

# 影响有晶状体眼后房型人工晶状体植入术后拱高的相关因素

曾文慧, 王 华

作者单位:(410000)中国湖南省长沙市,湖南省人民医院眼视光中心

作者简介:曾文慧,女,在读硕士研究生,研究方向:屈光手术。

通讯作者:王华,教授,硕士研究生导师,主任医师,研究方向:眼视光和屈光手术. wanghuaeye@163.com

收稿日期:2017-08-05 修回日期:2018-01-22

## Influencing factors of vault after ICL implantation

Wen-Hui Zeng, Hua Wang

Center of Ophthalmology and Optometric, People's Hospital of Hunan Province, Changsha 410000, Hunan Province, China

**Correspondence to:** Hua Wang. Center of Ophthalmology and Optometric, People's Hospital of Hunan Province, Changsha 410000, Hunan Province, China. wanghuaeye@163.com

Received:2017-08-05 Accepted:2018-01-22

### Abstract

• The implantable collamer lens (ICL), a posterior chamber phakic intraocular lens, a surgical technique for the correction of moderate to high myopia, has been widely accepted for its stable results, high predictability and good visual quality. However, the success of the operation largely depends on the ICL vault. High or low vault is likely to cause a series of potential complications such as ocular hypertension, cataracts, etc. This article summarizes the related factors that affect the vault after ICL implantation.

• **KEYWORDS:** implantable collamer lens; vault; influencing factors

**Citation:** Zeng WH, Wang H. Influencing factors of vault after ICL implantation. *Guoji Yanke Zazhi(Int Eye Sci)* 2018;18(3):457-460

### 摘要

有晶状体眼后房型人工晶状体(implantable collamer lens, ICL)植入术作为矫正中高度近视的一种手术方式,因其稳定的效果、高度的可预测性和良好的视觉质量被广泛认可。然而,手术成功与否很大程度取决于ICL术后拱高,过高或过低的拱高均可能引起一系列潜在并发症,如高眼压、白内障等。本文主要对影响ICL术后拱高的相关因素做一综述。

**关键词:** ICL; 术后拱高; 影响因素

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2018.3.12

**引用:** 曾文慧,王华. 影响有晶状体眼后房型人工晶状体植入术后拱高的相关因素. 国际眼科杂志 2018;18(3):457-460

### 0 引言

目前,矫正近视的手术方法主要包括角膜屈光手术和眼内屈光手术。准分子手术是通过对角膜进行激光切削,改变角膜曲率,使光线聚焦于视网膜上。近视度数越高,角膜切削量越大。角膜曲率过小或过大、角膜较薄及角膜后表面前突时,均不适合进行准分子手术。此外,准分子手术可引起角膜形态改变,像差增加,影响视觉质量。相比之下,眼内屈光手术具有较大优势,其中有晶状体眼后房型人工晶状体(implantable collamer lens, ICL)植入术具有适用范围更广,无需切削角膜组织,术后眼生理结构完整等优势,其手术效果和安全性已得到广泛证实<sup>[1]</sup>。随着技术的进步,ICL的亲水性和生物相容性都大大提高。ICL具有特殊的双面拱形结构,放置于睫状沟内时既不接触自然晶状体前表面也不接触虹膜后表面,且可以保持ICL后表面与自然晶状体前表面具有一定间隙,避免由于接触到自然晶状体前囊而导致发生白内障。但ICL手术作为眼内屈光手术,仍具有一定的风险。

ICL术后拱高是指ICL光学区后表面中央到自然晶状体前表面的高度,其理想范围是250~750 $\mu\text{m}$ [超声生物显微镜(UBM)/光学相干断层扫描(OCT)测量]<sup>[2]</sup>。过高或过低的拱高均可能引起术后并发症,拱高低于250 $\mu\text{m}$ ,有可能因ICL接触到自然晶状体前囊,改变房水的流动而影响自然晶状体的营养状态,导致前囊膜白内障;拱高高于750 $\mu\text{m}$ 则可能引起前房变浅、房角关闭、角膜内皮损伤、瞳孔阻滞或青光眼等<sup>[3]</sup>。

