

## · 论著/圆锥角膜 ·

## LASIK 术后继发圆锥角膜与原发圆锥角膜地形图特征比较

张阳阳 隋文婕 宋鹏 刘明娜 陈敏 高华

**【摘要】** 目的 分析 LASIK 术后继发圆锥角膜与原发圆锥角膜的角膜地形图形态学差异,为临床诊断及分析继发圆锥角膜的危险因素提供参考。方法 回顾性病例研究。选取 1997 年 1 月至 2012 年 12 月在山东省眼科研究所确诊的 LASIK 术后继发圆锥角膜完成期患者 13 例(20 眼)为继发组,随机选取相同时期某一时间段内确诊的原发圆锥角膜完成期患者 18 例(25 眼)为原发组。原发组与继发组患者的年龄分别为(18.9±2.8)岁(15~28 岁)和(24.3±9.1)岁(19~48 岁);眼轴平均长度分别为(25.39±1.33)mm(23.3~27.8 mm)和(27.09±2.43)mm(25.3~30.1 mm)( $t=3.942, P<0.01$ )。对 2 组患者的 Orbscan II 角膜地形图形态学特征进行分析,主要比较 2 组角膜最薄点位置,角膜前表面最大模拟曲率(Kmax),角膜模拟散光度,角膜中央 3 mm 区平均曲率及 3 mm 区散光度,角膜前、后表面距最佳拟合球面距离(Diff 值),角膜后表面形态等。对数据进行独立样本  $t$  检验、单因素方差分析和 Pearson 相关分析。结果 原发组角膜最薄点在 4 个象限的分布为颞下 18 眼(72%)、颞上 4 眼(16%)、鼻下 1 眼(4%)和鼻上 2 眼(8%),继发组为颞下 8 眼(40%)、颞上 4 眼(20%)、鼻下 4 眼(20%)、鼻上 4 眼(20%)。原发组和继发组角膜模拟散光度分别为(5.85±3.26)D 和(3.95±2.51)D( $t=-2.142, P<0.05$ );3 mm 区散光度分别为(4.12±2.11)D 和(2.82±1.50)D( $t=-2.187, P<0.05$ );2 组患者后表面形态差异无统计学意义( $P>0.05$ )。结论 继发圆锥角膜地形图形态较原发圆锥角膜相对规则,角膜散光度小。角膜最薄点分布均匀且靠近角膜中央,提示角膜中央过多切削可能是继发圆锥角膜发生的危险因素。

**【关键词】** 圆锥角膜; 继发圆锥角膜; 角膜磨镶术,激光原位; 角膜地形图; 散光

**Comparative analysis of corneal topography characteristics in primary keratoconus and secondary keratoconus after LASIK** Zhang Yangyang\*, Sui Wenjie, Song Peng, Liu Mingna, Chen Min, Gao Hua. \* Shandong Eye Institute, School of Medicine and Life Sciences, University of Jinan-Shandong Academy of Medical Sciences, Jinan 250022, China

Corresponding author: Gao Hua, Email: gaohua100@126.com

**【Abstract】 Objective** To analyze the difference in corneal topography between primary keratoconus and secondary keratoconus after LASIK; to provide a reference for the clinical diagnosis and analysis of risk factors in secondary keratoconus. **Methods** In this retrospective case analysis, 13 secondary keratoconus patients (20 eyes, secondary group) were diagnosed and accepted for treatment in Shandong Eye Institute between January 1997 and December 2012. Correspondingly, 18 primary keratoconus patients (25 eyes, primary group) were randomly selected during the same period. The mean ages of the primary group and secondary group were 18.9±2.8 years (15–28 years) and 24.3±9.1 years (19–48 years), respectively. The mean axial lengths were 25.39±1.33 mm (23.3–27.8 mm) and 27.09±2.43 mm (25.3–30.1 mm), and the differences were statistically significant ( $t=3.942, P<0.01$ ). The morphological features of the topography were observed with an Orbscan II system, which primarily included the position of the thinnest point of the cornea, the maximum simulation curvature of the anterior corneal surface (Kmax), astigmatism, the average

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2015.01.006

基金项目:山东省自然科学基金(ZR2011HM015);国家自然科学基金(81370989);2014 年度留学人员科技活动项目择优资助项目;山东泰山学者计划(20081148);山东省优秀创新团队项目

