

可植入式眼内镜植入术后拱高的影响因素及预测方法研究进展

王静*, 易湘龙#, 王富江, 沙玛丽·哈力木别克, 陈利群

新疆医科大学第一附属医院眼科, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2023年12月4日; 录用日期: 2023年12月28日; 发布日期: 2024年1月8日

摘要

可植入式眼内镜植入术被认为是一种安全有效且稳定的近视矫正手术, 已在全球广泛开展。拱高是人工晶状体后表面到自身晶状体前表面的最大垂直距离, 为评价手术后安全性的重要指标, 过高或过低的拱高均可能引起一系列潜在并发症, 影响术后效果。本文主要以拱高为中心, 对其影响因素及预测方法作一综述, 为选择合适尺寸的人工晶体、提高手术安全性、减少术后并发症提供参考及临床依据。

关键词

可植入式眼内镜, 拱高, 影响因素, 预测方法, 综述

Research Progress on Influencing Factors and Prediction Methods of Vault Following Implantable Collamer Lens Implantation

Jing Wang*, Xianglong Yi#, Fujiang Wang, Shamali·Halimubieke, Liqun Chen

Department of Ophthalmology, The First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

Received: Dec. 4th, 2023; accepted: Dec. 28th, 2023; published: Jan. 8th, 2024

Abstract

Implantable collamer lens (ICL) is considered to be a safe, effective and stable myopia correction, and has been widely used in the world. Vault, the distance between the posterior ICL surface and

*第一作者。

#通讯作者。

anterior crystalline lens surface, which is an important indicator for evaluating the safety after surgery. High or low vault may cause a series of potential complications and affect the postoperative results. With a primary focus on vault, this paper reviews the influencing factors and prediction methods of vault, so as to provide clinical basis for selecting appropriate size intraocular lens, improving surgical safety and reducing postoperative complications.

Keywords

Implantable Collamer Lens, Vault, Influencing Factors, Prediction Methods, Review

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着全球近视患病率不断增加,对屈光手术的需求也在蓬勃发展。可植入式眼内镜(ICL)植入术作为眼内屈光手术的一种,具有减少术后干眼症发生、提高更优的视觉质量、适用于角膜偏薄或形态欠佳、度数较高的近视患者等优势,一项比较飞秒激光小切口微透镜取出术(SMILE)和可植入式眼内镜植入术(ICL V4c)治疗中高度近视的视觉效果和光学质量的 Meta 分析结果显示[1], ICL 不切削角膜,不改变角膜形态及生物力学,角膜平面的有效光学区更大,术后引入的高阶像差更小,术后视觉质量高。对于中高度近视患者来说,与 SMILE 相比, ICL 植入术的安全性更高,术后高阶像差、慧差和球差也更低,其手术良好的安全性、有效性、稳定性已得到广泛证实[2] [3] [4] [5]。

ICL 植入眼内,需要长期随访评估安全性。拱高(即 ICL 后表面与自身晶状体前表面的最大垂直距离)目前被认为是评估术后安全性的重要指标,可以使用各种眼前段成像方法来测量,例如超声生物显微镜、光学相干断层扫描(OCT)和 Pentacam。一般情况下,理想拱高为 250~750 μm 或角膜厚度的 0.5~1.5 倍[6],超过 750 μm 会导致明显的房角闭合、瞳孔阻塞和色素播散,这些都可能导致高眼压或青光眼。相反,拱高小于 250 μm 是前囊下白内障的危险因素,这是由于 ICL 与晶状体接触或干扰晶状体营养所致[7] [8]。如何在术前精准测量各项参数以选择合适大小的 ICL、获得理想拱高、减少术后并发症成为研究热点,本文以围绕拱高为中心,对上述问题及拱高预测方法作一综述。

2. 拱高的主要影响因素

2.1. ICL 尺寸

ICL 尺寸是决定术后拱高的主要因素。目前新型的 V4c (EVO Visian ICL)晶体具有一个 360 μm 中央孔,允许房水从后房流入前房,以维持眼睛前段的正常生理,避免了早期 ICL 植入术前虹膜切开,可有效改善房水循环,提高手术安全性[9]。V4c 具有四个型号: 12.1、12.6、13.2、13.7 mm。有研究者[10]探索了大数据和人工智能算法,用于辅助 EVO ICL 尺寸选择和术后拱高预测,共纳入 6297 只眼,筛选了 18 个特征参数,结果表明, ICL 尺寸是影响拱高最重要的特征参数。ICL 大小的适当选择是其在眼内长期安全和稳定的基石[11]。临床中最常用的测量方法是测量水平白到白间距(white to white, WTW)、前房深度(anterior chamber depth, ACD),根据 ACD 的不同,在 WTW 的基础之上增加 0.5~1.0 mm 作为选择 ICL 尺寸的依据[12]。目前逐渐出现一些替代参数包括测量沟到沟的直径、水平前房角直径、或虹膜色素

