

## 阈值下微脉冲激光光凝治疗中心性浆液性脉络膜视网膜病变的研究现状和展望

乔蕊蕊 综述 安建斌 审校

河北医科大学第二医院眼科, 石家庄 050000

通信作者: 安建斌, Email: 1787469859@qq.com

**【摘要】** 中心性浆液性脉络膜视网膜病变(CSC)是当今影响青壮年人群视力的主要疾病,因发病率较高且易复发的特点使得其治疗较为棘手。目前临床上常用的 CSC 治疗方法包括光动力疗法、传统激光光凝治疗、阈值下微脉冲激光光凝(SDM)治疗、抗血管内皮生长因子治疗等,其中 SDM 是一种高频率、短促、阈值下、选择性光凝的激光,因为其能量小,安全性好、创伤小等优点受到了众多临床医生的青睐。不同波长的激光可被眼内不同色素吸收,因此不同 CSC 的发病部位所选用的 SDM 发射的治疗光波长也不尽相同。SDM 治疗需要确定有效的治疗范围和参数,避免治疗不足或治疗过度。本文就 SDM 治疗 CSC 的机制、不同波长阈值下微脉冲激光的区别、治疗部位及参数选择、有效性及安全性进行了综述并对其未来的治疗前景进行展望。

**【关键词】** 中心性浆液性脉络膜视网膜病变; 阈值下微脉冲激光; 577 nm 激光; 激光光凝

**基金项目:** 河北省自然科学基金项目(H2019206214、H2019206711)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20200506-00309

### Research status and prospect of subthreshold diode micropulse laser in the treatment of central serous chorioretinopathy

Qiao Xinrui, An Jianbin

Department of Ophthalmology, the Second Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050000, China

Corresponding author: An Jianbin, Email: 1787469859@qq.com

**【Abstract】** Central serous chorioretinopathy (CSC) is a primary disease that affects the vision of young and middle-aged people. Its treatment is difficult because of its high incidence and easy recurrence. Currently, the commonly used clinical treatment methods for CSC include photodynamic therapy, traditional laser photocoagulation, subthreshold micropulse laser photocoagulation (SDM), anti-vascular endothelial growth factor therapy, and so on. SDM is a high-frequency, short, subthreshold and selective laser, which is preferred by many clinicians because of its low energy, good safety, small trauma and so on. Different wavelengths of laser can be absorbed by different pigments in the eye, so the therapeutic wavelengths of SDM for different sites of CSC are also different. In SDM treatment, it is necessary to determine the effective treatment range and parameters to avoid undertreatment or overtreatment. In this article, the mechanism of SDM in the treatment of CSC, the difference of SDM under different wavelengths, the selection of treatment site and parameters, the efficacy and safety were reviewed, and the prospect of SDM in the future was envisioned.

**【Key words】** Central serous chorioretinopathy; Subthreshold diode micropulse laser; 577-nm micropulse laser; Photocoagulation

**Fund program:** Natural Science Foundation of Hebei Province (H2019206214, H2019206711)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20200506-00309

中心性浆液性脉络膜视网膜病变(central serous chorioretinopathy, CSC)是多发生于青壮年的以视网膜神经上皮脱离或不伴色素上皮脱离为特征的常见黄斑疾病。其临床表现包括视力下降、视物变小、视物变形、对比敏感度下降等,易复发,男性发病率高于女性。根据疾病的发病时间长短,以6个月为界可将CSC分为急性和慢性。1866年Von Grafe首次报道该疾病并将其命名为复发性中央性视网膜炎,20世纪90年代,随着吲哚菁绿眼底血管造影技术的出现,发现CSC有脉络膜毛细血管异常灌注,才明确发病部位位于脉络膜毛细血管<sup>[1]</sup>。CSC的具体病因尚未明确,类固醇激素和磷酸二酯酶-5

抑制剂的使用是其重要的危险因素<sup>[2]</sup>。脉络膜血管高通透性被认为是CSC一个重要的病理生理学改变,这可能是脉络膜循环淤滞、缺血或炎症所致,或与血纤维蛋白溶酶原激活物抑制因子1水平升高有关<sup>[3]</sup>。近年也有研究显示慢性CSC可能与NR3C1和NR3C2基因的改变有关<sup>[4]</sup>。

