

屈光性白内障手术的进展

朱文娟, 杜之渝*

重庆医科大学附属第二医院眼科, 重庆

收稿日期: 2023年2月21日; 录用日期: 2023年3月15日; 发布日期: 2023年3月22日

摘要

白内障手术随着科技的进步发展为屈光性手术, 多功能性人工晶体的问世为屈光性白内障手术提供更深层次保障, 那么如何根据多功能晶体间存在的差异以及术后视觉质量等指标选取最优晶体是我们所关心的, 我们将从晶体角度进一步了解。

关键词

屈光性白内障手术, 人工晶体, 视觉质量

Progress in Refractive Cataract Surgery

Wenjuan Zhu, Zhiyu Du*

Department of Ophthalmology, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: Feb. 21st, 2023; accepted: Mar. 15th, 2023; published: Mar. 22nd, 2023

Abstract

With the progress of science and technology, cataract surgery has developed into refractive surgery, and the advent of multifunctional intraocular lens provides a deeper guarantee for refractive cataract surgery. Therefore, how to select the optimal lens according to the differences between multifunctional lenses and postoperative visual quality and other indicators is our concern, and we will further understand from the perspective of lens.

Keywords

Refractive Cataract Surgery, Intraocular Lens, Visual Quality

*通讯作者 Email: duzhiyu@163.com

Copyright © 2023 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

白内障是指透明的晶状体病理性地失去透明度[1], 因此在一定程度上损害了视觉方面的感知, 是人们公认的世界范围内视力受到损害的主要原因。人们普遍性认为, 对白内障进行手术, 是针对白内障疾病恢复视力最有效的方法。白内障术后追求的效果从以前简单的“复明”进展到而今要求更高的“看得舒适”。这就需要人工晶体技术进一步发展来支持, 从单焦晶体进步到双焦晶体, 再进一步发展为区域折射性双焦点晶体以及区域衍射型双焦点晶体, 以及不断丰富的景深型、三焦点等多种类人工晶体[2]。在一定距离内提供功能性的未矫视力常常使用多焦人工晶体, 临床上最常使用的多焦人工晶体分别是双焦点人工晶体和三焦点人工晶体。面对令人眼花缭乱的晶体类型, 本文对不同晶体类型植入后的视觉质量以及并发症发生情况进行归纳整理。

2. 人工晶体类型

最初白内障术中需要的代替人类晶状体的单焦人工晶体(SF-IOLs), 它的特点是固定焦点, 可以提供良好的远距离视力[3], 但它的聚焦深度有限, 那么这就意味着 SF 人工晶体不能在中距离及近距离提供清晰、良好的视觉[4]。传统解决方式是佩戴眼镜进行一定程度的矫正。但在现代社会中, 老年人的功能性的近距离用眼[5]也成为了他们日常生活终不可或缺的一部分, 也有越来越多的人追求更高质量的生活品质而不愿意戴镜。但传统的单焦点人工晶体植入术后, 我们在使用电脑工作甚至一些娱乐性活动中总是需要戴镜。

双焦点人工晶体在我国常见的有区域折射型、区域衍射型以及折射-衍射混合型[6]。同时这几款晶体也被认为是老视矫正型晶体。也就是利用光学特性通过折射、衍射等方式将光线能够在透过人工晶体后产生 2 个及以上焦点。例如 SBL-3 人工晶体的设计原理是利用区域折射, 该种晶体的上方为远光学区, 其下方的光学区为+3.00D 的近光学区, 中间为过渡区, 从而保证其在不同距离视程中的光能分配, 崔嵬[7]等人也通过实验证明在中近视力方面的应用表现, 如裸眼近视力(UNVA)、最佳矫正远视力下的中视力(DCIVA)、最佳矫正远视力下的近视力(DCNVA)方面优于单焦点晶体, 但在该实验中也同时发现该种类型多焦点晶体存在视觉干扰等方面的弊端。

为减少视觉干扰等弊端, 景深型 EDOF (Extended depth-of-focus)人工晶体应运而生, EDOF 的设计原理是将焦点深度从中距离延伸到远处, 从而形成一个连续的焦点。目前临床中使用最广泛的 EDOF 人工晶体类型是 Symphony, Symphony 是衍射疏水 EDOF 人工晶体的一个典型例子, 它的光学系统的前表面是非球面的双凹型, 而它的后表面是衍射的, 这样的设计在一定程度上补偿了眼睛的色差, 增加了焦点的深度。它只使用消色差技术负球差校正来提高模拟视网膜图像的质量[8]。这种一片式双褶人工晶体。它的工作原理是通过创建一个单一的细长焦点来增强视觉范围或焦点的深度。该透镜可在+5.0D 到+34D 之间的曲率范围内使用, 曲率以 0.5D 递增。因为在 Symphony 中, 两个焦点极度靠近彼此, 使得焦点之间的视力仅最小程度地下降, 并且在主观上大约 1 秒就实现清晰的视力, 舒适度较高。

目前国内临床上常用的三焦点人工晶体有 Tri 839M, 该晶体是独特的衍射结合型的设计。而国外常见的 Panoptix (PX)人工晶体被推广为四焦人工晶状体, 其中 4 个焦点中的 2 个“合并”为一个, 因此它的功能与三焦人工晶体基本相同[9]。三焦人工晶体的设计原理则是将光分为三个独立的焦点, 从而达到远距离、中间距离和近距离均有光线照射。这种晶体的植入使所有距离均能达到较为满意的视力, 几乎

