

· 综 述 ·

硅油取出联合白内障手术后屈光漂移的原因及相关研究进展*

王秋钰 综述, 周家林, 李伟候, 蔡 畅, 刘丹宁[△]审校

(重庆医科大学附属第二医院眼科, 重庆 400010)

[摘要] 硅油填充是治疗各种类型视网膜脱离的重要方法。白内障是硅油填充眼最常见的并发症。硅油取出联合白内障及人工晶体(IOL)植入手术已成为患者早期获得最佳目标视力的主要手术方式。而硅油填充眼下 IOL 度数的计算存在诸多影响因素,可能引起术后屈光漂移。该文从硅油填充对眼轴、前房深度、晶体计算公式的影响进行了综述,探讨了硅油填充状态对 IOL 度数计算的影响,以及硅油取出联合白内障和 IOL 植入术后屈光漂移的原因。

[关键词] 硅油眼; 白内障; 屈光漂移; 人工晶体预测; 综述

DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2023.02.026 **中图法分类号:**R776.1;R778

文章编号:1009-5519(2023)02-0300-04 **文献标识码:**A

Causes of refractive drift after silicone oil removal combined with cataract surgery*WANG Qiuyu, ZHOU Jialin, LI Weihou, CAI Chang, LIU Danning[△]

(Department of Ophthalmology, the Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China)

[Abstract] Silicone oil filling is an important method for the treatment of various types of retinal detachment. Cataracts are the most common complication of silicone oil-filled eyes. Silicone oil removal combined with cataract and intraocular lens (IOL) implantation has become the main surgical method for patients to obtain the best target vision in the early stage. However, there are many influencing factors in the calculation of IOL degree at the moment of silicone oil filling, which may cause postoperative refractive drift. This paper reviewed the effects of silicone oil filling on the eye axis, anterior chamber depth, and lens calculation formula, and discussed the influence of silicone oil filling status on the calculation of IOL degree, and the reasons for refractive drift after silicone oil removal combined with cataract and IOL implantation.

[Key words] Silicon oil-filled eye; Cataract; Refractive drift; Intraocular lens prediction; Review

玻璃体腔硅油填充已广泛用于眼底手术,是治疗复杂视网膜脱离、增殖性玻璃体视网膜病变、增生性糖尿病性视网膜病变引起的牵拉性视网膜脱离等复杂玻璃体视网膜病变的重要方法^[1],具有手术成功率高、术后不良反应轻、视功能恢复较快等优点。然而硅油会干扰晶体代谢、存在一定的视网膜等眼内组织毒性,硅油乳化阻塞房角也可发生继发青光眼等并发症,因此,需在一段时间后取出^[2]。硅油填充后数个月中由于眼内代谢环境等改变,白内障发病风险增加,即使硅油取出时晶状体为透明状态,也可在术后几年内发展为白内障^[3]。既往研究表明,高达 100% 的硅油填充眼在 2 年内出现白内障进展^[4-5]。硅油取出联合白内障手术已显示出良好的术后屈光结果,成

为确保患者术后获得最佳视力的优选^[6]。但与非硅油填充眼比较,硅油眼人工晶体(IOL)度数预测更加困难,往往造成术眼术后实际屈光度与术前 IOL 预测值不一致,从而呈现出近视或远视状态,称为屈光漂移。本文综述了硅油取出联合白内障手术后屈光漂移的原因及相关研究进展,分析了玻璃体切除术(PPV)及硅油填充对眼轴、前房深度(ACD)、晶体计算公式的影响,旨在为精确术前 IOL 预测提供依据。

