

有晶状体眼后房型人工晶状体植入治疗屈光不正的研究进展

李兰建^{1,2}, 徐帆¹, 吕健^{1,2}, 李凤媚¹, 曾思明¹

引用:李兰建,徐帆,吕健,等.有晶状体眼后房型人工晶状体植入治疗屈光不正的研究进展.国际眼科杂志 2021;21(1):75-79

作者单位:¹(530021)中国广西壮族自治区南宁市,广西壮族自治区人民医院眼科;²(530021)中国广西壮族自治区南宁市,广西医科大学

作者简介:李兰建,男,在读硕士研究生,研究方向:白内障及屈光不正的诊治。

通讯作者:曾思明,男,教授,主任医师,硕士研究生导师,研究方向:白内障及屈光不正的诊治。gxeye@126.com

收稿日期:2020-03-25 修回日期:2020-12-08

摘要

屈光不正(refractive errors)是常见的眼科疾病,可以通过配镜、激光屈光手术等方法为患者进行矫正,但是这些方法对高度屈光不正、圆锥角膜等疾病的治疗有一定的局限性。有晶状体眼后房型人工晶状体(ICL)植入术是矫正屈光不正的主要方式之一,目前主要应用于矫正高度近视和散光,为探讨 ICL 植入术矫正低、中、高度近视及远视等的安全性和有效性,本文将会对 ICL 植入术矫正屈光不正的研究进展进行综述。

关键词:有晶状体眼人工晶状体;屈光不正;有效性;安全性;并发症

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2021.1.15

Progress of posterior chamber implantable collamer lens implantation for the treatment of refractive errors

Lan-Jian Li^{1,2}, Fan Xu¹, Jian Lyu^{1,2}, Feng-Mei Li¹, Si-Ming Zeng¹

¹Department of Ophthalmology, People's Hospital of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530021, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China; ²Guangxi Medical University, Nanning 530021, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China

Correspondence to:Si-Ming Zeng. Department of Ophthalmology, People's Hospital of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530021, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China. gxeye@126.com

Received:2020-03-25 Accepted:2020-12-08

Abstract

• Refractive errors are a common ophthalmic disease, which can be corrected by wearing glasses, laser refractive surgery and so on. However, there are some

limitations of these methods for treating high myopia, keratoconus, etc. The implantation of the posterior chamber implantable collamer lens (ICL) is one of the most common surgery for correcting refractive errors (mainly apply to high myopia and astigmatism). This study aim to explore the safety and effectiveness of implanting ICL to correct low to moderate and high myopia or hyperopia. This review will summarize the research progress of implanting ICL to correct refractive errors.

• **KEYWORDS:** implantable collamer lens; refractive errors; efficacy; safety; complications

Citation:Li LJ, Xu F, Lyu J, et al. Progress of posterior chamber implantable collamer lens implantation for the treatment of refractive errors. *Guoji Yanke Zazhi(Int Eye Sci)* 2021;21(1):75-79

0 引言

屈光不正是造成视力下降的常见原因之一,据相关研究显示,从 2000/2050 年全球全年龄段人群的近视和高度近视患病率将逐年上涨,预计在 2050 年全球近视患病率将达到 49.8%,高度近视患者的全球患病率将达到 9.8%^[1]。有晶状体眼后房型人工晶状体(implantable collamer lens,ICL)植入术是矫正屈光不正的主要方式之一,与激光屈光手术相比较而言,ICL 植入术是一种可逆的手术方式,保留了角膜的完整性及晶状体的调节功能,不仅在高度屈光不正的情况下更为安全,而且使光学成像最接近真实物像,获得更真实的视觉效果。近年来,ICL 与散光型人工晶状体(Toric implantable collamer lens, TICL)已经被证明是矫正屈光不正的有效办法^[2]。但植入人工晶状体后可能会发生角膜内皮细胞丢失、前囊下白内障、继发性青光眼等并发症^[3-4],为探讨 ICL 植入的安全性及有效性,本文将会对 ICL 植入术矫正屈光不正的研究进展进行综述。

1 ICL 的发展历程

瑞士 STAAR 公司在 1993 年研发出了一种甲基丙烯酸羟乙基酯和猪胶原蛋白的共聚物,其表面可以黏附一层纤维蛋白,抑制白细胞的黏附,并且依靠电荷排斥反应防止蛋白质黏附在晶状体上,他们将其命名为 collamer,并以此研制出一种可植入眼内的人工晶状体(ICL)^[5-7]。最初的 V0 整体较为平整,V1 增加了晶状体襻脚,V2 增加了识别正反面的标记,V3 扩大了光学区,V4 在此基础上增加了拱高,但有研究发现植入 V3 与 V4 术后的拱高并没有显著的差异,而且仍有不可忽视的并发症发生率^[8-11],为了降低并发症发生的风险,STAAR 公司研制出 V4c 型人工晶状体,V4c 光学区有一个大小为 360 μ m 的中央孔,可促进房水自由流动,并且不影响术后的视觉质量。目前,

