

# 经上皮准分子激光角膜切削术对角膜前表面参数的影响

曹丽君, 张亚丽, 徐湘辉, 刘 蕾, 李招娜

引用: 曹丽君, 张亚丽, 徐湘辉, 等. 经上皮准分子激光角膜切削术对角膜前表面参数的影响. 国际眼科杂志 2020; 20(4): 684-687

作者单位: (250001) 中国山东省济南市第二人民医院屈光手术中心

作者简介: 曹丽君, 女, 毕业于山东大学, 主管技师, 研究方向: 角膜屈光手术。

通讯作者: 张亚丽, 女, 毕业于山东大学, 博士, 副主任医师, 研究方向: 角膜屈光手术与视光学. 157184193@qq.com

收稿日期: 2019-10-04 修回日期: 2020-03-16

## 摘要

**目的:** 观察经上皮准分子激光角膜切削术(TPRK)对角膜曲率、非球面性参数(Q值)及像差的影响。

**方法:** 选取行TPRK手术治疗并随访6mo以上的近视患者29例58眼, Pentacam行术前和术后检查。分析术前和术后6mo时1~8mm直径曲率、目标曲率和术后3mm环曲率, Q值和角膜像差。

**结果:** 1~8mm范围, 角膜曲率术后比术前各范围均有显著性降低。术后3mm环曲率 $39.20 \pm 1.99D$ , 手术目标曲率 $39.51 \pm 1.99D$ , 两者呈显著相关( $r = 0.98$ )。术前术后Q值分别为 $-0.44 \sim -0.30$ 、 $0.34 \sim 0.66$  ( $P < 0.05$ )。术前和术后角膜总高阶像差、球差、垂直彗差分别为 $0.41 \pm 0.10$ 、 $0.17 \pm 0.08$ 、 $-0.07 \pm 0.23$ 和 $0.72 \pm 0.23$ 、 $0.41 \pm 0.17$ 、 $-0.24 \pm 0.32$ , 术后有显著性增加; 手术前后水平彗差分别为 $-0.03 \pm 0.12$ 、 $-0.03 \pm 0.30$  ( $P > 0.05$ )。

**结论:** TPRK手术后角膜曲率显著性降低, 3mm区域的变化量最大; 术后Q值、角膜总高阶像差、球差和垂直彗差均显著性增加。

**关键词:** 经上皮准分子激光角膜切削术; 角膜曲率; Q值; 像差

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2020.4.23

## Clinical observation of transepithelial photorefractive ketatectomy on the anterior corneal surface parameters

Li-Jun Cao, Ya-Li Zhang, Xiang-Hui Xu, Lei Liu, Zhao-Na Li

Department of Ophthalmology, the Second People's Hospital of Jinan, Jinan 250001, Shandong Province, China

**Correspondence to:** Ya-Li Zhang, Department of Ophthalmology, the Second People's Hospital of Jinan, Jinan 250001, Shandong Province, China. 157184193@qq.com

Received: 2019-10-04 Accepted: 2020-03-16

## Abstract

• **AIM:** To observe the effect of transepithelial photorefractive ketatectomy (TPRK) on corneal curvature, asphericity and aberrations.

• **METHODS:** Twenty - nine patients (58 eyes) were enrolled. The 1mm-8mm zone curvature, target curvature and 3mm ring curvature, corneal asphericity (Q value) and corneal aberration was measured and analyzed before and 6mo after TPRK surgery.

• **RESULTS:** In the 1mm - 8mm zone, the corneal curvature all had significant decrease after TPRK surgery. The curvature 3mm ring after operation was  $39.20 \pm 1.99D$ , and the curvature target was  $39.51 \pm 1.99D$ . And both values had a significant correlation ( $r = 0.98$ ). The Q values before and after operation were  $-0.44$  to  $-0.30$ ,  $0.34$ - $0.66$  respectively ( $P < 0.05$ ). The total high - order aberration, spherical aberration and vertical coma of cornea before and after operation were  $0.41 \pm 0.10$ ,  $0.17 \pm 0.08$ ,  $-0.07 \pm 0.23$  and  $0.72 \pm 0.23$ ,  $0.41 \pm 0.17$ ,  $-0.24 \pm 0.32$ , respectively, and these differences were significant. The pre - and postoperative horizontal coma was  $-0.03 \pm 0.12$ , and  $-0.03 \pm 0.30$  respectively ( $P > 0.05$ ).

