

# 动态点光源照明技术在伴有严重角膜混浊的外伤性白内障手术中的应用

赵弋豪<sup>1</sup>, 冯蕊<sup>2</sup>, 王雪梅<sup>1</sup>, 张贤遇<sup>1</sup>, 张成<sup>1</sup>, 曲超<sup>1,2</sup>

1. 西南医科大学附属医院眼科, 四川 泸州 646099; 2. 四川省医学科学院·四川省人民医院(电子科技大学附属医院)眼科, 四川 成都 610072

**【摘要】** 目的 观察动态点光源照明技术在伴有严重角膜混浊的外伤性白内障手术中的安全性和可行性。方法 纳入外伤性白内障患者 12 例(12 眼)在动态点光源照明技术下行超声乳化术,术后随访 6 月并观察其术后最佳矫正视力(BCVR, logMAR), 眼压, 是否出现角膜失代偿。结果 12 例严重角膜混浊患者包括角膜穿通伤术后 6 例, 角膜层间异物 1 例, 虹膜根部离断 3 例, 钝挫伤伴晶状体半脱位 2 例。术中关闭显微镜光源, 在角膜透明区使用玻璃体切割机的光导纤维照明, 调节光纤照明方向进行超声乳化术。该照明技术辅助下, 外伤性白内障患者 12 眼均成功地进行了超声乳化术。BCVA 术前为(1.95±0.55), 术后末次随访为 1.28(0.85, 1.85), 差异有统计学意义( $P<0.05$ ); 眼压术前为(17.76±3.59)mmHg, 术后为(17.46±1.75)mmHg。术后均未发生角膜内皮失代偿。结论 动态点光源照明技术是一种无创、安全的技术, 可降低合并角膜混浊白内障患者的手术风险, 使得半脱位, 瞳孔异常等外伤性白内障患者有机会在不行穿透性角膜移植的情况下, 得以完成超声乳化手术, 改善生存质量。

**【关键词】** 复杂性白内障; 白内障手术; 角膜斑翳; 经角膜动态点光源照射

**【中图分类号】** R799.66

**【文献标志码】** A

**【文章编号】** 1672-6170(2026)01-0076-04

**Application of dynamic point light source irradiation technology in traumatic cataract surgery with severe corneal opacity** ZHAO Yi-hao<sup>1</sup>, FENG Rui<sup>2</sup>, WANG Xue-mei<sup>1</sup>, ZHANG Xian-yu<sup>1</sup>, ZHANG Cheng<sup>1</sup>, QU Chao<sup>1,2</sup> 1. Department of Ophthalmology, School of Clinical Medicine, Southwest Medical University, Luzhou 646099, China; 2. Department of Ophthalmology, Sichuan Academy of Medical Sciences & Sichuan Provincial People's Hospital (Affiliated Hospital of University of Electronic Science and Technology of China), Chengdu 610072, China

**【Corresponding author】** QU Chao

**【Abstract】** **Objective** To observe the safety and feasibility of dynamic point light source irradiation technology in traumatic cataract surgery complicated by severe corneal opacification. **Methods** Twelve patients (12 eyes) with traumatic cataracts complicated by severe corneal opacification were included. All patients underwent phacoemulsification with dynamic point light source irradiation technology. The patients were followed for 6 months. The best corrected visual acuity (BCVA, logMAR), intraocular pressure (IOP) and presence of corneal decompensation were observed. **Results** Among the 12 patients with severe corneal opacification, there were 6 cases with corneal perforation, 1 case with interlamellar corneal foreign body, 3 cases with iris root avulsion and 2 cases with blunt trauma and partial dislocation. During surgery, the microscope light source was turned off. A fiber-optic illuminator connected to a vitrector was used in the clear corneal area. The direction of the fiber-optic light was adjusted for phacoemulsification. Under this illumination technology, all 12 eyes of traumatic cataract patients successfully completed phacoemulsification. The BCVA was (1.95±0.55) before operation. At the final postoperative follow-up, it was 1.28 (0.85, 1.85). The difference was statistically significant ( $P<0.05$ ). The IOP was (17.76±3.59) mmHg before operation. The IOP was (17.46±1.75) mmHg after operation. No corneal endothelial decompensation occurred after operation. **Conclusions** Dynamic spotlight illumination technology is a non-invasive and safe technology. It can reduce the surgical risks in cataract patients with corneal opacification. This allows patients with traumatic cataracts, such as subluxation and abnormal pupils, to undergo phacoemulsification surgery without the need for penetrating keratoplasty. Thus, their quality of life will be improved.

