

智能脉冲技术辅助的 TransPRK 矫正高度近视的效果和安全性评估

杜晓豪 张佳 苏蒙 曹文佳 曾双 王勤美 陈世豪

温州医科大学附属眼视光医院 325027

杜晓豪现在河南省立眼科医院, 郑州 450003

通信作者: 陈世豪, Email: chenle@rocketmail.com

【摘要】 目的 评估智能脉冲技术(SPT)辅助的经上皮准分子激光角膜切削术(TransPRK)矫正高度近视的安全性和有效性。方法 采用系列病例观察研究方法,收集2016年1—12月在温州医科大学附属眼视光医院屈光手术中心行SPT辅助的TransPRK的高度近视(等效球镜度数 ≥ -6.00 D)患者60例107眼;采用小数法记录裸眼视力(UCVA)和最佳矫正视力(BCVA),并转换为LogMAR视力;采用主觉验光仪检查患者屈光度;采用裂隙灯显微镜检查术眼角膜上皮愈合情况及术后角膜上皮雾状混浊(haze)情况;评估手术安全性指数和有效性指数;采用非接触式眼压计测量眼压。随访12个月,对各项检测指标进行分析和比较。结果 术后平均角膜上皮愈合时间为 (3.77 ± 1.02) d。手术前后UCVA和BCVA总体比较差异均有统计学意义($Z=380.812, 267.313$, 均 $P<0.001$),其中术后7 d、6个月和12个月BCVA均优于术前,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。术后12个月时安全性指数达 1.10 ± 0.12 ,有效性指数达 1.05 ± 0.17 。术前预期矫正等效球镜度为 (-8.02 ± 1.36) D,术后12个月实际矫正等效球镜度为 (-8.04 ± 1.51) D,二者比较差异无统计学意义($P=0.523$)。术后12个月等效球镜度在 ± 0.50 D预测范围内的术眼占总眼数的比例达79%(85/107),在 ± 1.0 D预测范围内的术眼占总眼数的比例达92%(98/107)。术后7 d和术后1个月眼压轻度升高者分别为3眼和7眼,给予降眼压滴眼液点眼后均恢复正常。术后haze 1级以上者1眼,发生率 $<1\%$,在用药后逐渐消失。结论 SPT辅助的TransPRK具有良好的安全性、有效性和可预测性,是矫正高度近视较为理想的表层手术之一。

【关键词】 近视/治疗; 准分子激光/治疗用途; 治疗效果; 经上皮准分子激光角膜切削术; 智能脉冲技术; 高度近视

基金项目: 国家自然科学基金项目(31771020、81600712)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20190423-00200

Evaluation of the effectiveness and safety of TransPRK assisted by smart pulse technology for high myopia

Du Xiaohao, Zhang Jia, Su Meng, Cao Wenjia, Zeng Shuang, Wang Qinmei, Chen Shihao

Eye Hospital of Wenzhou Medical University, Wenzhou 325027, China

Du Xiaohao is working at Henan Eye Hospital, Zhengzhou 450003, China

Corresponding author: Chen Shihao, Email: chenle@rocketmail.com

[Abstract] **Objective** To evaluate the effectiveness and safety of transepithelial photorefractive keratectomy (TransPRK) assisted by smart pulse technology (SPT) for the correction of high myopia. **Methods** An observational case series study was conducted. Sixty high myopic patients (107 eyes) with spherical equivalent (SE) ≥ -6.0 D who received TransPRK assisted by SPT from January to December 2016 in Eye Hospital of Wenzhou Medical University were enrolled. Uncorrected visual acuity (UCVA) and best corrected visual acuity (BCVA) of the patients were examined and recorded in logarithm of the minimum angle of resolution (LogMAR) units, and refraction was examined with a subjective refractometer. The healing of corneal epithelium and corneal haze was observed with a slit lamp. Intraocular pressure (IOP) was measured with the non-contact tonometer. Safety index (SI) and efficacy index (EI) were analyzed. The follow-up time was 12 months. This study protocol adhered to the Declaration of Helsinki and was approved by an Ethics Committee of Eye Hospital of Wenzhou Medical University (No. 2019-197-k-177). Written