1 PPV 及硅油填充对眼轴的影响

1.1 PPV 本身对眼轴的影响 眼轴测量有接触式和非接触式两种方式。接触式主要指应用眼部 A 超测量眼轴,从角膜前表面至视网膜内界膜之间的距离;非接触式主要指应用光学法测量眼轴,测量自泪膜前

* 基金项目:重庆市自然科学基金项目(cstc2021jcyj-msxmX0211);重庆市科卫联合医学科研项目(2018ZDXM017)。

[△] 通信作者, E-mail:302110@hospital.cqmu.edu.cn。

表面至视网膜色素上皮之间的距离,被广泛认为是真正的眼轴^[7]。PPV 可使眼轴增长,此外,测量误差、填充剂特性、眼内压、巩膜切口、周围组织松弛或牵拉均会导致眼轴增长,进而术后产生近视的屈光漂移。

1.2 硅油填充对眼轴测量的影响 眼轴的准确测量对硅油取出联合白内障手术患者而言是十分重要的,硅油眼的超声生物测量很难进行,是因为硅油会减慢超声的声速,导致测量的眼轴更长,硅油会吸收部分声波导致渗透性变差,而且多个流体界面是超声测量眼轴的误差来源。考虑到硅油填充眼的生物计量误差,因此,有研究考虑到超声波在硅油和普通玻璃体的声速不同,通过声速调整法(目前常用的硅油眼超声传导速度为 987 m/s,而在普通玻璃体中的声速为 1 532 m/s)可提高测量准确性^[8]。MURRAY 等^[9]研究表明,可以用转换系数 0.71 计算硅油眼真正的眼轴,这可以最小化术后 IOL 度数计算不准确导致的术后屈光不正。但因硅油后空间和硅油与视网膜的间隙存在,硅油眼的 A 超测量结果总是不尽人意。与非 PPV 眼睛比较,硅油会降低光学生物测量仪(IOL Master)信号质量,而且轻质硅油比重质硅油更容易乳化,需早期去除^[10]。因此,超声测量即使采用这些校正因子,其眼轴测量准确性和可重复性仍无法令人满意。有研究表明,硅油填充术后眼轴变长,这种变化可能与硅油长期顶压脱离视网膜的同时对眼球形成一定压力造成视网膜神经纤维变薄、巩膜纤维拉伸有关^[11]。而且玻璃体腔中硅油不完全填充导致硅油流体界面在不同头部位置的曲率和接触面积发生变化,也可能导致屈光度和眼轴测量值的变化。

1.3 术前与术中测量对眼轴的影响 当使用超声测量眼部生物学参数时,硅油去除后再进行白内障手术的屈光漂移小于硅油去除联合白内障手术的屈光漂移^[6]。为减少硅油带来的误差,EL-BAHA 等^[12]在术中取出硅油后应用 Nidek Echoscanner US800 装置的无菌探针进行术中生物测量眼轴长度,准确性较高,特别对长眼轴的测量准确度高于术前硅油眼下的测量。但缺点在于操作烦琐,加之生物测量仪器消毒、灭菌等准备,相对延长了手术时间和增加了术中风险。

1.4 眼轴测量工具新进展 眼轴测量的准确性与 IOL 计算的准确性密切相关。近年来,出现多种眼内生物参数测量仪并不断被改进,如 IOL Master、光学生物测量仪(Lenstar LS900)等。对硅油填充眼,IOL Master 测量的眼轴比 A 超更准确,但对重度白内障、角膜瘢痕、硅油乳化等屈光介质明显混浊的眼球,IOL Master 应用受到限制^[13]。当术眼的眼轴因致密性白内障不能由 IOL Master 测量时可将 A 超的测量值经

