

· 指南与共识 ·

眼前后节联合手术时机及人工晶状体植入等 屈光策略专家共识(2025)

中国医药教育协会智能眼科分会 中国医学装备协会眼科专业委员会屈光不正防治学组

通信作者: 毕燕龙, Email: biyanlong@tongji.edu.cn; 袁进, Email: yuanjincornea@126.com;

杨卫华, Email: benben0606@139.com; 柳林, Email: 18918358758@163.com

毕燕龙, 同济大学附属同济医院眼科, 上海 200065; 袁进, 中山大学中山眼科中心, 广州 510623; 杨卫华, 深圳市眼科医院 深圳市眼病防治研究所, 深圳 518040; 柳林, 上海交通大学医学院附属仁济医院眼科/光正新视界眼科医院集团, 上海 200127

【摘要】 在现代眼科手术领域,眼前后节联合手术技术的快速发展成为了治疗复杂眼病的一大突破,这一技术因其独特的优势而受到广泛关注。该技术尤其适用于同时罹患白内障及其他眼前段或眼后段疾病的患者,其手术成功的关键除了要求术者具有精湛的前后节联合手术技术经验之外,还要求术前即对眼球整体术后屈光力进行准确地计算或预测,这依赖于术前采用多种检查设备对患眼的生物学参数进行精准测量以及手术时机的选择。本共识就不同病理状态下对眼球进行生物学测量,合理预估术后组织康复及屈光变化进程,优选人工晶状体植入方式、位置及手术时机等提供了综合性建议。本共识旨在优化患眼术后的屈光状态,从而提高术后视觉质量,追求患者最佳视力恢复。

【关键词】 前后节联合手术; 白内障; 人工晶状体植入; 眼球生物学参数; 屈光状态; 专家共识

基金项目: 国家自然科学基金(81470028、82070920、30973247、82171061)

实践指南注册: 国际实践指南注册与透明化平台(PREPARE-2024CN490)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20240625-00165

Expert consensus on the timing of combined anterior and posterior segments intraocular surgery, intraocular lens implantation, and related refractive strategies (2025)

Intelligent Ophthalmology Branch of Chinese Medical Education Association, Ophthalmology Professional Committee of China Medical Equipment Association Refractive Error Prevention and Treatment Group

Corresponding authors: Bi Yanlong, Email: biyanlong@tongji.edu.cn; Yuan Jin, Email: yuanjincornea@126.com; Yang Weihua, Email: benben0606@139.com; Liu Lin, Email: 18918358758@163.com

Bi Yanlong, Department of Ophthalmology, Tongji Hospital Affiliated to Tongji University, Shanghai 200065, China; Yuan Jin, Zhongshan Ophthalmology Center, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510623, China; Yang Weihua, Shenzhen Institute of Ophthalmology, Shenzhen Eye Hospital, Shenzhen 518040, China; Liu Lin, Department of Ophthalmology, Renji Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiaotong University/Guangzheng New Vision Eye Hospital Group, Shanghai 200127, China

【Abstract】 In the field of modern ophthalmic surgery, the rapid development of combined anterior and posterior segment surgical techniques has become a breakthrough in treating complex eye diseases. This technique has garnered widespread attention due to its unique advantages. It is particularly suitable for patients with cataracts and other anterior or posterior segment diseases simultaneously. The key to success not only requires the surgeons to have extensive experience in combined surgical techniques but also requires accurate calculation and prediction of the eye's overall postoperative refractive power before surgery. This relies on the precise measurement of the eye's biological parameters using various diagnostic equipment before surgery and the choice of the timing of IOL implantation. This consensus provides comprehensive recommendations on biological measurements of the eyeball under different pathological conditions, reasonable prediction of postoperative tissue recovery and refractive changes, and the optimal selection of intraocular lens implantation methods, positions and operation timing. The goal of this

consensus is to optimize the postoperative refractive status of the affected eye, thereby improving postoperative visual quality and pursuing the best potential vision recovery outcomes for the patient.

[Key words] Anterior and posterior segment combined surgery; Cataract; Intraocular lens implantation; Ocular biometric parameters; Refractive status; Expert consensus

Fund program: National Natural Science Foundation of China (81470028, 82070920, 30973247, 82171061)

Practice guideline registration: Practice Guideline Registration for Transparency (PREPARE-2024CN490)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20240625-00165

1 《眼前后节联合手术时机及人工晶状体植入等屈光策略专家共识(2025)》的制定背景及方法

传统定义的眼前后节联合手术为白内障超声乳化联合人工晶状体(intraocular lens, IOL)植入联合玻璃体视网膜手术,该手术在技术方面已趋于成熟,并已为众多患者带来了光明。随着现代眼科设备、技术及理念的快速发展,同时包含或涉及更多眼球组织结构(如角膜、结膜、房角、虹膜、晶状体、玻璃体、视网膜、脉络膜、巩膜等)的联合手术已成为可能,如能恰当应用,这种一期同步或最小量化分期的手术技术将展现出早期挽救视力、减少手术次数以及降低就医成本等优势。但此类联合手术也面临诸多挑战,如往往需多个眼科亚专科医师通力合作或需术者具备眼球整体的思维、具备更为全面的手术技能、承担更为复杂和难治的眼部手术并发症风险等。眼前后节联合手术要达到更好的临床效果,在很大程度上依赖于术后患眼的最佳屈光状态,这就需要术前精确测量眼球的各项生物学参数、合理预测眼部组织结构的康复及术后屈光变化的进程,同时需选择合适的 IOL 屈光力计算公式、IOL 植入的优选方式以及植入时机,这对于提高手术的成功率和实现患眼视力的最优恢复具有至关重要的意义。

而目前,在前后节联合手术(尤其是涉及更多眼组织的联合手术)领域,手术时机、IOL 植入前眼球生物学参数测量和运用等标准尚不统一。基于上述问题,本专家组于 2023 年对全国涉及该术式的部分研究者进行了一次调研,旨在收集和整理前后节联合手术中 IOL 植入前眼球生物学参数测量、运用标准和植入时机问题,以及在临床应用中遇到的相关技术困难,同时检索 PubMed、中国知网等相关数据库,筛选并归纳相关国内外文献,经过专家组成员线上/线下讨论,由执笔团队负责撰写共识初稿,初稿形成后通过电子邮件及微信方式分发给领域内权威专家独立阅读并提出修改意见,修改意见经过仔细整理,通过微信、邮件方式和线上会议进行讨论和归纳最终形成终稿。本共识

根据患者眼部病变程度及范围分为:眼前节疾病合并白内障,白内障合并玻璃体视网膜疾病及涉及角膜、晶状体、玻璃体视网膜等更多内眼组织手术三大类。通过广泛应用多种影像学技术,包括眼光学相干断层扫描、A 型超声、眼部 B 型超声、角膜地形图、眼多功能光学生物测量仪、裂隙灯显微镜、超声生物显微镜、广角眼底照相,评估患眼不同病理状态下屈光介质的状态,优化眼部屈光参数的测量方法及 IOL 屈光力的计算和植入时间等综合性策略,旨在为眼前后节联合手术提供更为精准和个性化的治疗方案。

2 眼前节疾病合并白内障

2.1 角膜手术与白内障

2.1.1 角膜移植 当代眼科,针对角膜混浊合并白内障的病例所采取的三联手术—角膜移植、白内障摘除及 IOL 植入已成为一种重要的治疗手段^[1-2]。该方法因在减少手术次数、降低手术总成本以及可早期恢复患者视力方面的优势而得以广泛应用^[3]。然而,由于这一联合手术涉及不确定的操作步骤和术后病情变化,屈光误差难以避免,给手术效果的可预测性和视力的最优恢复带来了很大挑战。

在治疗性角膜移植领域,针对眼部条件较差的患者,如存在高危移植排斥风险、角膜缘新生血管丰富、严重眼外伤后的角膜缘损伤、角膜移植后疤痕导致的高度不规则散光、晶状体虹膜隔严重受损、眼底黄斑功能不佳、视神经受损、弱视、依从性和经济能力不佳等情况,联合进行白内障手术时酌情一期 IOL 植入,以达到基本视力要求、缓解疼痛、改善外观以及减少二次手术的负担。鉴于此,术前的全面评估显得尤为重要。医生需通过详细询问病史、进行屈光介质混浊时的光定位和 B 型超声检查等,综合评估患者的眼部条件,如视乳头是否存在深凹等,以预估患者在术后视力恢复的程度。

对于免疫排斥风险低、有效 IOL 位置(effective lens position, ELP)预测准确、玻璃体视网膜无严重病变,以及对角膜移植术后视力要求较高的患者,越来越

