

· 专家述评 ·

# 关注白内障手术技术新进展,提高白内障手术治疗精准性

徐雯 许哲

浙江大学医学院附属第二医院眼科中心,杭州 310009

通信作者:徐雯,Email:xuwen2003@zju.edu.cn

**【摘要】** 随着人口结构老龄化加剧,白内障手术需求日益增长,同时对术后视觉质量的要求也不断提升,从而衍生出屈光性白内障手术的概念。屈光性白内障手术对白内障手术治疗的精准性有了更高要求。为提高患者术后脱镜率、改善患者术中体验和术后最佳视觉质量,临床白内障手术各个环节的新技术层出不穷。眼科医师应密切关注白内障手术相关眼球生物测量、人工晶状体类型和设计原理、飞秒激光技术在白内障手术中的应用、手术技术辅助系统及围手术期管理理念的新进展,以有效提高白内障手术治疗的精准性。

**【关键词】** 白内障手术; 精准治疗; 更新与进展

**基金项目:** 国家重点研发计划项目(2020YFE0204400); 国家自然科学基金青年基金项目(81800877)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20210715-00413

## Evolution of cataract surgical techniques and improvement of surgical precision

Xu Wen, Xu Zhe

Eye Center of Second Affiliated Hospital of Zhejiang University Medical College, Hangzhou 310009, China

Corresponding author: Xu Wen, Email: xuwen2003@zju.edu.cn

**【Abstract】** With the increase of aging population, the rising demand for cataract surgery, along with the growing demand for post-operative visual quality, the concept of refractive cataract surgery has been put forward, which places more emphasis on the cataract surgical precision. In order to improve the spectacle independence rate, optimize the surgical experience, and obtain the best visual quality, new technologies involving all aspects of cataract surgery are emerging. Ophthalmologists should pay close attention to the updates of biometry measurement, types and design principles of intraocular lens, application of femtosecond technology, surgical assistant system and perioperative management concept, so as to improve the precision and accuracy of cataract surgery.

**【Key words】** Cataract surgery; Precise treatment; Update and development

**Fund program:** National Key Research and Development Program of China (2020YFE0204400); Youth Program of National Natural Science Foundation of China (81800877)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20210715-00413

自 1967 年首例白内障超声乳化手术以及 1970 年首例后房型人工晶状体(intraocular lens, IOL)植入报道以来,现代白内障手术经历了半个世纪的快速发展<sup>[1-2]</sup>。随着人口结构老龄化加剧,白内障手术需求日益增加,至 2020 年我国白内障年手术量已逾 380 万台。在治疗白内障的同时,使患者术后成功脱镜,并获得尽可能最佳的视觉质量,已成为全球眼科界面临的共同挑战。屈光性白内障手术概念的提出,对白内障手术治疗的精准性提出了更高要求<sup>[1,3]</sup>。由此,涉及临床白内障精准治疗各个环节的新技术层出不

穷。临床医师应关注眼球生物测量、IOL 设计、飞秒激光技术应用、手术技术辅助系统及围手术期管理相关新进展,以进一步提高白内障手术治疗的精准性。

## 1 重视眼球生物测量

准确测量眼球生物参数,是计算白内障手术植入 IOL 屈光度的基础。自超声应用于眼球生物参数测量以来,越来越多的测量设备开发应用于人眼球生物测量,随之发展的还有各种 IOL 计算公式。

基于扫频光源光相干断层扫描 (swept-source-optical coherence tomography, SS-OCT) 原理的 IOLMaster 700 光学生物测量仪 (德国 Carl Zeiss 公司)、OA-2000 光学生物测量仪 (日本 Tomey 公司) 以及 Eyestar 900 SS-OCT 系统 (瑞士 Haag-Streit 公司), 均可快速扫描获得眼轴长度等眼球生物参数; 相较于基于部分相干光原理的 IOLMaster 500 光学生物测量仪 (德国 Carl Zeiss 公司), 其穿透混浊晶状体的成功率更高, 可获得更准确的眼前房生物测量参数和眼轴长度, 更有利于准确计算 IOL 屈光度<sup>[4-6]</sup>。另外, IOLMaster 700 光学生物测量仪可根据术眼屈光介质状态, 例如角膜屈光术后、水眼、玻璃体腔硅油填充、IOL 眼等, 选择相应测量模式及 IOL 计算公式, 实现对术眼生物参数的精准测量和 IOL 屈光度的精准估算。

术中像差 ORA (optiwave refractive analysis) 测量系统 (美国 Alcon 公司) 采用第三代术中波前像差技术, 该系统于术中摘除混浊晶状体后, 通过非接触式和实时的方式测量所需 IOL 球镜度、散光和轴向, 并在术中辅助调整散光型 IOL 轴向<sup>[7]</sup>。相关文献报道, 针对行激光辅助原位角膜磨镶术 (LASIK) 和准分子激光角膜切削术 (PRK) 的患者, ORA 系统可在术中摘除混浊晶状体后, 更为精准地计算患眼所需植入 IOL 度数, 有效保障患者术后视力<sup>[8]</sup>。

