

角膜波前像差引导 FS-LASIK 治疗近视合并不同程度散光的疗效观察

张杨婧¹, 孙鹏²

引用: 张杨婧, 孙鹏. 角膜波前像差引导 FS-LASIK 治疗近视合并不同程度散光的疗效观察. 国际眼科杂志 2022; 22 (7): 1183-1186

作者单位:¹(830000) 中国新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市, 乌鲁木齐爱尔眼科医院;²(650041) 中国云南省昆明市, 昆明爱尔眼科医院

作者简介: 张杨婧, 硕士, 主治医师, 研究方向: 屈光手术。

通讯作者: 孙鹏, 硕士, 副主任医师, 研究方向: 屈光手术. sunpeng_1026@163.com

收稿日期: 2021-11-29 修回日期: 2022-06-06

摘要

目的: 比较角膜波前像差引导的 FS-LASIK 手术治疗近视合并不同程度散光患者的术后疗效及角膜高阶像差的变化。

方法: 回顾性病例研究。选取 2020-04/10 在昆明爱尔眼科医院初次行角膜波前像差引导的 FS-LASIK 手术治疗近视合并散光患者 133 例 265 眼。根据散光程度分为三组: 低散光组: 散光度 $\leq 1.0D$ 共 62 例 124 眼, 中散光组: 散光度 $1.25 \sim 2.0D$ 共 54 例 107 眼, 高散光组: 散光度 $\geq 2.25D$ 共 17 例 34 眼。记录患者术前及术后 3mo 时的视力及屈光度, 使用 Pentacam 三维角膜地形图测量患者角膜, 记录角膜 6mm 直径范围的总高阶像差(均方根)、球差、水平彗差、垂直彗差、水平三叶草差、倾斜三叶草差, 观察三组患者术后效果并比较手术前后角膜高阶像差的变化情况。

结果: 三组患者术后视力的有效性指数均大于 1.1, 残余屈光度均在 $\pm 0.30D$ 以内, 低散光组残余屈光度较其他两组最少 ($P < 0.05$)。术后 3mo 时三组患者的角膜总高阶像差、球差、垂直彗差较术前均增加 ($P < 0.05$)。高散光组术后的球差增量较其他两组最少 ($P < 0.05$)。

结论: 角膜波前像差引导的 FS-LASIK 手术矫正近视合并不同程度的散光均安全有效, 对于高散光患者效果确切, 术前散光的严重程度并非术后角膜高阶像差增加的原因。

关键词: 角膜波前像差引导; 飞秒激光辅助制瓣的准分子激光原位角膜磨镶术 (FS-LASIK); 近视; 散光; 高阶像差
DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2022.7.23

Observation of corneal wavefront-guided FS-LASIK in the treatment of myopia with different degrees of astigmatism

Yang-Jing Zhang¹, Peng Sun²

¹Urumqi Aier Eye Hospital, Urumqi 830000, Xinjiang Uygur

Autonomous Region, China; ²Aier Eye Hospital (Kunming), Kunming 650041, Yunnan Province, China

Correspondence to: Peng Sun. Aier Eye Hospital (Kunming), Kunming 650041, Yunnan Province, China. sunpeng_1026@163.com

Received: 2021-11-29 Accepted: 2022-06-06

Abstract

• **AIM:** To compare the postoperative efficacy of corneal wavefront-guided femtosecond laser-assisted excimer *in situ* keratomileusis (FS-LASIK) in the treatment of myopia patients with different degrees of astigmatism and the changes of corneal higher order aberration.

• **METHODS:** A total of 133 patients (265 eyes) with myopia and astigmatism were enrolled in this retrospective study. All of them underwent corneal wavefront-guided FS-LASIK surgery for the first time in Aier Eye Hospital (Kunming) from April to October 2020. The patients were divided into three groups according to the different astigmatism: Low astigmatism group: astigmatism $\leq 1.0D$, 62 cases (124 eyes), medium astigmatism group: a total of 54 cases (107 eyes) with astigmatism was $1.25 \sim 2.0D$, high astigmatism group: a total of 17 cases (34 eyes) with astigmatism $\geq 2.25D$. Visual acuity and refraction were recorded before surgery and 3mo after the surgery and the cornea of the patients was measured by Pentacam three-dimensional corneal topography. Record total higher order aberrations (root mean square), spherical aberration, horizontal coma, vertical coma, horizontal clover and oblique clover in the 6mm diameter range of the cornea. The postoperative effects of the three groups of patients were observed and the changes of corneal high order aberration before and after surgery were compared.