端之间的距离。

2.2. 白到白间距

白到白间距代表水平角膜直径。在 ACD 相同的情况下, WTW 越大, 选择的 ICL 尺寸应越大, 则术后拱高越高。其实, 测量 WTW 是为了估算睫状沟到睫状沟(STS), 由于 ICL 的四个脚襻需要放置在睫状沟中, 因此准确 STS 直径对 ICL 大小的选择有重要影响[13]。然而, STS 测量的为接触式, 重复性较差, 而 WTW 的测量常用自动测量仪器(IOLMaster, Orbscan, Pentacam), 为非接触式, 重复性较好[14]。但不同测量仪器的原理不同, 亦可产生误差。Orbscan 和 Pentacam 测量结果相近, 临床上可相互替代[15], IOLMaster 测量结果偏大, 比 Orbscan 测量值平均大 0.32 mm [16]。即使测量准确, 仅依据 WTW 选择 ICL, 所获得的拱高往往并不如预期的理想。研究发现[17], 当 ACD 加深时, WTW 改变不明显, 而 STS 则明显改变, 认为在高度近视眼中, WTW 对 STS 的预测准确性随 ACD 逐渐下降。Chen Xu 等[18]回顾了 429 只眼, 研究 WTW 与 STS 测量差值, 发现对于 WTW 或前房深度超出范围的病例, WTW 和 STS 直径之间的差异较大, 基于 WTW 选择的 ICL 可能与 ICL 植入后拱高不理想相关。总之, 因其具有相对较高的安全性、可操作性和有效性, 目前仍是临床中选择 ICL 尺寸最常用的方法。

2.3. 前房深度

前房深度是指角膜后表面至晶状体前表面的距离[19]。同样作为选择 ICL 尺寸的参数之一, 在 WTW 相同的情况下, ACD 越大, 选择的 ICL 尺寸应越大, 则术后拱高越高; 郭慧青等[20]研究发现, 当 ACD 变化 1 mm 时, 拱高会发生 16 μm 的变化; 而当 WTW 变化 1 mm 时, 拱高会发生 238 μm 的变化。研究显示[21], 术前 ACD 与 ICL 术后早期(3 个月)拱高呈正相关。目前多数国内外专家认为 ACD ≥ 2.8 mm, 术后并发症的发生率降低, 安全性较高。不同设备测量 ACD 同样存在一定的误差。Wan 等[19]比较了三种不同仪器测量 ACD 的结果。结果显示, Pentacam 测量的 ACD 值平均要比 OCT 低 0.07 到 0.2 mm, 并对比了 OCT, Pentacam 和 UBM 在测量 ACD 方面的一致性, OCT 和 Pentacam 的 95%一致性界限是 (0.13~0.38) mm, 而 OCT 和 UBM 的 95%一致性界限是(-0.03~0.33) mm, 因此, 临床实践中不能将 OCT 与 Pentacam 或 UBM 相互替代。

3. 拱高的其他影响因素

3.1. 瞳孔大小

在发生调节或光刺激时, 瞳孔收缩, 虹膜作用于 ICL 的力量增加, 将 ICL 推向自身晶体, 当悬韧带松弛, 睫状肌收缩, 自身晶状体变凸, 晶状体前顶点前移, 引起拱高下降。Lee 等[22]发现每产生 1D 调节力自然晶体向前移动 0.03 mm。Chen 等[23]评估 ICL 植入术后拱高的变化及其与瞳孔大小变化的相关性, 证明瞳孔大小是拱高变化的关键因素。研究发现[24], 拱高受光照强度影响发生动态变化, 明环境下拱高相对偏低, 暗环境下相对偏高, 但其动态变化仍可保持在相对安全的范围之内。董晶等[25]应用 Pentacam 和 AS-OCT 测量 ICL 术后拱高发现, Pentacam 测得的拱高比 AS-OCT 测得的拱高低 182.4 ± 65.3 μm , 一致性欠佳。考虑主要是因为两种仪器测量时的亮度不同所致, Pentacam 相当于强光下的拱高, AS-OCT 更接近自然状态下拱高, 此外, 研究还发现拱高与瞳孔直径变化一致, Pentacam 所测得瞳孔直径比 AS-OCT 测得瞳孔直径小 1.15 mm。以上研究结果提示瞳孔直径与拱高呈正相关关系, 且在测量拱高时应确保光照条件一致, 增加拱高测量值的可比性。

