

中心性浆液性脉络膜视网膜病变的 OCTA 特点及与 ICGA 的比较分析

莫 宾, 周海英, 焦 璇, 刘 武

作者单位: (100730) 中国北京市, 首都医科大学附属北京同仁医院 北京同仁医院眼科中心 北京市眼科学与视觉科学重点实验室

作者简介: 莫宾, 毕业于首都医科大学, 博士, 主治医师, 研究方向: 眼底病学。

通讯作者: 刘武, 毕业于北京医科大学, 博士, 主任医师, 教授, 博士研究生导师, 研究方向: 眼底病学. trdrlw@163.com

收稿日期: 2017-04-30 修回日期: 2017-06-02

Comparative study of optical coherence tomography angiography and ICGA in central serous chorioretinopathy

Bin Mo, Hai-Ying Zhou, Xuan Jiao, Wu Liu

Beijing Ophthalmology & Visual Sciences Key Laboratory; Beijing Tongren Eye Center; Beijing Tongren Hospital, Capital Medical University, Beijing 100730, China

Correspondence to: Wu Liu. Beijing Ophthalmology & Visual Sciences Key Laboratory; Beijing Tongren Eye Center; Beijing Tongren Hospital, Capital Medical University, Beijing 100730, China. trdrlw@163.com

Received: 2017-04-30 Accepted: 2017-06-02

Abstract

• **AIM:** By analyzing optical coherence tomography angiography (OCTA) characteristics of central serous chorioretinopathy (CSC) and comparing the differences of CSC between OCTA and indocyanine green angiography (ICGA), to explore if OCTA can substitute ICGA for diagnosis of CSC patients, and guide the treatment of photodynamic therapy (PDT).

• **METHODS:** We reviewed 30 eyes of 30 patients with CSC, who were diagnosed by fluorescein angiography (FFA) and ICGA at Beijing Tongren Eye Center from November 2015 to March 2016. All patients underwent best-corrected visual acuity (BCVA) measurement, intraocular pressure, slit-lamp examination, indirect ophthalmoscope, color fundus photography, FFA, ICGA and OCTA. FFA and ICGA were captured by Spectralis HRA + OCT (Spectralis HRA + OCT®; Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany). OCTA was performed by RTVue XR Avanti device (Optovue Inc, Fremont, CA) with 6mm×6mm Angio Retina mode. The software (version 2017.100.0.1; Optovue Inc) automatically segmented the tissue into four layers, the characteristics of choriocapillaris layer were analyzed. At the same time, the differences between OCTA and ICGA

images were compared among CSC patients. The maximum diameters and areas of both choroidal hyperperfusion in ICGA and high flow signal in OCTA were measured. Then, the paired *t* test was used to analyze the differences between the maximum diameter and area of OCTA and ICGA measurement.

• **RESULTS:** Among 30 cases, high blood flow signals of OCTA were clearly visible in 27 cases, namely the coarse grain region; the inner low flow signals surrounded by high blood flow signals were seen in 21 cases; the outer low flow signals surrounding high blood flow signals were seen in 7 cases. High blood flow signals of OCTA were corresponded with the choroidal hyperperfusion of ICGA images; among these 30 cases, there were low reflection shadows in choroidal hyperperfusion with ICGA for 22 cases, for 21 cases out of these 22 cases, low flow signals inside of high flow signals of OCTA could be seen; 9 out of 30 cases, there were low reflection halo outside of choroidal hyperperfusion of ICGA, and 7 out of these 9 cases, low flow signals outside of high flow signals of OCTA could be seen; still for those 30 cases, leakage point in late ICGA could be seen with 14 cases, however, special flow signals in OCTA could not be seen for them. For ICGA, the maximum diameter of choroidal hyperperfusion was 1.589 ± 0.295 mm, whose area was 0.705 ± 0.131 mm²; while for OCTA, the maximum diameter of high flow signal was 1.576 ± 0.293 mm, whose area was 0.745 ± 0.138 mm². By using paired *t* test, there was no statistical difference between the maximum diameter of choroidal hyperperfusion in ICGA and the maximum diameter of high flow signal in OCTA, nor difference between the area of ICGA and OCTA.

