

不同长度透明角膜切口的超声乳化术治疗年龄相关性白内障疗效比较

王正刚,熊 慧,刘光秀,万小娇

引用:王正刚,熊慧,刘光秀,等. 不同长度透明角膜切口的超声乳化术治疗年龄相关性白内障疗效比较. 国际眼科杂志, 2026, 26(10):1787-1792.

基金项目:四川省中医药管理局科研项目(No.25MSZX177)
作者单位:(610031)中国四川省成都市,四川省中医药科学院中医研究所 四川省第二中医医院
作者简介:王正刚,男,硕士,副主任医师,研究方向:白内障、青光眼。
通讯作者:王正刚. 24184378@qq.com
收稿日期:2026-03-11 修回日期:2026-08-21

摘要
目的:比较 2.2 mm 与 3.0 mm 透明角膜切口超声乳化术治疗年龄相关性白内障 (ARC) 的临床疗效。
方法:回顾性纳入 2025 年 1 月至 2025 年 11 月于我院眼科就诊的 ARC 患者,根据术中切口长度不同分为两组:观察组采用 2.2 mm 透明角膜切口;对照组采用 3.0 mm 透明角膜切口。比较两组患者术中相关指标,手术前后最佳矫正视力 (BCVA);术后 1 wk,1、3 mo 术源性散光 (SIA);术后 1、3 d 炎症反应 (前房闪辉值及前房炎症细胞数);术前及术后 3 mo 角膜内皮细胞参数 [角膜内皮细胞密度 (CECD)、六边形细胞比例 (HEX)、细胞面积变异系数 (CV) 及角膜内皮细胞丢失率];术后 3 mo 并发症发生情况。
结果:本研究共纳入 ARC 患者 120 例 120 眼,若患者双眼均符合纳入标准,仅选取右眼入组,观察组 60 例 60 眼中男 31 例,女 29 例,平均年龄 68.93 ± 6.01 岁;对照组 60 例 60 眼中男 28 例,女 32 例,平均年龄 69.25 ± 5.73 岁,两组间术前一般资料比较均无差异 (均 $P > 0.05$)。观察组术中平均超声时间、平均超声乳化能量、累积耗散能量及灌注液使用量均低于对照组 (均 $P < 0.01$)。术后 1 d,1 wk,观察组 BCVA 优于对照组 (均 $P < 0.05$);术后 1、3 mo 两组 BCVA 均无差异 (均 $P > 0.01$)。术后 1 wk,1、3 mo,观察组 SIA 均小于对照组,且术后 3 mo 散光轴向变化幅度亦小于对照组 ($P < 0.01$)。术后 1、3 d,观察组前房闪辉值及前房炎症细胞数均低于对照组 (均 $P < 0.01$)。术后 3 mo,观察组 CECD、HEX 均高于对照组,CV 值及内皮细胞丢失率均低于对照组 (均 $P < 0.05$)。观察组术后并发症总发生率为 11.7%,低于对照组的 26.7% ($P < 0.05$)。
结论:与 3.0 mm 透明角膜切口相比,2.2 mm 透明角膜切口超声乳化术治疗 ARC,能显著提升超声乳化效率,减轻术后早期炎症反应和 SIA,加速视力恢复,并在短期内更有效地保护角膜内皮细胞的功能与形态,降低并发症发生率。
关键词:年龄相关性白内障;透明角膜切口;超声乳化术;术源性散光;角膜内皮细胞
DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2026.10.18

Comparative efficacy of phacoemulsification using clear corneal incisions of different lengths in age-related cataract patients

Wang Zhenggang, Xiong Hui, Liu Guangxiu, Wan Xiaojiao

Foundation item: Sichuan Provincial Administration of Traditional Chinese Medicine Research Project (No.25MSZX177)
Institute of Traditional Chinese Medicine, Sichuan Academy of Chinese Medicine; Sichuan Second Hospital of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 610031, Sichuan Province, China
Correspondence to: Wang Zhenggang. Institute of Traditional Chinese Medicine, Sichuan Academy of Chinese Medicine; Sichuan Second Hospital of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 610031, Sichuan Province, China. 24184378@qq.com
Received:2026-03-11 Accepted:2026-08-21