整合多种生物测量技术的新一代生物测量仪包括基于低相干光反射原理的 Lenstar 生物测量仪 (瑞士 Haag-Streit 公司), 整合 Placido 环、双 Scheimpflug 角膜地形图和光学测量技术的 Galilei 系统 (瑞士 Ziemer Ophthalmic Systems 公司) 以及整合 Placido 环和光学测量技术的 Aladdin 系统 (意大利 Topcon 公司)。以上生物测量仪均可对人眼进行生物参数测量, 且所获测量值较为准确, 可以辅助白内障手术 IOL 选择<sup>[5,9]</sup>。

在 IOL 计算公式方面, 最新的 Barrett Universal II 公式以及基于光线追踪原理的 Olsen 公式, 通过纳入眼前节测量参数 (角膜前后表面曲率、前房深度、晶状体厚度、白到白距离等), 可以准确地计算有效晶状体位置 (effective lens position, ELP), 进一步提高了 IOL 屈光度计算的准确性, 特别是对长眼轴等特殊眼部情况患者的 IOL 屈光度预测结果明显优于传

统理论公式<sup>[10]</sup>。另外, 基于人工智能原理的 Hill-RBF 公式、LADAS 超级公式、Pearl-DGS 公式, 以及特殊数学法原理的 Full Monte 公式的出现, 均旨在提高 IOL 屈光度预测准确性, 减少白内障术后屈光度误差<sup>[11]</sup>。

眼球生物测量设备的进步, 提高了生物参数测量的精准性, 同时结合准确的 IOL 计算公式, 可共同提高 IOL 屈光度计算的准确性, 有效预测白内障术后屈光状态, 提高术后视觉质量<sup>[12]</sup>。

## 2 创新 IOL 类型及设计原理

IOL 从单焦点、双焦点, 发展至现在的多焦点和连续视程 (extend depth-of-focus, EDOF), 均以提高白内障患者术后远中近全程视觉质量为目标, 其设计也不断更新 (表 1)。

基于蔡司 AT LISA (tri) 技术平台的双焦点和三焦点 IOL, 采用非瞳孔依赖、光线不对称分布设计, 整合平滑微相位 (smooth micro phase, SMP)、像差矫正和 Bitoric 双环曲面散光矫正技术, 可有效减少术后光晕和眩光等光学视觉质量问题的发生<sup>[13-14]</sup>。Zeiss AT LISA IOL (德国 Carl Zeiss 公司) 系列包括双焦点 IOL、Toric 双焦点 IOL、三焦点 IOL 及 Toric 三焦点 IOL, 该系列 IOL 的平板四褶设计也使术后散光矫正效果更为稳定。

基于 ENLIGHTEN 技术平台的三焦点 IOL AcrySof IQ PanOptix (美国 Alcon 公司), 将非渐进式衍射的四焦点 IOL 技术应用于三焦点 IOL, 以提高其术后 40 cm 近距离和 60 cm 中距离视力<sup>[15]</sup>。双焦点 AcrySof IQ ReSTOR IOL (美国 Alcon 公司) 采用衍射折射结合的阶梯渐进式衍射技术, 分别可提供 +2.50 D 和 +3.00 D 近附加度数, 其对应的 Toric 设计 IOL 也在临床展开使用。

表 1 多焦点及连续视程 IOL 设计原理

IOL 型号	技术平台	设计原理	视程作用
Zeiss AT LISA	AT LISA (tri) 技术平台	基于平滑微相位技术的折射衍射结合技术	双焦点、三焦点
AcrySof IQ PanOptix	ENLIGHTEN 技术平台	基于四焦点原理设计的三焦点非渐进式衍射技术	三焦点
AcrySof IQ ReSTOR	衍射折射结合技术平台	阶梯渐进式衍射技术	双焦点
Tecnis Symphony	TECNIS 技术平台	Echelette 衍射光栅技术	连续视程
Tecnis Synergy	TECNIS 技术平台	Echelette 增效型衍射光栅融合多焦技术	连续视程

