

不同超乳劈核术式治疗硬核白内障疗效及对角膜内皮的影响

王美华, 金华丽, 毛明鸾

引用: 王美华, 金华丽, 毛明鸾. 不同超乳劈核术式治疗硬核白内障疗效及对角膜内皮的影响. 国际眼科杂志 2021; 21(9): 1589-1592

Ophthalmology, Jiangshan Hospital of Traditional Chinese Medicine, Jiangshan 324100, Zhejiang Province, China. 39339852@qq.com
Received: 2020-12-05 Accepted: 2021-07-30

作者单位: (324100) 中国浙江省江山市中医院眼科

作者简介: 王美华, 本科, 副主任医师, 研究方向: 眼科临床。

通讯作者: 王美华. 39339852@qq.com

收稿日期: 2020-12-05 修回日期: 2021-07-30

摘要

目的: 分析超声乳化针头斜面向上劈核技术与超声乳化针头斜面向下完成晶状体核去除术 (Phaco drill 术式) 在硬核白内障手术中的应用及对患者角膜内皮的影响。

方法: 回顾性研究。选取 2018-08/2020-04 我院收治的硬核 (IV ~ V 级) 白内障患者 94 例 104 眼为研究对象, 均行超声乳化白内障吸除术, 术中采用超声乳化针头斜面向上劈核技术的患眼 50 眼为对照组, 使用 Phaco drill 术式的患眼 54 眼为观察组, 记录两组患者术中所用超声时间、超声能量及累积能量复合参数, 对比两组患者术后最佳矫正视力 (BCVA)、角膜水肿情况、角膜内皮细胞计数和正常六边形细胞比率。

结果: 观察组患者超声时间、超声能量与累积复合能量参数均较对照组低 ($P < 0.05$); 两组患者术后 BCVA 较术前均改善 ($P < 0.05$); 术后 1、2mo 两组患者角膜内皮细胞计数、正常六边形细胞比率均低于术前, 且观察组术后 1、2mo 角膜内皮细胞计数、正常六边形细胞比率均高于对照组 ($P < 0.05$); 术后 24h、7d 观察组角膜水肿程度低于对照组 ($P < 0.05$)。

结论: 与超声乳化针头斜面向上劈核技术相比, Phaco drill 术式治疗硬核白内障可明显减少超声时间、超声能量, 促进视力恢复, 减少角膜内皮细胞损伤。

关键词: 超声乳化针头斜面向上劈核技术; Phaco drill 术式; 硬核白内障; 角膜内皮细胞

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2021.9.19

Application of different phacoemulsification and chopping techniques in hard nuclear cataract surgery

Mei-Hua Wang, Hua-Li Jin, Ming-Luan Mao

Department of Ophthalmology, Jiangshan Hospital of Traditional Chinese Medicine, Jiangshan 324100, Zhejiang Province, China

Correspondence to: Mei - Hua Wang. Department of

Abstract

• **AIM:** To analyze the efficacy of bevel-up phaco chop versus bevel-down phaco drill in the treatment of hard nuclear cataract and the influence on corneal endothelium.

• **METHODS:** Between August 2018 and April 2020, 94 patients (104 eyes) with hard (grade IV - V) nuclear cataract treated with phacoemulsification were enrolled in this retrospective study. Among them, 50 eyes treated by bevel-up phaco chop were included in the control group, while 54 eyes treated by phaco drill technique were included in the observation group. The time of using ultrasound, ultrasonic energy and accumulated energy complex parameter in the two groups were recorded. The best corrected visual acuity (BCVA) in 7d, corneal endothelial cell count in 2mo, the proportions of normal hexagonal cells and the degree of corneal edema in 7d were compared between the two groups.

• **RESULTS:** The time of using ultrasound, ultrasonic energy and accumulated energy complex parameter of the observation group were shorter and lower than those of the control group ($P < 0.05$). The BCVA of both groups increased after operation, and the observation group had higher BCVA than the control group at the same time ($P < 0.05$). In 1 and 2mo, the corneal endothelial cell counts and the proportions of normal hexagonal cells in both groups were lower than those before operation. Meanwhile, the corneal endothelial cell count and the proportions of normal hexagonal cells in the observation group were higher than those in the control group ($P < 0.05$). Besides, corneal edema was milder in the observation group than in the control group at 24h and 7d after operation ($P < 0.05$).