作者单位:250022 济南大学山东省医学科学院 医学与生命科学学院 山东省眼科研究所(张阳阳、隋文婕、宋鹏);250021 济南,山东省眼科研究所 山东省眼科医院(刘明娜);266071 青岛,山东省眼科研究所 青岛眼科医院(陈敏、高华)

通信作者:高华,Email:gaohua100@126.com

power and astigmatism in the central 3 mm region of the cornea, the Diff-values of the anterior and posterior corneal surfaces, and the morphology of the elevation map pattern. The collected data were analyzed with a *t*-test, one-way ANOVA and Pearson correlation coefficient. **Results** The distribution of the thinnest points in the corneal quadrants for the primary group were 18 eyes (72%) infratemporal, 4 eyes (16%) supertemporal, 1 eyes (4%) intranasal, 2 eyes (8%) supernasal, and the distributions for the secondary group were 8 eyes (40%), 4 eyes (20%), 4 eyes (20%) and 4 eyes (20%), respectively. Corneal astigmatisms in the primary and secondary groups were  $5.85 \pm 3.26$  D and  $3.95 \pm 2.51$  D, and the astigmatism values in the 3 mm region were  $4.12 \pm 2.11$  D and  $2.82 \pm 1.50$  D. The differences were statistically significant ( $t = -2.142, -2.187, P < 0.05$ ). There was no significant difference in posterior surface morphology between the 2 groups of patients ( $P > 0.05$ ). **Conclusion** Compared to primary keratoconus, the morphological features of the corneal topography follow the same rules, and the astigmatism value is smaller. In addition, the thinnest point of the cornea is uniformly distributed near the central corneal area, which points out that excessive cutting may be a risk factor for secondary keratoconus.

**[Key words]** Keratoconus; Secondary keratoconus; Keratomileusis, laser in situ; Corneal topography; Astigmatism

圆锥角膜是一种以角膜扩张为特征,致角膜中央部向前突出,变薄呈圆锥形并产生高度不规则散光的角膜病变<sup>[1]</sup>。根据发病原因的不同分为原发圆锥角膜和继发圆锥角膜。继发圆锥角膜的诱发因素包括眼外伤、眼前节手术、慢性持续性揉眼<sup>[2]</sup>等,最常见的诱发因素是接受 LASIK 后角膜的生物力学抵抗力降低,导致圆锥角膜的发生。继发圆锥角膜最早由 Seiler 等<sup>[3]</sup>报道,是目前 LASIK 术后最严重的远期并发症之一。

目前研究认为, LASIK 术后继发圆锥角膜的危险因素包括:圆锥角膜潜伏期患者接受手术、激光切削过深、角膜瓣实际厚度值偏大、剩余角膜基质床过薄等<sup>[4]</sup>。原发圆锥角膜的病因和发病机制目前尚未完全阐明。虽然 LASIK 术后继发圆锥角膜的临床表现与原发圆锥角膜类似,但也具有自身的特点。角膜地形图分析系统对圆锥角膜的诊断敏感且可靠,已经成为诊断圆锥角膜的主要工具。了解 LASIK 术后继发圆锥角膜的角膜地形图特征,可能对于我们理解继发圆锥角膜的诊断及发病机制,以及了解其发生的危险因素有临床意义。因此,本研究对继发和原发圆锥角膜患者角膜地形图特征进行分析,比较两者的异同,为临床诊断继发圆锥角膜及分析其危险因素提供参考。

## 1 对象与方法

### 1.1 对象

圆锥角膜完成期的诊断参照谢立信<sup>[1]</sup>和 Rabinowitz<sup>[5]</sup>诊断标准:(1)有散光病史。(2)视力下降,最佳框架矫正视力(best spectacle corrected visual acuity, BSCVA)  $< 0.8$ 。(3)裂隙灯显微镜下至

少有以下一项或多项体征阳性:中央角膜基质变薄并呈锥状向前膨隆、Fleischer 环、Vogt 线、Monson 征。(4)典型的圆锥角膜地形图特征:①角膜地形图显示角膜中央、近中央下方或上方区域变陡;②角膜前表面中央屈光度  $> 47$  D;③角膜中心下方 3 mm 与上方 3 mm 处屈光度差值  $> 3$  D。