最新研发出的 ICL 型号为 V5,它拥有更大的光学区及更宽的矫正范围,虽然 ICL V5 未在我国普遍使用,但已有国外文献报道 V5 型 ICL 在减少夜间视干扰方面可能更有优势^[12]。

2 ICL 植入术的适应证和禁忌证

2.1 适应证 ICL 植入的适应证广泛,目前主要应用于矫正近视、散光、远视、屈光参差及圆锥角膜等所导致的屈光不正,但患者须满足以下条件^[5,7]:(1)患者本人要求通过 ICL 手术改善屈光状态;(2)年龄 21~45 岁;(3)屈光度数相对稳定(连续 2a 每年屈光度数变化 $\leq 0.50D$);(4)矫正范围为球镜度数 $-0.50D$ 以上;(5)前房深度 $\geq 2.80mm$,周边房角 $\geq 30^\circ$;(6)角膜内皮细胞计数 $>2\ 000/mm^2$ 。

2.2 禁忌证 (1)存在眼部活动性病变或感染;(2)重度干眼;(3)眼压 $>21mmHg$ 、房角结构异常或未控制的青光眼;(4)晶状体结构或位置异常;(5)严重眼底疾病;(6)存在全身缔结组织疾病、自身免疫性疾病或糖尿病;(7)存在严重心理、精神疾病^[7]。

3 ICL 植入术的临床疗效

3.1 近视和散光 近年来 ICL V4c 被广泛应用于矫正高度近视和散光,ICL 植入与角膜激光屈光手术的临床疗效对比备受关注,Niu 等^[13]报道了 ICL V4c 植入与飞秒激光屈光手术矫正高度近视的疗效对比的研究,在随访 1a 的过程中,ICL 组患者均没有发生影响视力的并发症,安全指数(术后矫正视力/术前矫正视力)为 1.11 ± 0.15 ,疗效指数(术后裸眼视力/术前矫正视力)为 1.06 ± 0.15 ,与飞秒激光手术组相似,且所有使用 TICL 的患者术后散光均 $\leq 0.5D$,说明 ICL 植入术对矫正高度近视及散光方面具有良好的安全性和有效性,TICL 与飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(small incision lenticule extraction,SMILE)的矫正效果相当^[2]。Rizk 等^[14]通过研究 ICL 植入术后 1a 的安全指数、有效指数与对比敏感度,同样证实了 ICL 植入对高度近视具有良好的矫正效果。即使对于超高度近视的患者,术后远、中、近视力也可得到明显提高^[15]。为了探究长期疗效,Chen 等^[16]经过 3a 的随访,发现 ICL 植入的患者安全指数与有效指数均高于准分子激光手术患者,且术后球差、彗差及总高阶像差均低于准分子激光手术组,这与 2019 年 Tang^[17]对 ICL 治疗中高度近视的疗效所进行的一项 Meta 分析得出的结论一致,ICL 植入术保留了角膜完整性,在矫正高度近视和散光中有着明显的优势。

角膜激光屈光手术需要切削角膜组织,对于角膜偏薄的患者,角膜屈光手术风险较高,ICL 植入术为眼内屈光手术,不受角膜厚度的限制,保留了眼球的完整性,逐渐被更多的低中度近视患者接受^[18-19]。为了探讨 ICL 植入术对治疗低中度近视的疗效,Kamiya 等^[20]对 351 眼进行为期 1a 的随访,发现 98%低中度近视眼与 99%的高度近视眼术后视力均达目标矫正视力(1.0),仅在高度近视眼组中出现 2 眼(0.7%)行 ICL 置换术,所有患者均未发生过影响视力的并发症,表明 ICL 植入术对低中度近视的临床疗效与高度近视基本相当。此外,Dougherty^[21]对 ICL 植入的 104 只低至中度近视眼进行平均 13mo 的随访,在最后一次随访时平均球镜度数为 $0.08\pm 0.01D$,患者满意度较高,表明对于低中度近视患者,ICL 同样具有良好的安全性与有效性,这一结论在国内也得到证实^[18-19]。ICL V4c 植入术前无须行激光虹膜周切术,不切削角膜组织,最大