• **CONCLUSION:** Compared with bevel-up phaco chop, phaco drill can significantly shorten the time of using ultrasound, reduce ultrasound energy, promote visual recovery, and reduce corneal endothelial cell damage.

• **KEYWORDS:** bevel-up phaco chop; Phaco drill; hard nuclear cataract; corneal endothelium

Citation: Wang MH, Jin HL, Mao ML. Application of different phacoemulsification and chopping techniques in hard nuclear cataract surgery. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2021;21(9):1589-1592

0 引言

视觉障碍为目前影响人类生存质量的三大疾患之一,其中白内障是世界范围内首位致盲性眼病,约有一半的盲症与白内障有关^[1]。白内障超声乳化吸除术因创伤小、手术时间短、术后视力恢复快等优势在白内障患者中广泛应用^[2],而超声乳化手术的关键在于应用超声波的能量将晶状体核粉碎,从而使其变成乳糜状同皮质一起吸除,在术中超声乳化针头的能量是以乳化针头的斜面向外扇形辐射,这种能量虽然会随距离增加而衰减,但角膜内皮损伤仍是其重要的术后并发症,尤其是硬核白内障术中较难分离粉碎,超声乳化时间长,需要更多能量,对周围组织损伤更严重^[3]。以往大部分术中开展白内障超声乳化术时均使用针头斜面向上乳化术式,对角膜内皮有一定损伤,而 Phaco drill 术为超声乳化针头斜面向下进行晶状体核去除,其原理类似钻井,因此也称为 Phaco drill^[4]。本文主要分析超声针头斜面向上乳化劈核技术与 Phaco drill 术在硬核白内障手术中的应用及对角膜内皮细胞的影响,结果如下。

1 对象和方法

1.1 对象 回顾性研究。选取 2018-08/2020-04 我院收治的硬核(IV~V级)白内障患者 94 例 104 眼。纳入标准:(1)依据 Emery 分级法^[5]确诊为 IV~V 级核性白内障;(2)眼轴长度正常,屈光度 $<-6.00D$,眼压 $\leq 21\text{mmHg}$,依从性良好,可配合完成随访;(3)所有患者与其家属均对本研究内容知情,签署知情同意书。排除标准:(1)近 3mo 内有眼部创伤或手术史;(2)合并视网膜病变、晶状体半脱位、无法配合完成手术治疗者;(3)青光眼、葡萄膜炎、角膜变性或糖尿病等眼部与全身性疾病。本研究经医院伦理委员会审批通过。

1.2 方法 术前均予以视力、裂隙灯、眼底、A 与 B 型超声等常规检查,记录其裂隙灯显微镜下的白内障分级(Emery 核硬度分级),对患眼进行麻醉后于角膜缘 3:00、9:00 位以 15° 穿刺刀作辅助切口,连续环形撕囊或截囊后,应用 3.2mm 穿刺刀作颞(鼻)侧上方透明角膜切口,超声乳化针头进入前房后保持斜面向上或向下,对照组术中采用超声乳化针头斜面向上乳化劈核技术。观察组术中采用 Phaco drill 术式。乳化晶状体核中间部分后应用拦截-劈裂法将晶状体核劈裂成数块,乳化吸除碎核块,1/A 彻底将晶状体皮质清除,注入黏弹剂,用推注器将人工晶状体植入囊袋内(折叠式后房型人工晶状体),将黏弹剂吸净后将切口水密自闭。超声乳化最大能量 50%~60%,采用爆破模式,最大负压为 300mmHg(1kPa=7.5mmHg),流量为 30~35mL/min,1/A 最大负压 400mmHg,灌注瓶高 80~85mm,超声乳化仪自动记录术中超声能量(%)及超声时间(s),能量合成值=超声能量(%) \times 超声时间(s)。术中应用妥布霉素地塞米松滴眼液,3 次/天,于 6wk 后停药。手术均由同一位技术熟练医师完成。观察指标:(1)记录两组患者术中所用超声时间、超声能量及累积能量复合参数;(2)对比两组患者术前、术后 1、3、7d 最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA);(3)采用角膜内皮细胞计数全自动摄片并记录术前、术后 1、2mo 角膜内皮细胞计数、正常六边形细胞比率;(4)对患眼术后 24h、7d 角膜水肿与混浊度依据 Kausar 标准^[6]进行分级,0 级为角膜呈透明状,1 级为角膜呈轻度雾状混浊,2 级为角膜混浊严重度超过 1 级,但前房结构清晰,3 级为显微镜下无法

