DOI:10.16016/j.1000-5404.202106180

SMILE与FS-LASIK矫正高度近视术后5年屈光结果及眼内散射分析

郎 敏,张 娇,陶露莎,余 婷,潘 娇,刘明明,叶 剑 400042 重庆,陆军军医大学(第三军医大学)大坪医院眼科

[摘要] **目的** 比较飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(small incision lenticule extraction,SMILE)和飞秒激光制瓣的准分子激光原位角膜磨镶术(femtosecond laser-assisted LASIK,FS-LASIK)矫正高度近视及散光术后5年屈光结果以及散射相关视觉质量的差异。**方法** 回顾性分析2011年12月至2013年7月在我科行飞秒激光角膜屈光矫正术的高度近视患者58例,按患者选择的手术方式不同分为SMILE组30例(30只眼)和FS-LASIK组28例(28只眼),仅左眼纳入研究。将术前,术后3个月、6个月、1年和5年的数据进行统计分析,观察患者裸眼远视力(uncorrected distant visual acuity,UDVA)、最佳矫正远视视力(corrected distance visual acuity,CDVA)、等效球镜度(spherical equivalent,SE),双通道视觉质量分析系统(Optical Quality Analysis System,OQAS Ⅱ)检查统计眼内客观散射指数(objective scattering Index,OSI)、调制传递函数截止频率(modulation transfer function cutoff frequency,MTF_{cutoff})、斯特列尔比值(Strehl ratio,SR)、对比度为100%、20%和9%时的视力(VA100%、VA20%、VA9%)。**结果** 术后5年,安全性指数SMILE组1.136±0.099,FS-LASIK组1.128±0.129,两组比较无统计学差异($P>0.05$);有效性指数SMILE组1.072±0.151,FS-LASIK组1.063±0.145,两组比较无统计学差异($P>0.05$);术后5年UDVA达到1.0及以上的SMILE组占77%,FS-LASIK组占71%;可预测性SMILE组在±0.50D以内的占87%,FS-LASIK组占75%。SMILE组等效球镜度术前为(-7.22±0.91)D、术后5年为(-0.12±0.38)D,FS-LASIK组术前为(-8.01±1.09)D、术后5年为(-0.31±0.44)D,协方差分析两组术后5年SE有统计学差异($P<0.05$)。术后5年两组MTF、SR、VA20%、VA9%比较差异均无统计学意义($P>0.05$),但两组OSI、VA100%相比差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论** SMILE与FS-LASIK两种手术方式矫正高度近视5年具有相似的有效性、安全性、可预测性和稳定性,SMILE术后对眼内散射的影响略小于FS-LASIK手术。

[关键词] 飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术;飞秒激光制瓣的准分子激光原位角膜磨镶术;高度近视;术后5年;视觉质量;散射

[中图法分类号] R195.4;R778.11;R779.62 [文献标志码] A

Refractive results and intraocular scattering 5 years after high myopia correction: a comparison between SMILE and FS-LASIK surgeries

LANG Min, ZHANG Jiao, TAO Lusha, YU Ting, PAN Jiao, LIU Mingming, YE Jian Department of Ophthalmology, Daping Hospital, Army Medical University (Third Military Medical University), Chongqing, 400042, China

[**Abstract**] **Objective** To compare the refractive results and scattering-related visual quality between small incision lenticule extraction (SMILE) and femtosecond laser-assisted LASIK (FS-LASIK) surgeries in 5 years after correction of high myopia and astigmatism. **Methods** A retrospective analysis was performed on 58 patients with high myopic who underwent corneal refractive correction surgery in our hospital from December 2011 to July 2013. The patients were divided into the SMILE group ($n=30$) and FS-LASIK group ($n=28$) according to their received surgical methods, only the left eyes being included for each patient. The

[通信作者] 叶 剑,E-mail:yejian1979@163.com

1000-5404/Copyright © 2021, 陆军军医大学(第三军医大学)。这篇开放获取文章遵循 CC BY 许可协议( )

