

Phorcides 分析软件辅助初始眼角膜地形图引导个性化 LASIK 治疗近视合并散光

邱轩宇^{1,2}, 王馨笛¹, 范依萌¹, 刘 钊¹, 米生健¹, 秦 莉¹

引用: 邱轩宇, 王馨笛, 范依萌, 等. Phorcides 分析软件辅助初始眼角膜地形图引导个性化 LASIK 治疗近视合并散光. 国际眼科杂志, 2025, 25(6):1020-1025.

基金项目: 陕西省重点研发计划 (No.2023-YBSF-568); 陕西省自然科学基金研究计划 (No.2024JC-YBQN-0962); 西安交通大学第一附属医院新医疗新技术 (No.XJYFY-2023YL10)

作者单位: ¹(710061) 中国陕西省西安市, 西安交通大学第一附属医院眼科; ²(710003) 中国陕西省西安市儿童医院眼科

作者简介: 邱轩宇, 女, 硕士, 住院医师, 研究方向: 儿童眼病。

通讯作者: 刘钊, 男, 博士, 硕士研究生导师, 副主任医师, 研究方向: 屈光手术. dr.liuzhao@foxmail.com

收稿日期: 2024-12-31 修回日期: 2025-04-24

摘要

目的: 观察 Phorcides 分析软件用于显然验光的散光度数与轴向和角膜地形图测量所得偏差较大的初始近视合并散光眼行角膜地形图引导个性化准分子激光原位角膜磨镶术 (LASIK) 治疗效果。

方法: 回顾性临床研究。选取 2019 年 12 月至 2021 年 3 月在西安交通大学第一附属医院眼科屈光手术中心接受初始眼角膜地形图引导个性化 LASIK 的近视合并散光患者 32 例 42 眼。记录术前和术后 6 mo 的裸眼远视力 (UDVA)、最佳矫正远视力 (CDVA)、屈光状态和像差。

结果: 纳入研究男 15 例, 女 17 例, 年龄 23.00 (18.00, 29.25) 岁; 术前显然验光球镜 -5.75 (-6.25, -4.00) D, 显然验光柱镜 -0.75 (-1.38, -0.25) D。术后 6 mo 19 眼 (45%) UDVA 超越术前 CDVA。术后 6 mo 所有眼 (100%) 等效球镜 (SEQ) 为 -0.50 ~ +0.50 D, 其中 23 眼 (55%) SEQ 为 -0.13 ~ +0.13 D。33 眼 (79%) 术后散光 ≤ 0.25 D, 目标矫正散光量 (TIA) 为 0.94 ± 0.96 D, 手术矫正散光量 (SIA) 为 0.94 ± 0.86 D, 二者无差异 ($P > 0.05$); 术后 6 mo 33 眼 (79%) 散光轴位偏差为 -5° ~ +5°。与术前相比, 术后 6 mo 角膜前表面中央 6 mm 直径范围内的总高阶像差及球差增加 ($Z = -3.778, P < 0.001$; $Z = -4.929, P < 0.001$); 术后彗差无显著性改变 ($Z = -1.763, P = 0.078$); 术后三叶草减少 ($Z = -2.490, P = 0.013$)。与术前相比, 术后 6 mo 角膜前表面点扩散函数斯特列尔比显著增加 ($t = -5.401, P < 0.001$)。

结论: 显然验光的散光度数与轴向和角膜地形图测量所得偏差较大的初始近视合并散光眼接受角膜地形图引导个性化 LASIK 手术前使用 Phorcides 分析软件辅助手术方案设计获得良好的治疗效果, 近半数眼术后 UDVA 超越术前 CDVA, 且术后角膜成像质量提升。

关键词: 准分子激光原位角膜磨镶术 (LASIK); 个性化; 角膜地形图; Phorcides

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2025.6.27

Phorcides analytic engine-assisted corneal topography-guided personalized LASIK for the treatment of myopia and astigmatism

Qiu Xuanyu^{1,2}, Wang Xindi¹, Fan Yimeng¹, Liu Zhao¹, Mi Shengjian¹, Qin Li¹

Foundation items: Key Research and Development Program of Shaanxi Province (No.2023-YBSF-568); Natural Science Basic Research Program of Shaanxi Province (No.2024JC-YBQN-0962); New Medical Technology Project of the First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University (No.XJYFY-2023YL10)

¹Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, Shaanxi Province, China;

²Department of Ophthalmology, Xi'an Children's Hospital, Xi'an 710003, Shaanxi Province, China

Correspondence to: Liu Zhao. Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, Shaanxi Province, China. dr.liuzhao@foxmail.com

Received: 2024-12-31 Accepted: 2025-04-24

Abstract

• **AIM:** To observe the clinical outcomes of Phorcides analytic engine-assisted topography-guided personalized laser assisted *in situ* keratomileusis (LASIK) for the treatment of myopia and astigmatism in virgin eyes with the refractive astigmatism significantly deviating from corneal topography.