Sonolink 连接导入 IOL Master 500 从而计算人工晶状体的度数。目前,也有参考对侧眼的眼轴或术眼填充硅油前的眼轴,但存在一定盲目性。IOL Master 500 是基于部分光学相干(PCI)技术的测量仪,该仪器用于眼球生物测量时与 IOL Master 测量值高度一致,且所需测量时间比 IOL Master 更短^[14]。IOL Master 700 是基于扫频源光学相干断层成像技术,使用的扫描光波长比 PCI 更长,具有更好的穿透性及更高的分辨率,显著提高了眼轴测量的可达到率。但目前还未见关于 IOL Master 700 在硅油填充眼中的生物测量精度的文献报道,需进一步研究^[15-16]。Lenstar LS900 是最新的眼球生物测量仪,可同时完成角膜中央厚度、晶体厚度、角膜曲率、角膜白到白距离、瞳孔大小、视轴的光线偏心距离及视网膜厚度的测量,其准确性和可重复性均较好^[17]。SONG 等^[18]发现,Lenstar 的测量结果与 IOL Master 在白内障、人工晶状体、无晶状体、充硅油和正常眼中的测量结果具有很好的相关性。但一项用 Lenstar LS900 光学生物测量仪测量年轻恒河猴眼球尺寸的研究表明,与 A 超比较,Lenstar 低估了眼球尺寸(差异幅度为 0.11~0.57 mm),存在误差,需使用线性校准函数校正这种差异^[19]。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,可达到令人满意的术后屈光效果^[20]。对硅油眼的眼轴测量需调整参数抵消眼轴测量对硅油取出联合白内障手术患者的术后屈光差异的影响,未来需更加个性化的眼轴测量方式。

2 PPV 及硅油填充对 ACD 的影响

2.1 术后 ACD 与屈光状态的关系 ACD 即中央角膜后表面到晶状体前表面的距离。术后 ACD 反映了术后人工晶状体的位置,并直接影响术后患者屈光状态的改变,1 mm 的 ACD 变化可导致 1.34 D 的屈光改变^[21]。因此,术后 ACD 较术前 ACD 更能影响术后屈光状态。任何光学 IOL 计算公式的误差均取决于测量误差和术后 ACD 预测误差,而术后 ACD 预测误差占总预测误差的 20%~40%^[22]。术后 ACD 预测主要通过术前 ACD 测量值导入相应的计算公式得出。因此,通过术前 ACD 测量避免术后 ACD 的误差至关重要。

2.2 术后 ACD 的影响因素

2.2.1 ACD 测量工具 目前,主流的 ACD 测量工具包括 IOL Master、眼前节综合分析系统(Pentacam)、Lenstar LS 900、OA-2000 等。已有多项研究比较了不同测量工具的差异。HAMOUDI 等^[23]比较了 IOL Master 与 Pentacam 测量 ACD 的准确性,结

果显示,上述仪器的 ACD 测量值没有显著差异。LI-AO 等^[24]发现,OA-2000、IOL Master 700 两种仪器测得的 ACD 值也无明显差异。

2.2.2 测量 ACD 的影响因素 GHOMI 等^[25]认为,患者取俯卧位或填充的硅油可能推动晶体虹膜隔向前移动从而使术后 ACD 变浅,此外,经睫状体平坦部的穿刺口可能诱发睫状体水肿使房水分泌减少,导致术后 ACD 变浅,可持续至术后 1 周。而更长时间的观察发现,PPV 后 ACD 显著变浅可持续 12 个月^[26],这一发现为硅油眼术后屈光漂移提供了依据。PPV 后睫状体的松弛和损伤可导致晶状体囊袋不稳定性增加与人工晶状体错位^[20]。硅油取出后玻璃体等眼后节组织的缺失也可导致 ACD 异常波动、囊袋及人工晶状体活动度增加。而对 ACD 加深的影响因素主要是年龄和眼轴,随年龄增加,IOL 平面随之移,引起远视漂移。长眼轴患者由于 ACD 加深幅度更大而出现更加明显的远视漂移^[27]。

