

超声睫状体成形术治疗难治性青光眼的疗效及安全性

苗 壮¹, 兰长骏^{1,2}, 徐正东¹, 杨 月¹, 周梦兰¹

引用: 苗壮, 兰长骏, 徐正东, 等. 超声睫状体成形术治疗难治性青光眼的疗效及安全性. 国际眼科杂志, 2024, 24(6): 985-989.

基金项目: 成都市医学科研课题(No.2022213)

作者单位: ¹(610056) 中国四川省成都市, 成都东区爱尔眼科医院; ²(637000) 中国四川省南充市, 川北医学院附属医院眼科

作者简介: 苗壮, 硕士, 主治医师, 研究方向: 屈光手术、青光眼与白内障。

通讯作者: 兰长骏, 硕士, 主任医师, 教授, 硕士研究生导师, 成都东区爱尔眼科医院院长、川北医学院附属医院眼科主任, 研究方向: 屈光性白内障手术与视觉质量. eyelanchangjun@163.com

收稿日期: 2023-10-18 修回日期: 2024-04-24

摘要

目的: 探讨超声睫状体成形术治疗难治性青光眼的安全性及临床有效性。

方法: 前瞻性研究。收集 2021-06/2022-10 在我院就诊的难治性青光眼患者 17 例 17 眼, 均行超声睫状体成形术治疗。随访 6 mo, 记录患者眼压、疼痛等级评分、降眼压药物使用、手术成功率以及并发症发生情况。

结果: 术后 1 d (32.54 ± 13.21 mmHg)、1 wk (22.38 ± 11.98 mmHg)、1 mo (22.63 ± 10.78 mmHg)、3 mo (26.05 ± 9.17 mmHg)、6 mo (23.73 ± 9.60 mmHg), 均较术前眼压 (51.98 ± 7.80 mmHg) 下降 (均 $P < 0.01$); 术后各时间节点眼压降低率依次为 36.25%、57.10%、56.35%、49.16%、54.09%。术后疼痛等级评分较术前下降 ($P < 0.01$)。术后降眼压药物使用数量较术前减少 ($P = 0.008$)。术后 6 mo 时完全成功 2 眼 (12%), 部分成功 11 眼 (65%), 失败 4 眼 (24%)。术后 1 d 发生前房炎性反应 1 眼 (6%)、异物感 2 眼 (12%)、结膜下出血 2 眼 (12%)、结膜充血 6 眼 (35%), 所有症状均在 1 wk 内自行消失。术后 10 d 发生脉络膜脱离 1 眼 (6%), 经口服醋酸泼尼松片治疗 1 mo 后恢复。未见前房积血、瞳孔异位、虹膜黏连、黄斑水肿等严重并发症。

结论: 超声睫状体成形术治疗难治性青光眼可有效降低眼压, 减轻患者眼部疼痛症状, 并具有良好的安全性。

关键词: 超声睫状体成形术; 高强度聚焦超声; 难治性青光眼; 眼压

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2024.6.28

Efficacy and safety of ultrasound cycloplasty in the treatment of refractory glaucoma

Miao Zhuang¹, Lan Changjun^{1,2}, Xu Zhengdong¹, Yang Yue¹, Zhou Menglan¹

Foundation item: Project of Chengdu Medical Association (No. 2022213)

¹Aier Eye Hospital (East of Chengdu), Chengdu 610056, Sichuan Province, China; ²Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China

Correspondence to: Lan Changjun. Aier Eye Hospital (East of Chengdu), Chengdu 610056, Sichuan Province, China; Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China. eyelanchangjun@163.com

Received: 2023-10-18 Accepted: 2024-04-24

Abstract

• **AIM:** To evaluate clinical efficacy and safety of ultrasound cycloplasty (UCP) in the treatment of refractory glaucoma.

• **METHODS:** From June 2021 to October 2022, a total of 17 patients (17 eyes) with refractory glaucoma were enrolled in this prospective study, and they all underwent UCP. The patients underwent 6 mo followed-up post-treatment, and the intraocular pressure (IOP), pain grade score, IOP lowering drugs, success rate and occurrence of complications were documented.

