

· 临床研究 ·

飞秒激光与微型角膜刀制瓣 LASIK 术后视觉质量比较

张晶 郑燕 刘倩 周跃华

100730 北京,首都医科大学附属北京同仁医院 北京同仁眼科中心 北京市眼科学与视觉科学重点实验室

通信作者:周跃华,Email:YH0220@yahoo.com

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2016.06.011

【摘要】 背景 准分子激光角膜原位磨镶术(LASIK)是目前矫正近视和近视散光的主要手术方式之一,研究表明飞秒激光制瓣 LASIK 的安全性、精确性及可预测性明显优于微型角膜刀制瓣 LASIK,但飞秒激光制瓣 LASIK 对患者视觉质量的影响仍是关注的焦点。目的 比较 Intralase FS60 飞秒激光和 Moria M2 微型角膜刀制瓣 LASIK 矫正屈光不正的临床疗效及术后视觉质量。方法 采用前瞻性非随机临床对照研究方法,纳入 2012 年 3—8 月于首都医科大学附属北京同仁医院拟行 LASIK 治疗近视及近视散光并符合纳入标准的患者共 102 例 204 眼。根据自愿的原则将患者分为 2 个组,各组患者基线特征匹配。飞秒激光制瓣组 50 例 100 眼行飞秒激光制瓣的 LASIK,微型角膜刀制瓣组 52 例 104 眼行微型角膜刀制瓣的 LASIK。分别于术前及术后 3 个月、6 个月和 1 年采用波前像差仪分析 6 mm 瞳孔下 Zernike 系数及高阶像差的均方根值,采用 Optec 6500 视功能测试仪测定暗视及暗视+眩光状态下 1.5、3.0、6.0、12.0 和 18.0 c/d 空间频率的对比敏感度(CS)。结果 飞秒激光制瓣组术后 3 个月、6 个月和 1 年裸眼视力达到及超过术前最佳矫正视力(BCVA)者分别占 95.1%、94.2% 和 93.9%,微型角膜刀制瓣组分别为 94.2%、93.8% 和 93.2%。术前、术后 3 个月和术后 1 年,飞秒激光制瓣组等效球镜度(SE)分别为(-6.37±2.12)、(-0.26±0.45)和(-0.45±0.51)D,微型角膜刀制瓣组分别为(-6.25±2.05)、(-0.44±0.64)和(-0.35±0.59)D,术后 3 个月和 1 年 2 个组间 SE 比较差异均无统计学意义($u=1.194, 1.429$, 均 $P>0.05$)。术后 3 个月、6 个月及 1 年飞秒激光制瓣组总高阶像差(RMS_h)及各项高阶像差均明显低于微型角膜刀制瓣组(均 $P<0.05$)。术后 3 个月和 6 个月飞秒激光制瓣组术眼在暗视及暗视+眩光状态下各空间频率的 LogCS 值均明显优于微型角膜刀制瓣组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。术后 1 年,2 个组间术眼在暗视状态下 1.5 c/d 空间频率的 LogCS 差异无统计学意义($P>0.05$),而飞秒激光制瓣组术眼在暗视及暗视+眩光状态下 12.0 c/d 和 18.0 c/d 空间频率的 LogCS 值均明显优于微型角膜刀制瓣组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。结论 飞秒激光制瓣的 LASIK 术后产生的高阶像差低于微型角膜刀制瓣的 LASIK,视觉质量优于微型角膜刀制瓣的 LASIK。

【关键词】 激光原位角膜磨镶术; 准分子激光; 近视/手术; 瓣; 像差; 对比敏感度; 飞秒激光; 比较研究

Corneal aberrations and visual performance after flap creation of LASIK with a femtosecond laser and a mechanical microkeratome Zhang Jing, Zheng Yan, Liu Qian, Zhou Yuehua

Beijing Tongren Eye Center, Beijing Key Laboratory of Ophthalmology and Visual Science, Beijing Tongren Hospital, Capital Medical University, Beijing 100730, China

Corresponding author: Zhou Yuehua, Email: Yh0220@yahoo.com

【Abstract】 **Background** Laser in situ keratomileusis (LASIK) for myopia and/or myopic astigmatism still is one of primary surgeries. Femtosecond laser (FS)-LASIK offers several advantages over microkeratomes for flap creation including better safety, reproducibility, and predictability. However, the visual performance after FS-LASIK is of high clinical concern. **Objective** This study was to compare the visual performance between Intralase FS60 femtosecond laser flap and mechanical microkeratome Moria M2 flap in LASIK. **Methods** A prospective non-randomized controlled study was performed. Two hundred and four myopic eyes of 102 patients were enrolled in this study and divided into two groups according to patients' opinion, with matched demography between the two groups.

