

囊袋内软壳技术在硬核白内障超声乳化术中的应用效果及安全性

韩卫 陈彬川 李佳佳

450014 郑州大学第二附属医院眼科

通信作者:陈彬川,Email:chbic@163.com

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2016.03.010

【摘要】 **背景** 硬核白内障超声乳化手术易导致角膜水肿和后囊膜破裂,研究证实软壳技术在白内障超声乳化术中能有效减轻角膜水肿,但仍存在后囊膜破裂的风险。术中将软壳技术应用于囊袋内对晶状体后囊膜是否同样可以起保护作用,目前少有报道。**目的** 观察囊袋内软壳技术在硬核白内障超声乳化术中的应用效果。**方法** 采用前瞻性队列研究方法,纳入 2013 年 11 月至 2015 年 5 月在郑州大学第二附属医院眼科就诊的按 Emery 核硬度分级为 IV ~ V 级的年龄相关性白内障患者 160 例 168 眼。本研究经郑州大学第二附属医院伦理委员会批准。采用区组随机化方法,将患眼分为囊袋内软壳技术组 78 例 80 眼和常规软壳技术组 82 例 88 眼,前者术中应用囊袋内软壳技术实施 3.0 mm 切口超声乳化术,后者术中应用常规软壳技术,2 个组基线特征匹配。记录 2 个组术中超声乳化累积释放能量(CDE)及手术时间,观察后囊膜是否完整。分别于术后 1 d、1 周和 1 个月在裂隙灯显微镜下观察和比较 2 个组术眼角膜水肿和前房炎症反应,采用 TOPCON 角膜内皮镜测定术眼角膜内皮细胞密度,测定术眼 BCVA 及眼压变化。**结果** 囊袋内软壳技术组术眼 CDE 和手术时间分别为 (20.13±8.34)% 和 (14.28±2.17) min,常规软壳技术组分别为 (19.67±5.24)% 和 (15.36±3.49) min,组间差异均无统计学意义 ($t=0.216, P=0.376; t=0.403, P=0.518$)。术中和后囊膜破裂者囊袋内软壳技术组 1 眼,常规软壳技术组 7 眼。囊袋内软壳技术组术眼术后 1 d、1 周和 1 个月 BCVA ≥ 0.5 者分别占 78%、83% 和 92%,常规软壳技术组分别为 56%、71% 和 89%,囊袋内软壳技术组在术后 1 d 和 1 周 BCVA 明显增加,差异均有统计学意义 ($\chi^2=5.130, P=0.027; \chi^2=4.361, P=0.032$)。囊袋内软壳技术组和常规软壳技术组术眼术后 3 个月角膜内皮细胞丢失率分别为 6.97% 和 7.19%,差异无统计学意义 ($P>0.05$)。2 个组间在术前和术后 1 周眼压值的差异均无统计学意义 (均 $P>0.05$),但囊袋内软壳技术组术后 1 d 的眼压值为 (20.16±4.23) mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa),明显高于常规软壳技术组的 (17.38±5.21) mmHg,差异有统计学意义 ($t=1.241, P=0.037$)。**结论** 在硬核白内障超声乳化术中,应用囊袋内软壳技术的术眼中及术后并发症的发生率较常规软壳技术低,术后视力恢复更快。

【关键词】 白内障/手术; 硬核白内障; 超声乳化; 囊袋内软壳技术; 治疗效果; 安全性

基金项目: 郑州市科技局资助项目 (121PCXTD523)

Clinical outcomes and safety of intra-capsular bag soft-shell technique during phacoemulsification for hard nuclear cataract

Han Wei, Chen Binchuan, Li Jiajia

Department of Ophthalmology, Affiliated Second Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450014, China