informed consent was obtained from each patient prior to any medical examination. **Results** The mean epithelial healing time was (3.77 ± 1.02) days. There were statistically significant differences in UCVA and BCVA between before and after surgery ($Z = 380.812, 267.313$; both at $P < 0.001$). And the 7-day, 6-month, and 12-month postoperative BCVA were better than preoperative BCVA, showing statistically significant differences (all at $P < 0.05$). Mean SI was 1.10 ± 0.12 , and mean EI was 1.05 ± 0.17 at 12 months after surgery. There was no significant difference between the attempted SE before surgery (-8.02 ± 1.36)D and the achieved SE at 12 months after surgery (-8.04 ± 1.51)D ($P = 0.523$). SE in the predictive range within ± 0.50 D accounted for 79% (85/107) and that within ± 1.0 D accounted for 92% (98/107). The IOP was slightly increased in 3 eyes at 7 days and 7 eyes at 1 month after surgery, respectively, which returned to normal after the use of ophthalmic solution for lowering IOP. The incidence of haze severer than grade 1 was less than 1% (1 eye), and haze gradually disappeared after application of drugs. **Conclusions** TransPRK assisted by SPT for high myopia shows good safety, effectiveness and predictability. It is an ideal corneal surface surgery to correct high myopia.

[**Key words**] Myopia/therapy; Lasers, excimer/therapeutic use; Treatment outcome; Transepithelial photorefractive keratectomy; Smart pulse technology; High myopia

Fund program: National Natural Science Foundation of China (31771020, 81600712)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20190423-00200

经上皮准分子激光角膜切削术 (transepithelial photorefractive keratectomy, TransPRK) 于 1993 年由 Alio 等^[1]首次介绍,不同于早期传统表层手术所采用的化学法或机械法,TransPRK 是用准分子激光同时去除角膜上皮和前部角膜基质层。最初,TransPRK 是由准分子激光治疗性角膜切削术和准分子激光角膜表面切削术 (photorefractive keratectomy, PRK) 2 步法完成的^[2]。随着技术的进步,TransPRK 随后经历了一步法 TransPRK、反向一步法 TransPRK 和精准一步法 TransPRK 等一系列的改进^[3-7]。该术式因术中无刀、无瓣、无负压吸引、术后反应较轻和视力恢复快等优势得到了临床医师更多的关注。智能脉冲技术 (smart pulse technology, SPT) 通过优化激光切削时脉冲的几何排列使角膜基质床更光滑,从而使术后视力更早恢复,角膜上皮更快愈合,角膜上皮下雾状混浊 (haze) 更少发生。目前虽然国内外已有相关技术在临床上应用的研究报道^[8-11],但用于高度近视矫正的研究少见。本研究拟通过观察 SPT 辅助的 TransPRK 矫正高度近视患者术后 1 年的随访结果,探讨该手术应用于高度近视的有效性及其安全性。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用系列病例观察研究方法,收集 2016 年 1—12 月于温州医科大学附属眼视光医院屈光手术中心接受 SPT 辅助 TransPRK 手术的高度近视患者 60 例 107 眼,其中男 14 例 24 眼,女 46 例 83 眼;平均年龄 (25.9 ± 5.3) 岁。纳入标准:(1) 年龄 > 18 周岁;(2) 等效球镜

度 (spherical equivalent, SE) ≥ -6.0 D;(3) 屈光力稳定 2 年以上 (球镜度变化 ≤ 0.5 D);(4) 停戴软性角膜接触镜 2 周以上、硬性角膜接触镜 1 个月以上或者硬性角膜塑形镜 3 个月以上;(5) 随访时间 > 12 个月。排除标准:(1) 角膜地形图异常或圆锥角膜患者;(2) 有眼部疾病史或手术史者;(3) 瘢痕体质者;(4) 有眼部感染或活动性炎症者;(5) 自身免疫性疾病患者;(6) 孕妇或哺乳期妇女;(7) 不能按时随访者。本研究经温州医科大学附属眼视光医院伦理委员会审核批准 (批文号:2019-197-k-177),患者术前均被告知病情、手术风险、研究目的及流程,并签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 术前用药 所有患者术前 7 d 口服维生素 C 片,每次 5 片,2 次/d;术前 3 d 采用玻璃酸钠滴眼液点眼,4 次/d;术前 2 d 采用质量分数 0.5% 左氧氟沙星滴眼液点眼,4 次/d;术前 1 d、手术当天及术后 1 d 晨服醋酸泼尼松片,每次 30 mg。