• **RESULTS:** The IOP was significantly decreased from 51.98 ± 7.80 mmHg before UCP to 32.54 ± 13.21 mmHg at 1 d, 22.38 ± 11.98 mmHg at 1 wk, 22.63 ± 10.78 mmHg at 1 mo, 26.05 ± 9.17 mmHg at 3 mo, and 23.73 ± 9.60 mmHg at 6 mo postoperatively (all $P < 0.01$). The percentage of IOP reduction after treatment was 36.25%, 57.10%, 56.35%, 49.16% and 54.09% at 1 d, 1 wk, 1, 3, and 6 mo, respectively. The pain grade scores were decreased ($P < 0.01$). There was a statistically significant reduction in the use of IOP lowering medications ($P = 0.008$). At 6 mo postoperatively, 2 eyes (12%) were complete success, 11 eyes (65%) were qualified success, and 4 eyes (24%) were failure. The main complication observed was anterior chamber inflammation in 1 eye (6%), foreign

body sensation in 2 eyes (12%), subconjunctival hemorrhage in 2 eyes (12%), and conjunctival congestion in 6 eyes (35%). All symptoms spontaneously resolved within 1 wk without requiring any specific treatment. One case of choroidal detachment (6%) occurred on 10 d postoperatively, but recovered after orally treated by prednisone acetate for 1 mo. No other serious complications, such as hyphema, corectopia, synechia or macular edema were reported.

• **CONCLUSION:** UCP is safe and efficacious in treating refractory glaucoma, reducing IOP and alleviating ocular pain symptoms, while maintaining a favorable safety profile.

• **KEYWORDS:** ultrasound cycloplasty; high-intensity focused ultrasound; refractory glaucoma; intraocular pressure

Citation: Miao Z, Lan CJ, Xu ZD, et al. Efficacy and safety of ultrasound cycloplasty in the treatment of refractory glaucoma. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2024,24(6):985-989.

0 引言

青光眼是一种与眼压升高相关,严重影响视力及视野的不可逆致盲性眼病,其发病率逐年提高,预计2040年全球的青光眼人数将达到1.118亿^[1],据估算2020年中国青光眼患者约2100万,约占全球总量的1/4^[2-3]。难治性青光眼是一组病因复杂、药物难以控制眼压的青光眼,通过常规滤过性手术或联合应用降眼压药物治疗后,依然很难控制视力损害及眼压^[4-7]。以往临床上对于难治性青光眼多采用睫状体冷冻术、睫状体光凝及经巩膜半导体激光睫状体光凝术等进行治疗,但由于其对组织损伤大、手术过程疼痛、并发症多、可重复性差,应用受限。2017年法国EYE TECH CARE公司设计的青光眼治疗设备EyeOP1获得中国上市许可,将治疗术式命名为超声睫状体成形术(ultrasound cycloplasty,UCP),治疗范围明确为医疗机构中药物和手术不能控制眼压的青光眼,《中国青光眼指南(2020年)》将UCP列为新生血管性青光眼可选择的手术方式之一。其技术特点为安全无切口、术后反应轻且可重复,本研究对17眼难治性青光眼进行UCP治疗,对其安全性及有效性进行评价。

1 对象和方法

1.1 对象 前瞻性研究。收集2021-06/2022-10在我院就诊的难治性青光眼患者17例17眼。纳入标准:(1)年龄>18岁;(2)确诊为难治性青光眼,存在严重的视力障碍及视野损害;(3)眼压及眼部疼痛症状手术治疗或使用联合降眼压药物无法缓解,眼压>21 mmHg。排除标准:(1)处于妊娠期或哺乳期;(2)在过去6 mo内诊断为正常眼压性青光眼;(3)3 mo内患有葡萄膜炎或有眼外伤病史;(4)全身情况欠佳,不能进行UCP治疗的患者。本研究经医院伦理委员会审批,遵照《赫尔辛基宣言》,所有患者签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 术前检查 常规进行术前眼科检查,视力、眼压及裂隙灯、眼底镜、房角镜、超声生物显微镜等检查,并记录患者降眼压药物使用情况及疼痛等级评分。疼痛等级评分按照患者感受采用数字(0-10分)疼痛程度分级,0分表示无痛即0级,1-3分表示轻度疼痛即1级,4-6分表示中度疼痛即2级,7-10分表示重度疼痛即3级^[8-9]。