Corresponding author: Chen Binchuan, Email: chbic@163.com

【Abstract】 **Background** Phacoemulsification for hard nuclear cataract is easy to cause corneal edema and posterior capsular rupture. Researches determined that soft-shell technique phacoemulsification can effectively reduce corneal edema, but the risk of posterior capsular rupture during the surgery is still existed. Whether intra-capsular bag soft-shell technique can protect the posterior capsular of lens from rupture is still unclear. **Objective** This study was to observe the effect of intra-capsular bag soft-shell technique phacoemulsification on hard nuclear cataract. **Methods** A prospective cohort study was designed. One hundred and sixty-eight eyes of 160 patients with age-related cataract and IV-V grade of nucleus were enrolled in Affiliated Second Hospital of Zhengzhou University from November 2013 to May 2015 under the approval of Ethic Commission and informed consent of the patients. The eyes were randomized into the intra-capsular soft-shell technique group and conventional soft-shell technique group with the matched age, gender and nuclear hardness in a manner of randomized block design. A 3.0 mm incision of cataract phacoemulsification with soft-shell technique in capsular bag was performed on 80 eyes of 78 patients in the intra-capsular soft-shell technique group, and conventional soft-shell technique phacoemulsification was performed on 88 eyes of 82 patients in the conventional soft-shell technique group. Intraoperative records including the cumulative dissipated energy, effective phacoemulsification time and posterior capsular changes were recorded during the surgery.

Postoperative follow-up indexes included corneal edema, endothelial cell density, BCVA and intraocular pressure changes. **Results** The mean cumulative dissipated energy and operation duration were (20.13±8.34)% and (14.28±2.17) minutes in the intra-capsular soft-shell technique group, and those in the conventional soft-shell technique group were (19.67±5.24)% and (15.36±3.49) minutes, showing significant differences between them ($t=0.216, P=0.376; t=0.403, P=0.518$). Posterior capsular rupture occurred in 1 eye in the intra-capsular soft-shell technique group and 7 eyes in the conventional soft-shell technique group. The percentages of eyes with BCVA ≥ 0.5 were 78%, 83% and 92% in postoperative 1 day, 1 week and 1 month in the intra-capsular soft-shell technique group, and those in the conventional soft-shell technique group were 56%, 71% and 89%, with a significant increase in postoperative 1 day, 1 week in the intra-capsular soft-shell technique group ($\chi^2=5.130, P=0.027; \chi^2=4.361, P=0.032$). The corneal endothelial cell loss rates were 6.97% and 7.19% in the intra-capsular soft-shell technique group and conventional soft-shell technique group respectively in postoperative 3 months, with no significant difference between them ($P>0.05$). The intraocular pressure was (20.16±4.23) mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa) in postoperative 1 day in the intra-capsular soft-shell technique group, which was significantly higher than (17.38±5.21) mmHg in the conventional soft-shell technique group ($t=1.241, P=0.037$). **Conclusions** Intra-capsular bag soft-shell technique phacoemulsification for hard nuclear cataract can decrease the intraoperative and postoperative complications and quicken the visual recovery after surgery.

[**Key words**] Cataract/surgery; Cataract, hard nuclear; Phacoemulsification; Soft-shell technique in capsular bag; Treatment outcomes; Safety

Fund program: Zhengzhou City Science and Technology Bureau Funded Project (121PCXTD523)

随着眼科手术设备和显微操作技术的不断改进,超声乳化白内障手术已成为治疗白内障的主流术式,但硬核白内障患者的手术持续时间较长,对角膜内皮细胞造成损伤及后囊膜破裂的风险较大,故硬核白内障成为超声乳化术的相对禁忌证^[1]。软壳技术是近年来在硬核白内障超声乳化术中应用的新技术,即在硬核白内障超声乳化术中采用具有不同流体力学特征的黏弹剂辅助手术过程^[2]。该技术能有效减轻角膜水肿,但仍存在后囊膜较易破裂的风险。本研究中将传统软壳技术应用在囊袋内对硬核白内障施行 3.0 mm 切口超声乳化术,评估改良软壳技术操作对后囊膜的保护作用。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用前瞻性队列研究方法,纳入 2013 年 11 月至 2015 年 5 月在郑州大学第二附属医院眼科就诊的年龄相关性白内障 160 例 168 眼,患者年龄 49~87 岁,平均 68.5 岁。纳入标准:(1)眼科常规检查为年龄相关性白内障患者;(2)按 Emery 核硬度分级标准晶状体核分为 IV~V 级者;(3)角膜内皮细胞密度 $\geq 1\ 600/\text{mm}^2$,角膜内皮细胞变异率 $<35\%$ 者;(4)依从性好,自愿完成随访者。排除标准:(1)有眼外伤病史者;(2)角膜瘢痕患者;(3)合并青光眼或晶状体脱位者;(4)糖尿病患者。根据手术日期采用区组随机化方法,将患者分为囊袋内软壳技术组 78 例 80 眼和常规软壳技术组 82 例 88 眼。本研究经郑州大学第二附属医院伦理委员会批准,所有患者及家属在入组前均签署知情同意

