

拟调节人工晶状体的临床应用与进展综述

路承喆, 汤欣, 宋慧, 郭亚雯

作者单位: (300020) 中国天津市眼科医院
作者简介: 路承喆, 医学硕士, 主治医师, 研究方向: 白内障。
通讯作者: 汤欣, 教授, 主任医师, 博士研究生导师, 研究方向: 白内障。tangprofessor@yahoo.com.cn
收稿日期: 2012-02-08 修回日期: 2012-03-29

出现的视觉症状做一综述。
关键词: 白内障; 调节; 人工晶状体
DOI: 10.3969/j.issn.1672-5123.2012.05.21

路承喆, 汤欣, 宋慧, 等. 拟调节人工晶状体的临床应用与进展综述. 国际眼科杂志 2012; 12(5): 876-878

Review on clinical application and progress of accommodative intraocular lens

Cheng-Zhe Lu, Xin Tang, Hui Song, Ya-Wen Guo

Tianjin Eye Hospital, Tianjin 300020, China
Correspondence to: Xin Tang, Tianjin Eye Hospital, Tianjin 300020, China. tangprofessor@yahoo.com.cn
Received: 2012-02-08 Accepted: 2012-03-29

Abstract

• Good accommodation is an important part of the human eye's visual function, which can provide us clear visual images in different distances. Monofocal intraocular lens (IOL) can not meet patients with postoperative needs of middle to near distance vision. Multifocal IOL makes use of special optical design, distributing the entered light to far, middle and near different focuses to provide full range of vision; While accommodative IOL uses accommodation principle similar to the human lens, which changes the optical nodes through forward and backward translocation of the optic part of IOL in the capsular bag so as to achieve the purpose not only to see far but also to see near. In this paper, the characteristics, clinical applications, especially postoperative effects and possible visual symptoms of multifocal and accommodative IOLs are reviewed.

• **KEYWORDS:** cataract; accommodation; intraocular lens

Lu CZ, Tang X, Song H, et al. Review on clinical application and progress of accommodative intraocular lens. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2012; 12(5): 876-878

摘要

良好的调节是人眼视功能重要的组成部分, 能为我们提供不同距离清晰的视觉图像。单焦点人工晶状体, 不能满足患者术后中、近距离用眼的需求。多焦点人工晶状体是利用特殊的光学设计, 将进入眼内的光线分配到远、中、近的不同焦点聚焦, 从而提供全程视力; 而可调节人工晶状体则采用了类似人类晶状体的调节原理, 通过人工晶状体的光学部在囊袋内前后位置移动, 来改变光学节点, 从而达到既能看远, 也能看近的目的。本文就多焦点和可调节型人工晶状体的特点、临床应用, 特别是其术后效果和可能

0 引言

时至今日白内障手术也已经进入了屈光手术的范畴, 不仅仅是恢复光明, 更要提供更为良好的视功能。目前临床广泛应用的单焦点人工晶状体能够提供非常良好的远视力, 但是由于它本身不具有调节能力, 光线只能聚焦于一个焦点, 所以患者术后必须依赖眼镜来完成不同距离的工作生活的需要。医生和患者都希望摆脱术后对眼镜的依赖, 于是拟调节型人工晶状体应运而生。拟调节人工晶状体包括机械调节的可调节人工晶状体和光学调节的多焦点人工晶状体。

1 多焦点人工晶状体

1.1 多焦点人工晶状体的原理 自从1986年英国医生Pearce等和1987年美国医生Keates报道了第一枚应用于临床的多焦点人工晶状体以来, 各种新型多焦点人工晶状体的不断涌现, 其结构、设计的日益完善, 使得多焦点人工晶状体植入效果更加完美, 成为许多白内障患者的选择。其设计原理是将不同焦点平面的光带构筑在IOL的光学部, 根据同时知觉原理, 多焦点人工晶状体将经过其的光线分布于2个或更多的焦点聚焦, 从而实现其看远和看近的功能。当看近的影像聚焦于视网膜上时, 看远的影像则离焦于视网膜, 大脑皮质不能将两像融合, 而是进行选择抑制, 选择清晰的像, 而抑制模糊的像。有临床报道证实, 植入多焦点人工晶状体的患者能够看清近距离或远距离的物体, 但是, 部分患者也可能受到不需要的影像干扰, 如眩光、闪光、虚影和光晕。根据人工晶状体光学面应用的光学原理不同, 可以将其分为折射型、衍射型以及折射衍射混合型3类。

