

# 老视矫正型人工晶状体原理及临床应用新进展

杨琬舒, 耿宇, 赵剑峰, 李燕

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (No. 81560160)

作者单位: (650032) 中国云南省昆明市, 昆明医科大学第一附属医院眼科

作者简介: 杨琬舒, 在读硕士研究生, 研究方向: 白内障、眼底病。

通讯作者: 李燕, 博士, 主任医师, 博士研究生导师, 眼科主任, 研究方向: 白内障、眼底病. cross\_fit7@163.com

收稿日期: 2017-01-14 修回日期: 2017-03-29

## Principles and progress in applications of presbyopia-correcting intraocular lens

Liu-Shu Yang, Yu Geng, Jian-Feng Zhao, Yan Li

Foundation item: Natural Science Foundation of China (No. 81560160)

Department of Ophthalmology, First Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650032, Yunnan Province, China

Correspondence to: Yan Li. Department of Ophthalmology, First Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650032, Yunnan Province, China. cross\_fit7@163.com

Received: 2017-01-14 Accepted: 2017-03-29

### Abstract

• As cataract surgery has developed from the simple vision rehabilitation surgery into a more challenging refractive surgery, more and more people wish to improve vision and take off glasses through surgeries. Monofocal intraocular lens can solve the distant vision problem of patients, but near vision patients still need to wear glasses due to the loss of crystal regulation. Hence, presbyopia correction intraocular lens emerged accordingly. In the past decades, we have found and endeavored to solve the problems accompanied in the application of bifocal intraocular lens. On the bifocal basis, some newly-produced and extensively-applied presbyopia correction intraocular lens in the market have become hot products. Presbyopia correction is still a huge challenge for cataract surgery, and this paper will summarize the design principles and clinical application effects of some popular types of presbyopia correction intraocular lens.

• KEYWORDS: presbyopia correction; trifocal; extended range of vision; intraocular lens; cataract; visual quality

Citation: Yang LS, Geng Y, Zhao JF, et al. Principles and progress in applications of presbyopia-correcting intraocular lens. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2017;17(5):876-880

### 摘要

白内障手术已从简单的复明手术发展成为更具挑战的屈光手术, 手术需求者希望通过手术提高视力并摘掉眼镜, 单焦点人工晶状体虽能解决患者视远问题却无法解决脱镜问题, 由此老视矫正型人工晶状体应运而生。在双焦点人工晶状体的基础上, 目前市场上新产生的几款老视矫正型人工晶状体成为了热门。本文将综述目前临床应用广泛的几款老视矫正型人工晶状体的设计原理及临床应用效果。

关键词: 老视矫正; 三焦点; 连续视程; 人工晶状体; 白内障; 视觉质量

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2017.5.18

引用: 杨琬舒, 耿宇, 赵剑峰, 等. 老视矫正型人工晶状体原理及临床应用新进展. *国际眼科杂志* 2017;17(5):876-880

### 0 引言

超声乳化联合人工晶状体植入使得白内障手术更加精细化, 手术目标不再只是为患者摘掉混浊的晶状体使其能够看清, 而是获取更佳近、中、远距离视力。随着患者期望的增高, 屈光因素的控制变得尤为重要, 新的技术不仅能为手术提供更好的近、中、远距离视力, 根据患者眼球状态矫正散光、老视、近视、远视, 摆脱眼镜困扰, 这就是目前临床上使用的老视矫正型 IOL 相对传统 IOL 的优势所在。

### 1 老视的定义

正常眼的晶状体具有弹性, 视近时, 睫状肌收缩, 悬韧带松弛, 晶状体由于本身的弹性变凸, 但随着年龄增长, 晶状体弹性减弱, 故产生视近困难, 也就是老视。老视是最常见的屈光不正, 目前影响全球约 20 亿人, 预计到 2020 年将会上升为 21 亿人<sup>[1-2]</sup>, 随着人口老龄化, 必然导致老视矫正需求的增多, 如果年轻时为正视眼, 那么从 40~50 岁开始出现老视症状<sup>[3]</sup>。虽然目前还没有一种完美的方法能恢复眼的调节力, 但临床上已取得一些成果, 目前矫正老视有两种方法, 一种为晶状体手术, 另一种为角膜屈光手术。有研究者对行准分子激光老视矫正手术和晶状体置换手术的老视患者进行研究, 结果发现 55 岁以上的老视患者更适合行晶状体置换术<sup>[4]</sup>。