3 硅油填充状态下 IOL 计算公式的进展

IOL 计算公式已从第 1 代发展至第 5 代,IOL 预测度数的准确性与 IOL 计算公式的选择有关。多项研究对比了各种公式在硅油取出联合白内障手术患者眼睛中的计算准确性。EL-BAHA 等^[12]发现,通过术中生物测量的方法,在 Holladay、SRK/T、SRK II 3 个公式中,Holladay、SRK/T 展示出最小的预测屈光度误差。针对长眼轴,尽量避免选择产生更大屈光误差的 SRK II。在对第 5 代公式(Barrett Universal II、EVO、Kane、Ladas Super formula 等)和传统线性公式(Haigis、Hoffer Q、Holladay 1、SRK/T 等)分析中,对超过 26 mm 的长眼轴硅油眼,除 Haigis 公式外,第 5 代公式和具有线性调整的传统公式均显示出良好的预测准确性,其中 EVO 公式显示的准确度最高^[4]。但 TAN 等^[20]在对比 Barrett Universal II、EVO、Kane、Haigis 4 种公式对硅油眼 IOL 预测时发现,Kane 公式的预测准确性良好,而其他 3 个公式均存在轻度远视漂移,需优化透镜 A 常数解决误差。另一项对硅油取出联合白内障手术患者长达 4 年的随访研究表明,术后屈光度 ± 0.50 D 内预测精确度最高的公式为 Holladay 2^[28]。一项对硅油填充眼患者半年的前瞻性研究表明,SRK/T、Holladay 1、Holladay 2、Haigis、Hoffer Q、Barrett Universal II 等公式在眼轴正常的硅油填充眼中具有相当的预测准确性,但 SRK/T、Haigis、Barrett Universal II 更适合长眼轴硅油填充眼患者^[29]。由于硅油取出联合白内障手术后屈光度可能更多变,在术前 IOL 预测结果基础上更倾向于发生远视漂移,有学者提出,将术后屈光力目标

值设定为 -0.50 D,以实现术后正视^[30]。此外,通过优化晶状体常数也可达到同样的效果^[6]。

综上所述,诸多因素可影响硅油填充眼人工晶状体度数预测的准确性,主要与生物数据的测量、硅油的性质、IOL 计算公式的选择有关。对联合手术,建议首选光学生物测量技术。如多次测量后误差仍然较大可考虑在取出硅油后再进行白内障手术。

随着基于扫频源光学相干断层成像等新技术的生物测量仪的发展,生物测量精度不断提高,IOL 计算公式也将不断迭代。需进一步研究减少硅油取出联合白内障术后屈光漂移的误差源,提升预测准确性,改善患者视功能预后。

参考文献

- [1] ANDROUDI S, AHMED M, FIORE T, et al. Combined pars plana vitrectomy and phacoemulsification to restore visual acuity in patients with chronic uveitis [J]. J Cataract Refract Surg, 2005, 31(3): 472-478.
- [2] XU W, CHENG W, ZHUANG H, et al. Safety and efficacy of transpupillary silicone oil removal in combination with micro-incision phacoemulsification cataract surgery: comparison with 23-gauge approach [J]. BMC Ophthalmol, 2018, 18(1): 200.
- [3] SOLIMAN W, MOHAMED T A, ABDELAZ EEM K, et al. Trans-scleral posterior capsulorhexis in combined lens extraction and silicone oil removal [J]. Eur J Ophthalmol, 2020, 30(1): 224-228.
- [4] ZHANG J, WANG W, LIU Z, et al. Accuracy of new-generation intraocular lens calculation formulas in eyes undergoing combined silicone oil removal and cataract surgery [J]. J Cataract Refract Surg, 2021, 47(5): 593-598.
- [5] THULASIDAS M, GUPTA H, SACHDEV M S, et al. Microincision phacoemulsification combined with sutureless transpupillary passive silicone oil removal [J]. Indian J Ophthalmol, 2021, 69(9): 2311-2316.
- [6] MADANAGOPALAN V G, SUSVAR P, ART HI M. Refractive outcomes of a single-step and a two-step approach for silicone oil removal and cataract surgery [J]. Indian J Ophthalmol, 2019, 67(5): 625-629.