观察到前房且角膜混浊,4 级为无法观察到虹膜结构,且角膜严重混浊。

统计学分析:采用 SPSS23.0 软件进行统计学处理,计数资料采用率(%)形式表示,组间比较采用 χ^2 检验,计量资料采用 $(\bar{x}\pm s)$ 形式表示,两组术中超声时间、超声能量、累积复合能量参数比较采用独立样本 *t* 检验,两组患者 BCVA、角膜内皮细胞计数、正常六边形细胞比率比较采用重复测量数据的方差分析,进一步两两比较采用 LSD-*t* 检验,两组患者角膜水肿分级采用 Wilcoxon 秩和检验,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 依据术中超声乳化针头的使用方向分为对照组(45 例 50 眼,超声乳化针头斜面向上乳化劈核技术),观察组(49 例 54 眼,超声乳化针头斜面向下完成晶状体核去除术,即 Phaco drill 术式),两组患者一般资料比较差异无统计学意义($P>0.05$),见表 1。

2.2 两组患者术中超声时间和超声能量及累积复合能量参数比较 观察组患者超声时间和超声能量及累积复合能量参数均较对照组低,差异有统计学意义($P<0.05$),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($F_{\text{组间}}=46.79, P_{\text{组间}}<0.05$; $F_{\text{时间}}=57.69, P_{\text{时间}}<0.05$; $F_{\text{交互}}=22.64, P_{\text{交互}}<0.05$)。两组患者术后 1、3、7d BCVA 均优于术前,差异均有统计学意义($P<0.05$)。观察组术后 1、3、7d BCVA 均优于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$),见表 3。

2.4 两组患者手术前后角膜内皮细胞计数和正常六边形细胞比率比较 两组患者手术前后角膜内皮细胞计数比较差异有统计学意义($F_{\text{组间}}=687.97, P_{\text{组间}}<0.05$; $F_{\text{时间}}=73.56, P_{\text{时间}}<0.05$; $F_{\text{交互}}=28.16, P_{\text{交互}}<0.05$)。两组手术前后正常六边形细胞比率比较差异有统计学意义($F_{\text{组间}}=267.45, P_{\text{组间}}<0.05$; $F_{\text{时间}}=53.41, P_{\text{时间}}<0.05$; $F_{\text{交互}}=69.46, P_{\text{交互}}<0.05$)。术后 1、2mo 两组角膜内皮细胞计数、正常六边形细胞比率均低于术前,且观察组术后 1、2mo 角膜内皮细胞计数、正常六边形细胞比率均高于对照组,差异均有统计学意义($P<0.05$),见表 4、5。

2.5 两组患者术后角膜水肿情况比较 两组患者术后 24h、7d 内角膜水肿情况比较差异均有统计学意义($U=2.36, P=0.018$; $U=3.20, P<0.001$),见表 6、7。

3 讨论

在超声乳化术中,较硬的晶状体核、较大体积的核、大量的灌洗液冲洗、植入的人工晶状体损伤、超声乳化手术时间及超声手法均是白内障超声乳化手术本身引起角膜内皮损伤的因素^[7-8]。手术操作时器械的直接损伤,晶状体核碎块在前房中反复回旋样运动碰到角膜内皮细胞时可造成损伤,这些损伤只要术者通过训练后技术娴熟均可有效避免^[9]。但超声乳化时,能量经乳化探头释放于手术空间内的实际终端效应为一个有三维立体分布特征的能量场,且能量场以超声乳化针头的开口方向为中心向外传播,因而超声乳化针头斜面方向对角膜内皮的影响较大^[10-11],白内障手术中尽量减少对角膜内皮的损伤始终受到重视,而超声乳化时针头斜面向下可直接作用于晶状体,能量较少伤及角膜内皮,因而能避免角膜内皮损伤^[12]。

表 1 两组患者术前一般资料比较

组别	例数(眼数)	性别(例,%)		年龄 ($\bar{x}\pm s$,岁)	眼轴 ($\bar{x}\pm s$,mm)	球镜度 ($\bar{x}\pm s$,D)	柱镜度 ($\bar{x}\pm s$,D)	核硬度分级(眼,%)	
		男	女					IV级	V级
观察组	49(54)	24(49.0)	25(51.0)	67.49±6.85	21.35±1.15	-3.18±1.67	1.63±0.18	47(87.0)	7(13.0)
对照组	45(50)	24(53.3)	21(46.7)	67.56±6.82	21.43±1.06	-3.22±1.69	1.65±0.14	46(92.0)	4(8.0)
χ^2/t		0.18		0.05	0.13	0.12	0.63	0.68	
<i>P</i>		0.67		0.96	0.90	0.90	0.53	0.41	

