

# 有晶状体眼后房型人工晶状体长度选择和拱高的研究进展

张佳晴, 罗莉霞

基金项目: 国家自然科学基金(No. 81370994)

作者单位: (510060) 中国广东省广州市, 中山大学中山眼科中心眼科学国家重点实验室

作者简介: 张佳晴, 硕士研究生, 研究方向: 白内障防治。

通讯作者: 罗莉霞, 副教授, 博士研究生导师, 研究方向: 白内障防治. luolixia@gzzoc.com

收稿日期: 2017-07-19 修回日期: 2017-11-28

## Length and vault of posterior chamber phackic intraocular lens

Jia-Qing Zhang, Li-Xia Luo

**Foundation item:** National Natural Science Foundation of China (No. 81370994)

State Key Laboratory of Ophthalmology, Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510060, Guangdong Province, China

**Correspondence to:** Li-Xia Luo. State Key Laboratory of Ophthalmology, Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University of Guangzhou, Guangdong Province, China. luolixia@gzzoc.com

Received: 2017-07-19 Accepted: 2017-11-28

## Abstract

• The implantation of posterior chamber phackic intraocular lens (PCPIOL) has been widely carried out worldwide, and its safety and efficacy have been well recognized. How to accurately choose the length of implantable collamer lens (ICL) in order to obtain the ideal vault and reduce postoperative complications, has been a research hotspot. This paper reviews related reports on the relationship between the length of ICL and its postoperative vault.

• **KEYWORDS:** posterior chamber phackic intraocular lens; vault; implantable collamer lens

**Citation:** Zhang JQ, Luo LX. Length and vault of posterior chamber phackic intraocular lens. *Guoji Yanke Zazhi* 2018;18(1): 68-71

## 摘要

有晶状体眼后房型人工晶状体植入术已在全世界广泛开展,安全性和有效性得到了证实。如何准确地选择植入人工晶状体的长度以获得理想的拱高,从而减少术后并发症,一直是学者们研究的焦点。本文以有晶状体眼后房型人工晶状体长度选择和拱高为中心,对相关问题作一综述。

**关键词:** 有晶状体眼后房型人工晶状体;拱高;可植入型胶原人工晶状体

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2018.1.15

**引用:** 张佳晴, 罗莉霞. 有晶状体眼后房型人工晶状体长度选择和拱高的研究进展. 国际眼科杂志 2018;18(1):68-71

## 0 引言

后房型有晶状体眼人工晶状体 (posterior chamber phackic intraocular lens, PCPIOL) 是有晶状体眼人工晶状体 (Phackic intraocular lens, PIOL) 中的重要类型之一。有晶状体眼后房型人工晶状体植入术作为屈光矫正手术的一种,已经在全世界广泛开展,并已被证明是安全和有效的,长期随访并发症发生率低,具有良好的预测性、屈光矫正效果稳定、可逆性、保留自身调节能力、术后视力恢复快等优点,能有效改善患者术后视力和生活质量<sup>[1-4]</sup>。PCPIOL 矫正屈光不正的范围广,虽然不同国家批准的治疗范围略有不同,但一般能矫正 +10.0D 以内的远视、-18.0D 以内的近视和 +1.0 ~ +6.0D 的散光。

目前 PCPIOL 包括两种:可植入型胶原人工晶状体 (implantable collamer lens, ICL) 和有晶状体眼后房屈光晶状体 (Phakic refractive lens, PRL)。ICL 于 2005 年获得了美国 FDA 的批准,成为了 PCPIOL 植入术的首选。ICL 有四个直径可供选择 (12.1、12.6、13.2、13.7mm)。而 Zeiss-Meditec 公司生产的 PRL 长度设置单一,仅当患者角膜水平直径 (white-to-white, W-to-W, WTW) 小于 11.0mm 时, PRL 长度设置为 10.8mm,此外对所有的近视患者 PRL 长度统一为 11.3mm,远视患者为 10.6mm。因 PRL 长度设置单一,所以下文所述的 PCPIOL 长度选择特指 ICL 的长度选择。