多的眼科医生倾向于在角膜移植后行同步或二期白内障手术,但建议待角膜整体屈光状态稳定后再行二期 IOL 植入。这种分阶段手术策略的主要优势在于能够更准确地计算 IOL 的相关参数,从而为患眼提供更好的视力恢复效果^[4]。尽管这种方法可能会延长整体治疗周期,但其对提高手术精准度和患者最终满意度的贡献不容忽视。鉴于此,本专家组综合了不同类型的角膜移植与白内障手术的相关研究和临床经验,提出了一套针对不同角膜移植类型联合白内障手术的指导性建议。

2.1.1.1 穿透性角膜移植术 穿透性角膜移植术 (penetrating keratoplasty, PKP) 作为一种传统且重要的全层角膜置换技术,主要适用于治疗因各种原因导致的角膜白斑、伴有角膜基质混浊的角膜内皮细胞功能失代偿、难以控制的角膜溃疡或穿孔等严重角膜疾病,该术式可显著改善患眼视力,是临床重要复明手段之一。然而,在实践中,屈光性 PKP 联合白内障及 IOL 植入的同步三联手术面临着一系列挑战和技术难题。首要问题是术后屈光状态的不确定性,由于受到植床制备、植床本身参数、植片缝合、植片愈合过程、拆线时机等多种因素的影响,导致无法在同步三联手术中植入准确屈光度的 IOL。其次,PKP 手术中的完全开罐状态增加了手术的复杂性和风险。特别是在处理晶状体时,玻璃体腔正向压力 (positive vitreous pressure, PVP) 的存在使得连续环形撕囊操作难度增加,术中易出现意外情况,如撕囊口撕裂和玻璃体脱出;由于囊袋口难以通过粘弹剂填充来开放,囊袋内植入 IOL 存在难度,因此常选择将 IOL 放置在非生理位置的睫状沟^[5]。本专家组建议条件允许的情况下考虑全麻下手术,或在局麻下采用经睫状体扁平部单通道、阶梯性、核心部玻璃体切割以缩容玻璃体,从而减少眼后段的压力:即通过留置的玻璃体切割套管,在保持前房开放的同时,间歇性地进行玻璃体缩容和角膜切口环形开放,直至病理角膜全部游离^[6];此过程中,也可以通过经另一睫状体扁平部灌注口进行压力调节,以维持晶状体与虹膜平面的稳定。

对于倾向于一期 IOL 植入的患者,IOL 的植入时机可选择在开罐白内障囊外摘除术后、或在植片完全水密对位缝合后。通过在角巩膜缘制作常规白内障微切口,将 IOL 放置到囊袋内,或在植片未完全缝合植床之前,在 11:00 与 12:00 位置的间断缝线空隙处植入 IOL 到囊袋内^[7]。植片在位一期植入 IOL 时需格外注意医源性供体角膜内皮细胞损伤问题。考虑到 PKP 术中植片的内皮细胞多处于水肿及缺氧状态,本专家

组不主张进行前后房彻底的粘弹剂超声乳化注吸头负压吸除操作,以避免大片角膜内皮细胞脱落,进而引发原发性的植片失功。

部分 PKP 术后患者在进行眼球生物测量时易出现数值重复性不佳,甚至测量失败的现象。此外,PKP 患者在接受白内障手术后更易出现近视漂移,术后屈光误差波动范围可达 ± 2.0 D,这一不稳定性可能与其术后角膜的形态和生理特征变化有关。研究发现,若以术眼前直接测量的角膜曲率值进行 IOL 屈光力计算,术后屈光误差可降至最低;在无法获取术前准确角膜曲率的情况下,采用对侧眼数据进行替代虽然可能存在一定误差,但使用其他特定固定值进行 IOL 屈光力计算,则可能导致更大的误差^[8]。

由于 PKP 术后角膜生物力学特性逐步恢复,角膜的屈光状态可能在术后数月甚至 1 年以上的时间内持续变化^[9]。因此专家组建议在 PKP 术后 6~12 个月,当患眼拆线后的屈光状态达到稳定时,可依据角膜屈光状态、ELP 预测、眼轴长度等,选择进行个性化二期 IOL 植入手术,植入 IOL 类型建议选择单焦点 IOL 或单焦点 Toric IOL,不建议多焦点 IOL,术中也可联合对称或不对称角膜缘松解切口 (limbal relaxing incisions, LRI) 等进行同步角膜散光矫正。

2.1.1.2 板层角膜移植术 对于患有前板层角膜混浊与白内障的患者,角膜的透明度往往较差,多数情况下在实施角膜移植前无法安全实施白内障手术,使得治疗具有一定挑战性。然而,深板层角膜移植术 (deep anterior lamellar keratoplasty, DALK) 为这一难题提供了解决方案。当病变的前板层角膜被充分切除,留下的角膜基质相对透明时,即便植床前表面不够光滑,仍可安全联合白内障摘除及 IOL 植入手术。此外,与 PKP 的同步三联手术相似,通过选择适当的时机进行二期 IOL 植入术,可以有效减少度数偏差的问题。

近年来,高级成像技术的应用对提高手术安全性和效果作用显著。眼前节光学相干断层扫描 (anterior segment optical coherence tomography, AS-OCT) 和术中光学相干断层扫描技术的应用,大大提高了板层角膜移植术的精确度和安全性。AS-OCT 能够提供高分辨率的眼前段结构图像,使得术者术前对患者眼部状况的评估更加准确,特别是对角膜地形图的测量,为角膜移植和 IOL 植入手术的实施提供了重要的参考数据^[10]。此外,AS-OCT 在术后植片位置的监测、植片与植床的附着情况评估、以及对植片水肿程度的观察中发挥着不可替代的作用,这些信息对于及时调整治疗方案、促进术后康复具有重要价值^[11]。而术中光学相

干断层扫描作为一种非侵入式的实时成像技术,能够为术者提供手术过程中组织变化的动态反馈以及安全操作评估。这种实时反馈对于指导术者调整手术策略,特别是在遇到不同类型的角膜层间大气泡时,选择更合适的处理策略起到重要作用^[12]。DALK 手术中,一型大气泡的形成暴露了角膜后弹力层前膜,这一结构相对牢固,能够承受约 700 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa) 的压力,从而使一期的超声乳化术和 IOL 植入相对安全^[13]。然而,对于那些在 DALK 手术中形成二型大气泡的患者,此时裸露的后弹力层由于机械强度不足,无法承受内眼手术操作过程中可能出现的压力变化和植床扭曲^[14]。此外,供体植片的水肿状态会阻挡术者的视线,从而影响内眼手术的进行。因此本专家组建议待移植完成且拆线后患眼的屈光状态稳定时,再行白内障摘除及 IOL 植入术。

除了 OCT 技术外,A 型超声在板层角膜移植中的应用同样扮演着不可或缺的角色。通过术前 A 型超声测量,术者可以了解到环钻部位的角膜厚度,这对于手术的安全进行有重要作用^[15]。在 DALK 手术中,联合刻度环钻的使用可以避免在操作过程中对角膜后弹力层的损伤,从而确保植床不会被穿透。此外,根据 A 型超声测量结果,配合板层角膜刀或刻度宝石刀,术者能够获取特定厚度的植片,从而保证术后角膜的厚度接近正常生理值,有利于术后视力的恢复。联合 A 型超声测量结果进行一次性环钻达到基质层后部的技术,可以避免环钻过浅而需反复剖切的问题。

临床数据分析显示在 DALK 缝线完全拆除后 6 个月,大多数患者的屈光状态趋于稳定,这为进行精准的 IOL 植入提供了理想的时间窗^[16-17]。从降低移植排斥的风险角度出发,缝线的完全拆除对于维持角膜移植后的结构稳定性及减少慢性炎症反应有益。而在达到屈光稳定后进行 IOL 植入,可进一步减少因屈光问题导致的视觉质量干扰。DALK 术后白内障患者 IOL 度数计算推荐选用 SRK/T 或 Kane 公式,近视漂移程度相对更小^[18]。

2.1.1.3 角膜内皮移植术 近年来,角膜内皮病变的外科治疗领域内,自动板层角膜刀辅助角膜内皮移植术 (Descemet stripping automated endothelial keratoplasty, DSAEK) 和后弹力层角膜内皮移植术 (Descemet membrane endothelial keratoplasty, DMEK) 因其独特的治疗效果而受到广泛关注。与传统的 PKP 相比, DSAEK 和 DMEK 展现出了显著的优势,如更快、更好的视功能康复和更低的免疫排斥反应发生率。特别是对于同时患有白内障和角膜内皮功能障碍的患者,采