1.2.2 手术方法 常规消毒铺巾后,采用盐酸丙美卡因滴眼液点眼进行表面麻醉,开睑器开睑,确定切削中心后,采用 AMARIS 750S 准分子激光仪 (德国 Schwind 公司) 进行屈光模块和上皮模块的切削,一步完成。设定术中平均光学区直径为 (6.14 ± 0.28) mm,平均治疗区域半径为 (7.92 ± 0.36) mm,平均角膜中央区厚度为 (509.44 ± 22.71) μm ;切削深度为 (161.06 ± 13.80) μm ;剩余角膜基质床厚度为 (346.00 ± 22.19) μm 。切削完毕后,采用质量分数 0.02% 丝裂霉素浸润基质床,0 $^{\circ}\text{C}$ 平衡盐溶液冲洗基质床表面,质量分数 0.5% 妥布霉素地塞米松滴眼液点眼后术眼配戴绷带型角膜接触镜。

1.2.3 术后用药及随访 手术当天采用质量分数 0.5% 妥布霉素地塞米松滴眼液点眼, 每 2 h 1 次, 次日改为 4 次/d 至术后 7 d, 随后根据角膜情况酌情调整用药剂量及浓度, 术后 1 个月起改为质量分数 0.1% 氟米龙滴眼液点眼, 3 次/d, 之后每个月逐渐递减 1 次直至术后 4 个月停药; 术后 3 d 玻璃酸钠滴眼液点眼每小时 1 次, 之后改为 4 次/d。术后 2 周口服维生素 C 片, 2 次/d, 每次 500 mg。术后 3 d 开始观察角膜上皮愈合情况直至完全愈合, 所有患者均在术后 7 d、1 个月、3 个月、6 个月和 12 个月进行随访。

1.2.4 观察指标 (1) 视力 术前及术后各随访时间点采用小数法记录裸眼视力 (uncorrected visual acuity, UCVA) 和最佳矫正视力 (best corrected visual acuity, BCVA), 并在进行统计学分析时均转换为 LogMAR 视力。(2) SE 术前及术后各随访时间点采用 RT-5100 型主觉验光仪 (日本 Nidek 公司) 检查患者屈光度, SE = 球镜度 + 1/2 柱镜度。(3) 角膜上皮愈合时间及 haze 分级 术后各随访时间点采用 SL-2G 型裂隙灯显微镜 (日本 Topcon 公司) 检查角膜上皮愈合情况, 若角膜上皮完全覆盖角膜创面即角膜上皮完全愈合, 并观察术后 haze 情况, haze 分级采用 Fantes 分级标准^[12]: 0 级为角膜透明; 0.5 级为斜照法可见角膜轻度混浊; 1 级为裂隙灯显微镜下发现角膜混浊, 不影响虹膜纹理观察; 2 级为角膜混浊, 轻度影响虹膜纹理观察; 3 级为角膜明显混浊, 中度影响虹膜纹理及晶状体观察; 4 级为角膜重度混浊, 无法观察虹膜纹理。(4) 安全性指数 (safety index, SI) SI = 术后平均 BCVA / 术前平均 BCVA。(5) 有效性指数 (efficacy index, EI) EI = 术后平均 UCVA / 术前平均 BCVA。(6) 眼压 术前及术后各随访时间点采用 TX-20P 型非接触式眼压计 (日本 Canon 公司) 测量眼压, 眼压 < 21 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa) 者为正常。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 23.0 统计学软件进行统计分析。计量指标数据资料采用 Shapiro-Wilk 检验进行正态分布检验, 角膜上皮愈合时间、SI、EI、实际/预期矫正 SE 及眼压测定数据资料符合正态分布或近似正态分布, 用 mean ± SD 表示, 手术前后不同时间点各指标总体差

异比较采用重复测量单因素差分析, 两两比较采用 LSD-*t* 检验。UCVA、BCVA、SE 测定数据不符合正态分布, 用 $M(Q_1, Q_3)$ 表示, 各指标手术前后不同时间点总体差异比较采用 Kruskal-Willis *H* 检验, 术后各随访时间点与术前值比较采用 Wilcoxon 秩和检验。采用简单线性回归分析对预期 SE 矫正量和实际 SE 矫正量的关系进行分析, 对回归方程进行假设检验。P < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 SPT 辅助的 TransPRK 术后术眼角膜上皮愈合时间

术后平均角膜上皮愈合时间为 (3.77 ± 1.02) d, 所有术眼角膜上皮均在术后 3~6 d 完全愈合, 其中 61 眼术后第 3 天完全愈合, 占 57%, 19 眼术后第 4 天完全愈合, 占 17.8%, 18 眼术后第 5 天完全愈合, 占 16.8%, 9 眼术后第 6 天完全愈合, 占 8.4%。