• **CONCLUSION:** The high flow signals can be clearly visible in OCTA, which are corresponded with choroidal hyperperfusion in ICGA. OCTA can substitute ICGA for diagnosis of CSC patients, and guide the treatment of PDT.

• **KEYWORDS:** central serous chorioretinopathy; optical coherence tomography angiography; indocyanine green angiography; photodynamic therapy

Citation: Mo B, Zhou HY, Jiao X, *et al.* Comparative study of optical coherence tomography angiography and ICGA in central serous chorioretinopathy. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2017; 17(7):1351-1355

摘要

目的:通过分析中心性浆液性脉络膜视网膜病变(central serous chorioretinopathy, CSC)患者光相干断层扫描血流

成像(optical coherence tomography angiography, OCTA)的特点,并比较其与 ICGA 的差异,来探讨 OCTA 可否替代 ICGA 对 CSC 患者进行诊断,并用以指导 PDT 治疗。

方法:2015-11/2016-03 就诊于首都医科大学附属北京同仁医院,经眼底荧光血管造影(fluorescein angiography, FFA)及吲哚菁绿血管造影(indocyanine green angiography, ICGA)确诊为 CSC 的患者 30 例 30 眼。所有入选病例均行最佳矫正视力(best-corrected visual acuity, BCVA)、眼压、裂隙灯、间接检眼镜、彩色眼底照相、FFA、ICGA 及 OCTA。采用 Heidelberg Spectralis OCT 仪器(Spectralis HRA + OCT[®]; Heidelberg Engineering, Heidelberg)获得 FFA 及 ICGA 图像;采用 RTVue XR Avanti 仪器(Optovue Inc, Fremont),选择 6mm×6mm 视网膜血流 OCT 成像模式,获得 OCTA 图像。仪器自带软件(software ReVue, version 2017.100.0.1; Optovue Inc)自动将视网膜和脉络膜进行分层,并对脉络膜毛细血管层进行分析。同时比较 CSC 患者 OCTA 与 ICGA 图像特点,测量 ICGA 高灌注区最大直径、面积及 OCTA 高血流信号区最大直径、面积,采用配对 *t* 检验来分析 OCTA 与 ICGA 最大直径及面积之间的异同。

结果:入组 30 眼 CSC 患者,有 27 眼在 OCTA 中可见明确的高血流信号影,即粗颗粒区;有 21 眼高血流信号影内可见低血流信号影;有 7 眼高血流信号影外可见低血流信号影。OCTA 上显示的高血流信号影基本上与 ICGA 图像中高灌注相对应;ICGA 中有 22 眼高灌注内存在低反射影,其中 21 眼与 OCTA 中显示的高血流信号影内低血流信号影相对应;ICGA 中有 9 眼高灌注外存在低反射影,其中有 7 眼与 OCTA 相对应;共有 14 眼患者 ICGA 晚期可见渗漏点,所有的渗漏点在 OCTA 上均未见相应的血流信号变化。ICGA 高灌注区的最大直径 1.589 ± 0.295 mm,面积 0.705 ± 0.131 mm²;OCTA 高血流信号影最大直径 1.576 ± 0.293 mm,面积 0.745 ± 0.138 mm²。经配对 *t* 检验,ICGA 高灌注区的最大直径与 OCTA 高血流信号影最大直径及两者面积间均无统计学差异。

结论:在 CSC 患者中,OCTA 可以清晰显示与 ICGA 高灌注所对应处的高血流信号影,能部分替代 ICGA 对 CSC 患者进行诊断,并指导 PDT 治疗。