1.1.1 折射型多焦点人工晶状体 根据折射原理设计, 人工晶状体前表面由2~5个屈光力不同的环形区带构成, 后表面为光滑球面。近焦点的屈光力由附加屈光力决定。因人工晶状体有两个或更多不同屈光力的地环带, 进入眼内的光线可以形成远近两个焦点, 但同时只有一个清晰成像于视网膜。折射型人工晶状体有两个不变的特点: (1) 多区带的不同折射光线总是同时存在于瞳孔区; (2) 每个区带具有不同的有效瞳孔直径。理论上, 折射型多焦点人工晶状体将进入眼内的光线50%~60%分配给远视力, 22%~28%分配给近视力, 其余的分配给中间视力。这种人工晶状体有如下的缺点: (1) 瞳孔依赖性; (2) 图像质量受环形直径的影响; (3) 在夜间, 图像周围可见光环; (4) 对居中敏感; (5) 光学面上不同区带边缘之间的光学连接不连续; (6) 环形区带边缘成像质量不好; (7) 光线在内

外边界部会出现散射。折射型多焦点人工晶状体术后早期对比敏感度明显下降,尤其是低空间频率下,但随着时间推移,大脑经过一段时间的适应,对比敏感度会部分恢复。

1.1.2 衍射型多焦点人工晶状体 根据 Huygens Fresnel 原理设计,人工晶状体前表面为光滑球面,具有单焦点人工晶状体的屈光力,后表面排列有不同数量的同心圆性质的显微坡环,坡环高度小于 $2\mu\text{m}$,环间距为 $0.06 \sim 0.25\text{mm}$,这些显微坡环具有衍射功能。DMIOL 构筑的衍射阶梯形成 2 个焦点,一个焦点看远,另一个焦点看近,应用不同衍射级 (diffractive orders) 将光线按照比例分配到看远和看近 2 个焦点上,不管瞳孔的大小。近焦点屈光力的大小主要由显微坡环的高度、环间距的大小决定。进入眼内的光线同时形成能量相等或不等的远近 2 个焦点,同一时刻只有 1 个焦点聚焦于视网膜,2 个焦点的像大小相差非常大且一个较模糊,视觉中枢不能融合 2 个像,故选择清晰的,抑制模糊的像,从而达到适应不同距离视力的需求。

1.1.3 折射/衍射型多焦点人工晶状体 同时利用 Huygens Fresnel 原理和折射原理设计,在人工晶状体光学部结合应用衍射阶梯环和折射区。

1.2 多焦点人工晶状体的临床表现

1.2.1 视力

1.2.1.1 远视力 很多报道均报告对于远视力,单焦点人工晶状体和各种类型的多焦点人工晶状体相比,无论是未矫正视力还是最佳矫正视力,都没有差异。Steinert, Sedgewick, Leyland, Steiner, Jonathan, Nejishi, Brydon 等的研究结果也证实如此。

1.2.1.2 近视力 折射型对焦点人工晶状体和 DMIOL 植入后的近视力明显优于单焦点人工晶状体。Javitt 等^[1]于 2000 年报道有 96.77% 植入多焦点人工晶状体的患者非矫正近视力可以达到 J3 或者更好,而植入单焦点人工晶状体组只有 67.9%。对于两种多焦点人工晶状体之间的比较,Schmidinger 等^[2]也分别进行了比较,他们共同的结论是 DMIOL 植入术后的近视力优于折射型多焦点人工晶状体,其差异具有统计学意义。原因包括:衍射性人工晶状体有 41% 的光线分配给近焦点,折射型则仅有 37%;瞳孔直径对折射型人工晶状体的影响;两型多焦点人工晶状体视近附加屈光力的不同。

1.2.1.3 中间视力 Auffarth GU 于 1993 年, Vaquero 于 1998 年均报告,多焦点人工晶状体植入组的中间视力明显优于单焦点人工晶状体植入组, Walkow 也于 1997 年研究认为折射型多焦点人工晶状体的中间视力优于 DMIOL,因为折射型的多焦点人工晶状体如 SA40N 有 12% ~ 18% 的光线分配到中间视力,而 DMIOL 只有远近两个焦点。

1.2.2 视觉症状 许多植入多焦点人工晶状体的患者均提及术后眩光和视物有光晕的现象。Stefan 等^[3]于 2001 年也对多焦点人工晶状体和单焦点人工晶状体植入术后的患者进行了视远视近时的光晕直径检测。多焦点人工晶状体 25 例患者中有 24 例在黑暗中注视光源是感觉到眩光,仅有 1 例表示受到眩光的影响。视远时光晕直径是 $1.05\text{sq deg} \pm 0.41$,视近时为 $1.07\text{sq deg} \pm 0.49$;而单焦点人工晶状体仅为 $0.26\text{sq deg} \pm 0.13$ 。多焦点人工晶状体术后眩光明显高于单焦点人工晶状体,考虑主要是由于在人工