• **METHODS:** Retrospective clinical study. A total of 32 cases (42 eyes) with myopia and astigmatism that received corneal topography-guided personalized LASIK in the Ophthalmology Refractive Surgery Center of the First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University from December 2019 to March 2021 were selected. The uncorrected distance visual acuity (UDVA), best corrected distance visual acuity (CDVA), refractive state and aberrations before and at 6 mo after surgery were recorded.

• **RESULTS:** There were 15 males and 17 females, with an age of 23.00 (18.00, 29.25) years old; preoperative sphere was -5.75 (-6.25, -4.00) D, and cylinder was -0.75 (-1.38, -0.25) D. At 6 mo postoperatively, the UDVA exceeded the preoperative CDVA in 19 eyes (45%). The spherical equivalent (SEQ) of all eyes (100%) was -0.50 to +0.50 D at 6 mo postoperatively, and the postoperative SEQ of 23 eyes (55%) was -0.13 to +0.13 D. There were 33

eyes (79%) had a postoperative astigmatism ≤ 0.25 D, the target-induced astigmatism (TIA) was 0.94 ± 0.96 D, and the surgically induced astigmatism (SIA) was 0.94 ± 0.86 D, with no statistical significance between TIA and SIA ($P > 0.05$). The astigmatism axial deviation ranged from -5° to $+5^\circ$ in 33 eyes (79%) at 6 mo postoperatively. Compared to pre-operation, the total higher-order aberrations and spherical aberrations within the central 6 mm diameter of the anterior corneal surface increased at 6 mo postoperatively ($Z = -3.778$, $P < 0.001$; $Z = -4.929$, $P < 0.001$); the postoperative coma aberrations had no change ($Z = -1.763$, $P = 0.078$); the postoperative trefoil aberrations decreased ($Z = -2.490$, $P = 0.013$). Compared to pre-operation, the Strehl ratio of the anterior corneal surface increased significantly at 6 mo after surgeries ($t = -5.401$, $P = 0.013$).

• **CONCLUSION:** Using the Phorcidex analytic engine to assist topography-guided personalized LASIK for the treatment of myopia and astigmatism in virgin eyes with the refractive astigmatism significantly deviating from topography-measured astigmatism can achieve good therapeutic effects. Postoperative UDVA exceeded preoperative CDVA in nearly half of the eyes, and the quality of postoperative corneal imaging was improved.

• **KEYWORDS:** laser assisted *in situ* keratomileusis (LASIK); personalized; corneal topography; Phorcidex

Citation: Qiu XY, Wang XD, Fan YM, et al. Phorcidex analytic engine-assisted corneal topography-guided personalized LASIK for the treatment of myopia and astigmatism. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2025, 25(6): 1020–1025.

0 引言

准分子激光角膜屈光手术已经在全球开展 30 余年,早期传统的准分子激光角膜屈光手术主要根据屈光度数和 Munnerlyn 公式设计激光消融方案,治疗近视、散光、远视等屈光不正患者。据报道^[1],部分患者虽然白天裸眼视力正常,但夜间仍出现暗视力下降、光晕、眩光等视觉症状,严重者甚至影响夜间工作与生活。其主要原因是由于激光消融光区过小导致的术后球差增加以及光区偏心导致的彗差增加,同时也与术前角膜已存在的不规则形态有关^[2]。因此,近年来个性化准分子激光角膜屈光手术成为该领域持续的焦点。其中,角膜地形图引导的个性化准分子激光原位角膜磨镶术(LASIK)基于患者术前角膜前表面形态、Kappa 角大小、角膜横径、瞳孔大小以及虹膜纹理的测量与识别结果,通过激光消融过程中精确对位及扩大有效光学区,避免或减少术源性高阶像差的同时减少或消除术前已存在的角膜前表面不规则散光,从而达到最优化的角膜形态,在获得良好裸眼视力的同时,提高术后的视觉质量^[3-6]。

美国 FDA 于 2013 年批准开展初始眼的角膜地形图引导个性化 LASIK,以显然验光结果为依据进行手术方案设计(FDA 方案),适应证对手术患者的显然验光散光和角膜地形图测量散光大小和轴向的一致性要求较高。但是,临床不乏遇见二者测量所得散光(包括大小和轴向)

差别较大,是否不能考虑角膜地形图引导个性化 LASIK?如何权衡取舍是目前亟待解决的问题^[7]。为此,有屈光手术医生探索 TMR(topography modified refraction)方案^[8]的可行性,其基于角膜地形图测量数据进行手术方案设计,可扩大适应的人群,但并没有考虑眼内散光。