目前临床上CSC的常用治疗方法包括光动力疗法(photodynamic therapy, PDT)、传统激光光凝治疗、阈值下微脉冲激光光凝(subthreshold micropulse laser photocoagulation, SDM)治疗、抗血管内皮生长因子(vascular endothelial growth factor, VEGF)治疗等,其中SDM是一种高频率、短促、阈值下、

选择性光凝的激光,可将持续的激光束分成短的阵发激光,因为其能量小,每次热叠加的效应小,减少了热能的积累,所以对邻近组织影响较小,且其中的 577 nm 黄激光不易被黄斑区的叶黄素所吸收而避免光感受器的损伤,使得治疗更加安全。SDM 因安全性好、创伤小受到了众多临床医生的青睐,现已成为了渗漏点位于黄斑无血管区之内患者的首选治疗方法。本文对近年来国内外使用 SDM 治疗 CSC 的研究现状进行综述,并对其前景进行展望。

### 1 SDM 治疗 CSC 的可能机制

SDM 发射的微脉冲激光对视网膜色素上皮 (retinal pigment epithelium, RPE) 细胞具有生物调节功能,通过对光凝部位的 RPE 细胞进行轻度损伤,刺激 RPE 细胞产生一系列细胞因子,如上调热休克蛋白表达<sup>[5-6]</sup>等,可以刺激受损的 RPE 细胞修复增生,修复 RPE 细胞的“泵功能”。SDM 发射的激光能量主要被 RPE 细胞内的黑色素颗粒吸收,所以不会像传统激光的生物热效应一样给临近的 RPE 细胞造成损伤,反而刺激临近的 PRE 细胞分化、迁移、增生及功能修复,从而修复 RPE 的屏障功能,阻止渗漏点继续渗漏,促进视网膜下液体的吸收。

### 2 不同波长阈值下微脉冲激光的区别

眼内不同色素吸收光的波长不同。黄斑中心凹的色素主要为叶黄色,其主要吸收蓝光、较少吸收绿光,不吸收黄光和红外光。黑色素对光的吸收随着光波长增加而降低,即对蓝光、绿光、黄光、红光的吸收依次降低。血红蛋白不吸收红光和红外光,但可吸收绿光、黄光及少量蓝光。另外,光的穿透力随波长的增加而增强,光的散射能力随波长的增加而减弱。如 810 nm 近红外光,穿透性强、散射力差,对周围组织的影响较小,RPE 对其吸收率为 8%~10%,对视细胞损伤小,大部分穿过 RPE 被脉络膜吸收,可以治疗脉络膜疾病。532 nm 为纯绿光,穿透力差,只能到达视网膜层面,主要作用于视锥视杆细胞、外丛状层及外核层,所以多用于治疗视网膜血管性疾病。577 nm 黄光穿透力较 532 nm 绿光强,可有 50% 的光到达浅层脉络膜血管,而且由于黑色素和血红蛋白对黄光的吸收较好,且叶黄素不吸收黄光的特性,使得 577 nm 黄光对治疗病变位于黄斑中心凹的 CSC 有独特优势<sup>[6-7]</sup>。

### 3 SDM 治疗 CSC 的位置及参数选择

目前 SDM 治疗 CSC 没有标准化的治疗位置及治疗参数,因 CSC 的发病部位及治疗医师不同,治疗光的波长选择也不尽相同,其中 810 nm 近红外光和 577 nm 黄光应用较为多见,但治疗黄斑中心凹位置病变时,多选用 577 nm 黄光<sup>[7-8]</sup>。

对于治疗范围,不同的研究者也有不同的选择。通过对既往文献的研究总结,发现治疗位置的选择大致分为 3 类:第一类主要为脉络膜血管通透性升高部位的治疗,主要目的为降低血管通透性,减少渗漏,例如选择吲哚菁绿眼底血管造影中期可见的脉络膜高荧光部位进行光凝<sup>[9]</sup>;第二类主要为 RPE 细胞受损部位的治疗,目的是以修复 PRE 细胞的屏障功能及“泵

