

超声睫状体成形术治疗青光眼研究进展

孟素坤 综述 许珂 张纯 审校

北京大学第三医院眼科 眼部神经损伤的重建保护与康复北京市重点实验室,北京 100191

通信作者:张纯,Email:Zhangc1@yahoo.com

【摘要】 睫状体破坏手术是用来降低青光眼眼压的有效手段,超声睫状体成形术(UCP)是通过微型换能器产生高强度聚焦超声,诱导睫状体凝固的计算机辅助、自动化的手术。UCP 主要通过破坏睫状突上皮细胞和增加葡萄膜巩膜通路引流 2 个机制降低眼压。UCP 适应证广泛,主要应用于难治性青光眼,包括有和无抗青光眼手术史的患者,能够有效降低眼压,安全性高,可重复治疗,可以作为非侵入性青光眼手术的有效替代方案。闭角型青光眼、术前眼压高、使用第 2 代探头和治疗暴露时间长的患者采用 UCP 治疗效果更好。本文就 UCP 在青光眼中应用的适应证、手术方法、注意事项、作用机制、有效性、安全性、影响治疗效果的因素及目前关于 UCP 治疗青光眼研究的不足进行综述,以期为其临床治疗和研究提供参考。

【关键词】 青光眼; 难治性青光眼; 睫状体; 手术; 超声睫状体成形术

基金项目: 国家自然科学基金项目(81970798)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20200213-00069

Research progress in ultrasound cycloplasty for the treatment of glaucoma

Meng Sukun, Xu Ke, Zhang Chun

Department of Ophthalmology, Peking University Third Hospital, Beijing Key Laboratory of Restoration of Damaged Ocular Nerve, Beijing 100191, China

Corresponding author: Zhang Chun, Email: Zhangc1@yahoo.com

【Abstract】 Surgery to destroy the ciliary body is an effective means to reduce the intraocular pressure in glaucoma. Ultrasound cycloplasty (UCP) is a computer-aided automatic operation that produces high-intensity focused ultrasound to induce ciliary body coagulation through miniaturized transducers. UCP reduces intraocular pressure mainly by destroying ciliary process epithelial cells and increasing uveoscleral outflow. With a wide range of indications, UCP is mainly used for refractory glaucoma, including patients with or without history of anti-glaucoma surgery. It can reduce intraocular pressure safely and efficiently with good outcome, and can be used as a reproducible effective alternative to non-invasive glaucoma surgery. The effect of UCP is better in patients with angle-closure glaucoma, high intraocular pressure before operation, application of second-generation probe and long exposure time. In order to provide reference for clinical treatment and research, the indications, surgical procedures, precautions, mechanism of action, effectiveness, safety, factors affecting therapeutic effect and the deficiencies of researches about UCP in the treatment of glaucoma were reviewed in this article.

【Key words】 Glaucoma; Refractory glaucoma; Ciliary body; Surgery; Ultrasound cycloplasty

Fund program: National Natural Science Foundation of China (81970798)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20200213-00069

青光眼是全球首位不可逆性致盲眼病,2013 年全球青光眼患者(40~80 岁)约有 6 430 万,2040 年将增加至 1.118 亿^[1]。治疗青光眼的主要方法是降低眼压,通常先使用降眼压滴眼液,当药物治疗不足以稳定病情时,则考虑行激光或手术。睫状体激光凝固术是一种常用的睫状体破坏手术,其原理是使用激光能量破坏睫状体,减少房水生成,从而降低眼压,但该手术有术眼疼痛感强、无法定量等缺点。最近,一种新型装置使用微型

换能器产生高强度聚焦超声(high-intensity focused ultrasound, HIFU)使睫状体凝固,称为超声睫状体成形术(ultrasound cycloplasty, UCP)^[2]。目前 UCP 的治疗指征主要为难治性青光眼,可以安全、有效地降低眼压,并发症较少,患者疼痛感轻,成为青光眼治疗领域的新选择。本文就 UCP 治疗青光眼的适应证、手术方法、注意事项、作用机制、有效性、安全性及影响治疗效果的因素等进行综述,以期为其临床治疗和研究提供参考。