关键词:中心性浆液性脉络膜视网膜病变;光相干断层扫描血流成像;吲哚菁绿血管造影;光动力疗法

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2017.7.40

引用:莫宾,周海英,焦璇,等.中心性浆液性脉络膜视网膜病变的 OCTA 特点及与 ICGA 的比较分析.国际眼科杂志 2017;17(7):1351-1355

0 引言

中心性浆液性脉络膜视网膜病变(central serous chorioretinopathy, CSC)是一种以黄斑部浆液性视网膜脱离为主要特征的古老而神秘的眼底疾病,造成无痛性的视力下降、视物变色及视物变形。最早在 1866 年 von Grafe 提出该病;直到 1967 年,经历了多次改名后,Gass 提出了现在的名称,并指出 CSC 是一种脉络膜和视网膜色素上皮层的病变^[1-2]。尽管 CSC 的病理机制还不是很清楚,但 CSC 患者脉络膜的增厚、充血以及脉络膜的高通透性,

通过不健康的视网膜色素上皮层,造成视网膜下液体的积聚这一机制已得到专家共识^[3-5]。目前主要依靠眼底荧光血管造影(fluorescein angiography, FFA)、吲哚菁绿血管造影(indocyanine green angiography, ICGA)及光相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)影像学检查方法来诊断,并依靠 ICGA 来指导光动力疗法(photodynamic therapy, PDT)^[5-7]。2014 年,光相干断层扫描血流成像(optical coherence tomography angiography, OCTA)仪器一问世,其无需染料、快速、高分辨率的扫描特点加上如切片般分层观测的三维视角,便迅速引起眼科学者的关注^[8-11]。越来越多的眼科医师喜欢将 OCTA 与眼底血管造影相比较,并期待 OCTA 能替代眼底血管造影,但其如何正确解读还没有明确的标准。本研究的目的是分析 CSC 患者 OCTA 的特点,并比较其与 ICGA 的差异,来探讨 OCTA 可否替代 ICGA 对 CSC 患者进行诊断,并用以指导 PDT 治疗。

1 对象和方法

1.1 对象 选取 2015-11/2016-03 就诊于首都医科大学附属北京同仁医院,经 FFA+ICGA 确诊为 CSC 的患者,如为双眼患病仅随机选其中一只眼入组。最终入选 30 例 30 眼,男 29 眼,女 1 眼,平均年龄 44.13 ± 7.62 岁。排除标准:(1)存在除 CSC 以外的任何眼部疾病,包括既往葡萄膜炎病史、黄斑小分支静脉阻塞、黄斑前膜、高度近视、青光眼等;(2)OCTA 显示存在其他的异常脉络膜血管网,如脉络膜新生血管、息肉样脉络膜血管病变等;(3)既往曾行眼部治疗,如热激光封闭渗漏点或光动力治疗。所有入选病例均行最佳矫正视力(best-corrected visual acuity, BCVA)、眼压、裂隙灯、间接检眼镜、彩色眼底照相、FFA、ICGA 及 OCTA 检查。FFA 及 ICGA 采用 Heidelberg Spectralis 仪器(Spectralis HRA + OCT[®]; Heidelberg Engineering, Heidelberg),OCTA 采用 RTVue XR Avanti 仪器(Optovue Inc, Fremont, CA)。

1.2 方法

1.2.1 OCTA 检查方法 OCTA 采用 RTVue XR Avanti 仪器,其应用分光光谱振幅去相关血流成像技术(split-spectrum amplitude-decorrelation angiography, SSADA),工作波长为 840nm,每秒可完成 70 000 次的轴向扫描。应用 6mm×6mm 视网膜血管成像扫描模式(OCT 数据框的每条 B 扫描由 304 个 A 扫描组成,每个 B 扫描在同一位置被重复 2 次以进行 OCT 血管成像),获得 2 次 *x* 轴和 *y* 轴的扫描后,软件将进行运动校正技术计算来消除残存的眼动与轻微固视改变伪迹,并显示运动校正后的三维 OCT 血流图,操作者检查最终的血流图,确认血管都完好衔接且无明显的运动伪迹残留。仪器自带软件(software ReVue, version 2017.100.0.1; Optovue Inc)自动将视网膜和脉络膜分为 4 层:视网膜浅层、视网膜深层、外层视网膜、脉络膜毛细血管层。OCTA 脉络膜毛细血管层分层为 RPE-Bruch 膜复合体下 30~60μm、宽为 30μm 的区域图像。基于本研究为 CSC 的影像学特点,故仅对脉络膜毛细血管层进行分析。