功能”,防止脉络膜血管渗出液体流向视网膜并减少视网膜下积液,这种位置选择荧光素眼底血管造影 (fundus fluorescein angiography, FFA) 中期可见的活动性渗漏部位进行光凝<sup>[10]</sup>;第三类治疗位置的选择可视为第二类方法的扩展,即在第二类治疗位置的基础上加上临界部位的正常视网膜,并根据病灶位置及病变程度考虑是否光凝黄斑中心凹,这种位置选择除修复 PRE 细胞的屏障功能及“泵功能”外,还加强了薄弱部位和视觉中心的屏障功能,同时起到治疗和预防的作用,例如对以 FFA 可见渗漏点为中心一个视盘直径范围的视网膜进行光凝,或者采用光学相干断层扫描 (optical coherence tomography, OCT) 对眼底进行检查,对存在浆液性视网膜脱离的部位进行光凝<sup>[11]</sup>,Kim 等<sup>[12]</sup>采用的光凝范围为 FFA 可见的渗漏点、黄斑中心凹、OCT 上显示存在浆液性视网膜脱离的范围以及脱离边界的正常视网膜。

我国研究者目前采用的光凝部位多为第二类及第三类<sup>[13-15]</sup>,这可能是因为临床实践中发现第一类的光凝位置对降低脉络膜血管通透性、减轻脉络膜循环淤滞、缺血及炎症效果不明显,并且第二、三类的光凝位置可以修复 PRE 细胞间的紧密连接,起到预防作用,治疗效果更优。

采用 SDM 治疗 CSC 时,首先需要确定阈值能量,如大多数研究者选择采用在连续波模式下在正常视网膜上进行能量滴定,起始能量为一个较小的能量,增加能量至视网膜可见隐约变白时的能量为阈值能量 P,后转换为微脉冲模式<sup>[16-17]</sup>。也有一些研究者直接在微脉冲模式下进行能量滴定,同样以较小的能量为起始能量,直到视网膜隐约变白时的能量为阈值能量 P<sup>[18]</sup>。

不同个体 SDM 的治疗能量也有所不同,治疗能量过高会造成视网膜的损伤,能量过低则起不到治疗作用,因为目前尚无标准化参数可以参考,所以应该根据临床经验在一个安全的能量范围内进行光凝。有研究者将能量调整为阈值能量的 200% (负载系数 15%)<sup>[19]</sup>、50% (负载系数 5%)<sup>[7]</sup>,或 25% (负载系数 5%)<sup>[20]</sup>,曝光时间 50~200 ms,光斑直径为 100~200  $\mu\text{m}$  进行治疗。也有研究者设置负载系数为 15%,曝光时间为 200 ms,治疗能量为阈值能量的 50%,或从阈值能量开始以 20% 的能量向下递减至观察不到损伤时的能量进行治疗<sup>[12,18]</sup>。这些治疗能量均对疾病起到了治疗效果,并且未报告存在视网膜损伤。使用 5% 的负载系数、750~1 000 mW、小光斑、高密度的光凝方式进行光凝也受到一些研究者推崇,因为这种光凝方式可以使能量的堆积和扩散最优化,还通过计算机模型推定这种光凝方式不需要进行能量滴定就可以避免 RPE 细胞的损伤,并且高密度的治疗方式可以获得最好的治疗效果<sup>[21-22]</sup>。

SDM 治疗 CSC 所用的能量与治疗其他疾病所需的能量均不一样,不可随意照搬治疗参数。Gawecki 等<sup>[23]</sup>指出使用 SDM 治疗视网膜下积液、囊腔样水肿及在黄斑中心凹光凝时所需要的能量均不相同,不能用治疗糖尿病视网膜病变的能量进行治疗。若在治疗过程中不随治疗部位及临床表现的变化而调整能量大小,则有可能造成过度治疗而引发视网膜水肿。因此建

议使用 5% 的负载系数及绝对安全的 250~300 mW 低能量进行治疗,且这种治疗方法不需要进行能量滴定。目前对于如何确定标准化的治疗位置及治疗参数以获得最佳的治疗效果及最低损害,仍需要大量的临床实验及探讨研究。