**【Key words】** Stroke; Survivors; Fear of recurrence; Influencing factors; Selfperceived burden; Social support Complex cataract; Cataract surgery; Corneal nebula; Dynamic point light source irradiation through the cornea

超声乳化术是目前白内障手术的首选术式, 安全而微创; 但是对于伴有角膜斑翳的患者, 由于斑翳遮挡了眼前节视野, 将导致撕囊和超声乳化等步骤的手术风险加大<sup>[1]</sup>。针对此类患者, 传统手术方式是进行三联手术(角膜移植术联合白内障摘除和人工晶状体植入术)<sup>[2, 3]</sup>。但在某些情况下, 由于三联手术并发症风险高、角膜源等待时间长或角膜移植费用昂贵等

原因, 患者倾向于先选择单纯进行白内障手术<sup>[4-6]</sup>。混浊的角膜在传统显微镜照明下, 会引起光散射和反射, 降低晶状体及前囊可见度。据报道, 有几种技术可以帮助清晰地显示前段, 如前房枝形吊灯照明<sup>[7, 8]</sup>、枝型吊灯逆光照明<sup>[9]</sup>和内镜辅助白内障手术<sup>[10]</sup>。然而, 这些技术受到额外的器械因素限制了临床推广。Farjo 报道了无创的经角膜照明技术<sup>[11]</sup>, 该技术采用的是使用玻璃体切割机上使用的光导纤维照明, 治疗 3 例伴有角膜混浊的普通白内障患者。本研究拟使用该技术, 完成一些临床更为复杂的外伤

**【基金项目】** 国家自然科学基金资助项目(编号: 82171026)

**【通讯作者】** 曲超

性白内障手术,例如半脱位,虹膜裂伤,瞳孔后黏连等。探讨经角膜动态点光源照明治疗严重眼外伤患者的疗效及预后,为眼科医生临床提供参考。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 2018 年 1 月至 2023 年 12 月在四川省人民医院眼科确诊外伤性白内障患者 12 例(12 眼):角膜混浊伴有角膜穿通伤术后 6 例,角膜层间异物 1 例,虹膜根部离断 3 例,钝挫伤伴晶状体半脱位 2 例。纳入标准:拟行白内障手术患者;存在角膜混浊;无年龄限制。排除标准:严重眼部感染;重度全身性疾病;无法配合手术和术后治疗;孕期。本研究遵循《赫尔辛基宣言》,通过四川省医学科学院·四川省人民医院医学伦理委员会批准。

**1.2 方法** 所有患者入院后常规检查最佳矫正视力(BCVA),眼压,眼部 B 超,角膜内皮,IOL-Master,角膜地形图。所有手术均由同一位白内障专科医生进行;0.4%盐酸奥布卡因进行表面麻醉,同时给予 2%利多卡因注射液 5 ml 球周麻醉;聚维酮碘溶液结膜囊消毒;行 2.2 mm 角膜缘主切口、1 mm 侧切口;白色障患者晶状体前囊用 0.5%吲哚菁绿染色,在粘弹剂下铺开染色;关闭显微镜照明,在混浊角膜的透明区域放置光纤灯;连续环形撕囊;半脱位患者给予虹膜拉钩 3~4 枚,固定晶状体囊袋,并植入张力环;超声乳化;皮质吸除;通过主切口植入

可折叠人工晶状体;经角膜照明确认人工晶状体囊袋位置。虹膜根部离断患者,10-0 线缝合固定虹膜于巩膜突附近。

在连续环形撕囊、水分离、超声乳化术、皮质吸除过程中,助手根据术者的操作,调整光纤位置。当光纤光与角膜平行时,光线散射在晶状体囊前表面,适合撕囊和水分离(见图 1a~c)。在超声乳化术、皮质吸除过程中,光纤可与角膜夹角较大照射(见图 1d~f)。当光纤光与角膜垂直时,所形成光斑更小、更聚焦,更适用局部细节的观察和操作(见图 1g~i)。