程度地保留了眼球的完整性,并且对角膜高阶像差的影响较小,对低、中、高度近视和散光均有着良好的安全性、有效性和可预测性,已经成为了屈光手术的主要方式之一。

ICL V5 的出现,提升了患者的术后满意度,Kojima 等^[12]对同一患者的双眼分别植入 V4c 和 V5 型号进行矫正,但并未告知患者 V5 型号植入的眼别,比较了同一患者不同眼别的疗效,两组均显示出高疗效、安全性和可预测性,且 37%患者主观感觉有光差异感,使用 V5 型号的眼睛夜间可以看得更好,说明在减少夜视干扰方面 V5 型 ICL 可能更有优势。

3.2 远视 与近视相比,远视屈光不正的手术矫正难度更大,当远视度数 $>4D$ 时,激光角膜屈光手术的可预测性并不理想^[22]。有部分患者选择行 SMILE 来源的角膜基质透镜植入来矫正远视,但 Reinstein 等^[23-25]学者研究发现,该手术方式治疗远视短期效果稳定,远期效果还未可知,这与国内张晶等^[26]学者的研究结论一致,并且该手术方式需要供体和受体同期移植,使手术效果的不确定性风险增加。

相比较而言,ICL 植入术只需完善数据测量,选择合适晶状体便可手术,不受供体限制。Coskunseven 等^[27]对 ICL 植入矫正远视散光的疗效进行研究,患者术前平均等效球镜为 $6.86\pm 1.77D$,柱镜为 $-1.44\pm 0.88D$,术后 1a 平均等效球镜降至 $0.46\pm 0.89D$,柱镜降至 $-0.61\pm 0.46D$,裸眼视力从术前的 0.15 ± 0.11 提高到 0.74 ± 0.25 ,术后 1a 拱高也在理想范围内,未出现影响视力的并发症,远视 ICL 为凸面镜,虽然可能有拱高偏低的风险,但与近视研究相比,远视 ICL 与近视 ICL 植入术后拱高无显著差异^[10,27],提示 ICL 植入术是矫正远视屈光不正的有效、安全的方法,可为患者提供稳定的屈光效果。在长期随访过程中,Kocová 和 Benda 等也证实了 ICL 植入矫正远视屈光不正具有明显优势^[10,28-29]。既往的研究显示,ICL 术后视网膜脱离均出现在高度近视患者,这可能与高度近视患者本身就易发生视网膜脱离相关,远视患者并发症的发生率较低,表现出了良好的安全性^[30-32]。

3.3 圆锥角膜 圆锥角膜(keratoconus)是一种以角膜扩张为特征,可致角膜中央部向前凸出呈圆锥形及产生高度近视、散光 and 不同视力损害的原发性角膜变形疾病^[33],稳定的圆锥角膜患者往往追求更好的屈光状态,2019 年 Emerah 等^[34]报道了他们对稳定的圆锥角膜患者植入 TICL 后的疗效研究,发现患者在术后 6mo 裸眼视力明显提高,球镜及柱镜度数较术前明显降低,未发生术中及术后并发症,提示对于稳定的圆锥角膜,TICL 植入也有良好的疗效。此外,Ramin 等^[35]对圆锥角膜植入 ICL 的患者进行 4a 的随访,发现患者的裸眼视力和最佳矫正视力均明显改善,球镜和散光值均明显降低,TICL 组表现出比角膜基质环组更好的稳定性与可预测性。即使对于已经接受过角膜基质环与角膜交联术治疗过的圆锥角膜患者,在矫正残留屈光不正、提高视力方面,TICL 仍然表现出了良好的效果^[36-37]。对于角膜移植术后的患者,Akay 等^[38]应用 TICL 为患者进行屈光矫正,患者术后视力由 0.15 提升至 0.8,在随访 1a 中,无影响视力的并发症发生,TICL 表现出良好的临床疗效,这与 Iovieno 等^[39]的研究结果相符。根据目前的研究结果,ICL 植入可用于矫正稳定的圆锥角膜造成的屈光不正,但对角膜移植术后进行屈光矫正的报道并不多见,其可预测性和安全性有待进一步研究。

4 并发症

4.1 晶状体前囊下混浊与白内障 ICL 植入后位于虹膜与晶状体之间,术中不规范的手术操作可能会直接损伤晶状体导致术源性白内障的发生。若术后拱高偏低,则可能发生 ICL 与自然晶状体接触,也可能影响房水的水流动力学,使自然晶状体的营养代谢紊乱,最终形成白内障^[3]。Choi 等^[40]对 ICL 植入的患者进行长期的随访观察,10a 后有 12.1% 患者出现晶状体混浊,他们发现晶状体混浊组与透明晶状体组的术后 6mo 拱高无显著差异,但在术后 4a 随访时,晶状体混浊的术眼平均拱高明显低于透明晶状体的术眼,此外,出现晶状体混浊的均为 30 岁以上和近视度数较高的患者,说明术前年龄越大、近视度数越高或 ICL 拱高越低的患者晶状体混浊的发生率越高。Gimbel 等^[3]对 ICL 植入的 1 653 只近视眼进行回顾性研究,其中仅 46 眼发生晶状体混浊需要进行白内障摘除术,并且发现低拱高更常见于前房深度较浅和年龄较大的患者,近视度数越高的患者不仅自身晶状体更厚,而且需要使用的 ICL 边缘也更厚,这也导致了拱高的偏低,但总体而言 ICL 植入的白内障发生率并不高^[41-42],即使少数患者发生了有临床意义的白内障,也可通过手术将 ICL 取出,并行白内障手术治疗。

