

· 临床研究 ·

微脉冲经巩膜激光治疗难治性青光眼有效性及安全性评估:前瞻性多中心观察研究

扫码观看
手术视频

林凤彬¹ 胡白玉² 凌绮莹³ 宋云河¹ 高新博¹ 张英哲¹ 陈瑜¹ 段宣初³ 曾流芝²
张秀兰¹

¹中山大学中山眼科中心 眼病防治全国重点实验室 广东省眼科视觉科学重点实验室
广东省眼部疾病临床研究中心, 广州 510060; ²成都市第一人民医院(成都市中西医结合
医院), 成都 610095; ³长沙爱尔眼科医院, 长沙 410029

林凤彬、胡白玉、凌绮莹对本文有同等贡献

通信作者: 张秀兰, Email: zhangxl2@mail.sysu.edu.cn; 曾流芝, Email: 676681961@qq.com;
段宣初, Email: duanxchu@csu.edu.cn

【摘要】 目的 评估微脉冲经巩膜激光(MP-TSCPC)治疗难治性青光眼的有效性 & 安全性。方法 采用前瞻性多中心系列病例观察研究,对2022年8月至2023年4月在中山大学中山眼科中心、成都市第一人民医院(成都市中西医结合医院)和长沙爱尔眼科医院拟行MP-TSCPC治疗的难治性青光眼患者63例67眼,其中抗青光眼术后眼压未降40眼(占59.7%),玻璃体切割术后继发性青光眼4眼(占6.0%),角膜移植术后继发性青光眼2眼(占3.0%),新生血管性青光眼8眼(占11.9%),虹膜角膜内皮综合征继发性青光眼3眼(占4.5%),原发性开角型青光眼6眼(占9.0%),原发性闭角型青光眼4眼(占6.0%)。采用ETDRS视力表及Goldmann压平眼压计分别测量患者术前和术后6个月内最佳矫正视力(BCVA)及眼压。记录患者术前和术后抗青光眼药物使用情况及术后并发症发生情况。计算手术成功率,手术成功定义为末次眼压较基线降低>20%或眼压不变但使用的抗青光眼药物减少。结果 手术前后不同时间点眼压总体比较差异有统计学意义($F=60.10, P<0.001$),其中术后不同时间点眼压均明显低于术前,差异均有统计学意义(均 $P<0.001$)。术后6个月眼压降幅为(43.7±20.7)%。术后使用抗青光眼药物数量为2(0,3)种,较术前的3(2,3)种明显减少,差异有统计学意义($Z=-2.70, P=0.007$)。术眼术后6个月BCVA(LogMAR视力)为1.40(0.52, 2.70),较术前的1.40(0.70, 2.70)无明显变化,差异无统计学意义($Z=-0.10, P=0.952$)。术后6个月手术成功率为83.6%(56/67)。手术并发症主要包括瞳孔扩大(11/67)、结膜出血(11/67)、轻度前房炎症(1/67)、轻度睫状体脱离(3/67)、局部脉络膜脱离(1/67)和黄斑囊样水肿(1/67),均在药物治疗后好转。结论 MP-TSCPC是治疗难治性青光眼安全、有效的方法。

【关键词】 难治性青光眼; 手术; 多中心研究; 微脉冲经巩膜激光治疗; 有效性; 安全性
DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20231201-00192

Efficacy and safety of micropulse transscleral cyclophotocoagulation in the treatment of refractory glaucoma: a prospective multicenter observational study

Lin Fengbin¹, Hu Baiyu², Ling Qiying³, Song Yunhe¹, Gao Xinbo¹, Zhang Yingzhe¹, Chen Yu¹, Duan Xuanchu³, Zeng Liuzhi², Zhang Xiulan¹

¹State Key Laboratory of Ophthalmology, Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University, Guangdong Provincial Key Laboratory of Ophthalmology and Visual Science, Guangdong Provincial Clinical Research Center for Ocular Diseases, Guangzhou 510060, China; ²Chengdu First People's Hospital (Chengdu Integrated TCM&Western Medicine Hospital), Chengdu 610095, China; ³Changsha Aier Eye Hospital, Changsha 410029, China