PCPIOL 位于虹膜、晶状体前囊及前部悬韧带之间,通过襻固定于睫状沟。拱高是指 ICL 后表面与自身晶状体前表面的垂直距离,是 ICL 植入后一项提示手术安全性的重要指标。合适的拱形是 ICL 在眼内保持稳定的关键。拱高过高,ICL 和虹膜的机械接触可引起炎症、眼压升高、瞳孔阻滞、闭角型青光眼、色素播散综合征等并发症<sup>[5]</sup>。拱高过低,人工晶状体与自身晶状体前囊接触、摩擦,或者与自身晶状体之间的间隙狭窄,房水循环受阻,导致前囊下白内障的形成。另外,拱高过低,人工晶状体在睫状沟内固定不稳定,更容易出现偏心旋转移位<sup>[6]</sup>。

ICL 长度是拱高的决定性因素之一。如何选择合适长度,获得理想的拱高,从而降低术后并发症的发生率,这问题是学者争论和研究的焦点。本文将以后房型人工晶状体的长度选择和拱高为中心,对相关问题作一综述。

## 1 ICL 长度的计算和选择

传统选择人工晶状体长度的方式是根据前房深度 (anterior chamber depth, ACD), 在角膜水平直径的基础上增加 0.5 ~ 1.0mm。当  $2.8\text{mm} \leq \text{ACD} \leq 3.5\text{mm}$  时, 晶状体长度为  $\text{WTW} + 0.5\text{mm}$ ; 当  $\text{ACD} > 3.5\text{mm}$  时, 晶状体长度为  $\text{WTW} + 1.0\text{mm}$ 。虽然用 WTW 选择人工晶状体长度的方法是经验性的, 但全世界绝大多数眼科医生依然视其为金标准, 其有效性和安全性得到了公认。然而, WTW 的测量存在一定的误差, 用尺规手动测量 WTW 的过程中, 其解剖标记的确定受到测量者个人判断的影响, 误差达到  $\pm 0.79\text{mm}$ 。IOL Master 等仪器提高了精确度, 市面上各种仪器的误差范围为 0.4 ~ 0.6mm。角膜缘的异常情况如老年环、色素沉积、结膜黄斑、角膜周边新生血管等, 会影响仪器的测量结果。接下来的问题是, 即使能准确测量 WTW, 外部测量结果能否准确预测内部前房结构? 有学者提出, 后房型人工晶状体位于睫状沟内, 理论上应该根据睫状沟间距决定人工晶状体长度, 根据 WTW 选择后房型人工晶状体长度并不科学<sup>[7]</sup>。

许多学者针对 WTW 和睫状沟直径 (ciliary sulcus diameter, STS) 间是否具有相关性进行了研究。不少研究<sup>[7-11]</sup>发现两者之间没有很强的统计学相关性。有学者<sup>[12-13]</sup>发现, WTW、前房直径与 STS 之间有相关性, 其中 WTW 和 STS 的相关性受前房深度、年龄的影响。Kim 等<sup>[9]</sup>对 STS 与 WTW、角膜曲率、屈光度、前房深度进行了多元回归分析, 发现只有角膜曲率与 STS 之间存在显著负相关, 提出了角膜曲率估测 STS 的公式。Reinstein 等<sup>[11]</sup>研究发现, WTW 或前房角直径 (angle to angle, ATA) 与 STS 之间的相关性较弱, 如果通过 WTW、ATA 或 ATA 联合 ACD 计算 STS, 虽在统计学上能够构建线性方程式, 但如果应用于临床仍有不小的误差, 有很高的概率装入一个长度不合适的人工晶状体。

超声生物显微镜 (ultrasound biomicroscopy, UBM) 可计算 STS: 普通的 UBM 在同一幅图像中不能同时显示双侧睫状沟, 需要三幅图才能计算 STS。随着超高频 UBM 的应用, 直接测量睫状沟间距成为可能, 大大降低了 STS 的测量误差<sup>[7-8]</sup>。根据直接测得的睫状沟间距选择人工晶状体长度, 其准确性和安全性较间接估算方式大幅提高。然而, 也有学者对睫状沟间距直接测量的准确性提出了怀疑。Yokoyama 等<sup>[14]</sup>评估了高频 UBM 测量 STS 直径的测量误差, 同一位检查者的检查结果可重复性与 Oh 等报道相似, 平均变异系数为  $0.62\% \pm 0.20\%$ , 但不同检查者之间结果差异较大,  $95\% \text{ CI}$  为  $-1.09 \sim 1.52\text{mm}$ 。造成误差的可能原因为: 水平 STS 的测量没有参照标志, 选择哪个扫描平面进行测量是由操作者主观选择的, 不确定性高。测量者的脸与仪器的角度、调节、眼位均可能影响扫描的位置。睫状沟的变异也会使部分测量者的睫状沟在 UBM 上显示不清晰, 从而导致测量误差。