注: IOL: 人工晶状体

EDOF IOL 以 Tecnis Symphony (美国 Johnson & Johnson 公司) 为代表。衍射型 EDOF IOL 基于 TECNIS 技术平台, 采用 Echelette 专利衍射光栅技术, 可达到第一阶衍射远距离视力要求, 第二阶衍射在远距离视物基础上约 +1.75 D 近距离视力要求。二阶衍射的整合, 可起到延伸远距离至中距离的视程需求。EDOF IOL 还整合了消除色散光栅设计, 可有效矫正由于焦深延长和提高对比敏感度引起的角膜色散<sup>[16]</sup>。另外, 新一代 Tecnis Synergy IOL (美国 Johnson & Johnson 公司) 基于 Echelette 增效型衍射光栅融合多焦技术, 采用波前像差非球面前表面整合全光学面衍射后面表的设计, 使患者完整地实现从 33 cm 到无穷远距离的连续全程视力; 该 IOL 采用 OptiBlue 疏水丙烯酸材料, 可有效过滤紫外线和有害蓝光<sup>[17]</sup>。随着临床应用的逐步展开, 未来仍需进一步深入评估该 IOL 相关的视觉质量。

新型焦深延长的单焦点 IOL, 以 AcrySof IQ Vivity (美国 Alcon 公司) 和 Tecnis Eyhance (美国 Johnson & Johnson 公司) 为代表。AcrySof IQ Vivity IOL 采用 Alcon X-Wave 技术结合 6 mm 光学区双凸面非球面像差塑造设计, 从而达到延长焦深的效果。Tecnis Eyhance IOL 采用 6 mm 光学区、前表面无衍射环、高阶非球面像差设计延长焦深, 采用后表面 360° 连续方边设计有效提高低光照下的对比敏感度<sup>[18]</sup>。相较于传统单焦点 IOL, 该类 IOL 可一定程度延长焦深, 提高中距离视力。延长焦深单焦点 IOL 虽无法达到多焦点和 EDOF IOL 的远中近视力效果, 但可有效减少术后视觉质量干扰, 以及由分光引起的对比敏感度下降等问题。

光可调 IOL (light adjustable lens, LAL) 可以在 IOL 植入后进行残余屈光度矫正, 即在术后一定时间内通过光传导装置对 IOL 进行 3 次屈光度调整锁定<sup>[19]</sup>。相关文献报道, 92% 患者在最终锁定后, 残余屈光度可在目标屈光度  $\pm 0.50$  D 范围内。但需注意的是, 在最终锁定前, LAL 植入患者在室内室外均需佩戴抗紫外线眼镜, 以避免外界光线对 LAL 屈光度的影响。

模块化 IOL 在囊袋中植入基础模块, 可在术后任何时间阶段根据患者的屈光状态变化置换 IOL<sup>[20]</sup>。多功能可调节 IOL 和新一代 EDOF IOL 也在进一步研究中, 旨在提高术后患者有效视程, 并减少视觉质量干扰。

各类 IOL 设计的进步, 以及植入后可调整 IOL 的开发, 均有效地提高了白内障术后屈光度精准性, 并减少相应手术并发症。临床医生应了解 IOL 设计原理,

结合患者具体情况进行 IOL 的选择, 有效保障白内障术后视觉质量。

### 3 关注飞秒激光技术的应用

2008 年, 飞秒激光技术开始应用于临床白内障手术<sup>[21]</sup>。飞秒激光辅助白内障手术过程主要包括透明角膜切口制作、弧形角膜切开术、囊膜预撕囊以及晶状体预劈核; 其中激光辅助切口制作、预撕囊和预劈核处理可保证切口制作标准化, 撕囊大小统一, 降低术中超声乳化使用能量, 提高超声乳化效率。目前, 临床使用的飞秒激光操作平台包括 Catalys (美国 Johnson & Johnson 公司)、Femto LDV Z8 (瑞士 Ziemer Ophthalmic Systems 公司)、LensAR (美国 LensAR 公司)、LenSx (美国 Alcon Laboratories 公司) 和 VICTUS (美国 Bausch & Lomb 公司) 5 种。

飞秒激光操作平台对接阶段 (docking) 的精准性, 是实现良好吸力, 保障飞秒激光操作顺利进行的重要步骤。相较于弯曲面接口, Catalys 操作平台的液体光学接口采用“水浸”最小化换能器与眼球接触, 可保持角膜自然弧度, 不产生角膜皱褶, 减少激光传递干扰, 可更有效提高飞秒激光操作的精准性<sup>[22]</sup>。

飞秒激光除常规白内障手术的预撕囊处理, 还可用于晶状体半脱位患者辅助撕囊。根据相关文献报道, 在缺少晶状体及悬韧带牵引力对抗手工撕囊牵拉的情况下, 超过 90% 晶状体半脱位患者可通过飞秒激光辅助预撕囊处理, 以减少前囊处理时对晶状体囊袋稳定性的影响, 有助于保留囊袋<sup>[23]</sup>。另外, 飞秒激光还可用于玻璃体视网膜术后<sup>[24]</sup>、放射状角膜切开术后<sup>[25]</sup> 和 Alport 综合征<sup>[26]</sup> 等辅助撕囊处理, IOL 眼前囊收缩处理<sup>[27-28]</sup>, IOL 置换术的 IOL 切开<sup>[29]</sup>, 以及角膜内皮细胞计数较少的有晶状体眼 IOL 植入眼 IOL 取出手术<sup>[30]</sup>。飞秒激光辅助复杂白内障的处理, 可有效降低手术囊袋破裂风险, 尽可能减少角膜内皮细胞丢失和相关手术并发症的发生。