#### 4 SDM 治疗 CSC 的有效性

CSC 的主要病理生理学改变是脉络膜血管通透性增加,SDM 对 RPE 的选择性作用可以促进其结构和功能的恢复(表 1)。Romano 等及欧洲玻璃体视网膜研究组<sup>[24]</sup>进行了一项非随机国际多中心研究,对纳入研究的来自 24 个国家的 1 719 例 CSC 患者(1 861 眼)采用 SDM、PDT、抗 VEGF 等多种治疗方式,进行了平均 11 个月的随访观察(最长观察时间为 7 年);该研究表明与其他治疗组相比,SDM 组的治疗效果最好,变异性较小。SDM 治疗后 1 个月的最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA)与治疗前相比提高了 0.2,而且 OCT 检查发现治疗后 1 个月视网膜可以获得较好的解剖学复位。与其他治疗组和对照组相比,SDM 组治疗 1 年后的复发次数更少。有研究显示,与标准计量 PDT 治疗方式相比,SDM 改善 BCVA 及黄斑中心厚度(central macular thickness, CMT)的效果稍差<sup>[25]</sup>。Koss 等<sup>[26]</sup>研究发现,与玻璃体腔注射贝伐单抗相比,SDM 对于减少视网膜下液及视网膜解剖学复位效果更佳,并对黄斑区视

野有较好的恢复作用。

上述研究通过与其他治疗方式进行对比,证实了 SDM 治疗 CSC 的有效性,但没有对患者的病程长短进行划分,对于急性慢性患者的治疗效果仍需要进一步的实验进行研究。随后郑瑜等<sup>[27]</sup>研究发现,SDM 与传统激光在治疗急性 CSC 的效果一致,但 Arora 等<sup>[28]</sup>的研究显示,采用 SDM 治疗急性 CSC 在第 4 周及第 8 周可以获得最好的视力提升,6 个月治疗结束时 SDM 组复发或持续性的浆液性视网膜脱离比例为 11.76%,明显低于对照组的 29.41%;该研究证实了 SDM 对急性 CSC 的治疗效果,显示 SDM 可以加速 ACSC 的好转且能获得更好的预后,减少急性 CSC 向慢性 CSC 转化,提高患者的生活质量。但对于慢性 CSC 来说,渗漏点的位置和类型以及 RPE 是否萎缩对治疗效果有着很大的影响。从 Chen 等<sup>[17]</sup>的研究显示,呈弥漫性渗漏伴 RPE 萎缩的慢性 CSC 的治疗效果较单纯点状渗漏的慢性 CSC 差。并非所有的 CSC 类型均对 SDM 的治疗方式敏感,有研究显示,在慢性 CSC 患者中 PDT 起效更快,但随着治疗时间的延长,PDT 与 SDM 的疗效基本相同且无药物过敏风险<sup>[29]</sup>。目前尚未有研究比较 SDM 对急、慢性 CSC 的治疗效果的差别,未来需进一步对此进行研究。而且由于 CSC 具有自限性,所以在进行治疗效果研究时最好设立观察对照组,以明确 SDM 的治疗效果。

表 1 SDM 治疗 CSC 有效性研究文献总结

研究文献	研究时长	研究对象	样本量	实验分组	结局指标	研究结果
Romano 等 <sup>[24]</sup>	平均 11 个月,少数病例延长至 7 年	CSC	1 719 例(1 861 眼)	SDM 组、PDT(标准 PDT、减量 PDT、低剂量 PDT)组、激光光凝组、玻璃体内注射抗 VEGF 药物组、非甾体类抗炎眼药组、其他治疗方法及观察组	治疗后 1、3、12 个月时患眼的 BCVA、OCT 及治疗结束后 1 年的复发情况	治疗后 1 个月 SDM 组的 BCVA 较治疗前提高了 0.2,视网膜获得较好的解剖学复位;治疗 1 年后 SDM 组复发次数较其他治疗组和对照组少
Kretz 等 <sup>[25]</sup>	16 周	CSC	62 例(62 眼)	SDM、标准计量 PDT 组及观察组	治疗前、治疗后 8、16 周时患眼的 BCVA、CMT 及眼前节检查	治疗后 16 周时,2 个治疗组在减少渗漏方面较观察组有明显改善,标准计量 PDT 组 CMT 下降和 BCVA 提高均较 SDM 组明显
Koss 等 <sup>[26]</sup>	10 个月	CSC	52 例(52 眼)	SDM 组、玻璃体腔注射贝伐单抗组及观察组	治疗前及治疗结束时患眼的渗漏状态、CMT、BCVA 及黄斑区视野情况	结束治疗时 SDM 组患眼持续渗漏比最低、CMT 下降和黄斑区视野改善最明显,治疗效果优于玻璃体腔注射贝伐单抗
郑瑜等 <sup>[27]</sup>	3 个月	急性 CSC	35 例(35 眼)	SDM 组及传统激光治疗组	治疗前、治疗后 1、3 个月时患眼的 BCVA 及黄斑区视网膜下液吸收情况	治疗后 1、3 个月 2 个组的 BCVA 及黄斑区视网膜下液均较治疗前有所改善,2 个组间治疗效果相同
Arora 等 <sup>[28]</sup>	6 个月	急性 CSC	68 例(68 眼)	SDM 组及观察组	治疗前、治疗后 2、4、8、16 周及 6 个月时患眼的 BCVA、CMT 及脉络膜厚度	结束观察时 SDM 组的解剖学复位效果较观察组好,且与观察组相比,SDM 组治疗后视力恢复快,效果好,无不良反应
石薇等 <sup>[29]</sup>	6 个月	慢性 CSC	30 例(30 眼)	SDM 组及 PDT 治疗组	观察治疗前、治疗后 1、3 和 6 个月时患眼的 BCVA、CMT 及并发症发生情况	PDT 起效较快,但随着时间延长,两者疗效相近,且 SDM 组无药物过敏风险