### 2 老视矫正型人工晶状体简介

老视矫正型 IOL 不仅能在治疗白内障的同时矫正老视也可专用于老视矫正, 其主要两大发展方向: 多焦点 IOL (multifocal IOL, MIOL) 和可调节 IOL (accommodative IOL, AIOL)。

2.1 多焦点人工晶状体 MIOL 是随着白内障手术的发展而出现的, 利用光的衍射和折射原理设计而成, 主要分 3 类: 衍射型 (diffractive MIOL, DMIOL)、折射型 (refractive MIOL, RMIOL)、折射衍射混合型 (hybrid MIOL, HMIOL)。

目前用于老视矫正的新型 IOL 主要有: AcrySof IQ PanOptix、AT LISA tri 839M 和 FineVision 三种三焦点 IOL 以及 Symphony、the Mini WELL 这两种连续视程 IOL (extended range of vision, ERV IOL)。

**2.1.1 三焦点 IOL** 我们临床过去应用二十多年的多焦点 IOL 本质上是双焦点 IOL, 第一枚被美国 FDA 应用于临床试验的 MIOL 为博士伦公司的 NuVue 型 RMIOL, 2 区带分别提供远、近视力。通过美国 FDA 认证的第一枚多焦点 IOL 于 1997 年诞生, 为美国 AMO 公司研发的 Array 5 区带 RMIOL, ReZoom 为第二代 RMIOL, 2005 年应用于临床。第一枚 DMIOI 是 Alcon 公司生产的 3M 晶状体, 命名为 ReSTOR, 2005 年获得 FDA 认证, 目前的 AcrySof IQ ReSTOR IOL 的非球面折衍结合设计可以消除像差, 可在之前版本的 IOL 基础上获得更好的视觉质量。AcrySof IQ ReSTOR Toric IOL 首先应用于欧洲, 除了具有折衍结合双焦点 IOL 的特征以外, 附加 +3.00D 近视力, 能更好地提高近、中程视力, 并同时能在一定程度上矫正散光。Alcon 公司研发的新款 AcrySof IQ PanOptix 三焦点 IOL 于 2015 年获得欧洲 CE 认证<sup>[5]</sup>, PanOptix IOL 为疏水非球面衍射型黄片设计, 可滤过 UV 及蓝光, 中央 4.5mm 全光学面衍射设计使其成像不依赖瞳孔大小, 近距离附加 +3.25D, 中距离附加 +2.17D。

Acri. LISA 366D 多焦点非球面 IOL 为德国 ZEISS 公司生产的一片式四瓣 IOL, 6.00mm 的光学部分为 49 个衍射折射交替结合区, 采用双焦、双凸、像差校正及 SMP-平滑微相位技术, 后表面的衍射环过渡区采用纳米雕刻技术, 这种设计是为了减少光线的散射, 降低炫光的发生率, 附加 +3.75D 屈光度, 成像不依赖瞳孔大小。AT LISA 809M 在 366D 的基础上进行了优化。ZEISS 公司新推出了 AT LISA tri 839M 三焦点 IOL, 预装一片式方瓣设计, 材料为带疏水性表面的亲水性丙烯酸 (25%), 6mm 光学区采用非球面折衍结合设计, 中央 4.34mm 为三焦点区域, 4.34~6mm 区间为传统双焦点设计, +3.33D 近视力补偿和 +1.66D 中间视力补偿, 瞳孔直径 4.5mm 时光能分布为远 (50%)、中 (20%)、近 (3%)、配合专用推进器, 手术切口仅 1.8mm。

目前应用于欧洲市场的 FineVision 三焦点人工晶状体 6.15mm 直径的光学区前表面采用全光学面衍射设计, 两个重叠的衍射区域 (一个区域用于远、近距离, 一个用于远、中距离), 后表面为非球面设计, 当瞳孔大小为 3mm 时, 光线能量分布为 43% 用于远程视力, 28% 用于近视力, 15% 用于中间视力, 14% 光能损耗, 该晶状体材料使用亲水性丙烯酸酯 (25%), 黄色晶状体设计可阻挡 UV 及蓝光, 附加 +3.50D 近视力补偿及 +1.75D 补偿中间视力。2014 年一项对 198 例植入 FineVision IOL 的多中心研究发现其能提供良好的近、中、远视力<sup>[6]</sup>, 其结论和 Lesieur<sup>[7]</sup> 观点相同。随后 Kretz 等<sup>[8]</sup> 通过研究也认为 FineVision 能提供良好的全程视力, 平均视敏度高于 0.2LogMAR, 相较于传统的双焦点 IOL 有更高的脱镜率。晶状体稳定性方面, Marques 等<sup>[9]</sup> 研究认为术后 1a 的对比敏感度、色差、不良视觉现象与 1mo 时无统计学差异 ( $P > 0.05$ ), 且全程视力佳。Acriva Reviol Tri-ED 为一片式疏水衍射型三焦点黄片设计, 通过特殊技术增加焦深, 光学面直径 6.0mm, 光能分布为远 (44%)、中 (28%)、近 (28%), 附加 +3.00D 近视力补偿, +1.50D 补偿中间视力。

