

【应用研究】

脉冲技术(smart pulse technology, SPT)应用于手术,应用 SPT 的 Trans-PRK 可以根据角膜表面曲率的变化来调整激光切削量,激光脉冲排布更加紧密,激光脉冲发射的位置由原来的平面分布变为富勒烯 3 D

模型分布,模拟了真实的角膜曲面,显著改善了基质床的平滑程度。然而,相关报道仍较少,本研究旨在观察 SPT 辅助的 Trans-PRK 矫正中低度近视的临床疗效。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择2017年6月至11月在我院行 SPT 辅助的 Trans-PRK 患者 39 例 75 眼,其中男 19 例 37 眼、女 20 例 38 眼,年龄 19~36(25.31 ± 4.90) 岁,等效球镜度数为 $-1.52 \sim -5.87$ (-4.10 ± 1.12) D,散光度数为 $0 \sim -2.75$ (-1.38 ± 0.78) DC,角膜厚度为 $471 \sim 613$ (536.09 ± 31.88) μm 。入选标准:(1)年龄 18~50 岁;(2)屈光度稳定至少 2 a;(3)最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA) ≥ 0.8 ;(4)软性角膜接触镜配戴者停戴 7 d 以上,硬性角膜接触镜配戴者停戴 1 个月以上,角膜塑形镜配戴者停戴 3 个月以上;(5)无相关手术禁忌证。排除术后 6 个月内随访资料有缺如的患者。

1.2 方法

1.2.1 术前常规检查 包括裸眼视力(uncorrected visual acuity, UCVA)、BCVA、屈光度数、眼位、眼前节、眼底、眼压、角膜厚度、角膜地形图、瞳孔直径、泪液功能检查等。

1.2.2 角膜像差检查 应用 Sirius(意大利 CSO 公司)眼前节分析系统。在自然瞳孔状态下,嘱被检者下颌置于下颌托上,额部顶靠额托,注视正前方指示灯,嘱患者瞬目后睁大双眼,立即对焦,自动测量获取角膜数据,避免角膜被睫毛或眼睑遮挡及泪膜破裂的影响。选取成像质量大于 95% 的测量结果。获取 6 mm 瞳孔直径下总高阶像差、球差、彗差的 Zernike 数值。

1.2.3 手术方法 术前 3 d 双眼滴左氧氟沙星滴眼液每天 4 次、溴芬酸钠滴眼液每天 2 次和玻璃酸钠滴眼液每天 4 次,所有患者均由同一位经验丰富的医师完成手术。使用 Amaris 1050RS(德国 Schwind 公司)准分子激光系统,采用 SPT 引导的 Trans-PRK 的消像差模式切削,切削频率 1050 Hz,术前设计好手术参数,用 SD 卡导入数据联机手术系统。术前常规冲洗结膜囊、消毒、表面麻醉,开睑器开睑,一步完成角膜上皮及角膜基质的切削,角膜上皮的切削直径与光学切削区直径相同,根据屈光度及瞳孔大小设置光学区为 6.3~7.3 mm,过渡区由设备软件根据屈光度及光学区大小自动计算。切削结束后用冷藏的 BBS 液冲洗角膜切削面,配戴角膜绷带镜。

1.2.4 术后处理及随访 术后 1 d 开始使用左氧氟沙星滴眼液、小牛血去蛋白提取物眼用凝胶滴眼液每天 4 次,溴芬酸钠滴眼液每天 2 次,持续 1 周。术后 3~4 d 角膜上皮愈合后取下绷带镜。术后 7 d 用 1 g·L⁻¹ 氟米龙滴眼液持续滴眼 3 个月,规律减量;玻璃酸钠滴眼液滴眼 3 个月,每天 4 次;马来

酸噻吗洛尔滴眼 3 个月,每天 2 次。术后随访 6 个月,随访内容包括 UCVA、BCVA、屈光度、眼压、角膜地形图、角膜像差、裂隙灯和眼底,记录并发症发生情况。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 19.0 软件进行统计分析,数据用均数 \pm 标准差表示。用重复测量方差分析对术前及术后各时间点角膜前表面总高阶像差、球差、彗差进行统计分析,各组术前与术后不同时间差异的两两比较,采用多重比较最小显著差异法(least-significant difference, LSD)检验;检验水准: $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 术后等效球镜度数 术后 6 个月,82.67% (62/75) 的患眼等效球镜度数在 ± 0.25 D 内,92.00% (69/75) 的患眼等效球镜度数在 ± 0.50 D 内,100.00% 的患眼等效球镜度数在 ± 1.00 D 内。