可以“保证”不戴眼镜, 尤其是不戴镜阅读。但是同样因为设计原理问题, 它的缺点是需要形成固定的习惯或者适应固定距离。再者, 光分布是有代价的: 因为只有一部分光用来清晰成像产生图像, 所以产生了对比敏感度的损失, 而这一部分损失是可测量的。并且, 尤其在黄昏和夜间, 会出现光晕和眩光的现象从而影响视觉质量。

3. 白内障术前影响因素

准确的人工晶体度数计算主要归因于两个因素: 1) 角膜地形图系统进行的准确的总角膜屈光力的测量; 2) 通过公式计算出的术后全眼屈光力。在过去的几十年里, 研究人员努力提出了不同的公式和角膜测量方法来克服这个问题, 奥斯汀[10]、萨维尼[11]等研究人员也进一步比较不同计算公式间的晶体预测的准确性, 并提供更可预测的结果, 也有越来越多的研究进一步细分不同眼轴[12] [13]、角膜屈光术后等等一系列不同人群的人工晶体预测。随着角膜屈光手术的发展及大众接受度越来越高, 角膜屈光术后的白内障患者逐渐进入医生视野。而这一类 IOL 屈光力的计算方法主要有两类, 其中总角膜测量法(TK)可以测量角膜前后弯曲率以及角膜厚度, 角膜屈光术后的眼睛就更适合此种测量方法。眼轴长度测量是影响白内障手术后实际屈光度与预测屈光度之间偏差的影响最大的参数之一[14]。

4. 多焦点人工晶体在视力及视觉质量方面的差异

目前常用的评价视觉质量的指标有客观指标及主观指标。首先提出一个问题, 那就是患者视物是否需要中距离焦距(三焦点人工晶体的本质), 而这个问题的答案则主要依赖于远、中、近的视力表现、患者的满意度以及三焦人工晶体的眼镜独立性程度, 也就是我们本篇综述所提到的客观指标及主观指标。

4.1. 未矫正裸眼远距离视力(Uncorrected Distance Visual Acuity, UCDVA)、未校正裸眼中距离视力(Uncorrected Intermediate Visual Acuity, UCIVA)、未校正裸眼近距离视力(Uncorrected Near Visual Acuity, UCNVA)

因为设计原理不同, 在单眼未校正裸眼中距离视力这一方面, 三焦人工晶状体(目前国内常用 tri 839M)的表现明显优于双焦人工晶状体[15], 三焦和双焦在这一方面比单焦更具有优势。双焦点植入术后的裸眼远视力已经令人满意, 而三焦点植入术后的裸眼远视力表现更令人欣喜。基于相关文献中关于 114 例患者的研究, VA 测量值被包括在最小分辨率角度(logMAR)量表的对数视力表中, 其中分数越低表明视力越好。三焦点 IOL 植入术后平均裸眼远视力为 $0.11 \pm 0.03 \log\text{MAR}$, 双焦 IOL 植入后的平均 UCDVA 为 $0.12 \pm 0.02 \log\text{MAR}$; 单焦 IOL 植入后的平均 UCDVA 为 $0.21 \pm 0.04 \log\text{MAR}$ [16]。三焦和双焦两组表现均显著优于单焦点组。在未校正裸眼近距离及中距离视力方面, 双焦人工晶体比单焦人工晶体更优秀[17] [18]。而三焦点人工晶状体在未校正裸眼中距离视力的表现比双焦人工晶状体更优秀[19] [20], 但二者在未校正裸眼近距离视力方面无统计学差异。和双焦点人工晶体相比, 三焦点人工晶体不会削弱未校正裸眼近距离视力方面的表现, 实际上临床常用的三焦点晶体 AT Lisa 839M 可以正向增强近视力。这一点也得到了多篇对照临床研究以及 meta 分析的支持。也就是说 1) 平均裸眼中、远视力方面, 三焦点晶体优于双焦点晶体优于单焦点晶体。2) 在裸眼近视力方面, 多功能晶体优于单焦点晶体, 而多功能晶体之间似乎没有明确的差异。

4.2. 最佳矫正远视力(Best Corrected Distance Visual Acuity, BCDVA)、最佳矫正远视力下的中视力(Distance Corrected Intermediate Visual Acuity, DCIVA)以及最佳矫正远视力下的近视力(Distance Corrected Near Visual Acuity, DCNVA)

在最佳矫正远视力方面, 双焦点组与三焦点组无明显差异[21], 而三焦点组与单焦点组也没有明显差

异[22]。在最佳矫正远视力下的中视力方面,三焦点组优于双焦点组,双焦点组优于单焦点组。而在最佳矫正远视力下的近视力方面,多功能组优于单焦点组,而多功能组中的三焦点组及双焦点组无明显差异[23]。总而言之,就是不同晶体设计类型区别的基础上,在最佳矫正远视力下的中近视力,三焦点及双焦点晶体仍具有不错的优异性,而如果单纯只想要不错的远视力的话,各类晶体均能达到不错的效果。