1 UCP 概述

2010 年, Aptel 等^[3]描述了一种新的 HIFU 系统, 使用微型换能器产生 HIFU 诱导睫状体凝固, 并且采用法国 Eye Tech Care 公司研制出的新设备 EyeOP1 执行自动化、计算机辅助和非操作者依赖的凝固过程。这种通过微型换能器来实现 HIFU 诱导睫状体凝固的手术称为 UCP。HIFU 的特殊优势在于可以通过非光学透明介质聚焦能量, 不需要控制能量的吸收, 从而减少对邻近组织的影响。同样, 焦点部位的能量沉积和组织加热不依赖于组织色素沉着, 热效应可控, 这种优势尤其体现在睫状体上^[4]。

根据既往文献报道, UCP 适用于各种类型的难治性青光眼, 包括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)、新生血管性青光眼 (neovascular glaucoma, NVG)、剥脱性青光眼 (exfoliative glaucoma, XFG)、葡萄膜炎性青光眼、外伤性青光眼以及其他继发性青光眼^[5]。手术时机多选择晚期青光眼, 可在其他抗青光眼手术后进行, 也可在无抗青光眼手术史的患者中使用^[6-7]。

EyeOP1 治疗装置包括治疗性探头、定位环、触摸屏控制台和双功能控制脚踏板^[8], 其中探头直径为 30 mm, 高 15 mm, 6 个微型换能器环形分布在探头上, 每个换能器的有效表面积约为 25 mm² (6.3 mm×4 mm), 可实现对目标区域的高精度聚焦。治疗扇区可选 6、8 或 10 扇区, 每个扇区的暴露时间 (即 HIFU 作用于睫状体的时间) 第 1 代探头可选择 3、4 或 6 s, 而第 2 代探头固定为 8 s^[7,9]。

2 UCP 手术方法

术前可根据超声生物显微镜、眼前节光相干断层扫描、使用解剖学参数角膜白到白的距离和眼轴长度确定聚焦区域的位置, 选择合适的探头尺寸 (直径为 11、12 或 13 mm)^[10]。

常规手术消毒和麻醉 (球周或球后麻醉), 开启并连接好 EyeOP1 治疗装置后, 选择合适的治疗扇区。手动将定位环放置在术眼上, 确保瞳孔位置位于中心, 启动负压抽吸使其附着牢固。将治疗性探头放置在定位环中, 使用约 4 ml 无菌质量分数 0.9% 氯化钠溶液作为耦合剂和冷却剂。之后, 踩下踏板开始完全自动化的治疗程序, 控制模块自动顺序激活每个换能器, 每个扇区处理之间有 20 s 的暂停。术后根据情况使用类固醇或非甾体抗炎药和抗生素^[6,10]。

术前需注意按照患者情况选择合适的探头尺寸及治疗扇区, 术中应保证瞳孔位于中心, 定位环与眼球贴合紧密, 嘱患者眼球保持不动, 定位环与探头之间需充满 0.9% 氯化钠溶液。

3 UCP 作用机制

一些实验和临床研究对 UCP 的作用机制进行了探讨, 发现 UCP 主要通过破坏产生房水的睫状突上皮以及增加房水从葡萄膜巩膜通路流出 2 个机制降低眼压。

3.1 减少房水产生

在用 UCP 处理后的家兔中发现了睫状体和睫状突的选择性血管栓塞性坏死^[3]。Aptel 等^[11]用 HIFU 处理 34 只兔眼, 在光学显微镜下发现治疗区域睫状突基质水肿、血管充血、凝固性坏死, 在受影响最严重的睫状突远端, 双层上皮细胞坏死脱落; 采用电子显微镜观察发现, 在单个微型换能器超声照射下, 病变局限于 8~12 个相邻的睫状突; 数周后睫状体退化、萎缩, 而相邻未治疗区域的睫状突上皮细胞保持正常。

3.2 增加房水流出

最新研究表明, UCP 可以增加葡萄膜巩膜通路的房水引流。Aptel 等^[9]使用超声生物显微镜对 UCP 术后患者的眼前节进行成像, 发现 12 眼中有 8 眼出现脉络膜上腔液体间隙。Mastropasqua 等^[12]通过眼前节光相干断层扫描和体内激光扫描共聚焦显微镜观察 44 例 UCP 术后的难治性青光眼患者, 发现巩膜内先前的低反射空间 (hyporeflexive space, HS) 扩大且有新的 HS 形成, 推测这些 HS 的增加导致房水经巩膜外流增加; 此外, 在超声穿透部位结膜微囊体增加, 推测这些微囊体可能是房水通过巩膜并最终穿过结膜的标志。Roquancourt 等^[13]在 UCP 术后患者的超声生物显微镜检查中也观察到了眼前节葡萄膜-巩膜途径的增宽。