Abstract

• **AIM:** To compare the clinical efficacy of phacoemulsification with 2.2 mm versus 3.0 mm clear corneal incisions in patients with age-related cataract (ARC).
• **METHODS:** ARC patients treated in the Ophthalmology Department of the hospital from January 2025 to November 2025 were retrospectively enrolled and divided into two groups according to the corneal incision size: the observation group underwent 2.2 mm clear corneal incision, while the control group underwent 3.0 mm clear corneal incision. The two groups were compared in terms of intraoperative parameters, pre- and postoperative best-corrected visual acuity (BCVA), surgically induced astigmatism (SIA) at 1 wk, 1 and 3 mo postoperatively, inflammatory response (anterior chamber flare value and anterior chamber inflammatory cell count) at 1 and 3 d postoperatively, corneal endothelial cell parameters [corneal endothelial cell density (CECD), hexagonal cell ratio (HEX), coefficient of variation (CV) of cell area, and corneal endothelial cell loss rate] measured preoperatively and at 3 mo postoperatively, and the incidence of complications within 3 mo after surgery.
• **RESULTS:** A total of 120 ARC patients (120 eyes for patients with bilateral eyes meeting the inclusion criteria, only the right eye was enrolled) were enrolled, with 60 patients (60 eyes) in the observation group (31 males and 29 females, mean 68.93 ± 6.01 y) and 60 patients (60 eyes) in the control group (28 males and 32 females, mean 69.25 ± 5.73 y). No statistically significant differences were

observed in preoperative baseline data between the two groups (all $P>0.05$). The mean intraoperative ultrasound time, mean phacoemulsification energy, cumulative dissipated energy, and volume of irrigation fluid used in the observation group were significantly lower than those in the control group (all $P<0.01$. At 1 d and 1 wk postoperatively, BCVA in the observation group was significantly better than that in the control group (both $P<0.05$). At 1 and 3 mo postoperatively, there was no statistically significant difference in BCVA between the two groups (both $P>0.01$). At 1 wk, 1 and 3 mo postoperatively, SIA in the observation group was significantly lower than that in the control group, and the change in astigmatism axis at 3 mo postoperatively was also significantly smaller in the observation group ($P<0.01$). At 1 and 3 d postoperatively, the anterior chamber flare value and inflammatory cell count in the observation group were significantly lower than those in the control group (all $P<0.05$). At 3 mo postoperatively, CECD and HEX in the observation group were significantly higher than those in the control group, while CV and endothelial cell loss rate were significantly lower (all $P<0.05$). The total incidence of postoperative complications in the observation group was 11.7%, which was significantly lower than that in the control group (26.7%, $P<0.05$).

• CONCLUSION: Compared with the 3.0 mm clear corneal incision, the 2.2 mm clear corneal incision phacoemulsification for ARC can significantly improve phacoemulsification efficiency, reduce early postoperative inflammatory response and SIA, accelerate visual recovery, better preserve the morphology and function of corneal endothelial cells in the short term, and lower the incidence of complications.

• KEYWORDS: age - related cataract; clear corneal incision; phacoemulsification; surgically induced astigmatism; corneal endothelial cells

Citation: Wang ZG, Xiong H, Liu GX, et al. Comparative efficacy of phacoemulsification using clear corneal incisions of different lengths in age-related cataract patients. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2026,26(10):1787-1792.

0 引言

年龄相关性白内障 (age-related cataract, ARC) 是晶状体老化过程中发生的混浊, 临床表现为渐进性视力下降、对比敏感度降低及眩光等, 严重者可致失明, 是全球首位致盲性眼病, 严重影响老年人群生活质量^[1-2]。目前, 手术摘除混浊晶状体并植入人工晶状体是唯一有效的治疗方法^[3]。连续环形撕囊 (continuous curvilinear capsulorhexis, CCC) 联合超声乳化吸除术已成为 ARC 手术治疗的金标准术式, CCC 可确保前囊膜开口完整居中, 为超声乳化提供稳定操作空间并保障人工晶状体远期居中性; 超声乳化则通过乳化针头将晶状体核粉碎后吸出, 实现白内障清除^[4]。传统同轴超声乳化多采用 3.0 mm 透明角膜切口, 虽已具备良好微创性, 但仍不可避免地造成一定程度的术源性散光 (surgically induced astigmatism, SIA) 及角膜内皮损伤, 影响术后早期视力恢复和角膜愈

合质量, 此外, 较大切口易导致前房浪涌和灌注液渗漏, 增加眼内组织扰动^[5]。为克服上述不足, 2.2 mm 微切口超声乳化技术应运而生。理论上, 更小的切口可最大限度维持前房稳定性, 减少灌注液渗漏和湍流, 降低对角膜内皮的机械损伤, 同时有望进一步减小 SIA、加速术后视功能恢复并减轻炎症反应^[6]。据此, 本研究比较 2.2 mm 与 3.0 mm 透明角膜切口超声乳化术治疗 ARC 的临床效果, 旨在为微切口手术的临床优势提供更全面的循证依据。