用 DSAEK 或 DMEK 与白内障手术联合进行的三联手术,不仅能提供一站式解决方案,同时有效地简化患者的治疗过程,从而降低手术风险和治疗成本。 DSAEK 与 DMEK 技术的不同在于所使用的移植膜片厚度,这直接影响了术后角膜的曲率变化^[19]。由于 DSAEK 移植膜片相对较厚,因此在 DSAEK 手术后,远视漂移现象比 DMEK 更为明显。这种远视漂移对 IOL 度数的准确计算带来了挑战。本专家组建议在进行 DMEK 手术时,将目标近视度数设定为 -0.50~-0.75 D,而对于 DSAEK 手术,则可设定至 -1.50 D^[20],以抵消角膜水肿消退后形态及屈光变化带来的视力影响。此外,供体植片的厚度梯度对术后远期屈光结果也有影响,研究显示使用周边较厚的移植片可减少角膜后表面的曲率半径,从而导致远视漂移^[21]。因此,需对角膜前后表面的最终 K 值及 Q 值等进行预测,以优化一期 IOL 植入^[20,22]。有研究发现,使用 IOLMaster 500/700 或 Lenstar LS900 测量的 SimK 进行计算时,Haigis 公式的准确性最高,而其他公式普遍导致更显著的远视漂移;然而,当采用 Pentacam 测量的全角膜屈光力进行计算时,Haigis 公式出现近视误差,而其他公式的准确性有所提高^[23]。

此外,在角膜内皮移植联合白内障摘除的三联手术中,使用前房填充气体稳定植片的位置成为了一个关键步骤,IOL 的稳定性对于维持前房气泡对植片的有效顶压作用尤为重要,它直接影响到手术的最终效果和患者的视力恢复。然而,术后短期内可能会因为气体的吸收需要再次向前房注气,且这种再注气的比例相对较高。为了解决这一问题,可使用 20% 的六氟化硫 (SF₆) 或 10% 的八氟丙烷 (C₃F₈) 的等容惰性气体作为前房填充物^[24-25]。与传统气体相比,这类气体的吸收时间更长,能够显著降低再次注气的比例^[26-27]。对于需要二期 IOL 植入的患者,建议在角膜水肿完全消退且内皮植片稳定后至少 3~6 个月再依据测量参数选择 IOL。

2.2 联合手术后散光矫正

大部分角膜联合手术后的散光为不规则散光,目前的矫正手术主要针对其中规则部分的散光进行矫正,残余散光仍可能较大。本专家组针对不同类型规则散光的处理方法进行归纳及建议。

角膜曲率测量仪、光学测量仪 (如 IOLMaster 等) 和角膜地形图 (如 Pentacam、Orbscan、Galilei 等) 是临床上常用检测角膜散光的设备。不同的设备在快速诊断、评估散光类型及其度数,以及确定是否需要干预治疗方面发挥着互补的作用。光学测量仪主要通过

测量角膜中央一定区域的反射光点来估算角膜曲率,快速判断散光类型和度数,为临床提供初步的判断依据^[28]。然而,此类设备由于测量点较少,往往无法全面评估角膜散光的规则性和整体屈光状态。相较之下,角膜地形图检测仪作为一种非接触式眼前节分析诊断系统,通过高精度的角膜前后表面测量,提供了一个更为全面的角膜屈光力评估。它不仅能够评估角膜后表面的屈光力对全眼屈光力的贡献,而且重点分析了 SimK 散光与总角膜散光之间的差异。特别是,通过角膜地形图检测的全角膜屈光力能够理论上更精确地反映角膜的真实屈光情况,这对于制定手术方案具有重要意义^[29]。目前,TRUE-K 公式多运用于屈光类术后患者的 Toric IOL 计算,本专家组建议采用基于不同原理的角膜散光检测设备进行互补检测,从而制定出更为优化的手术方案。

目前,角膜散光主要的矫正技术包括角膜最大屈光力轴向设计的散光性角膜切开术(astigmatic keratotomy, AK)、楔形角膜切除术、LRI 以及 Toric IOL 植入术等^[30]。AK 通过在角膜陡峭子午线方向上进行精确的切口,利用“偶联效应”改变角膜的曲率,从而减少或纠正散光。这一技术的术后效果受到多种因素的影响,包括切口的方向、长度、深度以及光学区域的直径。手术径线屈光力减少的量和垂直径线屈光力增加的量之比称为偶联比。AK 对术后等效球镜的影响取决于偶联比:当偶联比大于 1.0 时,提示角膜整体变平,等效球镜呈现远视方向漂移;相反,当偶联比小于 1.0 时,等效球镜将向近视漂移。若偶联比为 1.0,术后等效球镜度数不变, IOL 度数的计算亦不受影响^[31]。角膜源性散光可利用角膜地形图进行精确评估^[32-33]。

LRI 作为一种常见的治疗角膜散光的术式,因其简便、经济及有效的特点,特别是在处理低至中度角膜散光(1.0~2.0 D)的患者时,显示出良好的治疗效果^[34]。鉴于 LRI 在低至中度角膜散光矫正中的有效性,本专家组建议,对于该范围内的散光患者, LRI 手术可作为一种优先考虑的治疗方案。结合 Pentacam 测量的角膜地形图和 IOL Master 测量的角膜曲率,确定散光陡峭轴 K1 和平坦轴 K2,并且可将切口选择在距离角膜顶点 3 mm 以外的区域内,以避免影响光学区的视觉效果且松散切口的长度不宜超过 90°。同时需要注意的是,针对角膜移植术后的患者,需考虑 LRI 对供受体植片交界面等产生的影响。对于高度规则散光,可使用 Toric IOL 予以矫正,目前 Toric IOL 柱镜最大可矫正 +12.0 D。针对不规则角膜散光,专家组建

议配戴框架眼镜或者角膜接触镜。

2.3 结膜疾病与内眼联合手术

翼状胬肉与白内障的联合发病率在中老年人群中比较常见,翼状胬肉导致的角膜曲率变化,会影响 IOL 的准确测量。翼状胬肉的头部长度是影响角膜曲率改变的一个关键因素。当头部长度小于 2 mm 的翼状胬肉对角膜曲率的影响相对较小,而长度大于或等于 2 mm 的翼状胬肉则会导致手术前后角膜曲率的 K 值出现较大波动,且其可预测性较差^[35-36]。对于翼状胬肉和白内障联合手术的患者,超过半数的患者术后实际屈光度与预测屈光度之间的差异超过了 0.50 D^[37-38]。特别是当翼状胬肉体积较大,足以遮挡瞳孔或引起散光大于 3.00 D 时,传统的 IOL Master 和接触式 A 型超声测量方法难以准确测量计算 IOL 的度数^[39]。鉴于此,本专家组建议,在进行翼状胬肉与白内障联合手术的患者中,若翼状胬肉长度大于 2 mm,应在计算 IOL 度数时相应减少 0.5 D,以更接近于患者实际的屈光需求^[38]。对于翼状胬肉较重者,建议先行翼状胬肉切除联合角膜缘干细胞移植术,以改善患者的角膜屈光状态,待角膜屈光状态稳定 3 个月后再行后续白内障手术治疗。

2.4 青光眼与内眼联合手术

在处理闭角型青光眼合并白内障患眼时,多采用小梁切除术或房角分离术联合超声乳化白内障吸除及 IOL 植入术,即所谓的青白联合手术,旨在同时降低眼压和恢复视力。

青光眼患者由于眼部结构的特殊性,如眼轴短、前房浅和晶状体悬韧带松弛等因素,均可能影响 IOL 植入后的位置稳定性,进而影响术后视力的恢复;此外,小梁切除术可能导致眼轴长度、前房深度及角膜曲率发生变化^[40]。与单纯白内障手术相比,青白联合手术的患者术后更容易出现远视漂移,尤其在闭角型青光眼患者中更为常见,因为这类患者的眼轴通常较短^[41]。术前眼轴的长度与白内障术后屈光改变之间存在密切的关联,特别是在高度近视眼患者中,这种关联性更加明显^[42]。青光眼患者在经过小梁切除术后,眼轴长度的缩短可能是由于术后眼压降低导致眼球容积减少。术前眼压较高的患者,在术后眼压显著降低后,眼轴缩短的现象可能更加明显,从而加剧了远视漂移的风险^[43]。此外,晶状体厚度与前房深度呈负相关,晶状体越厚,前房越浅,可能进一步加剧闭角型青光眼患者的眼前段拥挤,导致眼压升高^[44-45]。因此,对于闭角型青光眼患者,术前需尽量控制眼压及选择适合的 IOL 计算公式以减少术后屈光误差,同时术前

眼压的有效控制对术后角膜水肿的消退及内皮细胞密度维持亦十分重要^[46]。

本专家组建议,在青白联合手术中选择一期植入 IOL 的患者,应根据患眼具体情况,植入预留适度近视度数的 IOL,并选择适合短眼轴 Kane、Hoffer Q 等公式或 Barrett Universal II 公式及 Hill-RBF 等第 4 代公式以减少术后的屈光误差^[47-48]。同时,考虑到小梁切除术后 3 个月左右散光的变化会趋于稳定,建议先行青白联合手术的患者二期进行白内障摘除及 IOL 植入术。