• **CONCLUSION:** After TPRK operation, corneal curvature decreased significantly, and the change in zone of 3mm was the largest. The Q value, total high-order aberration, spherical aberration and vertical coma increased significantly after TPRK operation.

• **KEYWORDS:** transepithelial photorefractive keratectomy; corneal curvature; Q value; aberration

**Citation:** Cao LJ, Zhang YL, Xu XH, et al. Clinical observation of transepithelial photorefractive ketatectomy on the anterior corneal surface parameters. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2020; 20(4): 684-687

## 0 引言

经上皮准分子激光角膜切削术 (transepithelial photorefractive ketatectomy, TPRK) 是新兴的一种角膜表层激光手术方式, 采用准分子激光去除角膜上皮, 准分子激光切削透镜, 手术一次性完成无需停顿, 术中无负压, 器械不接触眼球, 上皮损伤面积少, 术后上皮修复快, 较少 haze 形成; 受到广大屈光手术医师的认可, 已成为屈光手术的主流术式之一。角膜曲率、非球面参数(Q值)、角膜像差是评估屈光手术的重要眼前节参数, 已有研究表明准分子激光原位角膜磨镶术 (laser *in situ* ketatomileusis, LASIK), 飞秒-LASIK 和飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术 (femtosecond small incision lenticule extraction, SMILE) 对角膜曲率、Q值及角膜像差有比较大的影响, 而且手术方式

表1 TPRK手术前后各区域角膜曲率变化

时间	1mm	2mm	3mm	4mm	5mm	6mm	7mm	8mm
术前	43.61±1.61	43.58±1.60	43.52±1.59	43.45±1.58	43.38±1.56	43.27±1.56	43.12±1.55	42.90±1.56
术后	39.47±2.09	39.36±2.07	39.23±2.04	39.18±2.02	39.25±1.93	39.42±1.90	39.71±1.82	40.05±1.78
<i>t</i>	11.84	12.13	12.53	12.59	12.55	11.83	10.76	9.10
<i>P</i>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

( $\bar{x} \pm s, D$ )

注:1~8mm;表示以角膜顶点为中心,不同直径范围的角膜曲率。

不同,其参数的改变量也是不同的<sup>[1-3]</sup>;但是目前国内外对TPRK手术相关的研究甚少,本研究拟对TPRK手术前后的角膜曲率、Q值和角膜像差进行对比分析。

## 1 对象和方法

### 1.1 对象

回顾性非随机研究。选取2018-03/09在我院屈光手术中心行TPRK手术并随访6mo以上的近视患者共29例58眼,年龄24.68±5.06(18~36)岁,其中男26眼,女32眼。

手术纳入标准:(1)年龄18岁以上;(2)近视度数稳定1a以上;(3)停戴软性角膜接触镜2wk以上,停戴硬性透气性隐形眼镜3wk以上,停戴角膜塑形镜3mo以上;(4)等效球镜<-8.00D;(5)术后角膜基质床厚度>350μm。排除标准:(1)圆锥角膜、角膜病、白内障、青光眼、视网膜等其它眼病患者;(2)自身免疫性疾病或结缔组织疾病患者;(3)既往有眼部手术史等。本研究通过了医院伦理委员会批准,并经患者或其家属知情同意签署知情同意书。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 术前检查

术前检查裸眼视力、电脑散瞳验光、主观验光、最佳矫正视力、眼压、角膜中央厚度、角膜地形图及裂隙灯眼前节和眼后节的检查。使用Pentacam眼前节分析系统进行角膜地形图的检查,检查在暗室下进行,Pentacam眼前节分析系统采用基于Scheimpflug摄像技术,被检者双眼自然睁开并注视前方闪烁的蓝色指示灯,每次开始扫描时要求患者尽量睁大双眼,以保证角膜不被睫毛或眼睑遮挡。接受成像质量显示“OK”的检测结果。该检查测量角膜曲率、角膜Q值以及角膜像差。角膜曲率取以角膜顶点为中心,1~8mm不同直径范围,该区域内角膜的平均前表面曲率值;角膜Q值取以角膜顶点为中心,6、7、8、9mm区域的角膜前表面Q值;角膜像差取球差、垂直彗差、水平彗差和角膜总高阶相差,其结果由测量自动生成。