晶状体设计上将进入眼内的光线分配给了近、远、中视力。但事实上,来自多篇文献报导的结果是绝大多数 DMIOL 植入的患者能耐受眩光。

1.2.3 戴镜情况 Vaquero Ruano 等的多中心研究结果显示多焦点人工晶状体术后从来不戴眼镜的比例是 41%,单焦点人工晶状体为 11.7%。Javitt 于 1997 年报道从不戴眼镜进行近距离工作的比例两组分别为 38.4% 和 9.8%。可见多焦点人工晶状体能够较单焦点人工晶状体提供更好的全程视力。

1.3 目标屈光力的设定 白内障超声乳化联合多焦点人工晶状体植入术可以理解作为一种屈光手术,患者的重要目的便是摆脱术后对眼镜的依赖,所以术后的屈光状态至关重要。Wallace^[4]于 2001 年研究报告低度远视较低度近视产生的眩光和光晕现象明显减轻,故而现在一般将术后目标屈光状态设定 $0 \sim +0.50$ 。

2 可调节型人工晶状体

2.1 可调节型人工晶状体的特点和临床应用 生理基础调节是指眼球依靠睫状肌的收缩能力调节,通过睫状肌的收缩,悬韧带松弛,晶状体中央部厚度增加,晶状体屈光度改变来完成,从而持续在视网膜清晰成像的能力。可调节人工晶状体的设计思路是基于相关研究提示老年人的睫状肌仍保留良好的生理收缩性能。它采用了类似人类晶状体的调节原理,不同的是人类通过晶状体前后曲率的改变-晶状体的厚薄来调节“节点”,而可调节人工晶状体是通过光学部在囊袋内的前后位置变化来调节“节点”的位置。依靠人工晶状体的前后移动发挥调节机制在动物实验已经得到证实。

2.2 单光学面可调节型人工晶状体 这种可调节型人工晶状体只有一个光学部,由于独特的可伸缩支撑,使人工晶状体植入囊袋后能随着睫状肌的收缩而前后移动,即当看近时,睫状肌收缩,悬韧带松弛,光学部前移远离“节点”;看远时,睫状肌舒张,悬韧带拉紧,光学部后移接近“节点”,从而调节 IOL 光学部的前后焦点,达到看远看近的目的。目前在临床中应用较多的主要有以下 3 种类型。

2.2.1 AT-45 Crystalens IOL AT-45 Crystalens IOL (美国 C&C Vision 公司)是由第三代硅树脂合成,包括一个光学部和两个 T 型撑,呈铰链状设计。T 型撑的宽大半硬性触脚板通过凹槽与光学部相连,其末端是两个圆柄,可以阻止晶状体从囊袋内滑出。其直角边设计,可以阻止后囊混浊的发生率。它有一个独特的正面的玻璃体压力,来推动晶状体向前移动。

2.2.2 1-CU IOL 1-CU IOL (HumanOptics, Erlangen, Germany)由德国 Hanna 设计,为一片式亲水性聚丙烯酸酯晶状体,具有较高的生物相容性,含水量 26%,1-CU IOL 由一个直径为 5.5mm 的光学部 and 4 个宽大的撑组成,光学部为双凸面全方形边缘设计,撑为可伸缩的四爪型,能与囊膜紧贴,起到固定和传递力的作用,还能很好地阻止后囊膜的混浊。Kuchle 等于 2001 年首次报告用于临床,并由此提出“光学移动(optic shift)”的新概念。

2.2.3 Tetraflex KH-3500 IOL Tetraflex KH-3500 IOL (Lenstec, St Petersburg, FL, USA)由美国 Charles Kelman 博士设计,是一片式、亲水性的丙烯酸酯晶状体。它结合了流行的平面直角设计,具有 5.75mm 的大光学区,撑为四触角,5 度前倾角度,呈角状的向前移动,因此有着独特的独立于玻璃体压力的调节机制。Tetraflex 触角的设计

允许了该晶状体和整个囊袋一起移动,5.75mm的大光学区和直角边缘,可以避免晕轮和降低后囊膜混浊的发生率。Tetraflex IOL 全长 11.5mm,屈光度从 +18.0D 至 25.0D 可以以 0.2D 递增。2006 年 Wolffsohn 等^[5]首次对植入 Tetraflex IOL 的患者进行了临床报道。其调节效果仍需等待大规模、长时间临床实践来证实。