**2.1.2 连续视程人工晶状体** AMO 公司生产的 Tecnis 系列 IOL, 全光学衍射后表面使得成像不依赖瞳孔大小, 前表面利用特殊波阵面非球面设计, 较球面 IOL 可获得更高的对比敏感度。2016 年雅培公司于中国发布 Tecnis Symphony“新无极”连续视程 IOL, 为国内首款 ERV IOL, 该款 IOL 光学面直径 6.00mm, 可阻挡 UV, 疏水性丙烯酸酯材料制成, 双凸面设计, 前表面延续 Tecnis 系列设计, 后表面专利 Echelette 衍射光栅设计引入了新的光衍射模式, 相比 MIOL 衍射技术把光线分散到 2 或 3 个焦点, Echelette 衍射光栅设计通过优化衍射阶梯宽度、高度和轮廓, 提供不同区域光线的相长干涉, 达到焦点的延长 (enhance depth of focal, EDOF), 也就是通过共振使得景深扩展, 除此以外还通过提高 IOL 阿贝系数方法减小色差。Cochener 等<sup>[10]</sup> 对 Symphony IOL 进行了多中心临床研究, 411 例患者双眼植入 Symphony IOL, 随访 4~6mo, 分为 Symphony 组和单眼视组, 结果发现 Symphony 组 (299 例) 和单眼视组 (112 例) 的平均裸眼远、中、近距离视力分别为 0.95、0.81、0.69, 单眼视组较 Symphony 组脱镜率更高, 90% 以上的患者未出现或仅有轻微不良视觉现象。Kaymak 等<sup>[11]</sup> 对植入 3mo 后的视敏度和残留屈光度进行了多中心回顾性研究, 认为 Symphony IOL 可提供良好的远、中距离视力。The Mini WELL (SIFI Medtech, Catania, Italy) 也是一款 ERV IOL, 渐进衍射型多焦点非球面设计, 可滤过紫外光, 光学面 3 个环形区, 附加 +3.00D 近视力, 通过延长焦深来达到预设的全程视力<sup>[12]</sup>。

**2.2 可调节人工晶状体** 单光学面 AIOL 在临床应用较多, 独特的可伸缩攀使其光学部随着睫状肌的收缩而前后移动, 进而产生调节力。除了单光学面 AIOL, 双光学面 AIOL、变形调节 AIOL 成为 AIOL 发展的新方向, 大量的动物实验及临床研究正在进行<sup>[13]</sup>。目前应用于临床的 AIOL 主要有 Synchrony AIOL、Tetraflex AIOL、1-CU AIOL 等。当下 AIOL 面临的主要难题是由于囊袋钙化和收缩引起的调节力变小或调节力不稳定, 以及 IOL 有效位置的不稳定所导致 C 常数难以设定<sup>[14]</sup>。面对这些问题研究者们正积极解决, 有人提出可根据患者眼球解剖结构、年龄来预测晶状体有效位置以及通过预测角膜屈光的方式来减小 AIOL 术后的屈光误差<sup>[15]</sup>。在针对老视矫正方面, AIOL 暂未成为国内临床应用中的主流。

### 3 老视矫正型人工晶状体视觉质量分析

临床研究结果显示 AcrySof IQ PanOptix、AT LISA tri 839M、FineVision、Symphony、the Mini WELL 这几款老视矫正 IOL 均可获得良好的全程视力及较高的满意度<sup>[16-26]</sup>, 现从以下几方面对这几款 IOL 进行对比。