注:SDM:阈值下微脉冲激光光凝;CSC:中心性浆液性脉络膜视网膜病变;PDT:光动力疗法;VEGF:血管内皮生长因子;BCVA:最佳矫正视力;OCT:光学相干断层扫描;CMT:中央黄斑厚度



## 5 SDM 治疗 CSC 的安全性

研究表明,用低于阈值能量 10%~25% 的能量对视网膜进行光凝时,在光学显微镜和电子显微镜下只能发现 RPE 细胞的损伤,视网膜神经上皮层均未发现损伤<sup>[30]</sup>。使用负载系数为 9%、12%、15%,治疗能量为 50% 的阈值能量对实验兔进行视网膜光凝,病理学检查显示视网膜神经上皮层的损伤十分轻微<sup>[31]</sup>。若使用阈值能量的同时将负载系数降低至 5% 可以避免 RPE 细胞的损伤<sup>[32]</sup>。但若使用高负载系数或者较高的能量进行治疗,有可能会造成视网膜水肿或神经纤维层破坏等不良反<sup>[23]</sup>。Framme 等<sup>[33]</sup> 研究显示,在黄斑区使用 SDM 后立即进行自发荧光检查,可发现 RPE 细胞功能增强。但目前尚未见报道称 SDM 会导致视网膜瘢痕、脉络膜新生血管、视物变形或视物暗点的产生<sup>[8,34]</sup>。由于目前治疗区域视网膜是否产生视物暗点的检测均采用普通视野计,尚未有研究采用微视野计对治疗部位进行检测,所以 SDM 是否会造成微小的视敏度下降目前尚不可知,需要进一步进行长期临床观察研究来确定。

## 6 展望

视网膜光凝技术在治疗视网膜疾病方面有着不可替代的作用。随着技术的发展,SDM 已经成为了其中不可替代的一份子,给 CSC 患者带来了新的治疗方法和希望。随着半自动化导航激光系统(Navilas Laser System)和多点扫描模式的应用,可以更加精准的对病变区域进行追踪定位,在重复使用阈值下微脉冲模式治疗时可以避免由于激光斑不可见而带来的定位困难,而且可以在治疗过程中使病变区域的光斑分布均匀一致。100~500 μm 光斑无极连续可调模式下可以进行个性化设置,减轻患者痛苦。但 SDM 治疗需要 CSC 患者按时前往医院进行及随诊观察,尤其对慢性 CSC 患者的观察时间可能长达数年,给患者和社会带来了很大的经济负担,降低了患者的依从性。未来的研究趋势应为 SDM 与其他治疗方式联合治疗,延长疗效、加快疾病的恢复、减少治疗次数及成本。目前已有研究表明 SDM 与中药联合治疗 CSC 的效果更好,恢复更快<sup>[14]</sup>。也有研究先使用半剂量 PDT 治疗 CSC,对治疗效果不好的患者联合使用 SDM 取得了良好预后<sup>[35]</sup>。未来我们可以进一步研究 SDM 与其他治疗方法进行联合,根据患者的自身情况,为患者制定个性化的治疗方案。

SDM 治疗需要确定有效的治疗参数,避免治疗不足或治疗过度。目前对于 CSC 的治疗尚未有明确的治疗指南,还需要科研工作者及医务人员进行大量前瞻性、多中心随机对照临床研究。我们相信随着 SDM 技术的不断发展,SDM 可以更加便捷有效的治疗 CSC,改善疾病预后,提高患者的生活质量。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

## 参考文献

[1] Guyer DR, Yannuzzi LA, Slakter JS, et al. Digital indocyanine green videoangiography of central serous chorioretinopathy [J]. Arch Ophthalmol, 1994, 112 (8) : 1057 - 1062. DOI: 10. 1001/archoph. 1994. 01090200063023.