Phorcidex 分析软件是一款专门辅助初始眼角膜地形图引导个性化 LASIK 手术方案设计的软件,它不仅考虑角膜前表面不规则散光对显然验光的影响,并且考虑了角膜后表面散光和晶状体散光,最终计算出应该治疗的规则散光数值。它的关键技术在于对初始眼角膜地形图引导个性化 LASIK 手术方案设计中的高阶像差切削图形进行高度分析,计算出高阶像差切削所引入的规则散光,然后结合角膜前表面、后表面和晶状体散光做矢量分析计算,最后得出治疗所需规则散光数值^[9]。但是,目前尚未见报道 Phorcidex 分析软件辅助显然验光的散光度数与轴向和角膜地形图测量所得偏差较大的初始近视合并散光眼角膜地形图引导个性化 LASIK 手术方案设计。为此,我们回顾性观察分析 Phorcidex 分析软件用于显然验光的散光度数与轴向和角膜地形图测量所得偏差较大的初始近视合并散光眼角膜地形图引导个性化 LASIK 治疗效果。

1 对象和方法

1.1 对象 纳入 2019 年 12 月至 2021 年 3 月在西安交通大学第一附属医院眼科屈光手术中心接受角膜地形图引导个性化 LASIK,且术后 6 mo 以上随访资料完整的近视合并散光患者 32 例 42 眼。纳入标准:(1)年龄 18–40 岁;(2)近视 ≤ -9.00 D,散光 ≤ -6.00 D,屈光度稳定至少 2 a;(3)角膜地形图检查结果可信、重复性好;(4)无其他全身疾病或活动性眼病等角膜屈光手术的禁忌证;(5)显然验光的散光度数与轴向和角膜地形图测量所得偏差较大:若显然验光的散光度数 ≥ 2.00 D,其轴向与角膜地形图测量所得散光轴向偏差 $\geq 5^\circ$;若显然验光的散光度数 ≤ 1.75 D,其轴向与角膜地形图测量所得散光轴向偏差 $\geq 10^\circ$;显然验光的散光度数与角膜地形图测量所得散光度数偏差 ≥ 0.75 D。排除标准:(1)角膜地形图检查结果不可信、重复性差;角膜形态不稳定;(2)术中不能获得良好的眼球跟踪定位;(3)预计 LASIK 术后角膜最薄点厚度角膜瓣下不足 250 μm 。本研究设计符合《赫尔辛基宣言》,取得西安交通大学第一附属医院医学伦理委员会审查批准(批准号:XJYFY-2020W28),所有参与者均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 术前检查 所有患者均常规行视力、眼压、裂隙灯显微镜、眼底、眼轴(IOL Master 500)、角膜地形图(Sirius)及综合验光检查。

1.2.2 手术方案设计 使用与准分子激光治疗设备联机的专用角膜地形图仪(Topolyzer Vario)采集角膜地形图数据,且符合:(1)可分析数据区域覆盖治疗区域 $\geq 90\%$;(2)瞳孔缘清晰;(3)每只眼 1 次采集可获得 4 次以上重复性好、可信的结果。数据导入后,均采用 Phorcidex 分析软件辅助手术方案设计。目标屈光度为 0 D。

1.2.3 手术方法 本研究开展的所有手术均由同一位手术经验丰富的医师完成。手术具体过程:使用飞秒激光(FS200)制作角膜瓣,厚度为 100–110 μm 。使用准分子激光(EX500)切削角膜基质,术中根据瞳孔大小和形态、

虹膜纹理识别、角膜缘识别等完成最基本的角膜定位,自动调整 Kappa 角;进而调整手术显微镜及室内照明光线,保持瞳孔大小与检查时相匹配;在激光扫描过程中,持续密切关注患者头位、眼位、瞳孔大小及眼球跟踪状况,随时调整。激光切削后将角膜瓣复位,用平衡盐溶液冲洗角膜瓣下并吸除层间多余水分,确认角膜瓣贴合良好。

1.2.4 术后处理和随访 术后常规滴用:左氧氟沙星滴眼液,1次1滴,每天4次,术后1 wk 停药;0.1%氟米龙滴眼液,1次1滴,每天4次,每10 d 减1次,术后40 d 停药;0.3%玻璃酸钠滴眼液,1次1滴,每天4次,至少滴用3 mo。术后随访行视力、眼压、裂隙灯显微镜、角膜地形图(Sirius)及综合验光检查。

1.2.5 术后评价指标 采用国际标准图表评价术后视力,等效球镜(spherical equivalent, SEQ)的可预测性和准确性,以及散光情况。有效指数=术后 UDVA/术前 CDVA;安全指数=术后 CDVA/术前 CDVA。记录角膜前表面中央6 mm 直径范围内总高阶像差、球差、彗差和三叶草差,角膜前表面点扩散函数斯特列尔比值(strehl ratio, SR)。术后数据采用超过6 mo 的末次随访检查结果。

统计学分析:采用 SPSS 23.0 软件进行统计学分析。计量资料采用 Kolmogorov-Smirnov 进行正态性检验,对于符合正态分布的数据,采用均数±标准差表示,组间比较采用配对 *t* 检验;不符合正态分布的数据,用中位数(四分位数)表示,组间比较采用 Wilcoxon 秩和检验。变量间的线性关系使用线性回归分析进行检验。*P*<0.05 时认为差异有统计学意义。