• **RESULTS:** The validity index of visual acuity in the three groups of patients was all greater than 1.1 and the residual diopter was all within $\pm 0.30D$. The residual diopter in the low astigmatism group was the least than that of the other two groups ($P < 0.05$). At 3mo after surgery, the corneal total higher order aberration, spherical aberration and vertical coma of the three groups were all increased compared with those before surgery ($P < 0.05$). The spherical aberration increase in the high astigmatism group was less than that in the other two groups ($P < 0.05$).

• **CONCLUSION:** Corneal wavefront-guided FS-LASIK surgery is safe and effective in the treatment of myopia with different degrees of astigmatism, and the effect is

also accurate for patients with high astigmatism. The degree of of preoperative astigmatism is not responsible for increased corneal higher order aberration after the surgery.

• KEYWORDS: corneal wavefront - guided; femtosecond laser-assisted excimer *in situ* keratomileusis (FS-LASIK); myopia; astigmatism; higher order aberration

Citation: Zhang YJ, Sun P. Observation of corneal wavefront - guided FS-LASIK in the treatment of myopia with different degrees of astigmatism. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022; 22 (7): 1183-1186

0 引言

飞秒激光辅助制瓣的准分子激光原位角膜磨镶术 (femtosecond laser *in situ* keratomileusis, FS-LASIK) 是矫正屈光不正的主要手术方法之一。角膜波前像差引导的 FS-LASIK 因其个性化优势对于近视合并散光, 尤其是高度散光及不规则散光的矫正更有意义。术后角膜的高阶像差变化与手术有一定关系, 了解其变化将会对角膜波前像差引导 LASIK 手术的设计以及术后早期愈合的认识有更大的帮助。本研究应用角膜波前像差引导的准分子激光个性化切削技术对近视合并不同程度散光的患者进行手术并观察疗效, 报告如下。

1 对象和方法

1.1 对象 回顾性病例研究。纳入 2020-04/10 在昆明爱尔眼科医院屈光中心初次行角膜波前像差引导的 FS-LASIK 手术的近视合并散光并完成复查的患者 133 例 265 眼。纳入标准: (1) 年龄 18~45 岁; (2) 具备 LASIK 手术指征; (3) 球镜度 -0.25~-8.50D, 柱镜度 0~-5.00D; (4) 角膜透明; (5) 角膜地形图检查形态正常。排除标准: (1) 既往接受过角膜屈光手术或白内障手术; (2) 合并其他眼科疾病, 如圆锥角膜、角膜炎、眼部感染性病变等; (3) 眼部外伤史; (4) 临床病历资料与随访资料不完整。所有患者术前均自愿接受手术并签署知情同意书, 本次临床研究通过医院伦理委员会审批。

1.2 方法 所有患者术前检查均符合角膜激光手术要求, 并于术前使用角膜地形图仪进行角膜波前像差检查。手术方法均采用 VisuMax 飞秒激光机制作角膜瓣, 角膜瓣蒂位于 12:00 位方向, 设计瓣膜厚度为 120 μ m, 直径 8.1mm。应用准分子激光仪, 光斑大小 0.54mm, 发射频率 1050Hz。切削光区直径依据屈光度的大小选择 6.4~6.8mm。所有手术均由同一经验丰富的医师完成。术后均使用 0.1% 氟米龙滴眼液每日 4 次, 每周递减至术后 1mo 停用, 人工泪液点眼每日 4 次, 加替沙星眼凝胶每日 1 次至术后 1mo 停用。

记录术前最佳矫正视力 (best corrected visual acuity, BCVA); 术前及术后 3mo 时综合验光的屈光度、Pentacam 检查的 Zernike 多项式中角膜高阶像差绝对值 (均取 6mm 直径范围), 包括总高阶像差均方根 (root mean square higher order aberration, RMS HOA)、球差、水平彗差、垂直彗差、水平三叶草差、倾斜三叶草差; 术后 3mo 时的裸眼视力 (uncorrected visual acuity, UCVA)、残余屈光度。