3.2. 晶状体矢高

晶状体矢高(crystalline lens rise, CLR)定义为前房角连线与自身晶状体前极顶点之间的垂直距离。

CLR 越大, ICL 越接近自身晶状体, 拱高越小。CLR 具有个体差异, Gonzalez 等[26]发现 111 例术眼在缩瞳状态下的平均 CLR 为 165 μm , 其中 $\text{CLR} < 0$ 者占 14%, $0 \leq \text{CLR} \leq 200 \text{ m}$ 者占 50%, $200 \text{ m} < \text{CLR} \leq 350 \text{ m}$ 者占 22%, $\text{CLR} > 350 \text{ m}$ 者占 14%。王静等[27]利用 AS-OCT 测量 ICL 术前眼前节参数角膜中央厚度、两虹膜角膜夹角连线、CLR、ACD 及术后 1 年拱高的结果, 发现 CLR 与 ACD、术后 1 年的拱高负相关。Cerpa Manito 等[28]在通过测量眼前节生物学参数, 寻找拱高不良的预测因子的研究中发现, 高 CLR 和低 ICL 等效球镜是低拱高的主要危险因素。上述研究结果说明, 根据较大的 ACD 选择较大 ICL, 而较小的 CLR, 使 ICL 术后拱高也较大。

3.3. ICL 的位置

因垂直 STS 大于水平 STS, ICL 在睫状沟内放置的方向不同, 对拱高会产生一定的影响。研究证明[29], 水平放置的 ICL 拱高显著高于垂直放置的 ICL 拱高。理想情况下, ICL 脚襻应位于睫状沟内, 因术中无法看到虹膜后面的情况, 临床上术后脚襻不一定都位于睫状沟内, 导致实际拱高与预期拱高产生偏差。当 ICL 脚襻由睫状体到睫状沟时, 拱高出现降低。Lee 等[30]发现一般放置在水平位的 ICL, 术后可能会发生向直径较大的垂直方向旋转, 导致拱高下降。Kamiya 等[31]初步研究表明, 经上方角膜切口垂直植入 ICL 术后效果良好, 无明显并发症, 可以减少术后 ICL 旋转的可能性, 也能在不使用环曲面 ICL 的情况下减少顺规散光。

3.4. 虹膜

多项研究发现, 虹膜的各项生理指标对拱高有一定的影响。有学者将虹膜张力定义为: 正常瞳孔和瞳孔散大时拱高的差值, 发现当瞳孔缩小时, 产生的虹膜张力将 CL 推向晶状体, 导致较低的拱高。虹膜张力越大, 并发白内障的几率增加。虹膜的形态有三种类型: 平坦型, 膨隆型, 后凹型。研究发现[32]虹膜形状异常与术后拱高之间的关系, 凹形虹膜表现为低穹顶的风险较高, 凸形虹膜表现为高穹顶的风险较高, 且虹膜凹陷较大是眼球拱高过低的主要危险因素。虹膜跨度短、虹膜-晶状体接触距离和虹膜-睫状体接触距离大可能与术后早期高拱高有关, 虹膜反向膨隆度大则与术后早期低拱高有关[33]。这些发现为临床医生提供了一个关于拱高预测和 ICL 选择的新见解。