- [7] COOKE D L, COOKE T L, SUHEIMAT M, et al. Standardizing sum-of-segments axial length using refractive index models[J]. *Biomed Opt Express*, 2020, 11(10):5860-5870.
- [8] DUDEA S M. Ultrasonography of the eye and orbit[J]. *Med Ultrason*, 2011, 13(2):171-174.
- [9] MURRAY D C, DURRANI O M, GOOD P, et al. Biometry of the silicone oil-filled eye: II [J]. *Eye(Lond)*, 2002, 16(6):727-730.
- [10] ROSSI T, QUERZOLI G, BADAS M G, et al. Computational fluid dynamics of intraocular silicone oil tamponade[J]. *Transl Vis Sci Technol*, 2021, 10(8):22.
- [11] LIU R, LI Q. Changes in ocular biometric measurements after vitrectomy with silicone oil tamponade for rhegmatogenous retinal detachment repair [J]. *BMC Ophthalmol*, 2020, 20(1):360.
- [12] EL-BAHA S M, EL-SAMADONI A, IDRIS H F, et al. Intraoperative biometry for intraocular lens(IOL) power calculation at silicone oil removal[J]. *Eur J Ophthalmol*, 2003, 13(7):622-626.
- [13] ORTIZ A, GALVIS V, TELLO A, et al. Comparison of three optical biometers: IOLMaster 500, Lenstar LS 900 and Aladdin[J]. *Int Ophthalmol*, 2019, 39(8):1809-1818.
- [14] PEREIRA A, POPOVIC M, LLOYD J C, et al. Preoperative measurements for cataract surgery: A comparison of ultrasound and optical biometric devices [J]. *Int Ophthalmol*, 2021, 41(4):1521-1530.
- [15] AGARKAR S, MAILANKODY S, SRINIVASAN R, et al. Accuracy of intraocular lens power calculation in children with vitrectomized eyes undergoing cataract surgery [J]. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*, 2021, 58(2):126-131.
- [16] AKSOY M, ASENSA L, GÜNGÖR S G, et al. Comparison of refractive outcomes using scheimpflug holladay equivalent keratometry or IOLMaster 700 keratometry for IOL power calculation[J]. *Int Ophthalmol*, 2021, 41(6):2205-2212.
- [17] POPOV I, WACZULIKOVA I, STEFANICK-OVA J, et al. Analysis of biometric parameters of 2340 eyes measured with optical biometer Lenstar LS900 in a caucasian population [J]. *Eur J Ophthalmol*, 2022, 32(1):213-220.
- [18] SONG J S, YOON D Y, HYON J Y, et al. Comparison of ocular biometry and refractive outcomes using IOL Master 500, IOL Master 700, and Lenstar LS900 [J]. *Korean J Ophthalmol*, 2020, 34(2):126-132.
- [19] SHE Z, HUNG L F, BEACH K M, et al. Comparing low-coherence interferometry and A-scan ultrasonography in measuring ocular axial dimensions in young rhesus monkeys [J]. *Exp Eye Res*, 2022, 217:108937.
- [20] 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.
- [21] ELDER M J. Predicting the refractive outcome after cataract surgery: The comparison of different IOLs and SRK-II v SRK-T [J]. *Br J Ophthalmol*, 2002, 86(6):620-622.
- [22] RUAN X, YANG G, XIA Z, et al. Agreement of anterior segment parameter measurements with CASIA 2 and IOLMaster 700 [J]. *Front Med(Lausanne)*, 2022, 9:777443.
- [23] HAMOUDI H, CORRELL CHRISTENSEN U, LA COUR M. Agreement of phakic and pseudophakic anterior chamber depth measurements in IOLMaster and Pentacam [J]. *Acta Ophthalmol*, 2018, 96(3):e403.
- [24] LIAO X, PENG Y, LIU B, et al. Agreement of ocular biometric measurements in young healthy eyes between IOLMaster 700 and OA-2000 [J]. *Sci Rep*, 2020, 10(1):3134.
- [25] GHOMI Z, GHASSEMI F. Changes in anterior segment parameters following pars plana vitrectomy measured by ultrasound biomicroscopy (UBM) [J]. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol*, 2017, 6(1):14-18.
- [26] HUANG C, ZHANG T, LIU J, et al. Changes in axial length, central cornea thickness, and anterior chamber depth after rhegmatogenous retinal detachment repair [J]. *BMC Ophthalmol*, 2016, 16:121.