所有纳入患者均排除患有眼部其他疾病,如角结膜炎、眼外伤史及手术史、青光眼家族史等,且停止配戴软性角膜接触镜 1 周、硬性角膜接触镜 3 周及以上。急性圆锥角膜致角膜水肿的患者未纳入本研究。

选取我院 1999 年 1 月至 2012 年 12 月确诊的继发圆锥角膜完成期患者 13 例(20 眼)为继发组,其中男 9 例(14 眼),女 4 例(6 眼),双眼均在外院接受过 LASIK,术后数月甚至数年矫正视力下降并诊断为继发圆锥角膜,年龄 19~48 岁,平均  $(24.3 \pm 9.1)$  岁;随机选取相同时期某一时间段内确诊并且行 Orbscan II 检查的原发圆锥角膜完成期患者 18 例(25 眼)为原发组,其中男 13 例(18 眼),女 5 例(7 眼),年龄 15~28 岁,平均  $(18.9 \pm 2.8)$  岁。

原发组与继发组患者眼轴平均长度分别为  $(25.39 \pm 1.33)$  mm  $(23.3 \sim 27.8$  mm) 和  $(27.09 \pm 2.43)$  mm  $(25.3 \sim 30.1$  mm) ( $t = 3.942, P < 0.01$ )。继发组单眼发病者对侧眼轴平均长度为  $(26.74 \pm 1.30)$  mm, UCVA 平均值为  $0.33 \pm 0.21$ , BSCVA 平均值为  $0.11 \pm 0.10$ , 曲率平均值为  $(42.89 \pm 3.74)$  D, 眼压平均值为  $(9.78 \pm 3.89)$  mmHg ( $1$  mmHg =  $0.133$  kPa)。2 组患者一般临床资料见表 1。

### 1.2 Orbscan II 眼前节分析系统检查

采用 Orbscan II 系统(美国 Bausch & Lomb 公

表 1 2 组圆锥角膜患者一般临床资料比较( $\bar{x}\pm s$ )

组别	眼数	眼轴(mm)	UCVA	BSCVA	平均曲率(D)	眼压(mmHg)
原发组	25	25.39±1.33	1.13±0.24	0.57±0.38	54.51±6.83	10.84±2.03
继发组	20	27.09±2.43	1.05±0.38	0.62±0.41	53.10±7.02	9.94±1.89
<i>t</i> 值		-1.535	-0.817	0.352	-2.187	-1.936
<i>P</i> 值		<0.01	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

注: BSCVA 示最佳框架矫正视力, 1 mmHg=0.133 kPa

司)检查:被检查者下颌置于托架上,嘱其注视前方闪烁红灯,检查者调整手柄及光学头的焦距,当荧光屏示角膜上下切面相切时摄影。操作均由我院熟练的技术人员完成,检查统一在暗室环境进行,以避免外部光线对测量结果的干扰。连续 3 次检查,取范围和配合度最佳的图像进行分析。

### 1.3 观察指标

观察指标包括一般临床资料,如年龄、UCVA、BSCVA、平均曲率、眼压;形态学参数包括角膜前表面最大模拟曲率(Kmax)、角膜模拟散光度,角膜中央 3 mm 区平均曲率及 3 mm 区散光度,角膜前、后表面 Diff 值,角膜最薄点位置及角膜后表面形态等。角膜后表面形态参考王秀先等<sup>[6]</sup>对 Pentacam 角膜地形图形态的分类,本组角膜后表面高度图形态根据角膜后表面高度高出最佳拟合球面(best fit surface, BFS)的变化趋势分型。

Orbscan II 系统中以角膜顶点为参照点(0,0),所有坐标参照 Cartesian 坐标系,各点位置以(x,y)表示。坐标 x 为正值/负值,右眼表示位于顶点鼻侧/颞侧,左眼 x 值与右眼代表方向相反。y 轴为正值/负值表示位于顶点上方/下方。为使双眼坐标正值/负值代表方向一致,将左眼坐标(x,y)统一转换为(-x,y)。

### 1.4 统计学方法

回顾性病例研究。采用 SPSS 17.0 软件进行统计分析,计量资料描述采用  $\bar{x}\pm s$  表示。采用 Pearson 相关法分析角膜前表面 Kmax、角膜最薄点厚度、角膜模拟散光度及角膜前后 Diff 值间的相关性。2 组间均数比较用独立样本 *t* 检验,角膜后表面形态分类的比较采用  $\chi^2$  检验。以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 角膜最薄点位置分布