4 UCP 治疗青光眼的有效性和安全性

在临床上, UCP 首先应用于有抗青光眼手术史的难治性青光眼患者, 包括 POAG、PACG、NVG 和 XFG, 各个研究的手术成功率分别为 83.3%、63.3%、50.0%、57.1%、48.0%、65.0% 和 70.0%^[9,12,14-18], 但目前并没有统一的对 UCP 手术治疗成功标准的定义, 多数研究沿用了 Aptel 等^[9]研究中的标准, 即降压幅度 $\geq 20\%$ 且眼压 > 5 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa)^[9,14-16], 其他研究的成功标准与之略有不同。末次随访时行 UCP 治疗患者的眼压显著降低, 降压幅度为 20.1%~40.8%^[9], 术后 1 d、7 d、1 个月、3 个月、6 个月及 12 个月的降压幅度分别为 15.2%~39.0%、16.2%~49.0%、22.8%~43.0%、20.2%~44.5%、23.5%~37.6% 和 20.1%~46.0%^[9,12,14,16-17]。其中 Aptel 等^[18]对 152 例 169 眼原发性和继发性开角型或闭角型青光眼患者进行前瞻性临床研究, UCP 术后 12 个月眼压从术前 (27.1±9.3) mmHg 降至 (19.1±7.6) mmHg, 平均眼压下降 27%。一些研究发现 UCP 也可减少降压药物的使用数量, Melamed 等^[16]采用 UCP 治疗了 20 例 20 眼难治性青光眼, 术后 12 个月降眼压滴眼液的使用数量从基线的 4.6 种减少至 4.0 种。Giannaccare 等^[17]的研究中, 30 例难治性青光眼在 UCP 术后降眼压滴眼液的使用数量从 2.7 种减少至 2.0 种, 口服降眼压药物从 0.8 种减少至 0.3 种。

UCP 在无抗青光眼手术史的患者中也显示了良好的治疗效果。Aptel 等^[19]对 30 例无手术史的开角型青光眼 (25 例 POAG 和 5 例继发性开角型青光眼) 进行 UCP 治疗, 结果显示术后 1 d、7 d、1 个月、3 个月、6 个月及 12 个月的降压幅度分别为 29%、39%、19%、31%、28% 和 30%, 术后 12 个月降眼压药物使用数量从 3.6 种减少到 3.1 种, 合格成功率为 63% (合格成功定义为降压幅度 $\geq 20\%$, 眼压 > 5 mmHg, 停用降眼压药, 可能

有二次干预)。Torky 等^[5]对 62 例接受 UCP 治疗的无青光眼手术史的患者(23 例原发性青光眼和 39 例继发性青光眼)进行为期 12 个月的随访,合格成功率为 77.4%(合格成功定义为降压幅度 $\geq 30\%$,眼压 > 5 mmHg,无论是否用降眼压药),术后 12 个月的降压幅度为 42.3%,降眼压药使用数量从 3.2 种减少至 2.1 种。Giannaccare 等^[20]采用 UCP 治疗 47 例 49 眼青光眼(24 眼开角型青光眼、11 眼闭角型青光眼、9 眼 XFG 及 5 眼 NVG),其中 22 例无抗青光眼手术史,术后 12 个月眼压降低 28.7%,降眼压滴眼液从 3.2 种减少到 2.3 种,口服降眼压药从 0.5 种减少到 0.2 种。

2017 年,UCP 开始在中国应用。Hu 等^[6]使用 UCP 治疗 61 例中国青光眼患者(10 例 POAG、18 例 PACG、29 例 NVG 和 4 例外伤性青光眼),术后 3 个月眼压下降 23.1%,手术成功率为 50.0%,其中 PACG 的成功率最高,为 80.0%(成功定义为降压幅度 $\geq 20\%$,眼压 > 5 mmHg)。杨丛丛等^[21]在 20 例中国难治性青光眼患者(11 例闭角型青光眼和 9 例继发性青光眼)中进行 UCP 治疗,术后 3 个月,闭角型青光眼患者和继发性青光眼患者的降压幅度分别为 64.15%和 51.72%。可见,UCP 对中国青光眼患者的治疗也有不错的效果。