preoperative and postoperative data at 3 and 6 months and 1 and 5 years were compared and analyzed. The observation indicators included uncorrected distant visual acuity (UDVA), corrected distance visual acuity (CDVA) and spherical equivalent (SE), and the parameters such as objective scattering Index (OSI), modulation transfer function cutoff frequency (MTF_{cutoff}), Strehl ratio (SR), VA100%, VA20% and VA9% were examined using Optical Quality Analysis System (OQAS Ⅱ). **Results** During the follow-up of 5 years, the safety index was 1.136±0.099 in the SMILE group and 1.128±0.129 in the FS-LASIK group, and the efficacy index were 1.072±0.151 and 1.063±0.145 respectively, with no significant difference between the 2 groups ($P>0.05$). About 77% of treated eyes in the SMILE group and 71% in the FS-LASIK group obtained a postoperative UDVA of 1.0 or better. Predictability within ±0.50D accounted for 87% in the SMILE group and 75% in the FS-LASIK group. The SE of the SMILE group was (−7.22±0.91)D before surgery and (−0.12±0.38)D in 5 years after surgery, and those of the FS-LASIK group were (8.01±1.09)D and (−0.31±0.44)D respectively, indicating significant difference ($P<0.05$). Moreover, there was no difference in MTF, SR, VA20% and VA9% between the 2 groups ($P>0.05$), while the differences in OSI and VA100% were significant ($P<0.05$). **Conclusion** SMILE and FS-LASIK have similar efficacy, safety, predictability and stability in 5 years after high myopia correction, and SMILE has slightly less effect on intraocular scattering than FS-LASIK.

[**Key words**] small incision lenticule extraction; femtosecond laser-assisted LASIK; high myopia; 5 years after operation; visual quality; scattering

Corresponding author: YE Jian, E-mail: yejian1979@163.com

随着科技的进步和发展,角膜屈光手术也得到不断发展,从准分子激光时代跨越到飞秒激光时代。飞秒激光辅助的准分子激光原位角膜磨镶术(femtosecond laser-assisted laser in situ keratomileusis, FS-LASIK)在很多地区已经取代了机械刀制瓣的LASIK手术。飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(small-incision lenticule extraction, SMILE)是一种相对较新的角膜屈光矫正手术,2011年SEKUNDO等[1]首次报道了该手术利用飞秒激光制作一个基质透镜,再从微小切口将透镜取出,从而减少角膜瓣相关的并发症,达到"无瓣"状态。目前,FS-LASIK和SMILE手术在角膜屈光手术术式中占了大部分比例。尽管已有研究证实了这两种手术方式的长期安全性、有效性、稳定性和可预测性[2-4],但针对矫正高度近视及散光术后的长期临床疗效的研究非常少。本研究对已行SMILE或FS-LASIK手术矫正的高度近视及散光患者进行术后长期随访研究,比较两种手术方式矫正高度近视及散光术后5年的屈光状态和眼内散射相关视觉质量。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究采用病例-对照研究设计。对2011年12月至2013年7月在我科行飞秒激光角膜屈光矫正术的58例患者进行随访研究,其中男性26例,女性32例。按手术方式,分为SMILE组30例,FS-LASIK组28例,仅左眼纳入本研究。本研究符合赫尔辛基宣言原则,已得到我院伦理委员会批准同意[医研伦审2019第(52)号]。

1.2 纳入与排除标准

纳入标准:①年龄18~40岁;②术前等效球镜度为-6.00~-10.00D,柱镜度在4.00D以内;③术前最佳矫正远视力(best corrected distance visual acuity, CDVA)≥20/25,术后残余角膜基质厚度≥280 μm;④已完成术后1年内常规随访并能完成术后第5年随访。排除标准:①术后5年内有眼部或全身疾病引起视力下降者;②术后5年内出现焦虑、抑郁等精神症状;③术后出现圆锥角膜、角膜膨隆及严重干眼等。

1.3 观察指标

1.3.1 常规检查指标 所有患者术前均行裸眼视力(uncorrected distant visual acuity, UDVA)、CDVA、眼压、裂隙灯、散瞳眼底、角膜地形图、眼轴等检查。术后1 d、1周、1个月、3个月、6个月和1年进行常规随访,检查包括UDVA、电脑验光、眼压和裂隙灯检查。术后5年受本研究电话邀约,随访内容包括UDVA、CDVA、电脑验光、眼压、眼轴。安全性=平均术后最佳矫正远视力/平均术前最佳矫正远视力;有效性=平均术后裸眼远视力/平均术前最佳矫正远视力;可预测性为术前拟矫正等效球镜度数与术后达到的等效球镜度数相比差别不超过±0.50D的术眼占全部术眼的百分比[5]。

1.3.2 客观视觉质量检查 双通道视觉质量分析系统(optical quality analysis system, OQAS Ⅱ,西班牙Visiometrics公司)应用于眼科对视觉功能进行检测,