2.2 SPT 辅助的 TransPRK 手术安全性评价

术后 12 个月, 46% (49/107) 的术眼 BCVA 均有改善, 51% (55/107) 术眼 BCVA 保持不变, 3% (3/107) 术眼 BCVA 有所下降。术前及术后不同时间点 BCVA 总体比较差异有统计学意义 ($Z = 267.313, P < 0.001$), 其中术后 7 d、6 个月和 12 个月术眼 BCVA 较术前明显提高, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$) (表 1)。手术 SI 随着时间的延长呈上升趋势, 术后各时间点手术 SI 总体比较差异有统计学意义 ($F = 125.859, P < 0.001$), 其中术后 1 个月与术后 7 d 比较、术后 3 个月与术后 1 个月比较, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$) (表 2)。

表 1 SPT 辅助的 TransPRK 术前及术后各时间点视力及 SE 比较 [$M(Q_1, Q_3)$]
Table 1 Comparison of BCVA, UCVA and SE among various time points before and after TransPRK assisted by SPT [$M(Q_1, Q_3)$]

时间	眼数	BCVA (LogMAR)	UCVA (LogMAR)	SE (D)
术前	107	0.000 (-0.017, 0.000)	1.223 (1.097, 1.398)	-7.875 (-8.875, -6.875)
术后 7 d	107	0.066 (0.018, 0.155) ^a	0.097 (0.000, 0.222) ^a	+0.250 (-0.250, +0.750) ^a
术后 1 个月	107	0.000 (0.000, 0.018)	0.000 (-0.021, 0.071) ^a	+0.125 (-0.750, -0.250) ^a
术后 3 个月	107	0.000 (-0.079, 0.000)	-0.079 (-0.079, 0.000) ^a	+0.250 (-0.250, +0.500) ^a
术后 6 个月	107	-0.033 (-0.079, 0.000) ^a	-0.021 (-0.079, 0.000) ^a	+0.125 (-0.125, +0.375) ^a
术后 12 个月	107	-0.080 (-0.079, 0.000) ^a	-0.075 (-0.079, 0.000) ^a	+0.250 (-0.250, +0.250) ^a
Z 值		267.313	380.812	274.619
P 值		<0.001	<0.001	<0.001

注: 与术前比较, ^a $P < 0.05$ (Kruskal-Wallis *H* 检验, Wilcoxon 秩和检验) SPT: 智能脉冲技术; TransPRK: 经上皮准分子激光角膜切削术; SE: 等效球镜度; BCVA: 最佳矫正视力; UCVA: 裸眼视力

Note: Compared with pre-operation, ^a $P < 0.05$ (Kruskal-Wallis *H* test, Wilcoxon test) SPT: smart pulse technology; TransPRK: transepithelial photorefractive keratectomy; SE: spherical equivalent; BCVA: best corrected visual acuity; UCVA: uncorrected visual acuity

表 2 SPT 辅助的 TransPRK 术后各时间点 SI 及 EI 比较 (mean±SD)

Table 2 Comparison of SI and EI among various time points after TransPRK assisted by SPT (mean±SD)

时间	眼数	SI	EI
术后 7 d	107	0.79±0.19	0.77±0.22
术后 1 个月	107	0.98±0.10 ^a	0.96±0.16 ^a
术后 3 个月	107	1.06±0.11 ^b	1.07±0.17 ^b
术后 6 个月	107	1.08±0.11	1.06±0.16
术后 12 个月	107	1.10±0.12	1.05±0.17
F 值		125.859	87.161
P 值		<0.001	<0.001

注:与术后 7 d 比较,^a $P < 0.05$;与术后 1 个月比较,^b $P < 0.05$ (重复测量单因素方差分析,LSD- t 检验) SPT:智能脉冲技术;TransPRK:经上皮准分子激光角膜切削术;SI:安全性指数;EI:有效性指数

Note: Compared with 7 days after surgery,^a $P < 0.05$; compared with 1 month after surgery,^b $P < 0.05$ (Repeated measurement one-way ANOVA, LSD- t test) SPT: smart pulse technology; TransPRK: transepithelial photorefractive keratectomy; SI: safety index; EI: efficacy index