1 对象和方法

1.1 对象 回顾性纳入 2025 年 1 月至 2025 年 11 月于我院眼科就诊的 ARC 患者。若患者双眼均符合纳入标准, 仅选取右眼入组。纳入标准: (1) 年龄 ≥ 50 岁; (2) 裂隙灯显微镜下显示晶状体出现与年龄相关的混浊 (包括皮质、核或后囊下混浊), 伴有渐进性、无痛性视力下降; (3) 符合《中国成人白内障摘除手术指南 (2023 年)》^[7] 中 ARC 的诊断标准; (4) 晶状体核硬度 LOCS II 分级为 II-IV 级; (5) 术前柱镜度数 <1.50 D。排除标准: (1) 外伤、炎症、代谢性疾病、药物等其他原因所致的晶状体混浊; (2) 合并其他眼部疾病, 如青光眼、葡萄膜炎、高度近视、角膜病变、视网膜疾病、既往眼部手术史或外伤史; (3) 术中发生后囊膜破裂、玻璃体脱出、悬韧带断裂等严重并发症; (4) 合并未控制的高血压、糖尿病、自身免疫性疾病等严重全身疾病无法耐受手术或影响术后恢复。本研究取得医学伦理委员会审查批准 (批准号: 2024ZX-12), 所有参与者均签署知情同意书。

1.2 方法 采用表面麻醉, 于角膜缘内 0.5 mm 处制作透明角膜主切口, 方向为颞上方 (右眼) 或鼻上方 (左眼), 切口内口与虹膜平面平行。对照组采用 3.0 mm 角膜穿刺刀, 观察组采用 2.2 mm 角膜穿刺刀。于 2:00 位用 15° 穿刺刀制作 1.0 mm 侧切口。前房注入黏弹剂后, 以截囊针连续环形撕囊, 直径约 5.5 mm。行水分离及水分层后, 使用囊袋内超声乳化技术将晶状体核乳化吸除。超声乳化仪参数设置为: 最大超声能量 40%, 瓶高 75 cm, 负压 350 mmHg。观察组使用 2.2 mm 专用超声乳化针头, 对照组使用 3.0 mm 常规针头。吸除残留皮质后, 囊袋内再次注入黏弹剂, 植入亲水性丙烯酸酯非球面人工晶状体, 调整使其居中。对照组经 3.0 mm 切口植入, 观察组经 2.2 mm 切口使用专用推注器植入。吸除残留黏弹剂后, 水密切口, 指测眼压正常。

术后均使用妥布霉素地塞米松滴眼液每日 4 次, 普拉洛芬滴眼液每日 4 次, 连续 2 wk; 人工泪液每日 4 次, 连续 1 mo。术后 1 wk, 1, 3 mo 复查。

观察指标: (1) 手术相关指标: 记录平均超声时间、平均超声乳化能量, 计算累积耗散能量, 公式为: 累积耗散能量 = 平均超声时间 $\times$ 平均超声乳化能量 / 100%; 同时记录灌注液使用总量。(2) 最佳矫正视力 (best-corrected visual acuity, BCVA): 分别于术前, 术后 1 d, 1 wk, 1, 3 mo, 采用国际标准对数视力表测量患眼 BCVA, 数据均转换为最小分辨角对数视力 (LogMAR) 进行统计分析。(3) 术源性散光: 于术前, 术后 1 wk, 1, 3 mo 采用自动角膜曲率计测量角膜曲率, 记录角膜散光度数及轴位。采用 Holladay-Cravy-Koch 矢量分析法, 通过 ASSORT 软件对术前与术后各时间点的散光数据进行矢量相减, 计算 SIA, 并记录散光轴向的变化。(4) 术后炎症反应: 于术后 1、3 d 采用激光闪辉细胞仪检测前房闪辉值, 并在裂隙灯显