其能够从像差、散射和衍射等方面综合评估人眼的视觉质量。所有测试均在间视条件下借助4.0 mm人工瞳孔进行,所有程序均由有经验的技术人员完成。分别测量3次并计算平均值,选取以下4个指标:①眼内客观散射指数(objective scattering Index, OSI):是双通道影像外周(12~20弧分)与中心(1弧分)的光能量之比,比值介于0~10。由于像差存在于成像图像的中央部分,散射存在于图像的外周部分。因此,OSI值越高,周围的区域就越大,散射情况也就越严重。②调制传递函数截止频率(modulation transfer function cutoff frequency, MTF_{cutoff}):表示人眼MTF曲线接近人眼分辨率极限时的空间频率值。MTF值越大,视觉质量越好。③斯特列尔比值(Strehl ratio, SR):指在同一瞳孔直径下,有像差光学系统与衍射受限光学系统(无像差)的点扩散函数中心峰值的比值。正常人眼为30%,比值越高的光学系统越接近无像差光学系统,视觉质量也越好。④对比度视力(visual acuity, VA):对比度为100%、20%及9%时的对比度视力值,分别对应白天、傍晚和夜间视力,进而直观地反映出在不同对比度情况下的视力。

利用OCASAN软件进行术前术后散光矢量指标的计算,采用REINSTEIN[6]屈光九图中的散光分析图表分析:①目标矫正散光量(target induced astigmatism, TIA):手术需要矫正的散光部分,即术前散光。②手术矫正散光量(surgically induced astigmatism, SIA):手术中实际矫正的散光部分。③角度误差(angle of error):体现了手术实际矫正轴向与预期矫正轴向的差异。

1.4 手术方法

1.4.1 SMILE手术步骤 术眼使用0.4%盐酸奥布卡因滴眼液(日本Santen公司)表面麻醉后置于VisuMax飞秒激光屈光手术系统(VisuMax,德国Carl Zeiss Medic公司),显微镜下中心对位,开启负压吸引固定术眼,启动飞秒激光,显微镜下分离角膜切口,然后分离透镜前、后表面,取出透镜,完成手术。手术参数:角膜切口位置105°,宽度2.8 mm,角膜帽的厚度为120 μm,基底加厚10 μm,帽的直径为7.0 mm,基质透镜直径6.0 mm。SMILE手术设计屈光度调整值为常规显然验光度数的基础上增加-0.50 D。

1.4.2 FS-LASIK手术步骤 术眼使用0.4%盐酸奥布卡因滴眼液表面麻醉后置于VisuMax飞秒激光屈光手术系统制作角膜瓣,然后转移患者至Wavelight EX500准分子激光系统(Eye-Q,美国Alcon公司)行激光切削,显微镜下虹膜恢复器钝性分离角膜瓣,在跟踪系统护航下完成准分子激光角膜切削,扫描完毕后复位角膜瓣,完成手术。手术参数:角膜瓣厚度110 μm,直径8.1 mm,蒂位于角膜12点钟位,光区6.0 mm。FS-LASIK手术设计屈光度调整值为常规显然验光度数的基础上增加-0.25D。

2种手术方式均由同一位经验丰富的屈光手术医师完成。

1.5 统计学方法

应用SPSS 23.0统计软件进行分析。正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间比较采用 t 检验,非正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较采用Mann-Whitney U检验;计数资料以绝对数或百分比表示,组间比较采用 χ^2 检验;重复测量资料采用重复测量方差分析;5年SE采用协方差分析。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 术前一般情况

本研究共有58例患者接受了术后5年随访。对接受SMILE手术的30例患者和接受FS-LASIK手术的28例患者的临床结果进行对比分析,仅左眼纳入研究。SMILE组年龄18~35岁,FS-LASIK组年龄19~34岁,两组术前年龄、性别、柱镜、CDVA、眼轴、眼压及中央角膜厚度无统计学差异($P>0.05$)。术前球镜和等效球镜有统计学差异($P<0.05$),故术后等效球镜结果对比应用协方差分析,见表1。

2.2 安全性与有效性

两种手术方式矫正高度近视术后5年SMILE组安全性指数为1.136±0.099,FS-LASIK组为1.128±0.129,两组比较无统计学差异($P>0.05$)。术后5年SMILE组23%的术眼CDVA无变化,77%的术眼CDVA提高了1行;FS-LASIK组36%的术眼CDVA无变化,57%的术眼CDVA提高了1行,7%的术眼CDVA提高了2行。两组术后CDVA均无较术前下降的患者。

SMILE组术后5年有效性指数为1.072±0.151,FS-LASIK组术后5年有效性指数为1.063±0.145,两组比较无统计学差异($P>0.05$)。SMILE组术后5年UDVA达到1.0及以上的占77%,达到0.8及以上的占100%;FS-LASIK组术后5年UDVA达到1.0及以上的占71%,达到0.8及以上的占96%。