#### 1.2.2 手术方法

手术均由同一位熟练医生操作完成。盐酸丙美卡因滴眼液行表面麻醉,采用750S准分子激光治疗仪ORK-CAM软件的消像差TPRK程序,切削光学区6.0~7.0mm,激光扫描完毕,立即给予低温平衡液冲洗切削面,置角膜接触镜。术后,盐酸左氧氟沙星滴眼液点眼,4次/d,1wk停药;氯替泼诺滴眼液点眼,4次/d,7d后改用1g/L氟米龙滴眼液点眼,4次/d,之后每月递减1次,4mo后停药;促角膜修复药物和人工泪液酌情使用。角膜上皮愈合后摘角膜接触镜。

#### 1.2.3 观察与随访

术后1、3d,1wk,1、2、3、4、6mo常规行裂隙灯、电脑验光和气动眼压的检查;术后3、6mo行角膜地形图检查;采用术后6mo的检查结果作为最终分析

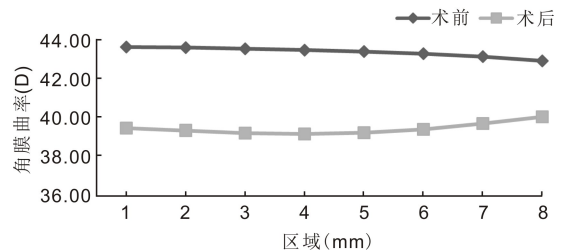


图1 TPRK手术前后各区域角膜曲率变化。

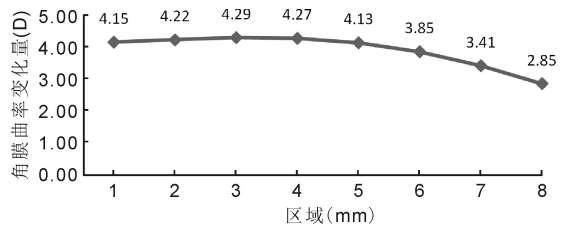


图2 TPRK手术前后各区域角膜曲率变化量。

数据。术后角膜曲率、角膜Q值以及角膜像差的数据采集同术前。750s准分子激光仪在进行准分子激光扫描前,输入术前角膜曲率后会根据患者的角膜曲率、屈光状态自动生成术后预期的角膜曲率值(目标曲率),在此术前角膜曲率输入角膜前表面3mm环角膜曲率值,目标曲率由仪器软件自动生成,术后角膜曲率亦选取角膜前表面3mm环的曲率值做统计分析。

统计学分析:采用SPSS 23.0软件进行统计学分析,计量资料采用均数±标准差描述,采用配对样本*t*检验和Pearson相关分析对数据进行统计。*P*<0.05表示差异有统计学意义。

## 2 结果

所有手术均顺利完成。术前球镜度数:-4.49±1.09(-2.50~-7.75)D,散光度数:-0.48±0.49(0.00~-1.75)D,等效球镜度数:-4.73±1.15(-2.75~-8.00)D,术后裸眼视力、最佳矫正视力及术后屈光力均达到预期效果,术后无0.5级以上haze及其他并发症的发生。

### 2.1 角膜曲率

TPRK术前角膜曲率从中央至周边呈逐渐降低的趋势,术后在以角膜顶点为中心的4mm直径范围内角膜前表面曲率呈逐渐降低的趋势,4~8mm直径范围内呈逐渐增加的趋势。手术前后各区域范围角膜曲率变化均有显著性差异(表1,图1)。手术前后的角膜曲率变化量,在以角膜顶点为中心的3mm直径范围内呈逐渐增加的趋势,3mm区域角膜曲率变化量最大,其次是4mm区域;3~8mm区域范围内,角膜曲率变化量呈逐渐减少的趋势(图2)。