统计学分析: 采用 SPSS20.0 统计软件分析数据。计量资料以均数 \pm 标准差 ($\bar{x}\pm s$) 表示, 同组手术前后比较采

用配对 *t* 检验, 三组间比较用单因素方差分析, 两两比较采用 LSD-*t* 检验。以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 三组患者一般资料比较 本研究共纳入患者 133 例 265 眼, 其中男 77 例 153 眼, 女 56 例 112 眼, 年龄 18~45 岁, 等效球镜度 -1.37~-8.0D。根据散光程度分为三组: 低散光组: 散光度 $\leq 1.0D$ 共 62 例 124 眼, 中散光组: 散光度 1.25~2.0D 共 54 例 107 眼, 高散光组: 散光度 $\geq 2.25D$ 共 17 例 34 眼。三组患者术前一般资料比较差异无统计学意义 ($P>0.05$), 具有可比性, 见表 1。

2.2 三组患者手术前后视力和残余屈光度比较 三组患者术后 3mo UCVA (LogMAR) 均优于术前 BCVA (LogMAR), 视力有效性指数均大于 1.1。三组间有效性指数比较差异无统计学意义 ($F=1.212, P>0.05$)。三组间残余屈光度比较差异有统计学意义 ($F=4.447, P<0.05$)。术后 3mo 三组患者残余屈光度在 $\pm 0.30D$ 以内, 其中低散光组残余屈光度在 $\pm 0.20D$ 以内, 与中高散光组比较差异有统计学意义 ($P<0.05$), 见表 2。

2.3 术后 3mo 角膜高阶像差变化

2.3.1 低散光组手术前后角膜高阶像差比较 低散光组术后 3mo 总高阶像差是术前的 1.84 倍, 球差是术前的 1.85 倍。术后 3mo 总高阶像差、球差、垂直彗差较术前增加, 差异均有统计学意义 ($P<0.05$), 见表 3。

2.3.2 中散光组手术前后角膜高阶像差比较 中散光组术后 3mo 总高阶像差是术前的 1.92 倍, 球差是术前的 1.77 倍。术后 3mo 总高阶像差、球差、垂直彗差均较术前增加, 差异均有统计学意义 ($P<0.05$), 见表 4。

2.3.3 高散光组手术前后角膜高阶像差比较 高散光组术后 3mo 总高阶像差是术前的 1.62 倍, 术后球差是术前的 1.32 倍。术后 3mo 总高阶像差、球差、垂直彗差均较术前增加, 差异均有统计学意义 ($P<0.05$), 见表 5。

2.4 三组患者手术前后角膜高阶像差变化量比较 三组患者手术前后角膜球差变化量比较差异有统计学意义 ($P<0.05$), 高散光组术后球差的增加量最少, 与其他两组相比差异有统计学意义 ($P<0.05$), 见表 6。

2.5 并发症情况 所有患者术后 3mo 内均未发现切口内上皮植入、角膜瓣皱褶、弥漫性层间角膜炎、角膜扩张等并发症。

3 讨论

像差是实际成像和理想成像间的偏差, 可分为低阶像差 (离焦和散光) 和高阶像差。高阶像差主要是指球差、彗差、不规则散光等。其中, 球差和彗差是影响人眼成像的主要像差。已有多篇报道提示影响角膜屈光手术术后

表 1 三组患者术前一般资料比较

分组	眼数	年龄 (岁)	等效球镜 (D)	总高阶像差 (μ m)
低散光组	124	22.12 \pm 6.14	-5.15 \pm 0.90	0.398 \pm 0.128
中散光组	107	21.95 \pm 4.91	-5.48 \pm 0.74	0.397 \pm 0.115
高散光组	34	21.62 \pm 4.28	-5.01 \pm 1.60	0.399 \pm 0.094
<i>F</i>		3.244	1.360	4.583
<i>P</i>		0.311	0.258	0.451

注: 低散光组: 散光度 $\leq 1.0D$; 中散光组: 散光度 1.25~2.0D; 高散光组: 散光度 $\geq 2.25D$ 。

表2 三组患者手术前后视力和屈光度比较

分组	术前 BCVA(LogMAR)	术后 3mo UCVA(LogMAR)	有效性指数 (术后 UCVA/术前 BCVA)	残余屈光度(D)
低散光组	0.0057±0.187	-0.042±0.041	1.122±0.127	-0.157±0.252
中散光组	0.0170±0.025	-0.047±0.039	1.145±0.106	-0.252±0.294
高散光组	0.0156±0.036	-0.033±0.040	1.124±0.128	-0.287±0.375
<i>F</i>	2.469	1.831	1.212	4.447
<i>P</i>	0.087	0.162	0.299	0.013