除了常规类型的青光眼之外,在临床实践中,真性小眼球继发的闭角型青光眼也是一种相对常见的情况,它的特点是发病年龄通常比原发性闭角型青光眼要早,且随着患者年龄的增长,由于晶状体的增厚和前房空间的进一步减少,这类青光眼在 40~60 岁年龄段有较高的发病率。患者往往因为从小存在的远视问题而影响视力发育,通常是在出现继发闭角型青光眼和真性小眼球性葡萄膜渗漏综合征的情况下才会就医。这类青光眼的治疗较复杂,通常需要通过晶状体摘除手术来缓解眼前节的拥挤情况,并可能需联合玻璃体切割手术(pars plana vitrectomy, PPV)。在术前,可利用超声生物显微镜评估房角、采用 IOL Master 计算 IOL 度数、通过扫频源光学相干断层扫描和 B 型超声检查来测量巩膜厚度,并排除脉络膜渗出等相关疾病,必要时可联合巩膜开窗术^[49]。

3 白内障合并玻璃体视网膜疾病

现代 PPV 作为一种微创的玻璃体手术方式,已广泛应用于玻璃体视网膜疾病的治疗中,因其恢复快速、创伤小的特点而受到青睐。然而,PPV 术后眼内微环境的改变,特别是玻璃体腔内氧浓度的升高和维生素浓度的降低,可能导致晶状体氧化损伤,进而促进白内障的形成,这为临床治疗带来了新的挑战。据文献报道,PPV 术后 6 个月,患者的晶状体开始出现明显的混浊趋势^[50],如果术中使用了硅油或惰性气体填充玻璃体腔,患者发生白内障的比例甚至可达到 100%^[51]。这一现象不仅影响了患者术后的视觉质量,而且增加了后续白内障手术的难度和风险。因为玻璃体手术后晶状体失去了玻璃体的支撑,在进行白内障手术时更易发生晶状体悬韧带断裂和后囊膜破裂等并发症。目前越来越多的研究者开始推崇白内障和玻璃体视网膜联合手术。

3.1 玻璃体视网膜疾病与白内障手术

原始凝胶状态的玻璃体被液体替代,导致折射率

发生变化,进而引起约 -0.13~-0.5 D 的近视漂移,这一变化在联合手术时需被关注^[52-53]。针对黄斑前膜和黄斑裂孔的治疗,术后观察到的近视漂移平均值已达 -0.5 D^[54-56]。若术前黄斑区存在水肿,术后黄斑水肿的回退会导致黄斑区厚度变薄,使得术前测量的眼轴长度结果偏小,进一步导致近视漂移。多数研究者认为,眼轴的生物测量方式是术后 IOL 度数预测误差的独立影响因素。联合手术相比单纯白内障手术,术后屈光误差产生近视漂移的一个重要原因是巩膜切口部位周围巩膜变薄以及巩膜交联作用力的减弱,这可能导致术后眼轴长度增加,特别是高度近视患眼^[57-58]。

此外,术前存在的视网膜增生膜、黄斑水肿或累及黄斑区的视网膜脱离等因素,亦可能导致测量的眼轴长度偏小。在有黄斑前膜牵引或糖尿病视网膜病变的病例中,黄斑区内大量的增生膜或玻璃体内出血严重干扰眼轴的测量,术后在视网膜复位后常出现明显的近视漂移。因此,本专家组建议在选择 IOL 度数时,应略小于计算得出的度数,以抵消由近视漂移造成的屈光状态变化。在特殊情况下,可先进行 PPV 及晶状体摘除手术,待 3~6 个月屈光状态稳定后再行 IOL 植入术,以确保更好的术后视觉效果。

3.2 玻璃体腔填充物与白内障手术

3.2.1 玻璃体腔气体填充与白内障手术 玻璃体切割术后的气体填充亦会引起近视漂移,这一现象可能与气体填充后对 IOL 位置的影响有关^[59]。气体填充可能会推挤 IOL 向前移动,导致近视漂移,这一过程可能涉及到气体对眼球壁的压迫力,导致术后眼轴的增长^[60-61]。由于高度近视眼的巩膜更薄,因此更易受到压力的影响从而产生更显著的近视漂移^[62]。与此同时,术中使用的填充物也可能对晶状体囊膜产生压力,引起晶状体悬韧带的松弛。随着时间的推移,填充的气体被吸收,对囊膜的压力减小,但已经发生的晶状体悬韧带松弛可能导致 IOL 位置的移动,仍可影响患者的屈光状态^[63]。因此在计算 IOL 的度数时应将近视漂移考虑在内,尤其是高度近视眼。

3.2.2 玻璃体腔硅油填充与白内障手术 针对玻璃体腔硅油填充治疗眼底疾病的患者,硅油相较于玻璃体具有更高的反射率,并且其折射率与晶状体相似,这一特性使得光在硅油和晶状体界面上的折射行为发生改变,当硅油填充至玻璃体腔后,晶状体后表面的屈光差值及整体折射率降低,综合因素可导致患眼呈现远视漂移^[64-65]。同时,由于声波在硅油眼中的传播速度不足正常眼传播速度的 2/3,且声波在传播过程中与



粘稠的硅油摩擦会导致声能损耗,传统 A 型超声测量得到的眼轴长度往往大于实际数值^[66]。针对这一现象,本专家组建议可使用基于扫频源光学相干断层扫描的新型生物测量仪器或依据硅油的粘度校正 A 型超声的测量声速,以降低硅油眼超声测量数据的误差^[67-68]。此外,亦可利用转换系数 0.71 计算硅油眼真正的眼轴长度,使 IOL 度数计算不准确导致的术后屈光不正影响最小化^[69]。目前,光学生物测量是眼轴测量的主流,硅油填充状态不影响 IOL Master 700 等光学生物测量仪的准确性^[70]。然而,为了抵消眼轴测量对硅油取出联合白内障手术患者术后屈光差异的影响,眼轴测量参数仍需进行适当调整。未来的发展方向是更加个性化的眼轴测量方法,并在计算术后屈光力目标时略大于理论计算值,以减少术后远视漂移的发生。

3.3 IOL 公式选择 合适的 IOL 计算公式,亦成为了影响联合手术患者术后屈光结果的因素。新一代的 IOL 计算公式,如 Barrett Universal II (BU II)、Emmetropia Verifying Optical (EVO)、Kane 以及 Ladas Super formula (LSF) 等公式,在提高预测准确性方面显示了明显的优势^[71-72]。特别是对于高度近视患者,Wang-Koch (WK) 调整的线性和非线性版本,进一步提高了传统公式(如 Haigis、Hoffer Q、Holladay 1 和 SRK/T) 计算 IOL 度数的准确性。Barrett 和 Olsen 公式在 PPV 术后球面等效精度计算效果最佳,平均预测误差最小^[47]。硅油填充患眼的 IOL 度数计算可选择 Holladay、SRK/T 以及 EVO 等第五代公式^[73],针对眼轴长度超过 26 mm 的长眼轴患者,通过对传统公式的优化改进,如采用 BU II、EVO 及 Kane 等新一代公式,或者经过 Wang-Koch (WK) 优化眼轴的 SRK/T-WK2 和 Holladay 1-WK2 公式,能够更准确地计算出 IOL 的度数,进一步提升手术的成功率^[70]。

4 涉及角膜、晶状体、玻璃体视网膜等更多内眼组织的联合手术

复杂眼外伤、涉及眼前后节的严重眼部疾病、内眼手术后并发症等可导致内眼多组织结构的损伤,如角膜混浊、新生血管性青光眼、前房积血、外伤性或继发性白内障、增生性玻璃体视网膜病变及眼内炎等。此时,常需同时涉及角膜、晶状体和玻璃体视网膜的联合手术。对于这类患者的治疗,首先是确保患者的全身状况稳定及健眼状态或独眼状态,并排除伴发的颅脑损伤等危及生命的情况。在此基础上,通过眼科裂隙灯显微镜、B 型超声、超声生物显微镜、眼眶 CT 等详细

评估内眼状况,如判断是否有异物残留等。

对于角膜部分混浊的患眼,采用手术显微镜景深增加和广角镜系统一般仍能在观察到内眼环境的情况下,行晶状体切割、PPV 和视网膜复位等关键操作,并完成气体或硅油等眼内填充。对于角膜完全混浊的患眼,可采用临时人工角膜来辅助内眼手术的实施,术毕以 PKP 的方式将原角膜复位缝合,并等待二期新鲜供体 PKP 移植,也可在确保植片安全的前提下先行一期新鲜角膜植片 PKP 移植,以尽快恢复角膜的透明度和完整性^[74-75]。当角膜完全混浊时,也可采用眼内窥镜技术进行内眼的晶状体、玻璃体和视网膜手术,并二期实施 PKP 手术。经过以上治疗,若患眼条件允许,可在三期根据角膜地形图、角膜内皮显微镜、角膜曲率测量仪、A 型超声、IOL Master 等测量仪器中角膜和眼轴的具体参数再植入 IOL,最终提升患眼视力。