4.2 高眼压和青光眼 ICL V4c 拥有 1 个直径为 360 μm 的中央孔,从流体力学的角度分析,中央孔可较理想地增加房水流速,有利于前后房的沟通^[43],即使如此,ICL 植入仍有可能引起眼压的变化,而眼压的波动又易导致青光眼的发生^[44]。Navarrete 等^[45]为 ICL V4c 植入的患者进行术前及术后 3mo 的眼压及夜间眼压曲线测定,发现患者术前眼压为 14.6 \pm 3.7mmHg,术后为 14.6 \pm 2.7mmHg,术前夜间眼压波动为 3.35 \pm 2mmHg,术后为 3.0 \pm 2.2mmHg,两项指标术前和术后的差异均无统计学意义,即使在 6.6% (2 眼) 的术眼出现了拱高偏高的情况 (大于 1 000 μm),也并未出现瞳孔阻滞及青光眼的发生。Fernández-Vega-Cueto 等^[46]经过术后 3a 的随访,发现患者的眼压、角膜内皮细胞数及拱高均在正常范围内,ICL 表现出了良好的安全性。Senthil 等^[47]发现 ICL 术后高血压发生率为 4.85%,青光眼发生率为 0.3%,引起眼压升高的主要原因是激素性高眼压,其次是黏弹性和瞳孔阻滞,提示术中彻底清除黏弹剂非常重要,对于 ICL 植入的高度近视患者,激素的敏感性可能更高,术后激素滴眼液的应用需更加谨慎。ICL 植入术后后房相对拥挤,可能导致 ICL 与虹膜后表面发生摩擦引起虹膜色素播散,引起眼压升高形成色素播散性青光眼^[48],在 Řeháková 等^[49]对 63 眼的研究中,仅 1 眼出现了虹膜色素播散,但并没有引起眼压升高和青光眼,合适直径的 ICL 较少发生色素播散。Chanbour 等^[50]报道了 1 例 ICL V4c 植入后出现恶性青光眼的病例,其病因与在 Senthil 等^[47]的研究中的 1 例恶性青光眼的原因相同,他们在术中均使用了缩瞳剂,高度近视患者悬韧带松弛,术中眼压发生变化,可导致玻璃体向前移,进而晶状体-虹膜隔向前移,前房变浅,房角关闭,使用缩瞳剂后睫状体收缩,晶状体悬韧带进一步放松,容易导致睫状环阻滞,房水向玻璃体后引流,造成恶性循环,患者出现恶性青光眼与术中使用缩瞳剂相关,应尽量避免术中使用缩瞳剂。

4.3 角膜内皮细胞丢失 角膜内皮细胞在维持角膜代谢、角膜透明性方面起着重要作用^[51],角膜内皮细胞大量丢

失会影响角膜的营养状态和透明度,并且造成严重的视力损害。Chen 等^[52]报道了 ICL V4c 植入的患者术后 1a 的角膜密度及内皮细胞密度测定,发现从术前到术后 1a,角膜密度、眼压和内皮细胞密度变化均不显著。此外,Shaaban^[53]对虹膜固定型的硬性晶状体、软性晶状体及 ICL 进行为期 3a 的角膜内皮细胞观察研究,发现术后 3mo ICL 的内皮细胞丢失率为 3.5%,术后 3a 内皮细胞丢失率为 13.4%,均明显低于其他两种晶状体,提示早期角膜内皮细胞丢失可能与手术损伤相关,而植入的人工晶状体的材料也可能是角膜内皮细胞长期持续丢失的因素。既往有学者发现正常眼的角膜内皮细胞下降率为每年 0.24%~0.6%,30 岁以后下降趋势更为明显^[54-58],角膜内皮细胞的丢失虽然与年龄增长相关,但 ICL 植入也是角膜内皮细胞丢失的因素之一,因此,术前应严格遵循 ICL 植入的条件,患者应拥有足够的角膜内皮细胞数和前房深度。