这两种选择人工晶状体长度的方法究竟哪个更好? Choi 等<sup>[15]</sup>进行了回顾性研究, 发现 UBM 测量 STS 比传统方法根据 WTW 选择人工晶状体长度能获得更合适的拱高。Choi 等用 UBM 分别测量两侧睫状沟到角膜缘的水平距离, 加 Orbscan 测量的角膜水平直径, 以估计睫状沟间距, 进而选择人工晶状体长度, 与按传统方法组进行比较

发现, UBM 组所有 ICL 拱高均在理想范围内 (规定  $250 \sim 750\mu\text{m}$  为理想拱高), 而传统组在术后 1mo 仅有 58.8% ICL 拱高在理想范围内, 两组之间差异有统计学意义。Lee 等<sup>[16]</sup>发现 STS 计算的 ICL 长度比 WTW 计算的 ICL 长度与拱高具有更强的相关性。最新的一项 Meta 分析<sup>[17]</sup>则显示, 用 WTW 或 STS 两种方法选择 ICL 长度并没有统计学的差别, 两种方法有非常相似的平均 ICL 长度、标准差、拱高范围, 这一结果与 Ghoreishi 等<sup>[18]</sup>随机前瞻性研究得到的结论相同。

## 2 ICL 的拱高

**2.1 理想拱高范围** 选择 ICL 长度的目的在于获得合适的拱高, 使 ICL 在后房处于安全、稳定的位置, 从而降低相关并发症的发生率。那么, ICL 拱高的理想范围是多少呢? STAAR 公司对其自身产品 ICL 推荐的理想拱高为  $500\mu\text{m}$ 。许多学者基于拱高出一定范围后患者术后并发症发生率升高的考虑, 给出了安全拱高范围。

Gonvers 等<sup>[19]</sup>发现, 所有发生前囊膜下白内障的术眼 ICL 拱高均在  $90\mu\text{m}$  以下, 提出拱高的安全下限应为  $150\mu\text{m}$ , 认为当拱高  $\geq 150\mu\text{m}$  时, ICL 和自身晶状体 (至少在中周部) 能够保持安全距离, 避免相互接触。Schmidinger 等<sup>[20]</sup>发现出现前囊膜下白内障的术眼平均拱高为  $216 \pm 104\mu\text{m}$ , 并发现拱高会随着时间以每年  $28\mu\text{m}$  的速率逐渐变小, 很接近晶状体每年平均增厚  $20\mu\text{m}$  的数据, 他们推荐中央拱高最小值应为  $230\mu\text{m}$ 。Rayner 等<sup>[21]</sup>建议拱高下限为  $50\mu\text{m}$ , 未给出特定的上限, 认为只要前房角的结构和功能保持正常即可。Bhikoo 等<sup>[22]</sup>最初建议拱高下限为  $200\mu\text{m}$ , 之后修正为  $150\mu\text{m}$ 。Dougherty 等<sup>[23]</sup>建议拱高的安全范围为  $90 \sim 1000\mu\text{m}$ 。

理想 ICL 拱高的具体标准尚无定论。Maeng 等<sup>[24]</sup>回顾性研究了 134 例 233 眼植入了 ICL 患者的资料, 发现其中 20 例 26 眼患者拱高  $\leq 250\mu\text{m}$ , 有 6 例 8 眼患者术后出现了白内障, 其中 7 眼为前囊膜下白内障。这就说明, 拱高过低或过高只是并发症的危险因素, 即使 ICL 术后的拱高不在预定范围内, 也只有一部分术眼会发生拱高相关的并发症。