5 二期 IOL 植入术式的选择

二期 IOL 植入术的前提是内眼原发疾病稳定及预测植入后的视力改善可接受。在植入前,必须等待眼内炎症完全消退,屈光状态稳定,且玻璃体视网膜条件稳定。目前,临床上二期 IOL 植入位置主要包括前房型、虹膜固定型和后房型。尽管前房型 IOL 植入在某些情况下可用,但因存在并发症的风险,如葡萄膜炎、房角粘连、继发性青光眼和角膜内皮失代偿等限制了其应用^[76-77]。因此,更多情况下,建议使用后房型 IOL 植入,尤其是在晶状体囊袋内植入,视觉效果更佳和并发症风险更低,如对于一期手术中晶状体囊袋保留完整的患眼,可以考虑重新打开机化的囊袋口,囊袋内植入后房型 IOL;针对囊袋无法打开的患眼可将 IOL 植入睫状沟内,并适当减少 IOL 植入度数,当预期 IOL 度数小于 18.00 D 时,IOL 度数减少 0.50 D;预期 IOL 度数在 18.00~25.00 D 区间时,IOL 度数减少 1.00 D;预期 IOL 度数大于 25.00 D 且眼轴长度小于 22 mm 时,IOL 度数减少 1.50~2.00 D^[78]。对于晶状体囊袋不足以支撑 IOL 的患眼,本专家组推荐无缝线的巩膜层间固定 IOL 襻技术,如 Yamane 技术及其相关改良技术提供了一系列创伤小且操作安全的植入方法,减少了手术后并发症的风险^[79-80]。此外,Yamane 及其衍生技术也对角膜移植术后患眼适用,该类技术通过最小化角膜缘异物刺激,有效减少了充血甚至新生血管形成的风险,从而在一定程度上降低了免疫排斥反应的发生率。此外,在操作过程中应强调监测和控制眼压,以确保前房的稳定,维护角膜植片的稳定性^[81]。在选择 IOL 类型时,若角膜条件、囊袋条件及眼底等条件不

允许时,均不推荐植入多焦 IOL;除上述条件之外,考虑到带衍射环的多焦 IOL 可干扰眼底观察,亦不推荐在后续需要进行眼底手术的患眼中植入多焦 IOL。

ELP 的准确预测及其稳定性是实现术后屈光精度的关键^[82]。IOL 位置的微小变动即会对全眼屈光状态产生影响:IOL 向前移动会导致近视漂移,而向后移动则引发远视漂移^[83-84]。因此,为了确保患者术后获得准确的屈光效果,对 IOL 植入位置的精确控制和计算方式的选择显得至关重要。当 IOL 植入位置为虹膜夹型、睫状沟内等位置时,需要适当降低 IOL 度数以适应其位置变化。此外,考虑到眼轴长度的个体差异,选择合适的 IOL 计算公式和优化相关的常数,是实现术后屈光准确性的一个重要环节。术者可根据 the User Group for Laser Interference Biometry (ULIB) 网站 (<http://ocusoft.de/ulib/>) 上提供的数据选择最优的个性化常数,这要求术者在手术前进行细致的评估,并结合患者的具体情况来选择最合适的计算模型,以期达到最佳的术后视觉效果^[85]。

近年来随着人工智能技术的迅猛发展,其在眼科领域的应用也日益增多。人工智能在 IOL 度数计算、前房深度测量及 ELP 预测等方面的应用^[86-87],不仅提升了临床诊疗的精确度和效率,也为未来眼科医疗技术的发展提供了新的思路和方法。因此,进一步研究和探索人工智能技术在眼科领域的应用,无疑是一个值得推荐的未来研究趋势。此外,首款可术后调整的 IOL 已于 2017 年获得美国食品药品监督管理局批准,预示着眼科手术技术和设备方面的创新将继续推动眼科诊疗领域朝着更加精准、个性化的方向发展。

6 总结

眼前后节联合手术的成功不仅仅依赖于手术技术本身,还受到患眼特定病理状态下的精确评估、设备选择与应用、以及术者的专业判断和患眼个性化转归等多种因素的影响。为了优化手术结果,本专家组着重强调在不同病理状态下对于患眼进行精确的生物学参数测量和应用的重要性。此外,选择恰当的二期 IOL 植入时间窗,以及对角膜术后散光的矫正和 IOL 植入位置的优化选择,这些都是提高术后屈光效果和视觉质量的关键因素。

共识专家组成员(按姓氏拼音排序,不分先后):

毕燕龙 同济大学附属同济医院

陈吉利 上海市静安区市北医院

陈璐 深圳市眼科医院

冯云 北京大学附属第三医院

姜春晖 复旦大学附属耳鼻喉科医院

蒋沁 南京医科大学附属眼科医院

金海鹰 同济大学附属东方医院

李冰 同济大学附属同济医院

李轩 天津市眼科医院

李燕 昆明医科大学第一附属医院

李勇 上海爱尔眼科医院

刘堃 上海市第一人民医院

柳林 上海交通大学医学院附属仁济医院/光正新视界眼科医院集团

吕筱 同济大学附属同济医院(秘书)

邱庆华 上海交通大学医学院附属同仁医院

曲利军 哈尔滨医科大学附属第二医院

沈玺 上海交通大学医学院附属瑞金医院

石文卿 同济大学附属同济医院(执笔)

王震 同济大学附属同济医院

王丽强 中国人民解放军总医院

王志良 复旦大学附属华山医院

杨卫华 深圳市眼科医院 深圳市眼病防治研究所

叶娟 浙江大学医学院附属第二医院

袁进 中山大学中山眼科中心

袁玲 昆明医科大学第一附属医院

张蓓 浙江大学医学院附属邵逸夫医院

张力 同济大学附属同济医院

周晓东 复旦大学附属金山医院

竺向佳 复旦大学附属耳鼻喉科医院

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。本共识制定过程中的资金来源于国家自然科学基金资助,未接受任何企业的赞助

共识声明 本共识专家组声明坚持客观立场,以专业知识、研究数据和临床经验为依据,由中国医药教育协会智能眼科分会、中国医学装备协会眼科专业委员会屈光不正防治学组部分专家起草,经过全体专家背对背修订和充分讨论,最终形成本共识

免责声明 此共识的内容仅代表参与制定专家的指导意见,供临床医师参考。尽管专家们进行了广泛的意见征询与讨论,但仍可能存在不全面之处。本共识提供的建议并非强制性,与本共识不一致的做法并不意味着错误或不当。眼前后节联合手术临床实践中仍有许多问题需要探索,正在进行和未来的临床诊疗将提供进一步的证据。随着临床经验的积累和治疗手段的发展,未来需要定期对本共识进行修订和更新,以为患者带来更多的临床益处

参考文献

- [1] Schoenberg ED, Price FW Jr, Miller J, et al. Refractive outcomes of Descemet membrane endothelial keratoplasty triple procedures (combined with cataract surgery) [J]. J Cataract Refract Surg, 2015, 41(6): 1182-1189. DOI:10.1016/j.jcrs.2014.09.042.
- [2] Seitzman GD, Gottsch JD, Stark WJ. Cataract surgery in patients with Fuchs' corneal dystrophy: expanding recommendations for cataract surgery without simultaneous keratoplasty [J]. Ophthalmology, 2005, 112(3): 441-446. DOI:10.1016/j.optha.2004.10.044.
- [3] van Cleynenbreugel H, Remeijer L, Hillenaar T. Cataract surgery in