2.3 可预测性及稳定性

两组患者术后可预测性较好,SMILE组术后5年SE在±0.50D以内的占87%,±1.00D以内的占100%;FS-LASIK组术后5年SE在±0.50D以内的占75%,±1.00D以内的占96%(图1、2)。

SMILE组矫正高度近视及散光等效球镜度为术前(-7.22±0.91)D、术后3个月(0.21±0.44)D、术后

6 个月(0.12±0.46)D、术后 1 年(−0.04±0.40)D 和术后 5 年(−0.12±0.38)D。FS-LASIK 组矫正高度近视及散光等效球镜值为术前(−8.01±1.09)D、术后 3 个月(−0.02±0.54)D、术后 6 个月(−0.03±0.45)D、术后 1 年(−0.14±0.38)D 和术后 5 年(−0.31±0.44)D。随着时间推移,SE 两组变化趋势无统计学差异(P>0.05)。术前 SE 两组间有统计学差异,采用协方差分析两组术后 5 年 SE 有统计学差异(P<0.05,图 3)。

2.4　术后 5 年散光分析

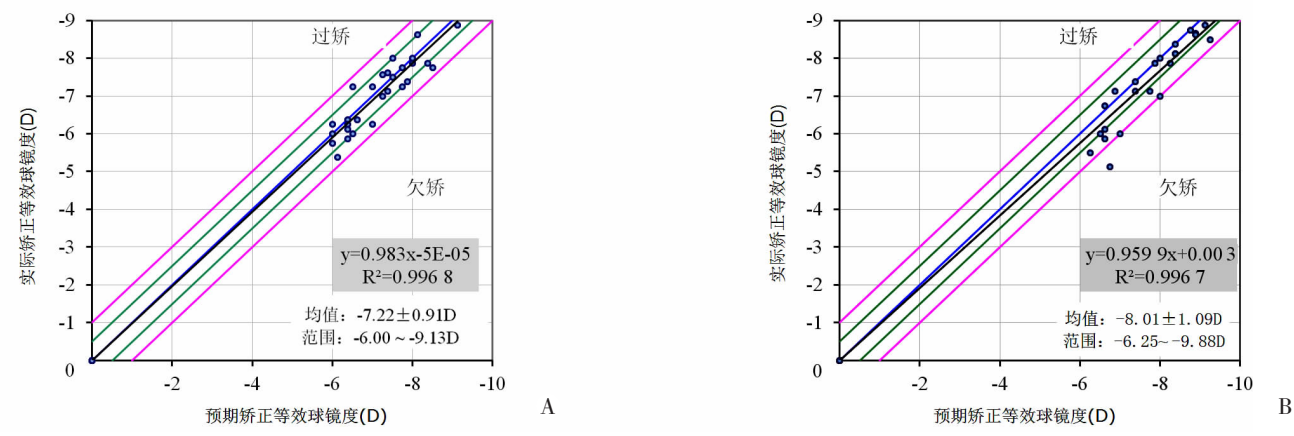
SMIEL 组术后 5 年散光≤0.50D 的占 87%;术后预期矫正散光和实际矫正散光的相关性方程 y^2 = 0.763 9x+0.082 4,R^2 = 0.744 5;63%的角度误差在±5°以内。FS-LASIK 组术后 5 年散光≤0.50D 的占 89%;术后预期矫正散光和实际矫正散光的相关性方程 y^2 = 0.914 2x−0.062 5,R^2 = 0.889 5;54%的角度误差在±5°以内。见图 4。

2.5　术后 5 年 OQAS 参数

术后 5 年两组 MTF、SR、VA20%、VA9%比较差异均无统计学意义(P>0.05),但两组 OSI、VA100%相比差异有统计学意义(P<0.05)。见表 2。

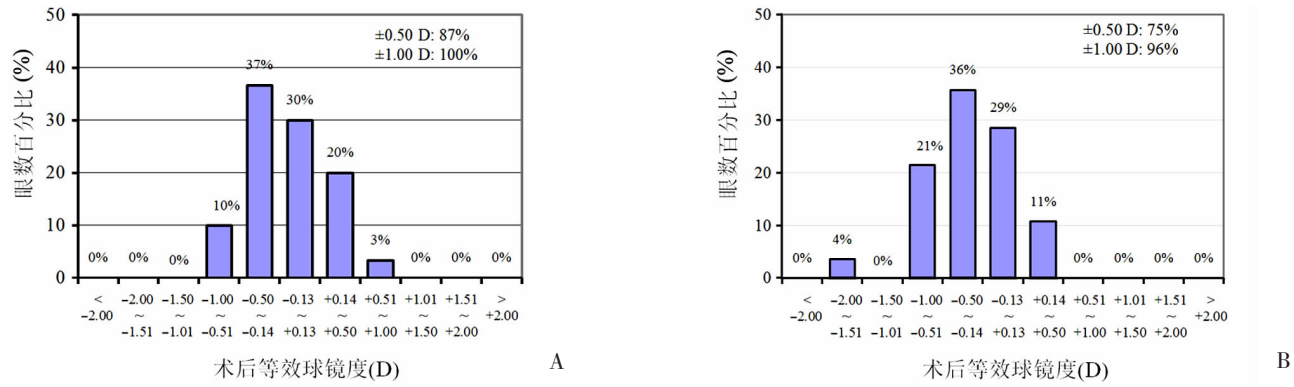
表 1　SMILE 组和 FS-LASIK 组术前一般资料比较　($\bar{x}\pm s$)

