

## 中文摘要

### 区域折射型与衍射型多焦点人工晶状体植入术后视觉质量对比分析

目的:

比较区域折射型多焦点人工晶状体 Lentis comfort LS-313 MF15 和衍射型多焦点人工晶状体 Tecnis ZMB00 植入术后患者视力、视觉质量和满意度, 评估两种不同设计原理多焦点人工晶状体的优势与不足, 为临床多焦点人工晶状体的应用提供参考。

方法:

选取于 2020.09 至 2021.09 在吉林大学第二医院行白内障超声乳化吸除联合多焦点人工晶状体植入术的年龄相关性白内障患者 265 例 (265 眼), 根据患者在术中植入 IOL 的类型将其分为 MF15 组 (141 例/141 眼, 年龄 49.0~79.0 岁, 平均年龄  $61.80\pm 9.83$  岁) 和 ZMB00 组 (124 例/124 眼, 年龄 45.0~76.0 岁, 平均年龄  $60.75\pm 7.34$  岁)。比较两组患者术后 3 个月时的裸眼远 (5 m)、中 (80 cm)、近 (40 cm) 距离视力, 离焦曲线, 调制传递函数(MTF), 5mm 瞳孔直径下的全眼波前像差 (包括全眼总高阶像差、三叶草差、球差、彗差), 术后 3 个月时予患者进行视觉质量问卷(QoV)调查以及对满意度等级评分。

结果:

1. 两组患者术前各参数差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。
2. 两组患者术后裸眼远视力均较好且无显著性差异 ( $P>0.05$ ); MF15 组患者的裸眼中视力优于 ZMB00 组, ZMB00 组患者的裸眼近视力优于 MF15 组, 差异具有统计学意义 ( $P<0.001$ )。
3. 离焦曲线图显示, 两组在 0D 处的视力相似。MF15 组患者在 -0.5D~1.5D 范围内的离焦曲线呈现连续视程趋势且在该范围内视力好于 ZMB00 组患者。而 ZMB00 组患者的离焦曲线在 0D 处和 -3.0D 处呈现出两个波峰, 且在 -2.5D~-4.0D 范围内视力好于 MF15 组患者, 差异具有统计学意义 ( $P<0.05$ )。
4. MF15 组患者术后 3 个月时的 MTF 值在所有空间频率下均低于 ZMB00 组患者, 差异具有统计学意义 ( $P<0.001$ )。
5. 在 5mm 瞳孔直径下, MF15 组患者术后 3 个月时的全眼总高阶像差、球差、彗差及三叶草差均高于 ZMB00 组, 差异具有统计学意义 ( $P<0.001$ )。

6. 术后3个月时 MF15 组患者的 QoV 评分低于 ZMB00 组，差异具有统计学意义( $P<0.05$ )，其中 MF15 组患者眩光发生频率的构成比为：从不 90%，偶尔 6%，经常 4%，总是 0%；ZMB00 组患者眩光发生频率的构成比为：从不 68%，偶尔 27%，经常 10%，总是 5%，差异具有统计学意义( $P<0.05$ )。MF15 组患者光晕发生频率的构成比为：从不 88%，偶尔 6%，经常 3%，总是 3%；ZMB00 组患者光晕发生频率的构成比为：从不 46%，偶尔 26%，经常 18%，总是 10%，差异具有统计学意义( $P<0.05$ )。MF15 组患者星芒发生频率的构成比为：从不 91%，偶尔 6%，经常 3%，总是 0%，ZMB00 组患者星芒发生频率的构成比为：从不 55%，偶尔 23%，经常 10%，总是 12%，差异具有统计学意义( $P<0.05$ )。两组患者的满意度评分差异没有统计学意义 ( $P>0.05$ )。

结论：

- 1、Lentis comfort LS-313 MF15 和 Tecnis ZMB00 均提供了出色的远距离视力和良好的视觉质量。
- 2、Lentis comfort LS-313 MF15 比 Tecnis ZMB00 具有更好的中距离视力和主观视觉质量。
- 3、Tecnis ZMB00 比 Lentis comfort LS-313 MF15 具有更出色的近距离视力、更好的对比敏感度和客观光学质量。
- 4、两组患者术后满意度均较高。

关键词：

多焦点人工晶状体，MF15，ZMB00，视觉质量，满意度

## **Abstract**

### **Comparison of visual quality after implantation of zonal refractive and diffractive multifocal intraocular lens**

#### **Purpose:**

To compare the visual acuity, visual quality and satisfaction of patients after implantation of the zonal refractive (Lentis comfort LS-313 MF15) and diffractive (Tecnis ZMB00) multifocal intraocular lens (MIOL), and to evaluate the advantages and shortcomings of two MIOLs with different design principles to provide a reference for the clinical application of MIOLs.