2.3 SPT 辅助的 TransPRK 手术有效性评价

术后 12 个月,51% (55/107) 术眼 UCVA (小数视力) ≥ 1.2 ,87% (93/107) 术眼 UCVA ≥ 1.0 ,97% (104/107) 术眼 UCVA ≥ 0.8 ,所有术眼 UCVA ≥ 0.5 。术前及术后不同时间点 UCVA 总体比较差异有统计学意义($Z = 380.812, P < 0.001$),术后各时间点 UCVA 均优于术前,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$) (表 1)。术后各时间点手术 EI 总体比较差异有统计学意义($F = 87.161, P < 0.001$),其中术后 1 个月手术 EI 高于术后 7 d,术后 3 个月手术 EI 高于术后 1 个月,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$) (表 2)。

2.4 SPT 辅助的 TransPRK 术后术眼矫正 SE 预测及 SE 稳定性

术前预期矫正 SE 为(-8.02±1.36) D,术后 12 个月实际矫正 SE 为(-8.04±1.51) D,二者比较差异无统计学意义($P = 0.523$),术后实际矫正 SE 随着预期矫正 SE 的增加而升高($R^2 = 0.99, F = 691.356, P < 0.001$),线性回归斜率为 1.004 6 (95% CI: 0.958 ~ 1.114) (图 1)。术后 12 个月,5 眼出现屈光力明显回退 ($SE > -1.0 D$),4 眼出现较明显的过矫 ($SE > +1.0 D$)。术后 12 个月 SE 在±0.50 D 预测范围内的术眼比例达 79% (85/107),在±1.0 D 预测范围内的术眼比例达 92% (98/107)。术眼术后 1 年随访期间 SE 变化趋势较稳定。

2.5 SPT 辅助的 TransPRK 手术前后眼压变化

术前及术后不同时间点术眼平均眼压总体比较差

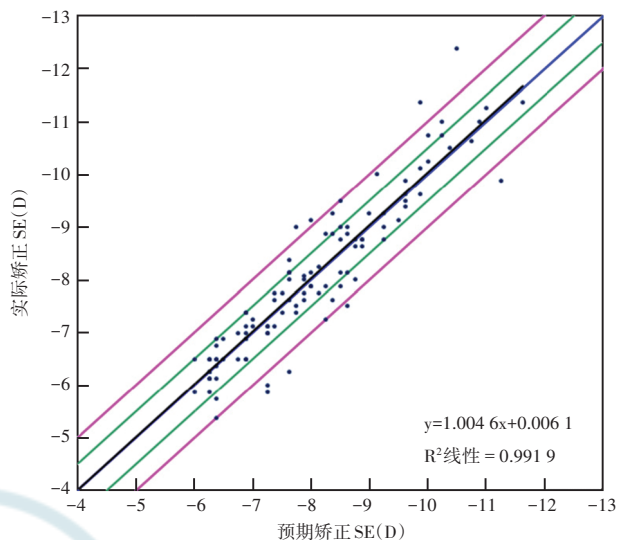


图 1 SPT 辅助的 TransPRK 术前预期 SE 矫正量与术后 12 个月实际 SE 矫正量相关性散点图 (线性回归分析, $n = 107$) 红线代表±1.0 D;绿线代表±0.50 D SE;等效球镜度

Figure 1 Attempted vs. achieved SE refraction at 12 months after TransPRK assisted by SPT (Linear regression analysis, $n = 107$) Red line: ±1.0 D; Green line: ±0.50 D SE; spherical equivalent

异有统计学意义($F = 9.996, P < 0.001$),其中术后 1 个月眼压值明显高于术前值,差异有统计学意义($P < 0.05$) (表 3)。术后 7 d 和术后 1 个月眼压轻度升高者分别为 3 眼和 7 眼,给予马来酸噻吗洛尔滴眼液点眼,1~2 次/d,若有禁忌证者则改用酒石酸溴莫尼定滴眼液点眼,1~2 次/d,眼压高者在接受降眼压治疗后均恢复正常。

表 3 SPT 辅助的 TransPRK 术前及术后眼压比较 (mean±SD, mmHg)

Table 3 Comparison of intraocular pressure changes between before and after TransPRK assisted by SPT (mean±SD, mmHg)

时间	眼数	眼压
术前	107	14.60±3.02
术后 7 d	107	14.25±2.68
术后 1 个月	107	16.01±3.23 ^a
术后 3 个月	107	15.27±2.29
术后 6 个月	107	14.81±2.11
术后 12 个月	107	14.66±2.04
F 值		9.996
P 值		<0.001

注:与术前比较,^a $P < 0.05$ (重复测量单因素方差分析,LSD- t 检验) SPT:智能脉冲技术;TransPRK:经上皮准分子激光角膜切削术 1 mmHg=0.133 kPa