项目	SMILE(n=30)	FS-LASIK(n=28)	χ^2/t	P
年龄/岁	24.30±5.97	26.96±5.81	−1.694	0.090
男性/例	15	11	0.672	0.412
球镜/D	−6.725±1.035	−7.429 ±1.002	2.628	0.011
柱镜/D	−0.983±0.698	−1.170±0.847	0.917	0.363
等效球镜/D	−7.217±0.913	−8.013±1.091	3.023	0.004
最佳矫正远视力	0.903±0.081	0.886±0.080	0.832	0.409
眼轴/mm	26.066±1.024	26.160±1.068	−0.345	0.732
眼压/mmHg	14.379±2.678	14.702±2.677	−0.460	0.647
中央角膜厚度/μm	562.867±27.330	549.357±25.700	1.936	0.058



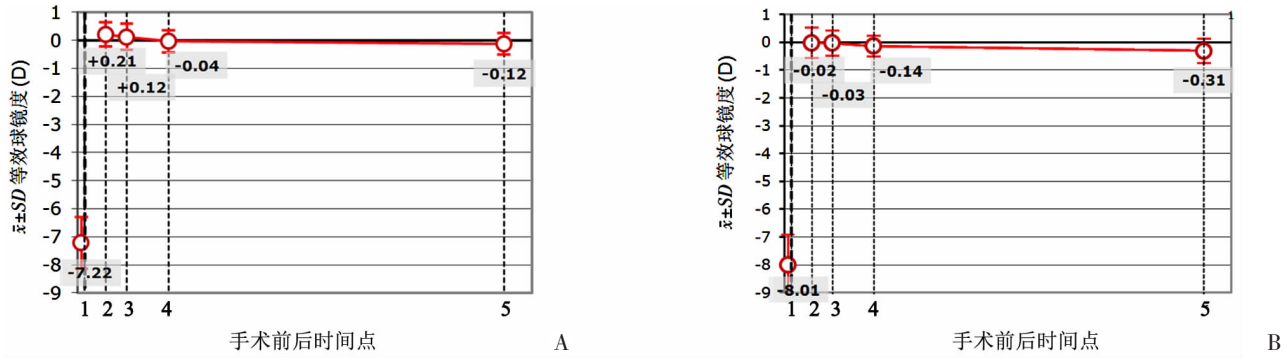
A:SMILE 组(30 眼);B:FS-LASIK 组(28 眼)

图 1　术后 5 年预期矫正等效球镜度和实际矫正等效球镜度的相关性



A:SMILE 组(30 眼);B:FS-LASIK 组(28 眼)