#### **Methods:**

A total of 265 eyes of 265 patients with age-related cataract who underwent phacoemulsification combined with multifocal IOL implantation surgery at the Second Hospital of Jilin University from September 2020 to September 2021 were selected and divided into MF15 group (141 eyes of 141 cases, aged 49.0-79.0, mean aged  $61.80 \pm 9.83$ ) and ZMB00 group (124 eyes of 124 cases, aged 45.0-76.0, mean aged  $60.75 \pm 7.3$ ) according to the type of multifocal IOL implanted intraoperatively. The uncorrected distance visual acuity (UDVA,5 m), uncorrected intermediate visual acuity (UIVA,80 cm), uncorrected near visual acuity (UNVA,40 cm), the whole-eye modulation transfer function (MTF), the total higher-order aberration under 5 mm pupil diameter, including clover, spherical aberration and coma, defocus curves, the quality of vision (QoV) questionnaire and satisfaction rating were observed 3 months after surgery.

#### **Results:**

1. There were no significant differences in the preoperative examination results between two groups ( $P>0.05$ ).
2. Both groups showed good UDVA( $P>0.05$ ); the UIVA of MF15 group was better than ZMB00 group, while the UNVA of ZMB00 group was better than MF15 group ( $P<0.001$ ).

3. The defocus curves showed that the visual acuity of two groups at 0D was similar. The defocus curve of MF15 group showed a trend of continuous visual range in the range of -0.5D to -1.5D and the visual acuity was better than ZMB00 group in this range. The defocus curve of ZMB00 group showed two peaks at 0D and -3.0D respectively, and the visual acuity in the range of -2.5D to -4.0D was better than that of MF15 group ( $P<0.05$ ).

4. MTF values at 3 months postoperatively were lower in MF15 group than in ZMB00 group patients at all spatial frequencies ( $P<0.001$ ).

5. The total higher-order aberration, spherical aberration, coma aberration, and cloverleaf aberration of the whole eye under 5 mm pupil diameter at 3 months postoperatively were higher in MF15 group than in ZMB00 group ( $P<0.001$ ).

6. The scores of QoV questionnaire in MF15 group were lower than those in ZMB00 group at 3 months postoperatively ( $P<0.05$ ), in which the composition ratios of glare frequency in MF15 group were: never 90%, occasionally 6%, frequently 4%, and always 0%, and those in ZMB00 group were: never 68%, occasionally 27%, frequently 10%, and always 5% ( $P<0.05$ ); the composition ratio of the frequency of halos in MF15 group patients was: never 88%, occasionally 6%, frequently 3%, and always 3%, and the composition ratio of the frequency of halos in ZMB00 group patients was: never 46%, occasionally 26%, frequently 18%, and always 10% ( $P<0.05$ ); the composition ratio of the frequency of auras in MF15 group patients was: never 91%, occasional 6%, frequent 3%, and always 0%, and the composition ratio of the frequency of asterixis in ZMB00 group patients was: never 55%, occasional 23%, frequent 10%, and always 12% ( $P<0.05$ ). There was no statistically significant difference in the satisfaction between the two groups at 3 months postoperatively ( $P>0.05$ ).

Conclusion:

1. Both MF15 and ZMB00 IOLs offered excellent distance vision recovery and good optical quality.
2. MF15 IOL provided more stable intermediate vision and less postoperative bad photic phenomena.

3. ZMB00 IOL showed better near vision, contrast sensitivity, and objective optical quality.
4. Both MF15 and ZMB00 IOLs received high level satisfaction in postoperative patients.