以角膜顶点为中心,3mm环角膜曲率术前平坦轴(K1)、陡峭轴(K2)和平均值(Km)分别为42.91±1.55

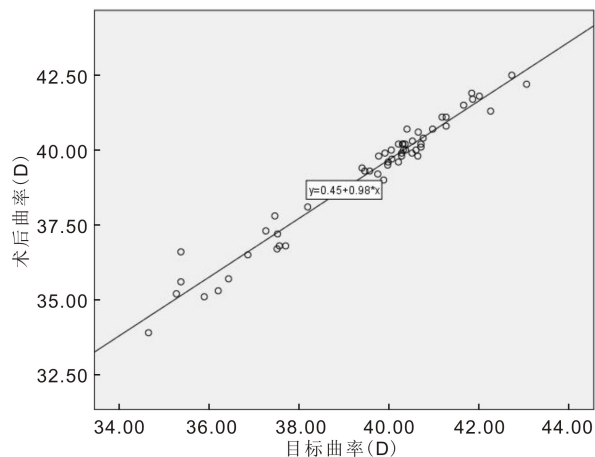


图3 TPRK术后曲率与目标曲率关系图。

表2 TPRK手术前后各区域角膜Q值的比较  $\bar{x} \pm s$

时间	6mm	7mm	8mm	9mm
术前	-0.30±0.14	-0.35±0.14	-0.37±0.18	-0.44±0.13
术后	0.66±0.40	0.62±0.35	0.52±0.31	0.34±0.26
t	-17.18	-19.19	-18.87	-20.20
P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

表3 TPRK手术前后角膜像差的比较 ( $\bar{x} \pm s, \mu\text{m}$ )

时间	总高阶像差	球差	垂直彗差	水平彗差
术前	0.41±0.10	0.17±0.08	-0.07±0.23	-0.03±0.12
术后	0.72±0.23	0.41±0.17	-0.24±0.32	-0.03±0.30
t	-9.46	-10.51	5.13	0.08
P	<0.01	<0.01	<0.01	0.94

(40.40~45.90)D、43.95±1.64(41.40~47.30)D、43.42±1.57(41.00~46.30)D;术后分别为38.87±1.98(33.70~42.10)D、39.54±2.02(34.20~43.10)D和39.20±1.99(33.90~42.50)D;目标曲率分别为39.08±1.97(34.17~42.76)D、39.94±2.03(35.12~43.36)D和39.51±1.99(34.65~43.06)D。将术后角膜曲率与目标角膜曲率做相关分析发现,两者呈显著相关  $K_{\text{术后}} = 0.45 + 0.98K_{\text{目标}}$  ( $r = 0.98$ )。图3显示了TPRK术后角膜曲率与目标曲率的关系。

**2.2 角膜非球面参数** TPRK术前角膜前表面Q值为-0.44~-0.30,术后为0.34~0.66,手术前后差异均有显著性。术前6~9mm区域角膜Q值呈负性增加的趋势,术后这一趋势未发生改变,见表2。

**2.3 角膜像差变化** TPRK手术后角膜总高阶像差、球差和垂直彗差比术前有显著性增加;而术后水平彗差与术前相比,无明显改变,见表3。

### 3 讨论

精良的医疗设备和精湛的手术技术是术后视觉质量的保障。近年来医疗设备发展迅速,准分子激光技术逐渐改进和升级,准分子激光治疗仪ORK-CAM软件采用小光斑飞点扫描的波前像差优化手术方式,是目前最先进的准分子机器之一。该设备的消像差模式的特点是保留了术前已经存在的、合理的,对视力矫正无影响的高阶像差,着