当 1 次 UCP 治疗效果未达到预期时,可以进行重复治疗。De Gregorio 等^[7]对 40 例难治性青光眼进行 UCP 治疗,结果显示 45%的患者接受 1 次治疗后获得了完全成功,术后 12 个月眼压降低了 45%;20%的患者在 2 次 UCP 治疗后获得了完全成功,术后 12 个月眼压降低了 35%;经过 3 次 UCP 治疗后,20%的患者获得了完全成功,术后 12 个月眼压降低了 52%;针对病情复杂的患者群体,重复治疗 12 个月后总体治疗成功率达到 85%(完全成功定义为 5 mmHg $<$ 眼压 ≤ 21 mmHg,停用降眼压药且不出现严重并发症)。该研究中,重复治疗的位点与初始治疗相同,时间间隔为 4 个月。该研究表明重复治疗安全、有效,而且可以提高整体治疗效果。Pellegrini 等^[22]在关于 UCP 术后眼内炎症反应的研究中发现,术后 3 个月眼内炎症反应恢复至术前水平,建议将 3 个月视为重复 UCP 治疗的合理时间。目前临床上认为至少 3 个月后可进行重复治疗,重复治疗位点应与初始治疗保持一致以达到最佳的治疗效果。

在目前所有已发表的研究中,UCP 的安全性较高,大多数不良并发症均为轻微、暂时的,常见的并发症有结膜充血、结膜下出血、前房炎症、暂时性视力波动、浅层点状角膜炎、角膜水肿、浅表角膜溃疡和一过性瞳孔散大^[10,20]。术后一般无痛感或痛感轻微,术后患者的疼痛感较术前显著减轻^[6,21]。术中及术后未出现严重并发症,如眼球癆、持续性低眼压等。伴或不伴脉络膜脱离的低眼压症较罕见,并且在几个月内可以自发完全消退^[12,14-15]。

5 UCP 疗效的影响因素

UCP 对不同类型青光眼的治疗效果存在差异。研究显示,UCP 对闭角型青光眼的降压效果更好,而继发性青光眼,如外伤性青光眼、NVG、葡萄膜炎性青光眼和 XFG 的手术成功率稍低^[5-6,15,17,20-21]。Giannaccare 等^[20]研究发现,UCP 治疗青光眼

的降压效果由高到低分别为闭角型青光眼、开角型青光眼、NVG 和 XFG,但目前其具体原因不明,尚需进一步研究。中国青光眼患者中闭角型青光眼的比例较高,文献显示 2015 年中国 54.42%的青光眼患者为 PACG,其次是 POAG 和继发性青光眼,分别占 39.79%和 5.79%^[23]。UCP 对闭角型青光眼降压效果更好的特点使其在中国青光眼治疗领域有更好的应用前景。

Giannaccare 等^[20]首次发现 UCP 术后眼压降低幅度与术前眼压显著相关,术前眼压更高的患者,术后眼压降低幅度更大。UCP 在有/无抗青光眼手术史的患者之间的治疗效果无显著差异^[6-7]。

UCP 的治疗效果可能与探头及治疗暴露时间有关。Giannaccare 等^[17]研究发现,较长的暴露时间(4、6 或 8 s)使眼压降低更多,但 Hu 等^[6]却发现 6 s 与 8 s 的降压效果无显著差异。此外,与第 1 代探头相比,第 2 代探头的降压效果更好^[15-16,20]。由于第 1 代探头可选择暴露时间为 3、4 或 6 s,而第 2 代探头固定暴露时间为 8 s,因此,第 2 代探头效果更好或许与暴露时间有关。

UCP 术后眼压下降幅度不佳或重新回升至原有水平可能与以下因素有关:(1)与青光眼发病机制有关,如 NVG;(2)未根据患者实际情况选择合适的治疗扇区;(3)早期失败(6 个月以内)可能因为手术过程中凝固的睫状体组织量不足^[20];(4)晚期失败(6 个月以上)可能反映了睫状突的再上皮化,其功能逐渐恢复^[20]。