为预防后发性白内障的发生, 尤其是先天性白内障患儿术后的后发性白内障, 飞秒激光可在白内障手术 IOL 植入术后一期完成晶状体后囊切开术<sup>[31-32]</sup>。虽然尚未有研究报道严重并发症, 但理论上白内障术后一期进行飞秒激光二次对接 (redocking) 时, 一旦出现角膜透明切口水密不完全, 将会对前房稳定性、眼压、及 IOL 倾斜与偏心造成一定程度影响。因此对该方面飞秒激光的临床应用, 需在白内障医师充分评估下谨慎使用。

已有相关体外研究和动物在体的研究报道飞秒激

光可致 IOL 折射率变化<sup>[33-34]</sup>。该飞秒激光在低于切割或切削的能量阈值范围内,且不影响 IOL 调制传递函数的情况下,可引起 IOL 材料的折射率变化,从而达到调整 IOL 屈光力的目的<sup>[34]</sup>。进一步的临床研究仍待未来继续展开。

#### 4 关注手术技术辅助系统的发展

自动化、标准化的手术操作,在保障白内障手术安全性的同时,能有效地提高白内障手术的精准性。

白内障手术数字化图像导航系统的发展,使白内障手术散光控制的精准性进一步提高<sup>[35]</sup>。目前临床应用的白内障手术数字化图像导航系统主要包括 Verion 数字化图像导航系统(美国 Alcon 公司), Callisto 数字化图像导航系统(德国 Carl Zeiss 公司), TrueGuide 数字化图像导航系统(美国 TrueVision Systems 公司)。相较于传统手工定位方式,数字化图像导航系统在透明切口位置设计、术源性散光(SIA)控制以及 Toric IOL 轴向标记等方面表现得更精准,术后散光轴向偏移和残留散光更小<sup>[36]</sup>。

术中 OCT(intraoperative OCT, iOCT)可为白内障手术提供实时动态的术中监控。目前应用于临床的 iOCT 系统主要包括 Rescan 700 系统(德国 Carl Zeiss 公司)和 Enfocus OCT 系统(美国 Leica 公司)。iOCT 在角膜透明切口制作、白内障超声乳化过程以及实时观察晶状体后囊混浊等方面具有一定的优势,从而提高白内障手术安全性<sup>[37]</sup>。处于研究阶段的半自动 OCT 引导内眼手术机器人整合 iOCT 和机器人技术,可有效减少后囊破裂、晶状体去除不完整和角膜切口渗漏等手术并发症<sup>[36]</sup>。随着各类术中监控平台的不断发展,白内障术中安全性和自动化程度将进一步提高。

近年来,自动撕囊装置的出现使得连续环形撕囊的精准度变得更高。可抛弃 Zepto 装置(美国 Mynosys Cellular Devices 公司)采用可折叠记忆材料整合纳米技术镍钛合金环头部,通过透明切口,将镍钛合金环折叠并推入前房,由镍钛合金环头部吸引杯吸附于前囊膜。镍钛合金环释放脉冲电流切割前囊膜,游离囊膜由吸引杯吸附,随镍钛合金环一起带出前房<sup>[38]</sup>。

术中激光 CAPSULaser 系统(美国 Excel-Lens 公司),可移动装载于手术显微镜,通过发射连续激光聚焦于台盼蓝染色的前囊膜,完成白内障手术辅助撕囊<sup>[39]</sup>。该系统的连续发射激光可使撕囊边缘的前囊膜 IV 型胶原纤维形成无定形胶原,使撕囊口更为强韧,强韧程度优于飞秒激光撕囊口<sup>[40]</sup>。

白内障术中 3D Ngenuity 系统(美国 Alcon 公司)以及 3D TrueVision 系统(美国 TrueVision Systems 公司),为手术医师创造了抬头(heads-up)手术视角,并通过 3D 技术,使手术视频可以保持一定景深,准确显示术中前房深度、晶状体位置等眼前节结构。其次,3D 手术系统可大幅降低术中采用光照强度,有效减少患者术中畏光感和视网膜光毒性<sup>[41]</sup>。另外,白内障术中 3D Ngenuity 系统,可为白内障远程教学提供便利和保障。

手术辅助系统和实时监控系统可有效减少白内障术中及术后并发症,提高白内障手术安全性。另外,针对白内障撕囊、散光 IOL 轴向定位等步骤的辅助,可使白内障手术过程更为标准化,操作效果更为精准,手术过程更为便捷。