3.5. 时间

多项研究表明, 随着时间延长, 拱高具有动态下降的趋势。Qiu Jian Zhu 等[34]在研究术后早期拱高变化时发现, 术后 2 小时到 1 天, 拱顶显著下降, 然后从 1 天到 1 周增加; 但术后 1 月的拱顶仍低于术后 2 小时。Sanchez-Gonzalez 等[35]发现拱高在 ICL 植入术后 1 年下降约 $37.50 \pm 29.10 \mu\text{m}$ 。Jae 等[3]研究结果显示术后 6 月平均拱高为 $562.4 \pm 175.9 \mu\text{m}$, 10 年下降至 $352.9 \pm 171.8 \mu\text{m}$ 。这种变化的具体机制是源于 ICL 植入后眼球各部分的短期应激变化, 还是长期的综合因素(包括自我生理调节、自然晶状体厚度随时间的变化、ICL 相对位置的逐渐变化)或其他原因, 仍需进一步研究。

3.6. 年龄

年龄较大的患者术后拱高较低。研究证实[36], 随着年龄的增加, 晶体增厚, 前房变浅, 睫状肌顶点会前移并且睫状肌厚度也会增加, 这些因素或许会影响 ICL 脚襻附着于后房的位置, 继而影响拱高。TANA 等[37]观察了 40 岁以上的患者植入 ICL V4c 后 1 年的随访结果, 发现其平均拱高为 $(320 \pm 136) \mu\text{m}$, 较理想拱高值偏低, 并且术后拱高在 201~300 μm 范围内的患者占大多数(31.03%)。因此, 对具有相同眼参数和 ICL 尺寸大小的患者, 老年患者的拱高会低于年轻患者。

4. 拱高的预测

拱高作为评价 ICL 手术安全性的重要指标, 如何准确预测成为临床中的一项难题, 即使采用最好的 WTW、STS 和 ACD 测量方法, 仍会出现不理想的拱高, 导致并发症的发生, 大约 2.6% 的患者需要再次干预[38], 因此, 预测术后拱高具有一定的临床价值。

4.1. 机器学习技术

最新的研究发现[39], 在获得理想的 ICL 拱高和选择最佳的 ICL 尺寸方面, 机器学习技术比传统的 nomogram 预测图具有优势。Yang Shen 等[10]通过 8 个经典机器学习模型进行训练和测试, 以预测拱高和 ICL 尺寸, 其中 ICL 尺寸是影响拱高最重要的特征参数, 机器学习模型中 Random Forest、XGBoost 和 Gradient Boosting 对 ICL 尺寸预测都很有价值。

4.2. 公式

CASIA OCT 是 AS-OCT 的一种, 不仅能测量眼前节参数, 还提供了两种拱高预测公式, 即 NK 和 KS 公式, 可用于预测 ICL 拱高和选择最佳 ICL 尺寸。NK 公式[39]计算方法为: $ICL \text{ 尺寸} = 4.575 + 0.688 \times ACW + 0.388 \times CLR$, ACW (anterior chamber width 前房宽度)指的是鼻侧和颞侧的巩膜突之间的距离, $ICL \text{ 拱高} = 0.5 + 1.1 \times (\text{植入 ICL 尺寸} - \text{使用 NK 公式时 ICL 最佳大小})$, KS 公式[40]的计算方法为: $\text{预测 ICL 拱高}(\mu\text{m}) = 660.9 \times [\text{ICL 尺寸}(\text{mm}) - \text{ATA}(\text{mm})] + 86.62$ 。厉斌等[41]探讨 NK 和 KS 公式预测拱高一致性研究中发现, NK、KS 公式在术后早期和术后 1 周的实际拱高值一致性最高。NK 公式能比较准确地预测术后拱高实际值, 且在术后早期预测拱高方面要优于 KS 公式。

4.3. 仪器

RESCAN 700 是集成了 LUEMRA 显微镜平台和 OCT 的最新一代手术显微镜, 可用于在手术过程中实时观察 OCT 图像, Guan 等[42]研究在术中使用 RESCAN 700 显微镜实时测量拱高, 以预测术后拱高, 结果显示有 4% 的眼睛拱高超出了理想范围, 术中和术后拱高有 $90 \mu\text{m}$ 的差异, 与以往的研究结果相似[43], RESCAN 700 可以预测术后 1 月的拱高。

5. 结语

ICL 植入术因其良好的视力和屈光效果, 在各种屈光不正的患者中越来越受欢迎。拱高作为评估术后安全性指标, 其准确预测和测量尤为重要。拱高受多种因素的影响, 其中主要因素是 ICL 尺寸。选择 ICL 尺寸不仅依据 WTW 和 ACD, 瞳孔大小、晶状体矢高、ICL 在眼内的位置、时间、年龄等均可对拱高产生一定影响, 尤其在临界值选择时更应注意, 术前需综合考虑上述因素对拱高的影响, 有助于减少术后并发症。目前有关拱高的预测有术前和术中多种方式, 需要在未来的研究中进一步验证。