**2.2 拱高的影响因素** 国内外学者针对后房型人工晶状体拱高的相关因素进行了研究分析。Seo 等<sup>[25]</sup>对 16 例 28 眼植入 ICL V<sub>4</sub> 的患者进行观察, 发现 WTW 和 ACD 与拱高具有更大的相关性, 其中 WTW 是拱高最主要的影响因素 ( $r=0.70, P<0.001$ ), 而 STS 和 ICL 长度对拱高的影响并不大。Lee 等<sup>[16]</sup>发现患者的年龄和拱高负相关, 年龄每增长 1 岁, 拱高减少大约  $10\text{mm}$ ; 而 ICL 的长度和术前前房深度与拱高正相关。郑茜尹<sup>[26]</sup>发现 ACD、前房面积 (anterior chamber area, ACA)、晶状体前表面曲率半径 (lens curvature radius, Lenscur)、睫状沟间距平面到晶状体前表面距离 (distance of sulcus-to-sulcus plane to anterior lens surface, STSL)、WTW 与拱高存在线性关系, 建立预测拱高的回归方程:  $\text{Vault (mm)} = 1.785 + 0.017X_1 (\text{ACA}) + 0.051X_2 (\text{lenscur}) - 0.203X_3 (\text{WTW})$ 。Kojima 等<sup>[27]</sup>利用 STS、STSL、ACD 建立了一个选择 ICL 长度的回归方程:  $\text{Optimal ICL size (mm)} = 3.75 + 0.46X_1 (\text{STS}) + 0.95X_2 (\text{ACD}) + 1.25X_3 (\text{STSL})$ , 术后实际拱高和预测拱高的差值平均误差为  $-0.06 \pm 0.29\text{mm}$ , 预测准确性较好。

ICL的拱高并不是固定不变的,Cao等<sup>[28]</sup>发现术后中央拱高和周边拱高会随着时间逐渐减小,在术后1~3mo时发生的变化最大,且中央拱高的改变量比周边拱高更明显,Schmidinger等<sup>[20]</sup>也发现拱高会随着时间以每年28 $\mu\text{m}$ 的速率逐渐变小。眼睛的调节运动、光线强度或瞳孔收缩也会影响ICL拱高。Peternel等<sup>[29]</sup>发现在强光下ICL拱高明显降低(-73 $\pm$ 50 $\mu\text{m}$ ),说明瞳孔收缩会影响ICL的位置。Du等<sup>[30]</sup>发现应用缩瞳药物后或在强光刺激下,瞳孔缩小致虹膜将ICL推向自身晶状体,而自身晶状体前表面变凸,拱高下降,其中中央拱高比周边拱高改变更明显。这对拱高提出了更高的要求,在人眼休息和运动的过程中拱高都需要稳定在安全的范围。年龄也是影响拱高的一个因素。随着年龄的增长,前房结构随之变化,40~49岁年龄段睫状沟直径明显小于40岁年龄组,且睫状沟直径的改变量明显大于角膜直径<sup>[10]</sup>。根据WTW对ICL型号进行选择,年龄较小者术后ICL拱高越高<sup>[31]</sup>。

### 3 展望

理想拱高范围应该为多少?所有患者术后是否都会发生拱高的减少?拱高降低的起始时间、需要开始密切观察或干预的界限是多少?这些问题尚需要进一步研究去澄清。另外, Lee等<sup>[16]</sup>研究发现,将ICL的长度、年龄、术前生物测量结果如STS等作为独立变量进行多元回归分析,只能解释术后36.9%患者的拱高情况,提示还有一些因素被我们所忽视,如虹膜在垂直方向的作用力、睫状体睫状沟结构的变深、ICL本身的设计弧度等因素。晶状体前表面周边曲率半径、晶状体后表面中央及周边曲率半径、晶状体的厚度、虹膜角膜角等指标与中央及周边拱高的关系有待进一步研究,从而优化ICL长度的选择。

目前的研究大多测量水平睫状沟直径,但ICL是沿着睫状沟的不同轴位固定的。睫状沟的解剖形状到底是椭圆还是圆,是横椭圆<sup>[32]</sup>还是竖椭圆<sup>[8,33]</sup>,尚没有定论。有学者<sup>[15]</sup>发现术后ICL只有一部分攀真正在睫状沟,有些攀位于睫状体或与晶状体悬韧带相接触。ICL的长度和攀在眼内的位置是否具有相关性?术前选择ICL长度是否应该考虑到睫状沟直径的不规则性?如果参考不同轴线STS的长度是否有助于减少术后并发症的发生?术中是否需要根据睫状沟的不规则性作出调整?这些问题需要前瞻性随机对照试验进一步研究。