书。2 个组间患者年龄、性别、核硬度分级比较差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)(表 1)。

表 1 两组间患者基线特征比较

组别	眼数	年龄 ^a ($\bar{x}\pm s$, 岁)	性别(n) ^b		不同核硬度眼数 ^b	
			男	女	IV	V
囊袋内软壳技术组	80	67.35±5.70	35	43	69	11
常规软壳技术组	88	69.28±6.37	42	40	74	14
t/χ^2		0.523	0.025		0.267	
P		0.860	0.214		0.675	

注:a:独立样本 t 检验;b: χ^2 检验

1.2 方法

1.2.1 手术方法 采用 Stellaris 超声乳化仪(美国博士伦公司)行 3.0 mm 切口白内障超声乳化术。患者术眼用丙美卡因滴眼液点眼 3~5 次行表面麻醉,质量分数 2% 盐酸利多卡因 2 ml 球后注射行球后阻滞麻醉,在 2:00 点位做侧切口,于前房中央注入约 0.2 ml 弥散性 Viscoat(美国 Alcon 公司),再将 0.1 ml 内聚性 Proviscoat(美国 Alcon 公司)注入其下方,使 Viscoat 逐渐展开并附着于角膜内表面。在 10:00 点位做 3.0 mm 透明角膜切口,在软壳下方注入 0.05 ml 平衡盐溶液,使撕囊镊易于控制,连续环形撕囊法撕除前囊膜,撕囊直径 5~6 mm,连续环形撕囊撕除前囊膜,水分离后以钻井式拦截劈核法对核行超声乳化,超声能量上限为 50%,负压为 300 mmHg(1 mmHg = 0.133 kPa),灌注液瓶高度为 110 cm。囊袋内软壳技术组术眼在吸出大于 1/4 核块后,向剩余核块与后囊膜之间注入 0.1 ml Viscoat,再将 0.1 ml Proviscoat 注入其上方,使 Viscoat 贴附于后囊膜表面形成软壳,然后将剩余核块

乳化吸出,根据需要可重复注入。常规软壳技术组术中不在核块与后囊膜之间注入 Viscoat 和 Proviscoat。I/A 探头注吸皮质并对后囊膜进行抛光,囊袋内及前房注入黏弹剂,将折叠式 Akreos AO IOL (美国博士伦公司)植入囊袋,清除前房及囊袋内残余黏弹剂,水密切口。2 个组病例手术均由同一位有经验的医师完成。

1.2.2 观察指标 术中记录累计释放能量(cumulative dissipated energy, CDE)即占超声乳化总能量 100% 的百分比、手术时间和后囊膜情况。术眼于术后 1 d 在裂隙灯显微镜下观察角膜水肿及前房炎症反应情况,术后 1 d、1 周和 1 个月的 BCVA。2 个组术前、术后 1 d、术后 1 周由同一操作熟练医务人员应用 CT-80A 型眼压测量仪(日本拓普康公司)测量眼压 3 次,取其平均值。术后 3 个月采用 SP 3000P 型角膜内皮镜(日本拓普康公司)测定角膜内皮细胞密度。角膜水肿程度的分级参照谢立信等^[3]的方法。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 17.0 统计学软件(序列号:5487304923, Winrap basic)进行统计分析。本研究中计量指标的数据资料经 K-S 检验符合正态分布,以 $\bar{x} \pm s$ 表示,计数指标的数据资料以百分率表示。采用区组随机两水平试验设计,囊袋内软壳技术组与传统软壳技术组间术眼超声乳化 CDE 及手术时间的差异比较采用独立样本 *t* 检验;2 个组手术前后不同时间点 BCVA>0.5 的眼数百分率差异比较采用 χ^2 检验;2 个组术眼在不同时间点角膜内皮细胞密度和眼压值的差异比较采用重复测量两因素方差分析,多重比较采用 LSD-*t* 检验。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 手术并发症