Note: Compared with pre-operation,^a $P < 0.05$ (Repeated measurement one-way ANOVA, LSD- t test) SPT: smart pulse technology; TransPRK: transepithelial photorefractive keratectomy 1 mmHg=0.133 kPa

2.6 SPT 辅助的 TransPRK 术后术眼 haze 发生率

SPT 辅助的 TransPRK 术眼术后 haze 多为 0 级, 随访期间 1 眼发生 2 级以上 haze (表 4)。对于出现 haze 的患者给予妥布霉素地塞米松滴眼液点眼 3~4 次/d 或醋酸泼尼松龙滴眼液点眼 2~4 次/d, 并根据 haze 情况调整剂量。同时监测眼压, 根据情况联合使用降眼压药物。患者在药物控制后 haze 逐渐减轻或消失, 在随访期内未出现眼压升高引起的严重并发症。

表 4 SPT 辅助的 TransPRK 术后不同等级 haze 发生率
[n(%)]

Table 4 Haze incidence after TransPRK assisted by SPT
[n(%)]

时间	总眼数	0 级	0.5 级	1 级	2 级
术后 1 个月	107	83(77.6)	24(22.4)	0(0.0)	0(0.0)
术后 3 个月	107	84(78.5)	21(19.6)	2(1.9)	0(0.0)
术后 6 个月	107	96(89.7)	7(6.5)	3(2.8)	1(0.9)
术后 12 个月	107	101(94.4)	3(2.8)	3(2.8)	0(0.0)

注: SPT: 智能脉冲技术; TransPRK: 经上皮准分子激光角膜切削术; haze: 上皮下雾状混浊

Note: SPT: smart pulse technology; TransPRK: transepithelial photorefractive keratectomy

3 讨论

先前已有研究证实了 TransPRK 有较为良好的安全性、有效性和可预测性^[6,13-16]。SPT 采用富勒烯 3D 模型, 通过优化激光切削时脉冲的几何排列使角膜基质床更光滑, 从而使术后视力更早恢复, 角膜上皮更快愈合, haze 更少发生。

Aslanides 等^[8]在 SPT 辅助的 TransPRK 手术近视患者 25 例 49 眼与传统 TransPRK 手术近视患者 20 例 40 眼的对照研究中对术眼术后早期视力恢复、疼痛及角膜上皮愈合情况进行分析, 发现 SPT 辅助的 TransPRK 在术后早期视力恢复及疼痛方面优于传统 TransPRK 组, 术眼均于术后 3 d 角膜上皮完全愈合。本研究中 57% (61/107) 的术眼角膜上皮在术后 3 d 完全愈合, 所有术眼于术后 6 d 完全愈合, 角膜上皮愈合时间晚于 Aslanides 等^[8]的研究, 可能与本研究纳入研究对象全部为高度近视患者, 术中切削深度较大, 同时治疗区范围不尽相同有关, 此外不同医生对上皮愈合判断标准的不同也是导致结果差异的原因之一。

张军燕等^[11]对 40 例 76 眼近视患者分别行传统 TransPRK 与 SPT 辅助的 TransPRK, 并对患眼术后视力进行比较, 结果发现术后 3 个月内各时间点 2 个组术眼 UCVA 差异无统计学意义, 但 SPT 辅助的 TransPRK 组术后 UCVA ≥ 1.0 的术眼比例较传统

TransPRK 组高。本研究中术后 12 个月术眼 UCVA、有效性和安全性均较好, 未见明显影响视力的并发症, 可见对于高度近视患者来说, SPT 辅助的 TransPRK 是有效且安全的。

在屈光预测性方面, 本研究结果显示术后 12 个月 SE 在 ± 1.0 D 预测范围内眼数比例达 92%, 可预测性曲线斜率为 1.004 6 (越接近 1, 说明可预测性越好), 但术后 12 个月 5 眼出现屈光力明显回退, 有 4 眼出现较明显的过矫。因屈光度较高患者相对于中低度近视难以把握可预测性, 但从研究结果来看, SPT 辅助的 TransPRK 在治疗高度近视方面仍具有良好的可预测性。

