi 等<sup>[46]</sup>进一步研究认为青光眼患者视盘及视盘周围视网膜微血管损害的严重程度及位置与视野损害的严重程度及位置密切相关, 证明青光眼视盘血流参数的降低与青光眼的严重程度密切相关, 提出 OCTA 检测视盘血流参数可能成为监测青光眼进展与否的观察指标。

**2.2.2 视神经疾病** NAION 是供应视盘的睫状后短动脉低灌注或者无灌注造成视盘节段性缺血性改变。胡立影等<sup>[47]</sup>用 OCTA 观察了 NAION 患者 40 例 40 眼, 结果显示与正常对照组相比, NAION 急性期视盘血流面积、外层血流密度及视盘血流指数均下降, 恢复期视盘各参数均有所恢复。Ghasemi 等<sup>[34]</sup>的

研究结果显示, 视盘周围毛细血管扩张变形, 血管密度降低, 在缺血象限血管密度降低更明显, 神经纤维层厚度变薄。2 项研究结果不同, 需要大样本进一步研究。视神经炎是一种视神经纤维的脱髓鞘性疾病, 血管因素可能参与其病理改变, Wang 等<sup>[48]</sup>观察了 38 例多发性硬化 (不伴视神经炎) 患者和 14 例多发性硬化相关视神经炎患者视盘及黄斑血流参数, 可见多发性硬化 (不伴视神经炎) 患者视盘血流指数较正常对照组及多发性硬化相关视神经炎组明显降低, 约有 21% 多发性硬化 (不伴视神经炎) 患者视盘血流指数降低, 从而认为 OCTA 可以作为监测视神经炎及多发性硬化是否造成视神经损伤的检查手段。对于其他视神经病变的 OCTA 研究甚少, Ghasemi 等<sup>[34]</sup>通过 OCTA 观察到 Leber 遗传性视神经病变患者视盘水肿期视盘表面血管扩张迂曲, 萎缩期相应位置血管密度降低, 而对于各种原因导致视神经萎缩的患者, 视盘周围视网膜血流参数均有所减少。

## 3 OCTA 目前存在的问题及展望

OCTA 是一种无创的具有高分辨率的血管成像技术, 具有三维立体成像、分层成像、可以同时提供视网膜结构和功能信息等优势<sup>[17]</sup>, 但是也有其局限性。OCTA 应用的局限性包括: (1) 成像范围较小<sup>[22, 26, 34]</sup>。目前商业化 OCT 成像范围包括 3 mm×3 mm、4.5 mm×4.5 mm 和 6 mm×6 mm 3 种, 虽然通过扫描不同部位组合图片可以增加观察范围, 但是对于周边部视网膜血管异常仍无法呈现<sup>[17]</sup>。(2) 不能展现渗漏及血管屏障功能<sup>[22]</sup>, 但是 OCTA 可以同步显示视网膜水肿、渗出及出血等改变, 可以提示视网膜血管是否存在屏障功能破坏。(3) 虽然每次采集图像只需要 3 s, 但是由于该技术对患者固视功能要求较高, 故采集较好的图像比较费时<sup>[23]</sup>。(4) 血流信号较强的视网膜大血管及脉络膜毛细血管会在其下方层面产生投影<sup>[26]</sup>, 影响对深层血管的观察。(5) 血流过快或者血流过慢的血管均不能显影, Jia 等<sup>[26]</sup>预估目前 OCTA 技术可以显影的血管血流速度为 0.4~3.0 mm/s。(6) 目前的 OCTA 技术还无法提供血流速率的参数<sup>[34]</sup>, 而血流速率对于部分低灌注性视网膜病变诊断具有重要意义。

OCTA 技术尚未发展成熟, 但是随着科技的进步, OCTA 扫描速度更快、范围更广、分辨率更高、眼球追踪系统更加完善, 将成为观察视网膜脉络膜微血管异常, 探索视网膜、脉络膜、视神经血管性疾病的重要检查手段。