#### 5 关注围手术期管理理念

随着白内障手术技术的不断进步,围手术期用药及管理可一定程度地影响患者体验感。另外,围手术期用药的规范化管理,可减少滴眼液对患者眼表泪膜平衡的影响,增加术后用药的便利性,减少术后眼内炎症和感染等严重并发症的发生。

白内障围手术期干眼管理,对白内障术前 IOL 屈光度计算准确性,以及术后泪膜相关视觉质量十分重要<sup>[42-43]</sup>。根据《中国白内障围手术期干眼防治专家共识(2021 年)》,白内障术前应对患者进行充分干眼评估,对中重度干眼或睑板腺功能障碍(MGD)患者需先行系统性干眼治疗。白内障术中选择切口,应尽量避免鼻侧或颞侧透明角膜切口,并尽可能保护 9:00 位和 3:00 位的角膜神经纤维。术中采用灌注液频繁点眼,或涂用角膜保护剂,保持眼表湿润状态。白内障手术过程需尽可能缩短手术时间,动作轻柔,减少角结膜上皮细胞损伤和杯状细胞丢失。另外,避免围手术期过度使用药物,减少各种滴眼液的使用频率和时长,选择滴用次数较少的长效剂型,均可有效减少白内障术后干眼症状。术后若患者出现干眼症状,可逐步对患者行干眼系统治疗,尽可能保持泪膜稳定,缓解患者不适主诉,提高患者术后视觉质量<sup>[44]</sup>。

白内障术后用药剂型和给药方式的优化,可有效减少滴眼液直接对眼表平衡的影响。白内障术后整合非甾体类抗炎药、抗生素及类固醇的眼表复合制剂滴眼液,可提高患者术后用药的依从性。9%地塞米松眼内缓释剂 Dexycu(美国 EyePoint 公司)在白内障手术结束时于后房使用,可有效减少白内障术后炎症反应,且其对眼压、角膜内皮的影响与眼表用药方式无明显

差异<sup>[45]</sup>。地塞米松泪小管栓剂 Dextenza (美国 Ocular Therapeutix 公司),可在白内障术后 30 d 内持续释放地塞米松于眼表,有效控制术后炎症及眼部疼痛<sup>[46]</sup>。该类眼内和泪小管栓剂皮质醇药物的使用,可避免白内障术后滴眼液对眼表泪液平衡的影响,方便患者术后用药,有效提高患者依从性。

白内障术后眼内炎发生率为 0.02%~2%,是造成白内障术后视力损伤的最严重并发症之一<sup>[47]</sup>。根据《我国白内障摘除手术后感染性眼内炎防治专家共识(2017 年)》,白内障围手术期使用抗生素滴眼液,结膜囊聚维酮碘消毒,是预防白内障术后眼内炎的重要措施<sup>[48]</sup>。白内障术前房注射 10 g/L 头孢呋辛 0.1 ml 也可有效减少术后眼内炎发生率<sup>[49]</sup>。针对头孢菌素过敏者,可考虑前房注射 1 g/L 莫西沙星 0.1 ml、5 g/L 莫西沙星 0.05 ml 或 0.1 g/L 万古霉素前房灌注代替。一旦确诊眼内炎,早期使用 10 g/L 万古霉素 0.1 ml 和 20 g/L 头孢他啶 0.1 ml 联合玻璃体内注射,并积极地进行玻璃体切除手术及全身抗生素治疗。眼科医师在白内障围手术期应严格规范地使用抗生素,有效控制白内障术后眼内炎发生。

## 6 总结

白内障手术技术与设备的更新迭代,更好地为白内障患者提供精准治疗,同时也丰富了眼科医师的手术策略。然而多样化的手术也给眼科医师和患者带来了更多的选择,眼科医师应全面了解白内障手术技术新进展,努力提高患者术后成功脱镜率,改善患者手术体验和术后最佳视觉质量。