### 1 影响 ICL 术后拱高的关键因素

ICL直径是决定ICL术后拱高的关键因素。对于同一位患者,选择的ICL直径越大,术后拱高就越高,相反选择的ICL直径越小,拱高就越低。因此,植入的ICL直径大小对术后拱高起决定性作用。目前新款的ICL直径大小有12.1、12.6、13.2、13.7mm四个规格。理想的拱高可有效减少术后并发症的发生,故选择合适型号的ICL是决定ICL植入术成功的关键。选择ICL直径大小的依据包括角膜水平直径即白到白间距(white to white, WTW)、前房深度(anterior chamber depth, ACD)、睫状沟直径(sulcus to sulcus, STS)、水平位前房角直径(horizontal angle to angle, ATA)等,其中最常用的方法是根据角膜水平直径的大小来推算,即通过测量角膜水平直径加上0.5~1.0mm作为选择ICL直径大小的依据。

**1.1 白到白间距** 白到白间距(white to white, WTW)是指角膜3:00~9:00位白到白的距离,临床上常用其表示角

膜水平直径。目前 WTW 测量方法包括人工测量和设备自动测量,常用的手动测量法包括量尺、卡钳式测量器、量规测量等;设备自动测量包括 IOL Master、Orbiscan-Ⅱ眼前节分析仪及其它新型角膜地形图测量等。不同方法测量的 WTW 会产生一定差异,总的来说,设备测量误差小于手动测量误差,而不同设备由于测量原理不同,亦可产生误差。王顺清等<sup>[4]</sup>分析 Orbiscan-Ⅱ眼前节分析仪和 SIRIUS 眼前节分析系统测量的 244 眼的角膜直径发现,测量结果具有较高的一致性,差值的绝对值最大为 0.204mm,在 95% 一致性界限范围外两种测量方法角膜直径最多相差 0.301mm。胡俊等<sup>[5]</sup>利用验光曲率仪、Orbiscan-Ⅱ和 IOL Master 测量 WTW 发现,IOL Master > Orbiscan-Ⅱ > 验光曲率仪,其中 IOL Master 和验光曲率仪测得的结果差值的绝对值最大为 0.80mm,IOL Master 和 Orbiscan-Ⅱ测得的结果差值的绝对值最大为 0.76mm。在李海燕等<sup>[6]</sup>的研究中,应用 Orbiscan 测量 WTW 选择的 ICL 直径(11.82±3.1mm)小于应用 Pentacam 测量选择的 ICL 直径(11.98±3.1mm)。此外,有研究表明 Lenstar 光学生物测量仪、Tomey RC-5000、Topolyzer 角膜地形图在 WTW 测量中具有较好的一致性<sup>[7]</sup>。因此,通过使用不同设备测量 WTW 选择 ICL 直径时,需考虑各设备之间的误差。即使测量准确,在临床中单纯依据 WTW 作为选择 ICL 直径的依据,其预测的准确性同样受到质疑<sup>[8]</sup>。这其中的原因在于,ICL 植入眼内后放置于睫状沟,目前临床上常根据患者不同的前房深度,测量出 WTW 然后加上 0.5 ~ 1.0mm 来估算 STS 从而选择人工晶状体直径。Gao 等<sup>[9]</sup>根据不同前房深度将高度近视患者分为浅前房组(2.8 ~ 3.2mm)、中等前房组(3.2 ~ 3.4mm)、深前房组(>3.4mm),研究发现,随着前房深度的加深,角膜水平直径改变不明显,而 STS 则明显改变,因此认为高度近视眼的角膜水平直径对 STS 的预测准确性随前房加深逐渐下降。所以在选择 ICL 型号时除了依据 WTW 的大小外,还需要参考 ACD,尤其是针对 WTW 临界值时更有意义。