参考文献

- [1] Chen, D., Zhao, X., Chou, Y., *et al.* (2022) Comparison of Visual Outcomes and Optical Quality of Femtosecond Laser-Assisted SMILE and Visian Implantable Collamer Lens (ICL V4c) Implantation for Moderate to High Myopia: A Meta-Analysis. *Journal of Refractive Surgery*, **38**, 332-338. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20220411-01>
- [2] Nakamura, T., Isogai, N., Kojima, T., Yoshida, Y. and Sugiyama, Y. (2019) Posterior Chamber Phakic Intraocular Lens Implantation for the Correction of Myopia and Myopic Astigmatism: A Retrospective 10-Year Follow-Up Study. *American Journal of Ophthalmology*, **206**, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2019.04.024>
- [3] Choi, J.H., Lim, D.H., Nam, S.W., Yang, C.M., Chung, E.S. and Chung, T.Y. (2019) Ten-Year Clinical Outcomes after Implantation of a Posterior Chamber Phakic Intraocular Lens for Myopia. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, **45**, 1555-1561. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2019.06.015>

- [4] Niu, L., Miao, H., Tian, M., *et al.* (2020) One-Year Visual Outcomes and Optical Quality of Femtosecond Laser Small Incision Lenticule Extraction and Visian Implantable Collamer Lens (ICL V4c) Implantation for High Myopia. *Acta Ophthalmologica*, **98**, e662-e667. <https://doi.org/10.1111/aos.14344>
- [5] Qin, Q., Bao, L., Yang, L., *et al.* (2019) Comparison of Visual Quality after EVO-ICL Implantation and SMILE to Select the Appropriate Surgical Method for High Myopia. *BMC Ophthalmology*, **19**, Article No. 21. <https://doi.org/10.1186/s12886-019-1029-x>
- [6] Kato, S., Shimizu, K. and Igarashi, A. (2020) Assessment of Low-Vault Cases with an Implantable Collamer Lens. *PLOS ONE*, **15**, e0241814. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241814>
- [7] Schmidinger, G., Lackner, B., Pieh, S., *et al.* (2010) Long-Term Changes in Posterior Chamber Phakic Intraocular Collamer Lens Vaulting in Myopic Patients. *Ophthalmology*, **117**, 1506-1511. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2009.12.013>
- [8] Steinwender, G., Varna-Tigka, K., Shajari, M., *et al.* (2017) Anterior Subcapsular Cataract Caused by Forceful Irrigation during Implantation of a Posterior Chamber Phakic Intraocular Lens with a Central Hole. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, **43**, 969-974. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2017.03.045>
- [9] Alfonso, J.F., Fernández-Vega-Cueto, L., Alfonso-Bartolozzi, B., *et al.* (2019) Five-Year Follow-Up of Correction of Myopia: Posterior Chamber Phakic Intraocular Lens with a Central Port Design. *Journal of Refractive Surgery*, **35**, 169-176. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20190118-01>
- [10] Shen, Y., Wang, L., Jian, W., *et al.* (2023) Big-Data and Artificial-Intelligence-Assisted Vault Prediction and EVO-ICL Size Selection for Myopia Correction. *British Journal of Ophthalmology*, **107**, 201-206. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2021-319618>