注:观察组:术中采用 Phaco drill 术式;对照组:术中采用超声乳化针头斜面向上乳化劈核技术。

表 2 两组患者术中超声时间和超声能量及累积复合能量参数比较

组别	眼数	超声时间(s)	超声能量(%)	累积复合能量参数 $\bar{x}\pm s$
观察组	54	45.59±4.73	21.49±2.26	9.80±0.97
对照组	50	57.82±5.86	28.07±2.83	16.21±1.67
<i>t</i>		11.75	13.15	24.15
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001

注:观察组:术中采用 Phaco drill 术式;对照组:术中采用超声乳化针头斜面向上乳化劈核技术。

表 3 两组患者手术前后 BCVA 比较 ($\bar{x}\pm s$,LogMAR)

组别	眼数	术前	术后 1d	术后 3d	术后 7d
观察组	54	0.37±0.04	0.32±0.05	0.28±0.05	0.11±0.07
对照组	50	0.36±0.03	0.34±0.04	0.32±0.04	0.20±0.05
<i>t</i>		1.43	5.60	6.72	9.16
<i>P</i>		0.15	<0.001	<0.001	<0.001

注:观察组:术中采用 Phaco drill 术式;对照组:术中采用超声乳化针头斜面向上乳化劈核技术。

表 4 两组患者手术前后角膜内皮细胞计数比较

组别	眼数	术前	术后 1mo	术后 2mo
观察组	54	2402.16±241.89	2291.57±234.66	2185.46±212.97
对照组	50	2403.11±241.43	2184.52±220.74	2054.31±203.14
<i>t</i>		0.02	2.39	3.21
<i>P</i>		0.98	0.019	0.002

注:观察组:术中采用 Phaco drill 术式;对照组:术中采用超声乳化针头斜面向上乳化劈核技术。

超声能量是造成角膜内皮细胞损伤的无法避免因素,其严重程度和超声使用时间、能量大小及超声乳化方式有关^[13]。本研究发现,观察组患者超声时间、超声能量与累积复合能量参数均较对照组低,与早期张海涛等^[14]的研究结果(向上劈核组超声时间、超声能量与累积复合能量参数低于对照)相近,表明与传统超声乳化针头斜面向上乳化劈核技术相比,Phaco drill 术有利于减少超声使用时间及能量,这可能是由于 Phaco drill 术的超声乳化效率高^[15-16]。

赵阳等^[17]发现在 IV 级硬核白内障手术中,与常规拦截劈核技术相比,反式(针头向上)劈核钩预劈核技术组术后 1、3d BCVA 优于对照组,本研究两组术后 1、3、7d BCVA 均改善,且观察组术后 1、3、7d BCVA 优于对照组,与上述报道结果相近,表明 Phaco drill 术对硬核白内障患者的视力改善效果优于超声针头斜面向上乳化劈核技术。

表 5 两组患者手术前后正常六边形细胞比率比较 ($\bar{x}\pm s$,%)

组别	眼数	术前	术后 1mo	术后 2mo
观察组	54	22.68±2.35	21.06±2.09	20.08±2.14
对照组	50	22.73±2.29	20.21±2.06	18.18±1.17
<i>t</i>		0.11	2.09	5.55
<i>P</i>		0.91	0.039	<0.001

注:观察组:术中采用 Phaco drill 术式;对照组:术中采用超声乳化针头斜面向上乳化劈核技术。

表 6 两组患者术后 24h 角膜水肿情况比较 眼(%)

组别	眼数	0 级	1 级	2 级	3 级
观察组	54	29(53.7)	17(31.5)	6(11.1)	1(1.9)
对照组	50	15(30.0)	22(44.0)	10(20.0)	3(6.0)

注:观察组:术中采用 Phaco drill 术式;对照组:术中采用超声乳化针头斜面向上乳化劈核技术。

表 7 两组患者术后 7d 角膜水肿情况比较 眼(%)