[2] Wong KH, Lau KP, Chhablani J, et al. Central serous chorioretinopathy: what we have learnt so far [J]. Acta Ophthalmol, 2016, 94 (4) : 321-325. DOI: 10. 1111/aos. 12779.

[3] Gemenetzi M, De Salvo G, Lotery AJ. Central serous chorioretinopathy: an update on pathogenesis and treatment [J]. Eye (Lond), 2010, 24 (12) : 1743-1756. DOI: 10. 1038/eye. 2010. 130.

[4] van Dijk E, Schellevis RL, van Bergen M, et al. Association of a haplotype in the NR3C2 gene, encoding the mineralocorticoid receptor, with chronic central serous chorioretinopathy [J]. JAMA Ophthalmol, 2017, 135 (5) : 446-451. DOI: 10. 1001/jamaophthalmol. 2017. 0245.

[5] Inagaki K, Shuo T, Katakura K, et al. Sublethal photothermal stimulation with a micropulse laser induces heat shock protein expression in ARPE-19 cells [J]. J Ophthalmol, 2015, 2015 : 729792 [2022-05-18]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26697211>. DOI: 10. 1155/2015/729792.

[6] 连海燕, 陈晓, 闫明, 等. 阈值下微脉冲激光光凝治疗黄斑疾病的研研究现状和进展 [J]. 中华眼底病杂志, 2019, 35 (2) : 206-210. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1005-1015. 2019. 02. 020.

Lian HY, Chen X, Yan M, et al. The status and progress of subthreshold micropulse laser therapy in the treatment of macular diseases [J]. Chin J Ocul Fundus Dis, 2019, 35 (2) : 206-210. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1005-1015. 2019. 02. 020.

[7] Arsan A, Kanar HS, Sonmez A. Visual outcomes and anatomic changes after sub-threshold micropulse yellow laser (577-nm) treatment for chronic central serous chorioretinopathy: long-term follow-up [J]. Eye (Lond), 2018, 32 (4) : 726-733. DOI: 10. 1038/eye. 2017. 293.

[8] Scholz P, Altay L, Fauser S. A review of subthreshold micropulse laser for treatment of macular disorders [J]. Adv Ther, 2017, 34 (7) : 1528-1555. DOI: 10. 1007/s12325-017-0559-y.

[9] Scholz P, Ersoy L, Boon CJ, et al. Subthreshold micropulse laser (577 nm) treatment in chronic central serous chorioretinopathy [J]. Ophthalmologica, 2015, 234 (4) : 189-194. DOI: 10. 1159/000439600.

[10] Yadav NK, Jayadev C, Mohan A, et al. Subthreshold micropulse yellow laser (577 nm) in chronic central serous chorioretinopathy: safety profile and treatment outcome [J]. Eye (Lond), 2015, 29 (2) : 258-264; quiz 265. DOI: 10. 1038/eye. 2014. 315.

[11] Malik KJ, Sampat KM, Mansouri A, et al. Low-intensity/high-density subthreshold micropulse diode laser for chronic central serous chorioretinopathy [J]. Retina, 2015, 35 (3) : 532-536. DOI: 10. 1097/IAE. 0000000000000285.

[12] Kim JY, Park HS, Kim SY. Short-term efficacy of subthreshold micropulse yellow laser (577-nm) photocoagulation for chronic central serous chorioretinopathy [J]. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2015, 253 (12) : 2129-2135. DOI: 10. 1007/s00417-015-2965-7.

[13] 修方伟, 匡淑玲, 刘兆荣. 577 nm 微脉冲黄激光治疗中心性浆液性脉络膜视网膜病变的疗效 [J]. 中华实验眼科杂志, 2013, 31 (7) : 686-687. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-0160. 2013. 07. 016.