Lin Fengbin, Hu Baiyu and Ling Qiying contributed equally to this article

Corresponding authors: Zhang Xiulan, Email: zhangxl2@mail.sysu.edu.cn; Zeng Liuzhi, Email: 676681961@qq.com; Duan Xuanchu, Email: duanxchu@csu.edu.cn

【Abstract】 **Objective** To evaluate the efficacy and safety of micropulse transscleral cyclophotocoagulation (MP-TSCPC) for refractory glaucoma. **Methods** A prospective multicenter observational case series study was conducted. A total of 63 refractory glaucoma patients (67 eyes) who underwent MP-TSCPC treatment were enrolled at Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University, Chengdu First People's Hospital (Chengdu Integrated TCM& Western Medicine Hospital), and Changsha Aier Eye Hospital from August 2022 to April 2023. Among these cases, there were 40 eyes (59.7%) with unreduced intraocular pressure (IOP) after glaucoma surgery, 4 eyes

(6.0%) with secondary glaucoma after vitrectomy, 2 eyes (3.0%) with secondary glaucoma after keratoplasty, 8 eyes (11.9%) with neovascular glaucoma, 3 eyes (4.5%) with secondary glaucoma due to iridocorneal endothelial syndrome, 6 eyes (9.0%) with primary open-angle glaucoma and 4 eyes (6.0%) with primary angle-closure glaucoma. Best corrected visual acuity (BCVA) was measured using the ETDRS chart and the IOP was measured using the Goldmann applanation tonometry before and 6 months after the surgery. The usage of anti-glaucoma medications before and after surgery and postoperative complications were recorded. Surgical success rate was calculated and surgical success was defined as an IOP reduction of more than 20% from baseline or a reduction in the number of ocular hypotensive medications with no change in IOP. This study adhered to the Declaration of Helsinki. The study protocol was approved by the Ethics Committee of Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University (No. 2022KYPJ225). Written informed consent was obtained from each subject. **Results** There was a statistically significant overall difference in IOP at different time points before and after surgery ($F=60.10, P<0.001$), and the IOP at different time points after surgery was significantly lower than that before surgery, with statistically significant differences (all at $P<0.001$). IOP reduction at 6 months after surgery was $(43.7\pm 20.7)\%$. The number of anti-glaucoma medications used postoperatively was 2(0,3) types, which was significantly less than the 3(2,3) types used preoperatively ($Z=-2.70, P=0.007$). The 6-month postoperative BCVA (LogMAR) was 1.40(0.52, 2.70), which showed no significant change compared to the preoperative 1.40(0.70, 2.70) ($Z=-0.10, P=0.952$). The surgical success rate was 83.6% (56/67) at 6 months postoperatively. Postoperative complications included mydriasis (11/67), conjunctival hemorrhage (11/67), mild anterior chamber inflammation (1/67), mild ciliary body detachment (3/67), local choroidal detachment (1/67), and cystoid macular edema (1/67), all of which were reversible after treatment. **Conclusions** MP-TSCPC appears to be a safe and effective treatment option for refractory glaucoma.

[Key words] Glaucoma, refractory; Surgery; Multicenter study; Micropulse transscleral cyclophotocoagulation; Effectiveness; Safety