2 个组术眼手术均顺利,操作过程中无晶状体核下沉、虹膜损伤、脉络膜下爆发性出血等严重并发症。囊袋内软壳技术组和常规软壳技术组术中分别有 1 眼和 7 眼发生后囊膜破裂,分别占 1.2% 和 7.9%,2 个组比较差异有统计学意义($\chi^2 = 2.614, P = 0.032$)。2 个组行后囊膜连续环形撕囊及前段玻璃体切割术后 IOL 顺利植入囊袋内者共 5 眼,植入睫状沟内者 3 眼。术后 1 d 裂隙灯显微镜检查发现囊袋内软壳技术组无角膜水肿者 9 眼,角膜水肿 1 级者 54 眼,角膜水肿 2 级者 17 眼;常规软壳技术组无角膜水肿者 7 眼,角膜水肿 1 级者 48 眼,角膜水肿 2 级者 30 眼,角膜水肿 3 级者 3 眼。2 个组术眼中未发生后囊膜破裂者眼

前术后反应较轻,发生后囊膜破裂眼可观察到前房内少量炎性细胞漂浮。眼前节 OCT 显示 2 个组术眼角膜不同程度增厚,但角膜切口密闭良好。术后 1 周 2 个组术眼前房炎症反应以及角膜水肿均逐渐消退, IOL 无偏位,未发生术眼视网膜脱离、黄斑水肿等并发症。

2.2 术中 CDE 及手术时间的比较

囊袋内软壳技术组术中超声乳化 CDE 稍高于常规软壳技术组,手术时间稍短于常规软壳技术组,但组间差异均无统计学意义(*t* = 0.216, *P* = 0.376; *t* = 0.403, *P* = 0.518)(表 2)。

表 2 两组术眼超声乳化 CDE 及手术时间($\bar{x} \pm s$)

组别	眼数	CDE(%)	手术时间(min)
囊袋内软壳技术组	80	20.13±8.34	14.28±2.17
常规软壳技术组	88	19.67±5.24	15.36±3.49
<i>t</i>		0.216	0.403
<i>P</i>		0.376	0.518

注:CDE:累计释放能量(独立样本 *t* 检验)

2.3 术后 BCVA 比较

2 个组患者术后 BCVA 较术前均明显提高,术后 1 d、1 周和 1 个月囊袋内软壳技术组术眼 BCVA ≥ 0.5 者分别占 78%、83% 和 92%,常规软壳技术组分别占 56%、71% 和 89%,2 个组术眼术后 1 d 和 1 周 BCVA 差异有统计学意义($\chi^2 = 5.130, P = 0.027$; $\chi^2 = 4.361, P = 0.032$);术后 1 个月 2 个组术眼 BCVA 差异无统计学意义($\chi^2 = 3.608, P = 0.641$)。

2.4 术后角膜内皮情况

术后 3 个月囊袋内软壳技术组和常规软壳技术组角膜内皮细胞丢失率分别为 6.97% 和 7.19%,差异无统计学意义($\chi^2 = 0.608, P = 0.647$)。2 个组角膜内皮细胞密度的总体比较差异无统计学意义($F_{\text{分组}} = 5.402, P = 0.362$),2 个组术眼术后 3 个月和术前角膜内皮细胞密度总体比较差异有统计学意义($F_{\text{时间}} = 0.715, P = 0.016$),术后 3 个月较术前明显减少,差异均有统计学意义(均 *P*<0.05)(表 3)。

表 3 两组患者术后角膜内皮细胞密度变化($\bar{x} \pm s$)

组别	眼数	角膜内皮细胞密度(/m ²)	
		术前	术后 3 个月
囊袋内软壳技术组	80	2 567±213	2 017±267 ^a
常规软壳技术组	88	2 481±175	2 013±273 ^a