## 参考文献

- [1] Huang D, Swanson EA, Lin CP, et al. Optical coherence tomography [J]. Science, 1991, 254(5035): 1178-1181.
- [2] Jiao S, Knighton R, Huang X, et al. Simultaneous acquisition of sectional and fundus ophthalmic images with spectral-domain optical coherence tomography [J]. Opt Express, 2005, 13(2): 444-452.
- [3] Chinn SR, Swanson EA, Fujimoto JG. Optical coherence tomography using a frequency-tunable optical source [J]. Opt Lett, 1997, 22(5): 340-342.
- [4] Jia Y, Tan O, Tokayer J, et al. Split-spectrum amplitude-decorrelation angiography with optical coherence tomography [J]. Opt Express, 2012, 20(4): 4710-4725.



- [5] Spaide RF, Klancnik JM, Cooney MJ. Retinal vascular layers imaged by fluorescein angiography and optical coherence tomography angiography [J]. *JAMA Ophthalmol*, 2015, 133 (1) : 45–50. DOI: 10.1001/jamaophthalmol.2014.3616.
- [6] Matsunaga D, Yi J, Puliafito CA, et al. OCT angiography in healthy human subjects [J]. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*, 2014, 45 (6) : 510–515. DOI:10.3928/23258160-20141118-04.
- [7] Yu J, Jiang C, Wang X, et al. Macular perfusion in healthy Chinese: an optical coherence tomography angiogram study [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2015, 56 (5) : 3212–3217. DOI:10.1167/iov.14-16270.
- [8] Mansour AM, Schachat A, Bodiford G, et al. Foveal avascular zone in diabetes mellitus [J]. *Retina*, 1993, 13 (2) : 125–128.
- [9] Shahlaee A, Pefkianaki M, Hsu J, et al. Measurement of foveal avascular zone dimensions and its reliability in healthy eyes using optical coherence tomography angiography [J]. *Am J Ophthalmol*, 2016, 161 : 50–55. e1. DOI:10.1016/j.ajo.2015.09.026.
- [10] Tan CS, Lim LW, Chow VS, et al. Optical coherence tomography angiography evaluation of the parafoveal vasculature and its relationship with ocular factors [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2016, 57 (9) : OCT224–234. DOI:10.1167/iov.15-18869.
- [11] Takase N, Nozaki M, Kato A, et al. Enlargement of foveal avascular zone in diabetic eyes evaluated by en face optical coherence tomography angiography [J]. *Retina*, 2015, 35 (11) : 2377–2383. DOI: 10.1097/IAE.0000000000000849.
- [12] Honig CR, Odoroff CL, Frierson JL. Active and passive capillary control in red muscle at rest and in exercise [J]. *Am J Physiol*, 1982, 243 (2) : H196–206.
- [13] Ishida T, Jonas JB, Ishii M, et al. Peripapillary arterial ring of zinnhaller in highly myopic eyes as detected by optical coherence tomography angiography [J]. *Retina*, 2017, 37 (2) : 299–304. DOI:10.1097/IAE.0000000000001165.
- [14] Yu J, Gu R, Zong Y, et al. Relationship between retinal perfusion and retinal thickness in healthy subjects: an optical coherence tomography angiography study [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2016, 57 (9) : OCT204–210. DOI:10.1167/iov.15-18630.
- [15] Wangsa-Wirawan ND, Linsenmeier RA. Retinal oxygen: fundamental and clinical aspects [J]. *Arch Ophthalmol*, 2003, 121 (4) : 547–557.
- [16] Nagiel A, Sadda SR, Sarraf D. A promising future for optical coherence tomography angiography [J]. *JAMA Ophthalmol*, 2015, 133 (6) : 629–630. DOI:10.1001/jamaophthalmol.2015.0668.
- [17] 王敏. 利用光学相干断层扫描血管成像技术优势, 提升视网膜脉络膜血管疾病认知水平 [J]. *中华眼底病杂志*, 2016, 32 (4) : 353–356. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1015.2016.04.003.  
Wang M. Better understanding retinal and choroidal vascular diseases with optic coherence tomography angiography [J]. *Chin J Ocul Fundus Dis*, 2016, 32 (4) : 353–356. DOI:10.3760/cma.j.issn.1005-1015.2016.04.003.
- [18] Ishibazawa A, Nagaoka T, Takahashi A, et al. Optical coherence tomography angiography in diabetic retinopathy: a prospective pilot study [J]. *Am J Ophthalmol*, 2015, 160 (1) : 35–44. e1. DOI: 10.1016/j.ajo.2015.04.021.
- [19] Conrath J, Giorgi R, Raccach D, et al. Foveal avascular zone in diabetic retinopathy: quantitative vs qualitative assessment [J]. *Eye (Lond)*, 2005, 19 (3) : 322–326.
- [20] Osipov AN, Kulikov OA, Azizova OA. Use of spin probe in the determination of oxygen consumption in human neutrophils [J]. *Biull Eksp Biol Med*, 1989, 108 (11) : 561–563.