**1.2 前房深度** 前房深度(anterior chamber depth, ACD)是指角膜后面至晶状体前面的距离。在 WTW 相同的情况下,前房越深,选择的 ICL 直径应越长,则术后拱高越大;相反,WTW 偏小和前房较浅的患者,选择的 ICL 直径应越小,术后拱高也会相对较小。有文献报道,ACD 每变化 1mm,可引起 16 $\mu$ m 拱高的变化;WTW 每变化 1mm,可引起 0.238mm 拱高的变化<sup>[10]</sup>。2005 年,美国食品药品监督管理局(Food and Drug Administration, FDA)建议进行 ICL 植入术的患者 ACD $\geq$ 3.0mm,目前多数国外学者要求接受该手术的患者前房深度 $\geq$ 2.8mm,术后可得到很好的视觉效果,安全性较高<sup>[11]</sup>。在 ACD 测量方面,不同设备同样存在一定的误差。陈林江等<sup>[12]</sup>对前节光学相干断层扫描(AS-OCT)和 UBM 测量的 ACD 进行 Meta 分析,结果显示 AS-OCT 和 UBM 在正常人群及原发性闭角型青光眼患者中测得的 ACD 差异无统计学意义,因此可以认为 AS-OCT 和 UBM 在 ACD 测量方面一致性较好。Wang 等<sup>[13]</sup>的研究结果显示,Galilei G2、Visante OCT、Sirius、Pentacam 四种设备测量的 ACD 之间的差异局限在 5% 内,测量结果由高至低依次为 Galilei G2、Visante OCT、Sirius、Pentacam。

Kumar 等<sup>[14]</sup>分别使用 Pentacam (Oculus)、Sirius (CSO)、Orbiscan-Ⅱ z (Bausch and Lomb)、Corvis (Oculus)、ultrasound pachymetry (UP, Tomey) 五种设备测量 46 眼的眼前段相关数据,在对 ACD 的测量中 Orbiscan-Ⅱ z 测量的数值小于 Pentacam、Sirius 测量值,差异均有统计学意义。此外,他们认为 Orbiscan-Ⅱ z 测量的 ACD 值低于正常值;Sirius 测量的 ACD 值大于 Pentacam,但是 Pentacam、Sirius 的测量值仍具有较好的一致性。

**1.3 睫状沟直径** ICL 植入眼内后,位于虹膜后方,自然晶状体的前面,其眼内的稳定性依靠两端的襻固定于睫状沟内。随着全景 UBM 在临床中的应用,有学者提出睫状沟直径(sulcus to sulcus, STS)可作为 ICL 直径选择的依据。Reinstein 等<sup>[15]</sup>的研究表明,通过测量 STS 得出的 ICL 直径,获得的术后拱高优于利用 WTW 得到的 ICL 直径,其研究还发现 WTW 和 STS 无相关性,故认为通过直接测量 STS 来选择 ICL 直径可增加手术的安全性和准确性。Lim 等<sup>[16]</sup>对前房深度>2.8mm 的近视患者 75 例 129 眼的相关数据进行逐步多元回归分析,提出基于 UBM 测量的 STS 推算 ICL 术后拱高的公式,即术后预期拱高( $\mu$ m)=497.63 $\times$ (ICL 直径-STS)(mm)+202.66 $\times$ ICL 直径(mm)-10.03 $\times$ 年龄(岁)+30.14 $\times$ K 值(D)-2997.73,其中 K 值为平均角膜曲率。采用 UBM 测量 STS,单次测量可能造成较大的误差,至少测量 2 次取平均值可减小此类误差<sup>[17]</sup>。此外,由于 STS 垂直直径大于水平直径,且无法确定 ICL 植入的准确位置,可能使利用测量 STS 选择的 ICL 因在眼内的位置差异而导致拱高不同。睫状沟的特殊解剖结构为 ICL 术后旋转提供了可能,术后因 ICL 直径过大引起拱高过高,可将 ICL 向垂直方向旋转以调整拱高而无需进行置换。值得注意的是,合适的直径对于散光型 ICL 植入术更为重要,这样可以减少手术后因 ICL 旋转而导致的术后视力下降。