2 结果

纳入研究患者:男15例22眼,女17例20眼;年龄23.00(18.00,29.25)岁;术前显然验光球镜-5.75(-6.25,-4.00)D,显然验光柱镜-0.75(-1.38,-0.25)D。

2.1 手术有效性 与术前 CDVA 1.2(1.0,1.2)相比,患者术后 UDVA 1.2(1.2,1.5)明显提高,差异有统计学意义(*Z*=-3.774,*P*<0.05)。术后 UDVA≥1.2 的眼数(37眼,88%)多于术前 CDVA≥1.2 的眼数(30眼,71%)。有效指数为1.12,其中21眼(50%)术后 UDVA 与术前 CDVA 一致,19眼(45%)术后 UDVA 超越术前 CDVA(图1A,B)。

2.2 手术安全性 纳入患者在随访观察期内未发现手术并发症。与术前 CDVA 1.2(1.0,1.2)相比,患者术后 CDVA 1.2(1.2,1.5)明显提高,差异有统计学意义(*Z*=-3.774,*P*<0.05)。安全指数为1.12,其中21眼(50%)术后 CDVA 达到术前 CDVA,19眼(45%)术后 CDVA 超越术前 CDVA(图1C)。

2.3 手术预测性 实际矫正 SEQ 与预期矫正 SEQ 有显著的正相关关系(*R*²=0.9984,图1D);术后所有眼的 SEQ 均在±0.50 D 范围内,其中23眼(55%)的 SEQ 在±0.13 D 范围内(图1E)。

术后所有眼的散光屈光度均≤1.00 D,其中38眼(90%)的散光屈光度≤0.50 D,33眼(79%)的散光屈光度≤0.25 D(图1F)。目标矫正散光量(target induced astigmatism, TIA)与手术矫正散光量(surgically induced astigmatism, SIA)有显著的正相关关系(*R*²=0.9619,图1G),TIA 为0.94±0.96 D,SIA 为0.94±0.86 D,两者相

比差异无统计学意义(*P*>0.05),可见术后散光既无明显过矫也无明显欠矫。散光轴向代数值为-4.9±14.7,散光轴向绝对值为5.6±14.5;其中38眼(90%)的散光轴向偏差在±15°范围内,33眼(78.6%)的散光误差角轴向偏差在±5°范围内(图1H)。

使用 Alpins 方法进行散光矢量分析,患者术后的 TIA、SIA、差异向量(difference vector, DV)和矫正指数(correction index, CI)见图2,提示散光矫治的精准性较好。

2.4 角膜前表面高阶像差变化 与术前相比,术后6 mo 角膜前表面中央6 mm 直径范围内的总高阶像差增加,差异有统计学意义(*Z*=-3.778,*P*<0.001);球差增加,差异有统计学意义(*Z*=-4.929,*P*<0.001);术后彗差无显著性改变(*Z*=-1.763,*P*=0.078);术后三叶草减少,差异有统计学意义(*Z*=-2.490,*P*=0.013),见表1。

2.5 角膜成像质量变化 术前及术后6 mo 的角膜前表面点扩散函数 SR 分别为0.12±0.06 和0.18±0.05。与术前相比,术后6 mo SR 显著增加,差异有统计学意义(*t*=-5.401,*P*<0.001)。

3 讨论

初始眼角膜地形图引导个性化 LASIK 是临床常见的一种手术方式,被美国 FDA 批准应用于临床超10 a,且显然验光散光和角膜地形图测量散光大小和轴向一致性较好的眼睛可在术后获得卓越的视觉质量^[10]。如何设计最优治疗参数仍是初始眼角膜地形图引导个性化 LASIK 面临的一大难题;治疗参数不适合,不仅会导致原有近视散光矫正偏差,还会诱发新的异常散光产生,而即使少量散光偏差也会对视力恢复产生显著影响,进而影响视觉质量^[11-12]。此外,初始眼显然验光散光和角膜地形图测量散光大小和轴向相差较大时,是否就不能行角膜地形图引导个性化 LASIK? 近期的研究表明,Phorcides 分析软件作为一种新型的初始眼角膜地形图引导个性化 LASIK 手术方案设计辅助软件,在术后视力或视觉质量方面,均表现出一定的优越性^[13-15];同时,患者纳入不再强调初始眼显然验光散光和角膜地形图测量散光大小和轴向一致性较好,但目前相关的临床研究不多。为此,我们回顾性观察分析 Phorcides 用于显然验光的散光度数与轴向和角膜地形图测量所得偏差较大的初始近视合并散光眼角膜地形图引导个性化 LASIK 的治疗效果和安全性;以期为屈光手术方式的临床选择探索新的可能。