4.4 眩光和光晕 ICL V4c 光学区的中央孔可能会使患者受到眩光的干扰,尤其是当一个较强的光源在视野范围内时,光晕会更加明显,对患者的夜间视力造成一定影响,Zhu 等^[59]研究发现,ICL 植入后患者瞳孔对光反射的收缩幅度及速度均有所降低,可能与 ICL 接触虹膜后表面导致瞳孔运动障碍相关,为明确因中央孔所产生的光晕对患者视觉质量的影响,Chen 等^[60]对植入 ICL 的 42 眼进行研究,发现术后光晕的大小与瞳孔直径显著相关,瞳孔对光反射时,瞳孔直径越小的患者出现的光晕越小,并且光晕会在术后短期内明显减小。此外,Martínez-Plaza 等^[61]的研究显示即使 ICL 的中央孔不在瞳孔正中,也不影响患者的视力及对对比敏感度,但有可能会影响患者对强光的适应时间。

4.5 ICL 旋转 ICL 植入后由于各种原因发生旋转或移位,会影响患者的视力及视觉质量,甚至引起并发症的发生,良好的矫正效果不仅要求精确的植入位置,还需要有良好的旋转稳定性,尤其是对于矫正散光的 TICL,在 Lee 等^[62]的研究中,ICL 植入后 6mo 发生了平均 3.87 \pm 3.07 $^\circ$ 的旋转,患者散光有轻微的欠矫 (-0.2D),但总体的疗效指数与安全指数均比较理想,提示 ICL 有良好的术后旋转稳定性,与 Park 等^[63]的研究结论一致,即使少部分因各种原因造成的 ICL 旋转导致视力明显下降的患者,也可为其行 ICL 调位术^[64]。

4.6 眼前段毒性综合征 眼前段毒性综合征 (toxic anterior segment syndrome, TASS) 是一种严重的无菌性炎症,可引起视力严重下降,通常出现在白内障术后的 12~24h 内^[65]。Singh 等^[66]报道了 1 例 ICL 植入术后第 1d 出现 TASS,这可能是前房残留有清洗外科器械所用的药剂或防腐剂所导致的,但具体病因无法确定。2019 年朱秋健等^[67]报道了 1 例有晶状体眼后房型人工晶状体 (posterior chamber phakic refractive lens, PRL) 植入术后发生 TASS 的病例,患者在植入 PRL 42d 后出现视力严重下降,结膜充血,角膜水肿,房水闪烁,瞳孔区可见纤维渗出,有轻微玻璃体混浊和黄斑水肿,考虑为迟发性 TASS。以上 2 例患者经糖皮质激素及抗生素治疗后视力恢复良好,TASS 的确切致病因素目前无法确定,可能与前房残留药剂、手术操作和晶状体材质等相关,应在术中彻底清除前房药物、尽可能少的扰动前房结构,术后应密切观察患者病情变化。

4.7 眼底改变 袁幽等^[68-69]发现高度近视患者行 ICL 术

后黄斑旁中心凹厚度在术后 1wk, 1mo 时明显增加, 黄斑中心凹子区厚度在术后 1mo 时少量增加, 节细胞-内丛状层厚度也有明显增加, 而黄斑区厚度的改变可能会与日后黄斑水肿的形成相关, 但 1mo 之后未发现黄斑区厚度有明显的变化, 这提示 ICL 植入术并不会增加远期黄斑水肿形成的风险, 但仍需要密切关注。He 等^[70]对高度近视患者植入 ICL 后的脉络膜厚度进行观察, 研究发现术后 2h 脉络膜明显增厚, 3mo 时达到峰值, 超高度近视组的患者较高度近视组患者的增加程度更为显著, 这可能与术后炎症介质增加及血管通透性增加相关, 并且睫状肌与脉络膜共同参与眼睛的调节, 睫状肌的收缩力可能传递到脉络膜, 而脉络膜的厚度变化可能与机械牵拉相关, 提示 ICL 术后应进行定期随访。

5 总结

随着屈光手术的发展, 越来越多的手术方式呈现在人们面前, ICL 植入术已经得到广泛应用, 经过大量临床研究证明, ICL 植入术治疗低、中、高度屈光不正均有良好的安全性及有效性, 即使对超高度近视、圆锥角膜等患者, 也展现出其优势, 并且最大程度地保留了眼球结构的完整性。目前, ICL V5 已经逐渐在临床中使用, 它拥有更宽的矫正范围和更大的光学区面积, 在改善患者夜间视觉质量方面可能有着更好的效果, 但仍然可能会引起并发症的发生, 在将来的研究中希望能够进一步完善 ICL 的材质、形状、手术方式等, 以保证更好的治疗效果, 尽可能地减少并发症发生的风险。