LASIK with FS60 femtosecond laser flap was performed on 100 eyes of 50 myopia and/or myopic astigmatism in the FS group, and Moria M2 flap LASIK was performed on 104 eyes of 52 patients in the microkeratomes group. Zernike coefficients and the root-mean-square (RMS) of higher order aberrations were measured by WaveScan wavefront aberrometer before and 3, 6 and 12 months after surgery, and the contrast sensitivity (CS) in different spatial frequencies under the scotopia and scotopia + glare background was detected using Optec 6500 visual function instrument before and 3, 6, 12 months after surgery. This study protocol was approved by Ethic Committee of Beijing Tongren Hospital, and written informed consent was obtained from each patient prior to surgery. **Results** The uncorrected visual acuity (UCVA) levels after surgery reached or was superior to the preoperative best corrected visual acuity (BCVA) in 95.1%, 94.2% and 93.9% patients in the FS group and in 94.2%, 93.8% and 93.2% patients in the microkeratomes group 3, 6, 12 months after surgery, respectively. The mean spherical equivalent (SE) was (-6.37 ± 2.06) D, (-0.26 ± 0.45) D and (-0.45 ± 0.51) D in the FS group, (-6.25 ± 2.43) D, (-0.44 ± 0.64) D and (-0.35 ± 0.59) D in the microkeratomes group before surgery and 3, 12 months after surgery, respectively. There were no significant differences in the SE in various time points between the two groups ($u = 1.194, 1.429$; both at $P > 0.05$). The root means square high order (RMS_H) and RMS₃₋₆ in the FS group were significantly lower than those in the microkeratomes group 3, 6 and 12 months after surgery (all at $P < 0.05$). Under the background of scotopia or scotopia+glare, the LogCS values under different spatial frequencies were significantly higher in the FS group than those in the microkeratomes group 3 and 6 months after surgery (all at $P < 0.05$). In 12 months after surgery, no significant difference was found in the LogCS under the 1.5 c/d in the background of scotopia between FS group and microkeratomes group ($P > 0.05$), and the LogCS values under the 12.0 c/d and 18.0 c/d in the background of scotopia or scotopia+glare in the FS group were better than those in the microkeratomes group (all at $P < 0.05$). **Conclusions** Femtosecond laser assistant LASIK has better visual performance and lower higher-order aberrations than microkeratomes assistant LASIK.

[Key words] Keratomileusis, laser in situ; Lasers, excimer; Myopia/surgery; Surgical flaps; Aberration; Contrast sensitivity; Femtosecond laser; Comparative study

准分子激光角膜原位磨镶术 (laser in situ keratomileusis, LASIK) 是目前国内外矫正屈光不正的主流手术^[1], 其中角膜瓣的制作是 LASIK 手术成功的关键步骤之一。目前, 角膜瓣的制作主要有微型角膜刀制瓣和飞秒激光制瓣 2 种方法。随着飞秒激光制瓣 LASIK 的不断发展, 已有研究证明飞秒激光制瓣 LASIK 的安全性、精确性及可预测性明显优于微型角膜刀制瓣, 并发症逐步减少^[2-3]。目前, 飞秒激光制瓣 LASIK 对患者视觉质量的影响程度引起了临床医师的广泛关注。除了视力之外, 人眼像差和空间频率为 6 c/d 及 12 c/d 的对比敏感度 (contrast sensitivity, CS) 也是评价角膜屈光手术效果的重要指标^[4]。已有研究表明, LASIK 术后早期会有短暂的 (持续约 6 个月) CS 下降^[5-7]。目前, 关于飞秒激光制瓣与微型角膜刀制瓣 LASIK 术后视觉质量比较的研究较少。本研究对比分析 Intralase FS60 飞秒激光和 Moria M2 微型角膜刀制瓣的 LASIK 手术前后视力、屈光度、高阶像差及 CS 的变化, 并评估 2 种手术方式改善术后视觉质量的程度, 为屈光手术方式的选择提供依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用前瞻性非随机临床对照研究方法, 纳入 2012 年 3—8 月于首都医科大学附属北京同仁医院拟行 LASIK 治疗近视及近视散光角膜屈光手术的患者 102 例 204 眼。纳入标准: 年龄 ≥ 18 岁者; 屈光度数稳定 2 年以上者; 停戴软性角膜接触镜 2 周以上或硬性透气性角膜接触镜 4 周以上者; 能配合 CS 及波前像差检查, 并有条件按时随访者。排除标准: 圆锥角膜、角膜营养不良、角膜变性等眼病以及眼外伤、青光眼等眼部手术后患者。基于患者自愿的原则将患者分为飞秒激光制瓣组 50 例 100 眼和微型角膜刀制瓣组 52 例 104 眼。本研究通过首都医科大学附属北京同仁医院伦理委员会批准, 术前所有患者均被告知手术过程及相关并发症, 并签署知情同意书。2 个组患者年龄、术前等效球镜度 (spherical equivalent, SE)、角膜厚度和角膜曲率比较差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$) (表 1)。

表 1 飞秒激光制瓣组和微型角膜刀制瓣组术前基线资料比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	眼数	年龄 (岁)	SE (D)	角膜厚度 (μm)	角膜曲率 (D)
飞秒激光制瓣组	100	27.34 \pm 5.08	-6.37 \pm 2.06	535.12 \pm 18.57	44.08 \pm 1.79
微型角膜刀制瓣组	104	28.09 \pm 4.58	-6.25 \pm 2.43	538.29 \pm 19.65	44.39 \pm 1.52
<i>P</i>		0.368	0.551	0.479	0.832

注: SE: 等效球镜度 (*u* 检验)

1.2 检查方法

所有患者术前均进行常规眼部检查并记录相关资料,包括裸眼视力(uncorrected visual acuity, UCVA)、最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA)、非接触性眼压计和 Schiötz 眼压计测量眼压、裂隙灯显微镜检查眼前节、间接检眼镜检查眼底、电脑验光、显然验光、扩瞳验光、角膜曲率、A 型超声测量角膜厚度、角膜地形图检测、波前像差检查及 CS 检查。

1.2.1 波前像差检查 采用依据 Harman-Shack 原理设计的 WaveScan Wavefront 波前像差仪(美国 VISX 公司)测定术眼波前像差^[8]。检查在暗室环境待患者闭目休息 10 min 后进行,嘱患者瞬目后 3 s 内采集图像,注意虹膜外缘要充分暴露,以保证波前测量图像能被虹膜定位手术所采用,保存瞳孔直径为 6 mm 的波前像差结果。以上检查均由同一个专职医师操作实施,每眼重复测量 3 次,选取重复性好、原始摄图对焦最理想、中心偏位最少、低阶像差与显然验光误差最小(球镜度在 ± 0.75 D,柱镜度在 ± 0.5 D,散光轴在 $\pm 15^\circ$ 以内)的一次记录进行分析。记录分析 3~6 阶 Zernike 系数、总高阶像差均方根值(root means square of high order, RMSH)、各高阶像差的均方根值(RMS 3~6)及三阶彗差(Z_3^{-1} 和 Z_3^1 的均方根值)(Coma)、三叶草(Z_3^{-3} 和 Z_3^3 的均方根值)(Trefoil)和四阶球差(Z_4^0)(spherical aberration, SA)。