6 目前关于 UCP 治疗青光眼研究的不足

目前关于 UCP 治疗青光眼的研究仍有一些不足:(1)目前对 UCP 手术成功标准尚缺少统一的定义,影响不同研究数据的整合及比较;(2)UCP 术后是否直接停用降眼压药物,不同研究有不同的选择,尚无定论;(3)虽然目前研究表明 UCP 可以减少降眼压药的用量,但术后突然停药,或许会引起眼压的波动,在一定时间内,如术后 1 个月或更久继续保持原有的药物或许是更好的选择^[5];(4)目前尚缺乏随机对照试验的研究;(5)关于国内患者应用 UCP 治疗的研究较少、样本量小、随访时间短,且尚缺少国内患者进行重复治疗的报道,仍需要进行 UCP 治疗青光眼更大样本量、更长随访时间的研究。

7 小结

UCP 是一种睫状体破坏术,通过微型换能器产生 HIFU,使睫状体血管栓塞性坏死,减少房水产生,以及增加房水经葡萄膜巩膜通路的引流,达到降低眼压、治疗青光眼的目的。HIFU 对靶组织的选择性强,热效应可控。UCP 的适应证广泛,主要应用于难治性青光眼,包括 POAG、PACG、NVG、XFG、葡萄膜炎性青光眼、外伤性青光眼以及其他继发性青光眼。UCP 降低眼压安全、有效,其治疗效果可能与青光眼类型、术前眼压、探头及治疗暴露时间有关。综合国内外的治疗情况来看,UCP 在中国患者中治疗效果更好可能与国内多使用第 2 代探头、治疗暴露时间较长有关。另外,因为国内闭角型青光眼患者比例较高,所以 UCP 在中国的应用前景较好。总的来说,UCP 适应证