术后视力是评价屈光手术效果的重要指标,我们的研究结果提示 Phorcides 分析软件用于显然验光的散光度数与轴向和角膜地形图测量所得偏差较大的初始近视合并散光眼角膜地形图引导个性化 LASIK 手术方案设计可获得超预期的术后视力:40眼(95%)术后 UDVA 达到/超越术前 CDVA,其中19眼(45%)术后 UDVA 超越术前 CDVA。术后所有眼(100%)UDVA 可到1.0,37眼(88%)UDVA 可到1.2,安全性及有效性指数均>1,这与 Stulting 等^[16]在2022年的研究结果非常相似,提示 Phorcides 分析软件辅助手术方案设计行初始眼角膜地形图引导个性化 LASIK 所获得的术后视力结果较好且相对稳定。我们推断这可能与 Phorcides 分析软件的客观性特点有关,即可为手术眼规划一致性较好且可重复性较强的术前个性化

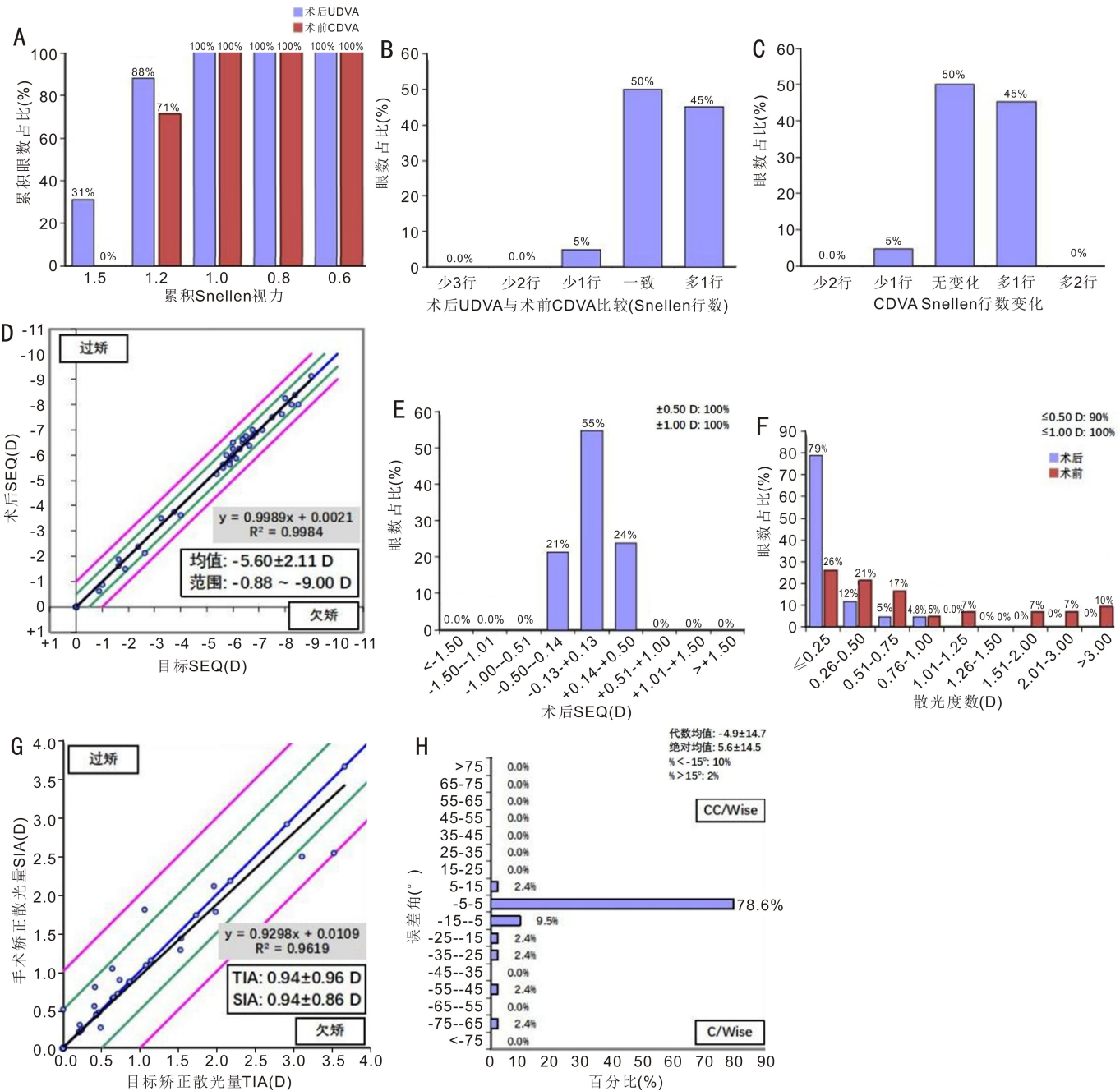


图1 手术后6 mo 视力与屈光状态 A:术后 UDVA 及术前 CDVA 比较;B:UDVA 与术前最佳矫正视力比较(UDVA 波动不低于术前 CDVA;95%,UDVA 波动于术前 CDVA 1 行范围内;100%);C:最佳矫正视力的变化(变化波动大于 2 行;0%);D:等效球镜的预测性(紫线;偏差 1.0 D 参考线;绿线;偏差 0.5 D 参考线;蓝线;无偏差参考线;黑线;拟合线);E:等效球镜的准确性;F:散光分布;G:散光矫正的预测性(紫线;偏差 1.0 D 参考线;绿线;偏差 0.5 D 参考线;蓝线;无偏差参考线;黑线;拟合线);H:散光误差角轴向偏差。