**3.1 离焦曲线** 离焦曲线 (defocus curve, DFC) 是被国际认可的一种能在标准条件下有效评估植入的多焦点 IOL 或调节 IOL 全程视力的方法, 也就是不同距离的视力表现。附加的镜片度数为横坐标, 视力作为纵坐标, 描记出来的曲线就是 DFC。Lindstrom 等<sup>[2]</sup> 对三焦点、双焦点、单焦点 IOL 进行对比, 测量矫正残余屈光不正, 发现多焦点设计的 IOL 在 -3.00 ~ +1.00D 的视力水平平均高于 0.3LogMAR。当 0.00D 时, 也就是远距离视力, LISA tri 和单焦点 IOL 表现更佳; -1.50D (中距离) LISA tri 要优于其他 IOL, FinVision 三焦点 IOL 和 ReSTOR 双焦 IOL 在中距离视力无差异。-2.50D (近视力) 多焦点 IOL DFC 表现均明显好于单焦组, 双焦和三焦 IOL 之间无统计学差异, 与之

前研究结果相符<sup>[27]</sup>。离焦曲线显示 LISA tri 从 0 ~ -3.00D, 出现两个明显的峰值, 对应远、近焦点, 整个曲线走形类似于 FineVision IOL<sup>[20]</sup>。FineVision IOL<sup>[28]</sup> +1.00 ~ -2.50D 区间的整体视力表现良好, 明视觉和暗视觉出现显著差异在 -1.50D, 尽管如此, 研究表明双眼植入 FineVision 仍能提供良好的全程视力<sup>[29]</sup>。对于 Symphony 这种 ERV IOL 的全程视力相较于单焦 IOL 如何? 国外也有相关研究, 术后 3mo 随访结果显示 Symphony 较 Tecnis ZCB00 单焦点 IOL 在全程视力均表现更佳<sup>[30]</sup>。The Mini WELL 渐进多焦点 IOL 较 Symphony 在 4.5mm 瞳孔直径下拥有更好的视觉质量, 全程视力上有更好的离焦耐受性<sup>[12]</sup>。目前尚无 Symphony 与双焦、三焦 IOL 关于 DFC 的对比研究。

**3.2 对比敏感度** 对比敏感度 (contrast sensitivity, CS) 在视野、暗适应、视力等人类生活不可或缺的视觉要素中扮演重要角色。一般情况下我们常用视力来评估视功能, 但视力测量时使用的视标处于高对比度状态, 视力结果只能粗略估计真实生活状态的视功能, 日常办公、面部识别、交通信号灯的鉴别等日常活动多处于中等或较低的对比度状态<sup>[31]</sup>, 这就是为什么有的患者有不错的视力, 但却始终抱怨视觉不佳。CS 受 IOL 材质、附加近视力、远近焦点光能分布等多种因素的影响。Martinez-de-la-Casa 等<sup>[32]</sup> 研究发现 FineVision 和 LISA tri 在暗视条件下的视力表现均明显差于明视条件 ( $P < 0.01$ ), 两种 IOL 明视条件下 CS 结果无差异 ( $P > 0.05$ ), 与 Marques 等<sup>[26]</sup> 研究结果一致。我们所测的 CS 多为明视觉条件下, 然而当傍晚时分、看电影时或者夜晚下楼梯时, 视觉则更多呈现在暗视条件下, 针对暗视觉, Plaza-Puche 等<sup>[33]</sup> 研究了 6 种 IOL 术后 3mo 明、暗视觉下对比敏感度 (low mesopic contrast sensitivity function, LMCSF), 结果发现单焦点 IOL 相较于参与测试的其他任何一款 IOL 拥有最佳 LMCSF, 处于明亮条件时更佳, Kohnen 等<sup>[16]</sup> 研究也持相同观点, 不同多焦点 IOL 之间 LMCSF 没有统计学差异, 令人意外的是三焦点 IOL LMCSF 并没有显著下降, 相比之下, ReSTOR SN6AD1 高空空间频率的 LMCSF 明显降低。单焦 Tecnis ZCB00 IOL 和 Symphony IOL CS 无统计学差异, 两种 IOL 均能提供良好的 CS<sup>[30]</sup>。