2.2 术后 UCVA 术后 6 个月,100.00% (75/75) 的患眼 UCVA 达到 20/20 或更好,88.00% (66/75) 的患眼 UCVA 达到 20/16 或更好,60.00% (45/75) 的患眼 UCVA 达到 20/13 或更好,8.00% (6/75) 的患眼 UCVA 达到 20/10。

2.3 术后 BCVA 所有患眼术后 6 个月的 BCVA 与术前 BCVA 比较,无一例下降超过一行,46.67% (35/75) 的患眼 BCVA 无变化,37.33% (28/75) 的患眼 BCVA 提高一行,16.00% (12/75) 的患眼 BCVA 提高两行。

2.4 术后屈光度 术后 1 个月、3 个月、6 个月患者的等效球镜度数、球镜度数、散光度数见表 1。Trans-PRK 术后早期患眼有轻度的远视化倾向,术后 6 个月由轻度远视转为正视并趋于稳定。

表 1 术后 1 个月、3 个月、6 个月患眼屈光度情况

时间	等效球镜度数/D	球镜度数/D	散光度数/D
术后 1 个月	0.18 \pm 0.47	0.36 \pm 0.51	-0.34 \pm 0.30
术后 3 个月	0.15 \pm 0.48	0.32 \pm 0.54	-0.31 \pm 0.38
术后 6 个月	0.04 \pm 0.39	0.15 \pm 0.38	-0.22 \pm 0.20

2.5 并发症 75 眼中 9 眼发生 Haze,多于术后 1~3 个月发生,其中 1 级 2 眼,占 2.67%;0.5 级 7 眼,占 9.33%,均经对症处理后于术后 3~5 个月消失。未见激素性高眼压等其他并发症发生。

2.6 角膜高阶像差 术前及术后不同时间角膜各高阶像差情况见表 2。Trans-PRK 术前及术后不同时间点角膜球差差异均有统计学意义($F = 7.119$, $P = 0.000$),进一步两两比较发现,仅术后 6 个月与术前比较差异均有统计学意义($P = 0.005$),术后 7 d、1 个月、3 个月角膜球差与术前比较差异均无统计学意义($P = 0.523$ 、0.534、0.484)。

Trans-PRK 术前及术后不同时间点角膜彗差差异有统计学意义($F = 3.232$, $P = 0.014$)。进一步两

两比较发现,术后7 d、6个月角膜彗差与术前比较差异有统计学意义($P=0.027$ 、 0.004),术后1个月、3个月角膜彗差与术前比较差异无统计学意义($P=0.052$ 、 0.419),术后3个月角膜彗差与术后6个月比较差异有统计学意义($P=0.027$)。

Trans-PRK 术后不同时间点角膜总高阶像差高于术前,差异有统计学意义($F=15.207$, $P=0.000$)。术后7 d、1个月、3个月、6个月角膜总高阶像差分别与术前比较,差异均有统计学意义(均为 $P=0.000$),术后1个月、3个月角膜总高阶像差分别与术后6个月比较,差异均有统计学意义($P=0.018$ 、 0.015),术后1个月角膜总高阶像差与术后7 d 比较,差异有统计学意义($P=0.024$)。

表2 Trans-PRK 术前及术后不同时间点角膜各高阶像差情况

时间	像差/ μm		
	球差	彗差	总高阶像差
术前	0.19 ± 0.07	0.19 ± 0.09	0.33 ± 0.07
术后7 d	0.18 ± 0.11	0.24 ± 0.12	0.44 ± 0.13
术后1个月	0.18 ± 0.12	0.22 ± 0.12	0.41 ± 0.12
术后3个月	0.21 ± 0.14	0.20 ± 0.11	0.41 ± 0.13
术后6个月	0.25 ± 0.14	0.23 ± 0.11	0.45 ± 0.15
F 值	7.119	3.232	15.207
P 值	0.000	0.014	0.000