广泛,能够安全、有效地降低眼压,重复治疗效果良好,可以作为非侵入性青光眼手术的有效替代方案,在青光眼领域有很好的应用前景。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 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.
- [2] Charrel T, Aptel F, Birer A, et al. Development of a miniaturized HIFU device for glaucoma treatment with conformal coagulation of the ciliary bodies [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2011, 37 (5) : 742-754. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2011.01.017.
- [3] Aptel F, Charrel T, Palazzi X, et al. Histologic effects of a new device for high-intensity focused ultrasound cyclocoagulation [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2010, 51 (10) : 5092-5098. DOI: 10.1167/iovs.09-5135.
- [4] Aptel F, Lafon C. Treatment of glaucoma with high intensity focused ultrasound [J]. *Int J Hyperthermia*, 2015, 31 (3) : 292-301. DOI: 10.3109/02656736.2014.984777.
- [5] Torkey MA, Al Zafiri YA, Hagraas SM, et al. Safety and efficacy of ultrasound ciliary plasty as a primary intervention in glaucoma patients [J]. *Int J Ophthalmol*, 2019, 12 (4) : 597-602. DOI: 10.18240/ijo.2019.04.12.
- [6] Hu D, Tu S, Zuo C, et al. Short-term observation of ultrasonic cyclocoagulation in Chinese patients with end-stage refractory glaucoma: a retrospective study [J/OL]. *J Ophthalmol*, 2018, 2018 : 4950318 [2021-07-15]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30271627/>. DOI: 10.1155/2018/4950318.
- [7] De Gregorio A, Pedrotti E, Stevan G, et al. Safety and efficacy of multiple cyclocoagulation of ciliary bodies by high-intensity focused ultrasound in patients with glaucoma [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2017, 255 (12) : 2429-2435. DOI: 10.1007/s00417-017-3817-4.
- [8] Mastropasqua R, Fasanella V, Mastropasqua A, et al. High-intensity focused ultrasound circular cyclocoagulation in glaucoma: a step forward for cyclodestruction? [J/OL]. *J Ophthalmol*, 2017, 2017 : 7136275 [2021-07-15]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28512580/>. DOI: 10.1155/2017/7136275.
- [9] Aptel F, Charrel T, Lafon C, et al. Miniaturized high-intensity focused ultrasound device in patients with glaucoma: a clinical pilot study [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2011, 52 (12) : 8747-8753. DOI: 10.1167/iovs.11-8137.
- [10] Posarelli C, Covello G, Bendinelli A, et al. High-intensity focused ultrasound procedure: the rise of a new noninvasive glaucoma procedure and its possible future applications [J]. *Surv Ophthalmol*, 2019, 64 (6) : 826-834. DOI: 10.1016/j.survophthal.2019.05.001.
- [11] Aptel F, Béglé A, Razavi A, et al. Short-and long-term effects on the ciliary body and the aqueous outflow pathways of high-intensity focused ultrasound cyclocoagulation [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2014, 40 (9) : 2096-2106. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2014.04.017.
- [12] Mastropasqua R, Agnifili L, Fasanella V, et al. Uveo-scleral outflow pathways after ultrasonic cyclocoagulation in refractory glaucoma: an anterior segment optical coherence tomography and *in vivo* confocal study [J]. *Br J Ophthalmol*, 2016, 100 (12) : 1668-1675. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2015-308069.
- [13] Roquancourt T, Aptel F, Rouland JF. UBM evaluation of mechanisms that drive intraocular pressure (IOP) decrease after ultrasound ciliary plasty (UCP) with high intensity focused ultrasound (HIFU), towards a new explanation of the role of uveoscleral pathway outflow [J/OL]. *Acta Ophthalmologica*, 2017, 95 (S259) [2021-07-23]. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1755-3768.2017.0S055>. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2017.0S055.
- [14] Aptel F, Dupuy C, Rouland JF. Treatment of refractory open-angle glaucoma using ultrasonic circular cyclocoagulation: a prospective case series [J]. *Curr Med Res Opin*, 2014, 30 (8) : 1599-1605. DOI: 10.1185/03007995.2014.910509.
- [15] Denis P, Aptel F, Rouland JF, et al. Cyclocoagulation of the ciliary bodies by high-intensity focused ultrasound: a 12-month multicenter study [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2015, 56 (2) : 1089-1096. DOI: 10.1167/iovs.14-14973.
- [16] Melamed S, Goldenfeld M, Cotlear D, et al. High-intensity focused ultrasound treatment in refractory glaucoma patients: results at 1 year of prospective clinical study [J]. *Eur J Ophthalmol*, 2015, 25 (6) : 483-489. DOI: 10.5301/ejo.5000620.
- [17] Giannaccare G, Vagge A, Gizzi C, et al. High-intensity focused ultrasound treatment in patients with refractory glaucoma [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2017, 255 (3) : 599-605. DOI: 10.1007/s00417-016-3563-z.
- [18] Aptel F, Rouland JF. Ultrasound ciliary plasty to treat glaucoma: efficacy and safety results on 152 patients [J/OL]. *Acta Ophthalmologica*, 2017, 95 (S259) [2021-07-23]. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1755-3768.2017.0S046>. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2017.0S046.
- [19] Aptel F, Denis P, Rouland JF, et al. Multicenter clinical trial of high-intensity focused ultrasound treatment in glaucoma patients without previous filtering surgery [J/OL]. *Acta Ophthalmol*, 2016, 94 (5) : e268-e277 [2021-07-19]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26547890/>. DOI: 10.1111/aos.12913.
- [20] Giannaccare G, Vagge A, Sebastiani S, et al. Ultrasound cyclo-plasty in patients with glaucoma: 1-year results from a multicentre prospective study [J]. *Ophthalmic Res*, 2019, 61 (3) : 137-142. DOI: 10.1159/000487953.
- [21] 杨丛丛, 姜涛, 王大博. 超声睫状体成形术治疗难治性青光眼的临床效果及安全性 [J]. *眼科新进展*, 2018, 38 (10) : 982-985. DOI: 10.13389/j.cnki.rao.2018.0232. Yang CC, Jiang T, Wang DB. Clinical effect and safety of ultrasound ciliary body plasty in the treatment of refractory glaucoma [J]. *Rec Adv Ophthalmol*, 2018, 38 (10) : 982-985. DOI: 10.13389/j.cnki.rao.2018.0232.
- [22] Pellegrini M, Sebastiani S, Giannaccare G, et al. Intraocular inflammation after ultrasound cyclo plasty for the treatment of glaucoma [J]. *Int J Ophthalmol*, 2019, 12 (2) : 338-341. DOI: 10.18240/ijo.2019.02.23.
- [23] Song P, Wang J, Bucan K, et al. National and subnational prevalence and burden of glaucoma in China: a systematic analysis [J/OL]. *J Glob Health*, 2017, 7 (2) : 020705 [2021-07-23]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29302324/>. DOI: 10.7189/jogh.07.020705.

(收稿日期: 2021-09-25 修回日期: 2022-02-18)

(本文编辑: 刘艳 施晓萌)