显微镜下计数前房炎症细胞数。(5)角膜内皮细胞参数:于术前及术后 3 mo 采用非接触型角膜内皮细胞显微镜对患眼角膜中央区进行拍摄,使用仪器自带图像分析系统计算角膜内皮细胞密度 (corneal endothelial cell density, CECD)、六边形细胞比例 (hexagonal cell ratio, HEX)、细胞面积变异系数 (coefficient of variation, CV)。角膜内皮细胞丢失率=(术前 CECD-术后 3 mo CECD)/术前 CECD×100%。(6)术后并发症:记录术后 3 mo 内出现的各类并发症,包括角膜内皮水肿(裂隙灯下可见角膜基质层增厚、雾状混浊)、前房渗出或纤维膜形成、一过性眼压升高(非接触眼压计测量>30 mmHg)、后发性白内障(随访期间出现后囊膜混浊需行激光治疗者)。

统计学分析:采用 SPSS 26.0 软件分析,计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,两组间计量资料比较采用独立样本 t 检验,组内比较采用配对样本 t 检验;多时间点重复测量数据采用重复测量方差分析,球形检验不满足时行 Greenhouse - Geisser 校正,组内时间点两两比较采用 LSD- t 检验。计数资料以 $n(\%)$ 表示,行 χ^2 检验。等级资料比较采用 Mann-Whitney U 检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者术前一般资料比较 本研究共纳入 ARC 患者 120 例 120 眼,若患者双眼均符合纳入标准,仅选取右眼入组,根据手术方式不同分为两组:观察组 60 例 60 眼采用 2.2 mm 透明角膜切口;对照组 60 例 60 眼采用 3.0 mm 透明角膜切口。两组患者性别、年龄、眼别及晶状体核硬度分级、柱镜度数比较,差异均无统计学意义 ($P>0.05$),具有可比性,见表 1。

表 1 两组患者术前一般资料比较

分组	例数 (眼数)	性别 (男/女,例)	年龄 ($\bar{x}\pm s$,岁)	眼别 (左/右,眼)	晶状体核硬度分级(眼,%)			柱镜度数 ($\bar{x}\pm s$,D)
					Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级	
观察组	60(60)	31/29	68.93±6.01	33/27	10(16.7)	36(60.0)	14(23.3)	0.92±0.21
对照组	60(60)	28/32	69.25±5.73	31/29	12(20.0)	35(58.3)	13(21.7)	0.94±0.22
$\chi^2/t/Z$		0.300	0.299	0.134		0.233		0.509
P		0.584	0.766	0.714		0.890		0.611

注:观察组采用 2.2 mm 透明角膜切口;对照组采用 3.0 mm 透明角膜切口。

表 2 两组患者手术相关指标比较

分组	眼数	平均超声时间(s)	平均超声乳化能量(%)	累积耗散能量(%·s)	灌注液使用量(mL)
观察组	60	15.27±3.85	9.74±2.16	1.48±0.31	88.21±13.94
对照组	60	18.53±4.21	12.68±3.15	2.35±0.52	95.47±15.32
t		4.426	5.962	11.132	2.715
P		<0.01	<0.01	<0.01	0.008

注:观察组采用 2.2 mm 透明角膜切口;对照组采用 3.0 mm 透明角膜切口。

表 3 两组患者手术前后 BCVA 比较

分组	眼数	术前	术后 1 d	术后 1 wk	术后 1 mo	术后 3 mo
观察组	60	0.88±0.21	0.28±0.06 ^a	0.13±0.03 ^{a,c}	0.08±0.01 ^{a,c,e}	0.06±0.01 ^{a,c,e,g}
对照组	60	0.85±0.20	0.35±0.08 ^a	0.18±0.04 ^{a,c}	0.08±0.02 ^{a,c,e}	0.06±0.01 ^{a,c,e,g}
t		0.801	5.422	7.746	0.000	0.000
P		0.425	<0.01	<0.01	1.000	1.000

注:观察组采用 2.2 mm 透明角膜切口;对照组采用 3.0 mm 透明角膜切口;^a $P<0.05$ vs 术前;^c $P<0.05$ vs 术后 1 d;^e $P<0.05$ vs 术后 1 wk;^g $P<0.05$ vs 术后 1 mo。

2.2 两组患者手术相关指标比较 观察组术中平均超声时间、平均超声乳化能量、累积耗散能量及灌注液使用量均低于对照组,差异均有统计学意义 ($P<0.05$),见表 2。