**Key words:**

Multifocal intraocular lens, MF15, ZMB00, Visual quality, Satisfaction

# 目 录

第一章 引言.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 综述.....	1
1.2.1 MIOL 类型及特点.....	2
1.2.2 术后视觉质量评估.....	5
1.2.3 问卷调查.....	7
1.2.4 小结 .....	8
第二章 研究对象和方法.....	9
2.1 研究对象.....	9
2.2 观察指标.....	9
2.3 统计学方法.....	9
第三章 结果.....	10
3.1 术前一般参数.....	10
3.2 视力.....	10
3.3 离焦曲线.....	11
3.4 波前像差.....	11
3.5 MTF 值 .....	12
3.6 视觉质量调查问卷和满意度 .....	12
第四章 讨论.....	14
第五章 结论.....	17
参考文献.....	18

作者简介及在学期间所获得的科研成果 .....	23
致谢 .....	24

## 英文缩略词表

英文缩写	英文全称	中文全称
IOL	intraocular lenses	人工晶状体
MIOL	multifocal intraocular lenses	多焦点人工晶状体
BIOL	bifocal intraocular lenses	双焦点人工晶状体
TIOL	trifocal intraocular lenses	三焦点人工晶状体
EDoF IOL	extended depth of focus intraocular lenses	景深延长型人工晶状体
MTF	modulation transfer function	调制传递函数
SR	Strehl ratio	斯特列尔比
PSF	point spread function	点扩散函数
CS	contrast sensitivity	对比敏感度
THOA	total high-order aberration	总高阶相差
RMS	root means squares	均方根
UDVA	uncorrected distance visual acuity	裸眼远视力
UIVA	uncorrected intermediate visual acuity	裸眼中视力
UNVA	uncorrected near visual acuity	裸眼近视力
VF-14	visual function index	视功能指数量表
QoV	quality of vision	视觉质量问卷



## 第一章 引言

### 1.1 研究背景

随着超声乳化技术的广泛开展，人工晶状体技术的迅速发展及人们生活质量的不断提升，屈光性手术已经逐渐成为白内障手术的主流。多焦点人工晶状体（Multifocal Intraocular Lens, MIOL）在白内障患者对术后视觉质量要求日益增高的推动下应运而生。根据光学原理不同，MIOL 分为折射型 MIOL、衍射型 MIOL 以及折射衍射混合型 MIOL。基于衍射或折射原理设计的多焦点人工晶状体提供了比单焦点人工晶状体植入后更优越的近视力，在临床上取得了显著的成功。然而，多焦点人工晶状术后对比敏感度的降低以及不良光学干扰现象（包括光晕和眩光等）的高发生率潜在地影响了白内障患者术后视觉质量及患者的满意度<sup>[1]</sup>。本研究通过科学的方法来比较白内障超声乳化吸除术联合不同光学原理的 MIOL 植入术后患者人工晶状体眼的视力及视觉质量，分析区域折射型多焦点人工晶状体 (Lentis Comfort LS-313 MF15) 和衍射型多焦点人工晶状体 (Tecnis ZMB00) 的视觉特点及患者的满意度，为日后在临床工作中根据患者的不同需求制定个性化治疗方案提供依据。

### 1.2 综述

根据 Lee CM 等<sup>[2]</sup>进行的流行病学调查，白内障致盲的患病率和绝对数量仍然很高，白内障一直以来是庞大的老年人群体不得不关注的疾病。白内障超声乳化联合 IOL 植入手术是目前广泛应用的白内障治疗方法。白内障超声乳化术的优点是手术时间短、手术切口更小、组织损伤更少、术后疼痛及炎症反应更轻且手术源性散光更小，与最初的白内障囊外摘除术相比优势显著<sup>[3]</sup>。白内障超声乳化术是白内障手术由复明手术过渡为屈光手术过程中划时代的里程碑式进展。而多焦点人工晶状体的应用则使得老年性白内障患者术后脱镜得以实现。传统单焦点人工晶状体术后光学干扰现象少，但是仅能提供远距离视力或近距离视力，不足以完全满足患者生活和工作需求，对于一些要求术后摘镜的患者使用上有一定的局限性。多焦点人工晶状体的研发为此类患者带来了术后脱镜的希望。多焦点人工晶状植入术的视力矫正范围广，可以为白内障术后患者提供清晰的远、中、近全程视力。因此，多焦点人工晶状体在临床上成为越来越