TransPRK 通过激光去除上皮的直径与激光扫描近视度数的直径一致, 减小角膜损伤的创面, 术后刺激症状轻, 视力恢复快, 视觉质量好, haze 反应轻。SPT 技术通过优化激光切削过程可能使 haze 反应更轻。角膜表面消融后残余基质表面不规则程度与 PRK 术后角膜混浊程度的关系已被相关研究证实^[17], 即在准分子激光 PRK 术后, 有 2%~4%, 甚至更多的患者出现了明显 haze, 这取决于预期矫正屈光度数的大小, 并且与屈光效果的回退有关。PRK 术后, 随着尝试矫正量和角膜间质组织切除量的增加, 患眼 haze 的发生率升高^[18-20]。Aslanides 等^[8]的研究结果显示, 传统 TransPRK 组与 SPT 辅助的 TransPRK 组术后 haze 形成无明显差异, 而 SPT 辅助的 TransPRK 组 haze 发生率较低。本研究中 SPT 辅助的 TransPRK 术后随着时间延长, 术眼 haze 逐渐降低, 尽管其发生率仍稍高于以往的研究, 但多为轻度, 对视力无明显影响, 且均在用药后逐渐消失。分析本研究与以往研究中 haze 发生率差异产生的主要原因, 可能为高度近视患者所需要切除的角膜组织较多, 另外不同医生对 haze 评价标准不同也会对结果造成影响。

综上所述, 本研究对 SPT 辅助的 TransPRK 在矫正高度近视术后 1 年随访过程中的安全性、有效性和可预测性进行评价, 由于高度近视在角膜屈光手术中所需要的切削量较大, 而角膜板层切削手术的切削量高于表层切削手术, 因此对于角膜厚度较薄的高度近视患者来说表层切削手术成为其主要选择之一。本研究结果证实 SPT 辅助的 TransPRK 对高度近视矫正效果较好。本研究纳入的患者平均中央角膜厚度偏薄, 这种情况下较少选择角膜板层切削手术, 因此难以搜集与本研究中角膜厚度相匹配的板层角膜手术矫正高度近视的对照资料, 这也是本研究的局限性。尽管如此, 本研究结果为高度近视屈光手术方式的选择提供