1.2.2 CS 检查 采用 Optec 6500 视功能测试仪(美国 Stereo Optical 公司),选用夜晚模式(光照为 3 cd/m^2)测定无眩光及眩光状态的 CS。每位受试者在暗室环境下佩戴可获得 BCVA 的试戴镜行单眼 CS 检查,空间频率分别为 1.5、3.0、6.0、12.0 和 18.0 c/d,检查时由低空间频率向高空间频率顺序进行,每个空间频率下要求患者自左向右(对比度由高至低)观察并说出图像中的条纹方向,直至无法辨认,由计算机分析软件记录该点数值。每个空间频率重复测量 2 次,取其平均值并转换为 Log 值进行分析。

1.3 手术方法

飞秒激光制瓣组:采用 Intralase FS60 飞秒激光,角膜瓣厚度设定为 110 μm ,激光能量设定为 0.75 μJ ,角膜瓣直径为 8.5 mm,蒂位于上方。微型角膜刀制瓣组:应用 Moria M2 微型角膜刀(110 刀头)制作角膜瓣,蒂位于上方,根据患者术前角膜曲率选取合适的负压吸引环。角膜瓣制作完成后,掀开角膜瓣,采用 VISX S4 型准分子激光机(美国 VISX 公司)大小光斑结合方式进行准分子激光切削,光学区直径为 6.0 mm,2 个组准分子激光切削模式一致。切削完毕后,将角

膜瓣复位,用生理盐水冲洗角膜瓣下的碎屑。所有手术均由同一位有经验的医师完成。术后用质量分数 0.1% 氟米龙滴眼液点眼,4 次/d,每 3 天减量 1 次,用质量分数 0.3% 氧氟沙星滴眼液和人工泪液滴眼液点眼,4 次/d。术后用药均持续 2 周。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 17.0 统计学软件进行统计分析。本研究测量指标的数据资料经 Kolmogorov-Smirnov 检验证实呈正态分布,以 $\bar{x}\pm s$ 表示;术眼术后视力改善的眼分布用百分数表示。采用均衡分组两水平和患者手术前后自身对照研究设计,飞秒激光制瓣组和微型角膜刀制瓣组术眼术前人口基线特征的差异比较采用独立样本 u 检验;2 个组间术后视力改善眼的百分数差异比较采用 Wilcoxon 秩和检验,组间残余屈光度的差异比较采用独立样本 u 检验。2 个组术眼在手术前后不同时间点波前像差及 CS(Log 值)的总体差异比较采用重复测量两因素方差分析,组间多重比较采用 Bonferroni 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2 个组有效性比较

飞秒激光制瓣组术后 3 个月、6 个月和 1 年术眼裸眼远视力 ≥ 1.0 者分别为 96.1%、95.6%和 94.3%,微型角膜刀制瓣组分别为 94.7%、94.9%和 93.7%,2 个组比较差异均无统计学意义($Z = 1.376$ 、 1.123 、 0.943 ,均 $P > 0.05$)。飞秒激光制瓣组术后 3 个月、6 个月和 1 年术眼裸眼视力达到及超过术前 BCVA 者分别占 95.1%、94.2%和 93.9%,微型角膜刀制瓣组分别占 94.2%、93.8%和 93.2%,2 个组间比较差异均无统计学意义($Z = 1.138$ 、 1.359 、 1.426 ,均 $P > 0.05$)。飞秒激光制瓣组术后 3 个月、6 个月和 1 年 BCVA 提高 1 行者分别占 20.3%、16.7%和 15.1%,提高 2 行者分别占 3.3%、2.3%和 1.2%,未发现 BCVA 下降 2 行及以上者。微型角膜刀制瓣组术眼术后 3 个月、6 个月和 1 年 BCVA 提高 1 行者分别占 17.8%、15.3%和 13.1%,提高 2 行者分别占 3.2%、1.0%和 1.1%,未发现 BCVA 下降 2 行及以上者。2 个组术中和术后均无明显并发症,术后 1 年随访期间无术眼需要进行二次手术。

2.2 2 个组可预测性比较

飞秒激光制瓣组术后 3 个月、6 个月和 1 年术眼术后残余屈光度在 ± 0.5 D 以内者分别占 93.6%、91.2%和 90.8%,微型角膜刀制瓣组分别占 92.6%、90.9%和 90.1%。飞秒激光制瓣组术后 3 个月和术

后 1 年 SE 分别为 $(-0.26 \pm 0.45)D$ 和 $(-0.45 \pm 0.51)D$, 微型角膜刀制瓣组分别为 $(-0.44 \pm 0.64)D$ 和 $(-0.35 \pm 0.59)D$, 术后 2 个组间 SE 的差异均无统计学意义 ($u = 1.194, 1.429$, 均 $P > 0.05$)。

2.3 2 个组术眼术后高阶像差比较

2.3.1 2 个组术眼术后 RMSH 比较 各组术眼在手术前后不同时间点 RMSH 的总体比较差异有统计学意义 ($F_{\text{分组}} = 2.512, P = 0.030; F_{\text{时间}} = 7.376, P = 0.003$), 术前 2 个组患者比较差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$); 术后 3 个月、6 个月和 1 年 2 个组术眼 RMSH 较术前均明显增加, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.01$), 且飞秒激光制瓣组术眼 RMSH 值均明显低于微型角膜刀制瓣组, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.01$) (表 2)。