**3.3 调整传递函数** 调整传递函数 (modulation transfer function, MTF) 即空间频率对比敏感度, 反映光学系统对不同空间频率传递能力, 客观评价 IOL 光学质量。实验室研究发现 FineVision 及 LISA tri 中距离视力主要体现在 70 ~ 80cm, 这种优势以增加夜间炫光为代价, 两者相较, 在 0.0D 处 FineVision 在瞳孔直径 3.75 ~ 4.5mm (大瞳) 时优于 LISA tri<sup>[34]</sup>; -1.50D 焦点处, FineVision 和 LISA tri 大瞳下的表现均欠佳; -3.50D 时 LISA tri 较 FineVision 在大瞳下表现明显更佳, 这意味着 FineVision 受瞳孔大小的影响, 在夜间环境远距离视觉表现更佳, 近、中距离欠佳<sup>[35]</sup>, LISA tri 有好的近、中距离成像且不依赖瞳孔大小<sup>[36]</sup>。有研究认为 LISA tri 虽然在远、近焦点和双焦点 IOL 无差异, 但 LISA tri 在不牺牲近、远距离视觉的条件下具有好的中距离视觉<sup>[37]</sup>, 但同时也有研究认为 LISA tri 虽然在中间距离能提供更好的视觉质量, 但在远、近距离 MTF 却明显差于双焦点 IOL<sup>[38]</sup>。

TECNIS Symphony IOL 在正球差模拟眼的 MTF 高于 0 球差模拟眼, 意味着该 IOL 会受角膜球差的影响<sup>[39]</sup>, MTF 曲线表现出远、中距离两个焦点, Gatinel 认为 Symphony 在

测试条件下的表现更像双焦点 IOL。Symfony IOL 和 the Mini Well Ready IOL 设计原理皆为通过延长焦点以获得景深扩展, 两者的 MTF 曲线类似、斯特利尔比相同, 整体视觉质量随着瞳孔大小变化呈轻度下降趋势。The Mini Well Ready 在 4.5mm 瞳孔直径时远距离较 Symphony 表现出了更好的视觉质量, 在近距离呈现出更宽的焦距范围<sup>[12]</sup>。有研究表明, the Mini Well Ready IOL 瞳孔直径 3.00mm 时, 中、近距离 MTF 与 FineVision、LISA tri 相近, 而当瞳孔直径 4.50mm 时远距离 MTF 优于 FineVision 和 LISA tri, 这可能是因为 the Mini Well Ready IOL 光学面外围为单焦点设计。研究还发现, 大瞳孔下 the Mini Well Ready 远视力优于 FineVision、LISA tri IOL<sup>[40]</sup>。新型的 Acrysof IQ Panoptix 三焦点 IOL 在实验室模拟状态下, 较第一代三焦点 IOL (FineVision、LISA tri) 拥有更佳的中距离视觉表现<sup>[35]</sup>。

**3.4 脱镜率和满意度** 临床上对双焦点 IOL 的应用以及术后视觉质量的研究已经较为系统。研究人员通过多种类型视觉质量问卷和脱镜率来评估患者主观视觉质量, 多项研究结果显示三焦点 IOL 并没有因为光能分布差异而使视觉质量较双焦点 IOL 明显降低, 反而获得了更高的脱镜率<sup>[22]</sup>。在 Cochener<sup>[23]</sup> 研究中 FineVision 完全脱镜率高达 100%, Jonker 等<sup>[25]</sup> 研究结果显示 80% FineVision 植入者完全脱镜, ReSTOR 组仅为 50%。12% Symphony IOL 植入者在视近时需要配戴眼镜, 91% 患者愿意将 Symphony IOL 推荐给家人朋友<sup>[10]</sup>。LISA tri IOL 术后满意度高达 90%<sup>[17]</sup>, 12% 患者视近时需要戴镜<sup>[16]</sup>。

### 3.5 常见并发症

**3.5.1 移位** 我们知道 IOL 向前移动会导致近视偏移, 向后则导致远视偏移, 偏中心或倾斜导致像差。多焦点 IOL 移位越多, 视觉质量越差, 实验室对 LISA tri IOL 测量发现<sup>[41]</sup>, MTF 值随偏心量增高而降低, 只有当移位小于 0.4mm 时, 对视觉质量影响较小, 但此时与中心位置相比, 两者平均 MTF 值仍相差 18%。IOL 的偏心量必须控制在一定范围内, 否则视觉质量将大打折扣, 虽然目前还没有关于三焦点或连续视程 IOL 植入术后居中性的相关研究, 但有病例报告显示, 1 例 2 眼平均 600 度近视、177 度散光的女性进行飞秒激光辅助超声乳化联合人工晶状体 (LISA tri Toric) 植入术后, 随访中 IOL 出现偏心和倾斜, 以至于不得不再次手术更换尺寸更大的 IOL, 作者分析认为高度近视患者眼球较正常偏大, 应更谨慎地选择 IOL 尺寸<sup>[42]</sup>。