当患者合并小瞳、瞳孔粘连等复杂情况,术中使用虹膜拉钩、虹膜粘连松解改善手术视野。有 2 例患者合并小瞳、瞳孔粘连,手术难度较大。考虑到两例患者的不同情况,使用不同的方法处理小瞳孔和粘连。病例 1 有明显的角膜混浊和角膜中央穿孔征象。考虑到患者计划接受角膜移植术,对术后视力期望较高。本研究使用虹膜拉钩扩大瞳孔,实现完整的连续环形撕囊及超声乳化术。病例 2 可见弥漫性角膜混浊伴角膜新生血管,混浊区几乎覆盖整个角膜区域。裂隙灯生物显微镜检查显示晶状体为 4 级核。经角膜动态点光源照射观察,瘢痕较少的角膜区存在虹膜阻塞视野,使用粘弹剂推动困难。为更好观察眼前节,囊膜剪机械分离瞳孔,粘弹剂推开虹膜,以确保手术完成。

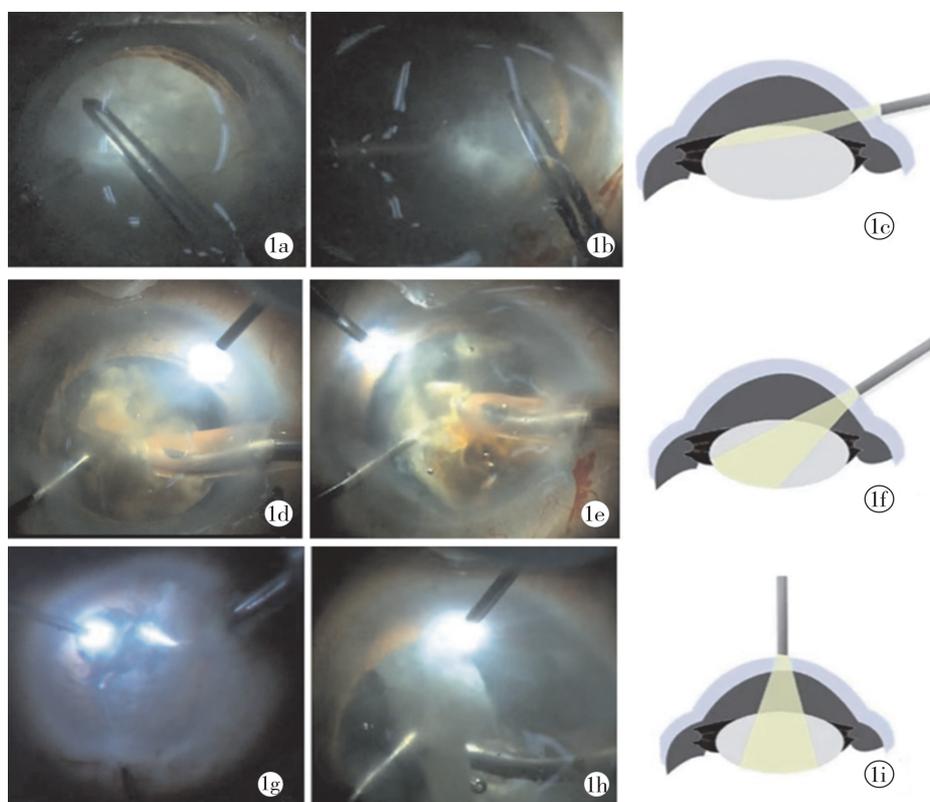


图 1 不同角度光纤的视野特点 a~c:光线接近水平入射,便于撕囊等前部操作;d~f:光线近 45° 射入,观察范围大,便于超乳等操作;g~i:光线垂直射入便于复杂精细操作

**1.3 统计学方法** 应用 SPSS 26.0 统计学软件进行数据分析。进行正态检验后,服从正态分布的计量资料以均数±标准差表示,采用配对 *t* 检验;非正态分布以中位数(Q1, Q3)表示,采用 Wilcoxon 配对符号秩和检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 患者术中及术后影像结果 所有患者均安全