参考文献

- 董彦会. 2000-2050 年全球近视和高度近视的患病率及趋势研究. 中华预防医学杂志 2017;51(4):294
- Moshirfar M, Somani AN, Motlagh MN, et al. Comparison of FDA-Reported Visual and Refractive Outcomes of the Toric ICL Lens, SMILE, and Topography-Guided LASIK for the Correction of Myopia and Myopic Astigmatism. *J Refract Surg* 2019;35:699-706
- Gimbel HV, LeClair BM, Jabo B. Incidence of implantable Collamer lens-induced cataract. *Can J Ophthalmol* 2018;53:518-522
- 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
- Price MO. Evaluation of the toric implantable collamer lens for simultaneous treatment of myopia and astigmatism. *Expert Rev Med Devices* 2015;12:25-39
- 骆丹艳, 杨亚波. 有晶状体眼人工晶状体的研究进展. 国际眼科纵览 2015;39(2):78-83
- 陈珣, 王晓瑛. 有晶状体眼后房型人工晶状体植入术的发展. 中国眼耳鼻喉科杂志 2016;16(2):125-129, 134
- Convers M, Bornet C. Implantable contact lens for moderate to high myopia: relationship of vaulting to cataract formation. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:918-924
- Kocová H, Vlková E, Michalcová L, et al. Incidence of cataract following implantation of a posterior-chamber phakic lens ICL (Implantable Collamer Lens)-long-term results. *Cesk Slov Ophthalmol* 2017;73(3):87-93
- Kocová H, Vlková E, Michalcová L. Implantation of posterior chamber phakic intraocular lens for myopia and hyperopia - long-term clinical outcomes. *J Fr Ophthalmol* 2017;40:215-223
- Moya T, Javaloy J, Montés-Micó R, et al. Implantable Collamer Lens for Myopia: Assessment 12 Years After Implantation. *J Refract Surg* 2015;31:548-556
- Kojima T, Kitazawa Y, Nakamura T, et al. Prospective Randomized Multicenter Comparison of the Clinical Outcomes of V4c and V5

- Implantable Collamer Lenses: A Contralateral Eye Study. *J Ophthalmol* 2018;2018:7623829
- Niu L, Miao H, Tian M, et al. 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 Ophthalmol* 2020;98(6):e662-e667
- Rizk IM, Al-Hessy AA, El-Khouly SE. Visual performance after implantation of two types of phakic foldable intraocular lenses for correction of high myopia. *Int J Ophthalmol* 2019;12:284-290
- 周妍妍, 郑晓龙. ICL V4 c 矫正超高度近视术后视觉质量的短期观察. 国际眼科杂志 2015;15(9):1615-1617
- Chen X, Guo L, Han T, et al. Contralateral eye comparison of the long-term visual quality and stability between implantable collamer lens and laser refractive surgery for myopia. *Acta Ophthalmol* 2019;97:e471-e478
- Tang Y. Phakic Posterior Chamber Intraocular Lens with a Central Hole in Treating Patients with Moderate to High Myopia: A Meta-Analysis. *J Ophthalmol* 2019;2019:9496326
- 李泽斌, 孙康, 毕伍牧, 等. 中央孔型有晶状体眼后房型 IOL 植入术治疗中低度近视. 国际眼科杂志 2019;19(8):1442-1444
- 李春燕, 孙同, 潘秉鸿, 等. 中央孔型有晶状体眼后房型人工晶状体植入术矫正低中度近视的观察. 中华眼外伤职业眼病杂志 2018;40(8):570-573
- Kamiya K, Shimizu K, Igarashi A, et al. Posterior chamber phakic intraocular lens implantation: comparative, multicentre study in 351 eyes with low-to-moderate or high myopia. *Br J Ophthalmol* 2018;102:177-181
- Dougherty PJ. Refractive outcomes and safety of the implantable collamer lens in young low-to-moderate myopes. *Clin Ophthalmol* 2017;11:273-277
- Demir G, Sucu ME, Yildirim Y, et al. Long-term assessment of visual and refractive outcomes of laser *in situ* keratomileusis for hyperopia using the AMARIS 750S Excimer laser. *J Fr Ophthalmol* 2019;42:703-710
- Reinstein DZ, Pradhan KR, Carp GI, et al. Small Incision Lenticule Extraction for Hyperopia: 3-Month Refractive and Visual Outcomes. *J Refract Surg* 2019;35:24-30
- Pradhan KR, Reinstein DZ, Carp GI, et al. Small Incision Lenticule Extraction (SMILE) for Hyperopia: 12-Month Refractive and Visual Outcomes. *J Refract Surg* 2019;35:442-450
- Wang Y, Ma J. Future Developments in SMILE: Higher Degree of Myopia and Hyperopia. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)* 2019;8(5):412-416
- 张晶, 翟长斌, 郑燕, 等. 全飞秒激光角膜基质透镜植入术矫治中高度远视的一年随访研究. 中华实验眼科杂志 2018;36(5):355-359
- Coskunseven E, Kavadarli I, Sahin O, et al. Refractive Outcomes of 20 Eyes Undergoing ICL Implantation for Correction of Hyperopic Astigmatism. *J Refract Surg* 2017;33:604-609
- Alfonso JF, Baamonde B, Belda-Salmerón L, et al. Collagen copolymer posterior chamber phakic intraocular lens for hyperopia correction: three-year follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(10):1519
- Benda F, Filipová L, Filipec M. Correction of moderate to high hyperopia with an implantable collamer lens: medium-term results. *J Refract Surg* 2014;30(8):526-533
- 陈晓, 周奇志. 有晶状体眼后房型人工晶状体植入联合角膜激光手术矫正超高度近视的临床观察. 中国实用眼科杂志 2017;35(11):1071-1076
- Kumar A, Padhy SK, Dhiman R, et al. Macular hole following phakic