[14] 李雪丽, 勾晓梅, 隋源, 等. 577 nm 微脉冲激光联合中药治疗中心性浆液性脉络膜视网膜病变 [J]. 中医眼耳鼻喉杂志, 2019, 9 (1) : 13-14, 61. DOI: 10. 3969/j. issn. 1674-9006. 2019. 01. 006.

Li XL, Gou XM, Sui Y, et al. A clinical study on the micropulse photocoagulation combined with the Chinese medicine to treat the central serous chorioretinopathy [J]. J Chin Ophthalmol Otorhinolaryngol, 2019, 9 (1) : 13-14, 61. DOI: 10. 3969/j. issn. 1674-9006. 2019. 01. 006.

[15] 廖丹, 许立帅, 戴乐, 等. 577 nm 阈下微脉冲激光治疗黄斑中心凹渗漏的慢性中心性浆液性脉络膜视网膜病变 [J]. 眼科新进展, 2018, 38 (2) : 139-142. DOI: 10. 13389/j. cnki. rao. 2018. 0030.

Liao D, Xu LS, Dai L, et al. Subthreshold micropulse yellow laser (577 nm) for chronic central serous chorioretinopathy with foveal leakage [J]. Rec Adv Ophthal, 2018, 38 (2) : 139 - 142. DOI: 10. 13389/j. cnki. rao. 2018. 0030.

[16] Roisman L, Magalhães FP, Lavinsky D, et al. Micropulse diode laser treatment for chronic central serous chorioretinopathy: a randomized pilot trial [J]. Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina, 2013, 44 (5) : 465-470. DOI: 10. 3928/23258160-20130909-08.