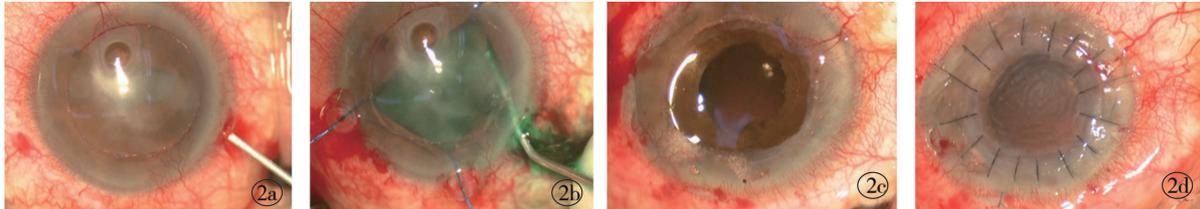


图2 三联手术(白内障手术和穿透性角膜移植术) a:术前照片显示由于角膜水肿显微镜下前节能能见度差;b:使用虹膜拉钩扩张瞳孔以进行撕囊和超声乳化;c:开放式角膜移植术;d:缝合角膜

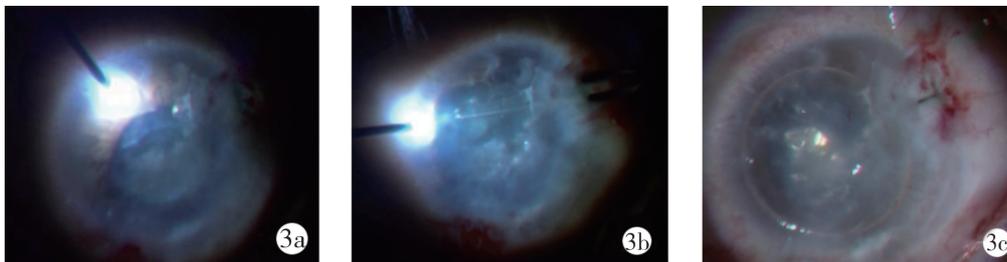


图3 弥漫性角膜混浊伴角膜新生血管 a:弥漫性角膜混浊伴随致密的白内障和明显的虹膜粘连;b:分离下方虹膜粘连以获得更好的可视化效果;c:植入了可折叠的人工晶状体,并向前房注入无菌空气

**2.2 患者末次检查最佳矫正视力及眼压** 本组 12 例患者,年龄 24~92 岁[(65.40±17.84)岁]。平均 LOCSIII N 评分为(3.05±0.89)分,角膜透明度分级评分为(2.85±0.59)分。术前最佳矫正视力为光感者 2 眼(16%),手动 4 眼(33%),数指 3 眼(25%),视力 20/1000~20/125 3 眼(25%)。经角膜动态点光源照明技术白内障手术后,末次随访时 BCVA 数指 4 眼(33%),5 眼(41%)视力在 20/500~20/400,3 眼(25%)视力在 20/100~20/40,BCVA 有明显改善,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。术后末次随访所有患者眼压均低于 21 mmHg,术后未造成患者眼压升高。所有病例未发现晶状体皮质残留。无术中术后皮质残留相关并发症。见表 1。

表1 使用光导纤维照明技术伴有严重角膜混浊个体手术前后 BCVA 及 IOP 情况

| 指标       | 眼数 | 术前         | 术后末次随访          | Z      | P     |
|----------|----|------------|-----------------|--------|-------|
| 最佳矫正视力   | 12 | 1.95±0.55  | 1.28(0.85,1.85) | -2.584 | 0.010 |
| 眼压(mmHg) | 12 | 17.76±3.59 | 17.46±1.75      | -0.262 | 0.653 |

视力为 logMAR 视力

**2.3 患者术后 1 周角膜内皮及角膜厚度** 患者术后一周角膜内皮结果相较术前无明显减少( $P > 0.05$ ),角膜厚度较术前无明显增厚( $P > 0.05$ )。该照明技术可使术者清除观察超声乳化过程,减少超

完成超声乳化术和连续环形撕囊术。所有病例均成功植入人工晶状体,后囊膜完好无损。即时患者合并其他特殊情况该技术亦能获益:如需行三联手术患者通过此方法行白内障手术相较传统开放式方法眼压更平稳,没有眼内容物脱出的风险,且对移植角膜损伤较少(图 2);合并虹膜后粘连患者通过此法可更好观察粘连情况,降低手术风险(图 3)。