随着仪器和软件的进步,我们能够获得更加精确的眼前节信息,让眼科医生能够更好地设计手术方案、追踪随访,更深刻理解一些术后并发症,推动了屈光手术的发展<sup>[34]</sup>。UBM能清楚显示后房结构与ICL被虹膜遮挡的部位。除了能够直接测量STS指导ICL长度选择外,还能显示睫状沟的精细结构如虹膜囊、松弛的悬韧带、晶状体脱位等,从而指导手术方案的设计;同时,UBM还具有术前模拟人工晶状体植入的功能,用来分析各种参数对于拱高的影响;此外,还可通过UBM观察ICL在睫状沟的固定情况,分析ICL攀的异常改变、TICL的旋转、高拱高的原因等。

有晶状体眼人工晶状体植入术在屈光手术中占据着越来越重要的地位,不再只是少数患者的选择,尤其适用于自身晶状体透明、角膜异常的患者。有晶状体眼人工晶状体的未来在于继续改进晶状体设计,缩小手术切口,降

低并发症的发生率。而如何正确选择人工晶状体长度,获得合适的中央及周边拱高,是降低术后并发症发生率的重要环节之一,值得学者们进行更深入的研究。

### 参考文献

- 1 Sanders DR. Anterior subcapsular opacities and cataracts 5 years after surgery in the vision implantable collamer lens FDA trial. *J Refract Surg* 2008;24(6):566-570
- 2 Chan AT, Zauberman NA, Chan CC, et al. Outcomes after implantable collamer lens surgery in a Canadian cohort. *Can J Ophthalmol* 2017;52(2):150-154
- 3 Dougherty PJ, Priver T. Refractive outcomes and safety of the implantable collamer lens in young low- to - moderate myopes. *Clin Ophthalmol* 2017;11: 273-277
- 4 Jeong A, Hau SCH, Rubin GS, et al. Quality of life in high myopia before and after implantable Collamer lens implantation. *Ophthalmology* 2010;117(12):2295-2300
- 5 Balakrishnan SA. Complications of phakic intraocular lenses. *Int Ophthalmol Clin* 2016;56(2):163-170
- 6 Sheng XL, Rong WN, Jia Q, et al. Outcomes and possible risk factors associated with axis alignment and rotational stability after implantation of the Toric implantable collamer lens for high myopic astigmatism. *Int J Ophthalmol* 2012;5(4):459
- 7 Pop M, Payette Y, Mansour M. Predicting sulcus size using ocular measurements. *J Cataract Refract Surg* 2001;27(7):1033-1038
- 8 Oh J, Shin HH, Kim JH, et al. Direct measurement of the ciliary sulcus diameter by 35-megahertz ultrasound biomicroscopy. *Ophthalmology* 2007;114(9):1685-1688
- 9 Kim KH, Shin HH, Kim HM, et al. Correlation between ciliary sulcus diameter measured by 35 MHz ultrasound biomicroscopy and other ocular measurements. *J Cataract Refract Surg* 2008;34(4):632-637
- 10 Fea AM, Annetta F, Cirillo S, et al. Magnetic resonance imaging and Orbscan assessment of the anterior chamber. *J Cataract Refract Surg* 2005;31(9):1713-1718
- 11 Reinstein DZ, Archer TJ, Silverman RH, et al. Correlation of anterior chamber angle and ciliary sulcus diameters with white-to-white corneal diameter in high myopes using Artemis VHF digital ultrasound. *J Refract Surg* 2009;25(2):185-194
- 12 陶思思. 高度近视眼水平角膜直径、前房直径与睫状沟直径的相关性研究. 南华大学 2015
- 13 张曦,沈阳,王晓琰,等. 高度近视患者睫状沟直径与角膜水平直径的比较分析. *实用医院临床杂志* 2014;11(6):3-7
- 14 Yokoyama S, Kojima T, Horai R, et al. Repeatability of the ciliary sulcus-to-sulcus diameter measurement using wide-scanning-field ultrasound biomicroscopy. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37(7): 1251-1256
- 15 Choi KH, Chung SE, Chung TY, et al. Ultrasound biomicroscopy for determining visian implantable contact lens length in phakic IOL implantation. *J Refract Surg* 2007;23(4):362-367
- 16 Lee DH, Choi SH, Chung ES, et al. Correlation between preoperative biometry and posterior chamber phakic Vision Implantable Collamer Lens vaulting. *Ophthalmology* 2012;119(2):272-277
- 17 Packer M. Meta-analysis and review: effectiveness, safety, and central port design of the intraocular collamer lens. *Clin Ophthalmol* 2016;10:1059
- 18 Ghoreishi M, Mohammadinia M. Correlation between preoperative sizing of implantable collamer lens (ICL) by white-to-white and sulcus-to-sulcus techniques, and postoperative vault size measured by Scheimpflug imaging. *J Clin Exp Ophthalmol* 2014;5(4):351
- 19 Convers M, Bornet C, Othenin-Girard P. Implantable contact lens