**3.5.2 后囊膜混浊** 针对术后常见的后囊混浊 (posterior capsule opacification, PCO), Mojzis 等<sup>[43]</sup> 对 LISA tri 研究发现该 IOL 术后 PCO 发生率相对较高。另一项对 FineVision 及 LISA tri 植入术后 1a 的随访研究表明<sup>[44]</sup>, FineVision 组后囊切开率为 9%, LISA tri 组 23%, FineVision 的后囊切开率明显少于 LISA tri ( $P < 0.01$ )。

根据现有的临床资料来看, 老视矫正型 IOL 各有利弊。LISA tri IOL 虽然在远中距离较 FineVision、双焦点、单焦点 IOL 更有优势, 近距离视力及 CS 结果和 FineVision、双焦点 IOL 差别不大, 但就临床结果看, 该晶状体 PCO 发生率较高, 术后需要 YAG 激光干预治疗率较 FineVision IOL 高, 当然也并不能排除这是术者或患者自身的因素所导致。FineVision IOL 的优势在于夜间远距离, 术后 PCO 发生率较低, 随着瞳孔的变化, 中近距离视

力不佳。Symfony IOL 官方及临床资料虽然显示较单焦点 IOL 有明显优势,却没有与双焦点、三焦点 IOL 进行对比分析,从 MTF 上看该 IOL 更像是双焦点 IOL,大瞳下成像 the mini WELL IOL 较 Symfony 更佳。从 the Mini WELL IOL MTF 结果看,中、近距离与 FineVision、LISA tri 表现相似,因其光学面外围单焦点设计,在夜间远距离视觉表现更佳。实验室研究表现更佳的还有“第二代”三焦点 IOL: AcrySof IQ PanOptix IOL,其实验室 MTF 结果显示中距离较 FineVision、LISA tri 更佳。尽管实验室结果很理想,但这两种晶状体的研究未将影响视觉质量的神经视网膜因素纳入,具体临床应用效果还有待进一步观察。

总之,多样的 IOL 设计为我们提供了多样的选择,现有的老视矫正型 IOL 已完全能满足人们基本的生活需求。如果患者夜间驾驶的需求强烈,那么 FineVision IOL, the Mini WELL IOL 或许更适合;如果患者热爱阅读、热爱园艺或者需要长时间使用电脑,那么 LISA tri、AcrySof IQ PanOptix 将是不错的选择;如果患者是高度近视,那么大直径 IOL 的选择应该予以考虑。临床上还有很多类型的老视矫正型 IOL,这里只列举了国内外几款热门的 IOL,了解这些 IOL 的特性、优缺点,有利于进一步指导临床上 IOL 的个性化选择。

#### 4 展望

双焦 IOL 在过去几十年的临床应用中取得了不错的临床效果,选择老视矫正型 IOL 成为术后获取更优视觉质量的新趋势。三焦点联合散光矫正 IOL (FineVision Toric、LISA tri Toric) 可在消除散光的同时矫正老视,让中老年老视人群重拾年轻视力的希望,近 2a,该类型 IOL 开始应用于国外,取得了不错的反响<sup>[45-49]</sup>,但目前相关研究观察时间较短,长期的疗效还需要继续观察。AIOL 目前虽然面临很多难题,却为 IOL 的发展指引了一个全新的方向。随着科学技术的发展,面对屈光手术的挑战,我们应用合理的筛选机制,采用先进的手术方式,配合娴熟的手术技巧,通过个性化 IOL 的选择,最终将最大程度地让患者重获理想的视觉体验。

#### 参考文献

- Seyeddain OBA, Riha W. Femtosecond laser-assisted small-aperture corneal inlay implantation for corneal compensation of presbyopia: two-year follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(2):234-241
- Lindstrom RL, Pepose JS. Corneal inlays for presbyopia correction. *Curr Opin Ophthalmol* 2013;24(4):281-287
- 刘家琦,李凤鸣.实用眼科学.第3版.北京:人民卫生出版社 2010:538
- Moyal L, Abrieu-Lacaille M, Bonnel S, et al. Comparison of two different surgical treatments of presbyopia for hyperopic patients over 55 years old: Presbylasik (Supracor) and Prelex (presbyopic lens exchange). *J Fr Ophtalmol* 2015;38(4):306-315
- AcrySof [product information]. Fort Worth, TX: Alcon Laboratories, Inc. 2015
- Cochener B, Vryghem J, Rozot P, et al. Clinical outcomes with a trifocal intraocular lens: a multicenter study. *J Refract Surg* 2014; 30(11):762-768
- Lesieur G. Outcomes after implantation of a trifocal diffractive IOL. *J Fr Ophtalmol* 2012;35(5):338-342
- Kretz FT, Attia MA, Linz K, et al. Level of binocular pseudoaccommodation in patients implanted with an apodized, diffractive and trifocal multifocal intraocular lens. *Klin Monbl Augenheilkd* 2015; 232(8):947-952