本研究为了忽略左右眼因例数差异对统计分析带来的干扰,对坐标轴进行了方向一致的统一转换,且将位于坐标轴的点平均分配于各象限,便于分析角膜最薄点分布特征。原发组角膜最薄点主要分布

于颞下象限,位置远离角膜顶点,颞下、颞上、鼻下、鼻上 4 个象限的眼数分别为 18(72%)、4(16%)、1(4%)和 2(8%)眼。继发组角膜最薄点位置靠近角膜顶点,其分布于颞下、颞上、鼻下、鼻上 4 个象限的眼数分别为 8(40%)、4(20%)、4(20%)和 4(20%)眼。

### 2.2 屈光常数

原发组和继发组患者角膜模拟散光度分别为(5.85±3.26)D、(3.95±2.51)D,3 mm 区散光度分别为(4.12±2.11)D、(2.82±1.50)D,2 组间差异有统计学意义( $t=-2.142$ 、 $-2.187$ ,  $P<0.05$ );2 组患者角膜前表面 Kmax 及 3 mm 区平均曲率差异无统计学意义。2 组患者角膜前后表面 Diff 值差异亦无统计学意义。继发组患者角膜厚度与原发组患者相比明显变薄( $t=-4.776$ ,  $P<0.01$ )。此外,继发组单眼发病者对侧眼 Kmax 值为(44.05±3.98)D,模拟散光度为(2.96±2.25)D,3 mm 区平均曲率为(41.58±2.85)D,3 mm 区散光度为(2.30±1.58)D,角膜前表面 Diff 值为(0.008±0.017)mm,角膜后表面 Diff 值为(0.042±0.046)mm,最薄点厚度值为(371.0±53.7) $\mu\text{m}$ 。2 组患者患眼 Orbscan II 地形图参数详细比较情况见表 2。

### 2.3 角膜后表面形态

角膜地形图显示 2 组患者角膜后表面形态均以岛型为主,其中原发组 22 眼(88%)为岛型,2 眼(8%)为桥型,1 眼(4%)为不规则型,继发组 18 眼(90%)为岛型,2 眼(10%)为桥型,2 组间差异无统计学意义( $\chi^2=0.855$ ,  $P>0.05$ )。

### 2.4 Pearson 相关性分析

2 组患者角膜前表面 Kmax 值、角膜前表面 Diff 值均与角膜最薄点厚度呈负相关性。2 组患者模拟散光度均与 Kmax 值呈正相关性,继发组模拟散光度与角膜最薄点厚度不相关,而原发组呈负相关。见表 3。

## 3 讨论

据文献报道 LASIK 术后继发圆锥角膜的发生率在 0.04%~0.66%之间,由于可能存在遗漏没有报道的病例,因此该值应低于继发圆锥角膜的实际发生率<sup>[7-9]</sup>。角膜屈光手术在提高 UCVA 的同时,也带

表 2 2 组圆锥角膜患者 Orbscan II 地形图特征比较 ( $\bar{x}\pm s$ )

组别	眼数	Kmax (D)	模拟散光 度(D)	3 mm 区 平均曲率(D)	3 mm 区 散光度(D)	前表面 Diff 值(mm)	后表面 Diff 值(mm)	最薄点 厚度( $\mu\text{m}$ )
原发组	25	56.23 $\pm$ 7.09	5.85 $\pm$ 3.26	50.33 $\pm$ 4.29	4.12 $\pm$ 2.11	0.06 $\pm$ 0.04	0.11 $\pm$ 0.04	410.72 $\pm$ 73.06
继发组	20	53.28 $\pm$ 7.22	3.95 $\pm$ 2.51	48.73 $\pm$ 4.84	2.82 $\pm$ 1.50	0.03 $\pm$ 0.03	0.13 $\pm$ 0.05	322.12 $\pm$ 47.12
<i>t</i>		-1.535	-2.142	-1.189	-2.187	-1.936	1.125	-4.407
<i>P</i>		>0.05	<0.05	>0.05	<0.05	>0.05	>0.05	<0.01