4.3. 对比敏感度(Contrast Sensitivity, CS)及离焦曲线

对比敏感度代表了一个人能够区分具有模糊边界物体的能力。如之前的报道[24],对比敏感度随着年龄的增长而降低。年轻患者拥有较高的对比敏感度,可能有助于眼睛拥有更深的景深,从而导致主观振幅调节的范围更加广泛。谢瞻[25]等人研究证明在白内障术后短期随访时间里,在明光下,三焦点组在3、6、12 cpd 空间频率分别为 1.56 ± 0.20 、 1.76 ± 0.26 、 1.47 ± 0.25 ;单焦点组在3、6、12 cpd 空间频率分别为 1.61 ± 0.21 、 1.82 ± 0.25 、 1.54 ± 0.27 ;三焦点组和单焦点组3、6、12 cpd 空间频率的 t 值为 -0.896 、 -0.883 、 -1.002 ;三焦点组和单焦点组3、6、12 cpd 空间频率的 P 值为 0.375 、 0.381 、 0.321 ;暗光下三焦点组在3、6、12 cpd 空间频率分别为 1.58 ± 0.23 、 1.77 ± 0.27 、 1.50 ± 0.23 ;单焦点组在3、6、12 cpd 空间频率分别为 1.63 ± 0.20 、 1.82 ± 0.24 、 1.56 ± 0.23 ;三焦点组和单焦点组3、6、12 cpd 空间频率的 t 值为 -0.778 、 -0.764 、 -0.875 ;三焦点组和单焦点组3、6、12 cpd 空间频率的 P 值为 0.440 、 0.448 、 0.386 。在明光和暗光下,三焦点人工晶体与单焦点人工晶体3、6、12 cpd 空间频率上表现无明显差异,明光下18 pcd 空间频率上两组晶体也无明显差异;而在暗光18 cpd 空间频率上,三焦点组为 0.89 ± 0.20 ,单焦点组为 1.02 ± 0.23 ,两组间 t 值为 -2.098 , P 为 0.041 。表明暗光18 cpd 空间频率上单焦点人工晶体表现更佳[26]。这些结果在一些研究中也得到了离焦曲线的支持。而离焦曲线是评估标准测试条件下,在所有距离的功能视觉的范围。结合离焦曲线的结果,在中间距离上,三焦人工晶体组比双焦人工晶体组表现更好,但差距不大[27],考虑可能原因在于双焦人工晶状体的视力下降幅度更大,但三焦点分配给中间视觉的能量仍较少。有充分的证据表明,与双焦人工晶状体相比,使用三焦人工晶体也可以改善矫正中距离视力,两种晶体在此方面表现无明显差异[28]。因此,我们可以认为,三焦 IOL 中的中间焦点是有效的。

4.4. 白内障术后的脱镜率和手术满意度

在以往的临床观察中,我们发现三焦人工晶体以及双焦人工晶体的视近脱镜率及视觉满意度均很高,这两组均明显优于单焦点人工晶体,但双焦点及三焦点这两组之间没有明显的差异[29]-[34]。我们需要更多的证据来进一步验证哪种 IOL 在脱镜率、患者满意度和光晕、眩光等光现象方面有更好的表现。对比敏感度 CS 的降低也是使视力质量下降的原因之一。报道 CS 的研究表明,双焦人工晶体和三焦人工晶体之间的 CS 没有差异,这与以往的研究结果一致[35]。因此,增加第三个焦点似乎并不会降低术后的光学质量。且三焦组患者更有可能在近距离取得更高的脱镜率,然而他们也有更大几率体现出光学的缺陷,比如光晕和眩光。

5. 并发症的发生情况

白内障术后严重的并发症其实非常罕见,无论是植入传统人工晶体还是新型多焦点人工晶体,大多数研究报告没有不良事件。白内障手术后最常见的并发症就是后囊浑浊(posterior capsule opacification, PCO)、前囊膜浑浊(anterior capsule opacification, ACO)、人工晶体移位以及多焦点人工晶体中的眩光。

5.1. 前囊膜浑浊

与 PCO 相比,ACO 通常发生在更早的阶段。晶状体位于囊膜里,我们行白内障手术时,需在前囊

膜上撕开一个近似圆形开口, 将人工晶体置入囊膜袋里。白内障术后, 边缘前囊膜的混浊过程可分为四个步骤: 1) 部分前囊膜边缘纤维化或者发生混浊; 2) 与人工晶体这一光学生物材料接触的整个前囊边缘发生纤维化或者浑浊; 3) 形成包膜褶皱; 4) 前囊膜晚期发生过度或不对称的收缩。克劳黛特[36]等人证实疏水性人工晶体组中发生前囊浑浊的可能性更大。前囊膜浑浊进行到晚期的收缩可能导致一些并发症, 比如囊袋的收缩以及进一步导致的人工晶体的移位。在一项回顾性研究中, Mihyun 等人[37]报道了亲水性人工晶体的囊膜收缩情况明显大于疏水性人工晶体的囊膜收缩情况, Wang Yuyan [38]等人也进一步证实了这一看法。除此之外, 还有一些研究报道表示, 囊膜的收缩也与一些全身系统性[39]或局部的眼睛疾病[40]相关, 比如糖尿病以及糖尿病在眼部的并发症和葡萄膜炎。这些疾病可能导致囊膜切开术的开口变小或者囊膜开口位置发生偏移进而导致人工晶体移位, 这些疾病导致的上述情况在囊膜开口较小的患者眼部表现得更为明显。因此有一部分临床医生认为在白内障术后的早期就采用 Nd:YAG 激光来松弛前囊膜切口, 防止高危患者(如糖尿病视网膜病变患者)的囊膜收缩情况, 增加前囊膜开口的大小, 但临床上又证明这种治疗方式又可能导致其他并发症, 比如眼压的升高、虹膜炎的发生、角膜的水肿以及植入的人工晶体的损伤。随着囊膜的收缩导致晶体偏移, 在临床上我们观察到这样的偏移对于植入了多焦晶体及散光晶体的患者的视力影响极大, 主要是因为轴向的偏移, 可能会导致达不到最佳矫正视力, 降低患者的视觉质量, 严重时可能会需要人工晶体调位术进行矫正。所以控制基础疾病及眼部相关疾病是我们白内障术后想取得较好效果及避免 ACO 这一并发症需要关心的以及其重要影响因素。