**1.4 水平位前房角直径** 水平位前房角直径(horizontal angle to angle, ATA)为水平 3:00 ~ 9:00 位前房角间距,其主要通过 AS-OCT 经角膜顶点进行水平测量,扫描方位为 3:00 ~ 9:00 位,扫描获取眼前节剖面图后,利用测量窗口 Chamber 工具进行测量。王晓瑛等<sup>[18]</sup>对 84 眼进行研究发现,使用 Visante OCT 测量的前房角直径比 IOL Master 测量的角膜水平直径长 0.21 $\pm$ 0.19mm;应用 IOL Master 测量 WTW 会产生明显误差,误差甚至可达 0.3 ~ 0.5mm,原因在于 IOL Master 测量时,如果患者处于大瞳孔状态或者注视方向发生偏移,图像显示角膜边缘轮廓,最终影响测量值。而在 Visante OCT 测量中,同样也会出现图像中前房角顶点不易分辨的情况,但 Visante OCT 可通过采集多幅图像来评估,各图像间测量的误差小,吻合性高,可避免此类误差产生。因此,Visante OCT 测量的前房角直径比 IOL Master 测量的角膜水平直径在 ICL 手术中具有更好的应用和指导价值。

## 2 影响 ICL 术后拱高的其它因素

**2.1 调节** 发生调节(accommodation)时,瞳孔收缩,悬韧带松弛,睫状肌收缩,自然晶状体前表面变凸。研究发现,正常成人在 10D 调节下,自然晶状体前凸 400 $\mu$ m,厚度增加 600 $\mu$ m。自然晶状体每向前运动 0.2mm 可产生 6D 调节力,即每产生 1D 调节力自然晶状体向前运动 0.03mm。

Lee 等<sup>[19]</sup>认为调节引起的拱高变化主要在于自然晶状体的前向运动和其厚度的改变。

**2.2 光线刺激** 亮光条件下,光刺激瞳孔收缩,同时诱发自然晶状体前表面曲率调节改变,引起晶状体前表面向前运动;前房与后房压力差改变,伴随瞳孔收缩,虹膜施加于 ICL 的力量增加而引起 ICL 向后运动,最终引起拱高下降<sup>[20]</sup>。董晶等<sup>[21]</sup>应用 Pentacam 和 AS-OCT 测量 ICL 术后患者拱高发现,Pentacam 测得的拱高比 AS-OCT 测得的拱高低  $182.4 \pm 65.3 \mu\text{m}$ ,一致性区间内差值的绝对值最大为  $310.5 \mu\text{m}$ ,一致性欠佳。分析导致差异的原因主要是两种设备测量时的亮度不同所致,Pentacam 为可见光,AS-OCT 为不可见光,亮光情况下瞳孔收缩,暗处瞳孔直径变大。该研究中所测得的拱高与瞳孔直径变化一致,AS-OCT 所测得瞳孔直径均值为  $4.05 \text{mm}$ ,较 Pentacam 所测得瞳孔直径均值  $2.90 \text{mm}$  大,表明不同光线下瞳孔直径大小不同会造成拱高不同。