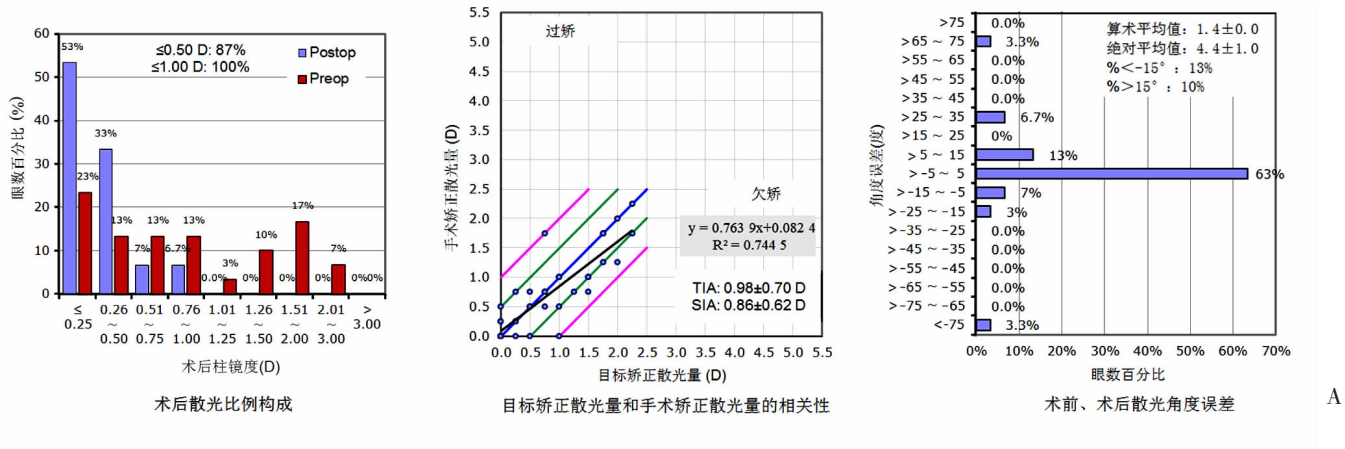
图 2　两组患者术后 5 年等效球镜度分布对比



1:术前; 2:术后 3 个月; 3:术后 6 个月; 4:术后 1 年; 5:术后 5 年

A:SMILE 组(30 眼),术后 3 月到 5 年 4%屈光度变化大于 0.50D; B:FS-LASIK 组(28 眼),术后 3 月到 5 年 4%屈光度变化大于 0.50D

图 3 术前及术后不同时间点 SE 稳定性



A:SMILE 组(30 眼); B:FS-LASIK 组(28 眼)

图 4 两组高度近视患者术后 5 年散光分析对比结果

表 2 两组术后 5 年 OQAS 参数比较 ($\bar{x}\pm s$)

项目	SMILE ($n=30$)	FS-LASIK ($n=28$)	t	P
OSI	0.930±0.536	1.307±0.704	−2.303	0.025
MTF	36.970±9.653	33.146±9.857	1.492	0.141
SR	0.187±0.049	0.182±0.058	0.397	0.693
VA100%	1.247±0.313	−1.170±0.847	2.418	0.019
VA20%	0.894±0.259	−0.761±0.262	1.945	0.057
VA9%	0.516±0.178	−0.455±0.176	1.312	0.195

3 讨论

角膜屈光手术的长期安全性和有效性一直是眼科医师和患者共同关心的话题。随着屈光手术的发展,SMILE 和 FS-LASIK 两种手术方式已成为矫正高度近视的主要手术方式。MOSHIRFAR 等[7]报道 SMILE 与 FS-LASIK 具有相似的安全性、有效性和稳定性。目前,角膜屈光术后的长期临床研究较少,特别是高度近

视术后疗效的研究。本研究发现,术后5年SMILE矫正高度近视与FS-LASIK具有相似的临床疗效。SMILE和FS-LASIK两种手术矫正高度近视术后5年均有70%以上术眼的UDVA达到或者超过了1.0,且没有术后CDVA较术前下降的患者。本研究中两组术后5年安全性指数和有效性指数均无统计学差异($P>0.05$),说明这两种手术方式矫正高度近视都是安全、有效的。HAN等[8]报道在术后2年安全性指数SMILE组为1.23±0.22,FS-LASIK组为1.20±0.24,差异无统计学意义($P>0.05$);有效性指数SMILE组为1.02±0.24,FS-LASIK组为1.03±0.24,差异无统计学意义($P>0.05$)。

SMILE手术在可预测性方面与FS-LASIK手术相似。本研究中两类手术术后5年等效球镜在±0.5D范围内所占比例分别为87%、100%,变化在±1.00D范围内所占比例分别为75%、96%。AĞCA等[9]报道SMILE矫正高度近视(-6.00~-10.00 D)术后5年等效球镜在±0.5D及±1.00D以内的分别占59%和92%。LI等[10]报道术后5年,等效球镜在±0.5D范围内的SMILE组为90%,FS-LASIK组为75%。

稳定性方面,本研究结果显示从术后3个月到5年两组等效球镜变化趋势一致,均由正逐渐偏负。由于术前SE两组间有差异,所以两组术后5年SE采用协方差分析,差异有统计学意义($P<0.05$)。HAN等[8]发现度数越高术后等效球镜越偏负,高度近视(-6.00~-8.75D)中SMILE组为(-0.02±0.53)D,FS-LASIK组为(-0.14±0.67)D;超高近视(≥-9.00 D)中SMILE组为(-0.94±0.91)D,FS-LASIK组为(-0.98±0.88)D,这提示我们在超高度近视手术时应适当调整术前拟矫正度数。另外,角膜屈光手术的稳定性可通过术后回退的量加以估计,高度近视比中低度近视更容易回退。本研究中,从术后6个月到5年,屈光回退SMILE组0.24D,FS-LASIK组0.28D。KOBASHI等[11]对比分析了术后3个月到2年,屈光回退SMILE组0.10D,FS-LASIK组0.23D。ALIÓ等[12]研究了高度近视(-6.00~-18.00D)行LASIK矫正术后2~5年每年屈光回退-0.12D。O'DOHERTY等[13]发现LASIK术后5年轻度近视(<-3.00D)回退-0.36D,中度近视(-3.13~-6.00 D)回退-0.41D,高度近视(≥-6.13 D)回退-1.06D,说明中低度近视比高度近视的长期屈光状态稳定性更好。除了屈光状态的稳定性,LI等[14]还研究了术后角膜后表面高度的变化,结果显示从术后6个月到5年角膜后表面高度都趋于稳定。