5.2. 后囊浑浊

尽管外科技术、人工晶体材料和设计的进步降低了 PCO 率, 但这仍然是临床实践中的一个重要问题。使用钕: YAG (Nd:YAG)激光在晶状体后囊上切开一个孔, 可有效治疗 PCO。同样, 这种激光手术跟治疗 ACO 时一样, 可能会导致一些额外的并发症, 比如人工晶体损坏、眼压(IOP)的升高、继发性青光眼的出现、黄斑的囊腔样水肿, 甚至是视网膜脱离。PCO 的病理生理学是多因素的, 特别是随着手术技术、人工晶体材料和设计原理的不同, 影响 PCO 的因素较为多元化, 但由于 PCO 发展的每个因素几乎不可能分离, 因此在临床上很难区分单个因素, 从而进行单个因素的控制。随着人工晶体的设计理念不断前沿化发展, 以及晶体特性的不断完善, 人们越来越注重避免术后并发症 PCO 的出现, 因此我们很好奇人工晶体在 PCO 的发生过程当中起了怎样的作用。除此之外, 人工晶体之间的 PCO 发生率差异可能也在一定程度上反映了人工晶体们在生物材料以及设计原理上的差异。

5.2.1. 人工晶体方面

正如我们前人的研究所示, 人工晶体有许多不同的形状与材质。既往一些相关性研究表明, 与亲水性丙烯酸人工晶体相比, 疏水性丙烯酸人工晶体能更好地降低 PCO 和激光囊切开率[41] [42]。因为纤维连接蛋白以及层粘连蛋白与疏水丙烯酸酯人工晶体结合最好, 正因为蛋白能够更牢地附着在胶原膜上所以导致的结果就是疏水性丙烯酸酯人工晶体与后囊膜的粘附更强, 从而降低 PCO 和 Nd:YAG 切囊率, 但是这一发现究竟是归功于人工晶体材料的性能还是归功于晶体的光学边缘的差异, 现在仍处在争议当中[43] [44]。有新的研究表明, 晶状体材料方面, 在晶体表面结合化学药物可以利用药物特性抑制细胞增殖, 从而降低 PCO 的发生几率[45]。一些观察性研究表明, 在降低 PCO 方面, 具有直角边缘形状[46]的光学边缘的人工晶体可能比人工晶体本身的制作材料更重要。人们普遍认同的是, 拥有直角光学边缘的人工晶体[47]是通过抑制细胞迁移等机制预防 PCO 的发生。而一体式人工晶体和三体式人工晶状晶体在 PCO 和 Nd:YAG 切囊率方面却没有显著差异[48]。但我们要明确的是, 许多现有的研究都有明显的局限性。更是有研究将具有圆形光学边缘的亲水性人工晶体和具有直角光学边缘的疏水人工晶体的[49] PCO 进行比较, 发现 PCO 的严重程度与术后随访时间密切相关。临床医生随访时间越长, 我们就能更进一步明确

不同人工晶状体在不同时期对 PCO 发展的影响。针对亲水性和疏水性这两种材料, 有一些研究表明, 白内障术后 1 年的 PCO 率没有差异[50]。而其他一些研究则是显著不同的结果[51]。越来越多研究显示随访时间差异, 人工晶体之间的 PCO 率也存在差异。因此, 临床实践需要长期的随机对照试验, 特别是多中心大样本量的, 来进一步评估各种光学边缘设计的人工晶体生物材料在降低 PCO 和 Nd:YAG 囊切开术率方面的效果。因此, 有必要对白内障术后 PCO 的发展进行多中心大样本量随机对照试验的长期随访。

5.2.2. AcrySof 晶体的期待性

在多种类型人工晶体中, JOSE [52]等人发现 AcrySof 疏水性人工晶体在白内障术后 5 年内发生 PCO 的概率较低, 从而导致进一步 Nd:YAG 切囊率较低。手术医生可能会更倾向于选择白内障植入术后发生 PCO 概率更低的晶体。但随着近些年晶体的不断发展, 出现了更多新型类型的人工晶体, 晶体应用材料等方面也出现了极大的差异, 我们需要纳入更多晶体类型及大样本量的观察研究, 以满足白内障术后视觉质量更佳、并发症更少的需求。