声能量空放,避免不必要内皮损伤。见表 2。

表2 患者手术前后角膜内皮及角膜厚度变化

| 指标                    | 术前           | 术后          | t     | P     |
|-----------------------|--------------|-------------|-------|-------|
| 内皮数(mm <sup>2</sup> ) | 1608±402     | 1590±385    | 0.521 | 0.612 |
| 角膜厚度(μm)              | 480.48±11.87 | 484.70±8.72 | 0.868 | 0.404 |

## 3 讨论

在常规显微镜照明下进行白内障手术时,角膜混浊会导致光散射、反射,难以形成清晰的手术视野。本研究证明了经角膜动态点光源照明是一种安全且无创的辅助白内障手术方法,对角膜混浊患者具有良好的术中视野清晰度。

在常规手术灯光明下,角膜混浊患者进行白内障手术的风险主要在撕囊与超乳过程中,视物不佳情况下进行撕囊需要较高的技术要求。同时超声乳化过程中破后囊的风险更大,造成患者医疗费用增加,术后效果不佳。既往,许多技术被尝试用于克服这些困难,以在角膜混浊的白内障患者中更好的显示眼前段。枝型吊灯逆光照明通过玻璃体切割手术工具将吊灯纤维放置入玻璃体腔中。该方法的优势在于其可固定于眼球无需手持,然而,吊灯尖端的移动可能会引发医源性视网膜和晶状体损伤。此外,较长时间的光照暴露可能会增加视

网膜光毒性的风险<sup>[12]</sup>。因此,有几项研究报告了前房枝形吊灯照明。该方法需要在角膜缘对侧增加切口以插入内照明器。然而,尽管侧切口很小,但仍可能会引角膜起散光变化,并且切口限制吊灯的移动。频繁的位置调整可能会导致 Descemet 膜脱离。此外,前房吊灯存在与角膜内皮接触的风险,且影响手术操作,干扰术者的视野,尤其是在前房较浅,手术操作空间较少的情况下。最近,有研究使用内窥镜辅助白内障手术,但此方法可能受到设备昂贵、操作难度大以及深度感知和立体视觉丧失等缺点的限制<sup>[13]</sup>。

本研究旨在探讨简单且无创的经角膜动态点光源照明能否在伴有严重角膜混浊的白内障患者中实现良好的疗效。初期,本研究亦尝试在于膜上制作穿刺孔,将光导纤维探入前房内,实现照明;由于术中需要变化照明的角度,提高视野的清晰度,穿刺孔的损伤较大,不宜作 2 个以上的穿刺孔。后续探索发现,将光导纤维头抵在角膜缘角膜表面,可实现和进入前房相似的照明效果,所以将手术改为动态点光源照明。随后发现照明光线,有时会在器械表面形成高亮反光,影响手术进行,所以改变光导纤维的照射角度,从而调节光线的反射角度,可以改善术中的光照;无切口的动态照明便显示出更好的可调节性。在手术过程中,将光导纤维置于角膜缘水平照射,可以清晰地观察到撕起的囊袋的反光。解决了撕囊过程中可视化差的问题,降低了撕囊过程中手术风险。

角膜混浊患者既往多存在外伤史或角膜炎病史,角膜内皮细胞计数往往较正常患者低。角膜内皮失代偿患者预后不佳。在白内障患者中检测到内皮细胞计数低,在进行干预之前应考虑以下问题:手术导致角膜失代偿的风险有多高;干预期间如何保护角膜内皮;是否应该将白内障摘除术与角膜治疗相结合。在手术过程当中应使用小分子粘弹剂,超乳过程中超乳头应置于囊袋水平进行超乳,提前关闭能量避免多余超声能量对内皮产生损害。本研究使用照明方法可更好地观察患者眼内情况,避免视物不佳情况下的能量空放,降低了超乳过程中后囊破裂的风险,最大限度减少了术后内皮的减少的风险。目前,有文献表明 ROCK 抑制剂可调控细胞骨架动态重组、激活角膜内皮细胞增殖潜能使内皮细胞数量增多,重新建立角膜内皮细胞屏障,改善角膜内皮细胞的形态和功能,从而改善角膜水肿,挽救角膜内皮失代偿患者<sup>[14]</sup>。针对内皮不足患者,通过本文照明方法进行手术较少内皮损伤,结合 ROCK 抑制剂可