随着时代的发展,屈光手术不仅仅是追求术后视力好,良好的视觉质量也成为医师和患者共同追求的目标。视觉成像质量评价主要分为主观评价法和客观评价法,客观评价主要反映眼球屈光系统成像质量,如波前像差、散射光分析等。魏然等[15]研究表明,SMILE和FS-LASIK两种手术方式在术后6个月均增加了角膜源性高阶像差,FS-LASIK较SMILE引入了更多的彗差和球差。波前像差仪仅能客观检查记录眼睛的低阶和高阶像差及其变化,但检查不能反映散射和衍射对人眼视觉质量的影响。基于双通道系统技术的视觉质量分析系统OQAS Ⅱ是测量视觉质量及眼内散射的一个客观和定量的方法。李文静等[16]研究认为SMILE与FS-LASIK在术后1个月具有同样良好的客观视觉质量。而ONDATEGUI等[17]的研究中,准分子激光角膜切削术和LASIK术后3个月OSI指数分别增加了28.21%和37.18%。MIAO等[18]发现SMILE矫正中高度近视平均OSI指数从术前的0.75增加至术后第20天1.09,然后逐渐降低,术后3个月为0.82,MTF和SR较术前无明显变化。角膜屈光术后早期角膜创伤愈合过程引起角膜的混浊和前角膜基质细胞的损失可能是准分子激光手术术后散射增加的主要原因。本研究中,2组均进行OQAS参数统计分析,以评估术后5年长期的视觉质量。结果显示MTF、SR、VA20%、VA9%两组比较无统计学差异,而SMILE组OSI、VA100%值略高于FS-LASIK,差异有统计学意义($P<0.05$)。有研究显示术后OSI与术前等效球镜显著相关,这可能是本研究中SMILE组OSI更优于FS-LASIK组的原因,即SMILE组术前平均等效球镜更低。

综上所述,SMILE与FS-LASIK两种手术方式矫正高度近视5年具有相似的有效性、安全性、可预测性和稳定性,SMILE术后对眼内散射的影响略小于FS-LASIK手术。不足之处在于样本量不大,需要更多样本量进行深入研究。术后5年不属于常规随访,可能有症状的患者更容易接受邀请,增加选择偏倚。欠缺术前视觉质量分析基础数据,而且视觉的主客观检查不全面,需进一步研究。两组术前等效球镜有差异,术后等效球镜分析虽采用了协方差分析,但术前等效球镜差异仍可能会对术后两组的眼内散射值有一定影响,故需进一步设计精确研究方案进行视觉质量研究的对比。

参考文献:

[1] SEKUNDO W, KUNERT K S, BLUM M. Small incision corneal refractive surgery using the small incision lenticule extraction (SMILE) procedure for the correction of myopia and myopic astigmatism: results of a 6 month prospective

study[J]. Br J Ophthalmol, 2011, 95(3): 335-339. DOI: 10.1136/bjo.2009.174284.

[2] BLUM M, LAUER A S, KUNERT K S, *et al*. 10-year results of small incision lenticule extraction[J]. J Refract Surg, 2019, 35(10): 618-623. DOI: 10.3928/1081597X-20190826-02.

[3] XIA F, SHEN Y, HAN T, *et al*. Small incisionlenticule extraction (SMILE) for moderate and high myopia: seven-year outcomes of refraction, corneal tomography, and wave-front aberrations[J]. J Ophthalmol, 2020, 2020: 3825864. DOI: 10.1155/2020/3825864.

[4] YU M R, CHEN M J, LIU W Y, *et al*. Comparative study of wave-front aberration and corneal asphericity after SMILE and LASEK for myopia: a short and long term study[J]. BMC Ophthalmol, 2019, 19(1): 80. DOI: 10.1186/s12886-019-1084-3.