注:低散光组:散光度≤1.0D;中散光组:散光度 1.25~2.0D;高散光组:散光度≥2.25D。

表3 低散光组手术前后角膜高阶像差比较

时间	总高阶像差	球差	水平彗差	垂直彗差	水平三叶草差	倾斜三叶草差
术前	0.398±0.128	0.221±0.093	-0.211±0.138	-0.078±0.156	0.002±0.105	-0.045±0.129
术后 3mo	0.732±0.024	0.410±0.159	0.188±0.305	-0.322±0.357	-0.006±0.119	-0.044±0.154
<i>t</i>	-12.728	-13.116	-1.911	5.435	1.162	-1.278
<i>P</i>	<0.001	<0.001	0.058	<0.001	0.053	0.051

表4 中散光组手术前后角膜高阶像差比较

时间	总高阶像差	球差	水平彗差	垂直彗差	水平三叶草差	倾斜三叶草差
术前	0.397±0.115	0.219±0.079	-0.222±0.147	-0.037±0.183	0.002±0.097	-0.034±0.109
术后 3mo	0.764±0.309	0.387±0.194	0.232±0.229	-0.265±0.402	-0.001±0.137	0.024±0.158
<i>t</i>	-11.336	-10.676	-0.089	7.312	0.184	-1.312
<i>P</i>	<0.001	<0.001	0.96	<0.001	0.855	0.65

表5 高散光组手术前后角膜高阶像差比较

时间	总高阶像差	球差	水平彗差	垂直彗差	水平三叶草差	倾斜三叶草差
术前	0.399±0.094	0.206±0.062	-0.182±0.150	-0.081±0.154	-0.010±0.086	-0.061±0.114
术后 3mo	0.646±0.231	0.272±0.153	0.232±0.197	-0.139±0.328	-0.038±0.146	0.057±0.165
<i>t</i>	-6.048	-2.584	-0.983	1.817	1.038	-1.320
<i>P</i>	<0.001	0.014	0.333	0.048	0.307	0.157

表6 三组患者手术前后角膜高阶像差变化量比较

分组	Δ总高阶像差	Δ球差	Δ水平彗差	Δ垂直彗差	Δ水平三叶草差	Δ倾斜三叶草差
低散光组	0.366±0.296	0.191±0.160	0.049±0.298	-0.281±0.384	-0.027±0.141	0.040±0.137
中散光组	0.336±0.332	0.187±0.184	0.067±0.236	-0.186±0.402	-0.013±0.148	0.068±0.130
高散光组	0.248±0.239	0.066±0.150	0.049±0.214	-0.168±0.347	-0.028±0.158	0.068±0.170
<i>F</i>	1.946	7.828	0.144	3.214	0.932	1.369
<i>P</i>	0.145	<0.001	0.866	0.062	0.395	0.256

注:低散光组:散光度≤1.0D;中散光组:散光度 1.25~2.0D;高散光组:散光度≥2.25D。

视觉质量的因素主要是术后高阶像差增大,从而影响视网膜成像质量,引起角膜屈光术后患者出现夜间视力下降、眩光、星芒等视觉症状^[1]。角膜波前像差引导的 FS-LASIK 是个性化手术的一种,在波前像差仪测量分析术前角膜像差的基础上,进行激光个体化切削,不仅可以消除人眼的低阶像差,同时还对人眼的高阶像差进行矫正和控制,从而优化术后视觉质量。

目前研究表明无论哪种角膜激光手术方式,术后全眼高阶像差均会有不同程度增加。主要原因包括^[1-2]:(1)术后角膜形态的改变,因手术改变了角膜前表面生理性的非球面性,术后周边光线聚焦在轴旁光线焦点之前,增加球差。(2)眼球旋转导致的临床或亚临床型偏中心切削是术后彗差增加的主要原因。(3)切削光区范围、切削平