1.2.2 观察指标 分别由 2 名有经验的医师独立评估 ICGA 及 OCTA 的影像学特点,并测量 ICGA 高灌注区的最大直径、面积及 OCTA 高血流信号影最大直径、面积。

统计学分析:采用 SPSS17.0 软件对数据进行分析,计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用配对 *t* 检验分析 ICGA 高灌注区

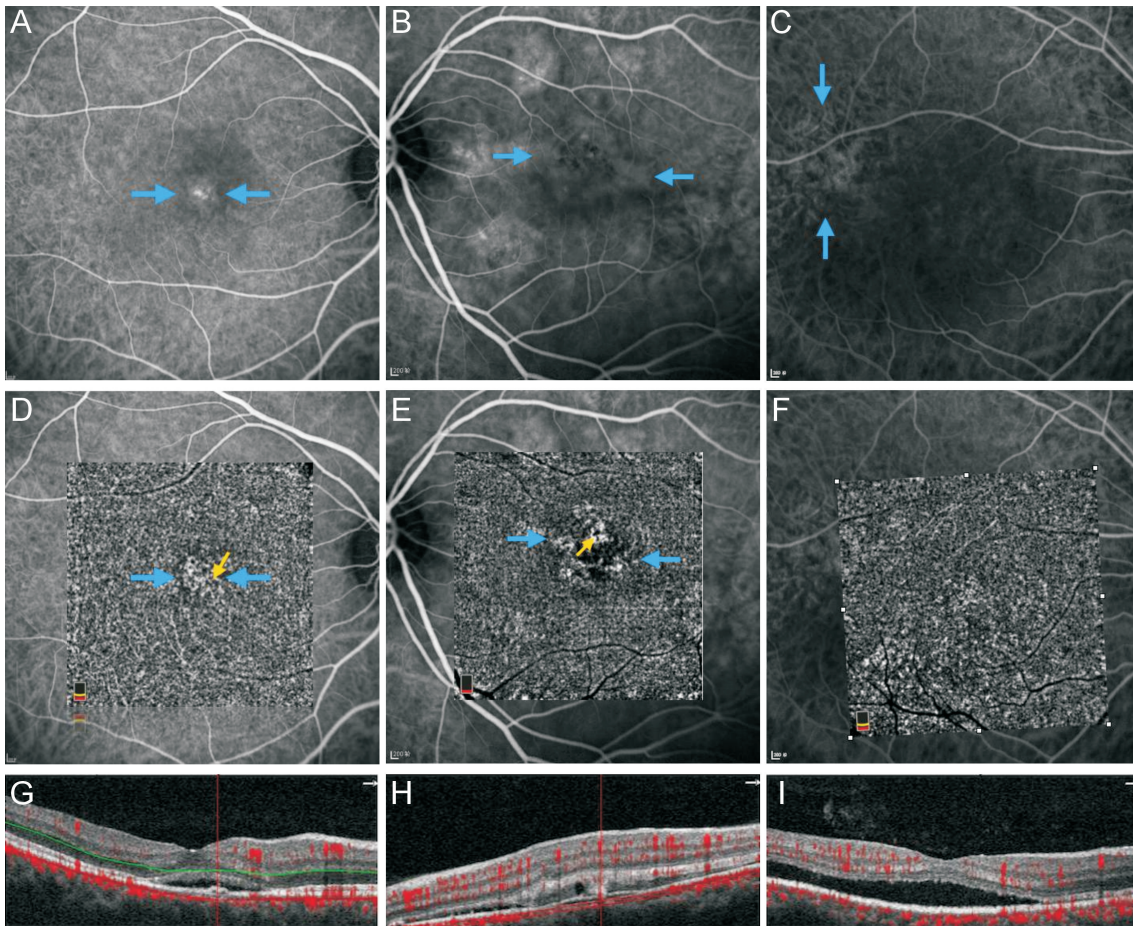


图1 CSC患者 ICGA、OCTA 及结构 OCT 的特点 A、B、C: CSC 患者的 ICGA 图,蓝色箭头为高灌注区域;D、E、F:对应 CSC 患者 6mm×6mm OCTA 所显示的脉络膜毛细血管层图像,蓝色箭头为高血流信号影区域,黄色箭头所指为其内低血流信号影,F 图上未见明确的高血流信号影;G、H、I:与上述黄色箭头对应部位的结构 OCT 图,代表低血流信号影对应处分别为色素上皮层脱离及纤维样渗出。

表1 CSC 患者 OCTA 与 ICGA 图像比较分析情况

影像学方式	高灌注区/高血流信号影	其内低反射影/低血流信号影	其外低反射晕/低血流信号晕	渗漏点
ICGA	30	22	9	14
OCTA	27	21	7	0

表2 ICGA 及 OCTA 高灌注区/粗颗粒区最大直径、面积比较分析

参数	ICGA 高灌注区	OCTA 高血流信号影区	<i>t</i>	<i>P</i>	$\bar{x} \pm s$
测量的最大直径(mm)	1.589±0.295	1.576±0.293	0.425	0.674	
测量的面积(mm ²)	0.705±0.131	0.745±0.138	-1.392	0.175	