3 讨论

随着角膜屈光手术方式的不断推陈出新和手术安全性的提高,近视患者术后能在较短时间恢复良好的 UCVA,人们开始更加注重术后视觉质量的恢复。不仅要拥有较好 UCVA,而且要同时拥有较高的视觉质量才能使屈光手术更加趋向完美。波前像是患者术后视觉质量的重要评价指标,尤其是近视屈光术后角膜球差和彗差的变化^[1],可以客观地反映人眼光学系统的光学特点和视觉质量^[2],并对其进行临床评估。

在维持患者术后较好视觉质量方面,Trans-PRK 具有独特的优势。Trans-PRK 是目前安全性最高的全激光手术^[3],其采用超高的眼球跟踪频率和切削频率(1050 Hz)、直径仅为 $0.54\ \mu\text{m}$ 的激光光斑、七维全方位眼球跟踪系统等先进技术,手术全程与眼球无接触^[4],使角膜切削面更加光滑,减少了医源性像差的引入。此外,SPT 辅助的 Trans-PRK,激光脉冲排布更加紧密,激光脉冲发射的位置为富勒烯 3 D 模型分布,模拟了真实的角膜曲面。有研究表明,SPT 辅助的 Trans-PRK,电镜下观察切削的角膜基质床可见基质表面更加均一光滑^[5],保证了术后视力的较快恢复和高水平的视觉质量。

本研究对 SPT 辅助的 Trans-PRK 矫正中低度近视患者的术后早期效果进行了评价。结果显示,术后6个月的 BCVA 与术前 BCVA 比较,无一例下降

超过一行,46.67% 的患眼 BCVA 无变化,37.33% 的患眼 BCVA 提高一行,16.00% 的患眼 BCVA 提高两行。术后6个月,100.00% 的患眼 UCVA 达到 20/20 或更好,100.00% 的患眼等效球镜度数在 $\pm 1.00\ \text{D}$ 内。说明 SPT 辅助的 Trans-PRK 矫正中低度近视具有良好的手术安全性、有效性及可预测性。

本研究中,术后7 d、1个月角膜球差低于术前,术后3个月、6个月逐渐增加高于术前;角膜彗差和总高阶像差于术后7 d 明显增加,术后1个月、3个月有一定程度的降低,术后6个月又有所增加,且均高于术前。这可能与术中激光切削能量的丢失和术后角膜上皮细胞重塑相关^[6]。另外,泪膜的稳定性和角膜的透明度变化也可能造成高阶像差的变化。Trans-PRK 术后角膜球差的增加可能与余弦效应相关^[7],余弦效应使准分子激光脉冲在角膜周边部能量丢失,周边和中央的切削深度有一定差异,造成周边部欠矫。Trans-PRK 术后彗差的增加可能与偏中心切削相关^[8],术中眼球运动速度常快于激光跟踪速度,并且术中患者处于卧位,由于眼球自旋作用,散光轴定位与直立位有一定差别,均可能造成术后彗差增加。张日平等^[9]观察了 63 眼术前等效球镜度数为 $(-4.22 \pm 1.40)\ \text{D}$ 的患者,使用 Amaris 500 Hz 行 Trans-PRK 近视矫正术,术后角膜像差均较术前增加,术后6个月彗差、球差和总高阶像差分别为 $(0.30 \pm 0.12)\ \mu\text{m}$ 、 $(0.37 \pm 0.20)\ \mu\text{m}$ 、 $(0.52 \pm 0.13)\ \mu\text{m}$ 。赵皎等^[10]对等效球镜度数为 $(-3.33 \pm 0.25)\ \text{D}$ 的患者使用 Amaris 500 Hz 准分子激光系统,采用 Trans-PRK 手术模式切削,观察3个月,术后角膜像差均较术前增加,术后3个月水平彗差、垂直彗差、球差和总高阶像差分别为 $(0.24 \pm 0.18)\ \mu\text{m}$ 、 $(0.31 \pm 0.22)\ \mu\text{m}$ 、 $(0.55 \pm 0.17)\ \mu\text{m}$ 、 $(0.79 \pm 0.22)\ \mu\text{m}$ 。本研究中患者术前等效球镜度数为 $(-4.10 \pm 1.12)\ \text{D}$,术后3个月球差、彗差和总高阶像差分别为 $(0.21 \pm 0.14)\ \mu\text{m}$ 、 $(0.20 \pm 0.11)\ \mu\text{m}$ 、 $(0.41 \pm 0.13)\ \mu\text{m}$,术后6个月分别为 $(0.25 \pm 0.14)\ \mu\text{m}$ 、 $(0.23 \pm 0.11)\ \mu\text{m}$ 、 $(0.45 \pm 0.15)\ \mu\text{m}$,均较上述研究低。虽然使用 SPT 辅助的 Trans-PRK 术后高阶像差仍有一定程度增加,但经 1050 Hz 的切削频率、七维全方位眼球跟踪系统等先进技术所诱导的术源性像差更少。