- for moderate to high myopia; relationship of vaulting to cataract formation. *J Cataract Refract Surg* 2003;29(5):918-924
- 20 Schmidinger G, Lackner B, Pich S, *et al.* Long-term changes in posterior chamber phakic intraocular collamer lens vaulting in myopic patients. *Ophthalmology* 2010;117(8):1506-1511
- 21 Rayner SA, Bhikoo R, Gray T. Spherical implantable collamer lenses for myopia and hyperopia: 126 eyes with 1-year follow up. *Clin Experiment Ophthalmol* 2010;38(1):21-26
- 22 Bhikoo R, Rayner S, Gray T. Toric implantable collamer lens for patients with moderate to severe myopic astigmatism: 12-month follow-up. *Clin Experiment Ophthalmol* 2010;38(5):467-474
- 23 Dougherty PJ, Rivera RP, Schneider D, *et al.* Improving accuracy of phakic intraocular lens sizing using high-frequency ultrasound biomicroscopy. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(1):13-18
- 24 Maeng HS, Chung TY, Lee DH, *et al.* Risk factor evaluation for cataract development in patients with low vaulting after phakic intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(5):881-885
- 25 Seo JH, Kim MK, Wee WR, *et al.* Effects of white-to-white diameter and anterior chamber depth on implantable collamer lens vault and visual outcome. *J Refract Surg* 2009;25(8):730-738
- 26 郑茜尹. 眼内接触镜植入术后拱高与术前眼前段生物测量值的相关性分析. 浙江大学 2016
- 27 Kojima T, Yokoyama S, Ito M, *et al.* Optimization of an implantable collamer lens sizing method using high-frequency ultrasound biomicroscopy. *Am J Ophthalmol* 2012;153(4):632-637
- 28 Cao X, Tong J, Wang Y, *et al.* Long-term ultrasound biomicroscopy observation of position changes of a copolymer posterior chamber phakic intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2014;40(9):1454-1461
- 29 Petternel V, Köppl CM, Dejaco-Ruhswurm I, *et al.* Effect of accommodation and pupil size on the movement of a posterior chamber lens in the phakic eye. *Ophthalmology* 2004;111(2):325-331
- 30 Du C, Wang J, Wang X, *et al.* Ultrasound biomicroscopy of anterior segment accommodative changes with posterior chamber phakic intraocular lens in high myopia. *Ophthalmology* 2012;119(1):99-105
- 31 Kamiya K, Shimizu K, Komatsu M. Factors affecting vaulting after implantable collamer lens implantation. *J Refract Surg* 2009;25(3):259-264
- 32 Rondeau MJ, Barcsay G, Silverman RH, *et al.* Very high frequency ultrasound biometry of the anterior and posterior chamber diameter. *J Refract Surg* 2004;20(5):454-464
- 33 Biermann J, Bredow L, Boehringer D, *et al.* Evaluation of ciliary sulcus diameter using ultrasound biomicroscopy in emmetropic eyes and myopic eyes. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(9):1686-1693
- 34 Piñero DP. Technologies for anatomical and geometric characterization of the corneal structure and anterior segment: a review. *Semin Ophthalmol* 2015;30(3):161-170