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20231201-00192

青光眼是全球主要的不可逆性致盲眼病,据估计到 2040 年,全球将有超过 1.118 亿青光眼患者^[1-3]。青光眼在全球范围内分布不均,以亚洲人群的青光眼发病率最高,青光眼患者数量约占全球病例的一半^[3]。降眼压治疗是目前唯一被证实可有效控制青光眼进展、保护视功能的方法,目前的降眼压方法主要包括药物、激光和手术三大类^[4-5]。对于一些经过多次常规抗青光眼手术治疗后眼压仍无法得到有效控制(不论是否使用了最大剂量药物治疗)的难治性青光眼患者,临床上通常会选择进行传统的睫状体破坏性手术(包括睫状体冷凝术、经巩膜睫状体光凝术等)^[6-7],但其术后反应重,且并发症较多,如持续性低眼压、眼内炎、视力下降、玻璃体积血及眼球萎缩等^[8-9]。微脉冲经巩膜激光治疗(micropulse transscleral cyclophotocoagulation, MP-TSCPC)是一种新型非侵入式且可重复的微创青光眼治疗方式,通过微脉冲激光透过巩膜对睫状体产生非致命性的破坏,达到降低眼压的作用,适用于各种轻度到重度原发性开角型青光眼(primary open-angle glaucoma, POAG)、原发性闭角型青光眼(primary angle-closure glaucoma, PACG)和难治性青光眼的治疗^[10-11]。文献报道 MP-TSCPC 治疗难治性青光眼成功率高,同时其并发症发生率低,常见的并发症主要包括瞳孔扩大、少数的轻微前房炎症、低眼压和结膜出血,是一种安全、有效的抗

青光眼手术方式^[12-17]。但在我国,MP-TSCPC 开展实践时间较短,其有效性和安全性仍缺乏长期的观察和评估。本研究拟通过多中心前瞻性观察研究,评估 MP-TSCPC 治疗难治性青光眼患者的有效性和安全性,以期为我国难治性青光眼患者手术方案的选择提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用前瞻性多中心系列病例观察研究,收集 2022 年 8 月至 2023 年 4 月于中山大学中山眼科中心、成都市第一人民医院(成都市中西医结合医院)和长沙爱尔眼科医院确诊为难治性青光眼并行 MP-TSCPC 治疗的患者 63 例 67 眼,其中男 28 例,女 35 例;年龄 19~80 岁,平均(51.1±16.6)岁。纳入患者术前情况:抗青光眼术后眼压未降 40 眼(占 59.7%),玻璃体切割术后继发性青光眼 4 眼(占 6.0%),角膜移植术后继发性青光眼 2 眼(占 3.0%),新生血管性青光眼 8 眼(占 11.9%),虹膜角膜内皮综合征(iridocorneal endothelial syndrome, ICE 综合征)继发性青光眼 3 眼(占 4.5%),POAG 6 眼(占 9.0%),PACG 4 眼(占 6.0%);50 眼(占 74.6%)既往有眼部手术史,其中做过 1、2、3、4 次手术者分别有 20、10、12、8 眼,分别占 29.8%、14.9%、17.9%、11.9%;既往抗青光眼手术类

型包括激光/手术虹膜周边切除术(5 眼,占 7.5%)、小梁切除术(19 眼,占 28.4%)、引流阀植入术(11 眼,占 16.4%)、小梁切开术(3 眼,占 4.5%)、经巩膜睫状体光凝术(4 眼,占 6.0%)、超声睫状体成形术(10 眼,占 14.9%)、XEN 凝胶引流管植入术(1 眼,占 1.5%)、引流钉植入术(1 眼,占 1.5%)、二氧化碳激光辅助深层巩膜切除术(1 眼,占 1.5%)、超声乳化白内障吸除联合人工晶状体植入术(33 眼,占 49.2%);青光眼中期(进展期)9 眼(占 13.4%),晚期 58 眼(占 86.6%);有晶状体眼 31 眼(占 46.3%),人工晶状体眼 33 眼(占 49.2%),无晶状体眼 3 眼(占 4.5%);涉及原发病种包括 POAG、PACG、原发性先天性青光眼、青少年型开角型青光眼(juvenile open-angle glaucoma, JOAG),以及与新生血管性青光眼、ICE 综合征、葡萄膜炎(安静期)、外伤、玻璃体切割术、白内障手术、角膜移植术等有关的继发性青光眼。受试者纳入标准:(1)年龄 ≥ 18 岁;(2)抗青光眼手术后眼压仍无法得到有效控制的患者(不论是否使用了最大剂量药物治疗)、常规滤过性手术失败风险较高的患者以及因依从性和不良反应导致无法定期使用药物的患者等;(3)随访满 6 个月;(4)患者自愿参加本研究并同意按照研究计划进行随访。排除标准:(1)合并眼部活动性炎症者,如急性结膜炎、急性葡萄膜炎等;(2)随访期间接受其他眼部手术治疗者(除重复 MP-TSCPC 治疗外);(3)孕妇或哺乳期妇女。本研究遵循《赫尔辛基宣言》,研究方案经中山大学中山眼科中心伦理委员会批准(批文号:2022KYPJ225),并在其监督下开展。所有患者均了解本研究目的和方法并自愿签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 眼科检查 患者入组前均详细采集病史、全身情况、既往手术及用药情况,并接受完整的眼科专科检查,包括裂隙灯显微镜(BQ-900,瑞士 Haag-Streit 公司)、最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA)(ETDRS 视力表,美国 Precision Vision 公司)、Goldmann 压平眼压计(AT900,瑞士 Haag-Streit 公司)、眼球生物学参数测量(IOLMaster 700,德国 Carl Zeiss 公司)、Humphrey 视野计(Humphrey Field Analyzer 3,德国 Carl Zeiss 公司)检查。