- [11] Trancón, A.S., Manito, S.C., Sierra, O.T., *et al.* (2020) Determining Vault Size in Implantable Collamer Lenses: Preoperative Anatomy and Lens Parameters. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, **46**, 728-736. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.000000000000146>
- [12] Packer, M. (2016) Meta-Analysis and Review: Effectiveness, Safety, and Central Port Design of the Intraocular Collamer Lens. *Clinical Ophthalmology*, **10**, 1059-1077. <https://doi.org/10.2147/OPHT.S111620>
- [13] Zhang, X., Chen, X., Wang, X., *et al.* (2018) Analysis of Intraocular Positions of Posterior Implantable Collamer Lens by Full-Scale Ultrasound Biomicroscopy. *BMC Ophthalmology*, **18**, Article No. 114. <https://doi.org/10.1186/s12886-018-0783-5>
- [14] Guber, I., Bergin, C., Perritaz, S., *et al.* (2016) Correcting Interdevice Bias of Horizontal White-to-White and Sulcus-to-Sulcus Measures Used for Implantable Collamer Lens Sizing. *American Journal of Ophthalmology*, **161**, 116-125.e1. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2015.09.037>
- [15] Salouti, R., Nowroozadeh, M.H., Zamani, M., *et al.* (2013) Comparison of Horizontal Corneal Diameter Measurements Using the Orbscan IIz and Pentacam HR Systems. *Cornea*, **32**, 1460-1464. <https://doi.org/10.1097/ICO.0b013e3182a40786>
- [16] Kohnen, T., Thomala, M.C., Cichocki, M., *et al.* (2006) Internal Anterior Chamber Diameter Using Optical Coherence Tomography Compared with White-to-White Distances Using Automated Measurements. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, **32**, 1809-1813. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2006.08.023>
- [17] Gao, J., Liao, R.F. and Li, N. (2013) Ciliary Sulcus Diameters at Different Anterior Chamber Depths in Highly Myopic Eyes. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, **39**, 1011-1016. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.01.040>
- [18] Chen, X., Han, T., Zhao, W., *et al.* (2021) Effect of the Difference between the White-to-White and Sulcus-to-Sulcus on Vault and the Related Factors after ICL Implantation. *Ophthalmology and Therapy*, **10**, 947-955. <https://doi.org/10.1007/s40123-021-00386-7>
- [19] Wan, T., Yin, H., Yang, Y., *et al.* (2019) Comparative Study of Anterior Segment Measurements Using 3 Different Instruments in Myopic Patients after ICL Implantation. *BMC Ophthalmology*, **19**, Article No. 182. <https://doi.org/10.1186/s12886-019-1194-y>
- [20] 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[J]. 宁夏医学杂志, 2015, 37(12): 1106-1109.
- [21] 庄棕茗, 左慧懿, 谭少健. V4c 型带中心孔植入式晶状体植入术后早期拱高的变化及其与术前前房深度的相关性分析[J]. 广西医学, 2021, 43(8): 957-961.
- [22] Lee, H., Kang, D.S., Ha, B.J., *et al.* (2015) Effect of Accommodation on Vaulting and Movement of Posterior Chamber Phakic Lenses in Eyes with Implantable Collamer Lenses. *American Journal of Ophthalmology*, **160**, 710-716.e1. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2015.07.014>
- [23] Chen, X., Miao, H., Naidu, R.K., *et al.* (2016) Comparison of Early Changes in and Factors Affecting Vault Following Posterior Chamber Phakic Implantable Collamer Lens Implantation without and with a Central Hole (ICL V4 and ICL V4c). *BMC Ophthalmology*, **16**, Article No. 161. <https://doi.org/10.1186/s12886-016-0336-8>