重减少手术过程中高阶像差的额外引入<sup>[4-5]</sup>。TPRK设计原理:(1)角膜上皮切削量依据中央厚度55 $\mu\text{m}$ 、周边(8mm直径)厚度为65 $\mu\text{m}$ 设计,治疗光区可以根据瞳孔直径以0.1mm逐级调整,角膜切削上皮的直径=治疗区域的直径,对角膜的损伤减小;(2)由中央到周边的切削量逐渐增加,符合人群角膜上皮的自然状态;(3)一步完成:对角膜上皮的切削和矫正屈光不正的切削连续进行。本研究采用标准消像差切削模式,手术光区设定为6.0~7.0mm。本研究结果发现,TPRK术后,在以角膜顶点为中心的4mm直径范围内角膜前表面曲率呈逐渐降低的趋势,该趋势符合角膜前表面非球面的特性,说明在中央区准分子激光扫描是以非球面的模式进行的,与Anders等研究的全飞秒SMILE术后角膜曲率的变化特征相似,Anders等比较分析了SMILE与FS-LASIK术后角膜曲率的变化,发现在中央2mm范围内SMILE术后角膜前表面曲率高于FS-LASIK,而在周边角膜曲率低于FS-LASIK<sup>[6]</sup>。

TPRK手术前后的角膜曲率变化量,在以角膜顶点为中心的3mm直径范围内呈逐渐增加的趋势,3~8mm区域范围内,角膜曲率变化量呈逐渐减少的趋势;本研究中观察对象均为近视,故中央区的角膜曲率变化量应该是最大的,而结果显示3mm区域变化量最大,考虑与TPRK手术激光切削时间较长,切削时角膜中央水化作用高于周边、激光产生的组织碎屑形成涡流,妨碍正常脉冲激光、角膜上皮的过度增生、变厚等因素有关<sup>[7-8]</sup>。

Dolores等研究发现,制作角膜瓣的方式不同,对LASIK手术目标角膜曲率与术后角膜曲率的影响亦是不同的;两种不同的制瓣方式,目标角膜曲率与术后角膜曲率均有较高的相关性( $r = 0.85$ ),但是飞秒激光制瓣的精准性较高,术后角膜曲率与目标曲率的相差值更小(0.8D vs 1.2D)<sup>[9]</sup>。本研究发现无瓣的TPRK手术在这一点上更具优势,术后角膜曲率与目标角膜曲率呈显著相关( $r = 0.98$ ),平均角膜曲率相差值为0.30D,说明TPRK手术有更高的可预测性,此值亦可用于术前nomogram的调整,为更精准的手术提供有力保障。

Q值是用来描述球面及椭球面形态的一个参数,表示球面上从一点至另一点曲率的变化速度。正常人的角膜为横椭球面,即中央陡峭,周边平坦, $Q < 0$ ,本研究中术前角膜前表面Q值为-0.44~-0.30,与既往研究结果相符<sup>[10]</sup>;常规的角膜屈光手术后角膜前表面Q值通常由负值变为正值,从而引起术后高阶像差,特别是正球差的显著增加,导致视觉质量降低<sup>[11]</sup>。TPRK术后,由于角膜中央变平,使Q值向正值方向改变,即变为纵椭球形,结果为0.34~0.66;此结果与SMILE术后Q值相似(0.43~0.51)<sup>[12]</sup>,小于LASIK手术(0.61~0.95)<sup>[13]</sup>。且研究结果显示,TPRK术前角膜前表面6~9mm直径范围Q值向负值方向变化,手术未对此趋势产生影响。

以往学者的研究发现,非球面模式下进行的消像差:TPRK与PRK,LASEK及Epi-LASIK等表层手术相比,术后引入的高阶像差相对较小<sup>[14-15]</sup>,其中主要为总高阶像差、球差和彗差的增加。本研究发现TPRK术后角膜总高

阶像差、球差和垂直彗差比术前均有显著性增加,在角膜总高阶像差中球差占主要因素,这一点与 Ikhyun 等专家的研究结果相符<sup>[16]</sup>;而水平彗差在手术前后无统计学差异,至于原因需要我们进一步研究探讨。

既往研究表明,haze 的发生与角膜基质的不规则性有关,并且切削屈光度数越高,术后发生 haze 的可能性越大<sup>[17-18]</sup>,本研究中,为避免严重 haze 的情况发生,我们严格遵守关于 TPRK 手术的专家共识,规范用药;故入选患者的等效球镜度数:-4.73±1.15(-2.75~-8.00)D,这也是本研究的局限性所在。