1.2.2 手术操作 由同一位经验丰富的医师完成。采用球后麻醉,用定位环固定眼球,启动负压系统,在定位环内插入探头,在生理盐水水浴下进行,全程保持负压的稳定性。治疗开始后换能器以顺时针方式依次激活,每个治疗扇区持续8 s。根据脚踏控制治疗时间,每个扇区之间有20 s的暂停,扇区之间完全自动转换^[10]。治疗扇区的范围按照基线眼压进行选择,6扇区为眼压≤30 mmHg,8扇区为眼压>30 mmHg,10扇区为眼压>40 mmHg^[11]。术后使用非甾体类抗炎药(普拉洛芬滴眼液)联合糖皮质激素和抗生素(妥布霉素地塞米松滴眼液)点眼,每天4次,持续2 wk。若患者术后眼压<21 mmHg,则停止降眼压药物治疗;反之,继续选择使用降眼压药物。

1.2.3 术后随访 所有患者分别在UCP术后1 d,1 wk,1、3、6 mo进行复查。记录患者视力、眼压、降眼压药物使用情况、疼痛程度、并发症发生情况。

手术成功标准^[12-13]:根据末次随访时的平均眼压及降眼压药物的使用情况进行综合判定。完全成功:不使用任何降眼压药物,5 mmHg<术后眼压≤21 mmHg;部分成功:使用降眼压药物少于术前,术后眼压维持在5-21 mmHg或眼压降低幅度≥30%;失败:眼压控制不满足上述标准、术后降眼压药物使用量增加及在本研究期间需要用额外的其他手术治疗。手术成功率=(完全成功眼数+部分成功眼数)/总眼数×100%。眼压降幅=(术前平均眼压-术后平均眼压)/术前平均眼压×100%。

统计学分析:使用统计学软件SPSS 17.0进行数据处理。符合正态分布且满足方差齐性的计量资料采用平均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,重复测量数据采用重复测量方差分析,两两比较采用LSD-*t*检验,等级资料用眼数表示,采用两个相关样本的Wilcoxon符号秩检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 纳入患者一般资料 本研究收集难治性青光眼患者17例17眼,其中男10例,女7例,年龄41-82岁。其中新生血管性青光眼8眼,其他继发性青光眼7眼(外伤继发性青光眼2眼,葡萄膜炎继发青光眼4眼,玻璃体切除术后继发青光眼1眼)、闭角型青光眼及开角型青光眼各1眼(均为抗青光眼术后眼压控制不佳)。术前9眼无光感,4眼光感,4眼眼前手动。1眼因眼压控制不佳于UCP术后3 mo后行青光眼阀植入术,余16眼数据完整进行眼压等疗效指标的分析。

2.2 手术前后眼压比较 手术前后眼压比较差异有统计学意义($F = 25.381, P < 0.01$),术后各时间节点眼压均较术

前明显下降,差异均具有统计学意义(均 $P < 0.01$),见表1。术后1 wk,1,6 mo 眼压与术后1 d 眼压比较,差异均有统计学意义($P = 0.008, 0.009, 0.021$),术后3 mo 与术后1 d 眼压相比,差异无统计学意义($P = 0.086$),余各时间点两两比较差异均无统计学意义($P > 0.05$)。术后眼压整体呈下降趋势,见图1。

2.3 手术前后疼痛等级评分比较 术前平均疼痛评分 6.81 ± 1.11 分,术后6 mo 为 1.31 ± 1.30 分。手术前后疼痛等级评分比较差异有统计学意义($Z = -3.581, P < 0.01$),见表2。

2.4 手术前后降眼压药物使用情况比较 术前降眼压药物使用数量 2.81 ± 0.91 种,术后6 mo 为 1.75 ± 1.13 种。手术前后降眼压药物使用情况比较差异有统计学意义($Z = -2.656, P = 0.008$),见表3。