**2.3 自然晶状体厚度** Jones 等<sup>[22]</sup>研究发现,未发生调节的自然晶状体厚度随年龄增加不断增加,并可以用公式“晶状体厚度 (mm) =  $(3.3100 \pm 0.1000) \text{mm} + (0.0180 \pm 0.0036) \text{mm} \times \text{年龄}(\text{岁})$ ”计算。同时,他们给予 26 位受试者 6.67D 调节,通过磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 观察到晶状体变厚,且前表面变凸,自然晶状体直径变小。在调节状态下晶状体厚度改变的平均值为  $0.050 \pm 0.024 \text{mm/D}$ ,晶状体直径平均变化为  $0.067 \pm 0.030 \text{mm/D}$ 。ICL 植入术后 1a 内,自然晶状体厚度可逐渐增加,1a 后趋于稳定。研究发现,ICL 术后拱高在术后 1a 内逐渐降低,这也和晶状体厚度改变相符,因此被认为是拱高随自然晶状体厚度变化的证据<sup>[23]</sup>。

**2.4 年龄** 有研究表明 ICL 术后拱高与年龄呈负相关,即随着年龄的增长,术后拱高逐渐降低<sup>[24]</sup>,可能的原因是随着年龄的增长,自然晶状体厚度增加,拱高随之降低。

**2.5 屈光状态及屈光度** 远视眼拱高低于近视眼,是因为相对于负透镜而言,正透镜周边部与自然晶状体间有更大的空隙,可以保证房水的循环和营养供给。此外,远视眼前房结构较为拥挤,房角较窄,无法耐受高拱高。Kocová 等<sup>[25]</sup>对高度近视及超高度近视患者进行长达 15a 的研究发现,高度近视患者中央拱高 ( $206.16 \pm 105.94 \mu\text{m}$ ) 高于超高度近视患者中央拱高 ( $195.5 \pm 109.09 \mu\text{m}$ ),原因在于该研究是利用 WTW 选择 ICL 直径,随着屈光度数的增加,眼轴增长,角膜、ACD 及晶状体的曲率发生变化,睫状体萎缩变薄,STS 亦产生明显变化。

**2.6 虹膜压迫** 部分学者认为虹膜压迫可影响拱高,较厚的虹膜会造成较大的前后房压力差,晶状体表面所受压力不等,从而引起拱高的变化。Du 等<sup>[26]</sup>利用 UBM 研究调节对拱高的影响发现,伴随着瞳孔收缩,ICL 被虹膜向后推动,中央区 ICL 和晶状体更接近,但周边区 ICL 与晶状体距离的缩短并不像中心那么明显。但因虹膜结构上各处薄厚不均、生理解剖差异大,使得定量证实拱高与虹膜问题存在一定困难。

**2.7 房角宽度** ICL 植入后置于睫状沟,其襻可能被睫状体支撑,导致房角宽度变窄。随着年龄的增长,睫状肌厚度增加可能引起 ICL 的前向移位,造成晚期 ICL 与自然晶状体位置发生变化,从而导致拱高的变化<sup>[27]</sup>。

**2.8 ICL 在眼内的位置** 术后 ICL 一般处于睫状沟水平  $3:00 \sim 9:00$  位,因 STS 水平方向和垂直方向存在差异,因此无法预料 ICL 植入睫状沟后的长期方位和拱高的变化。

**2.9 时间** Alfonso 等<sup>[28]</sup>对 ICL 术后患者 964 眼进行研究发现,随着时间的变化,低拱高组术后 3~12mo 内,拱高轻度增加,但差异无统计学意义;正常拱高组和高拱高组术后 3mo 后,拱高随着时间的推移逐渐降低,且术前拱高越高,术后降低的值越大;术后 36mo 时,31.7% 眼下降了 1 个拱高等级,5% 下降了 2 个拱高等级,14% 下降了 3 个拱高等级。Lee 等<sup>[29]</sup>对 ICL 术后患者 281 眼进行 5a 的随访发现,随着时间的推移术后拱高逐渐下降。对于这种变化的具体机制,到底是来源于 ICL 植入后的眼内各部分短期内的应激性变化,还是包括自身生理性调节、自然晶状体厚度随时间的变化以及 ICL 相对位置的逐渐改变等各因素长期综合作用,又或者还存在其它原因仍有待进一步研究。