5.3. 白内障术后晶体相关并发症及处理

单焦点人工晶体与多焦点人工晶体相比, 多焦点人工晶体植入眼内后最易出现不良结果是眩光, 这是多焦点人工晶体的设计原理导致的。其原理是因为多个焦点会比单个焦点引起更轻的散射, 而眩光光源的前向散射将在视网膜上产生更多的亮度覆盖。除此以外, 失焦图像的直径常常比清晰的图像直径大, 因此形成了光晕。而光晕的影响程度则与个人的适应度相关, 有极少数患者会在多焦点人工晶体植入术后要求进行晶体更换。尽管双焦点和三焦点人工晶体在光晕发生率方面没有明显的差异, 但与景深延长型(EDOF)人工晶体相比, 可以明确的是, 三焦点人工晶体在起初设计时, 他的球面相差略为负, 可以一定程度上平衡角膜像差, 提高视觉质量。而景深型人工晶体而言, 它的晶体设计具有高的负球差, 这是它设计原理中扩大聚焦深度的必不可缺条件, 但该条件也可能将引起更大的眩晕感。所以在眩光程度方面, 双焦点以及三焦点人工晶体比起 EDOF 晶体表现更好。但也有文章[53]表明三焦人工晶状体比 EDOF 人工晶状体产生更强的光晕, 但差异并不大到足以抵消良好阅读能力的丧失。高达 90% 的患者报告在三焦 IOL 植入后出现光晕或眩光, 但在大多数情况下眩光或光晕不会对我们日常生活产生显著影响[54]。但有报道称, 曾经做过角膜屈光手术的患者, 在白内障手术植入人工晶体后, 出现光晕、眩光和夜视困难等现象的频率增加, 这可能与角膜屈光术后高阶像差值有关[55]。研究表明, 近视和远视消融术均显著增加了角膜的高阶像差(HOAs), 分别诱导了正球差和负球差(SA) [56]。考虑到因既往角膜激光手术引起的球形像差, 曾接受近视消融的眼睛行人工晶体植入时, 应植入非球面人工晶体进行远视抵消。而这类人群的人工晶体预测则应结合全角膜测量法(TK)的公式进行 IOL 度数计算较为准确[57]。除目前已获得的研究结果以外, 我们需要更多的循证出版物和随机对照试验, 也为角膜屈光手术患者的人工晶体的选择提供指南。

然而, 大多数研究提供的光晕和眩光的存在都是主观报道的, 没有一个客观的评估系统。因此, 大多数研究的结论是不一致的或应用的方法不充分, 我们需要更进一步找寻更为客观的指标评估这一术后并发症的影响。但针对目前已明确存在的眩光等问题我们仍需切实避免以及尽量解决: 我们需要在术前根据患者眼部情况及性格、用眼习惯等, 严格把控患者是否适合多功能人工晶体。眩光一旦发生, 一方面可以引导患者进行心理上的适应, 另一方面可以行晶体置换手术, 所以如何尽量降低这一术后并发症的影响, 以及如何进行正确的引导, 需要我们更用心去评估和治疗。

目前的临床研究没有常规地将不良并发症纳入其结果测量; 更多的临床研究是观察不同时期术后晶体相关方面的视觉质量及满意度, 因此, 常规测量术后并发症也是一个我们医生需要更进一步关注的方向。怎么更有效规避并发症以及在并发症发生时, 更简单、快捷、有效、伤害最小地提高患者舒适度,

改善患者生活质量, 是我们更应该努力的方向。选择植入的人工晶体类型与患者的个性、期望和临床条件一起, 是我们想要获得一个较为不错的术后视觉质量需要考虑的因素。一个优秀的近视力阅读是日常活动所必需的。除了手术晶体的选择, 此外, 为了达到最佳的术后结果, 混合匹配人工晶状体也是医生们正在考虑尝试的思路。

6. 结论

经过多篇文献的总结梳理, 我们从不同晶体的设计原理出发比较了晶体间的优势及特点, 进而比较不同晶体植入眼内的客观视觉质量指标及主观满意度、脱镜率指标, 尽管多功能晶体在中距离及近距离视物上有其独特的优势, 且在脱镜率上达到了较高的满意度, 但因光晕、眩光等光学现象存在, 多种类型晶体均存在其优势及劣势, 医生们需要进一步根据患者的经济情况、视物要求及患者个人心理因素、性格等情况综合考虑, 选择最适合患者的晶体, 而不是一味追求多功能人工晶体的应用。