2.3 双光学面可调节型人工晶状体 此类可调节型人工晶状体有两个光学面,后光学面被设计成无调节力部分,只起支撑作用。屈光力全部在前光学部,通过睫状肌收缩,囊膜变形,将光学部前后移动,来获得调节力。Ho 等^[6]通过光学跟踪系统发现在人眼模型中双光学面可调节型人工晶状体在囊袋内向前移动时,每移动 1mm 所产生的调节力明显多于单光学面可调节型人工晶状体。Synchrony IOL 是根据 Helmholtz 理论,依照自然机械原理设计的最新一代的双光学面可调节型人工晶状体。两片式硅胶光学面是通过一个类似弹簧的结构来连接并使之互相分离。前光学面为一直径为 5.5mm 的高度正度数硅胶片,后光学面为一直径为 6.0mm 的负度数的硅胶片,晶状体全长 9.5mm,宽 9.8mm,植入囊袋后厚约 2.2mm。在对兔眼和人尸眼的实验研究中发现,植入此晶状体不会引起囊膜的变形,还可以降低后囊混浊的发生率。德国美因茨大学对 12 例 15 眼植入该晶状体的患者进行 6mo 的随访发现,所有患者均未发生晶状体间的混浊,未观察到术后明显的并发症,所有患者对术后视力非常满意,晶状体调节范围在 0.5~2.5D^[7]。

2.4 可调节型人工晶状体的展望

2.4.1 光可调节性人工晶状体^[8,9] 光可调节性人工晶状体(light adjustable lens, LAL)是由一个独特的包含许多感光性硅酮大分裂球的硅质片构成的。以一种独特的方式光照晶状体,可在原位诱导局部的硅酮大分裂球互相聚合,以达到调节屈光度数的目的。目前尚处于动物实验阶段。研究结果揭示 IOL 的屈光度数在 5D 范围内可以进行精确的、可重复性调节,并且采用激光干涉测量法证明 LAL 光学区的屈光特性仍保持良好,动物实验也证实了其良好的生物相容性及在光照过程中的安全性。

2.4.2 磁性可调节人工晶状体^[10] 该 IOL 是为一些特殊的白内障患者,如儿童白内障、年轻的外伤性白内障患者设计的。它选用磁能极大的永磁铁作为磁偶的两极,包埋在 IOL 光学部,利用磁偶间的磁场作用力进行非侵入性原位调节,可以在 IOL 植入术后很多年里反复修正 IOL 的屈光状态以适应眼的变化。目前已经在体外试验中证实这一方法是可行的。

2.4.3 注塑式人工晶状体 该 IOL 是在通过小切口清除

晶状体物质后,向完整的囊袋内注入凝胶状态的人工晶状体材料,凝固后形成类似于正常晶状体的方法,即所谓“smart lens IOL”^[11]。理论上讲,这种人工晶状体最符合生理状态,并能保留部分调节能力。但是目前尚无理想的可通过注射而即时成形的生物学材料,这一材料应能以液态注射,注射后迅速固化,其硬度和屈光指数与正常晶状体相似。

3 小结

综上所述,从单焦点人工晶状体到多焦点人工晶状体和可调节人工晶状体的应用,白内障术后视功能的评价已经越来越接近生理晶状体所具有的正常的光学和生物学功能,不仅仅是远视力的提升,全程视力的提高对于患者显然具有更加重要的意义。相信随着这一领域科学研究的进一步深入,白内障患者术后的视功能会得到更加全面,更加均衡的提升。

参考文献

- 1 Javitt JC, Steinert RF. Cataract extraction with multifocal intraocular lens implantation: a multinational clinical trial evaluating clinical, functional, and quality-of-life outcomes. *Ophthalmology* 2000;107(11):2040-2048
- 2 Schmidinger G, Geitzenauer W, Hahsle B, et al. Depth of focus in eyes with diffractive bifocal and refractive multifocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2006;32(10):1650-1656
- 3 Stefan P, Birgit L, Georg H. Halo size under distance and near conditions in refractive multifocal intraocular lenses. *Br J Ophthalmol* 2001;85(7):816-821
- 4 Wallace RB. Refract cataract surgery and multifocal IOLs. Canada: SLACK 2001:189-216
- 5 Wolffsohn JS, Naroo SA, Motwani NK, et al. Subjective and objective Performance of the Lenstec KH-3500“accommodative” intraocular lens. *Br J Ophthalmol* 2006;90(6):693-696
- 6 Ho A, Manns F, Therese, et al. Predicting the performance of accommodating intraocular lenses using ray tracing. *J Cataract Refract Surg* 2006;32(1):129-136
- 7 Doane JF. Accommodating intraocular lens. *Curr Opin Ophthalmol* 2004;15(1):16-21
- 8 Hoffman RS, Fine IH, Packer M. Refractive lens exchange as a refractive surgery modality. *Curr Opin Ophthalmol* 2004;15(1):22-28
- 9 Olson R, Mamalis N, Haugen B. A light adjustable lens with injectable optics. *Curr Opin Ophthalmol* 2006;17(1):72-79
- 10 曹文红,施玉英.可调节人工晶状体的调节能力分析.国外医学眼科学分册 2005;29(3):171-174
- 11 Tonekaboni K, Whitsett AJ. The IOL horizon: accommodative intraocular lenses. *Optometry* 2005;76(1):185-190