的最大直径与 OCTA 高血流信号影最大直径的变化情况,同时分析两种不同影像学方法测量面积的变化情况。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 CSC 患者 OCTA 成像特点 入组 30 例 30 眼 CSC 患者中,27 眼在 OCTA 中可见明确的高血流信号影,即粗颗粒区;其中,21 眼高血流信号影内可见低血流信号影;7 眼高血流信号影外可见低血流信号晕;另外 3 眼在 6mm×6mm 扫描范围内并未见到明确的高血流信号影,见图 1。

2.2 CSC 患者 OCTA 与 ICGA 图像比较分析 患者 30 眼在 ICGA 中均可见明确的脉络膜高灌注,其中 22 眼高灌注内可见低反射影,9 眼高灌注外可见低反射晕,14 眼在 ICGA 晚期可见明确的染料渗漏。27 眼 OCTA 上显示的高血流信号影基本上可以与 ICGA 图像中高灌注相对应,有 8 眼 OCTA 的高血流信号影的范围要大于 ICGA 的高灌

注区,有 4 眼 OCTA 高血流信号影的范围要小于 ICGA 的高灌注区;ICGA 中 22 眼高灌注内的低反射影,有 21 眼与 OCTA 中显示的高血流信号影内低血流信号影相对应;ICGA 中 9 眼高灌注外的低反射晕,有 7 眼可以在 OCTA 中有所显示,表现为高血流信号影外的低血流信号晕;ICGA 晚期所显示的渗漏点在 OCTA 均未见相对应部位的血流信号变化,见表 1。

2.3 ICGA 高灌注区最大直径、面积与 OCTA 高血流信号影最大直径、面积比较分析 ICGA 高灌注区的最大直径及 OCTA 高血流信号影最大直径、ICGA 高灌注区的面积及 OCTA 高血流信号影的面积见表 2。经配对 *t* 检验,ICGA 高灌注区的最大直径与 OCTA 高血流信号影最大直径及两者所测面积间均无统计学差异($P > 0.05$)。