1.2.2 MP-TSCPC 采用局部麻醉或全身麻醉,麻醉方式由术前评估决定。麻醉后常规消毒铺巾,开睑器开睑。治疗参数及方法统一为:结膜囊内滴入耦合剂 2%羟丙甲基纤维素;设置激光功率为 2 000 mW,占空比为 31.3%;在角膜缘后 1 mm,经巩膜面平移微脉冲探头(MicroPulse P3 probe, Iridex cyclo G6 laser system,

美国 Iridex 公司),探头垂直于巩膜面,凹口朝向角膜缘;每次治疗 1 个眼半球 $150^\circ/15$ s,避开 3:00 和 9:00 方向,重复 5~6 次,每半球各 80 s,共 160 s;结膜囊内点用妥布霉素地塞米松眼膏,眼垫包眼(视频 1)。术后局部使用 1%醋酸泼尼松龙滴眼液(4 次/d)点眼及妥布霉素地塞米松眼膏(1 次/睡前)涂眼,连续使用 2 周;根据术后不同个体眼压情况逐步减少用药。重复 MP-TSCPC 治疗时,使用相同的激光参数。

1.2.3 术后随访及评估指标 术后 1 d、1 周、1 个月、3 个月及 6 个月进行随访评估。术后随访指标包括眼压、视力、抗青光眼药物使用数量、并发症等情况,记录裂隙灯显微镜和眼底检查结果及再次手术的情况,并计算手术成功率。手术成功判定参考既往 MP-TSCPC 治疗青光眼的研究^[12-13,17],定义如下:(1)手术成功 末次眼压较基线降低 $>20\%$,或眼压不变但使用的抗青光眼药物减少。(2)手术失败 不符合手术成功标准,或随访期间接受 MP-TSCPC 重复治疗或其他抗青光眼手术治疗。术后并发症主要观察是否有结膜出血、角膜病变、瞳孔扩大、前房炎症、黄斑囊样水肿、脉络膜脱离及其他眼部异常。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 24.0 统计学软件进行统计分析。采用混合效应模型矫正同一个体双眼间的相关性。采用 Shapira-Wilk 检验进行正态性检验,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,非正态分布的资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示。手术前后不同时间点眼压总体比较采用单因素方差分析,两两比较采用 Bonferroni 校正;术前及术后 6 个月抗青光眼药物使用数量及 BCVA 比较采用 Wilcoxon 符号秩检验。采用双侧检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 手术前后眼压、抗青光眼药物使用数量及 BCVA 比较