参考文献

- [1] Lee, C.S., Gibbons, L.E., Lee, A.Y., Yanagihara, R.T., Blazes, M.S., Lee, M.L., *et al.* (2022) Association between Cataract Extraction and Development of Dementia. *JAMA Internal Medicine*, **182**, 134-141. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2021.6990>
- [2] 简飞龙, 孙康, 毕伍牧, 马显力. 新型多焦点人工晶状体临床应用新进展[J]. 中国临床新医学, 2019, 12(3): 338-342.
- [3] 刘梦可, 温跃春. 白内障合并近视患者行双眼单焦点人工晶体植入术后视力满意度的影响因素分析[J]. 实用防盲技术, 2022, 17(2): 47-52+56.
- [4] Na, K.-S., Lee, C.S., Kim, D.R., Song, S.H., Cho, S.Y., Kim, E.C., *et al.* (2021) Development of a Novel Multifocal Lens Using a Polarization Directed Flat Lens: Possible Candidate for a Multifocal Intraocular Lens. *BMC Ophthalmology*, **21**, Article No. 444. <https://doi.org/10.1186/s12886-021-02191-z>
- [5] 黄海静, 王雅静, 吴俊杰, 甘锐, 李为希. 老年人视觉活动特征及光环境需求调查分析[J]. 灯与照明, 2017, 41(2): 1-4+37.
- [6] 周霖, 陈颖欣. 不同类型人工晶状体的临床应用及研究进展[J]. 眼科学报, 2022, 37(7): 577-584.
- [7] 崔嵬, 杨松霖, 晏晓明. 区域折射型多焦点人工晶状体与非球面单焦点人工晶状体植入术后患者客观视觉质量的短期对比研究[J]. 中华眼科医学杂志(电子版), 2018, 8(3): 103-109.
- [8] Kanclerz, P., Toto, F., Grzybowski, A. and Alio, J.L. (2020) Extended Depth-of-Field Intraocular Lenses: An Update. *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology*, **9**, 194-202. <https://doi.org/10.1097/APO.0000000000000296>
- [9] Kohnen, T. (2015) First Implantation of a Diffractive Quadra-focal (Trifocal) Intraocular Lens. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, **41**, 2330-2332. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2015.11.012>
- [10] Pereira, A., Popovic, M.M., Ahmed, Y., Lloyd, J.C., El-Defrawy, S., Gorfinkel, J. and Schlenker, M.B. (2021) A Comparative Analysis of 12 Intraocular Lens Power Formulas. *International Ophthalmology*, **41**, 4137-4150. <https://doi.org/10.1007/s10792-021-01966-z>
- [11] Savini, G., Di Maita, M., Hoffer, K.J., Næser, K., Schiano-Lomoriello, D., Vagge, A., Di Cello, L. and Traverso, C.E. (2020) Comparison of 13 Formulas for Iol Power Calculation with Measurements From Partial Coherence Interferometry. *The British Journal of Ophthalmology*, **105**, 484-489. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2020-316193>
- [12] Li, C., Wang, M.W., Feng, R., Liang, F.Y., Liu, X.L., He, C. and Fan, S.X. (2022) Comparison of Formula-Specific Factors and Artificial Intelligence Formulas with Axial Length Adjustments in Bilateral Cataract Patients with Long Axial Length. *Ophthalmology and Therapy*, **11**, 1869-1881. <https://doi.org/10.1007/s40123-022-00551-6>
- [13] Lin, L., Xu, M.X., Mo, E., Huang, S.H., Qi, X.L., Gu, S.Y., Sun, W.J., Su, Q.D., Li, J. and Zhao, Y.-E. (1995) Accuracy of Newer Generation IOL Power Calculation Formulas in Eyes with High Axial Myopia. *Journal of Refractive Surgery*, **37**, 754-758. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20210712-08>
- [14] 王越, 柯敏, 王文欢, 吴胜玉. 年龄相关性白内障患者眼轴长度与角膜曲率、角膜散光、前房深度和眼压的关系[J]. 眼科新进展, 2017, 37(9): 879-882. <https://doi.org/10.13389/j.cnki.rao.2017.0223>
- [15] 陈璇. 三焦点人工晶体与双焦点人工晶体在老年性白内障术后患者中视觉质量的早期比较观察[J]. 中国临床新医学, 2019, 12(11): 1206-1209.