3 讨论

光相干断层扫描血流成像仪器一经问世,便迅速成为

眼科界的研究热点,其原理是使用去相干(decorrelation)的技术开发而成,保留引起变动的血流像素点,去除非变动的组织像素点,再将所有在二维平面中得到的血流像素点组合成在三维空间中的图像,借此观察不同分层的血流形态结构,尤其是脉络膜毛细血管形态可以清晰成像^[12-15]。传统的眼底血管造影(包括FFA及ICGA)是在静脉内注射造影剂后,以时间为轴,观察造影剂流经眼底血管的全过程,判断血管的形态及功能。由此可知,两者在成像原理上不同,使得观察侧重点存在差异。对于已达成共识的起因于脉络膜高通透性造成浆液性视网膜脱离的CSC患者,OCTA是否具有典型特点,其与ICGA相比有何差异,是否可以用来指导PDT治疗值得探讨。

本研究结果显示,入组30例CSC患者,有27例患者在6mm×6mm扫描范围的OCTA中可见明确的高血流信号影,即粗颗粒区;另外有3例患者在6mm×6mm扫描范围内并未见到明确的高血流信号影。对比患者的ICGA检查,发现该3例患者,其病灶位于6mm范围之外,故OCTA并未发现高血流信号影。Shinojima等^[8]对6mm×6mm扫描范围的OCTA进行研究,结果显示将CSC OCTA分为三种类型:(1)中心高血流信号内层可见低血流信号,其外环以高血流信号;(2)中心低血流信号,其外环以高血流信号;(3)不规则型的高血流和低血流信号混杂影;所有的CSC患者OCTA均可以检测到异常的高血流信号影。Costanzo等^[11]对33只CSC患眼OCTA进行研究,采用3mm×3mm扫描范围,结果表明有19眼出现低血流信号区,其与浆液性视网膜脱离相对应;有7眼出现低血流信号点,其与色素上皮层脱离相对应。本研究结果显示,在27例有明确高血流信号影的患者中,有21例高血流信号影内可见低血流信号影;有7例高血流信号影外可见低血流信号影。这也与文献报道相似,即CSC患者OCTA的典型表现为明确的高血流信号影、可伴有或不伴有其内的低血流信号影及其周的低血流信号影。随着OCTA扫描范围的增大,包括8mm×8mm的扫描模式及8mm×14mm广角扫描模式的出现,那么因为扫描范围造成高血流信号影不显现的问题将得以解决。

OCTA中的高血流信号影是否可以与ICGA的高灌注相对应,其内的低血流信号影及其外的低血流信号影是否与ICGA相对应,又有什么临床意义呢?本研究又将OCTA与ICGA的图像进行了详细的比较。结果显示,30眼患者在ICGA中均可见明确的脉络膜高灌注,其中22眼高灌注内可见低反射影,9眼高灌注外可见低反射晕,14眼在ICGA晚期可见明确的染料渗漏。27眼OCTA上显示的高血流信号影基本上可以与ICGA图像中高灌注相对应;其中8眼OCTA的高血流信号影范围要略大于ICGA的高灌注区,4眼OCTA中高血流信号影的范围要略小于ICGA的高灌注区。分析其范围不完全一致的原因,无论ICGA的高灌注还是OCTA的高血流信号影,均由于脉络膜毛细血管层局灶性血流增强或视网膜色素上皮层损害后透见脉络膜血流呈强信号,由于两种影像学检查成像原理不同,造成图像显示上略有差异。Chan等^[9]研究也发现,与FFA及ICGA对照,OCTA图像在脉络膜毛细血管层面的血流信号可见局部增强或团样扩张,而此信号与FFA及ICGA上渗漏及高灌注的区域一致。ICGA中22眼高灌注内的低反射影,有21眼与OCTA中显示的