术眼术后眼压较术前明显降低(图 1)。手术前后不同时间点眼压总体比较差异有统计学意义($F = 60.10, P < 0.001$),其中术后不同时间点眼压均明显低于术前,差异均有统计学意义(均 $P < 0.001$)。术后 6 个月眼压平均降低(17.9 ± 10.9) mmHg,降幅为(43.7 ± 20.7)%(表 1)。

术后 6 个月,术眼使用的抗青光眼药物数量为 2(0,3)种,少于术前的 3(2,3)种,差异有统计学意义($Z = -2.70, P = 0.007$);32 眼(占 47.8%)使用的抗青光眼药物数量较术前减少(表 2)。术后 6 个月,术眼

BCVA(LogMAR 视力)为 1.40(0.52,2.70),较术前的 1.40(0.70,2.70)无明显变化,差异无统计学意义($Z=-0.10, P=0.952$)。

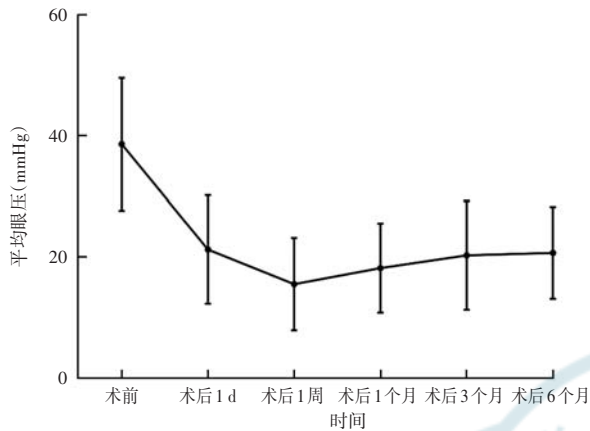


图 1 MP-TSCPC 治疗前后各时间点眼压情况 ($n=67$) 1 mmHg=0.133 kPa

Figure 1 Mean intraocular pressure at different time points after MP-TSCPC ($n=67$) 1 mmHg=0.133 kPa

表 1 手术前后各时间点眼压变化情况 ($\bar{x}\pm s$)

Table 1 Changes in intraocular pressure from baseline at different time points after surgery ($\bar{x}\pm s$)

时间	眼数	眼压 (mmHg)	相比基线眼压变化绝对值 (mmHg)	相比基线眼压变化幅度 (%)
术前	67	38.6±11.0	-	-
术后 1 d	67	21.2± 8.9	17.4±11.3	42.4±23.4
术后 1 周	67	15.5± 7.6	23.1±10.8	58.3±19.0
术后 1 个月	67	18.2± 7.4	20.4±12.1	48.9±28.9
术后 3 个月	67	20.3± 9.0	18.3±11.8	43.2±25.0
术后 6 个月	67	20.7± 7.6	17.9±10.9	43.7±20.7

注: -: 无数据; 1 mmHg=0.133 kPa

Note: -: no data; 1 mmHg=0.133 kPa

表 2 术前及术后 6 个月使用不同抗青光眼药物种类的眼数 [n (%)]

Table 2 Number of eyes receiving different types of ocular hypotensive medication preoperatively and at 6 months postoperatively [n (%)]

时间	总眼数	使用不同抗青光眼药物种类的眼数				
		0	1	2	3	4
术前	67	11(16.4)	2(3.0)	16(23.9)	28(41.8)	10(14.9)
术后 6 个月	67	17(25.4)	7(10.4)	20(29.9)	19(28.3)	4(6.0)

2.2 手术成功率及手术并发症

术后 6 个月,手术成功率为 83.6%(56/67)。4 眼接受重复 MP-TSCPC 治疗的患者,虽然术后 6 个月时眼压均控制良好,但按照手术失败标准(即重复 MP-TSCPC 治疗),均归为失败病例,包括新生血管性青光眼、ICE 综合征继发性青光眼、JOAG 及真性小眼球合并 PACG 各 1 眼。