表 2 2 个组术眼手术前后不同时间点 RMSH 比较 ($\bar{x} \pm s, \mu\text{m}$)

组别	眼数	不同时间点 RMSH 值			
		术前	术后 3 个月	术后 6 个月	术后 1 年
飞秒激光制瓣组	100	0.31±0.11	0.48±0.18 ^{ab}	0.54±0.16 ^{ab}	0.52±0.16 ^{ab}
微型角膜刀制瓣组	104	0.29±0.11	0.58±0.17 ^a	0.67±0.25 ^a	0.64±0.21 ^a

注: $F_{\text{分组}} = 2.512, P = 0.030; F_{\text{时间}} = 7.376, P = 0.003; F_{\text{交互作用}} = 1.642, P = 0.150$. 与各自组内术前值比较, ^a $P < 0.01$; 与同时间点微型角膜刀制瓣组比较, ^b $P < 0.05$ (重复测量两因素方差分析, Bonferroni 检验)
RMSH: 高阶像差均方根

2.3.2 2 个组术眼术后 Coma 比较 各组术眼手术前后不同时间点 Coma 的总体比较差异均有统计学意义 ($F_{\text{分组}} = 2.318, P = 0.020; F_{\text{时间}} = 9.278, P = 0.001$), 术后 3 个月、6 个月和 1 年各组内 Coma 值明显高于术前值, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.01$); 飞秒激光制瓣组术后各时间点 Coma 值明显低于微型角膜刀制瓣组, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$) (表 3)。

表 3 2 个组术眼手术前后不同时间点 Coma 比较 ($\bar{x} \pm s, \mu\text{m}$)

组别	眼数	不同时间点 Coma 值			
		术前	术后 3 个月	术后 6 个月	术后 1 年
飞秒激光制瓣组	100	0.16±0.09	0.32±0.18 ^{ab}	0.34±0.17 ^{ab}	0.33±0.18 ^{ab}
微型角膜刀制瓣组	104	0.14±0.09	0.37±0.19 ^a	0.40±0.25 ^a	0.41±0.21 ^a

注: $F_{\text{分组}} = 2.318, P = 0.020; F_{\text{时间}} = 9.278, P = 0.001; F_{\text{交互作用}} = 1.379, P = 0.210$. 与各自组内术前值比较, ^a $P < 0.01$; 与同时间点微型角膜刀制瓣组比较, ^b $P < 0.05$ (重复测量两因素方差分析, Bonferroni 检验)
Coma: 三阶彗差

2.3.3 2 个组术眼手术前后 Trefoil 比较 各组术眼在手术前后不同时间点 Trefoil 的总体比较差异有统

计学意义 ($F_{\text{分组}} = 2.625, P = 0.020; F_{\text{时间}} = 8.279, P = 0.001$), 术后 3 个月、6 个月和 1 年各组内 Trefoil 值明显高于术前值, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.01$); 飞秒激光制瓣组术后各时间点 Trefoil 值明显低于微型角膜刀制瓣组, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$) (表 4)。

表 4 2 个组术眼手术前后不同时间点 Trefoil 比较 ($\bar{x} \pm s, \mu\text{m}$)

组别	眼数	不同时间点 Trefoil 值			
		术前	术后 3 个月	术后 6 个月	术后 1 年
飞秒激光制瓣组	100	0.13±0.08	0.15±0.06 ^{ab}	0.16±0.06 ^{ab}	0.16±0.09 ^{ab}
微型角膜刀制瓣组	104	0.14±0.08	0.16±0.09 ^a	0.20±0.19 ^a	0.18±0.13 ^a

注: $F_{\text{分组}} = 2.625, P = 0.020; F_{\text{时间}} = 8.279, P = 0.001; F_{\text{交互作用}} = 1.421, P = 0.220$. 与各自组内术前值比较, ^a $P < 0.01$; 与同时间点微型角膜刀制瓣组比较, ^b $P < 0.05$ (重复测量两因素方差分析, Bonferroni 检验)
Trefoil: 三叶草

2.3.4 2 个组术眼术后 SA 比较 各组术眼在手术前后不同时间点 SA 的总体比较差异有统计学意义 ($F_{\text{分组}} = 3.028, P = 0.010; F_{\text{时间}} = 12.369, P < 0.001$), 飞秒激光制瓣组和微型角膜刀制瓣组术眼术后 3 个月、6 个月和 1 年 SA 值均明显高于术前值, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$); 飞秒激光制瓣组术后各时间点 SA 值明显低于微型角膜刀制瓣组, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$) (表 5)。

表 5 2 个组术眼手术前后不同时间点 SA 比较 ($\bar{x} \pm s, \mu\text{m}$)

组别	眼数	不同时间点 SA 值			
		术前	术后 3 个月	术后 6 个月	术后 1 年
飞秒激光制瓣组	100	0.11±0.09	0.22±0.14 ^{ab}	0.28±0.06 ^{ab}	0.25±0.15 ^{ab}
微型角膜刀制瓣组	104	0.10±0.07	0.28±0.17 ^a	0.35±0.17 ^a	0.33±0.21 ^a

注: $F_{\text{分组}} = 3.028, P = 0.010; F_{\text{时间}} = 12.369, P < 0.001; F_{\text{交互作用}} = 1.119, P = 0.320$. 与各自组内术前值比较, ^a $P < 0.01$; 与同时间点微型角膜刀制瓣组比较, ^b $P < 0.05$ (重复测量两因素方差分析, Bonferroni 检验)
SA: 球差

2.3.5 2 个组术眼术后 RMS3~6 值比较 2 个组术眼术前 RMS3~6 值的比较差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$)。术后 3 个月和 6 个月, 飞秒激光制瓣组 RMS3~6 值均低于微型角膜刀制瓣组, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$); 术后 1 年飞秒激光制瓣组 RMS3~5 均低于微型角膜刀制瓣组, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$) (表 6)。