- [17] Chen SN, Hwang JF, Tseng LF, et al. Subthreshold diode micropulse photocoagulation for the treatment of chronic central serous chorioretinopathy with juxtafoveal leakage [J]. *Ophthalmology*, 2008, 115(12): 2229-2234. DOI: 10.1016/j.ophtha.2008.08.026.
- [18] Gupta B, Elagouz M, McHugh D, et al. Micropulse diode laser photocoagulation for central serous chorio-retinopathy [J]. *Clin Exp Ophthalmol*, 2009, 37(8): 801-805. DOI: 10.1111/j.1442-9071.2009.02157.x.
- [19] 徐斌. 577 nm 微脉冲激光与药物治疗中心性浆液性脉络膜视网膜炎[J]. *国际眼科杂志*, 2013, 13(8): 1688-1690. DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2013.08.56.
- Xu B. Efficacy comparison of 577 nm micro-pulse laser and drug in the treatment of central serous chorioretinopathy [J]. *Int Eye Sed*, 2013, 13(8): 1688-1690. DOI: 10.3980/i.issn.1672-5123.2013.08.56.
- [20] Zhou L, Chong V, Lai K, et al. A pilot prospective study of 577-nm yellow subthreshold micropulse laser treatment with two different power settings for acute central serous chorioretinopathy [J]. *Lasers Med Sci*, 2019, 34(7): 1345-1351. DOI: 10.1007/s10103-019-02721-8.
- [21] Malik KJ, Sampat KM, Mansouri A, et al. Low-intensity/high-density subthreshold micropulse diode laser for chronic central serous chorioretinopathy [J]. *Retina*, 2015, 35(3): 532-536. DOI: 10.1097/IAE.0000000000000285.
- [22] Luttrull JK, Sramek C, Palanker D, et al. Long-term safety, high-resolution imaging, and tissue temperature modeling of subvisible diode micropulse photocoagulation for retinovascular macular edema [J]. *Retina*, 2012, 32(2): 375-386. DOI: 10.1097/IAE.0b013e3182206f6c.
- [23] Gawęcki M. Increase in central retinal edema after subthreshold diode micropulse laser treatment of chronic central serous chorioretinopathy [J/OL]. *Case Rep Ophthalmol Med*, 2015, 2015: 813414 [2022-05-22]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26180649>. DOI: 10.1155/2015/813414.
- [24] Romano MR, Parolini B, Allegrini D, et al. An international collaborative evaluation of central serous chorioretinopathy: different therapeutic approaches and review of literature. The European Vitreoretinal Society central serous chorioretinopathy study [J/OL]. *Acta Ophthalmol*, 2020, 98(5): e549-e558 [2022-05-22]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31808315>. DOI: 10.1111/aos.14319.
- [25] Kretz FT, Beger I, Koch F, et al. Randomized clinical trial to compare micropulse photocoagulation versus half-dose verteporfin photodynamic therapy in the treatment of central serous chorioretinopathy [J]. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*, 2015, 46(8): 837-843. DOI: 10.3928/23258160-20150909-08.
- [26] Koss MJ, Beger I, Koch FH. Subthreshold diode laser micropulse photocoagulation versus intravitreal injections of bevacizumab in the treatment of central serous chorioretinopathy [J]. *Eye (Lond)*, 2012, 26(2): 307-314. DOI: 10.1038/eye.2011.282.
- [27] 郑瑜, 沙翔垠, 宋莉, 等. 577 nm 阈下微脉冲激光与传统激光治疗中心性浆液性脉络膜视网膜炎的疗效比较 [J]. *临床眼科杂志*, 2016, 24(2): 130-133. DOI: 10.3969/j.issn.1006-8422.2016.02.010.
- Zheng Y, Sha XY, Song L, et al. Comparison of effects of 577 nm subthreshold micropulse versus traditional laser treatment on central serous chorioretinopathy [J]. *J Clin Ophthalmol*, 2016, 24(2): 130-133. DOI: 10.3969/j.issn.1006-8422.2016.02.010.
- [28] Arora S, Sridharan P, Arora T, et al. Subthreshold diode micropulse laser versus observation in acute central serous chorioretinopathy [J]. *Clin Exp Optom*, 2019, 102(1): 79-85. DOI: 10.1111/cxo.12818.
- [29] 石薇, 张贵森, 惠延年, 等. 微脉冲激光与 PDT 治疗慢性中心性浆液性脉络膜视网膜炎的疗效比较 [J]. *国际眼科杂志*, 2019, 19(6): 1063-1067. DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2019.6.39.
- Shi W, Zhang GS, Hui YN, et al. Comparison of subthreshold micropulse laser treatment and PDT in patients with chronic central serous chorioretinopathy [J]. *Int Eye Sci*, 2019, 19(6): 1063-1067. DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2019.6.39.
- [30] Kim SY, Sanislo SR, Dalal R, et al. The selective effect of micropulse diode laser upon the retina [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 1996, 37(3): S779.
- [31] 李慧丽, 王春燕, 李小丹, 等. 577 nm 阈下微脉冲激光与 577 nm 激光光凝对视网膜组织影响的比较 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2017, 35(9): 824-828. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2017.09.011.
- Li HL, Wang CY, Li XD, et al. Comparison of retinal histomorphology following laser photocoagulation using 577 nm subliminal micropulse laser versus 577 nm laser in pigmented rabbits [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2017, 35(9): 824-828. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2017.09.011.
- [32] Yu AK, Merrill KD, Truong SN, et al. The comparative histologic effects of subthreshold 532-and 810-nm diode micropulse laser on the retina [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2013, 54(3): 2216-2224. DOI: 10.1167/iovs.12-11382.
- [33] Framme C, Brinkmann R, Birngruber R, et al. Autofluorescence imaging after selective RPE laser treatment in macular diseases and clinical outcome: a pilot study [J]. *Br J Ophthalmol*, 2002, 86(10): 1099-1106. DOI: 10.1136/bjo.86.10.1099.
- [34] Lanzetta P, Furlan F, Morgante L, et al. Nonvisible subthreshold micropulse diode laser (810 nm) treatment of central serous chorioretinopathy. A pilot study [J]. *Eur J Ophthalmol*, 2008, 18(6): 934-940. DOI: 10.1177/112067210801800613.
- [35] Breukink MB, Mohr JK, Ossewaarde-van Norel A, et al. Half-dose photodynamic therapy followed by diode micropulse laser therapy as treatment for chronic central serous chorioretinopathy: evaluation of a prospective treatment protocol [J]. *Acta Ophthalmol*, 2016, 94(2): 187-197. DOI: 10.1111/aos.12938.

(收稿日期: 2022-11-22 修回日期: 2023-06-15)

(本文编辑: 张宇 骆世平)

读者 · 作者 · 编者

## 本刊对论文题目的要求

论文题目力求简洁、特异、明确,能准确反映文章主题和特定内容,具有可检索性。中文文题一般以 20 个汉字以内为宜,一般不设副标题,尽量不用标点符号,文题中避免使用不为同行熟知的符号、简称、缩略语和商品名。论著文章和综述须有与中文文题含意一致的英文文题。

(本刊编辑部)