术后随访期间共 26 眼发生并发症,其中 2 眼分别发生 2 种并发症,包括瞳孔扩大 11 眼(占 16.4%)、结膜出血 11 眼(占 16.4%)、轻微前房炎症 1 眼(占 1.5%)、轻度睫状体脱离 3 眼(占 4.5%)、局部脉络膜脱离 1 眼(占 1.5%)及黄斑囊样水肿 1 眼(占 1.5%),均在药物治疗后好转。其中,黄斑囊样水肿发生在患者重复 MP-TSCPC 治疗后第 2 个月,经药物干预治疗 2 个月恢复正常。未见脉络膜上腔出血、玻璃体积血及眼球萎缩等严重并发症发生。

3 讨论

本研究首次在国内报道了 MP-TSCPC 治疗难治性青光眼的前瞻性多中心系列病例观察研究,结果显示术后 6 个月手术成功率高达 83.6%,术后眼压明显降低,抗青光眼药物使用数量明显减少,且仅存在少量轻微并发症,表明 MP-TSCPC 是一种安全、有效的治疗难治性青光眼的手术方式。

既往文献报道,MP-TSCPC 在治疗青光眼方面具有良好疗效^[12-17]。Preda 等^[12]观察了 100 眼接受 MP-TSCPC 治疗的难治性青光眼患者,发现术后 18 个月的成功率为 77%,眼压平均降低了 41.82%。de Crom 等^[13]对 136 例高加索人青光眼患者 141 眼进行随访,结果显示术后 12 个月和 24 个月的手术成功率分别为 72.3%和 80%。Ariga 等^[16]研究也指出,MP-TSCPC 治疗印度难治性青光眼患者的手术成功率为 89.1%,眼压从基线时的(30.38±10.70)mmHg 降至术后 3 个月时的(17.60±8.40)mmHg。本研究结果显示,MP-TSCPC 治疗后 6 个月患者眼压降低了 43.7%,手术成功率为 83.6%,与之前报道的结果相当^[12-13,16]。

Radhakrishnan 等^[18]报道 MP-TSCPC 治疗后抗青光眼药物使用数量从术前的(3.6±1.4)种减至术后 6 个月的(2.8±1.4)种,与本研究结果基本一致。此外,本研究观察到 47.8%患者术后对抗青光眼药物的使用量减少。抗青光眼药物的使用数量与患者的依从性和生活质量密切相关,减少药物使用数量可以明显提高患者的依从性和生活质量^[19]。MP-TSCPC 治疗后能明显减少抗青光眼药物的使用,这表明该术式是已使用了最大耐受剂量的局部和/或全身降眼压药物的难治性青光眼患者,以及希望减少抗青光眼药物使用患者的可靠选择。

相较于传统的经巩膜睫状体光凝术后引起的持续性低眼压、玻璃体积血及眼球萎缩等并发症^[8-9], MP-TSCPC 术后表现出更好的安全性。MP-TSCPC 术后常见的并发症主要有瞳孔扩大和结膜出血, 两者的发生率均为 16.4%, 与既往文献报道相一致^[13,17-18]。在使用缩瞳药及糖皮质激素滴眼液治疗后, 这些并发症均能得到有效缓解。术后 1 个月内, 有 3 眼发生了轻度睫状体脱离, 1 眼发生了局部脉络膜脱离。查阅国外有关 MP-TSCPC 治疗的文献, 未发现类似报道。但目前国外大部分有关 MP-TSCPC 治疗的研究均为回顾性研究, 因此可能存在遗漏观察的可能。本研究推测这些脱离的发生可能与个体对微脉冲能量的反应不同有关, 但相关机制还有待进一步研究。本研究中有 1 例患者术后并发黄斑囊样水肿, 同时伴有暂时性视力下降, 该并发症发生在患者接受重复 MP-TSCPC 治疗后的第 2 个月, 但通过局部及全身药物治疗后已恢复。此前也有研究报道了 MP-TSCPC 治疗后出现视力下降的病例^[13,15,20]。de Crom 等^[13]使用了与本研究相似的治疗参数, 发现术后 3 个月内有 2 眼出现了短暂性视力下降。一些使用了更高治疗能量或更长治疗时间的研究也报道了更多视力受影响的病例^[15,20]。