2.5 手术成功率 术后6 mo 时完全成功2眼(12%),部分成功11眼(65%),失败4眼(24%)。

2.6 并发症 术后1 d 发生前房炎性反应1眼(6%)、异物感2眼(12%)、结膜下出血2眼(12%)、结膜充血6眼(35%),术后常规局部抗炎抗感染治疗,未予特殊治疗,所有症状均在1 wk 内自行消失。术后10 d 发生脉络膜脱离1眼(6%),经口服醋酸泼尼松片30 mg 每天1次,治疗3 d 后好转停药,1 mo 后恢复。未见前房积血、瞳孔异位、虹膜黏连、黄斑水肿等严重并发症。

3 讨论

难治性青光眼病因复杂,病程长久,药物等常规治疗手段欠佳,除视力障碍、视野缺损、眼部胀痛外,严重者还会出现恶心、呕吐等症状,随着病程进展可致失明。UCP 通过高强度聚焦超声(high-intensity focused ultrasound, HIFU)作用于睫状体,选择性使治疗区域内的组织发生凝固性坏死。其作用机制^[14]主要为消融睫状体上皮细胞层,使睫状体部分萎缩,从而减少房水的产生;或致巩膜变薄,在睫状体内、睫状体与巩膜之间以及脉络膜与巩膜之间产生液性腔隙,开放葡萄膜巩膜通道,增加房水的外流,进而降低眼压。Wu 等^[15]纳入2018-2022年19篇文献进行Meta分析,均显示UCP可显著降低眼压,减少术后降眼压药物的使用,手术成功率较高,且术后并发症少,安全性良好。本研究将眼压、疼痛等级评分、降眼压药物使用数量、手术成功率、术后并发症作为有效性及安全性的评价指标。

本研究结果显示,术后1 d,1 wk,1,3,6 mo 眼压降幅平均率依次为36.25%、57.10%、56.35%、49.16%、54.09%,术后1 d 眼压下降明显但较其他时间节点眼压下降幅度较低,这可能与睫状上皮损伤,血水屏障破坏,血浆蛋白渗漏有关,有学者对UCP治疗前后房水闪辉值进行测定,数值均在术后1 d 迅速达到最高峰^[16-17],本研究缺乏此指标的测定。术后1 wk 时IOP下降幅度最大,随着时间推移,眼压有所波动,这与既往研究发现一致^[6,18-20]。此外也有不同的研究结果:Chen 等^[21]、王宇豪等^[22]研究显示眼压下降曲线在1 mo 降幅最明显,有研究证实UCP治疗后睫状体体积呈皱缩趋势,术后1 mo 时减小近5%,后趋于平缓^[17];赵文凤等^[23]在32例33眼晚期青光眼为期24 mo 的研究中指出,眼压整体呈下降趋势,术后时间越长,眼压逐渐降低至正常越趋于稳定;杨丛丛等^[7]研究结果显示,20例20眼难治性青光眼患者UCP治疗后3 mo,随着时间推移,眼压降低率逐渐升高;相反的,黄雪桃等^[12]对30例30眼新生血管性青光眼患者进行UCP治疗,随访6 mo,术后1 d 眼压降幅最明显为57.32%,眼压降低率随时间推移逐渐降低。不同研究中结果的差异与样本量有一定关系,也可能与青光眼类型、术前眼压基线值与术中扇区选择有关。既往研究UCP治疗难治性青光眼中闭角型青光眼分组疗效较好,而对新生血管性青光眼分组的治疗效果较差,不同青光眼类型之间眼压下降幅度具有差异性^[18-20]。本研究根据眼压基线进行6/8/10扇区的不同选择,国外多采用6和8扇区治疗,而国内目前大多研究统一选择10扇区治疗,Hu 等^[19]研究发现8扇区治疗比6扇区治疗在早期降眼压方面更为显著,但3 mo 后两组降眼