- [16] 班景飞, 李景珂, 郭黎霞. 三种 IOL 对年龄相关性白内障患者视力和视觉质量的影响[J]. 国际眼科杂志, 2021, 21(1): 106-110.
- [17] 闾汉东, 王斌. SIOL 和 MIOL 人工晶体植入对白内障患者术后视觉质量改善的对比研究[J]. 中国老年保健医学, 2021, 19(3): 43-44+47.
- [18] 孙良南, 朱远飞, 路璐, 张靓, 刘欣华. 区域折射多焦点人工晶状体植入术后视觉质量分析[J]. 国际眼科杂志, 2019, 19(4): 623-625.
- [19] 吕炜亮, 刘欣华, 张静. 两焦点与三焦点人工晶状体植入术后视觉质量的比较[J]. 国际眼科杂志, 2020, 20(1): 41-44.
- [20] 蔡泽淮. 白内障患者植入三焦点和单焦点人工晶体术后视觉疗效对比观察[C]//上海市医学会眼科分会, 浙江省医学会眼科分会, 安徽省医学会眼科分会, 福建省医学会眼科分会, 山东省医学会眼科分会. 第十八届国际眼科学术会议、第十八届国际视光学学术会议、第五届国际角膜塑形学术论坛、中国研究型医院学会眼科学与视觉科学专委会 2018 学术年会、第十八届中国国际眼科和视光技术及设备展览会暨第十四届中国眼科和视光专业医院展示推广会论文汇编: 2018 年卷, 2018: 14-15.
- [21] 肖畅, 张远平. 三种多焦点人工晶体植入术后视觉质量对比分析[J]. 黑龙江医药科学, 2020, 43(3): 78-81.
- [22] 秦勤, 刘军, 陈晖, 李一壮, 鲍连云, 何自芳, 解正高. 三焦点与单焦点人工晶状体植入术后 1 年视觉质量比较[J]. 中华实验眼科杂志, 2022, 40(5): 454-460.
- [23] 王文惠, 巫雷, 冯一帆. 双通道技术评价两种衍射型多焦点人工晶状体视网膜成像质量[J]. 国际眼科杂志, 2021, 21(3): 493-496.
- [24] Gillespie-Gallery, H., Konstantakopoulou, E., Harlow, J.A. and Barbur, J.L. (2013) Capturing Age-Related Changes in Functional Contrast Sensitivity with Decreasing Light Levels in Monocular and Binocular Vision. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **54**, 6093-6103. <https://doi.org/10.1167/iovs.13-12119>
- [25] 谢瞻, 丁宇华, 刘庆淮, 顾刘伟, 朱承华, 王飞. 三焦点与单焦点人工晶状体植入术效果的比较[J]. 国际眼科杂志, 2019, 19(5): 801-804.
- [26] Boiko, E.V. and Vinnitskiy, D.A. (2019) Comparison of Visual Functions in Patients after Implantation of Bifocal, Trifocal and Monofocal Intraocular Lenses. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery*, No. 1, 11-19. <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2019-1-11-19>
- [27] Vryghem, J.C. and Heireman, S. (2013) Visual Performance after the Implantation of a New Trifocal Intraocular Lens. *Clinical Ophthalmology*, **2013**, 1957-1965. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S44415>
- [28] 李晶, 尹双, 刘丽昆, 赵帅, 马忠旭. 不同种类人工晶状体植入术后患者的客观视觉质量及视觉相关生活质量的对比研究[J]. 眼科新进展, 2022, 42(6): 452-455+460. <https://doi.org/10.13389/j.cnki.rao.2022.0092>
- [29] Paik, D.W., Park, J.S., Yang, C.M., Lim, D.H. and Chung, T.-Y. (2021) Author Correction: Comparing the Visual Outcome, Visual Quality, and Satisfaction among Three Types of Multi-Focal Intraocular Lenses. *Scientific Reports*, **11**, Article No. 9776. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88753-z>
- [30] Webers, V.S.C., Bauer, N.J.C., Saelens, I.E.Y., Creten, O.J.M., Berendschot, T.T.J.M., et al. (2020) Comparison of the Intermediate Distance of a Trifocal IOL with an Extended Depth-of-Focus IOL: Results of a Prospective Randomized Trial. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, **46**, 193-203. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000012>
- [31] Dhital, A., Spalton, D.J. and Gala, K.B. (2013) Comparison of Near Vision, Intraocular Lens Movement, and Depth of Focus with Accommodating and Monofocal Intraocular Lenses. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, **39**, 1872-1878. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.05.049>
- [32] Harman, F.E., Maling, S., Kampougeris, G., Langan, L., Khan, I., Lee, N. and Bloom, P.A. (2008) Comparing the 1CU Accommodative, Multifocal, and Monofocal Intraocular Lenses: A Randomized Trial. *Ophthalmology*, **115**, 993-1001. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2007.08.042>
- [33] Sen, N.H., Sarikkola, A.-U., Uusitalo, R.J. and Laatikainen, L. (2004) Quality of Vision after AMO Array Multifocal Intraocular Lens Implantation. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, **30**, 2483-2493. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2004.04.049>
- [34] Nijkamp, M.D., Dolders, M.G., de Brabander, J., et al. (2004) Effectiveness of Multifocal Intraocular Lenses to Correct Presbyopia after Cataract Surgery: A Randomized Controlled Trial. *Ophthalmology*, **111**, 1832-1839. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2004.05.023>
- [35] 陈碧超, 谭倩, 王潇, 李雪婷, 曹丹敏, 王勇. 双眼三焦点人工晶状体和双焦点人工晶状体植入术后早期视觉质量比较[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2019, 21(6): 451-459.
- [36] Abela-Formanek, C., Amon, M., Schild, G., Schauersberger, J., Heinze, G. and Kruger, A. (2002) Uveal and Capsular Biocompatibility of Hydrophilic Acrylic, Hydrophobic Acrylic, and Silicone Intraocular Lenses. *Journal of Cataract &*