- [21] Di G, Weihong Y, Xiao Z, et al. A morphological study of the foveal avascular zone in patients with diabetes mellitus using optical coherence tomography angiography [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2016, 254 (5) : 873–879. DOI:10.1007/s00417-015-3143-7.
- [22] Thorell MR, Zhang Q, Huang Y, et al. Swept-source OCT angiography of macular telangiectasia type 2 [J]. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*, 2014, 45 (5) : 369–380. DOI: 10.3928/23258160-20140909-06.
- [23] Spaide RF, Klancnik JM, Cooney MJ. Retinal vascular layers in macular telangiectasia type 2 imaged by optical coherence tomographic angiography [J]. *JAMA Ophthalmol*, 2015, 133 (1) : 66–73. DOI:10.1001/jamaophthalmol.2014.3950.
- [24] 吉宇莹, 张雄泽, 李妙玲, 等. 2 型黄斑毛细血管扩张症眼底及影像特征观察 [J]. *中华眼底病杂志*, 2016, 32 (4) : 382–386. DOI:10.3760/cma.j.issn.1005-1015.2016.04.009.  
Ji YY, Zhang XZ, Li ML, et al. Characteristics of fundus image in macular telangiectasia type 2 [J]. *Chin J Ocul Fundus Dis*, 2016, 32 (4) : 382–386. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1015.2016.04.009.
- [25] Jia Y, Bailey ST, Wilson DJ, et al. Quantitative optical coherence tomography angiography of choroidal neovascularization in age-related macular degeneration [J]. *Ophthalmology*, 2014, 121 (7) : 1435–1444. DOI:10.1016/j.ophtha.2014.01.034.
- [26] Jia Y, Bailey ST, Hwang TS, et al. Quantitative optical coherence tomography angiography of vascular abnormalities in the living human eye [J]. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2015, 112 (18) : E2395–2402. DOI:10.1073/pnas.1500185112.
- [27] Dansingani KK, Naysan J, Freund KB. En face OCT angiography demonstrates flow in early type 3 neovascularization (retinal angiomatous proliferation) [J]. *Eye (Lond)*, 2015, 29 (5) : 703–706. DOI:10.1038/eye.2015.27.
- [28] 霍妍佼, 杨丽红, 魏文斌. 分频辐去相干影像 OCT 技术对脉络膜新生血管的定量分析 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2015, 33 (12) : 1126–1130. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2015.12.016.  
Huo YJ, Yang LH, Wei WB. Quantitative analysis of choroidal neovascularization by split spectrum amplitude decorrelation angiography OCT [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2015, 33 (12) : 1126–1130. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2015.12.016.
- [29] 王林妮, 李志清. 应用 OCT 血管成像技术随访雷珠单抗治疗特发性脉络膜新生血管一例 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2016, 34 (3) : 217–218. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2016.03.005.
- [30] 马楠, 陈有信, 巩迪, 等. 息肉样脉络膜血管病变吲哚菁绿血管造影与光相干断层扫描血管成像图像特征对比观察 [J]. *中华眼底病杂志*, 2015, 31 (5) : 421–424. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1015.2015.05.003.  
Ma N, Chen YX, Gong D, et al. Comparative observation of indocyanine green angiography and optical coherence tomography angiography in polypoidal choroidal vasculopathy [J]. *Chin J Ocul Fundus Dis*, 2015, 31 (5) : 421–424. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1015.2015.05.003.
- [31] Leske MC. Open-angle glaucoma—an epidemiologic overview [J]. *Ophthalmic Epidemiol*, 2007, 14 (4) : 166–172. DOI: 10.1080/09286580701501931.
- [32] Bonomi L, Marchini G, Marraffa M, et al. Vascular risk factors for primary open angle glaucoma: the Egna-Neumarkt Study [J]. *Ophthalmology*, 2000, 107 (7) : 1287–1293.
- [33] Jia Y, Wei E, Wang X, et al. Optical coherence tomography angiography of optic disc perfusion in glaucoma [J]. *Ophthalmology*, 2014, 121 (7) : 1322–1332. DOI:10.1016/j.ophtha.2014.01.021.
- [34] Ghasemi FK, Tian JJ, Akil H, et al. Swept-source optical coherence tomography angiography of the optic disk in optic neuropathy [J]. *Retina*, 2016, 36 Suppl 1 : S168–S177. DOI: 10.1097/IAE.0000000000001259.
- [35] Hayreh SS. Ischemic optic neuropathy [J]. *Prog Retin Eye Res*, 2009, 28 (1) : 34–62.
- [36] Modrzejewska M, Karczewicz D, Wilk G. Assessment of blood flow velocity in eyeball arteries in multiple sclerosis patients with past retrobulbar optic neuritis in color Doppler ultrasonography [J]. *Klin Oczna*, 2007, 109 (4–6) : 183–186.
- [37] Green AJ, Cree BA. Distinctive retinal nerve fibre layer and vascular changes in neuromyelitis optica following optic neuritis [J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2009, 80 (9) : 1002–1005. DOI: 10.1136/jnnp.2008.166207.