了参考依据。后续的研究中我们会继续对实施 SPT 辅助 TransPRK 的患者进行长期随访或对照研究,为 SPT 辅助的 TransPRK 矫正高度近视的临床效果提供更多可靠的循证证据。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Alio JL, Ismael MM, Artola A. Laser epithelium removal before photorefractive keratectomy[J/OL]. *Refract Corneal Surg*, 1993, 9(5): 395 [2021-03-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8241048/>.
- [2] Clinch TE, Moshirfar M, Weis JR, et al. Comparison of mechanical and transepithelial debridement during photorefractive keratectomy [J]. *Ophthalmology*, 1999, 106(3): 483-489. DOI: 10.1016/S0161-6420(99)90135-5.
- [3] Stojanovic A, Suput D. Strategic planning in topography-guided ablation of irregular astigmatism after laser refractive surgery [J]. *J Refract Surg*, 2005, 21(4): 369-376.
- [4] Fadlallah A, Fahed D, Khalil K, et al. Transepithelial photorefractive keratectomy: clinical results [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2011, 37(10): 1852-1857. DOI: 10.1016/j.jcrs.2011.04.029.
- [5] Aslanides IM, Padroni S, Arba Mosquera S, et al. Comparison of single-step reverse transepithelial all-surface laser ablation (ASLA) to alcohol-assisted photorefractive keratectomy [J]. *Clin Ophthalmol*, 2012, 6: 973-980. DOI: 10.2147/OPHTH.S32374.
- [6] Aslanides IM, Georgoudis PN, Selimis VD, et al. Single-step transepithelial ASLA (SCHWIND) with mitomycin-C for the correction of high myopia: long term follow-up [J]. *Clin Ophthalmol*, 2015, 9: 33-41. DOI: 10.2147/OPHTH.S73424.
- [7] Adib-Moghaddam S, Soleyman-Jahi S, Sanjari Moghaddam A, et al. Efficacy and safety of transepithelial photorefractive keratectomy [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2018, 44(10): 1267-1279. DOI: 10.1016/j.jcrs.2018.07.021.
- [8] Aslanides IM, Kymionis GD. Trans advanced surface laser ablation (TransPRK) outcomes using SmartPulseTechnology [J]. *Cont Lens Anterior Eye*, 2017, 40(1): 42-46. DOI: 10.1016/j.clae.2016.11.004.
- [9] Lin D, Holland SP, Verma S, et al. Postoperative corneal asphericity in low, moderate, and high myopic eyes after transepithelial PRK using a new pulse allocation [J]. *J Refract Surg*, 2017, 33(12): 820-826. DOI: 10.3928/1081597X-20170920-02.
- [10] Vinciguerra P, Camesasca FI, Vinciguerra R, et al. Advanced surface ablation with a new software for the reduction of ablation irregularities [J]. *J Refract Surg*, 2017, 33(2): 89-95. DOI: 10.3928/1081597X-20161122-01.
- [11] 张军燕, 李莹. 智能脉冲技术辅助的激光角膜屈光手术早期效果 [J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2016, 18(12): 709-713. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2016.12.002.
- [12] Zhang JY, Li Y. Comparison of short term visual outcomes of TPRK and FS-LASIK with or without the assistance of smart pulse technology [J]. *Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci*, 2016, 18(12): 709-713. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2016.12.002.
- [13] Fantes FE, Hanna KD, Waring GO 3rd, et al. Wound healing after excimer laser keratomileusis (photorefractive keratectomy) in monkeys [J]. *Arch Ophthalmol*, 1990, 108(5): 665-675. DOI: 10.1001/archophth.1990.01070070051034.
- [14] Luger MH, Ewering T, Arba-Mosquera S. Myopia correction with transepithelial photorefractive keratectomy versus femtosecond-assisted laser in situ keratomileusis: one-year case-matched analysis [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2016, 42(11): 1579-1587. DOI: 10.1016/j.jcrs.2016.08.025.
- [15] Adib-Moghaddam S, Soleyman-Jahi S, Salmanian B, et al. Single-step transepithelial photorefractive keratectomy in myopia and astigmatism: 18-month follow-up [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2016, 42(11): 1570-1578. DOI: 10.1016/j.jcrs.2016.08.029.
- [16] Antonios R, Abdul Fattah M, Arba Mosquera S, et al. Single-step transepithelial versus alcohol-assisted photorefractive keratectomy in the treatment of high myopia: a comparative evaluation over 12 months [J]. *Br J Ophthalmol*, 2017, 101(8): 1106-1112. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2016-309409.
- [17] 侯杰, 雷玉琳, 郑秀云. TransPRK 与 Epi-LASIK 矫治薄角膜近视眼的临床疗效比较 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2015, 33(6): 531-536. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2015.06.011.
- [18] Hou J, Lei YL, Zheng XY. Comparison of clinical effectiveness between transepithelial PRK and Epi-LASIK for myopia with thin cornea [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2015, 33(6): 531-536. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2015.06.011.
- [19] Netto MV, Mohan RR, Sinha S, et al. Stromal haze, myofibroblasts, and surface irregularity after PRK [J]. *Exp Eye Res*, 2006, 82(5): 788-797. DOI: 10.1016/j.exer.2005.09.021.
- [20] Murakami Y, Manche EE. Prospective, randomized comparison of self-reported postoperative dry eye and visual fluctuation in LASIK and photorefractive keratectomy [J]. *Ophthalmology*, 2012, 119(11): 2220-2224. DOI: 10.1016/j.ophtha.2012.06.013.
- [21] Kuo IC, Lee SM, Hwang DG. Late-onset corneal haze and myopic regression after photorefractive keratectomy (PRK) [J]. *Cornea*, 2004, 23(4): 350-355. DOI: 10.1097/00003226-200405000-00007.
- [22] Møller-Pedersen T, Cavanagh HD, Petroll WM, et al. Corneal haze development after PRK is regulated by volume of stromal tissue removal [J]. *Cornea*, 1998, 17(6): 627-639. DOI: 10.1097/00003226-199811000-00011.

(收稿日期: 2021-04-23 修回日期: 2021-10-19)

(本文编辑: 刘艳 施晓萌)

读者 · 作者 · 编者

本刊对一稿两投的处理

作者投稿请勿一稿两投或一稿多投。本刊编辑部发现一稿两投并经证实后,稿件将不予审理并对作者进行告知。如果发现一稿两用,本刊将做出如下处理:(1)在本刊杂志及网站上刊登撤销该论文及该文系重复发表的声明,并在中华医学会系列杂志上通报。(2)向作者所在单位和该领域内的其他科技期刊进行通报。(3)2年内拒绝发表其作为第一作者或通信作者的任何来稿。

文章未在公开发表物上发表者、以不同文字分别投往国外期刊和国内期刊以供不同受众者阅读者不属于一稿两投的行为,但本刊严格遵照国际医学期刊编辑委员会《国际生物医学期刊投稿统一要求》(http://www.icmje.org/urm_main.html),属于以不同语言文字二次发表者,请作者在首次接受稿件的期刊发表后1周再另行投稿,并请提供首次发表期刊同意以不同语言发表的同意函。

(本刊编辑部)