**利益声明** 所有作者均声明不存在利益冲突

## 参考文献

- [1] Davis G. The evolution of cataract surgery[J]. *Mo Med*, 2016, 113(1): 58-62.
- [2] Kelman CD. Phaco-emulsification and aspiration. A new technique of cataract removal. A preliminary report[J]. *Am J Ophthalmol*, 1967, 64(1): 23-35.
- [3] 兰长骏,廖莹. 重视白内障患者视觉质量的评估[J]. *中华实验眼科杂志*, 2018, 36(5): 326-329. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-0160. 2018. 05. 002.  
Lan CJ, Liao X. Focus on the evaluation of visual quality in cataract patients[J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2018, 36(5): 326-329. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-0160. 2018. 05. 002.
- [4] Einan-Lifshitz A, Rozenberg A, Wang L, et al. Accuracy and feasibility of axial length measurements by a new optical low-coherence reflectometry-based device in eyes with posterior subcapsular cataract[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2017, 43(7): 898-901. DOI: 10. 1016/j. jcrs. 2017. 04. 035.
- [5] Gao R, Chen H, Savini G, et al. Comparison of ocular biometric measurements between a new swept-source optical coherence tomography and a common optical low coherence reflectometry[J/OL]. *Sci Rep*, 2017, 7(1): 2484[2021-06-12]. <http://www. ncbi. nlm. nih. gov/pubmed/28559547>. DOI: 10. 1038/s41598-017-02463-z.
- [6] 兰长骏,彭悦,廖莹. 扫频光相干断层扫描生物测量仪在白内障中的应用[J]. *中华实验眼科杂志*, 2019, 37(2): 123-128. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-0160. 2019. 02. 010.  
Lan CJ, Peng Y, Liao X. Application of swept-source optical coherence tomography biometer in cataract[J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2019, 37(2): 123-128. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-0160. 2019. 02. 010.
- [7] Woodcock MG, Lehmann R, Cionni RJ, et al. Intraoperative aberrometry versus standard preoperative biometry and a toric IOL calculator for bilateral toric IOL implantation with a femtosecond laser: one-month results[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2016, 42(6): 817-825. DOI: 10. 1016/j. jcrs. 2016. 02. 048.
- [8] Ianchulev T, Hoffer KJ, Yoo SH, et al. Intraoperative refractive biometry for predicting intraocular lens power calculation after prior myopic refractive surgery[J]. *Ophthalmology*, 2014, 121(1): 56-60. DOI: 10. 1016/j. ophtha. 2013. 08. 041.
- [9] Huang J, McAlinden C, Huang Y, et al. Meta-analysis of optical low-coherence reflectometry versus partial coherence interferometry biometry[J/OL]. *Sci Rep*, 2017, 7: 43414[2021-06-12]. <http://pubmed. ncbi. nlm. nih. gov/28233846>. DOI: 10. 1038/srep43414.
- [10] Melles RB, Holladay JT, Chang WJ. Accuracy of intraocular lens calculation formulas[J]. *Ophthalmology*, 2018, 125(2): 169-178. DOI: 10. 1016/j. ophtha. 2017. 08. 027.
- [11] Rocha-de-Lossada C, Colmenero-Reina E, Flikier D, et al. Intraocular lens power calculation formula accuracy: comparison of 12 formulas for a trifocal hydrophilic intraocular lens[J]. *Eur J Ophthalmol*, 2021, 31(6): 2981-2988. DOI: 10. 1177/1120672120980690.
- [12] Moshirfar M, Buckner B, Ronquillo YC, et al. Biometry in cataract surgery: a review of the current literature[J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2019, 30(1): 9-12. DOI: 10. 1097/ICU. 0000000000000536.
- [13] Bilbao-Calabuig R, Llovet-Rausell A, Ortega-Usobiaga J, et al. Visual outcomes following bilateral implantation of two diffractive trifocal intraocular lenses in 10084 eyes[J]. *Am J Ophthalmol*, 2017, 179: 55-66. DOI: 10. 1016/j. ajo. 2017. 04. 013.
- [14] Marques EF, Ferreira TB, Simões P. Visual performance and rotational stability of a multifocal toric intraocular lens[J]. *J Refract Surg*, 2016, 32(7): 444-450. DOI: 10. 3928/1081597X-20160502-01.
- [15] Cochener B, Bouthillier G, Lamard M, et al. A comparative evaluation of a new generation of diffractive trifocal and extended depth of focus intraocular lenses[J]. *J Refract Surg*, 2018, 34(8): 507-514. DOI: 10. 3928/1081597X-20180530-02.
- [16] Cochener B, Concerto Study Group. Clinical outcomes of a new extended range of vision intraocular lens: International Multicenter Concerto Study[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2016, 42(9): 1268-1275. DOI: 10. 1016/j. jcrs. 2016. 06. 033.
- [17] Ribeiro FJ, Ferreira TB, Silva D, et al. Visual outcomes and patient satisfaction after implantation of a presbyopia-correcting intraocular lens that combines extended depth-of-focus and multifocal profiles[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2021, 47(11): 1448-1453. DOI: 10. 1097/j. jcrs. 0000000000000659.
- [18] Tognetto D, Cecchini P, Giglio R, et al. Surface profiles of new-generation IOLs with improved intermediate vision[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2020, 46(6): 902-906. DOI: 10. 1097/j. jcrs. 00000000 00000215.
- [19] Ford J, Werner L, Mamalis N. Adjustable intraocular lens power technology[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2014, 40(7): 1205-1223. DOI: 10. 1016/j. jcrs. 2014. 05. 005.
- [20] SooHoo JR, Lane SS, Cionni RJ, et al. Comparison of stability between a modular intraocular lens system and a single-piece hydrophobic acrylic intraocular lens[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2016, 42(12): 1821-1825. DOI: 10. 1016/j. jcrs. 2016. 09. 022.
- [21] Abouzeid H, Ferrini W. Femtosecond-laser assisted cataract surgery: a review[J]. *Acta Ophthalmol*, 2014, 92(7): 597-603. DOI: 10. 1111/aos. 12416.
- [22] De Giacinto C, D'Aloisio R, Bova A, et al. Intraocular pressure changes during femtosecond laser-assisted cataract surgery: a comparison