滑度,术中角膜基质的水合状态,术后角膜雾状混浊,瓣下存在的组织碎屑,角膜层间反应及术后愈合过程中生物力学变化等,均可对术后角膜的波前像差造成影响。已有多位学者报道角膜地形图和角膜波前像差引导的 FS-LASIK 手术比常规的 LASIK 术后视力和视觉质量更好^[3-6]。个性化引导的 FS-LASIK 并不能做到术后没有高阶像差,但可以减少术眼本身已存在的高阶像差,同时最大程度的减少术源性高阶像差的引入^[7]。Padmanabhan 等^[8]认为波前像差引导的 LASIK 术后 6mo 时 6mm 瞳孔下角膜总高阶像差 RMS 值是术前的 1.96 倍。本研究三组患者术后 3mo 时 6mm 瞳孔下角膜总高阶像差均略低于文献报道,RMS 值分别是术前的 1.84、1.92、1.62 倍,效果满意,考虑与术中跟踪系统确保眼球定位从而减少偏中心切削,飞点扫描

使切削面更光滑均一等因素有关。

散光是影响术后视觉质量的重要因素,因此本次研究以术前散光度数不同进行分组。散光是一个二维变量,其对手术矫正效果的影响不仅取决于手术前后散光大小的变化,还与轴向的变化密切相关,眼球自旋等影响散光矫正的因素均需考虑在内^[9-10]。如果出现偏轴切削不但原有散光不能消除还会引起新的散光,从而影响术后视力及视觉质量^[11]。本研究结果显示三组患者视力的有效性指数均大于1.1,残余屈光度均在 $\pm 0.3D$ 以内,矫正效果满意,说明了角膜像差引导的FS-LASIK治疗中度及高度散光合并近视的患者也具有良好的预测性及安全性,这与已有的报道一致^[12]。术前散光严重程度并非术后角膜高阶像差增加的原因^[13]。原因为引导功能可在术中通过虹膜识别发现眼球偏移和旋转,术中跟踪系统可追踪切削中心,确保手术定位准确从而进行更精确的切削,在矫正球镜、柱镜度数的同时,还可以补偿因体位原因引起的散光轴位的扭转,并且术前可测量Kappa角,因而手术区的光学中心与手术眼的视轴重合度更高,从而能够获得更规则的切削表面,同时减少由于偏心切削引起的彗差,在矫正散光包括矫正高度散光中有良好的治疗效果^[14]。

人眼成像系统的复杂性决定了高阶像差的临床意义及其与视功能关系的多样性,并非所有的高阶像差均对人眼视觉质量有害,部分高阶像差可能是有益的。如一定程度的球差可增加景深,因此不宜完全消除。此外,人眼的像差成分之间存在一定的交互作用。某一项单独的像差不能代表该眼的光学质量,各像差相互组合后的影响方能体现患者术后真正的视觉质量。国外有学者报道不同阶像差的相互作用可以部分中和它们各自引起的视力下降^[15]。邱平等^[16]研究结果提示低阶像差和球差对患者的视觉质量有影响,但如合并有一定程度的其他高阶像差,如垂直彗差,其影响可以得到部分抵消。张丰菊等^[17]曾对未行手术的近视及近视散光眼进行观察,报道垂直彗差如为正值则BCVA相对较差,而水平彗差无论为正或负值,若其绝对值较大,都会影响患眼获得最佳的BCVA。在正视人眼中垂直彗差为负值可能对人眼的视觉质量有益。由此可推测水平彗差比垂直彗差更影响视觉质量。已有研究提示FS-LASIK手术制作角膜瓣对术后角膜的彗差有一定影响^[18],角膜瓣蒂部的位置可产生相同方向的彗差^[19],本研究中角膜瓣蒂部均设计在上方,仅少量增加垂直彗差,避免了因角膜瓣蒂部方向原因引起的水平彗差,从而减少一部分手术引入的彗差对术后视觉质量的影响。另外,本研究中发现高散光组是三组中手术后球差增量最少的组。推测原因可能为三组患者在术前等效球镜基线相同的情况下,高散光组的柱镜度数最高,即相对是球镜度数最低的组,手术矫正球镜量相对最低。有报道手术引入的球差和术前屈光度数有一定关系,球镜度越高,角膜前表面曲率改变越多,角膜变得相对更扁平,引入的高阶像差(特别是球差)相对较多^[13]。因此推测高散光组是三组中球差增量最少的组与此有关。三叶草像差主要反映位于周边区瞳孔的三叶草形状的不规则散光,常与不规则和不对称的角膜环曲面有关。本次观察发现术后水平三叶草数值无明显变化,倾斜三叶草差较术前数值略降低但变化量无统计学意义,其具体原因及意义有待进一步探索研究。