注: $F_{\text{分组}} = 5.402, P = 0.362; F_{\text{时间}} = 0.715, P = 0.016; F_{\text{交互作用}} = 2.314, P = 0.257$ 。与各自术前值比较,^a*P*<0.05(重复测量两因素方差分析)

2.5 两组术眼术后眼压改变

囊袋内软壳技术组术后眼压均高于常规软壳技术组,差异有统计学意义($F_{\text{分组}} = 9.176, P = 0.046$)。2 个组术后眼压均较术前升高,不同时间点的总体比较差异有统计学意义($F_{\text{时间}} = 1.763, P = 0.031$)。术后 1 周 2 个组眼压下降至术前水平并趋于稳定,囊袋内软壳技术组术前和术后 1 周眼压与常规软壳技术组比较差异均无统计学意义($P = 0.461, 0.470$),术后 1 d 时囊袋内软壳技术组术眼眼压明显高于常规软壳技术组,差异有统计学意义($t = 1.241, P = 0.037$) (表 4)。

表 4 两组患者术后眼压值的比较($\bar{x} \pm s, \text{mmHg}$)

组别	眼数	不同时间眼压值		
		术前	术后 1 d	术后 1 周
囊袋内软壳技术组	80	15.43±4.19	20.16±4.23 ^a	17.32±5.54
常规软壳技术组	88	15.61±5.23	17.38±5.21 ^{ab}	16.27±6.32

注: $F_{\text{分组}} = 9.176, P = 0.046; F_{\text{时间}} = 1.763, P = 0.031; F_{\text{交互作用}} = 3.214, P = 0.316$ 。与各自组内术前值比较,^a $P < 0.05$;与各自时间点囊袋内软壳技术组比较,^b $P < 0.05$ (重复测量两因素方差分析, LSD- t 检验)

3 讨论

超声乳化手术具有切口小、愈合快、手术源性散光小、前房稳定并能减少术后眼内炎发生率的优点^[4],是目前临床上的常用手术方式,但超声乳化吸出硬核白内障时易发生超声乳化针头堵塞、需要的超声能量高和手术时间长、超声乳化针头对切口组织的热损伤及过度的操作可造成切口对合不良等问题。在白内障超声乳化手术中,角膜内皮和晶状体后囊膜受到机械性损伤、湍流冲击、晶状体碎核块碰撞、超声振动冲击波、空穴效应气泡损伤和氧自由基等多重因素的影响,因此有研究认为硬核白内障超声乳化摘出术并发症发生率较高,而小切口白内障囊外摘出术具有一定优势^[5-7]。目前多采取调整超声乳化仪参数以减少晶状体后囊膜的起伏及改进劈核技术留一层薄的核壳保护后囊膜等措施来降低后囊膜破裂的发生率^[8-9],但应用囊袋内软壳技术对后囊膜进行保护的研究鲜见报道。本研究旨在探讨硬核白内障超声乳化术中应用软壳技术的有效性。

软壳技术通过组合应用弥散性和内聚性黏弹剂提高白内障超声乳化手术的安全性^[10],操作方法是先将弥散性黏弹剂注入前房中央,再将内聚性黏弹剂透明质酸钠注入其下方,将晶状体前囊膜表面压平,充分形成并维持前房空间,同时将弥散型黏弹剂向上推,使其紧贴于角膜内皮细胞表面形成光滑保护层,并防止弥散性黏弹剂受到液流冲击时掺杂微小液泡,以保持术野的清晰^[11]。本研究中使用的弥散性黏弹剂为

Viscoat,具有覆盖率高、附着层较厚、术中停留时间长等特性^[12-13],缺点是不易从眼内清除。白内障超声乳化术后角膜内皮细胞丢失率为 4% ~ 18%^[14],采用软壳技术可从数量、形态和功能等方面对角膜内皮细胞进行保护,有效减轻或避免术后发生角膜水肿^[15]。本研究结果显示,采用囊袋内软壳技术组术后 3 个月角膜内皮细胞丢失率与常规软壳技术组比较差异无统计学意义。此外,常规软壳技术组中出现后囊膜破裂的 3 眼由于操作时间延长,造成了角膜内皮损伤,导致较重的角膜水肿,但术后经药物治疗后逐渐恢复。