- intraocular lens implantation and its management. *Indian J Ophthalmol* 2019;67:1758–1760
- 32 Alshamrani AA. Phakic intraocular lens implantation for the correction of hyperopia. *J Cataract Refract Surg* 2019;45:1503–1511
- 33 中华医学会眼科学分会角膜病学组. 中国圆锥角膜诊断和治疗专家共识(2019年). *中华眼科杂志* 2019;55(12):891–895
- 34 Emerah SH, Sabry MM, Saad HA, et al. Visual and refractive outcomes of posterior chamber phakic IOL in stable keratoconus. *Int J Ophthalmol* 2019;12:840–843
- 35 Ramin S, Sangin Abadi A, Doroodgar F, et al. Comparison of Visual, Refractive and Aberration Measurements of INTACS versus Toric ICL Lens Implantation; A Four-year Follow-up. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol* 2018;7:32–39
- 36 He C, Joergensen JS, Knorz MC, et al. Three-Step Treatment of Keratoconus and Post-LASIK Ectasia; Implantation of ICRS, Corneal Cross-linking, and Implantation of Toric Posterior Chamber Phakic IOLs. *J Refract Surg* 2020;36:104–109
- 37 Abdelmassih Y, El-Khoury S, Chelala E, et al. Toric ICL Implantation After Sequential Intracorneal Ring Segments Implantation and Corneal Cross-linking in Keratoconus; 2-Year Follow-up. *J Refract Surg* 2017;33:610–616
- 38 Akcay L, Kaplan AT, Kandemir B, et al. Toric intraocular Collamer lens for high myopic astigmatism after penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:2161–2163
- 39 Iovieno A, Guglielmetti S, Capuano V, et al. Correction of postkeratoplasty ametropia in keratoconus patients using a toric implantable Collamer lens. *Eur J Ophthalmol* 2013;23:361–367
- 40 Choi JH, Lim DH, Nam SW, et al. Ten-year clinical outcomes after implantation of a posterior chamber phakic intraocular lens for myopia. *J Cataract Refract Surg* 2019;45:1555–1561
- 41 Nakamura T, Isogai N, Kojima T, et al. Posterior Chamber Phakic Intraocular Lens Implantation for the Correction of Myopia and Myopic Astigmatism; A Retrospective 10-Year Follow-up Study. *Am J Ophthalmol* 2019;206:1–10
- 42 Sachdev G. Long-term safety of posterior chamber implantable phakic contact lens for the correction of myopia. *Clin Ophthalmol* 2019;13:137–142
- 43 Kawamorita T, Shimizu K. Effect of hole size on fluid dynamics of a posterior-chamber phakic intraocular lens with a central perforation by using computational fluid dynamics. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2016;254:739–744
- 44 Jiang X, Torres M, Varma R. Variation in Intraocular Pressure and the Risk of Developing Open-Angle Glaucoma: The Los Angeles Latino Eye Study. *Am J Ophthalmol* 2018;188:51–59
- 45 Navarrete Argüello J, Bello López Portillo H, Cantero Vergara MA, et al. Intraocular pressure fluctuations in patients implanted with an implantable collamer lens (ICL V4c). Three-month follow-up. *Arch Soc Esp Ophthalmol* 2019;94:367–376
- 46 Fernández-Vega-Cueto L, Lisa C, Esteve-Taboada JJ, et al. Implantable collamer lens with central hole; 3-year follow-up. *Clin Ophthalmol* 2018;12:2015–2029
- 47 Senthil S, Choudhari NS, Vaddavalli PK, et al. Etiology and Management of Raised Intraocular Pressure following Posterior Chamber Phakic Intraocular Lens Implantation in Myopic Eyes. *PLoS One* 2016;11:e0165469
- 48 Ye C, Patel CK, Momont AC. Advanced pigment dispersion glaucoma secondary to phakic intraocular collamer lens implant. *Am J Ophthalmol Case Rep* 2018;10:65–67