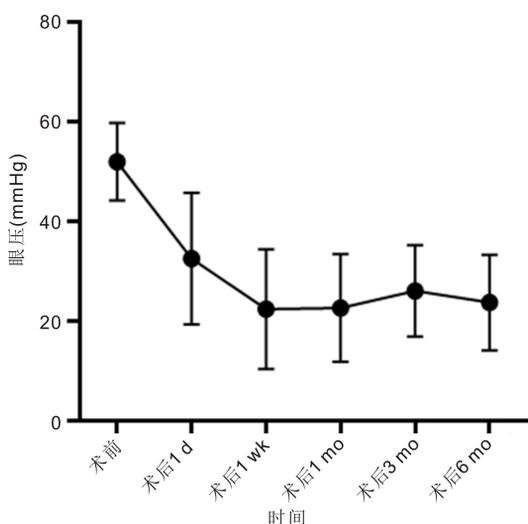


图1 手术前后不同时间眼压变化图。

表1 手术前后眼压比较

时间	眼数	眼压($\bar{x} \pm s$, mmHg)	眼压降幅(%)
术前	16	51.98 ± 7.80	
术后1 d	16	32.54 ± 13.21	36.25
术后1 wk	16	22.38 ± 11.98	57.10
术后1 mo	16	22.63 ± 10.78	56.35
术后3 mo	16	26.05 ± 9.17	49.16
术后6 mo	16	23.73 ± 9.60	54.09

表2 手术前后疼痛等级评分比较 眼(%)

时间	眼数	0级	1级	2级	3级
术前	16	0	0	5(31)	11(69)
术后6 mo	16	4(25)	11(69)	1(6)	0

表3 手术前后降眼压药物使用情况比较 眼(%)

时间	眼数	0种	1种	2种	3种	4种
术前	16	0	1(6)	5(31)	6(38)	4(25)
术后	16	3(19)	3(19)	5(31)	5(31)	0

压效果无明显差异,选择更为广泛的睫状体凝固范围,早期可能有更好的降眼压效果。但本研究因样本数量较少,未对不同扇区的选择及青光眼类型进行分组比较。

本研究结果显示手术总体成功率高,但是完全成功例数较少,随访期间仅2眼达到完全成功标准,与既往研究有所差别^[7,13,19-20,22-27]。其主要原因:(1)本研究采用相对严格的评判标准,参考目标眼压的控制、眼压降幅以及有无辅助降眼压药物的使用。既往大多数研究未细化完全成功、部分成功,认为术后眼压降幅 $\geq 20\%$ 和IOP > 5 mmHg即为手术成功^[19,24-27];王宇豪等^[22]将手术成功定义为10 mmHg $<$ IOP $<$ 21 mmHg或术后眼压较基线眼压降低 $\geq 30\%$,不使用降眼压药物或仅使用1-2种降眼压药物;牟大鹏等^[13]、Giannaccare等^[20]认为不使用降眼压药物,术后眼压降幅 $\geq 20\%$ 和眼压 > 5 mmHg为部分成功,在此基础上眼压 $<$ 21 mmHg为完全成功。手术标准不同,结果会产生一定的差异性;(2)术前降眼压药物使用数量较多,由表3可知,大部分患者术前降眼压使用数量集中在2-3种,虽然术后使用量降为 1.75 ± 1.13 种较术前使用数量(2.81 ± 0.91 种)明显下降,但术后完全不使用降眼压药物的情况仍较少;(3)术前眼压基线相对较高(51.98 ± 7.80 mmHg),而潘政等^[28]纳入的文献研究中,国外研究术前平均眼压基线多在30 mmHg以下。Giannaccare等^[20]研究指出术前IOP值较高的患者术后IOP降幅更大,两者存在显著的线性关系($P<0.0001$),本研究也与此一致,术后眼压降低幅度明显,但因为术前眼压基线较高,在术后完全不使用降眼压药物的情况下,仍然很难控制在21 mmHg以下;除此之外,样本量较小也是影响结果的重要因素。但本研究中采纳的病例多为患眼光感甚至无光感,视力障碍和视野缺损已不是首要考虑目标,患者诉求为减轻痛苦、保留眼球,提高生活质量,本研究中患者疼痛症状明显减轻,疼痛等级评分由术前平均 6.81 ± 1.11 分下降至 1.31 ± 1.30 分,且日常用药数量减少明显,患者满意度高。