后囊膜的完整保留被视为白内障超声乳化手术成功的重要标志^[16]。术中硬核白内障随着核硬度的增加,后囊膜破裂的发生率升高,在狭小的囊袋和前房空间内处理 IV 级及以上的晶状体硬核更易损伤后囊膜及悬韧带^[17]。根据在同等流速的条件下,流体对大容量的空间造成的扰动远比对小容量的空间内的扰动要小的原理^[18],囊袋内软壳技术组在术中应用囊袋内软壳技术将囊袋撑开,使操作空间变大,后囊膜的起伏较小,位置保持相对稳定,从而降低了后囊破裂的发生率。另一方面晶状体核硬度越大,皮质层就越薄,劈核时产生的核碎块棱角也越锐利,后囊膜缺乏皮质的缓冲作用,更易被随涡流转动的有锐利边角的核块刺破。囊袋内软壳技术利用弥散性黏弹剂不易被吸出的特点,将 Viscoat 注射在后囊膜表面形成保护缓冲层,并使核块离开后囊膜表面而悬浮在保护层之上,避免后囊膜受到上述机械性损伤。术中发现常规软壳技术组在吸除剩余较小核碎块时,由于其随灌注液运动的幅度增大,超声乳化针头很难将其吸住,而囊内软壳技术组由于囊袋内软壳的存在,核块运动幅度较小,位置相对固定,从而提高了手术的效率。超声乳化针头在释放能量过程中其周边的温度升高也是损伤眼内组织的潜在因素,黏弹剂的流变性和渗透性可减轻后囊膜热损伤^[19-20]。后囊膜破裂可引起玻璃体脱出、牵拉瞳孔变形及虹膜粘连,严重者造成眼内炎,或由玻璃体牵拉导致黄斑囊样水肿及视网膜脱离^[21],研究表明在白内障超声乳化术中后囊膜破裂的发生率为 1.9% ~ 5.2%^[22-23]。本研究中囊袋内软壳技术组后囊膜破裂的发生率明显低于常规软壳技术组上述文献中的发生率,说明囊袋内软壳技术可有效保护后囊膜。同时 2 个组在 CDE 方面的差异无统计学意义,说明囊袋内软壳技术在保护后囊膜的同时不会影响超声乳化的效率。

本研究中后囊膜术中破裂共 8 眼,及时向裂口处注射黏弹剂,阻止裂口处玻璃体外溢,以低负压、低灌注压吸除残留核块和皮质,必要时行前部玻璃体切割

术,然后根据后囊膜裂口大小将 IOL 植入囊袋内或睫状沟。虽然囊袋内软壳技术组术中增加了应用囊袋内软壳的步骤,每例手术时间有所延长,但常规软壳技术组由于后囊膜破裂较多,其处理过程耗时较多,故 2 种术式平均手术时间相近。以往研究中后囊膜破裂的患者术后视力情况显著差于后囊膜完整患者。本研究中常规软壳技术组术后早期 BCVA 低于囊袋内软壳技术组,但经治疗后大部分患者视力改善,术后 1 个月时 2 个组 BCVA 比较差异无统计学意义。

研究证明,超声乳化术后早期会出现眼压升高,且不同黏弹剂的使用与眼压升高程度相关,与透明质酸钠相比较,Viscoat 更容易引起术后早期的眼压升高^[24]。本研究结果发现,术后 1 d 囊袋内软壳技术组眼压比常规软壳技术组偏高,因此采用囊袋内软壳技术应仔细清除囊袋内 Viscoat,可在清除皮质时用 I/A 探头对后囊膜进行抛光并吸除 Viscoat,调整好 IOL 的位置后,将 I/A 探头伸到 IOL 后充分吸除囊袋内残余黏弹剂,以最大限度地减少因黏弹剂残留造成的术后早期眼压升高。术后可局部及全身应用降压药物,眼压不易控制者可角膜缘辅助切口放液。本研究中术后 1 周 2 个组术眼眼压均恢复至正常范围。