**2.10 前房面积** 前房面积 (anterior chamber area, ACA) 是指沿角膜内皮、虹膜前表面和晶状体前表面形成闭合曲线 (起点和终点汇聚在角膜内皮和虹膜根部的交界处),利用 UBM 检查及相关公式计算得出的值。Zheng 等<sup>[30]</sup>认为 ACA 和晶状体前表面的中心曲率半径 (central curvature radius of the anterior surface of the lens, lenscur) 与拱高存在明显的相关性,并提出“拱高 (mm) =  $1.785 + 0.017 \times \text{ACA} (\text{mm}^2) + 0.051 \times \text{lenscur} (\text{mm}) - 0.203 \times \text{WTW} (\text{mm})$ ”。ACA 受角膜内皮、虹膜前表面和晶状体前表面 3 个参数值的综合影响。多因素分析表明,ACA 在拱高预测方面优于 ACD。

### 3 小结

综上所述,ICL 术后拱高受多种因素的影响,其中决定性因素是 ICL 直径的大小。ICL 直径的选择除了依据角膜的水平直径外,还有必要参考 STS 和 ACD 等参数,尤其在临界值选择时更应注意。同时要了解不同设备测量存在的差异,需要在实际应用中寻找规律,加以修正,以获得最理想的拱高。此外,光线刺激、晶状体厚度、年龄、虹膜压迫、房角宽度、ICL 在眼内的位置、时间等均可对 ICL 术后拱高产生一定影响。所以 ICL 术后最终拱高数值可能是由上述因素综合作用的结果,在术前综合考虑其对拱高的影响有助于减少术后不良事件的发生。

### 参考文献

- Dougherty PJ, Priver T. Refractive outcomes and safety of the implantable collamer lens in young low - to - moderate myopes. *Clin Ophthalmol* 2017;31(11):273-277
- Alfonso JF, Fernández-Vega L, Lisa C, et al. Long-term evaluation of the central vault after phakic Collamer® lens (ICL) implantation using OCT. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2012;250(12):1807-1812
- Gomez-Bastar A, Jaimes M, Graue-Hernández EO, et al. Long term refractive outcomes of posterior chamber phakic (spheric and toric implantable collamer lens) intraocular lens implantation. *Int Ophthalmol* 2014;34(3):583-590
- 王顺清,马可,曾继红. Orbscan II 与 SIRIUS 眼前节分析系统对角膜直径测量的对比分析. *华西医学* 2015;30(20):318-320
- 胡俊,李学喜,林巧雅,等. 不同仪器测量角膜直径和角膜曲率的一致性评价. *眼科新进展* 2012;32(4):372-375
- 李海燕,刘青青,闰慧. 用 Orbscan 和 Pentacam 计算 Visian ICL 直径结果比较. *中国实用眼科杂志* 2014;32(12):1416-1419