组别	眼数	0 级	1 级	2 级	3 级
观察组	54	53(98.1)	1(1.9)	0	0
对照组	50	39(78.0)	10(20.0)	1(2.0)	0

注:观察组:术中采用 Phaco drill 术式;对照组:术中采用超声乳化针头斜面向上乳化劈核技术。

Phaco drill 术中超声乳化针头斜面方向远离角膜内皮方向,可明显减轻对角膜内皮的损伤,达到保护角膜内皮、减少内皮细胞丢失的目的,也利于较好保护患者视力^[18]。但因反向超声乳化时超声乳化针头斜面向后,对初学者可能无法很好地把握针头插入时的深度,而有可能超破后囊,建议这部分术者可予以预劈核的方法。

角膜内皮细胞为不可再生细胞,当其损伤后周围的健康内皮细胞先扩展,后以每天 80~100 μ m 向缺口中心移行,后再调整宽度恢复原有的多极形态。白内障超声乳化术角膜内皮细胞的损伤机制中,超声能量损伤为物理性损伤,引起弥漫性角膜水肿,其机制是角膜内皮细胞损伤所致的泵功能失调^[6]。本次研究中术后 1、2mo 两组角膜内皮细胞计数、正常六边形细胞比率均低于术前,且观察组术后 1、2mo 角膜内皮细胞计数、正常六边形细胞比率均高于对照组,与既往陆融等^[19]、杨珂等^[20]的研究结果相近,表明 Phaco drill 术用于硬核白内障超声乳化术中可减少对角膜内皮细胞的损伤。既往陆融等^[21]也指出,Phaco drill 术式因其乳化针头斜面不朝向角膜内皮细胞而使产生的超声震荡伤减少,在乳化软核、较小核时,因所需时间、能量较少,该术式对角膜内皮的益处表现尚不明显,而对于硬核、大核病例常需较长超声时间及较大能量,因此 Phaco drill 术式的益处较明显,本次选择的白内障患者晶

状体核分级均在IV~V级,以IV级为主,因此Phaco drill术在减轻角膜内皮损伤方面的优势较明显。既往也有学者^[23]指出,超声乳化针头斜面向上可使术者直观看到核块乳化情况,避免超声能量到达盲区,超声乳化斜面向下时能与核块密切接触,使超声乳化及抽吸效率提高,减少前房涌动与空化气泡生成,而斜面向上时超声能量直接朝向角膜,刻槽过程中超声乳化针头无法实现良好全堵,导致部分超声能量进入前房灌注液,引起前房涌动及大量空化气泡损伤眼内组织。Faramarzi等^[23]认为针头向上时针头间断的机械作用更明显,尤其在刻槽时较斜面向下更有效,联合劈裂技术超声乳化针头可埋入晶状体核深层及良好固定晶状体核,而超声乳化针头斜面向下吸附在晶状体核表面距离角膜内皮较近,易损伤角膜内皮。但该次针头斜面向下角膜内皮丢失也可能是由于超声乳化针头选择不当引起的,反向喇叭形30°斜面的超声乳化针头在斜面向下时易于操作,能轻易接触晶状体核表面及实现全堵提高手术效率^[24]。

超声乳化白内障吸除术后角膜水肿及角膜内皮细胞损失率、角膜水肿程度与术中超声能量、超声时间呈正相关^[25]。本次观察组术后24h,7d角膜水肿程度低于对照组,可能是与超声乳化时斜面向上完成晶状体核去除的方式相比,Phaco drill术式的乳化针头斜面向不朝向角膜内皮而产生较少的超声震荡损伤^[25],当然白内障超声乳化手术过程中的劈核操作为手术的重要环节,要求超声、负压做好转换,操作人员的手脚之间配合到位、被视为技术难点,关于Phaco drill的技术仍有较长学习曲线。

综上所述,与超声针头斜面向上乳化劈核技术相比,Phaco drill治疗硬核白内障可较好改善患者视力,减轻角膜内皮损伤及角膜水肿,安全性可靠。

参考文献

- 1 Yang WJ, Wang XH, Zhao F, et al. Torsional and burst mode phacoemulsification for patients with hard nuclear cataract: a randomized control study. *Medicine (Baltimore)* 2019;98(22):e15870
- 2 李帅飞, 陈彬川, 李佳佳, 等. 圆钝超声乳化针头在白内障超声乳化吸除术中的应用. *眼科* 2017;26(2):79-83
- 3 孙存, 接英, 张建强. 智能超声应用于硬核白内障手术的临床研究. *国际眼科杂志* 2016;16(7):1245-1248
- 4 Kaup S, Shivalli S, Ks D, et al. Central corneal thickness changes in bevel-up versus bevel-down phacoemulsification cataract surgery: study protocol for a randomised, triple-blind, parallel group trial. *BMJ Open* 2016;6(9):e012024
- 5 Emery JM. Cataract treatment and rehabilitation. *Aorn J* 1974;20(6):992-995
- 6 Kausar A, Farooq S, Akhter W, et al. Transient corneal edema after phacoemulsification. *J Coll Physicians Surg Pak* 2015;25(7):505-509