综上所述,虽然患者术后的球差及垂直彗差比术前略有增加,但角膜波前像差引导的FS-LASIK手术仍然是一种安全有效的屈光手术,并且在矫正高散光方面效果确切。本研究具有局限性,高散光组样本量偏少,未能更细致的进行分组;术后随访时间短,随访时间点少,未能进一步观察到长期及动态的高阶像差变化。目前我们对像差的认识还很局限,像差引导屈光手术的目的并非把每一个单项像差都消除为零,如何能更合理地选择性消除像差需要进一步探索。

参考文献

- 1 陈开建,白继,刘廷,等.角膜地形图引导FS-LASIK治疗非对称性角膜散光的疗效观察.中华眼视光学与视觉科学杂志 2016;18(7):394-398
- 2 程振英,褚仁远,周行涛.准分子激光原位角膜磨镶术治疗近视后眼高阶像差变化的研究.中华眼科杂志 2006;9:772-776
- 3 黄丹,张瑜,李伟,等.角膜地形图引导的FS-LASIK对近视眼患者术后视觉质量的影响.航空航天医学杂志 2021;32(1):10-11
- 4 康盈,王华,陈蛟.角膜地形图引导的FS-LASIK治疗近视及散光的视觉质量评估.中华眼视光学与视觉科学杂志 2019;21(6):414-419
- 5 唐恣,马代金.角膜地形图引导的FS-LASIK与常规FS-LASIK术后视觉质量比较.中华眼视光学与视觉科学杂志 2020;22(6):427-433
- 6 张新立,李海岗,崔国义.波前像差与角膜地形图引导个体化LASIK对术后视觉质量的影响.国际眼科杂志 2018;18(5):897-900
- 7 Chen XQ, Wang Y, Zhang JM, et al. Comparison of ocular higher-order aberrations after SMILE and wavefront-guided femtosecond LASIK for myopia. *BMC Ophthalmol* 2017;17(1):42
- 8 Padmanabhan P, Basuthkar SS, Joseph R. Ocular aberrations after wavefront optimized LASIK for myopia. *Indian J Ophthalmol* 2010;58(4):307-312
- 9 张佳媚,王雁.矢量分析法在评价角膜屈光手术矫正散光效果中的应用.中华眼科杂志 2016;52(1):63-67
- 10 Chernyak DA. Cyclotorsional eye motion occurring between wavefront measurement and refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2004;30(3):633-638
- 11 高萌蔓,郭秀瑾.影响SMILE矫正散光效果的相关因素.国际眼科纵览 2019;43(5):341-345
- 12 官苍宇,闫爱民,姚远,等.波前像差引导FS-LASIK治疗近视合并中高度散光患者术后高阶像差变化.国际眼科杂志 2018;18(2):393-395
- 13 Al-Zeraid FM, Osuagwu UL. Induced Higher-order aberrations after Laser in Situ Keratomileusis (LASIK) Performed with Wavefront-Guided IntraLase Femtosecond Laser in moderate to high Astigmatism. *BMC Ophthalmol* 2016;16:29
- 14 陶思思,王华,罗栋强,等.飞秒激光制瓣LASIK治疗近视散光的疗效分析.眼科新进展 2015;35(8):772-775
- 15 Applegate RA, Marsack JD, Ramos R, et al. Interaction between aberrations to improve or reduce visual performance. *J Cataract Refract Surg* 2003;29(8):1487-1495
- 16 邱平,王铮,杨斌,等.波阵面引导与常规准分子激光原位角膜磨镶术后对比敏感度和主观感觉的比较.中华眼科杂志 2007;43(4):329-335
- 17 张丰菊,孔繁学,于芳蕾,等.空海勤人员正视眼高阶像差和视觉质量.国际眼科杂志 2008;8(3):528-531
- 18 李晓静,李敬震.双眼分别采用SMILE和FS-LASIK手术的短期视觉质量比较.眼科 2019;28(4):302-306
- 19 任雁琳,史春生,姜波.FS-LASIK矫正不同程度近视术后角膜高阶像差的早期变化.国际眼科杂志 2021;21(5):796-799