2.3 两组患者手术前后 BCVA 比较 两组患者手术前后 BCVA 比较差异有统计学意义 ($F_{\text{组间}}=15.327, P_{\text{组间}}<0.001$; $F_{\text{时间}}=862.451, P_{\text{时间}}<0.001$; $F_{\text{交互}}=18.654, P_{\text{交互}}<0.001$)。术前两组患者 BCVA 比较差异无统计学意义 ($P>0.05$),术后 1 d,1 wk 观察组 BCVA 均优于对照组,差异均有统计学意义 ($P<0.01$),术后 1、3 mo 两组患者 BCVA 比较差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。各组内两两比较显示,两组术后各时间点 BCVA 均较术前显著改善,且各组内术后各时间点两两比较差异均有统计学意义 ($P<0.05$),见表 3。

2.4 两组患者术后不同时间点 SIA 比较 两组患者术后不同时间点 SIA 比较差异有统计学意义 ($F_{\text{组间}}=128.536, P_{\text{组间}}<0.001$; $F_{\text{时间}}=156.327, P_{\text{时间}}<0.001$; $F_{\text{交互}}=4.872, P_{\text{交互}}=0.009$)。观察组术后 1 wk,1、3 mo SIA 均小于对照组,差异均有统计学意义 ($P<0.01$)。各组内术后不同时间 SIA 两两比较差异均有统计学意义 ($P<0.05$),见表 4。此外,观察组术后 3 mo 散光轴向变化幅度小于对照组 ($4.86^\circ\pm 1.05^\circ$ vs $7.53^\circ\pm 1.67^\circ$),差异有统计学意义 ($t=10.484, P<0.01$)。

2.5 两组患者术后早期炎症反应比较 术后 1、3 d,观察组患者术眼前房闪辉值和前房炎症细胞计数均低于对照组,差异均有统计学意义 ($P<0.01$),见表 5。

2.6 两组患者手术前后角膜内皮细胞比较 术后 3 mo,观察组患者术眼 CECD、HEX 均高于对照组,CV 值及角膜内皮细胞丢失率均低于对照组,差异均有统计学意义 ($P<0.01$),见表 6。

表 4 两组术后不同时间点 SIA 比较					$\bar{x}\pm s$
分组	眼数	术后 1 wk	术后 1 mo	术后 3 mo	
观察组	60	0.63±0.12	0.48±0.11 ^a	0.35±0.08 ^{a,c}	
对照组	60	0.97±0.20	0.74±0.16 ^a	0.51±0.12 ^{a,c}	
<i>t</i>		11.292	10.372	8.593	
<i>P</i>		<0.01	<0.01	<0.01	

注:观察组采用 2.2 mm 透明角膜切口;对照组采用 3.0 mm 透明角膜切口;^a*P*<0.05 *vs* 术后 1 wk;^c*P*<0.05 *vs* 术后 1 mo。

表 5 两组术后早期炎症反应比较						$\bar{x}\pm s$
分组	眼数	前房闪辉(光子/毫秒)		前房炎症细胞数(个/视野)		
		术后 1 d	术后 3 d	术后 1 d	术后 3 d	
观察组	60	16.82±3.47	9.21±1.26	12.47±2.35	5.84±1.02	
对照组	60	24.37±5.53	12.45±2.38	18.53±4.21	8.26±1.53	
<i>t</i>		8.958	9.320	9.736	10.194	
<i>P</i>		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	

注:观察组采用 2.2 mm 透明角膜切口;对照组采用 3.0 mm 透明角膜切口。

表 6 两组手术前后角膜内皮细胞参数比较										$\bar{x}\pm s$
分组	眼数	CECD(cells/mm ²)				HEX(%)				
		术前	术后 3 mo	<i>t</i>	<i>P</i>	术前	术后 3 mo	<i>t</i>	<i>P</i>	
观察组	60	2671.82±275.61	2404.64±280.45	5.263	<0.01	54.02±5.93	47.92±7.13	5.095	<0.01	
对照组	60	2653.47±287.34	2255.45±300.58	7.414	<0.01	53.28±6.15	42.35±6.84	9.204	<0.01	
<i>t</i>		0.357	2.811			0.671	4.367			
<i>P</i>		0.722	0.006			0.504	<0.01			
分组	眼数	CV				角膜内皮细胞丢失率(%)				
		术前	术后 3 mo	<i>t</i>	<i>P</i>					
观察组	60	30.95±4.52	34.21±5.12	3.697	<0.01					10.01±2.16
对照组	60	31.24±4.38	38.56±5.47	8.091	<0.01					15.00±3.51
<i>t</i>		0.357	4.497							9.379
<i>P</i>		0.722	<0.01							<0.01