增加患者内皮的安全性<sup>[15]</sup>。

术后所有患者眼压检测均小于 21 mmHg。两位患者在两年的随访中出现了后囊混浊,并接受了 YAG 激光囊膜切开术。研究结果证明,经角膜动态点光源照明在长期随访中是一种有效且安全的方法。因此,我们建议在资源有限的条件和患有弥漫性角膜混浊的复杂白内障患者中,可以考虑应用灵活的经角膜动态点光源照明。

#### 【参考文献】

- [1] Sharma N, Singhal D, Maharana PK, et al. Phacoemulsification with coexisting corneal opacities [J]. J Cataract Refract Surg, 2019, 45(1): 94-100.
- [2] Janani R, Sneha P. Cataract surgery following penetrating keratoplasty in children [J]. Indian J Ophthalmol, 2023, 71(9): 3271.
- [3] Deshmukh R, Nair S, Vaddavalli PK, et al. Post-penetrating keratoplasty astigmatism [J]. Surv Ophthalmol, 2022, 67(4): 1200-1228.
- [4] Ho YJ, Sun CC, Chen HC. Cataract surgery in patients with corneal opacities [J]. BMC Ophthalmol, 2018, 18(1): 106.
- [5] Boucenna W, Bourges JL. Penetrating keratoplasty [J]. J Fr Ophthalmol, 2022, 45(5): 543-558.
- [6] Shree N, Gandhi M, Dave A, et al. Incidence and risk factors for post-penetrating keratoplasty glaucoma [J]. Indian J Ophthalmol, 2022, 70(4): 1239-1245.
- [7] Yuksel E. Intracameral endoilluminator-assisted phacoemulsification surgery in patients with severe corneal opacity [J]. J Cataract Refract Surg, 2020, 46(2): 168-173.
- [8] Tagle AC, Armarnik S, Jiang K, et al. Intracameral endoillumination-assisted cataract surgery in a child with an opaque cornea [J]. Can J Ophthalmol, 2020, 55(4): e146-e148.
- [9] Nagpal MP, Mahuvakar SA, Chaudhary PP, et al. Chandelier-assisted retroillumination for phacoemulsification in phacovitrectomy [J]. Indian J Ophthalmol, 2018, 66(8): 1094-1097.
- [10] Al Sabti K, Raizada S, Al Abduljalil T. Cataract surgery assisted by anterior endoscopy [J]. Br J Ophthalmol, 2009, 93(4): 531-534.
- [11] Farjo AA, Meyer RF, Farjo QA. Phacoemulsification in eyes with corneal opacification [J]. J Cataract Refract Surg, 2003, 29(2): 242-245.
- [12] Michels M, Lewis H, Abrams GW, et al. Macular phototoxicity caused by fiberoptic endoillumination during pars plana vitrectomy [J]. Am J Ophthalmol, 1992, 114(3): 287-296.
- [13] Dave VP, Tyagi M, Narayanan R, et al. Intraocular endoscopy: a review [J]. Indian J Ophthalmol, 2021, 69(1): 14-25.
- [14] Li S, Liu Z, Deng S, et al. The ROCK inhibitor netarsudil in the treatment of corneal endothelial decompensation caused by corneal endotheliitis: a case report and literature review [J]. Int Immunopharmacol, 2024, 136: 112195.
- [15] 郝一宪, 魏慧霞, 郭大东, 等. Rho/ROCK 信号通路在眼科疾病发生发展中的作用研究进展 [J]. 国际眼科杂志, 2021, 21(4): 640-643.

(收稿日期:2025-02-18;修回日期:2025-05-20)

(本文编辑:林 贇)