- patients with Fuchs' endothelial corneal dystrophy: when to consider a triple procedure [J]. *Ophthalmology*, 2014, 121 (2) : 445–453. DOI: 10.1016/j.ophtha.2013.09.047.
- [4] Sarnicola C, Sarnicola E, Panico E, et al. Cataract surgery in corneal transplantation [J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2020, 31 (1) : 23–27. DOI: 10.1097/ICU.0000000000000635.
- [5] Borderie VM, Touzeau O, Bourcier T, et al. The triple procedure: in the bag placement versus ciliary sulcus placement of the intraocular lens [J]. *Br J Ophthalmol*, 1999, 83 (4) : 458–462. DOI: 10.1136/bjo.83.4.458.
- [6] Huang X, Zhou Q, Wang S, et al. Stepwise decreasing of vitreous pressure by anterior vitrectomy: a novel method for preventing positive vitreous pressure during penetrating keratoplasty [J]. *Adv Ther*, 2020, 37 (1) : 617–629. DOI: 10.1007/s12325-019-01139-6.
- [7] Yang S, Wang B, Zhang Y, et al. Evaluation of an interlaced triple procedure: penetrating keratoplasty, extracapsular cataract extraction, and nonopen-sky intraocular lens implantation [J/OL]. *Medicine (Baltimore)*, 2017, 96 (35) : e7656 [2024–06–12]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28858085>. DOI: 10.1097/MD.00000000000007656.
- [8] Katz HR, Forster RK. Intraocular lens calculation in combined penetrating keratoplasty, cataract extraction and intraocular lens implantation [J]. *Ophthalmology*, 1985, 92 (9) : 1203–1207. DOI: 10.1016/s0161-6420(85)33884-8.
- [9] 李鸿, 杨娟, 宋云, 等. 穿透性角膜移植术后眼屈光变化分析 [J]. *重庆医科大学学报*, 2004, 29 (6) : 777–780. DOI: 10.3969/j.issn.0253-3626.2004.06.021.
- Li H, Yang J, Song Y, et al. The variety of eye refraction after penetrating keratoplasties (PKP) [J]. *J Chongqing Med Univ*, 2004, 29 (6) : 777–780. DOI: 10.3969/j.issn.0253-3626.2004.06.021.
- [10] Lee B, Tey KY, Cheong E, et al. Anterior segment optical coherence tomography angiography: a review of applications for the cornea and ocular surface [J/OL]. *Medicina (Kaunas)*, 2024, 60 (10) : 1597 [2024–06–12]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/39459384>. DOI: 10.3390/medicina60101597.
- [11] Knecht PB, Kaufmann C, Menke MN, et al. Use of intraoperative fourier-domain anterior segment optical coherence tomography during descemet stripping endothelial keratoplasty [J]. *Am J Ophthalmol*, 2010, 150 (3) : 360–365. DOI: 10.1016/j.ajo.2010.04.017.
- [12] AlTaan SL, Termote K, Elalfy MS, et al. Optical coherence tomography characteristics of different types of big bubbles seen in deep anterior lamellar keratoplasty by the big bubble technique [J]. *Eye (Lond)*, 2016, 30 (11) : 1509–1516. DOI: 10.1038/eye.2016.129.
- [13] Zaki AA, Elalfy MS, Said DG, et al. Deep anterior lamellar keratoplasty—triple procedure: a useful clinical application of the pre-Descemet's layer (Dua's layer) [J]. *Eye (Lond)*, 2015, 29 (3) : 323–326. DOI: 10.1038/eye.2014.273.
- [14] Coelho RP, Messias A. Phacoemulsification with big-bubble deep anterior lamellar keratoplasty: variant of the triple procedure [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2019, 45 (8) : 1064–1066. DOI: 10.1016/j.jcrs.2019.04.005.
- [15] 孙新成, 卢国华, 陈晨, 等. 超声测量联合刻度环钻辅助深板层角膜移植术 [J]. *中华眼外伤职业眼病杂志*, 2015, 37 (11) : 845–848. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1477.2015.11.012.
- Sun XC, Lu GH, Chen C, et al. Deep lamellar keratoplasty assisted with A-ultrasonic pachymetry and scaled trephine [J]. *Chin J Ocul Traum Occupat Eye Dis*, 2015, 37 (11) : 845–848. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1477.2015.11.012.
- [16] Javadi MA, Feizi S, Rahmani S, et al. Refractive stability after deep anterior lamellar keratoplasty for keratoconus [J]. *Cornea*, 2018, 37 (12) : 1506–1510. DOI: 10.1097/ICO.0000000000001688.
- [17] Reddy J, Dani S, Sundaram V. Outcomes of refractive implantable lens implantation after deep anterior lamellar keratoplasty [J]. *Indian J Ophthalmol*, 2023, 71 (3) : 837–840. DOI: 10.4103/IJO.IJO_2627_22.
- [18] Pellegrini M, Furiosi L, Salgari N, et al. Accuracy of intraocular lens power calculation for cataract surgery after deep anterior lamellar keratoplasty [J]. *Clin Exp Ophthalmol*, 2022, 50 (1) : 17–22. DOI: 10.1111/ceo.14026.
- [19] Ham L, Dapena I, Moutsouris K, et al. Refractive change and stability after Descemet membrane endothelial keratoplasty. Effect of corneal dehydration-induced hyperopic shift on intraocular lens power calculation [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2011, 37 (8) : 1455–1464. DOI: 10.1016/j.jcrs.2011.02.033.
- [20] Xu K, Qi H, Peng R, et al. Keratometric measurements and IOL calculations in pseudophakic post-DSAEK patients [J/OL]. *BMC Ophthalmol*, 2018, 18 (1) : 268 [2024–06–12]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30332995>. DOI: 10.1186/s12886-018-0931-y.
- [21] Shimizu T, Yamaguchi T, Satake Y, et al. Topographic hot spot before descemet stripping automated endothelial keratoplasty is associated with postoperative hyperopic shift [J]. *Cornea*, 2015, 34 (3) : 257–263. DOI: 10.1097/ICO.0000000000000333.
- [22] Giglio R, Vinciguerra AL, Grotto A, et al. Hitting the refractive target in corneal endothelial transplantation triple procedures: a systematic review [J]. *Surv Ophthalmol*, 2024, 69 (3) : 427–434. DOI: 10.1016/j.survophthal.2024.01.003.
- [23] Campbell JA, Ladas JG, Wang K, et al. Refractive accuracy in eyes undergoing combined cataract extraction and Descemet membrane endothelial keratoplasty [J]. *Br J Ophthalmol*, 2022, 106 (5) : 623–627. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2020-317247.
- [24] Karaca EE, Işık FD, Özek D, et al. Comparison of efficacy of three gases for anterior chamber tamponade in Descemet's membrane endothelial keratoplasty [J/OL]. *J Fr Ophtalmol*, 2024, 47 (2) : 103979 [2024–06–12]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/37858497>. DOI: 10.1016/j.jfo.2023.06.010.
- [25] Wiley ZC, Huang X, Stagers KA, et al. Comparison of 20% SF6 and 6% C3F8 gas for anterior chamber tamponade in endothelial keratoplasty [J]. *Cornea*, 2024, 43 (10) : 1238–1244. DOI: 10.1097/ICO.0000000000003469.
- [26] Schrittenlocher S, Schaub F, Hos D, et al. Evolution of consecutive Descemet membrane endothelial keratoplasty outcomes throughout a 5-year period performed by two experienced surgeons [J]. *Am J Ophthalmol*, 2018, 190 : 171–178. DOI: 10.1016/j.ajo.2018.03.036.
- [27] Oie Y, Nishida K. Triple procedure: cataract extraction, intraocular lens implantation, and corneal graft [J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2017, 28 (1) : 63–66. DOI: 10.1097/ICU.0000000000000337.
- [28] Sel S, Stange J, Kaiser D, et al. Repeatability and agreement of Scheimpflug-based and swept-source optical biometry measurements [J]. *Cont Lens Anterior Eye*, 2017, 40 (5) : 318–322. DOI: 10.1016/j.clae.2017.03.007.
- [29] Jin A, Han X, Zhang J, et al. Agreement of total keratometry and posterior keratometry among IOLMaster 700, CASIA2, and Pentacam [J/OL]. *Transl Vis Sci Technol*, 2023, 12 (3) : 13 [2024–06–12]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/36928129>. DOI: 10.1167/tvst.12.3.13.
- [30] 邓锐东, 陈子林, 钟凯人, 等. 散光型 IOL 植入术和球面 IOL 植入联合角膜缘松解术矫正角膜散光的对比研究 [J]. *国际眼科杂志*, 2011, 11 (9) : 1536–1539. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5123.2011.09.013.
- Deng RD, Chen ZL, Zhong KR, et al. Comparative study of AcrySof Toric intraocular lens implantation combined with spherical intraocular lens implantation and corneal limbus lysis for corneal astigmatism correction [J]. *Int Eye Sci*, 2011, 11 (9) : 1536–1539. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5123.2011.09.013.
- [31] Faktorovich EG, Maloney RK, Price FW Jr. Effect of astigmatic keratotomy on spherical equivalent: results of the Astigmatism Reduction Clinical Trial [J]. *Am J Ophthalmol*, 1999, 127 (3) : 260–269. DOI: 10.1016/s0002-9394(98)00410-3.
- [32] Böhlinger D, Dineva N, Maier P, et al. Long-term follow-up of astigmatic keratotomy for corneal astigmatism after penetrating keratoplasty