多白内障患者的首选<sup>[4]</sup>。但多焦点人工晶状体由于设计原理及制作工艺的因素，部分患者术后会产生对比敏感度下降及不良光学干扰现象增加等问题，这些问题都会造成患者术后视觉质量的降低，从而影响患者的生活质量。从设计原理及制作工艺上改善人工晶状体的光学特性可以有效避免光学干扰现象的产生，这需要人工晶状体专业设计人员的不懈努力。而临床医师可以根据大量 MIOL 植入术后的临床病例数据及丰富的经验积累，为患者选择合适的人工晶状体以满足其视力需求，实现个性化植入，力争达到精准治疗的目标。因此，本文就目前广泛应用的 MIOL 类型以及 MIOL 的术后视力、视觉质量、患者术后满意度评估等方面展开综述，希望为眼科医生在临床 MIOL 应用方面提供帮助。

### 1.2.1 MIOL 类型及特点

基于光的折射或衍射原理，通过 MIOL 的光线能够同时形成两个或两个以上焦点，甚至形成一段连续的焦线；此外，在同时知觉原理的作用下，呈于视网膜上的模糊像被舍弃，而与注视物体更接近且更清晰的像始终被大脑皮层选择<sup>[5]</sup>，在此基础上 MIOL 植入后不同距离视物能力的恢复得以实现。根据 MIOL 对不同距离视力的恢复能力可将其分为双焦点、三焦点、景深延长型和可调节型人工晶状体。

#### 1.2.1.1 双焦点人工晶状体

双焦点人工晶状体（Bifocal Intraocular Lens, BIOL）基于折射或衍射原理，使通过 IOL 的光线形成前后两个焦点，使患者获得不同距离的清晰视力。根据不同光学原理可进一步分为衍射型 BIOL、折射型 BIOL、折射-衍射混合型 BIOL。

衍射型 BIOL 可分为全光学面衍射型 BIOL 和阶梯渐进行射型 BIOL。（1）全光学面衍射型 BIOL 设计原理为前表面球面设计，后表面为全光学面不同个数的同心衍射环，利用光的衍射原理形成远近两个焦点。大部分全光学面衍射型 BIOL 能够均等分配光能，使患者无论视远处或是视近处时都能在视网膜上呈现两个像，一个清晰像，一个模糊像，因此受到瞳孔大小的影响很小。Tecnis ZMB00 人工晶状体就是此类设 MIOL 的代表。Tecnis ZMB00 人工晶状体是一款非球衍射型多焦点人工晶体，它使用高阿贝数疏水性丙烯酸材料，可以将对比敏感度提高 12%，并且最大限度地减少色差。Tecnis ZMB00 人工晶状体的总长

度为 13.0 mm，光学区的直径为 6.0 mm，前表面采用获得专利的波前像差非球面设计<sup>[6]</sup>，后表面为全光学面衍射环设计，拥有 29 个同心衍射环，中心环直径为 1mm，+4.0D 的近附加度数突出近距离视力，是一款非瞳孔依赖型的 MIOL。

(2) 阶梯渐进衍射型 BIOL 采用了光学部阶梯渐进衍射的设计原理，衍射环的宽度和梯度分别决定光的分布方向和光能分布。运用此类设计的 MIOL 代表有 AcrySof ReSTOR 人工晶状体。衍射型人工晶状体的优点：对人工晶状体居中性、瞳孔大小以及 Kappa 角的依赖性低。缺点：光能利用率不高，且光的衍射可使部分患者出现对比敏感度下降和光学干扰现象<sup>[7,8]</sup>。

折射型 BIOL 可分为区带折射型 BIOL 和区域折射型 BIOL。(1) 区带折射型 BIOL 的是由前表面不同屈光力的同心圆折射面和后表面光滑的球面构成。此类晶体的多个功能区域随着瞳孔的扩大得以充分暴露，才能使得通过各个功能区域的光线平衡分配，因此瞳孔大小及人工晶状体居中性对其成像质量影响较大。主要的区带折射型 BIOL 有 M-Flex630F 人工晶状体。(2) 区域折射型 BIOL 基于旋转不对称区域折射设计，设计原理类似于双光镜，分为上下两个不同屈光力的折射区域，即视远区和视近区，两个区域中部有一个狭小的过渡区，能够使远、近距离视力平稳过渡并且降低光能损失率<sup>[9]</sup>。区域折射型双焦点人工晶状体既保留了传统折射型 IOL 的优势，减少光学干扰现象的发生和降低光能损失率，又是一款非瞳孔依赖型的 MIOL。此类设计的 MIOL 代表有 MF15。Lentis Comfort LS-313 MF15 是一款非球面区域折射型多焦点人工晶状体。它使用表面疏水处理的亲水性丙烯酸材料，可有效防止后囊混浊的发生<sup>[10]</sup>，减少术后眼内炎的发生<sup>[11]</sup>。人工晶状体的长度为 11.0mm，光学区域直径为 6.0mm。MF15 在近视区域的附加屈光度为+1.50D，这种低附加设计使得两个焦点的焦段产生重合，即焦深延长，使中距离视力大大提升，且呈现出远中距离连续视程的趋势。