- between two different patient interfaces [J/OL]. *J Ophthalmol*, 2019, 2019: 5986895 [2021-06-16]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31662896>. DOI: 10.1155/2019/5986895.
- [23] Chee SP, Wong MH, Jap A. Management of severely subluxated cataracts using femtosecond laser-assisted cataract surgery [J]. *Am J Ophthalmol*, 2017, 173: 7-15. DOI: 10.1016/j.ajo.2016.09.021.
- [24] de Queiroz Alves B, Brasil O, Espinhosa CT, et al. Combined femtosecond laser-assisted cataract surgery and small-gauge pars plana vitrectomy using different devices; a new trend for vitreoretinal surgery? [J]. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*, 2018, 49(5): 374-379. DOI: 10.3928/23258160-20180501-13.
- [25] Noristani R, Schultz T, Dick HB. Femtosecond laser-assisted cataract surgery after radial keratotomy [J]. *J Refract Surg*, 2016, 32(6): 426-428. DOI: 10.3928/1081597X-20160428-03.
- [26] Orts-Vila P, Amparo F, Rodríguez-Prats JL, et al. Alport syndrome and femtosecond laser-assisted cataract surgery [J]. *J Ophthalmic Vis Res*, 2020, 15(2): 264-269. DOI: 10.18502/jovr.v15i2.6748.
- [27] Ibarz M, Rodríguez-Prats JL, Tañá P. Femtosecond laser-assisted capsulotomy for treatment of bilateral anterior capsule contraction [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2017, 43(2): 289-292. DOI: 10.1016/j.jcrs.2016.12.013.
- [28] Gerten G, Schultz M, Oberheide U. Treating capsule contraction syndrome with a femtosecond laser [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2016, 42(9): 1255-1261. DOI: 10.1016/j.jcrs.2016.07.020.
- [29] Anisimova NS, Malyugin BE, Arbisser LB, et al. Femtosecond laser-assisted intraocular lens fragmentation: low energy transection [J]. *J Refract Surg*, 2017, 33(9): 646-648. DOI: 10.3928/1081597X-20170721-02.
- [30] Lee CY, Chao SC, Sun CC, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery in patients with phakic intraocular lenses and low endothelial cell counts: a case report [J/OL]. *BMC Ophthalmol*, 2017, 17(1): 180 [2021-06-20]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28974221>. DOI: 10.1186/s12886-017-0568-2.
- [31] Lau FS, Waldie AM, Spencer S, et al. Primary femtosecond laser posterior capsulotomy: without clinical outcomes, caution should be exercised [J/OL]. *J Cataract Refract Surg*, 2017, 43(9): 1237 [2021-06-20]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28991631>. DOI: 10.1016/j.jcrs.2017.06.045.
- [32] Schojai M, Schultz T, Haeussler-Sinangin Y, et al. Safety of femtosecond laser-assisted primary posterior capsulotomy immediately after cataract surgery [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2017, 43(9): 1171-1176. DOI: 10.1016/j.jcrs.2017.06.041.
- [33] Werner L, Ludlow J, Nguyen J, et al. Biocompatibility of intraocular lens power adjustment using a femtosecond laser in a rabbit model [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2017, 43(8): 1100-1106. DOI: 10.1016/j.jcrs.2017.05.040.
- [34] Nguyen J, Werner L, Ludlow J, et al. Intraocular lens power adjustment by a femtosecond laser: *in vitro* evaluation of power change, modulation transfer function, light transmission, and light scattering in a blue light-filtering lens [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2018, 44(2): 226-230. DOI: 10.1016/j.jcrs.2017.09.036.
- [35] 管怀进. 重视白内障合并角膜散光的精准手术矫正问题 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2017, 35(3): 193-196. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2017.03.001.
- Guan HJ. Paying attention to precision correcting surgery for cataract associated with corneal astigmatism [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2017, 35(3): 193-196. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2017.03.001.
- [36] Chen CW, Lee YH, Gerber MJ, et al. Intraocular robotic interventional surgical system (IRISS): semi-automated OCT-guided cataract removal [J/OL]. *Int J Med Robot*, 2018, 14(6): e1949 [2021-07-01]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30152081>. DOI: 10.1002/res.1949.