表 6 2 个组术眼手术前后 RMS3-6 值比较 ($\bar{x} \pm s, \mu\text{m}$)

组别	眼数	不同时间点 RMS3 值				不同时间点 RMS4 值			
		术前	术后 3 个月	术后 6 个月	术后 1 年	术前	术后 3 个月	术后 6 个月	术后 1 年
飞秒激光制瓣组	100	0.23±0.11	0.35±0.18 ^{ab}	0.38±0.15 ^{ab}	0.37±0.16 ^{ab}	0.15±0.09	0.27±0.13 ^{ab}	0.32±0.15 ^{ab}	0.29±0.14 ^{ab}
微型角膜刀制瓣组	104	0.21±0.11	0.42±0.17 ^a	0.48±0.26 ^a	0.46±0.19 ^a	0.14±0.07	0.31±0.15 ^a	0.38±0.17 ^a	0.37±0.19 ^a

组别	眼数	不同时间点 RMS5 值				不同时间点 RMS6 值			
		术前	术后 3 个月	术后 6 个月	术后 1 年	术前	术后 3 个月	术后 6 个月	术后 1 年
飞秒激光制瓣组	100	0.08±0.03	0.11±0.05 ^{ab}	0.11±0.05 ^{ab}	0.11±0.04 ^{ab}	0.06±0.03	0.08±0.03 ^{ab}	0.08±0.03 ^{ab}	0.09±0.03 ^a
微型角膜刀制瓣组	104	0.07±0.05	0.13±0.05 ^a	0.15±0.07 ^a	0.16±0.11 ^a	0.06±0.04	0.10±0.04 ^a	0.11±0.03 ^a	0.10±0.04 ^a

注: RMS3: $F_{\text{分组}}=2.798, P=0.018; F_{\text{时间}}=10.741, P<0.001; F_{\text{交互作用}}=1.261, P=0.329$. RMS4: $F_{\text{分组}}=2.992, P=0.014; F_{\text{时间}}=12.539, P<0.001; F_{\text{交互作用}}=1.597, P=0.190$. RMS5: $F_{\text{分组}}=2.247, P=0.036; F_{\text{时间}}=6.485, P=0.004; F_{\text{交互作用}}=1.278, P=0.304$. RMS6: $F_{\text{分组}}=2.235, P=0.041; F_{\text{时间}}=5.126, P=0.006; F_{\text{交互作用}}=1.492, P=0.210$. 与各自组内术前值比较, ^a $P<0.01$; 与同时点微型角膜刀制瓣组比较, ^b $P<0.05$ (重复测量两因素方差分析, bonferroni 检验) RMS: 高阶像差

2.4 2 个组术眼手术前后 LogCS 比较

2 个组患者术眼手术前后不同时间点暗视状态下及暗视+眩光状态下 LogCS 的总体比较差异均有统计学意义 (暗视: $F_{\text{分组}}=6.597, P=0.005; F_{\text{时间}}=4.328, P=0.011$; 暗视+眩光: $F_{\text{分组}}=5.481, P=0.008; F_{\text{时间}}=5.236, P=0.008$), 术前 2 个组间暗视及暗视+眩光状态下各空间频率的 LogCS 值比较, 差异均无统计学意义 (均 $P>0.05$) (图 1); 飞秒激光制瓣组术后 3 个月、6 个月及 1 年暗视及暗视+眩光状态下 LogCS 均较术前暗视及暗视+眩光状态下 LogCS 值明显提高, 差异均有统计学意义 (均 $P<0.05$)。微型角膜刀制瓣组术后 3 个月暗视及暗视+眩光状态下 LogCS 较术前均有不同程度下降, 差异均有统计学意义 (均 $P<0.05$), 术后

6 个月及 1 年高空间频率 (12.0 c/d 和 18.0 c/d) 的 LogCS 低于术前, 差异均有统计学意义 (均 $P<0.05$), 低、中空间频率 (1.5、3.0、6.0 c/d) 的 LogCS 与术前比较差异无统计学意义 (均 $P>0.05$) (图 2)。

术后 3 个月和 6 个月, 飞秒激光制瓣组暗视及暗视+眩光状态下各空间频率的 LogCS 值均明显优于微型角膜刀制瓣组, 差异均有统计学意义 (均 $P<0.05$)。术后 1 年, 2 个组间暗视状态下 1.5 c/d 空间频率的 LogCS 值比较差异无统计学意义, 飞秒激光制瓣组在暗视及暗视+眩光状态下 3.0、6.0、12.0 和 18.0 c/d 的 LogCS 值均明显优于微型角膜刀制瓣组, 差异均有统计学意义 (均 $P<0.05$) (图 2)。