折射-衍射混合型 BIOL 的中央区域为渐进衍射区，衍射阶梯高度和宽度由中央向周边递减，兼顾了远近视力；周边区域为折射区，瞳孔扩大时可传递更多光能至远视力，同时可减少不良视觉干扰现象，改善视觉质量<sup>[12]</sup>。优势：远近视力良好，非瞳孔依赖性。不足之处：中距离视力一般。此类设计的 MIOL 有 ReSTOR SN6AD1 和 Ascrysof IQ ReSTOR 人工晶状体等。

双焦点人工晶状体初步实现了人工晶状体眼同时视远和视近功能，但仍存

在中距离视力有所欠缺的问题。

### 1.2.1.2 三焦点人工晶状体

三焦点人工晶状体 (Trifocal Intraocular Lens, TIOL) 同为折射-衍射混合型 MIOL, 通过渐进衍射设计或等高衍射设计, 使通过人工晶状体的光线分配到远、中、近三个焦点, 从而实现远中近全程视力。蔡司三焦点 AT LISA 采用专利平滑微相位技术和等高衍射设计, 拥有光滑的衍射阶梯, 减少了光线的散射, 保证了明暗光环境下的清晰视力, 减少瞳孔依赖性。一些研究显示, TIOL 的中距离视力优于 BIOL 人工晶状体, 而在远、近距离视力、对比敏感度和患者术后满意度方面两者并无明显差异<sup>[13-15]</sup>。与 BIOL 相比, TIOL 植入后可实现较清晰的远中近距离视力, 摘镜率明显提高, 但由于光线按一定比例分配到不同的焦点, 导致各个焦点的成像对比度下降。

### 1.2.1.3 景深延长型人工晶状体

景深延长型 (Extended Depth-of-Focus, EDoF) 人工晶状体, 又称连续视程人工晶状体, 其原理是利用阶梯衍射等方式构建一段连续的焦线从而扩展景深或延长焦深, 使物像清晰范围扩大。根据 IOL 实现延长景深的设计原理, 可进一步将其分为小孔成像型、球差型、生物模拟型、混合多焦衍射型、混合多焦折射型以及混合多焦折射-衍射型 EDoF 人工晶状体<sup>[16, 17]</sup>。代表的 IOL 有: Mini Well Ready、Tecnis Symphony ZXR00 等。Tecnis Symphony ZXR00 是一款混合多焦衍射型连续视程人工晶状体, 后表面拥有 9 个衍射阶梯环, 阶梯高度和间距从中心向周边逐渐变小, 两个临近阶梯的衍射光波变得不同步, 因此在某一区域中光波出现多处共振, 从而实现焦深延长。ZXR00 人工晶状体的远中距离视力连续, 对散光度数的包容性大, 但近距离视力稍有欠缺。EDoF 人工晶状体的焦深延长设计使其能够更好地容纳植入术后出现的 IOL 偏心和倾斜现象, 可显著减少术后的眩光、光晕及星芒等不良光学现象<sup>[18]</sup>。

### 1.2.1.4 可调节型人工晶状体

可调节型人工晶状体 (Accommodative Intraocular Lens, AIOL) 模拟人眼调节机制, 即睫状肌的收缩和放松可以改变囊袋中 AIOL 光学部的前后位置从而获得良好的术后远、近距离视力。AIOL 又分为位移调节型、双光学面调节型、变形调节型和其他类型的可调节人工晶状体<sup>[19]</sup>, 随着时间延长和囊膜机化其调

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/578060032132006042>