- [37] Titiyal JS, Kaur M, Shaikh F, et al. Elucidating intraoperative dynamics and safety in posterior polar cataract with intraoperative OCT-guided phacoemulsification [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2020, 46(9): 1266-1272. DOI: 10.1097/j.jcrs.0000000000000256.
- [38] Hooshmand J, Abell RG, Allen P, et al. Thermal capsulotomy: Initial clinical experience, intraoperative performance, safety, and early postoperative outcomes of precision pulse capsulotomy technology [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2018, 44(3): 355-361. DOI: 10.1016/j.jcrs.2017.12.027.
- [39] Stodulka P, Packard R, Mordaunt D. Efficacy and safety of a new selective laser device to create anterior capsulotomies in cataract patients [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2019, 45(5): 601-607. DOI: 10.1016/j.jcrs.2018.12.012.
- [40] Daya S, Chee SP, Ti SE, et al. Comparison of anterior capsulotomy techniques: continuous curvilinear capsulorhexis, femtosecond laser-assisted capsulotomy and selective laser capsulotomy [J]. *Br J Ophthalmol*, 2020, 104(3): 437-442. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2018-313421.
- [41] Nariai Y, Horiguchi M, Mizuguchi T, et al. Comparison of microscopic illumination between a three-dimensional heads-up system and eyepiece in cataract surgery [J]. *Eur J Ophthalmol*, 2021, 31(4): 1817-1821. DOI: 10.1177/1120672120929962.
- [42] 王玮, 徐雯. ASCRS 屈光性手术前眼表疾病诊疗临床路径 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2020, 38(7): 614-620. DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20200108-00013.
- Wang W, Xu W. Interpretation of ASCRS algorithm for the preoperative diagnosis and treatment of ocular surface disorders [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2020, 38(07): 614-620. DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20200108-00013.
- [43] 晋秀明, 张玲琳, 李碧华. APACRS 白内障和屈光手术围手术期眼表管理实践指南 (2017) 解读 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2020, 38(4): 355-359. DOI: 10.3760/cma.j.cn115985-20200201-00046.
- Jin XM, Zhang LL, Li BH. Interpretation of edition *Principles of Preferred Practice for the Management of the Ocular Surface in Cataract and Refractive Surgery* (2017) [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2020, 38(4): 355-359. DOI: 10.3760/cma.j.cn115985-20200201-00046.
- [44] 中华医学会眼科学分会白内障及人工晶状体学组. 中国白内障围手术期干眼防治专家共识 (2021 年) [J]. *中华眼科杂志*, 2021, 57(1): 17-22. DOI: 10.3760/cma.j.cn112142-20201013-00680.
- Cataract Group of Ophthalmology Branch of Chinese Medical Association. Chinese expert consensus on prevention and treatment of dry eye during perioperative period of cataract surgery (2021) [J]. *Chin J Ophthalmol*, 2021, 57(1): 17-22. DOI: 10.3760/cma.j.cn112142-20201013-00680.
- [45] Donnenfeld ED, Solomon KD, Matossian C. Safety of IBI-10090 for inflammation associated with cataract surgery: phase 3 multicenter study [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2018, 44(10): 1236-1246. DOI: 10.1016/j.jcrs.2018.07.015.
- [46] Walters T, Bafna S. Efficacy and safety of sustained release dexamethasone for the treatment of ocular pain and inflammation after cataract surgery: results from two phase 3 studies [J/OL]. *J Clin Expe Ophthalmol*, 2016, 7: 4 [2021-07-12]. <https://www.longdom.org/open-access/efficacy-and-safety-of-sustained-release-dexamethasone-for-the-treatment-of-ocular-pain-and-inflammation-after-cataract-surgery-re-2155-9570-1000572.pdf>. DOI: 10.4172/2155-9570.1000572.
- [47] Pershing S, Lum F, Hsu S, et al. Endophthalmitis after cataract surgery in the United States: a report from the intelligent research in sight registry, 2013-2017 [J]. *Ophthalmology*, 2020, 127(2): 151-158. DOI: 10.1016/j.ophtha.2019.08.026.
- [48] 中华医学会眼科学分会白内障及人工晶状体学组. 我国白内障摘除术后感染性眼内炎防治专家共识 (2017 年) [J]. *中华眼科杂志*, 2017, 53(11): 810-813. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2017.11.003.
- [49] Shorstein NH, Winthrop KL, Herrinton LJ. Decreased postoperative endophthalmitis rate after institution of intracameral antibiotics in a Northern California eye department [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2013, 39(1): 8-14. DOI: 10.1016/j.jcrs.2012.07.031.

(收稿日期: 2021-09-03 修回日期: 2022-04-26)

(本文编辑: 张宇)