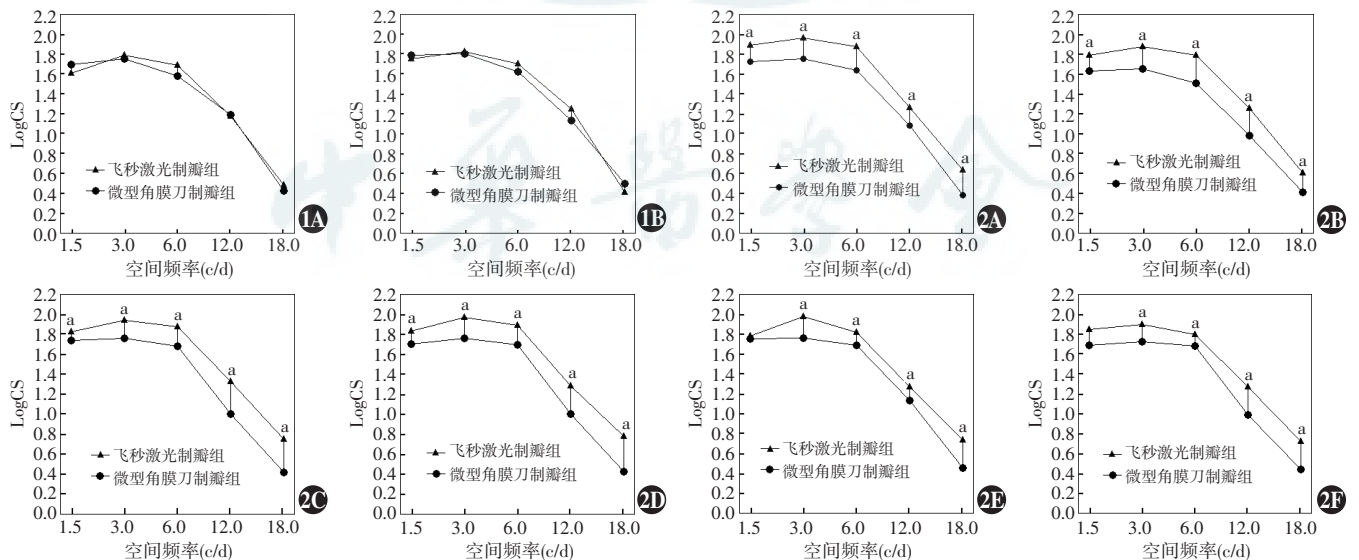


图 1 2 个组术前各空间频率的 LogCS 比较 飞秒激光制瓣组与微型角膜刀制瓣组间术眼手术前后暗视及暗视+眩光状态下各空间频率的 LogCS 的差异均无统计学意义 (独立样本 t 检验) A: 术前暗视状态下各空间频率的 LogCS 值 B: 术前暗视+眩光状态下 LogCS 值 CS: 对比敏感度 图 2 术后 2 个组术眼各空间频率的 LogCS 比较 与各自的微型角膜刀制瓣组比较, ^a $P<0.05$ (独立样本 t 检验) A: 术后 3 个月暗视状态下各空间频率的 LogCS 值 B: 术后 3 个月暗视+眩光状态下各空间频率的 LogCS 值 C: 术后 6 个月暗视状态下各空间频率的 LogCS 值 D: 术后 6 个月暗视+眩光状态下各空间频率的 LogCS 值 E: 术后 1 年暗视状态下各空间频率的 LogCS 值 F: 术后 1 年暗视+眩光状态下各空间频率的 LogCS 值 CS: 对比敏感度

3 讨论

LASIK 是矫正屈光不正的安全、有效的手术方式^[1], 但仍有部分患者主诉术后视觉质量下降, 如夜视力差、眩光和光晕等, 并且术后 CS 显著下降^[9-11]。LASIK 术中角膜瓣的制作与手术效果有着重要的关系。微型角膜刀制作的角膜瓣, 其可预测性和均匀性较差, 具有中央部较薄、周边部稍厚等特点, 且角膜瓣相关的并发症较多; 飞秒激光制作的角膜瓣, 其可预测性和均匀性较好, 角膜瓣相关并发症较少^[12]。由于 2 种方法制作角膜瓣的原理和过程均不同, 角膜瓣的形态也不相同, 患者术后视觉质量也会存在差异。

本研究结果表明, 飞秒激光制瓣和微型角膜刀制瓣 LASIK 的安全性、可预测性及有效性基本相当。安全性方面, 2 个组术中和术后均无明显并发症, 术后 1 年随访期间无一眼需要进行二次手术; 可预测性方面, 2 个组术后 3 个月、6 个月和 1 年均超过 90% 的眼术后残余屈光度在 ± 0.5 D 内; 有效性方面, 2 个组术后 3 个月、6 个月和 1 年均约 95% 的眼 UCVA ≥ 1.0 。本研究结果与以往研究的结论基本一致^[13], 提示 LASIK 术中应用飞秒激光和微型角膜刀制作角膜瓣, 术后在视力和屈光度等方面均有理想的临床效果。

近年来, 屈光手术发展迅速, “成功”的标准也日益提高, 医师和患者已不满足于 UCVA ≥ 1.0 , 提高视觉质量的要求日益迫切。目前的研究表明, 术后高阶像差的增加会降低视网膜的成像质量, 从而导致视觉质量的降低、视物模糊以及暗视下眩光、光晕、夜视力差等^[14-15]。常规的微型角膜刀制瓣的 LASIK 在矫正和降低离焦和散光等低阶像差的同时增加了球差、彗差等高阶像差, 这是引起术后视觉质量下降的主要原因^[16]。本研究中飞秒激光制瓣组术后高阶像差明显低于微型角膜刀制瓣组, 主要是由于飞秒激光制作的角膜瓣均一、规整且切削面光滑, 蒂的位置及边界更规则且一致^[2-3, 11]。另一方面, IntraLase FS60 飞秒激光边缘切削角度为 90° , 角度陡峭, 切削方式是先进行角膜板层切削再进行边缘切削; 而微型角膜刀制作角膜瓣切削方式是从边缘向中央逐渐进行, 不同的切削方式对角膜基质床几何力学上的影响也不同, 因此飞秒激光制瓣组术中产生的高阶像差, 特别是慧差和球差明显低于微型角膜刀制瓣组。

正常人 CS 曲线为倒“u”字形, 在中间频率的 CS 最高, 在低频率和高频率的 CS 较低。此曲线代表正常眼在空间对比度变化下视觉的识别能力, 含有从视网膜到大脑皮层整个视觉系统的更多信息(已排除屈