高血流信号影内低血流信号影相对应;ICGA中9眼高灌注外的低反射晕,有7眼可以在OCTA中有所显示,表现为高血流信号影外的低血流信号影;ICGA晚期所显示的渗漏点在OCTA均未见相对应部位的血流信号变化。与结构OCT相比较,发现所有ICGA中高灌注外的低反射晕及OCTA中高血流信号影外的低血流信号影均为浆液性神经上皮层脱离;而ICGA中高灌注内的低反射影及OCTA中高血流信号影内的低血流信号影部分为色素上皮层脱离,部分为光感受器外节延长,部分为纤维素样渗出,而仍有大部分在结构OCT上尚未发现结构改变。我们推测ICGA中高灌注内的低反射影及OCTA中高血流信号影内的低血流信号影除了上述的原因外,还可能为对应部位脉络膜中大血管扩张,压迫造成局部的脉络膜毛细血管萎缩、存在充盈缺损或延迟;或者可能为某些伪影。Yang等^[16]、Teussink等^[17]对CSC的研究中也推测存在脉络膜中大血管扩张、增厚造成对应处局部的脉络膜毛细血管薄变的现象。这一结论还需要通过OCTA对低血流信号影处脉络膜毛细血管的管径测量及研究其血流密度来进一步明确。Teussink等^[17]研究结果表明在ICGA中显示的热点,基本上均位于OCTA中不规则区内相对缺血的地方。这一点在我们的研究病例中并未明显显现,还需进一步验证。

光动力治疗作为一种治疗CSC的有效方法,被广泛应用。其光斑大小设定一直以ICGA为基准,测量病灶最大线性距离,在其基础上再做增加。OCTA可否替代ICGA指导PDT治疗呢?本研究对ICGA测量高灌注区的最大直径、面积与OCTA测量高血流信号影最大直径、面积进行了比较。ICGA测量高灌注区的最大直径与OCTA测量高血流信号影最大直径及两者所测面积间均无统计学差异。再结合OCTA显示高血流信号影与ICGA高灌注相对应这一特点,本研究推测,当病变在OCTA扫描范围内时,可以替代ICGA来指导PDT治疗,这一结论尚未在国内外文献中看到相应报道。但如果需要热激光来封闭CSC渗漏点时,因OCTA无法显示渗漏点处异常血流信号,故不能指导渗漏点的封闭。

本研究尚有一些不足,如本研究为回顾性研究、样本量较小;未将CSC分为急性CSC及慢性CSC组进行比较;也未将慢性CSC合并异常脉络膜血流信号影(如脉络膜新生血管、息肉样脉络膜血管病变的异常血管或脉络膜正常血管形态发生的变异等)进行研究。因此,更精确的结论还需大样本来验证。总之,OCTA作为一项眼科学的新技术,在CSC病例中,虽不能像眼底荧光造影一样显示血管渗漏的程度、部位,但其能准确地分辨液体积聚的层次,清晰地显示与ICGA高灌注相对应的高血流信号影,并能测量不同部位的血流密度,OCTA可以替代ICGA对CSC患者进行诊断,并用以指导PDT治疗。

参考文献

- 1 Gass JD. Pathogenesis of disciform detachment of the neuroepithelium. *Am J Ophthalmol* 1967;63(3):Suppl: 1-139
- 2 Bujarborua D, Nagpal PN, Deka M. Smokestack leak in central serous chorioretinopathy. *Graefes Arch Clin Exper Ophthalmol* 2010;248(3): 339-351
- 3 Shinojima A, Fujita K, Mori R, et al. Investigation of the etiology of central serous chorioretinopathy using En - Face optical coherence tomography and indocyaninegreen angiography. *Ophthalmologica* 2016; 236(2):100-107

4 Prütte C, Flammer J. Choroidal capillary and venous congestion in central serous chorioretinopathy. *Am J Ophthalmol* 1996;121(1):26-34