- cancer: A review of pathogenesis[J]. *Int J Mol Sci*, 2013, 14 (3): 5367-5379.
- [19] ZHANG C, WANG X, ANAYA Y, et al. Distinct molecular pathways in ovarian endometrioid adenocarcinoma with concurrent endometriosis[J]. *Int J Cancer*, 2018, 143 (10): 2505-2515.
- [20] MCMILLIN D W, NEGRI J M, MITSIADES C S. The role of tumour-stromal interactions in modifying drug response: challenges and opportunities[J]. *Nat Rev Drug Discov*, 2013, 12(3): 217-228.
- [21] SAHOO S S, QUAH M Y, NIELSEN S, et al. Inhibition of extracellular matrix mediated TGF- β signalling suppresses endometrial cancer metastasis[J]. *Oncotarget*, 2017, 8(42): 71400-71417.
- [22] GRUND E M, KAGAN D, TRAN C A, et al. Tumor necrosis factor-alpha regulates inflammatory and mesenchymal responses via mitogen-activated protein kinase kinase, p38, and nuclear factor kappaB in human endometriotic epithelial cells [J]. *Mol Pharmacol*, 2008, 73 (5): 1394-1404.
- [23] WENDEL J, WANG X, SMITH L J, et al. Three-dimensional biofabrication models of endometriosis and the endometriotic microenvironment[J]. *Biomedicine*, 2020, 8 (11): 55.
- [24] PUENTE E, ALONSO L, LAGAN? A S, et al. Chronic endometritis: Old problem, novel insights and future challenges [J]. *Int J Fertil Steril*, 2020, 13(4): 250-256.
- [25] DOLAT L, VALDIVIA R H. An endometrial organoid model of interactions between Chlamydia and epithelial and immune cells[J]. *J Cell Sci*, 2021, 134(5): jcs252403.
- [26] COCHRANE D R, CAMPBELL K R, GREENING K, et al. Single cell transcriptomes of normal endometrial derived organoids uncover novel cell type markers and cryptic differentiation of primary tumours[J]. *J Pathol*, 2020, 252(2): 201-214.
- [27] JIANG X, LI X, FEI X, et al. Endometrial membrane organoids from human embryonic stem cell combined with the 3D Matrigel for endometrium regeneration in asherman syndrome [J]. *Bioact Mater*, 2021, 6(11): 3935-3946.
- [28] MIYAZAKI K, DYSON M T, COON V J S, et al. Generation of progesterone-responsive endometrial stromal fibroblasts from human induced pluripotent stem cells: Role of the WNT/CTNNB1 pathway [J]. *Stem Cell Reports*, 2018, 11(5): 1136-1155.

(收稿日期: 2022-03-31 修回日期: 2022-07-21)

(上接第 303 页)

- [27] 张婉琪, 程纓淋, 黄惠春, 等. 高度近视合并白内障患者术后人工晶状体位移对屈光度的影响[J]. *眼科新进展*, 2019, 4(39): 376-378.
- [28] LAMSON T L, SONG J, ABAZARI A, et al. Refractive outcomes of phacoemulsification after pars plana vitrectomy using traditional and new intraocular lens calculation formulas[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2019, 45(3): 293-297.
- [29] HOU Y, LIU L, WANG G, et al. Different lens power calculation formulas for the prediction of refractive outcome after phacoemulsification with silicone oil removal [J]. *BMC Ophthalmol*, 2022, 22(1): 74.
- [30] SHU Z M, LI F Q, CHE S T, et al. Topical review: Causes of refractive error after silicone-oil removal combined with cataract surgery [J]. *Optom Vis Sci*, 2020, 97(12): 1099-1104.

(收稿日期: 2022-04-26 修回日期: 2022-08-25)