手术方案设计的同时,又能减少不同临床医生的主观判读带来的变异偏差影响。尤其是初始眼显然验光散光和角膜地形图测量散光大小和轴向相差较大时,Phorcides 分析软件作为一种新型的手术方案设计辅助软件,用于初始眼角膜地形图引导个性化 LASIK,术后视力或视觉质量同样表现出一定的优越性^[13-15]。

全眼绝大多数的不规则散光来自于角膜前表面,以显然验光散光进行手术方案设计,部分患者不仅会导致原有散光矫正偏差,还会诱发新的异常散光产生,而即使少量屈光性散光偏差也会对视力恢复产生显著影响^[17-18]。我们的研究结果显示 38 眼(90%)术后散光 ≤ 0.50 D,33 眼(79%)术后散光 ≤ 0.25 D;33 眼(79%)术后散光轴位偏差

$\leq \pm 5^\circ$,均表明 Phorcides 分析软件辅助手术方案设计散光矫正的准确度较好。其原因可能为 Phorcides 分析软件能够在分析手术眼角膜前表面、后表面散光的基础上,用 Talus 方法计算角膜前表面不规则散光对规则散光的影响,再考虑晶状体散光,并将其进行综合矢量分析计算,最终给出建议治疗量,实现残余散光度数的最小化,以此帮助患者获得良好的术后视力^[18-19]。对于眼内散光较大的患者,经过全眼散光矢量调整后进行手术方案设计的预测性远高于单纯使用显然验光散光为治疗量的手术方案设计^[20-22]。因此,Phorcides 分析软件辅助手术方案设计可以为患者带来更精准的术后散光矫正效果,从而获得卓越的视觉质量,在临床实践中具有较好的安全性和有效性。

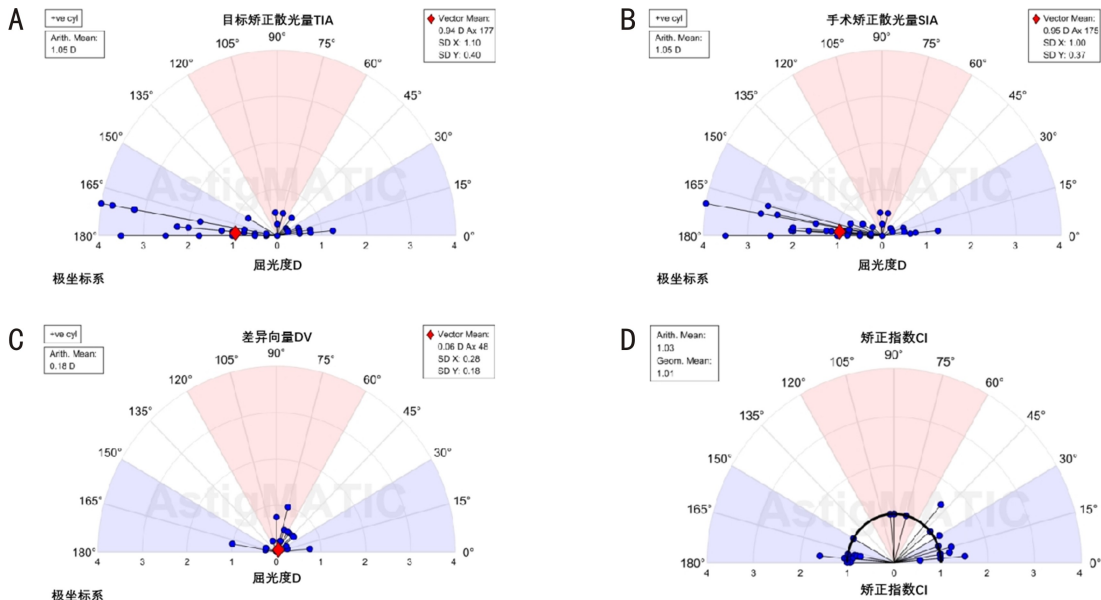


图2 手术后6 mo 散光矢量分析 A:目标矫正散光量 TIA;B:手术矫正散光量 SIA;C:差异向量 DV;D:矫正指数 CI。

表1 手术前后角膜前表面高阶像差比较 [M(P₂₅,P₇₅), μm]