- [J/OL]. *Acta Ophthalmol*, 2016, 94(7): e607-e611 [2024-06-16]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27150121>. DOI: 10.1111/aos.13061.
- [33] Lever J, Dahan E. Opposite clear corneal incisions to correct pre-existing astigmatism in cataract surgery [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2000, 26(6): 803-805. DOI: 10.1016/s0886-3350(00)00378-3.
- [34] Swampillai AJ, Khanan Kaabneh A, Habib NE, et al. Efficacy of toric intraocular lens implantation with high corneal astigmatism within the United Kingdom's National Health Service [J]. *Eye (Lond)*, 2020, 34(6): 1142-1148. DOI: 10.1038/s41433-019-0744-0.
- [35] Kim SW, Park S, Im CY, et al. Prediction of mean corneal power change after pterygium excision [J]. *Cornea*, 2014, 33(2): 148-153. DOI: 10.1097/ICO.0000000000000036.
- [36] Ayaki M, Negishi K, Suzukamo Y, et al. Color of intra-ocular lens and cataract type are prognostic determinants of health indices after visual and photoreceptive restoration by surgery [J]. *Rejuvenation Res*, 2015, 18(2): 145-152. DOI: 10.1089/rej.2014.1613.
- [37] Kamiya K, Shimizu K, Iijima K, et al. Predictability of intraocular lens power calculation after simultaneous pterygium excision and cataract surgery [J/OL]. *Medicine (Baltimore)*, 2015, 94(52): e2232 [2024-06-16]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26717362>. DOI: 10.1097/MD.0000000000000232.
- [38] Koc M, Uzel MM, Aydemir E, et al. Pterygium size and effect on intraocular lens power calculation [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2016, 42(11): 1620-1625. DOI: 10.1016/j.jcrs.2016.09.015.
- [39] Dogan E, Cakir B, Aksoy NO, et al. The effect of pterygium surgery on intraocular lens power and ocular biometric parameters [J]. *Ir J Med Sci*, 2022, 191(5): 2399-2403. DOI: 10.1007/s11845-021-02830-w.
- [40] 雷蕊莲, 赵军梅. 青光眼-白内障联合术后患者屈光误差及其与术前眼球生物学参数的相关性 [J]. *眼科新进展*, 2022, 42(6): 480-484.
- Lei RL, Zhao JM. Analysis of refractive error and its correlation with preoperative ocular bio-metric parameters in patients after glaucoma-cataract combined surgery [J]. *Rec Adv Ophthalmol*, 2022, 42(6): 480-484.
- [41] 赖钟祺, 李惠娜, 李维娜, 等. 原发性闭角型青光眼白内障术后发生屈光漂移的分析 [J]. *临床眼科杂志*, 2020, 28(2): 139-142. DOI: 10.3969/j.issn.1006-8422.2020.02.010.
- Lai ZQ, Li HN, Li WN, et al. Refractive shift after cataract surgery in patients with primary angle-closure glaucoma [J]. *J Clin Ophthalmol*, 2020, 28(2): 139-142. DOI: 10.3969/j.issn.1006-8422.2020.02.010.
- [42] 杨悦, 赵军梅. 闭角型青光眼隐性晶体悬韧带异常患者白内障术后的屈光误差分析 [J]. *中华眼外伤职业眼病杂志*, 2023, 45(7): 481-486. DOI: 10.3760/cma.j.cn116022-20230113-00013.
- Yang Y, Zhao JM. Analysis of refractive error after cataract operation in patients with occult suspension ligament abnormality in angle-closure glaucoma [J]. *Chin J Ocul Traum Occupat Eye Dis*, 2023, 45(7): 481-486. DOI: 10.3760/cma.j.cn116022-20230113-00013.
- [43] Zhang N, Tsai PL, Catoira-Boyle YP, et al. The effect of prior trabeculectomy on refractive outcomes of cataract surgery [J]. *Am J Ophthalmol*, 2013, 155(5): 858-863. DOI: 10.1016/j.ajo.2012.11.023.
- [44] Kim KN, Lim HB, Lee JJ, et al. Influence of biometric variables on refractive outcomes after cataract surgery in angle-closure glaucoma patients [J]. *Korean J Ophthalmol*, 2016, 30(4): 280-288. DOI: 10.3341/kjo.2016.30.4.280.
- [45] Seo S, Lee CE, Kim YK, et al. Factors affecting refractive outcome after cataract surgery in primary angle-closure glaucoma [J]. *Clin Exp Ophthalmol*, 2016, 44(8): 693-700. DOI: 10.1111/ceo.12762.
- [46] Hirschall N, Findl O, Bayer N, et al. Sources of error in toric intraocular lens power calculation [J]. *J Refract Surg*, 2020, 36(10): 646-652. DOI: 10.3928/1081597X-20200729-03.
- [47] 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.
- DOI: 10.1016/j.ophtha.2017.08.027.
- [48] 李晓, 何叶, 张洁, 等. 特殊类型白内障眼的生物测量和人工晶体计算公式的新进展 [J]. *中华眼外伤职业眼病杂志*, 2021, 43(12): 956-960. DOI: 10.3760/cma.j.cn116022-20210718-00249.
- Li X, He Y, Zhang J, et al. Research progress in biometrics and intraocular lens calculation formulas for special types of cataract eyes [J]. *Chin J Ocul Traum Occupat Eye Dis*, 2021, 43(12): 956-960. DOI: 10.3760/cma.j.cn116022-20210718-00249.
- [49] 张天睿, 余晓伟, 石砚, 等. 真性小眼球性葡萄膜渗漏综合征的病理生理学机制与治疗进展 [J]. *微创医学*, 2023, 18(2): 137-142. DOI: 10.11864/j.issn.1673.2023.02.01.
- [50] Bellucci C, Benatti L, Rossi M, et al. Cataract progression following lens-sparing pars plana vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment [J/OL]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 22064 [2024-06-18]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/36543919>. DOI: 10.1038/s41598-022-26415-4.
- [51] Hernandez-Bogantes E, Abdala-Figuerola A, Olivo-Payne A, et al. Cataract following pars plana vitrectomy: a review [J]. *Semin Ophthalmol*, 2021, 36(8): 824-831. DOI: 10.1080/08820538.2021.1924799.
- [52] Chen X, Zhao H, Xu Y, et al. Accuracy of new intraocular lens calculation formulae in eyes undergoing silicone oil removal/pars plana vitrectomy-cataract surgery [J]. *Retina*, 2023, 43(9): 1579-1589. DOI: 10.1097/IAE.0000000000003846.
- [53] Shiraki N, Wakabayashi T, Sakaguchi H, et al. Optical biometry-based intraocular lens calculation and refractive outcomes after phacovitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment and epiretinal membrane [J/OL]. *Sci Rep*, 2018, 8(1): 11319 [2024-06-18]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30054500>. DOI: 10.1038/s41598-018-29553-w.
- [54] Hamoudi H, Kofod M, La Cour M. Refractive change after vitrectomy for epiretinal membrane in pseudophakic eyes [J]. *Acta Ophthalmol*, 2013, 91(5): 434-436. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2012.02574.x.
- [55] Chen X, Zhao H, Ren JY, et al. Axial length, vitreoretinal pathology, and anterior chamber depth can predict postoperative refractive outcomes in phacovitrectomy/silicone oil removal [J]. *Int J Ophthalmol*, 2023, 16(4): 554-562. DOI: 10.18240/ijo.2023.04.09.
- [56] 余盈盈, 黎晓新, 鲍永珍. 黄斑前膜合并白内障患者白内障超声乳化人工晶体植入联合玻璃体切割术后屈光状态改变 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2014, 32(11): 1025-1029. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2014.11.013.
- Yu YY, Li XX, Bao YZ. Refractive shift following the combination of phacoemulsification, intraocular lens implantation and vitrectomy in the eyes with idiopathic macular epiretinal membrane [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2014, 32(11): 1025-1029. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2014.11.013.
- [57] Kimura S, Hosokawa MM, Shiode Y, et al. Accuracy of ultrasound vs. Fourier-domain optic biometry for measuring preoperative axial length in cases of rhegmatogenous retinal detachment [J]. *Jpn J Ophthalmol*, 2023, 67(6): 645-651. DOI: 10.1007/s10384-023-01018-2.
- [58] Kim M, Kim HE, Lee DH, et al. Intraocular lens power estimation in combined phacoemulsification and pars plana vitrectomy in eyes with epiretinal membranes: a case-control study [J]. *Yonsei Med J*, 2015, 56(3): 805-811. DOI: 10.3349/ymj.2015.56.3.805.
- [59] Patel D, Rahman R, Kumarasamy M. Accuracy of intraocular lens power estimation in eyes having phacovitrectomy for macular holes [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2007, 33(10): 1760-1762. DOI: 10.1016/j.jcrs.2007.05.031.
- [60] Thanitcul C, Awidi AA, Ladas JG, et al. Accuracy of intraocular lens formulas in combined phacovitrectomy [J/OL]. *Int Ophthalmol*, 2024, 44(1): 96 [2024-06-18]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/38372824>. DOI: 10.1007/s10792-024-03019-7.
- [61] Suzuki Y, Sakuraba T, Mizutani H, et al. Postoperative refractive error after simultaneous vitrectomy and cataract surgery [J]. *Ophthalmic Surg Lasers*, 2000, 31(4): 271-275.