综上所述,TPRK 手术改变了角膜曲率,在以角膜顶点为中心的 4mm 直径范围内角膜前表面曲率呈逐渐降低的趋势,该趋势符合角膜前表面非球面的特性,为术后更好的视觉质量提供保障;术后角膜曲率与目标角膜曲率呈显著相关( $r=0.98$ ),说明该手术方式有较高的可预测性;术后 Q 值均变为正值,比术前有显著性增加,手术显著改变了角膜的非球面性,术后角膜总高阶像差,球差和垂直彗差比术前均有显著性增加。

#### 参考文献

- 1 Zhang YL, Cao LJ, Chen HW, et al. Comparison of changes in refractive error and corneal curvature following small-incision lenticule extraction and femtosecond laser-assisted *in situ* keratomileusis surgery. *Indian J Ophthalmol* 2018;66(11):1562-1567
- 2 苏小连,王雁,吴文静,等. SMILE 和飞秒激光制瓣的 LASIK 术后角膜前表面非球面性的对比研究. *中华眼科杂志* 2016;52(9):681-685
- 3 Kanellopoulos AJ. Topography-Guided LASIK Versus Small Incision Lenticule Extraction (SMILE) for Myopia and Myopic Astigmatism: A Randomized, Prospective, Contralateral Eye Study. *J Refract Surg* 2017;33(5):306-312
- 4 Anayol MA, Bostancı B, Şekeroğlu MA, et al. Assessment of Corneal Densitometry in Rheumatoid Arthritis Patients. *Turk J Ophthalmol* 2017;47(3):125-129
- 5 Villani E, Galimberti D, Viola F, et al. Corneal involvement in rheumatoid arthritis: an *in vivo* confocal study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*

- 2008;49(2):560-564
- 6 Gyldenkerne A, Ivarsen A, Hjortdal J. Comparison of corneal shape changes and aberrations induced By FS-LASIK and SMILE for myopia. *J Refract Surg* 2015;31(4):223-229
- 7 王勤美. 屈光手术学. 第 3 版. 北京:人民卫生出版社 2018;108-111
- 8 Kang DSY, Kim SW. Effect of Corneal Cross-linking on Epithelial Hyperplasia and Myopia Regression After Transepithelial Photorefractive Keratectomy. *J Refract Surg* 2019;35(6):354-361
- 9 Ortiz D, Alió JL, Piñero D. Measurement of corneal curvature change after mechanical laser *in situ* keratomileusis flap creation and femtosecond laser flap creation. *J Cataract Refract Surg* 2008;34(2):238-242
- 10 González-Méijome JM, Villa-Collar C, Montés-Micó R, et al. Asphericity of the anterior human cornea with different corneal diameters. *J Cataract Refract Surg* 2007;33(3):465-473
- 11 Huang H, Yang J, Bao H, et al. Retrospective analysis of changes in the anterior corneal surface after Q value guided LASIK and LASEK in high myopic astigmatism for 3 years. *BMC Ophthalmol* 2012;12:15
- 12 张亚丽,曹丽君,徐湘辉,等. 飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术对角膜前后表面非球面性的影响. *眼科新进展* 2019;39(4):354-357
- 13 侯杰,王雁,左彤,等. LASIK 手术对角膜前后表面非球面性的早期影响. *眼科研究* 2010;28(3):261-266
- 14 Yang X, Wang Y, Zhao K, et al. Response to: Comparison of higher-order aberration and optical quality after Epi-LASIK and LASIK for myopia. *Graefes Arch Clin Exper Ophthalmol* 2011;249(10):1559-1560
- 15 Jung HH, Ji YS, Oh HJ, et al. Higher order aberrations of the corneal surface after laser subepithelial keratomileusis. *Korean J Ophthalmol* 2014;28(4):285-291
- 16 Jun I, Kang DS, Tan J, et al. Comparison of clinical outcomes between wavefront-optimized versus corneal wavefront-guided transepithelial photorefractive keratectomy for myopic astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2017;43(2):174-182
- 17 Netto MV, Mohan RR, SINHA S, et al. Stromal haze, myofibroblasts, and surface irregularity after PRK. *Exp Eye Res* 2006;82(5):788-797
- 18 Mohammadi SF, Nabovati P, Mirzajani A, et al. Risk factors of regression and under correction in photorefractive keratectomy: a case-control study. *Int J Ophthalmol* 2015;8(5):933-937