总之,SPT 辅助的 Trans-PRK 矫正中低度近视是安全、有效的。此后我们将延长随访时间,增加样本量,与非 SPT 辅助及其他角膜屈光手术方式比较进一步深入研究。

参考文献

[1] SMADJA D, SANTHIAGO M R, MELLO G R, TOUBOUL D, MROCHEN M, KRUEGER R R. Corneal higher order aberrations after myopic wavefront-optimized ablation[J]. J Refract Surg, 2013, 29(1): 42-48.

参考文献

[1] SHALCHI Z, GURBAXAFI A, BAKER M, NASH J. Antibiotic resistance in microbial keratitis; ten-year experience of corneal scrapes in the United Kingdom [J]. *Ophthalmology*, 2011, 118(11):2161-2165.

[2] RAUTARAYA B, SHARMA S, ALI M H, KAR S, DAS S, SAHU S K. A 3. 5-Year study of bacterial keratitis from Odisha, India [J]. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*, 2014, 3(3):146-150.

[3] MA Y, LI J Y, JIN S H. US Clinical Laboratory Standards Committee recommends susceptibility testing methods and criteria (2005 revision) [J]. *Natl Med J Chin*, 2005, 85(17):1183-1184.

马越, 李景云, 金少鸿. 美国临床实验室标准委员会推荐药敏试验操作方法和判断标准(2005年修订版) [J]. 中华医学杂志, 2005, 85(17):1183-1184.

[4] HALL R C, MCKELLAR M J. Bacterial keratitis in Christchurch, New Zealand, 1997-2001 [J]. *Clin Exp Ophthalmol*, 2004, 32(5):478-481.

[5] WU Z Q, LIU J P, NIE S W, WANG X Q. Clinical analysis of 196 infectious keratitis in Jingzhou Region [J]. *Chin J Pract Ophthalmol*, 2013, 31(10):1304-1307.

伍志琴, 刘剑平, 聂尚武, 王晓琴. 感染性角膜炎 196 例临床分析 [J]. 中国实用眼科杂志, 2013, 31(10):1304-1307.

[6] CARIELLO A J, PASSOS R M, YU M C Z, HOFLINGLIMA A L. Microbial keratitis at a referral center in Brazil [J]. *Int Ophthalmol*, 2011, 31(3):197-204.

[7] GOPINATHAN U, GARG P, FERNANDES M, SHARMA S, ATHMANATHA S, RAO G. The epidemiological features and laboratory results of fungal keratitis; a 10-year review at a referral eye care center in South India [J]. *Cornea*, 2002, 21(6):555-559.

[8] ZHONG W X, SUN S Y, ZHAO J, SHI W Y, XIE L X. Restrospective study of suppurative keratitis in 1054 patients [J]. *Chin J Ophthalmol*, 2007, 43(3):245-250.

钟文贤, 孙士营, 赵靖, 史伟云, 谢立信. 1054 例化脓性角膜炎的回顾性分析 [J]. 中华眼科杂志, 2007, 43(3):245-250.

[9] SUN X G, WANG Z Q, LUO S Y, JIN X Y, ZHANG W H. Distribution and shifting trends of the pathogens for bacterial keratitis [J]. *Chin J Ophthalmol*, 2002, 38(5):292-294.

孙旭光, 王智群, 罗时运, 金秀英, 张文华. 细菌性角膜炎病原学分析 [J]. 中华眼科杂志, 2002, 38(5):292-294.

[10] CHAWLA B, AGARWAL P, TANDON R, TITIYAL J S, SHARMA N, AGARWAL T, et al. *In vitro* susceptibility of bacterial keratitis isolates to fourth-eration fluoroquinolones [J]. *Eur J Ophthalmol*, 2010, 20(2):300-305.