- [62] Choi YJ, Jee D. Postoperative Refractive outcomes of biometric formulas in phacovitrectomy with gas tamponade [J]. Korean J Ophthalmol, 2023, 37(4): 322–327. DOI: 10. 3341/kjo. 2023. 0012.
- [63] Shiraki N, Wakabayashi T, Sakaguchi H, et al. Effect of gas tamponade on the intraocular lens position and refractive error after phacovitrectomy: a swept-source anterior segment OCT analysis [J]. Ophthalmology, 2020, 127(4): 511–515. DOI: 10. 1016/j. ophtha. 2019. 10. 021.
- [64] Liu R, Li Q. Changes in ocular biometric measurements after vitrectomy with silicone oil tamponade for rhegmatogenous retinal detachment repair [J/OL]. BMC Ophthalmol, 2020, 20(1): 360 [2024-06-20]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32878598>. DOI: 10. 1186/s12886-020-01627-2.
- [65] Dick HB, Schwenn O, Pavlovic S, et al. Effect of head position on refraction in aphakic and phakic silicone-filled eyes [J]. Retina, 1997, 17(5): 397–402. DOI: 10. 1097/00006982-199709000-00007.
- [66] Dudea SM. Ultrasonography of the eye and orbit [J]. Med Ultrason, 2011, 13(2): 171–174.
- [67] Song MY, Noh SR, Kim KY. Refractive prediction of four different intraocular lens calculation formulas compared between new swept source optical coherence tomography and partial coherence interferometry [J/OL]. PLoS One, 2021, 16(5): e0251152 [2024-06-20]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33945581>. DOI: 10. 1371/journal.pone. 0251152.
- [68] Nepp J, Krepler K, Jandrasits K, et al. Biometry and refractive outcome of eyes filled with silicone oil by standardized echography and partial coherence interferometry [J]. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2005, 243(10): 967–972. DOI: 10. 1007/s00417-004-1117-2.
- [69] Murray DC, Durrani OM, Good P, et al. Biometry of the silicone oil-filled eye: II [J]. Eye (Lond), 2002, 16(6): 727–730. DOI: 10. 1038/sj. eye. 6700176.
- [70] Tan X, Zhang J, Zhu Y, et al. Accuracy of new generation intraocular lens calculation formulas in vitrectomized eyes [J]. Am J Ophthalmol, 2020, 217: 81–90. DOI: 10. 1016/j. ajo. 2020. 04. 035.
- [71] Darcy K, Gunn D, Tavassoli S, et al. Assessment of the accuracy of new and updated intraocular lens power calculation formulas in 10 930 eyes from the UK National Health Service [J]. J Cataract Refract Surg, 2020, 46(1): 2–7. DOI: 10. 1016/j. jcrs. 2019. 08. 014.
- [72] Melles RB, Kane JX, Olsen T, et al. Update on intraocular lens calculation formulas [J]. Ophthalmology, 2019, 126(9): 1334–1335. DOI: 10. 1016/j. ophtha. 2019. 04. 011.
- [73] el-Baha SM, el-Samadoni A, Idris HF, et al. Intraoperative biometry for intraocular lens (IOL) power calculation at silicone oil removal [J]. Eur J Ophthalmol, 2003, 13(7): 622–626. DOI: 10. 1177/112067210301300705.
- [74] Bové Álvarez M, Arumí CG, Distéfano L, et al. Comparative study of penetrating keratoplasty and vitreoretinal surgery with Eckardt temporary keratoprosthesis in ocular trauma versus non-trauma patients [J]. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2019, 257(11): 2547–2558. DOI: 10. 1007/s00417-019-04420-0.
- [75] Mayalı H, Kayıkçıoğlu Ö, Altınışık M, et al. Clinical results in patients with combined penetrating keratoplasty and vitreoretinal surgery using landers wide-field temporary keratoprosthesis [J]. Turk J Ophthalmol, 2019, 49(5): 270–276. DOI: 10. 4274/tjo. galenos. 2019. 87059.
- [76] Huang D, Schallhorn SC, Sugar A, et al. Phakic intraocular lens implantation for the correction of myopia; a report by the American Academy of Ophthalmology [J]. Ophthalmology, 2009, 116(11): 2244–2258. DOI: 10. 1016/j. ophtha. 2009. 08. 018.
- [77] Tong CM, Baydoun L, Melles G. Descemet membrane endothelial keratoplasty and refractive surgery [J]. Curr Opin Ophthalmol, 2017, 28(4): 316–325. DOI: 10. 1097/ICU. 0000000000000380.
- [78] Dubey R, Birchall W, Grigg J. Improved refractive outcome for ciliary sulcus-implanted intraocular lenses [J]. Ophthalmology, 2012, 119(2): 261–265. DOI: 10. 1016/j. ophtha. 2011. 07. 050.
- [79] 林慧, 毕燕龙. 双针导引无缝线巩膜层间固定二期人工晶体植入术的疗效分析 [J]. 同济大学学报 (医学版), 2018, 39(4): 92–95. DOI: 10. 16118/j. 1008-0392. 2018. 04. 018.
- Lin H, Bi YL. Efficacy of sutureless intrascleral-fixed secondary intraocular lens implantation with double-needle technique [J]. J Tongji Univ (Medical Science), 2018, 39(4): 92–95. DOI: 10. 16118/j. 1008-0392. 2018. 04. 018.
- [80] Lin H, Ye X, Huang X, et al. Long-term stability of intraocular lens with trimmed or untrimmed haptics in yamane sutureless intrascleral fixation technique [J]. Med Sci Monit, 2021, 27: e928868 [2024-06-22]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33692329>. DOI: 10. 12659/MSM. 928868.
- [81] Yamane S, Ito A. Flanged fixation: Yamane technique and its application [J]. Curr Opin Ophthalmol, 2021, 32(1): 19–24. DOI: 10. 1097/ICU. 0000000000000720.
- [82] Gatinel D, Debellemannière G, Saad A, et al. Theoretical relationship among effective lens position, predicted refraction, and corneal and intraocular lens power in a pseudophakic eye model [J/OL]. Transl Vis Sci Technol, 2022, 11(9): 5 [2024-06-22]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/36069859>. DOI: 10. 1167/tvst. 11. 9. 5.
- [83] Bang SP, Jun JH. Comparison of postoperative axial stability of intraocular lens and capsulotomy parameters between precision pulse capsulotomy and continuous curvilinear capsulotomy: a prospective cohort study [J/OL]. Medicine (Baltimore), 2019, 98(48): e18224 [2024-06-22]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31770285>. DOI: 10. 1097/MD. 00000000000018224.
- [84] Bang SP, Yoo YS, Jun JH, et al. Effects of residual anterior lens epithelial cell removal on axial position of intraocular lens after cataract surgery [J/OL]. J Ophthalmol, 2018, 2018: 9704892 [2024-06-22]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30210870>. DOI: 10. 1155/2018/9704892.
- [85] Hoffer KJ, Savini G. IOL power calculation in short and long eyes [J]. Asia Pac J Ophthalmol (Phila), 2017, 6(4): 330–331. DOI: 10. 22608/APO. 2017338.
- [86] Li T, Stein J, Nallasamy N. AI-powered effective lens position prediction improves the accuracy of existing lens formulas [J]. Br J Ophthalmol, 2022, 106(9): 1222–1226. DOI: 10. 1136/bjophthalmol-2020-318321.
- [87] Zhang J, Jin A, Han X, et al. The LISA-PPV formula: an ensemble artificial intelligence-based thick intraocular lens calculation formula for vitrectomized eyes [J]. Am J Ophthalmol, 2024, 262: 237–245. DOI: 10. 1016/j. ajo. 2024. 02. 037.

(收稿日期: 2024-08-25 修回日期: 2025-02-07)

(本文编辑: 张宇 骆世平)

广告目次

瑞秀复(眼科用生物羊膜) 广州瑞泰生物科技有限公司……封二

沃丽汀(卵磷脂络合碘片) 广东泰恩康医药股份有限公司……封三

中华医学会杂志社英文系列期刊 《中华医学杂志》社有限责任公司……封底

中华医学杂志社
Chinese Medical Association Publishing House

版权所有 违者必究