本次研究中术后6 mo时失败病例共4眼,其中1眼因眼压控制不佳于术后3 mo后另行青光眼阀植入术,2眼眼压降低率为25%,未达到30%的降幅标准,另1眼眼压降幅虽为45%,但额外添加了降眼压药物进行控制。虽然Sarmiento等^[29]认为术后3 mo以后无明显并发症下眼压 > 21 mmHg可以行二次UCP手术,有良好的安全性且降眼压效果明显,但本研究中病例均未行重复UCP治疗,且没有进一步治疗诉求。

本研究结果显示安全性良好,除术后10 d因眼压过低发生脉络膜脱离1眼,经药物治疗1 mo后恢复,其余眼前节症状,未经特殊治疗1 wk内自行消失。此例并发症的发生因术后眼压过低所致,考虑与纤毛上皮凝固性坏死引起血水屏障破坏后炎症介质的释放,刺激葡萄膜巩膜通路或术后房水分泌减少有关^[30]。本研究未见其他报道中出现的前房积血、瞳孔异位、虹膜粘连、黄斑水肿等严重并发症。

综上所述,UCP治疗难治性青光眼可有效降低眼压,减轻患者眼部疼痛症状,无创并具有良好的安全性,更易

于患者接受,满足患者心理预期。但本次研究样本较少,纳入病例有限,缺乏组内及组间对照,随访时间较短,研究结果具有一定的局限性,未来需要细化研究设计,增加样本量及完善观察指标的采集,如难治性青光眼不同类型之间UCP治疗的组内对比,选择不同扇区UCP治疗的疗效区别,及不同术式与UCP疗效的差异性等。总之,UCP在我国的应用尚在探索阶段,代表了青光眼无刀手术的趋势,未来需要更细致的临床试验研究和行业指南规范。

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. *Ophthalmology*, 2014,121(11):2081-2090.
- [2] Cheng CY, Wang NL, Wong TY, et al. Prevalence and causes of vision loss in East Asia in 2015: magnitude, temporal trends and projections. *Br J Ophthalmol*, 2020,104(5):616-622.
- [3] 中华医学会眼科学分会青光眼学组,中国医师协会眼科医师分会青光眼学组. 中国青光眼指南(2020年). *中华眼科杂志*, 2020,56(8):573-586.
- [4] Kang YK, Shin JP, Kim DW. Long-term surgical outcomes of Ahmed valve implantation in refractory glaucoma according to the type of glaucoma. *BMC Ophthalmol*, 2022,22(1):270.
- [5] Becerril-Cazadero R, Seibold LK, Turati-Acosta M, et al. Surgical outcomes of a second Ahmed glaucoma valve implant for the treatment of refractory glaucoma. *J Glaucoma*, 2020,29(10):948-951.
- [6] Zhou LF, Hu D, Lan J, et al. Efficacy and safety of single Ultrasound Cyclo-Plasty to treat refractory glaucoma: results at 1 year. *Eur J Ophthalmol*, 2022,32(1):268-274.
- [7] 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. *眼科新进展*, 2018,38(10):982-985.
- [8] Treede RD, Rief W, Barke A, et al. Chronic pain as a symptom or a disease: the IASP Classification of Chronic Pain for the International Classification of Diseases (ICD-11). *Pain*, 2019,160(1):19-27.
- [9] 中华医学会. 临床诊疗指南-疼痛学分册. 北京:人民卫生出版社, 2007:13-15
- [10] Figus M, Posarelli C, Nardi M, et al. Ultrasound cyclo plasty for treatment of surgery-Naïve open-angle glaucoma patients: a prospective, multicenter, 2-year follow-up trial. *J Clin Med*, 2021,10(21):4982.
- [11] Wang T, Wang RX, Su Y, et al. Ultrasound cyclo plasty for the management of refractory glaucoma in Chinese patients: a before-after study. *Int Ophthalmol*, 2021,41(2):549-558.
- [12] 黄雪桃,祁颖,崔晴晴,等. 超声睫状体成形术治疗新生血管性青光眼的疗效及安全性. *国际眼科杂志*, 2020,20(5):842-846.
- [13] 牟大鹏,唐焯,安文在,等. 超声睫状体成形术治疗难治性青光眼半年随访效果的临床研究. *中华眼科医学杂志(电子版)*, 2019,9(6):366-371.
- [14] 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. *Ultrasound Med Biol*, 2014,40(9):2096-2106.
- [15] Wu TH, Yin X, Li JQ, et al. Efficacy and safety of ultrasound cycloplasty for the treatment of glaucoma: a Meta-analysis. *Int J Ophthalmol*, 2023,16(8):1317-1325.
- [16] Pellegrini M, Sebastiani S, Giannaccare G, et al. Intraocular inflammation after Ultrasound Cyclo Plasty for the treatment of glaucoma.