综上所述,在硬核白内障超声乳化术中,应用囊袋内软壳技术可在保证手术效率的同时降低后囊膜破裂的发生率。囊袋内软壳技术组手术操作步骤有所增加,且术后有出现一过性高眼压的可能,但总体来说其手术过程更安全,有利于术后视力的早期恢复,可以提高硬核白内障患者的术后满意度。

参考文献

- [1] 付海涛,宋磊,唐正香,等. IV 级以上硬核白内障手术方式的选择[J]. 中国实用眼科杂志, 2009, 27(12): 1414-1416. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1006-4443. 2009. 12. 030.
- [2] Fu HT, Song L, Tang ZX, et al. Choice of operative method on above IV grade hard nucleus cataract [J]. Chin J Pract Ophthalmol, 2009, 27(12): 1414-1416. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1006-4443. 2009. 12. 030.
- [3] Fasce F, Spinelli A. Comparison of BD Multivisc with the soft shell technique in cases with hard lens nucleus and Fuchs endothelial dystrophy [J]. Eur J Ophthalmol, 2007, 17(9): 709-713. DOI: 10. 1177/030631200030003005.
- [4] 谢立信,姚瞻,黄钰森,等. 超声乳化白内障吸除术后角膜内皮细胞损伤和修复的研究[J]. 中华眼科杂志, 2004, 40(2): 90-93. DOI: 10. 3760/j. issn. 0412-4081. 2004. 02. 006.
- [5] Xie LX, Yao Z, Huang YS, et al. Corneal endothelial damage and its repair after phacoemulsification [J]. Chin J Ophthalmol, 2004, 40(2): 90-93. DOI: 10. 3760/j. issn. 0412-4081. 2004. 02. 006.
- [6] Kahraman G, Amon M, Franz C, et al. Intraindividual comparison of surgical trauma after bimanual microincision and conventional small incision coaxial phacoemulsification [J]. J Cataract Refract Surg, 2007, 33(9): 618-622. DOI: 10. 1016/j. jcrs. 2007. 01. 013.
- [7] Ventura AC, Wallti R, Bohnke M. Corneal thickness and endothelial density before and after cataract surgery [J]. Br J Ophthalmol, 2001, 85(1): 18-20. DOI: 10. 1093/nar/gkp594.
- [8] Izzet, Can T, Yildiz H, et al. Coaxial, microcoaxial and biaxial microincision cataract surgery: prospective comparative study [J]. J Cataract Refract Surg, 2010, 36(5): 740-746. DOI: 10. 1016/j. jcrs. 2009. 11. 013.
- [9] Pershing S, Kumar A. Phacoemulsification versus extracapsular cataract extraction: where do we stand? [J]. Curr Opin Ophthalmol, 2011, 22(5): 73-42. DOI: 10. 1097/ICU. 0b013e3283414fb3.
- [10] Hou P, Hun YJ. Phacoemulsification of hard nucleus cataracts [J]. J Cataract Refract Surg, 2010, 36: 872-873. DOI: 10. 1016/j. jcrs. 2010. 03. 021.
- [11] 周佳丽,刘钢,张震. 硬核白内障超声乳化术劈核及钻核技术的应用 [J]. 中华眼外伤职业眼病杂志, 2015, 37(1): 6-9. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-1477. 2015. 01. 002.
- [12] Zhou JL, Liu G, Zhang Z. Application of chop and drill technique in phacoemulsification for hard nuclear cataract [J]. Chin J Ocul Trauma Occupat Eye Dis, 2015, 37(1): 6-9. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-1477. 2015. 01. 002.
- [13] Arshinoff SA. Dispersive-cohesive Viscoelastic softshell technique [J]. J Cataract Refract Surg, 1999, 2(5): 167-173. DOI: 10. 1016/S0886-3350(99)80121-7.
- [14] Pan DP, Li XX, Chen JT, et al. Application of soft-shell technique in phacoemulsification in cases with posterior polar cataract [J]. Int J Ophthalmol, 2010, 10(5): 938-939. DOI: 10. 3969/j. issn. 1672-5123. 2010. 05. 039z.
- [15] Glasser DB, Osborn DC, Nordeen JF, et al. Endothelial protection and viscoelastic retention during phacoemulsification and intraocular lens implantation [J]. Arch Ophthalmol, 1991, 109(10): 1438-1440. DOI: 10. 1001/archoph. 1991. 01080100118055.