	术前	术后6 mo	Z	P
总高阶像差	0.48(0.41,0.56)	0.70(0.56,1.02)	-3.778	<0.001
球差	0.20(0.15,0.29)	0.49(0.32,0.84)	-4.929	<0.001
彗差	0.29(0.22,0.40)	0.41(0.23,0.51)	-1.763	0.078
三叶草	0.21(0.11,0.33)	0.13(0.09,0.21)	-2.490	0.013

高阶像差是评价视觉质量的一类重要指标,传统LASIK手术仅可以帮助患者矫正低阶像差,达到术前CDVA预期的UDVA,但与此同时部分患者会伴有不同程度的视觉质量下降,如视物重影、眩光以及暗视力下降等问题,多因高阶像差的增加所致^[23-24]。高阶像差中对视觉质量影响较大的主要是球差及彗差,术后球差的增加主要与准分子切削量相关^[25-26],术后彗差的增加多与偏中心切削有关^[27]。我们的研究结果显示术后6 mo 角膜前表面中央6 mm 直径范围球差显著增加,原因可能是LASIK手术对角膜中央组织的切削大于周边,因此术后角膜前表面屈光力分布由周边低中央高变为周边高中央低。既往研究发现LASIK术后彗差增大^[28-29],而我们的研究中手术前后角膜前表面中央6 mm 直径范围彗差均无明显改变,同时术后三叶草减少,成像质量SR升高,这可能与以下因素有关:(1)多次的高质量角膜地形图采集获得了更全面、准确的数据;(2)术中根据瞳孔大小和形态、虹膜纹理识别、角膜缘识别等完成角膜定位,加以自动调整Kappa角及眼球跟踪,从而减少了偏中心切削产生的彗差。Phorcides分析软件辅助手术方案设计,可以尽可能减少术源性高阶像差,从而提升患者的视觉质量。

初始眼显然验光散光和角膜地形图测量散光大小和轴向相差较大时,角膜地形图引导个性化LASIK 是否是其优选手术方式尚值得商榷。我们的研究尚存在以下不足:(1)缺少术后6 mo 内1 wk、1、3 mo 的随访资料,无法获得术后屈光稳定性评价;(2)样本量有限,可能导致结果出现一定偏差。因此还需进行前瞻性研究,增加样本量及随访时间点,进一步探索Phorcides分析软件用于显然验光的散光度数与轴向和角膜地形图测量所得偏差较大

的初始近视合并散光眼角膜地形图引导个性化LASIK 的治疗效果和安全性。

综上所述,Phorcides分析软件用于显然验光的散光度数与轴向和角膜地形图测量所得偏差较大的初始近视合并散光眼角膜地形图引导个性化LASIK 治疗有较好的安全性和有效性,且近半数眼术后UDVA可超越术前最佳矫正视力,且术后角膜成像质量提升。

利益冲突声明:本文不存在任何利益冲突

作者贡献声明:邱轩宇论文选题与修改,文献检索,实施研究,采集数据,数据分析,初稿撰写,论文修改;王馨笛实施研究,采集数据;范依萌文献检索,数据分析和解释,论文修改及审阅;米生健选题指导,数据分析和解释,论文修改及审阅;秦莉选题指导;刘钊数据分析和解释,论文修改及审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

[1] 白继,刘廷.角膜地形图引导的准分子激光屈光手术现状与进展.中华眼视光学与视觉科学杂志,2016,18(7):385-388.

[2] Ying JL, Zhang J, Cai JQ, et al. Comparative change in anterior corneal asphericity after FS-LASIK and SMILE. J Refract Surg, 2021,37(3):158-165.

[3] 中华医学会眼科学分会眼视光学组.我国角膜地形图引导个性化激光角膜屈光手术专家共识(2018年).中华眼科杂志,2018,54(1):23-26.

[4] Zhang Y, Chen YG. A randomized comparative study of topography-guided versus wavefront-optimized FS-LASIK for correcting myopia and myopic astigmatism. J Refract Surg, 2019,35(9):575-582.

[5] 范浩博,宋唯琦,唐秀平,等.角膜地形图引导与波前像差优化的FS-LASIK术后高阶像差比较的Meta分析.国际眼科杂志,2021,21(10):1757-1763.