5 Liegl R, Ullbig MW. Central serous chorioretinopathy. *Ophthalmologica* 2014;232(2):65-76

6 Inoune R, Sawa M, Tsujikawa M, et al. Association between the efficacy of photodynamic therapy and indocyanine green angiography findings for central serous chorioretinopathy. *Am J Ophthalmol* 2010; 149(3): 441-446

7 Yannuzzi LA, Slakter JS, Gross NE, et al. Indocyanine green angiography-guided photodynamic therapy for treatment of chronic central serous chorioretinopathy: a pilot study. *Retina* 2003;23(3):288-298

8 Shinjima A, Kawamura A, Mori R, et al. Findings of optical coherence tomographic angiography at the choriocapillaris level in central serous chorioretinopathy. *Ophthalmologica* 2016;236(2):108-113

9 Chan SY, Wang Q, Wei WB, et al. Optical coherence tomographic angiography in central serous chorioretinopathy. *Retina* 2016;36(11): 2051-2058

10 Wang Q, Chan SY, Yang JY, et al. Vascular density in retina and choriocapillaris as measured by optical coherence tomography angiography. *Am J Ophthalmol* 2016;168(8):95-109

11 Costanzo E, Cohen SY, Miere A, et al. Optical coherence tomography

angiography in central serous chorioretinopathy. *J Ophthalmol* 2015;2015(11):134783

12 Spaide RF, Klancnik JM Jr, Cooney MJ. Retinal vascular layers imaged by fluorescein angiography and optical coherence tomography angiography. *JAMA Ophthalmol* 2015;133(1):45-50

13 Jia Y, Bailey ST, Wilson DJ, et al. Quantitative optical coherence tomography angiography of choroidal neovascularization in age-related macular degeneration. *Ophthalmology* 2014;121(7):1435-1444

14 Jia Y, Tan O, Tokayer J, et al. Split-spectrum amplitude-decorrelation angiography with optical coherence tomography. *Opt Express* 2012; 20(4):4710-4125

15 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* 2015;112(18):2395-2402

16 Yang LH, Jonas JB, Wei WB. Optical coherence tomography-assisted enhanced depth imaging of central serous chorioretinopathy. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013;54(7):4659-4665

17 Teussink MM, Breukink MB, van Grinsven MJ, et al. OCT angiography compared to fluorescein and indocyanine green angiography in chronic central serous chorioretinopathy. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2015;56(9): 5229-5237

关于视力的记录及统计分析

论文中凡小数、分数视力或五分记录(缪氏法)请参照《各种视力记录方式的对照关系》换算成 LogMAR 视力进行计量资料的统计学分析,也可 ETDRS 记分记录后进行统计分析,而对于小数、分数或五分记录视力只能按计数资料进行统计分析。

各种视力记录方式的对照关系

Snellen 分数记录	小数记录	缪氏法(5分表达)	最小分辨角的对数表达(LogMAR)	ETDRS 记分
20/10	2.0	5.3	-0.3	96~100
20/12.5	1.6	5.2	-0.2	91~95
20/16	1.25	5.1	-0.1	86~90
20/20	1.0	5.0	0.0	81~85
20/25	0.8	4.9	0.1	76~80
20/32	0.63	4.8	0.2	71~75
20/40	0.5	4.7	0.3	66~70
20/50	0.4	4.6	0.4	61~65
20/63	0.32	4.5	0.5	56~60
20/80	0.25	4.4	0.6	51~55
20/100	0.2	4.3	0.7	46~50
20/125	0.16	4.2	0.8	41~45
20/160	0.125	4.1	0.9	36~40
20/200	0.1	4.0	1.0	31~35
20/250	0.08	3.9	1.1	26~30
20/333	0.06	3.8	1.2	21~25
20/400	0.05	3.7	1.3	16~20
20/500	0.04	3.6	1.4	11~15
20/667	0.03	3.5	1.5	6~10
20/800	0.025	3.4	1.6	1~5