- Refractive Surgery*, **28**, 50-61. [https://doi.org/10.1016/S0886-3350\(01\)01122-1](https://doi.org/10.1016/S0886-3350(01)01122-1)
- [37] Choi, M., Lazo, M.Z., Kang, M., Lee, J. and Joo, C.-K. (2018) Effect of Number and Position of Intraocular Lens Haptics on Anterior Capsule Contraction: A Randomized, Prospective Trial. *BMC Ophthalmology*, **18**, Article No. 78. <https://doi.org/10.1186/s12886-018-0742-1>
- [38] Wang, Y.Y., Wang, W., Zhu, Y.N., Xu, J., Luo, C.Q. and Yao, K. (2022) Comparison Study of Anterior Capsule Contraction of Hydrophilic and Hydrophobic Intraocular Lenses under the Same Size Capsulotomy. *Translational Vision Science & Technology*, **11**, Article No. 24. <https://doi.org/10.1167/tvst.11.1.24>
- [39] Kato, S., Oshika, T., Numaga, J., Hayashi, Y., Oshiro, M., Yuguchi, T. and Kaiya, T. (2001) Anterior Capsular Contraction after Cataract Surgery in Eyes of Diabetic Patients. *The British Journal of Ophthalmology*, **85**, 21-23. <https://doi.org/10.1136/bjo.85.1.21>
- [40] Vanags, J., Erts, R. and Laganovska, G. (2021) Anterior Capsule Opening Contraction and Late Intraocular Lens Dislocation after Cataract Surgery in Patients with Weak or Partially Absent Zonular Support. *Medicina*, **57**, Article No. 35. <https://doi.org/10.3390/medicina57010035>
- [41] Praveen, M.R., Vasavada, A.R., Shah, G.D., Shah, A.R., Khamar, B.M. and Dave, K.H. (2014) A Prospective Evaluation of Posterior Capsule Opacification in Eyes with Diabetes Mellitus: A Case-Control Study. *Eye*, **28**, 720-727. <https://doi.org/10.1038/eye.2014.60>
- [42] Kugelberg, M., Wejde, G., Jayaram, H. and Zetterström, C. (2008) Two-Year Follow-up of Posterior Capsule Opacification after Implantation of a Hydrophilic or Hydrophobic Acrylic Intraocular Lens. *Acta Ophthalmologica*, **86**, 533-536. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0420.2007.01094.x>
- [43] Biber, J.M., Sandoval, H.P., Trivedi, R.H., Fernández de Castro, L.E., French, J.W. and Solomon, K.D. (2009) Comparison of the Incidence and Visual Significance of Posterior Capsule Opacification Between Multifocal Spherical, Monofocal Spherical, and Monofocal Aspheric Intraocular Lenses. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, **35**, 1234-1238. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2009.03.013>
- [44] Kang, S., Choi, J.A. and Joo, C.-K. (2009) Comparison of Posterior Capsular Opacification in Heparin-Surface-Modified Hydrophilic Acrylic and Hydrophobic Acrylic Intraocular Lenses. *Japanese Journal of Ophthalmology*, **53**, 204-208. <https://doi.org/10.1007/s10384-008-0646-3>
- [45] Liu, S.H., Zhao, X., Tang, J.M., Han, Y.M. and Lin, Q.K. (2021) Drug-Eluting Hydrophilic Coating Modification of Intraocular Lens via Facile Dopamine Self-Polymerization for Posterior Capsular Opacification Prevention. *ACS Biomaterials Science & Engineering*, **7**, 1065-1073. <https://doi.org/10.1021/acsbomaterials.0c01705>
- [46] 张琪, 程金伟, 魏锐利, 蔡季平, 李由. 人工晶体光学部边缘设计预防后囊膜混浊的 Meta 分析[J]. 实用医学杂志, 2009, 25(9): 1420-1423.
- [47] Maedel, S., Evans, J.R., Harrer-Seely, A. and Findl, O. (2021) Intraocular Lens Optic Edge Design for the Prevention of Posterior Capsule Opacification after Cataract Surgery. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, **8**, Article ID: CD012516. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012516.pub2>
- [48] 吴丹萍. PCO 发生相关因素分析及 Nd: YAG 后视觉质量研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海交通大学, 2019. <https://doi.org/10.27307/d.cnki.gsjtu.2019.002865>
- [49] Vock, L., Menapace, R., Stifter, E., Georgopoulos, M., Sacu, S. and Bühl, W. (2008) Posterior Capsule Opacification and neodymium: YAG Laser Capsulotomy Rates with a Round-Edged Silicone and a Sharp-Edged Hydrophobic Acrylic Intraocular Lens 10 Years after Surgery. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, **35**, 459-465. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2008.11.044>
- [50] Bellucci, C., Mora, P., Tedesco, S.A., Gandolfi, S. And Bellucci, R. (2023) Refractive Outcome and 5-Year Capsulotomy Rate of Hydrophobic and Hydrophilic IOLs with Similar Optical Design: A Contralateral Study. *Ophthalmology and Therapy*. <https://doi.org/10.1007/s40123-022-00646-0>
- [51] Ursell, P.G., Dhariwal, M., Majirska, K., Ender, F., Kalson-Ray, S., Venerus, A., Miglio, C. and Bouchet, C. (2018) Three-Year Incidence of Nd: YAG Capsulotomy and Posterior Capsule Opacification and Its Relationship to Monofocal Acrylic IOL Biomaterial: A UK Real World Evidence Study. *Eye*, **32**, 1579-1589. <https://doi.org/10.1038/s41433-018-0131-2>
- [52] Belda, J.I., Dabán, J.P., Elvira, J.C., O'Boyle, D., Puig, X., Pérez-Vives, C., Zou, M. And Sun, S. (2021) Nd: YAG Capsulotomy Incidence Associated with Five Different Single-Piece Monofocal Intraocular Lenses: A 3-Year Spanish Real-World Evidence Study of 8293 Eyes. *Eye*, **36**, 2205-2210. <https://doi.org/10.1038/s41433-021-01828-z>
- [53] Knorz Michael, C. (2019) Presbyopiekorrektur Mittels Linsensystemen. *Augenheilkunde Up2date*, **9**, 363-373. <https://doi.org/10.1055/a-0894-7332>
- [54] 曹冲, 边立娟, 张辉, 邹贺. 多焦点人工晶体植入矫正白内障术后老视的视觉质量[J]. 中国老年学杂志, 2021,

41(5): 1034-1036.

- [55] Villa, C., Gutiérrez, R., Jiménez, J.R. and González-Méijome, J.M. (2007) Night Vision Disturbances after Successful LASIK Surgery. *The British Journal of Ophthalmology*, **91**, 1031-1037.
<https://doi.org/10.1136/bjo.2006.110874>
- [56] Kohnen, T., Mahmoud, K. and Bühren, J. (2005) Comparison of Corneal Higher-Order Aberrations Induced by Myopic and Hyperopic LASIK. *Ophthalmology*, **112**, 1692.E1-1692.E11. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2005.05.004>
- [57] Yeo, T.K., Heng, W.J., Pek, D., Wong, J. and Fam, H.B. (2020) Accuracy of Intraocular Lens Formulas Using Total Keratometry in Eyes with Previous Myopic Laser Refractive Surgery. *Eye*, **35**, 1705-1711.
<https://doi.org/10.1038/s41433-020-01159-5>