- 49 Řeháková T, Velická V, Rozsival P. Correction of Myopia and Myopic Astigmatism by Implantation of a Phakic Posterior Chamber Implantable Collamer Lens. *Cesk Slov Ophthalmol* 2019;74:147–152
- 50 Chanbour WA, Cherfan CG, Jarade EF. Unilateral Malignant Glaucoma Postbilateral Implantable Collamer Lens: Effect of Miotics. *Middle East Afr J Ophthalmol* 2019;26:181–183
- 51 Tekin K, Sekeroglu MA, Kiziltoprak H, et al. Corneal Densitometry in Healthy Corneas and Its Correlation With Endothelial Morphometry. *Cornea* 2017;36(11):1336–1342
- 52 Chen X, Shen Y, Xu H, et al. One-year natural course of corneal densitometry in high myopic patients after implantation of an implantable collamer lens (model V4c). *BMC Ophthalmol* 2020;20:50
- 53 Shaaban YM. Three-Year Effect of Phakic Intraocular Lenses on the Corneal Endothelial Cell Density. *Clin Ophthalmol* 2020;14:149–155
- 54 Hashemian MN, Moghimi S, Fard MA, et al. Corneal endothelial cell density and morphology in normal Iranian eyes. *BMC Ophthalmol* 2006;6:9
- 55 Niederer RL, Perumal D, Sherwin T, et al. Age-related differences in the normal human cornea; a laser scanning *in vivo* confocal microscopy study. *Br J Ophthalmol* 2007;91(9):1165–1169
- 56 Islam QU, Saeed MK. Age related changes in corneal morphological characteristics of healthy Pakistani eyes. *Saudi J Ophthalmol* 2017;31:86–90
- 57 Yunliang S, Yuqiang H, Ying-Peng L, et al. Corneal endothelial cell density and morphology in healthy Chinese eyes. *Cornea* 2007;26:130–132
- 58 郝军生, 杜连涛, 贾绍友. 角膜的年龄相关变化. *国际眼科纵览* 2019;43(3):151–156
- 59 Zhu Y, He T, Zhu H, et al. Static and dynamic pupillary characteristics in high myopic eyes with two implantable collamer lenses. *J Cataract Refract Surg* 2019;45:946–951
- 60 Chen X, Han T, Zhao F, et al. Evaluation of Disk Halo Size after Implantation of a Collamer Lens with a Central Hole (ICL V4c). *J Ophthalmol* 2019;2019:7174913
- 61 Martínez-Plaza E, López-Miguel A, Fernández I, et al. Effect of central hole location in phakic intraocular lenses on visual function under progressive headlight glare sources. *J Cataract Refract Surg* 2019;45:1591–1596
- 62 Lee H, Kang DSY, Choi JY, et al. Rotational Stability and Visual Outcomes of V4c Toric Phakic Intraocular Lenses. *J Refract Surg* 2018;34:489–496
- 63 Park MJ, Jeon HM, Lee KH. Comparison of postoperative optical quality according to the degree of decentering of V4c implantable collamer lens. *Int J Ophthalmol* 2017;10:619–623
- 64 李妍, 王从毅, 吴利安, 等. T-ICL矫正高度近视合并散光术后反复旋转1例. *临床眼科杂志* 2019;27(4):367–368
- 65 郭娟. 人工晶状体植入术后并发眼前节毒性综合征. *国际眼科杂志* 2014;14(9):1683–1685
- 66 Singh A, Gupta N, Kumar V, et al. Toxic anterior segment syndrome following phakic posterior chamber IOL: a rarity. *BMJ Case Rep* 2018;11(1):bcr2018225806
- 67 朱秋健, 宋鄂, 余鹏, 等. PRL植入术后迟发性眼前节毒性综合征一例. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2019;21(11):874–876
- 68 袁幽, 朱秋健, 王梦雨, 等. ICL植入术后黄斑区节细胞-内丛状层及视网膜厚度的变化. *国际眼科杂志* 2019;19(8):1419–1423
- 69 袁幽, 朱秋健, 余鹏, 等. 有晶体眼后房型人工晶体植入术后黄斑区厚度的变化. *现代实用医学* 2019;31(7):904–906
- 70 He F, Yang J, Jia R. Evaluation of changes in choroidal thickness after surgical implantation of collamer lens in patients with different degrees of high myopia. *Exp Ther Med* 2019;18:2599–2607