- [38] Yen MY, Wang AG, Wei YH. Leber's hereditary optic neuropathy: a multifactorial disease[J]. Prog Retin Eye Res, 2006, 25(4): 381-396.
- [39] Hayreh SS. Colour and fluorescence of the optic disc [J]. Ophthalmologica, 1972, 165(2): 100-108.
- [40] Wang Y, Bower BA, Izatt JA, et al. Retinal blood flow measurement by circumpapillary Fourier domain Doppler optical coherence tomography [J/OL]. J Biomed Opt, 2008, 13(6): 064003 [2010-12-14]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2840042/>. DOI: 10.1117/1.2998480.
- [41] Jia Y, Morrison JC, Tokayer J, et al. Quantitative OCT angiography of optic nerve head blood flow [J]. Biomed Opt Express, 2012, 3(12): 3127-3137. DOI: 10.1364/BOE.3.003127.
- [42] Bojikian KD, Chen CL, Wen JC, et al. Optic disc perfusion in primary open angle and normal tension glaucoma eyes using optical coherence tomography-based microangiography [J/OL]. PLoS One, 2016, 11(5): e0154691 [2016-11-15]. <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0154691>. DOI: 10.1371/journal.pone.0154691.
- [43] Chen CL, Bojikian KD, Gupta D, et al. Optic nerve head perfusion in normal eyes and eyes with glaucoma using optical coherence tomography-based microangiography [J]. Quant Imaging Med Surg, 2016, 6(2): 125-133. DOI: 10.21037/qims.2016.03.05.
- [44] Liu L, Jia Y, Takusagawa HL, et al. Optical coherence tomography angiography of the peripapillary retina in glaucoma [J]. JAMA Ophthalmol, 2015, 133(9): 1045-1052. DOI: 10.1001/jamaophthalmol.2015.2225.
- [45] Suh MH, Zangwill LM, Manalastas PI, et al. Optical coherence tomography angiography vessel density in glaucomatous eyes with focal lamina cribrosa defects [J]. Ophthalmology, 2016, 123(11): 2309-2317. DOI: 10.1016/j.ophtha.2016.07.023.
- [46] Akagi T, Iida Y, Nakanishi H, et al. Microvascular density in glaucomatous eyes with hemifield visual field defects: an optical coherence tomography angiography study [J]. Am J Ophthalmol, 2016, 168: 237-249. DOI: 10.1016/j.ajo.2016.06.009.
- [47] 胡立影, 李志清, 李筱荣, 等. 前部缺血性视神经病变患眼视盘血流灌注的光相干断层扫描血管成像观察 [J]. 中华眼底病杂志, 2016, 32(3): 275-277. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1015.2016.03.011.  
Hu LY, Li ZQ, Li XR, et al. Optical coherence tomography angiography in anterior ischemic optic neuropathy [J]. Chin J Ocul Fundus Dis, 2016, 32(3): 275-277. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1015.2016.03.011.
- [48] Wang X, Jia Y, Spain R, et al. Optical coherence tomography angiography of optic nerve head and parafovea in multiple sclerosis [J]. Br J Ophthalmol, 2014, 98(10): 1368-1373. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2013-304547.