- Marques JP, Rosa AM, Quendera B, et al. Quantitative evaluation of visual function 12 months after bilateral implantation of a diffractive trifocal IOL. *Eur J Ophthalmol* 2015;25(6):516-524
- Cochener B, Concerto G. Clinical outcomes of a new extended range of vision intraocular lens: International Multicenter Concerto Study. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42(9):1268-1275
- Kaymak H, Hohn F, Breyer DR, et al. Functional results 3 months after implantation of an "extended range of vision" intraocular lens. *Klin Monbl Augenheilkd* 2016;233(8):923-927
- Dominguez-Vicent A, Esteve-Taboada JJ, Del Aguila-Carrasco AJ, et al. In vitro optical quality comparison between the Mini WELL Ready progressive multifocal and the TECNIS Symfony. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2016; 254(7):1387-1397
- 赵静,齐美华.可调节人工晶状体的临床应用及研究进展.中国现代医药杂志 2016;18(9):102-105
- Pepose JS, Burke J, Qazi MA. Benefits and barriers of accommodating intraocular lenses. *Curr Opin Ophthalmol* 2017;28(1):3-8
- Pinero DP, Camps VJ, Ramón ML, et al. Positional accommodative intraocular lens power error induced by the estimation of the corneal power and the effective lens position. *Indian J Ophthalmol* 2015; 63(5):438-444
- Kohnen T, Titke C, Böhm M. Trifocal intraocular lens implantation to treat visual demands in various distances following lens removal. *Am J Ophthalmol* 2016;161(1):71-77
- Mendicutte J, Kapp A, Levy P, et al. Evaluation of visual outcomes and patient satisfaction after implantation of a diffractive trifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(2):203-210
- Mojzis P, Pena-Garcia P, Liehneova I, et al. Outcomes of a new diffractive trifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2014;40(1):60-69
- Law EM, Aggarwal RK, Kasaby H. Clinical outcomes with a new trifocal intraocular lens. *Eur J Ophthalmol* 2014;24(4):501-508
- Alfonso JF, Fernandez-Vega CL, Belda-Salmeron L, et al. Visual function after implantation of a diffractive aspheric trifocal intraocular lens. *Eur J Ophthalmol* 2016;26(5):405-411
- Kretz FT, Breyer D, Diakonis VF, et al. Clinical outcomes after binocular implantation of a new trifocal diffractive intraocular lens. *J Ophthalmol* 2015;2015:962891
- Gundersen KG, Potvin R. Comparison of visual outcomes and subjective visual quality after bilateral implantation of a diffractive trifocal intraocular lens and blended implantation of apodized diffractive bifocal intraocular lenses. *Clin Ophthalmol* 2016;10(1):805-811
- Cochener B. Prospective clinical comparison of patient outcomes following implantation of trifocal or bifocal intraocular lenses. *J Refract Surg* 2016;32(3):146-151
- Bilbao-Calabuig R, Gonzalez-Lopez F, Amparo F, et al. Comparison between mix-and-match implantation of bifocal intraocular lenses and bilateral implantation of trifocal intraocular lenses. *J Refract Surg* 2016;32(10):659-663
- Jonker SM, Bauer NJ, Makhotkina NY, et al. Comparison of a trifocal intraocular lens with a +3.0 D bifocal IOL: results of a prospective randomized clinical trial. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41(8):1631-1640
- Marques EF, Ferreira TB. Comparison of visual outcomes of 2 diffractive trifocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41(2):354-363
- Mojzis P, Kukuckova L, Majerova K, et al. Comparative analysis of the visual performance after cataract surgery with implantation of a bifocal or trifocal diffractive IOL. *J Refract Surg* 2014; 30(10):666-672
- Sheppard AL, Shah S, Bhatt U, et al. Visual outcomes and subjective experience after bilateral implantation of a new diffractive trifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39(3):343-349