注:观察组采用 2.2 mm 透明角膜切口;对照组采用 3.0 mm 透明角膜切口。

2.7 两组患者术后并发症发生情况比较 观察组术后并发症总发生率为 11.7%, 低于对照组的 26.7%, 差异有统计学意义($\chi^2=4.357, P=0.037$)。所有并发症经对症治疗均好转, 未发生眼内炎、持续性角膜失代偿等严重并发症, 见表 7。

3 讨论

ARC 是晶状体蛋白质氧化变性导致的渐进性混浊, 最终造成严重视力障碍^[8]。CCC 联合超声乳化吸除术通过构建完整居中的前囊膜开口为囊袋内操作提供稳定空间, 并借助高频超声能量粉碎吸出混浊晶状体, 已成为 ARC 治疗的金标准术式^[9]。然而, 超声乳化过程中产生的热效应、振荡波及液流扰动不可避免地对眼内组织造成损伤, 因此如何最大限度降低手术创伤始终是临床优化的核心。切口大小作为可调控的关键变量, 直接关系到术中前房稳定性、术后角膜屈光状态及创伤愈合进程。传统 3.0 mm 同轴超声乳化切口虽已具备良好微创性, 但仍难以完全避免因切断角膜胶原纤维所致的 SIA 及因前房密闭性不足引发的角膜内皮机械损伤^[9]。

切口大小直接决定角膜胶原纤维切断数量及前房密闭性, 进而影响手术创伤程度。本研究观察组术中平均超声时间、平均超声乳化能量、累积耗散能量及灌注液使用量均低于对照组, 与宣会娟等^[10]的报道类似, 后者同样报

道了 2.2 mm 切口相较于 3.0 mm 切口在超声乳化效率和能量消耗方面的优势。提示 2.2 mm 微切口并未因切口缩小而制约手术操作, 反而提升了超声乳化效率。分析其原因, 主要与微切口超声乳化针头的流体力学特性有关: 2.2 mm 专用针头在相同负压条件下可产生更高的前房液流速度和更强的核块跟随性, 使晶状体核更易被吸附至针口乳化, 减少针头在囊袋内的无效移动和重复乳化次数; 同时, 更小的切口有助于维持前房密闭性, 减少术中前房深度波动和浪涌现象, 避免因前房不稳导致的超声能量空耗和额外灌注需求^[11]。灌注液用量减少不仅反映手术效率提升, 更重要的是可降低湍流对角膜内皮的机械冲刷作用, 为后续角膜内皮保护效应奠定基础。

术后早期视力恢复是评价手术效果的核心指标, 直接反映患者获益程度。本研究观察组患者术后 1 d, 1 wk BCVA 优于对照组, 而术后 1、3 mo 两组无差异, 提示 2.2 mm 微切口可加速术后早期视觉康复, 但对远期视力峰值无显著影响。这一优势与 SIA 控制和炎症反应减轻密切相关。观察组患者术后各时间点 SIA 均小于对照组, 且术后 3 mo 散光轴向变化幅度更小, 与梁景黎等^[12]及 Wilczynski 等^[6]的研究结果一致, 后者亦证实切口宽度是影响 SIA 的重要因素。表明 2.2 mm 切口对角膜生物力学结构的干扰更轻微, 术后角膜曲率更快趋于稳定。这种更

表 7 两组术后并发症发生情况比较眼(%)

分组	眼数	角膜内皮水肿	前房渗出/纤维膜	一过性眼压升高	后发性白内障	总计
观察组	60	3(5.0)	1(1.7)	2(3.3)	1(1.7)	7(11.7)
对照组	60	10(16.7)	2(3.3)	3(5.0)	1(1.7)	16(26.7)

注:观察组采用 2.2 mm 透明角膜切口;对照组采用 3.0 mm 透明角膜切口。

稳定的角膜屈光状态,为多焦点或散光矫正型等功能性人工晶状体的精准植入和远期视觉效果提供了更理想的平台。其解剖基础在于:2.2 mm 切口切断的角膜胶原纤维更少,术后愈合过程中的胶原重塑和瘢痕收缩产生的牵拉力更小,从而减少了切口区域的“楔效应”对角膜屈光状态的影响^[13]。同时,观察组术后 1、3 d 前房闪辉值及前房炎症细胞数均低于对照组,这与王忠叶等^[14]关于微创手术可减轻血-房水屏障破坏的报道相一致。提示 2.2 mm 微切口可有效减轻术后早期炎症反应,血-房水屏障破坏更轻。其机制在于:更小的切口减少了对角膜及虹膜组织的机械性刺激,降低了前列腺素等炎症介质的释放;稳定的前房环境则减少了虹膜色素颗粒释放和虹膜组织扰动,从而减轻了炎症细胞浸润和房水蛋白渗出^[14]。SIA 减小保障了角膜屈光介质的规则性,炎症减轻则维持了房水介质的透明性,两者共同作用,使观察组患者术后早期获得更佳的 BCVA。随着术后时间延长,两组患者角膜创口愈合趋于完成,炎症反应完全消退,角膜形态和屈光状态逐渐趋同,远期视力差异自然消失。