光系统影响), 从而扩大了形觉感觉内容, 比视力更全面地体现人眼的视觉功能^[17]。本研究中术后 3 个月和 6 个月暗视及暗视+眩光状态下, 飞秒激光制瓣组各空间频率 LogCS 值均明显优于微型角膜刀制瓣组。术后 1 年, 除暗视下 1.5 c/d 空间频率 2 个组间差异不明显外, 其余各空间频率暗视及暗视+眩光状态下飞秒激光制瓣组 LogCS 值均明显优于微型角膜刀制瓣组。飞秒激光制瓣组术后 3 个月、6 个月及 1 年暗视及暗视+眩光状态下 CS 均较术前明显提高; 微型角膜刀制瓣组术后 3 个月暗视及暗视+眩光状态下 LogCS 较术前均有不同程度的下降, 术后 6 个月及 1 年除高空间频率 CS (12.0 c/d 和 18.0 c/d) 仍低于术前外, 其余各空间频率 CS 恢复到术前水平, 说明飞秒激光制瓣组术后早期即可获得明显好于微型角膜刀制瓣组的 CS 结果, 随着伤口的愈合, 微型角膜刀制瓣组 CS 结果恢复到术前水平, 飞秒激光制瓣组远期的 CS 结果大部分仍优于微型角膜刀制瓣组。

有研究表明, BCVA 下高阶像差的增大会引起 CS 的下降, 然而并不是所有的高阶像差均引起 CS 的下降, 大多数高阶像差, 如慧差、球差、3 阶像差及 5 阶像差的增大会引起 CS 的下降, 而少部分高阶像差, 如 6 阶像差与 CS 呈正相关。因此, 总体像差不是决定 CS 的主要因素, 而高阶像差的构成才是对 CS 起着重要作用的因素。总体来说, 术前球差是影响 CS 的主要因素, 术后总高阶像差、慧差及球差是影响 CS 的主要因素^[18-19]。本研究认为由于飞秒激光制瓣精确且均一规整, 术后总高阶像差、慧差及球差值均明显低于微型角膜刀制瓣组, 因此术后早期和 1 年飞秒激光制瓣组暗视及暗视+眩光状态下各空间频率 CS 值均明显优于微型角膜刀制瓣组。

综上所述, 飞秒激光制瓣的 LASIK 比常规微型角膜刀制瓣的 LASIK 能够有效地矫正屈光不正, 提高术后裸眼视力及 CS 值, 改善术后视觉质量。然而, 准分子激光角膜屈光手术是一个极其复杂的过程, 如果能够控制角膜瓣及组织修复过程中的生物力学的改变, 术后高阶像差矫正的不可预测性就会得到明显改善。如何控制术后高阶像差的增加以及进一步提高准分子激光角膜屈光手术的可预测性, 还有待收集更多的样本, 以便进行长期深入的研究。

参考文献

- [1] Jiménez JR, Villa C, Anera RG, et al. Binocular visual performance after LASIK[J]. J Refract Surg, 2006, 22(7): 679-688.
- [2] Zhou Y, Tian L, Wang N, et al. Anterior segment optical coherence tomography measurement of LASIK flaps; femtosecond laser vs microkeratome[J]. J Refract Surg, 2011, 27(6): 408-416. DOI:10.

- 3928/1081597X-20101029-01.
- [3] Zhou Y, Zhang J, Tian L, et al. Comparison of the Ziemer FEMTO LDV femtosecond laser and Moria M2 mechanical microkeratome [J]. J Refract Surg, 2012, 28 (3) : 189 - 194. DOI: 10. 3928/1081597X-20120208-01.
- [4] Yu CQ, Manche EE. Subjective quality of vision after myopic LASIK: prospective 1-year comparison of two wavefront-guided excimer lasers [J]. J Refract Surg, 2016, 32 (4) : 224 - 229. DOI: 10. 3928/1081597X-20151222-03.
- [5] Lorente-Velázquez A, Nieto-Bona A, Collar CV, et al. Straylight and contrast sensitivity after corneal refractive therapy [J]. Optom Vis Sci, 2011, 88 (10) : 1245 - 1251. DOI: 10. 1097/OPX. 0b013e3182271449.
- [6] Arbelaez MC, Aslanides IM, Barraquer C, et al. LASIK for myopia and astigmatism using the SCHWIND AMARIS excimer laser: an international multicenter trial [J]. J Refract Surg, 2010, 26 (2) : 88 - 98. DOI: 10. 3928/1081597X-20100121-04.
- [7] Kim TW, Wee WR, Lee JH, et al. Contrast sensitivity after LASIK, LASEK, and wavefront-guided LASEK with the VISX S4 laser [J]. J Refract Surg, 2007, 23 (4) : 355 - 361.
- [8] Sáles CS, Manche EE. Comparison of ocular aberrations measured by a Fourier-based Hartmann-Shack and Zernike-based Tscherning aberrometer before and after laser in situ keratomileusis [J]. J Cataract Refract Surg, 2015, 41 (9) : 1820 - 1825. DOI: 10. 1016/j. jcrs. 2015. 09. 014.
- [9] Alió JL, Ortiz D, Muftuoglu O, et al. Ten years after photorefractive keratectomy (PRK) and laser in situ keratomileusis (LASIK) for moderate to high myopia (control-matched study) [J]. Br J Ophthalmol, 2009, 93 (10) : 1313 - 1318. DOI: 10. 1136/bjo. 2007. 131748.
- [10] Prakash G, Srivastava D, Suhail M. Femtosecond laser-assisted wavefront-guided LASIK using a newer generation aberrometer: 1-year results [J]. J Refract Surg, 2015, 31 (9) : 600 - 606. DOI: 10. 3928/1081597X-20150820-05.
- [11] 田磊, 周跃华, 王宁利, 等. IntraLase FS60 和 Femto LDV 飞秒激光制作角膜瓣的特点 [J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2011, 13 (1) : 4 - 8. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1674-845X. 2011. 01. 002.
- Tian L, Zhou YH, Wang NL, et al. Characteristics of flaps created with an IntraLase FS60 femtosecond laser versus a Femto LDV femtosecond laser [J]. Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci, 2011, 13 (1) : 4 - 8. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1674-845X. 2011. 01. 002.
- [12] 买志彬, 刘苏冰, 聂晓丽, 等. 飞秒激光与机械角膜刀制瓣准分子激光原位角膜磨镶术后视觉质量对比分析 [J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2013, 15 (7) : 409 - 413. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1674-845X. 2013. 07. 007.
- Mai ZB, Liu SB, Nie XL, et al. Comparison of visual quality after laser in situ keratomileusis flap creation with a femtosecond laser and a mechanical microkeratome [J]. Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci, 2013, 15 (7) : 409 - 413. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1674-845X. 2013. 07. 007.
- [13] Villarrubia A, Palacín E, Bains R, et al. Comparison of custom ablation and conventional laser in situ keratomileusis for myopia and myopic astigmatism using the Alcon excimer laser [J]. Cornea, 2009, 28 (9) : 971 - 975. DOI: 10. 1097/ICO. 0b013e31819ce213.
- [14] Kosaki R, Maeda N, Hayashi H, et al. Effect of NIDEK optimized aspheric transition zone ablation profile on higher order aberrations during LASIK for myopia [J]. J Refract Surg, 2009, 25 (4) : 331 - 338.
- [15] Serrao S, Lombardo G, Ducoli P, et al. Optical performance of the cornea six years following photorefractive keratectomy for myopia [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2011, 52 (2) : 846 - 857. DOI: 10. 1167/iov. 10-5905.
- [16] 毕宏生. 对比敏感度在眼科的临床应用 [J]. 中华眼科杂志, 2004, 40 (9) : 645 - 648.
- Bi HS. Application of contrast sensitivity to ophthalmology [J]. Chin J Ophthalmol, 2004, 40 (9) : 645 - 648.
- [17] Miller D. Optic and refraction [M]. New York: Gower Medical Publishing, 1991 : 15 - 23.
- [18] Zhang J, Zhou Y, Li R, et al. Visual performance after conventional LASIK and wavefront-guided LASIK with iris-registration: results at 1 years [J]. Int J Ophthalmol (Eng), 2013, 6 (4) : 498 - 504.
- [19] Kung JS, Manche EE. Quality of vision after wavefront-guided or wavefront-optimized LASIK: a prospective randomized contralateral eye study [J]. J Refract Surg, 2016, 32 (4) : 230 - 236. DOI: 10. 3928/1081597X-20151230-01.