- [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] Stulting RD, Durrie DS, Potvin RJ, et al. Topography-guided refractive astigmatism outcomes: predictions comparing three different programming methods. Clin Ophthalmol, 2020, 14:1091-1100.
- [8] Kim J, Choi SH, Lim DH, et al. Comparison of outcomes after topography-modified refraction versus wavefront-optimized versus manifest topography-guided LASIK. BMC Ophthalmol, 2020, 20(1): 192.
- [9] Motwani M. Predictions of residual astigmatism from surgical planning for topographic-guided LASIK based on anterior corneal astigmatism (LYRA protocol) vs the phorides analytic engine. Clin Ophthalmol, 2020, 14:3227-3236.
- [10] Stulting RD, Fant BS, T-CAT Study Group, et al. Results of topography-guided laser *in situ* keratomileusis custom ablation treatment with a refractive excimer laser. J Cataract Refract Surg, 2016, 42(1): 11-18.
- [11] 刘廷, 曹开伟, 余婷, 等. 角膜地形图引导的准分子激光手术与全飞秒激光微透镜取出术矫正不对称角膜散光的疗效观察. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2019, 21(10): 759-768.
- [12] Moin KA, Manion GN, Pandiri S, et al. Three-month comprehensive outcomes of topography-guided LASIK versus keratorefractive lenticule extraction (KLEx): a prospective contralateral study. Ophthalmol Ther, 2024, 13(8): 2265-2284.
- [13] Lobanoff M, Stonecipher K, Tooma T, et al. Clinical outcomes after topography-guided LASIK: comparing results based on a new topography analysis algorithm with those based on manifest refraction. J Cataract Refract Surg, 2020, 46(6): 814-819.
- [14] Rush SW, Pickett CJ, Wilson BJ, et al. Topography-guided LASIK: a prospective study evaluating patient-reported outcomes. Clin Ophthalmol, 2023, 17:2815-2824.
- [15] Yuan YF, Zhao XR, Dong RL, et al. Clinical outcomes after topography-guided FS-LASIK for myopia with nonastigmatic eyes. BMC Ophthalmol, 2024, 24(1): 325.
- [16] Stulting RD, Lobanoff M, Mann PM 2nd, et al. Clinical and refractive outcomes after topography-guided refractive surgery planned using Phorides surgery planning software. J Cataract Refract Surg, 2022, 48(9): 1010-1015.
- [17] Yuan Y, Zhang Y, Sun T, et al. Topography-guided FS-LASIK with PAE algorithm and Sirius tomography data for correction of myopia and myopic astigmatism. J Refract Surg, 2022, 38(4): 235-242.
- [18] Rowen SL, Tooma T, Trieu N, et al. Retrospective study comparing topography-guided and wavefront-optimized LASIK procedures in a single center. Clin Ophthalmol, 2024, 18:1615-1622.
- [19] Brunson PB, Mann Li PM, Mann PM, et al. Clinical Outcomes After Topography-Guided Refractive Surgery in Eyes with Myopia and Astigmatism - Comparing Results with New Planning Software to Those Obtained Using the Manifest Refraction. Clin Ophthalmol, 2020, 14: 3975-3982.
- [20] Jun I, Kang DSY, Arba-Mosquera S, et al. Comparison of clinical outcomes between vector planning and manifest refraction planning in SMILE for myopic astigmatism. J Cataract Refract Surg, 2020, 46(8): 1149-1158.
- [21] Sachdev GS, Ramamurthy S, Soundarya B, et al. Comparative analysis of outcomes following topography-guided laser *in situ* keratomileusis using manifest refraction versus a new topographic analysis algorithm. Indian J Ophthalmol, 2023, 71(6): 2430-2435.
- [22] Wallerstein A, Gauvin M. Is Phorides more likely to give better vision than treating the manifest refraction? J Cataract Refract Surg, 2020, 46(10): 1451-1452.
- [23] Zhang J, Shao J, Cao XF, et al. Fitting-shape-based strategy for topography-guided LASIK: a prospective study. J Refract Surg, 2024, 40(5): e336-e343.
- [24] Kim S, Na S, Choi S, et al. Comparison of outcomes after wavefront-optimized and topography-guided transepithelial photorefractive keratectomy. Korean J Ophthalmol, 2024, 38(4): 275-283.
- [25] Saleh S, Epp LJ, Tran EMT, et al. 12-month visual and refractive outcomes of topography-guided femtosecond laser-assisted LASIK for myopia and myopic astigmatism. J Refract Surg, 2024, 40(9): e595-e603.
- [26] Brunson P, Mann PM 2nd, Mann PM, et al. Comparison of refractive and visual acuity results after Contoura[®] Vision topography-guided LASIK planned with the Phorides Analytic Engine to results after wavefront-optimized LASIK in eyes with oblique astigmatism. PLoS One, 2022, 17(12): e0279357.
- [27] Ahluwalia A, Ma KK, Manche EE. Patient-reported outcomes and higher order aberrations following topography-guided femtosecond laser-assisted *in situ* keratomileusis. Cornea, 2025, 44(4): 468-474.
- [28] Feng ZQ, Wang QR, Du CY, et al. High-order aberration changes after femtosecond LASIK surgery in patients with high myopia. Ann Palliat Med, 2021, 10(7): 7689-7696.
- [29] Wu Y, Wang SH, Wang GQ, et al. Corneal asphericity and higher-order aberrations after FS-LASIK and trans-PRK for myopia. J Ophthalmol, 2021, 2021: 3765046.