角膜内皮细胞作为不可再生细胞,其损伤程度直接关系到术后角膜长期健康^[15-16]。本研究术后 3 mo 观察组 CECD、HEX 均高于对照组,CV 值及内皮细胞丢失率均低于对照组,与董毅等^[17]及 Hepokur 等^[15]的研究结论一致,后者分别在不同人群和术式中证实了微切口对内皮的保护效应。值得注意的是,本研究观察组患者内皮细胞丢失率略低于 Hepokur 等^[15]报道的 2.2 mm 微切口的丢失率(约 12%),这一差异可能与本研究采用的超声乳化仪的能量调制技术更优、以及术者操作经验更为丰富有关。证实 2.2 mm 微切口能更有效地维持角膜内皮细胞的形态与功能。这一优势源于术中多重因素的协同效应:累积耗散能量降低直接减少超声热损伤;灌注液用量减少降低湍流机械冲刷;稳定前房避免虹膜-晶状体隔异常位移导致的接触损伤;加之术后早期炎症减轻,进一步削弱炎症介质对内皮的间接损害^[18-19]。上述保护效应在临床结局中亦得到印证:观察组并发症总发生率低于对照组,其中角膜内皮水肿差异最为突出。内皮水肿正是内皮细胞泵功能受损、角膜水合失衡的直接表现,观察组患者内皮丢失率更低、形态更规则,水肿风险自然降低。两组患者前房渗出及一过性眼压升高虽无统计学差异,但观察组均呈降低趋势,与前述炎症减轻、前房稳定性增强的机制相符。后发性白内障发生率无组间差异,提示其主要与人工晶状体材质及囊膜生物学特性相关,与切口大小无关^[20]。所有并发症经对症处理均好转,未发生严重不良事件,两种术式均安全可靠。

与既往研究相比,本研究的创新之处在于:李萍^[21]于 2025 年报道了 2.2 mm 同轴微切口超声乳化联合人工晶状体植入术治疗 ARC 的临床效果,证实微切口在减少角膜内皮损伤方面具有优势。在此基础上,本研究的拓展在于同步评估超声乳化效率、BCVA、SIA、炎症反应及角膜内

皮等多个维度,且各维度间相互印证。既往同类研究多局限于单一结局指标,如仅关注 SIA 或仅关注角膜内皮细胞丢失^[10,12,17],难以全面反映术式的真实价值。本研究进一步在同一中心统一条件下对上述指标进行系统评估,手术效率提升为角膜内皮保护奠定基础,前房稳定性改善同步降低 SIA 与炎症,多重保护效应最终体现为内皮功能保留与并发症减少,为 2.2 mm 微切口的临床推广应用提供了更全面的循证依据。从临床应用价值来看,2.2 mm 微切口技术术后散光小、屈光状态稳定的特点,为多焦点人工晶状体及散光矫正型人工晶状体等功能性人工晶状体的精准植入创造了更优越的角膜条件,有助于提升患者术后视觉质量和满意度。

本研究亦存在一定局限性:(1)本研究为回顾性设计,样本量有限,且随访时间仅 3 mo,尚不足以评估角膜内皮细胞的长期变化趋势及远期并发症发生情况;(2)未对不同晶状体核硬度分级进行亚组分析,后续将通过前瞻性、大样本、长期随访研究进一步验证微切口技术的远期疗效与适用范围。

综上所述,与 3.0 mm 透明角膜切口相比,2.2 mm 透明角膜切口超声乳化术治疗 ARC,可提高超声乳化效率,减轻早期炎症反应与 SIA,加速视力恢复,并能更有效地维持角膜内皮细胞的形态与功能,降低并发症发生率。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突。

作者贡献声明:王正刚论文选题与修改,初稿撰写;熊慧、刘光秀文献检索,数据分析;万小娇选题指导,论文修改及审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