[5] 张丰菊, 宋彦铮. 角膜屈光手术 SMILE 的临床安全性、有效性及稳定性评估[J]. 大连医科大学学报, 2015, 37(6): 521-525. DOI: 10.11724/jdmu.2015.06.01.
ZHANG F J, SONG Y Z. Evaluation of the clinical safety, efficcay, and stabilty of small incision lenticule extraction[J]. J Dalian Med Univ, 2015, 37(6): 521-525. DOI: 10.11724/jdmu.2015.06.01.

[6] REINSTEIN D Z, ARCHER T J, RANDLEMAN J B. JRS standard for reporting astigmatism outcomes of refractive surgery[J]. J Refract Surg, 2014, 30(10): 654-659. DOI: 10.3928/1081597X-20140903-01.

[7] MOSHIRFAR M, MCCAUGHEY M V, REINSTEIN D Z, *et al*. Small-incision lenticule extraction[J]. J Cataract Refract Surg, 2015, 41(3): 652-665. DOI: 10.1016/j.jcrs.2015.02.006.

[8] HAN T, SHANG J M, ZHOU X Y, *et al*. Refractive outcomes comparing SMILE and FS-LASIK for High Myopia[J]. J Cataract Refract Surg, 2020, 46(3): 1. DOI: 10.1097/j.jcrs.0000000000000075.

[9] AĞCA A, ÇAKIRi, TÜLÜ AYGÜN B, *et al*. Visual and refractive outcomes of small-incision lenticule extraction in high myopia: 5-year results[J]. J Ophthalmol, 2018, 2018: 5893126. DOI: 10.1155/2018/5893126.

[10] LI M, LI M, CHEN Y, *et al*. Five-year results of small incision lenticule extraction (SMILE) and femtosecond laser LASIK (FS-LASIK) for myopia[J]. Acta Ophthalmol, 2019, 97(3): e373-e380. DOI: 10.1111/aos.14017.

[11] KOBASHI H, KAMIYA K, IGARASHI A, *et al*. Two-years results of small-incision lenticule extraction and wavefront-guided laser in situ keratomileusis for Myopia[J]. Acta Ophthalmol, 2018, 96(2): e119-e126. DOI: 10.1111/aos.13470.

[12] ALIÓ J L, SORIA F, ABBOUDA A, *et al*. Laser in situkeratomileusis for-6.00 to-18.00 diopters of myopia and up to-5.00 diopters of astigmatism: 15-year follow-up[J]. J Cataract Refract Surg, 2015, 41(1): 33-40. DOI: 10.1016/j.jcrs.2014.08.029.

[13] O'DOHERTY M, O'KEEFFE M, KELLEHER C. Five year follow up of laser in situ keratomileusis for all levels of myopia[J]. Br J Ophthalmol, 2006, 90(1): 20-23. DOI: 10.1136/bjo.2005.075127.

[14] LI M Y, YANG D J, ZHAO Y, *et al*. Impact of ablation ratio on 5-year postoperative posterior corneal stability after refractive surgery: SMILE and FS-LASIK[J]. Eye Vis (Lond), 2020, 7(1): 53. DOI: 10.1186/s40662-020-00218-y.

[15] 魏然, 郑琼芹, 邱乐梅, 等. 高度近视行 SMILE 与 FS-LASIK 术后视觉质量比较[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2017, 19(4): 225-230. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2017.04.006.
WEI R, ZHENG Q Q, QIU L M, *et al*. Visual and refractive outcomes of SMILE and FS-LASIK for high myopia[J]. Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci, 2017, 19(4): 225-230. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2017.04.006.

[16] 李文静, 胡裕坤, 高晓唯, 等. 飞秒激光微小切口角膜基质透镜切除术和飞秒激光 LASIK 近视治疗的双通道系统视觉质量评价[J]. 国际眼科杂志, 2014, 14(11): 1971-1974. DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2014.11.15.
LI W J, HU Y K, GAO X W, *et al*. Evaluation of double-pass optical quality analysis system between SMILE and femtosecond LASIK for myopia[J]. Int Eye Sci, 2014, 14(11): 1971-1974. DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2014.11.15.

[17] ONDATEGUI J C, VILASECA M, ARJONA M, *et al*. Optical quality after myopic photorefractive keratectomy and laser in situkeratomileusis: comparison using a double-pass system[J]. J Cataract Refract Surg, 2012, 38(1): 16-27. DOI: 10.1016/j.jcrs.2011.07.037.

[18] MIAO H M, HE L, SHEN Y, *et al*. Optical quality and intraocular scattering after femtosecond laser small incision-lenticule extraction[J]. J Refract Surg, 2014, 30(5): 296-302. DOI: 10.3928/1081597X-20140415-02.

(收稿:2021-06-23;修回:2021-08-12)

(编辑 张 维)