本研究中共 4 眼接受了重复 MP-TSCPC 治疗, 分别在初次 MP-TSCPC 治疗后第 1、2、4 和 6 个月施行, 与既往文献报道一致^[14,20-22]。重复治疗后所有患眼的眼压均得到了较好控制, 表明 MP-TSCPC 重复治疗可以有效降低眼压并减少抗青光眼药物使用数量。

综上所述, 本研究通过多中心前瞻性观察研究证实, MP-TSCPC 治疗难治性青光眼安全、有效, 为青光眼的治疗提供了新的方式和视角。但本研究为观察性研究, 缺乏随机对比的数据验证该手术方式相对于传统手术治疗难治性青光眼的优势。另外, 本研究样本量较小, 随访时间较短, 仍需更大样本量、更长时间的随访以评估其长期效果。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 张秀兰、曾流芝、段宣初: 参与研究选题、研究设计、研究实施、论文修改及定稿; 林凤彬、胡白玉、凌绮莹: 参与研究资料整理、数据收集和分析/解释、论文撰写及修改; 宋云河、高新博、张英哲、陈瑜: 参与患者随访、数据采集、数据整理和分析

参考文献

- [1] GBD 2019 Blindness and Vision Impairment Collaborators, Vision Loss Expert Group of the Global Burden of Disease Study. Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years, and prevalence of avoidable blindness in relation to VISION 2020: the Right to Sight; an analysis for the Global Burden of Disease Study [J/OL]. *Lancet Glob Health*, 2021, 9(2): e144-e160 [2023-11-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33275949/>. DOI: 10.1016/S2214-109X(20)30489-7.
- [2] Flaxman SR, Bourne R, Resnikoff S, et al. Global causes of blindness and distance vision impairment 1990-2020: a systematic review and