[11] ZHANG Y, WANG Z Q, SUN X G. Etiological analysis and *in vitro* drug sensitivity of bacterial keratitis in northern China in the period of 2006 - 2015 [J]. *Chin J Ophthalmol*, 2017, 53(9):662-667.

张阳, 王智群, 孙旭光. 2006 至 2015 年我国北方地区细菌性角膜炎病原学及药物敏感性分析 [J]. 中华眼科杂志, 2017, 53(9):662-667.

[12] LIN C C, LALITHA P, SRINIVASAN M, PRAJNA N V, MCLEOD S D, ACHARYA N R, et al. Seasonal trends of microbial keratitis in South India [J]. *Cornea*, 2012, 31(10):1123-1127.

[13] LIANG Y C, WANG Z Q, LI R, LIANG Q F, LUO S Y, DENG S J, et al. The pathogens and its resistance to antibiotics in bacterial keratitis; a 4-year review [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2007, 25(4):306-309.

梁艳闯, 王智群, 李然, 梁庆丰, 罗时运, 邓世靖, 等. 细菌性角膜炎病原学及耐药性分析 [J]. 中华实验眼科杂志, 2007, 25(4):306-309.

[14] LICHTINGER A, YEUNG S N, KIM P, AMIRAN M D, LOVIE-NO A, ELBAZ U, et al. Shifting trends in bacterial keratitis in Toronto: an 11-year review [J]. *Ophthalmology*, 2012, 119(9):1785-1790.

.....

(上接第 975 页)

[2] WANG Q M, HUANG J H. Further understanding of the importance of quality of vision in corneal refractive surgery [J]. *Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci*, 2014, 16(1):1-4.

王勤美, 黄锦海. 深化对角膜屈光手术视觉质量重要性的认识 [J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2014, 16(1):1-4.

[3] ADIB-MOGHADDAM S, SOLEYMAN-JAHI S, ADILI-AGHDAM F, ARBA M S, HOORSHAD N, TOFIGHI S. Single-step transepithelial photorefractive keratectomy in high myopia: Qualitative and quantitative visual functions [J]. *Int J Ophthalmol*, 2017, 10(3):445-452.

[4] ANTONIOS R, ABDUL F M, ARBA M S, ABIAD B H, SLEIMAN K, AWWAD S T. 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.

[5] ASLANIDES I M, KYMIONIS G D. Trans advanced surface laser ablation (TransPRK) outcomes using smart pulse technology [J]. *Cont Lens Anterior Eye*, 2017, 40(1):42-46.

[6] KWON Y, BOTT S. Postsurgery corneal asphericity and spherical aberration due to ablation efficiency reduction and corneal remodeling in refractive surgeries [J]. *Eye*, 2009, 23(9):1845-1850.

[7] WANG Y, ZHAO K X. Wavefront aberration and clinical vision correction [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2011:200.

王雁, 赵堪兴. 波前像差与临床视觉矫正 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2011:200.

[8] MORENO-BARRIUSO E, LLOVES J M, MARCOS S, NAVARRO R, LLORENTE L, BARBERO S. Ocular aberrations before and after myopic corneal refractive surgery: LASIK-induced changes measured with laser ray tracing [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2001, 42(6):1396-1043.

[9] ZHANG R P, GU M S, SUN L X, LI J Y. The effect of femto-second laser-assisted LASIK and transepithelial photorefractive keratectomy on corneal higher order aberrations in myopia [J]. *Ophthalmol CNH*, 2015, 24(4):225-229.

张日平, 辜美山, 孙丽霞, 李瑾瑜. 飞秒激光制瓣 LASIK 及 TransPRK 手术治疗近视对角膜像差的影响 [J]. 眼科, 2015, 24(4):225-229.

[10] ZHAO J, ZENG L, LIU Z S, HAO G S. Effects of SMILE and Trans-PRK on corneal higher order aberrations after myopic correction [J]. *Int Eye Sci*, 2018, 18(3):438-441.

赵姣, 曾莉, 刘宗顺, 郝更生. SMILE 与 Trans-PRK 手术矫正近视对角膜前表面像差的影响 [J]. 国际眼科杂志, 2018, 18(3):438-441.