[1] 徐婕,赵镇南,范菁,等. 年龄相关性白内障医疗质量控制的研究现状. 中国耳鼻咽喉科杂志, 2025,25(4):263-266.
[2] Winterton C, Mai A, Pettet J. Manual small incision cataract surgery. Curr Opin Ophthalmol, 2026,37(1):31-35.
[3] 王梦宇,刘畅,张烨,等. 眼科手术导航系统下的白内障摘除手术联合陡峭轴角膜切口对低中度角膜散光的矫正效果. 中华眼科杂志, 2024,60(12):977-984.
[4] 李云鹏,李丹丹,王亚茹,等. 超声乳化白内障吸除术中应用撕囊镊预劈核治疗 IV 级硬核白内障的可行性与安全性研究. 中华眼外伤职业眼病杂志, 2025,47(11):842-848.
[5] 何彬,范宇晨,马帅. 不同长度透明角膜切口白内障超声乳化吸除对年龄相关性白内障病人疗效比较. 蚌埠医科大学学报, 2026,51(1):34-38.
[6] Wilczynski M, Kucharczyk - Pospiech M, Omulecki W. The influence of corneal tunnel length on surgically induced astigmatism after various types of microincision phacoemulsification. Eur J Ophthalmol, 2023,33(5):1939-1945.
[7] 中华医学会眼科学分会白内障及屈光手术学组. 中国成人白内障摘除手术指南(2023 年). 中华眼科杂志, 2023,59(12):977-987.
[8] Sheoran K, Arya SK, Bansal RK, et al. Surgically induced astigmatism and posterior corneal curvature changes following phacoemulsification. Indian J Ophthalmol, 2022,70(2):406-412.
[9] 许博,董诺,殷孝健,等. 两种不同透明角膜切口白内障超声乳

化手术角膜屈光力与散光变化研究. 临床军医杂志, 2023,51(3):321-323.

[10] 宦会娟, 王先龙, 王飞. 年龄相关性白内障超声乳化人工晶状体植入术不同切口长度的疗效分析. 中华眼外伤职业眼病杂志, 2023,45(11):807-813.

[11] Mujawar RS, Padvi UI, Vasavada A, et al. A comparative study of surgically induced astigmatism from temporal and steep-axis clear corneal incisions in phacoemulsification cataract surgery. Cureus, 2025,17(9):e91714.

[12] 梁景黎, 邢秀丽, 杨晓彤, 等. 2.2 mm 和 3.0 mm 透明角膜切口超声乳化白内障吸除术后全角膜及角膜前后表面术源性散光的比较分析. 中华眼科杂志, 2019,55(7):495-501.

[13] Laliwala F, Patel S, Prajapati V, et al. Comparative evaluation of astigmatic changes induced by superior and temporal corneal incisions in sutureless phacoemulsification surgery: a case series. Cureus, 2023,15(10):e48084.

[14] 王忠叶, 马山, 张敏, 等. 超声乳化白内障吸除联合肝素修饰人工晶状体植入术后炎症反应的临床观察. 中华眼科医学杂志(电子版), 2020,10(1):33-38.

[15] Hepokur M, Kizilay EB, Durmus E, et al. The influence of corneal incision size on endothelial cell loss and surgically induced astigmatism following phacoemulsification cataract surgery. North Clin Istanbul, 2022,9(4):385-390.

[16] 杨晓玮, 高祎, 姜雅琴, 等. 飞秒激光辅助的超声乳化白内障吸除术对糖尿病合并不同核硬度白内障患者角膜内皮及预后的影响. 中华眼科杂志, 2024,60(6):511-517.

[17] 董毅, 魏表, 赵燕. 不同术式联合 Toric IOL 植入术治疗硬核年龄相关性白内障. 国际眼科杂志, 2023,23(6):900-903.

[18] 黄兆敏, 侯正玉, 李盈龙, 等. 两种不同切口下的白内障超声乳化术对角膜内皮细胞的影响. 临床眼科杂志, 2023,31(2):151-153.

[19] 金玉娇, 李楠, 孙秋爽, 等. 人工晶状体保护下超声乳化白内障吸除术疗效及安全性评价: 一项随机对照临床研究. 中华实验眼科杂志, 2024,42(3):248-255.

[20] 翟欣然, 陈志敏, 许衍辉, 等. 新型人工晶状体在治疗后发性白内障中的研究进展. 国际眼科杂志, 2025,25(10):1611-1616.

[21] 李萍. 同轴微切口超声乳化联合 IOL 植入术治疗年龄相关性白内障的效果分析. 国际眼科杂志, 2025,25(9):1523-1526.