- [16] McDermott ML, Hazlett LD, Barrett RP, et al. Viscoelastic adherence to corneal endothelium following phacoemulsification [J]. J Cataract Refract Surg, 1998, 24(9): 678-683. DOI: 10. 1097/01. NPR. 0000314755. 03293. 11.
- [17] Carolee M, Zachary P, Brian E, et al. Comparison of the corneal endothelial protective effects of Healon-D and Viscoat [J]. Clin Exp Ophthalmol, 2009, 37(4): 397-401. DOI: 10. 1111/j. 1442-9071. 2009. 02034. x.
- [18] Wilczynski M, Supady E, Loha P, et al. Comparison of early corneal endothelial cell loss after coaxial phacoemulsification through 1.8 mm microincision and bimanual phacoemulsification through 1.7 mm microincision [J]. J Cataract Refract Surg, 2009, 35: 1570-1574. DOI: 10. 1016/j. jcrs. 2009. 05. 014.
- [19] 章露易,徐雯,姚克. 超声乳化白内障吸除术中晶状体后囊膜破裂风险因素分析 [J]. 中华眼科杂志, 2015, 51(4): 282-287. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0412-4081. 2015. 04. 010.
- [20] Zhang LY, Xu W, Yao K. The risk factors of posterior capsule rupture in phacoemulsification of cataract [J]. Chin J Ophthalmol, 2015, 51(4): 282-287. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0412-4081. 2015. 04. 010.
- [21] Blomquist PH, Morales ME, Tong L, et al. Risk factors for vitreous complications in resident-performed phacoemulsification surgery [J]. J Cataract Refract Surg, 2012, 38(2): 208-214. DOI: 10. 1016/j. jcrs. 2011. 10. 001.
- [22] Steve A, Arshinoff MD. Tri-soft shell technique [J]. J Cataract Refract Surg, 2013, 39(4): 1196-1203. DOI: 10. 1016/j. jcrs. 2013. 06. 011.
- [23] Ernest P, Rhem M, McDermott M, et al. Phacoemulsification conditions resulting in thermal wound injury [J]. J Cataract Refract Surg, 2001, 21(6): 1829-1839. DOI: 10. 1016/S0886-3350(01)00908-7.
- [24] Jurowski P, Goś R, Kuśmierczyk J, et al. Quantitative thermographic analysis of viscoelastic substances in an experimental study in rabbits [J]. J Cataract Refract Surg, 2006, 32(7): 137-140. DOI: 10. 1016/j. jcrs. 2005. 11. 025.
- [25] Johansson B, Lundstmm M, Montan P, et al. Capsule complication during cataract surgery: long term outcomes: Swedish capsule rupture study group report 3 [J]. J Cataract Refract Surg, 2009, 35(10): 1694-1698. DOI: 10. 1016/j. jcrs. 2009. 05. 027.
- [26] Zaidi FH, Corbett MC, Burton BJ, et al. Raising the benchmark for the 21st century the 1000 cataract operations audit and survey: outcomes, consultant-supervised training and sourcing NHS choice [J]. Br J Ophthalmol, 2007, 91(6): 731-736. DOI: 10. 1136/bjo. 2006. 104216.
- [27] Narendran N, Jaycock P, Johnston RL, et al. The Cataract National Dataset electronic multicentre audit of 55 567 operations: risk stratification for posterior capsule rupture and vitreous loss [J]. Eye (Lond), 2009, 23(1): 31-37. DOI: 10. 1038/sj. eye. 6703049.
- [28] Rainet G, Menapace R, Findl O, et al. Intraocular pressure after small incision cataract surgery with Healon 5 and Viscoat [J]. J Cataract Refract Surg, 2000, 26(2): 271-276. DOI: 10. 1016/S0886-3350(99)00367-3.

(收稿日期: 2016-01-29)

(本文编辑: 尹卫靖 杜娟)