- 29 Carballo-Alvarez J, Vazquez-Molini JM, Sanz-Fernandez JC, *et al.* Visual outcomes after bilateral trifocal diffractive intraocular lens implantation. *BMC Ophthalmol* 2015;15:26
- 30 Pedrotti E, Bruni E, Bonacci E, *et al.* Comparative analysis of the clinical outcomes with a monofocal and an extended range of vision intraocular lens. *J Refract Surg* 2016;32(7):436-442
- 31 Gil MA, Varon C, Cardona G, *et al.* Comparison of far and near contrast sensitivity in patients symmetrically implanted with multifocal and monofocal IOLs. *Eur J Ophthalmol* 2014;24(1):44-52
- 32 Martinez-de-la-Casa JM, Carballo-Alvarez J, Garcia-Bella J, *et al.* Photopic and mesopic performance of 2 different trifocal diffractive intraocular lenses. *Eur J Ophthalmol* 2016;27(1):26-30
- 33 Plaza-Puche AB, Alio JL, Sala E, *et al.* Impact of low mesopic contrast sensitivity outcomes in different types of modern multifocal intraocular lenses. *Eur J Ophthalmol* 2016;26(6):612-617
- 34 Carson D, Hill WE, Hong X, *et al.* Optical bench performance of AcrySof((R)) IQ ReSTOR((R)), AT LISA((R)) tri, and FineVision((R)) intraocular lenses. *Clin Ophthalmol* 2014; 8: 2105-2113
- 35 Carson D, Xu Z, Alexander E, *et al.* Optical bench performance of 3 trifocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(9):1361-1367
- 36 Ruiz-Alcocer J, Madrid-Costa D, Garcia-Lazaro S, *et al.* Optical performance of two new trifocal intraocular lenses; through-focus modulation transfer function and influence of pupil size. *Clin Exp Ophthalmol* 2014;42(3):271-276
- 37 Vega F, Alba-Bueno F, Millan MS, *et al.* Halo and through-focus performance of four diffractive multifocal intraocular lenses. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2015;56(6):3967-3975
- 38 Madrid-Costa D, Ruiz-Alcocer J, Ferrer-Blasco T, *et al.* Optical quality differences between three multifocal intraocular lenses; bifocal low add, bifocal moderate add, and trifocal. *J Refract Surg* 2013;29(11):749-754
- 39 Gatinel D, Loicq J. Clinically relevant optical properties of bifocal, trifocal, and extended depth of focus intraocular lenses. *J Refract Surg* 2016;32(4):273-280
- 40 Dominguez-Vicent A, Esteve-Taboada JJ, Del Aguila-Carrasco AJ, *et al.* *In vitro* optical quality comparison of 2 trifocal intraocular lenses and 1 progressive multifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(1):138-147
- 41 Ortiz C, Esteve-Taboada JJ, Belda-Salmeron L, *et al.* Effect of decentration on the optical quality of two intraocular lenses. *Optom Vis Sci* 2016;93(12):1552-1559
- 42 Giers BC, Khoramnia R, Weber LF, *et al.* Rotation and decentration of an undersized plate-haptic trifocal toric intraocular lens in an eye with moderate myopia. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(3):489-493
- 43 Mojzis P, Majerova K, Hrcakova L, *et al.* Implantation of a diffractive trifocal intraocular lens; one-year follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(8):1623-1630
- 44 Bilbao-Calabuig R, Llovet-Osuna F, Gonzalez-Lopez F, *et al.* Nd:YAG capsulotomy rates with two trifocal intraocular lenses. *J Refract Surg* 2016;32(11):748-752
- 45 Mojzis P, Majerova K, Plaza-Puche AB, *et al.* Visual outcomes of a new toric trifocal diffractive intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(12):2695-2706
- 46 Gundersen KG, Potvin R. Comparison of visual outcomes after implantation of diffractive trifocal toric intraocular lens and a diffractive apodized bifocal toric intraocular lens. *Clin Ophthalmol* 2016; 10:455-461
- 47 Brito P, Salgado-Borges J, Neves H, *et al.* Light-distortion analysis as a possible indicator of visual quality after refractive lens exchange with diffractive multifocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41(3):613-622
- 48 Kretz FT, Breyer D, Klabe K, *et al.* Clinical outcomes after implantation of a trifocal toric intraocular lens. *J Refract Surg* 2015; 31(8):504-510
- 49 刘欣,董宇晨. 晶状体手术矫正老视的治疗进展. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2016;18(6):381-384