Int J Ophthalmol, 2019,12(2):338-341.

[17] 徐哲, 沈树浩, 朴光明, 等. 抗 VEGF 药物联合聚焦超声睫状体成形术治疗新生血管性青光眼的初步观察. 暨南大学学报(自然科学与医学版), 2021,42(6):647-652,659.

[18] Leshno A, Rubinstein Y, Singer R, et al. High-intensity focused ultrasound treatment in moderate glaucoma patients: results of a 2-year prospective clinical trial. J Glaucoma, 2020,29(7):556-560.

[19] Hu DP, Tu S, Zuo CG, et al. Short-term observation of ultrasonic cyclocoagulation in Chinese patients with end-stage refractory glaucoma: a retrospective study. J Ophthalmol, 2018,2018:4950318.

[20] Giannaccare G, Vagge A, Sebastiani S, et al. Ultrasound cycloplasty in patients with glaucoma: 1-year results from a multicentre prospective study. Ophthalmic Res, 2019,61(3):137-142.

[21] Chen D, Guo XJ, Luo SK, et al. Efficacy and safety of high-intensity focused ultrasound cycloplasty in glaucoma. BMC Ophthalmol, 2022,22(1):401.

[22] 王宇豪, 仇蕊倩, 强甜甜, 等. 抗 VEGF 联合超声睫状体成形术治疗新生血管性青光眼. 国际眼科杂志, 2023,23(4):668-671.

[23] 赵文凤, 赵军梅, 唐桂兰, 等. 高强度聚焦超声睫状体成形术治疗晚期青光眼的初步观察. 中华眼外伤职业眼病杂志, 2021,43(3):199-202.

[24] Aptel F, Dupuy C, Rouland JF. Treatment of refractory open-angle glaucoma using ultrasonic circular cyclocoagulation: a prospective case series. Curr Med Res Opin, 2014,30(8):1599-1605.

[25] Graber M, Rothschild PR, Khoueir Z, et al. High intensity focused ultrasound cyclodestruction versus cyclodiode treatment of refractory glaucoma: a retrospective comparative study. J Fr Ophtalmol, 2018,41(7):611-618.

[26] Rouland JF, Aptel F. Efficacy and safety of ultrasound cycloplasty for refractory glaucoma: a 3-year study. J Glaucoma, 2021,30(5):428-435.

[27] Denis P, Aptel F, Rouland JF, et al. Cyclocoagulation of the ciliary bodies by high-intensity focused ultrasound: a 12-month multicenter study. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2015,56(2):1089-1096.

[28] 潘政, 刘可, 张露蓉, 等. 超声睫状体成形术治疗青光眼. 国际眼科纵览, 2020,44(3):150-156.

[29] Sarmiento TM, Figueiredo R, Garrido J, et al. Ultrasonic circular cyclocoagulation prospective safety and effectiveness study. Int Ophthalmol, 2021,41(9):3047-3055.

[30] Almobarak FA, Alrubean A, Alsarhani WK, et al. Ultrasound cycloplasty after failed glaucoma surgery: outcomes and complications. Ophthalmol Ther, 2022,11(4):1601-1610.