(收稿日期: 2016-12-25)

(本文编辑: 尹卫靖 张荻)

## 第五届眼底病青年论坛暨视网膜手术新进展学习班通知(第二轮)

第五届眼底病青年论坛暨国家级继续医学教育项目——“视网膜手术新进展学习班”将在 2017 年 6 月 2 日—6 月 4 日在历史文化名城郑州举行。我们将秉承往届青年论坛的精神努力实践, 传承创新。会议邀请 40 余位眼科专家及青年医生进行演讲, 与您共同交流。此次会议采用专题讲座和案例分析为主, 与会医生充分参与讨论。欢迎从事眼科的学者和相关人士, 尤其是青年医生和研究生踊跃参加。

现将会议有关事宜通知如下:

### 一、会议日程:

2017 年 6 月 2 日 报到(8:00—18:00)

2017 年 6 月 3 日 开幕式、专题讲座、病例讨论

2017 年 6 月 4 日 专题讲座、病例讨论、闭幕式

### 二、会议地点:

河南省立眼科医院 12 楼会议室(地址: 河南省郑州市金水区纬五路经三路交叉口向东 200 米), 乘车路线: 郑州东站或郑州火车站乘地铁 1 号线至紫荆山站(E 口出)下车, 从紫荆山人民路站上车, 乘 107 路或 109 路至河南省人民医院下车。

### 三、培训费用:

此次会议免注册费用, 会务组提供免费午餐(食宿、交通费自理)。

### 四、报名方式:

本次会议需提前报名。报名时请各参会代表注明“姓名、电话、邮箱、单位、是否安排住宿, 为保证参会代表能够入住此次会议的协议酒店, 请注明入住时间及房间类型(单间、双人间)”, 以便安排房间。以下任意一种报名方式均可:

1. 电子邮箱: zhouzhongqiang110@126.com

2. 短信: 周钟强 18768856970 史平玲 13838127406

3. 电话: 0371-87160681

### 五、欢迎访问官网: <http://www.eyehospitalhn.com>

或关注官方微信公众账号: HEH-HEH196

河南省立眼科医院 河南省眼科研究所

2017 年 4 月 24 日