- [24] Kumar, M., Shetty, R., Jayadev, C., *et al.* (2017) Repeatability and Agreement of Five Imaging Systems for Measuring Anterior Segment Parameters in Healthy Eyes. *Indian Journal of Ophthalmology*, **65**, 288-294. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_729_16
- [25] 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[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2016, 18(12): 724-728.
- [26] Gonzalez-Lopez, F., Bilbao-Calabuig, R., Mompean, B., *et al.* (2019) Determining the Potential Role of Crystalline Lens Rise in Vaulting in Posterior Chamber Phakic Collamer Lens Surgery for Correction of Myopia. *Journal of Refractive Surgery*, **35**, 177-183. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20190204-01>
- [27] 王静, 汪卓赞, 徐婷, 等. 晶状体矢高对有晶状体眼后房型人工晶状体植入术后拱高的影响[J]. 国际眼科杂志, 2021, 21(2): 377-381.
- [28] Cerpa Manito, S., Sánchez Trancón, A., Torrado Sierra, O., *et al.* (2021) Biometric and ICL-Related Risk Factors Associated to Sub-Optimal Vaults in Eyes Implanted with Implantable Collamer Lenses. *Eye and Vision (London)*, **8**, Article No. 26. <https://doi.org/10.1186/s40662-021-00250-6>
- [29] Kim, B.K. and Chung, Y.T. (2022) Clinical Results of Visian Implantable Collamer Lens Implantation According to Various Sizes and Implantation Angles. *European Journal of Ophthalmology*, **32**, 2041-2050. <https://doi.org/10.1177/11206721211033468>
- [30] Lee, H., Kang, D., Choi, J.Y., *et al.* (2018) Rotational Stability and Visual Outcomes of V4c Toric Phakic Intraocular Lenses. *Journal of Refractive Surgery*, **34**, 489-496. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20180521-01>
- [31] Kamiya, K., Ando, W., Hayakawa, H., *et al.* (2022) Vertically Fixated Posterior Chamber Phakic Intraocular Lens Implantation through a Superior Corneal Incision. *Ophthalmology and Therapy*, **11**, 701-710. <https://doi.org/10.1007/s40123-022-00470-6>
- [32] Yang, Z., Meng, L., Zhao, X., *et al.* (2022) Clinical Prediction of Inadequate Vault in Eyes with Thick Lens after Implantable Collamer Lens Implantation Using Iris Morphology. *Frontiers in Medicine (Lausanne)*, **9**, Article ID: 906433. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.906433>
- [33] Khan, M.A., Tan, Q., Sun, W., *et al.* (2022) Prediction of Excessively Low Vault after Implantable Collamer Lens Implantation Using Iris Morphology. *Frontiers in Medicine (Lausanne)*, **9**, Article ID: 1029350. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.1029350>
- [34] Zhu, Q.J., Chen, W.J., Zhu, W.J., *et al.* (2021) Short-Term Changes in and Preoperative Factors Affecting Vaulting after Posterior Chamber Phakic Implantable Collamer Lens Implantation. *BMC Ophthalmology*, **21**, Article No. 199. <https://doi.org/10.1186/s12886-021-01963-x>
- [35] Sánchez-González, J.M., Alonso-Aliste, F., Perea-Peña, G., *et al.* (2020) Anterior Chamber Angle Width, Central Vault and Intraocular Pressure Changes after 12 Months of Visian Collamer Lens Implantation. *International Ophthalmology*, **40**, 2047-2053. <https://doi.org/10.1007/s10792-020-01381-w>
- [36] Atchison, D.A., Markwell, E.L., Kasthurirangan, S., *et al.* (2008) Age-Related Changes in Optical and Biometric Characteristics of Emmetropic Eyes. *Journal of Visualization*, **8**, Article No. 29. <https://doi.org/10.1167/8.4.29>
- [37] Tañá-Rivero, P., Pastor-Pascual, F., Crespo, M., *et al.* (2020) Posterior-Chamber Phakic Intraocular Lens Implantation in Patients over 40 Years of Age. *Journal of Ophthalmology*, **2020**, Article ID: 7457902. <https://doi.org/10.1155/2020/7457902>
- [38] Zheng, Q.Y., Xu, W., Liang, G.L., *et al.* (2016) Preoperative Biometric Parameters Predict the Vault after ICL Implantation: A Retrospective Clinical Study. *Ophthalmic Research*, **56**, 215-221. <https://doi.org/10.1159/000446185>
- [39] Ando, W., Kamiya, K., Hayakawa, H., *et al.* (2020) Comparison of Phakic Intraocular Lens Vault Using Conventional Nomogram and Prediction Formulas. *Journal of Clinical Medicine*, **9**, Article No. 4090. <https://doi.org/10.3390/jcm9124090>
- [40] Nakamura, T., Isogai, N., Kojima, T., *et al.* (2018) Implantable Collamer Lens Sizing Method Based on Swept-Source Anterior Segment Optical Coherence Tomography. *American Journal of Ophthalmology*, **187**, 99-107. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2017.12.015>
- [41] 厉斌, 方学军, 吴德, 等. 基于NK公式和KS公式预测ICL术后早期拱高的一致性研究[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2021, 35(6): 33-41.
- [42] Guan, N., Zhang, X.N. and Zhang, W.J. (2022) Correlation between Intraoperative and Postoperative Vaulting of the EVO Implantable Collamer Lens: A Retrospective Study of Real-Time Observations of Vaulting Using the RESCAN 700 System. *BMC Ophthalmology*, **22**, Article No. 2. <https://doi.org/10.1186/s12886-021-02237-2>
- [43] Torbey, J., Mehanna, C.J., Abdul Fattah, M., *et al.* (2020) Comparison of Intraoperative vs Postoperative Optical Coherence Tomography Measurement of Implantable Collamer Lens Vaulting. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, **46**, 737-741. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000119>