- 7 Wan W, Jiang L, Ji Y, et al. Effect of hypothermic perfusion on phacoemulsification in eyes with hard nuclear cataract: randomized trial. *J Cataract Refract Surg* 2019;45(12):1717-1724
- 8 赵永旺, 彭清华, 唐云聪. 改良小切口非超声乳化白内障囊外摘除联合人工晶状体植入治疗硬核白内障的临床观察. *中国实用眼科杂志* 2018;36(1):46-49
- 9 李帅飞, 陈彬川, 雷方. 超声乳化针头影响白内障超声乳化吸出术效率和安全性的研究进展. *眼科新进展* 2016;36(1):88-91
- 10 Chakrabarti A, Nazm N. Posterior capsular rent: Prevention and management. *Indian J Ophthalmol* 2017;65(12):1359-1369
- 11 Limbu B, Jha HC. Intraoperative complications of high volume sutureless cataract surgery in Nepal: a prospective study. *Kathmandu Univ Med J (KUMJ)* 2014;12(47):194-197
- 12 Wong DC, Waxman MD, Herrinton LJ, et al. Transient macular edema after intracameral injection of a moderately elevated dose of cefuroxime during phacoemulsification surgery. *JAMA Ophthalmol* 2015;133(10):1194-1197
- 13 Foster GJL, Allen QB, Ayres BD, et al. Phacoemulsification of the rock-hard dense nuclear cataract: Options and recommendations. *J Cataract Refract Surg* 2018;44(7):905-916
- 14 张海涛, 刘婷婷, 张利民, 等. 向上劈核技术在硬性白内障手术中的应用. *内蒙古医科大学学报* 2016;38(6):496-499,504
- 15 陈冬斌, 董万江, 廖文勇, 等. 硬核白内障超声乳化手术中预劈核与拦截劈核技术的比较. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2016;18(7):433-435
- 16 魏玮, 李志国. 反式劈核钩预劈核方法治疗超高度近视合并III~IV级核性白内障患者的临床疗效. *中国医师杂志* 2019;21(5):771-773
- 17 赵阳, 朱思泉. 反式劈核钩预劈核技术与常规拦截劈核技术在IV级硬核白内障手术中的应用比较. *中华实验眼科杂志* 2016;34(7):613-618
- 18 徐为海, 高桂芳, 王珊珊, 等. 白内障手术中反向超声乳化对角膜内皮的保护作用. *国际眼科杂志* 2015;15(9):1642-1644
- 19 陆融, 臧涵怡. Phaco drill术式治疗硬核白内障效果分析. *中国实用眼科杂志* 2015;33(12):1376-1378
- 20 杨珂, 朱思泉, 赵阳. 反式劈核钩预劈核技术与常规超声乳化劈核技术在超高度近视合并核性白内障手术中应用的随机对照研究. *中华实验眼科杂志* 2017;35(7):629-633
- 21 陆融, 赵伟. Phacodrill术式对角膜内皮的影响. *江苏医药* 2014;40(1):56-58
- 22 Chen X, Liu B, Xiao Y, et al. Cystotome-assisted prechop technique. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(1):9-13
- 23 Faramarzi A, Javadi MA, Karimian F, et al. Corneal endothelial cell loss during phacoemulsification: bevel-up versus bevel-down phaco tip. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(11):1971-1976
- 24 Hida WT, Tzelikis PF, Nakano CT, et al. Mini-flared Kelman tip, reverse tip, and sidewinder tip with torsional phaco: a prospective randomized comparative study. *Arq Bras Oftalmol* 2015;78(1):19-22
- 25 Ho JW, Afshari NA. Advances in cataract surgery: preserving the corneal endothelium. *Curr Opin Ophthalmol* 2015;26(1):22-27