- meta-analysis [J/OL]. *Lancet Glob Health*, 2017, 5(12): e1221-e1234 [2023-11-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29032195/>. DOI: 10.1016/S2214-109X(17)30393-5.
- [3] Tham YC, Li X, Wong TY, et al. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis [J]. *Ophthalmology*, 2014, 121(11): 2081-2090. DOI: 10.1016/j.ophtha.2014.05.013.
- [4] Gedde SJ, Vinod K, Wright MM, et al. Primary open-angle glaucoma preferred practice pattern[®] [J]. *Ophthalmology*, 2021, 128(1): 71-150. DOI: 10.1016/j.ophtha.2020.10.022.
- [5] Gedde SJ, Chen PP, Muir KW, et al. Primary angle-closure disease preferred practice pattern[®] [J]. *Ophthalmology*, 2021, 128(1): 30-70. DOI: 10.1016/j.ophtha.2020.10.021.
- [6] Chen MF, Kim CH, Coleman AL. Cyclodestructive procedures for refractory glaucoma [J/OL]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2019, 3(3): CD012223 [2023-11-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30852841/>. DOI: 10.1002/14651858.CD012223.pub2.
- [7] Dastiridou AI, Katsanos A, Denis P, et al. Cyclodestructive procedures in glaucoma: a review of current and emerging options [J]. *Adv Ther*, 2018, 35(12): 2103-2127. DOI: 10.1007/s12325-018-0837-3.
- [8] Kosoko O, Gaasterland DE, Pollack IP, et al. Long-term outcome of initial ciliary ablation with contact diode laser transscleral cyclophotocoagulation for severe glaucoma. The Diode Laser Ciliary Ablation Study Group [J]. *Ophthalmology*, 1996, 103(8): 1294-1302. DOI: 10.1016/s0161-6420(96)30508-3.
- [9] Ramli N, Htoon HM, Ho CL, et al. Risk factors for hypotony after transscleral diode cyclophotocoagulation [J]. *J Glaucoma*, 2012, 21(3): 169-173. DOI: 10.1097/IJG.0b013e318207091a.
- [10] Tan AM, Chockalingam M, Aquino MC, et al. Micropulse transscleral diode laser cyclophotocoagulation in the treatment of refractory glaucoma [J]. *Clin Exp Ophthalmol*, 2010, 38(3): 266-272. DOI: 10.1111/j.1442-9071.2010.02238.x.
- [11] Ma A, Yu S, Wong J. Micropulse laser for the treatment of glaucoma: a literature review [J]. *Surv Ophthalmol*, 2019, 64(4): 486-497. DOI: 10.1016/j.survophthal.2019.01.001.
- [12] Preda MA, Karancsi OL, Munteanu M, et al. Clinical outcomes of micropulse transscleral cyclophotocoagulation in refractory glaucoma-18 months follow-up [J]. *Lasers Med Sci*, 2020, 35(7): 1487-1491. DOI: 10.1007/s10103-019-02934-x.
- [13] de Crom R, Slangen C, Kujovic-Aleksov S, et al. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation in patients with glaucoma: 1- and 2-year treatment outcomes [J]. *J Glaucoma*, 2020, 29(9): 794-798. DOI: 10.1097/IJG.0000000000001552.
- [14] Aquino MC, Barton K, Tan AM, et al. Micropulse versus continuous wave transscleral diode cyclophotocoagulation in refractory glaucoma: a randomized exploratory study [J]. *Clin Exp Ophthalmol*, 2015, 43(1): 40-46. DOI: 10.1111/ceo.12360.
- [15] Emanuel ME, Grover DS, Fellman RL, et al. Micropulse cyclophotocoagulation: initial results in refractory glaucoma [J]. *J Glaucoma*, 2017, 26(8): 726-729. DOI: 10.1097/IJG.0000000000000715.
- [16] Ariga M, Nivean, Nivean PD, et al. Micropulse trans-scleral diode laser cyclophotocoagulation in refractory glaucoma: an initial experience in Indian eyes [J]. *Int Ophthalmol*, 2021, 41(8): 2639-2645. DOI: 10.1007/s10792-021-01697-1.
- [17] Lim E, Aquino CM, Lun K, et al. Efficacy and safety of repeated micropulse transscleral diode cyclophotocoagulation in advanced glaucoma [J]. *J Glaucoma*, 2021, 30(7): 566-574. DOI: 10.1097/IJG.0000000000001862.
- [18] Radhakrishnan S, Wan J, Tran B, et al. Micropulse cyclophotocoagulation: a multicenter study of efficacy, safety, and factors associated with increased risk of complications [J]. *J Glaucoma*, 2020, 29(12): 1126-1131. DOI: 10.1097/IJG.0000000000001644.
- [19] Sleath B, Blalock SJ, Carpenter DM, et al. Ophthalmologist-patient communication, self-efficacy, and glaucoma medication adherence [J]. *Ophthalmology*, 2015, 122(4): 748-754. DOI: 10.1016/j.ophtha.2014.11.001.
- [20] Williams AL, Moster MR, Rahmatnejad K, et al. Clinical efficacy and safety profile of micropulse transscleral cyclophotocoagulation in refractory glaucoma [J]. *J Glaucoma*, 2018, 27(5): 445-449. DOI: 10.1097/IJG.0000000000000934.
- [21] Al Habash A, AlAhmadi AS. Outcome of MicroPulse[®] transscleral photocoagulation in different types of glaucoma [J]. *Clin Ophthalmol*, 2019, 13: 2353-2360. DOI: 10.2147/OPHT. S226554.
- [22] Tekeli O, Köse HC. Outcomes of micropulse transscleral cyclophotocoagulation in primary open-angle glaucoma, pseudoexfoliation glaucoma, and secondary glaucoma [J]. *Eur J Ophthalmol*, 2021, 31(3): 1113-1121. DOI: 10.1177/1120672120914231.

(收稿日期: 2024-01-09 修回日期: 2024-03-26)

(本文编辑: 刘艳 施晓萌)