- 7 Huang J, Savini G, Su B, *et al.* Comparison of keratometry and white-to-white measurements obtained by Lenstar with those obtained by autokeratometry and corneal topography. *Cont Lens Anterior Eye* 2015;38(5):363-367
- 8 Kawamorita T, Uozato H, Kamiya K, *et al.* Relationship between ciliary sulcus diameter and anterior chamber diameter and corneal diameter. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(4):617-624
- 9 Gao J, Liao RF, Li N. Ciliary sulcus diameters at different anterior chamber depths in highly myopic eyes. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(7):1011-1016
- 10 郭慧青, 盛迅伦, 孙燕, 等. 有晶状体眼后房型人工晶状体植入术后影响拱高的相关因素研究. *宁夏医学杂志* 2015; 37(12): 1106-1109
- 11 Kohnen T, Kook D, Morral M, *et al.* Phakic intraocular lenses: part 2: results and complications. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36(12): 2168-2194
- 12 陈林江, 熊柯, 吴京. 光学相干断层扫描及超声生物显微镜测量眼前房深度的 meta 分析. *南方医科大学学报* 2013;33(10):1533-1537
- 13 Wang Q, Ding X, Savini G, *et al.* Anterior chamber depth measurements using Scheimpflug imaging and optical coherence tomography: Repeatability, reproducibility, and agreement. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(1):178-185
- 14 Kumar M, Shetty R, Jayadev C, *et al.* Repeatability and agreement of five imaging systems for measuring anterior segment parameters in healthy eyes. *Indian J Ophthalmol* 2017;65(4):288-294
- 15 Reinstein DZ, Lovisolo CF, Archer TJ, *et al.* Comparison of postoperative vault height predictability using white-to-white or sulcus diameter-based sizing for the visian implantable collamer lens. *J Refract Surg* 2013;29(1):30-35
- 16 Lim DH, Lee MG, Chung ES, *et al.* Clinical results of posterior chamber phakic intraocular lens implantation in eyes with low anterior chamber depth. *Am J Ophthalmol* 2014;158(3):447-454
- 17 Guber I, Bergin C, Perritaz S, *et al.* Correcting Interdevice Bias of Horizontal White-to-White and Sulcus-to-Sulcus Measures Used for Implantable Collamer Lens Sizing. *Am J Ophthalmol* 2016;161:116-125
- 18 王晓瑛, 卢奕, 汪琳, 等. Visante OCT 测量前房直径与 IOL Master 测量角膜水平直径的比较. *眼视光学杂志* 2009;3(11):171-173
- 19 Lee H, Kang DS, Ha BJ, *et al.* Effect of Accommodation on Vaulting and Movement of Posterior Chamber Phakic Lenses in Eyes With Implantable Collamer Lenses. *Am J Ophthalmol* 2015;160(4):710-716
- 20 Petternel V, Köppl CM, Dejaco - Ruhsurm 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
- 21 董晶, 高晓唯, 胡裕坤, 等. Pentacam 与前节 OCT 测量有晶状体眼后房型人工晶状体植入术后拱高的比较. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2016;18(12):724-728
- 22 Jones CE, Atchison DA, Pope JM. Change in lens dimensions and refractive index with age and accommodation. *Optom Vis Sci* 2007;84(10):990-995
- 23 Lu Y, Yuan N, Li X, *et al.* Four-year Follow-up of the Changes in Anterior Segment After Phakic Collamer Lens Implantation. *Am J Ophthalmol* 2017;178:140-149
- 24 陈昕阳, 王晓瑛, 陈菲菲, 等. 高度近视有晶状体眼后房型人工晶状体植入术后眼前节解剖变化. *中国眼耳鼻喉科杂志* 2014;14(4):230-280
- 25 Kocová H, Vlková E, Michalcová L, *et al.* Implantation of posterior chamber phakic intraocular lens for myopia and hyperopia - long-term clinical outcomes. *J Fr Ophthalmol* 2017;40(3):215-223
- 26 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
- 27 Eissa SA, Sadek SH, El - Deeb MW. Anterior Chamber Angle Evaluation following Phakic Posterior Chamber Collamer Lens with CentraFLOW and Its Correlation with ICL Vault and Intraocular Pressure. *J Ophthalmol* 2016;12(8):1383289
- 28 Alfonso JF, Lisa C, Abdelhamid A, *et al.* Three-year follow-up of subjective vault following myopic implantable collamer lens implantation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2010;248(12):1827-35
- 29 Lee J, Kim Y, Park S, *et al.* Long-term clinical results of posterior chamber phakic intraocular lens implantation to correct myopia. *Clin Exp Ophthalmol* 2016;44(6):481-487
- 30 Zheng QY, Xu W, Liang GL, *et al.* Preoperative Biometric Parameters Predict the Vault after ICL Implantation: A Retrospective Clinical Study. *Ophthalmic Res* 2016;56(4):215-221