(收稿日期:2015-10-12)

(本文编辑:刘艳 张宇)

读者 · 作者 · 编者

眼科常用英文缩略语名词解释

- AMD: 年龄相关性黄斑变性 (age-related macular degeneration)
- ANOVA: 单因素方差分析 (one-way analysis of variance)
- BUT: 泪膜破裂时间 (breakup time of tear film)
- DR: 糖尿病视网膜病变 (diabetic retinopathy)
- EAU: 实验性自身免疫性葡萄膜炎 (experimental autoimmune uveitis)
- EGF: 表皮生长因子 (epidermal growth factor)
- ELISA: 酶联免疫吸附测定 (enzyme-linked immunosorbent assay)
- ERG: 视网膜电图 (electroretinogram)
- FFA: 荧光素眼底血管造影 (fundus fluorescein angiography)
- FGF: 成纤维细胞生长因子 (fibroblast growth factor)
- GFP: 绿色荧光蛋白 (green fluorescent protein)
- IFN- γ : γ 干扰素 (interferon- γ)
- IL: 白细胞介素 (interleukin)
- IOL: 人工晶状体 (intraocular lens)
- IRBP: 光间受体视黄类物质结合蛋白 (interphotoreceptor retinoid binding protein)
- LASIK: 准分子激光原位角膜磨镶术 (laser in situ keratomileusis)
- ICGA: 吲哚青绿血管造影 (indocyanine green angiography)
- LECs: 晶状体上皮细胞 (lens epithelial cells)
- miRNA: 微小 RNA (microRNA)
- MMP: 基质金属蛋白酶 (matrix metalloproteinase)
- mTOR: 哺乳动物类雷帕霉素靶蛋白 (mammalian target of rapamycin)
- MTT: 四甲基偶氮唑盐 (methyl thiazolyl tetrazolium)
- NF: 核因子 (nuclear factor)
- OCT: 光学相干断层扫描 (optical coherence tomography)
- OR: 优势比 (odds ratio)
- PACG: 原发性闭角型青光眼 (primary angle-closure glaucoma)
- PCR: 聚合酶链式反应 (polymerase chain reaction)
- RGCs: 视网膜节细胞 (retinal ganglion cells)
- POAG: 原发性开角型青光眼 (primary open angle glaucoma)
- RPE: 视网膜色素上皮 (retinal pigment epithelium)
- RNV: 视网膜新生血管 (retinal neovascularization)
- RP: 视网膜色素变性 (retinitis pigmentosa)
- S I t: 泪液分泌试验 (Schirmer I test)
- shRNA: 小发夹 RNA (short hairpin RNA)
- siRNA: 小干扰 RNA (small interfering RNA)
- α -SMA: α -平滑肌肌动蛋白 (α -smooth muscle actin)
- TAO: 甲状腺相关眼病 (thyroid-associated ophthalmopathy)
- TGF: 转化生长因子 (transforming growth factor)
- TNF: 肿瘤坏死因子 (tumor necrosis factor)
- UBM: 超声生物显微镜 (ultrasound biomicroscope)
- VEGF: 血管内皮生长因子 (vascular endothelial growth factor)
- VEP: 视觉诱发电位 (visual evoked potential)

(本刊编辑部)