注:Kmax 为角膜前表面最大模拟曲率

表 3 圆锥角膜患者各角膜形态参数之间的 Pearson 相关性分析

Pearson 相关性	Kmax		最薄点厚度		模拟散光度		前表面 Diff 值		后表面 Diff 值	
	原发组	继发组	原发组	继发组	原发组	继发组	原发组	继发	原发组	继发组
Kmax	1.000	1.000	-0.680 <sup>b</sup>	-0.798 <sup>b</sup>	0.686 <sup>b</sup>	0.544 <sup>a</sup>	0.704 <sup>b</sup>	0.886 <sup>b</sup>	0.721 <sup>b</sup>	0.668 <sup>a</sup>
最薄点厚度	-0.680 <sup>b</sup>	-0.798 <sup>b</sup>	1.000	1.000	-0.452 <sup>a</sup>	-0.350	-0.430 <sup>a</sup>	-0.644 <sup>a</sup>	-0.523 <sup>b</sup>	-0.486
模拟散光度数	0.686 <sup>b</sup>	0.544 <sup>a</sup>	-0.452 <sup>a</sup>	-0.350	1.000	1.000	0.275	0.555	0.326	0.382
前 Diff 值	0.704 <sup>b</sup>	0.886 <sup>b</sup>	-0.430 <sup>a</sup>	-0.644 <sup>a</sup>	0.275	0.555	1.000	1.000	0.910 <sup>b</sup>	0.868 <sup>b</sup>
后 Diff 值	0.721 <sup>b</sup>	0.668 <sup>a</sup>	-0.523 <sup>b</sup>	-0.486	0.326	0.382	0.910 <sup>b</sup>	0.868 <sup>b</sup>	1.000	1.000

注:Kmax 为角膜前表面最大模拟曲率。<sup>a</sup>表示  $P<0.05$ ,<sup>b</sup>表示  $P<0.01$ 。原发组 25 眼,继发组 20 眼

来了发生并发症的风险。虽然 LASIK 术后并发症随着微型角膜刀和激光设备的发展逐渐减少,但是对于早期行 LASIK 手术的患者,继发圆锥角膜依旧是威胁患者视力恢复的最严重的远期并发症之一。因此,明确 LASIK 术后继发圆锥角膜的危险因素,减少术后继发圆锥角膜的发生,以及对已经发生的患者进行早期治疗对挽救患者的视力有重要意义。

Orbscan II 角膜地形图系统通过光学裂隙扫描原理可以同时获得角膜曲率、全角膜厚度、角膜中央区域及全角膜散光、角膜最薄点厚度、角膜前后表面高度、前房深度和 Kappa 角等全面的角膜数据,能同时显示角膜前后表面形态,较早发现角膜形态异常,是临床诊断圆锥角膜的主要依据<sup>[9]</sup>。因此,对继发圆锥角膜患者与原发圆锥角膜患者角膜地形图特征进行比较,目的在于发现二者的差异,进一步分析继发圆锥角膜的发病原因,有助于继发圆锥角膜的预防和诊疗工作。

本研究发现,与原发圆锥角膜患者相比,继发圆锥角膜患者年龄较大,提示原发圆锥角膜患者发病年龄较早,而继发圆锥角膜患者在成年后因近视性屈光不正行 LASIK 手术,数月至数年后发生继发圆锥角膜可能与接受手术有关<sup>[9]</sup>。此外,继发圆锥角膜患者眼轴较长,提示这些患者 LASIK 术前近视度数可能比较大,因此手术过程中激光切削的角膜基质更多,导致剩余角膜基质床更薄。且有研究显示角膜基质纤维板层前部 40%抗张强度最大,后部角膜基质抗张力小<sup>[11]</sup>,角膜瓣的制作及准分子激光切削切断了前部纤维板层,虽然术后角膜瓣得以解剖复位

及愈合,生物力学性能却明显下降。角膜瓣制作越厚,切削深度越深,角膜抗张强度损失越严重<sup>[12]</sup>,当抗张强度不足以抵御正常眼压的作用则可能会发生继发性角膜扩张,严重时发展为圆锥角膜<sup>[13]</sup>。

正常人角膜最薄点通常位于角膜颞下方<sup>[9,14]</sup>。临床研究发现,原发性圆锥角膜锥顶多位于角膜颞下方<sup>[1]</sup>。在本研究中,原发圆锥角膜最薄点主要分布于角膜颞下象限(72%),与本研究团队前期的研究结果相符<sup>[15]</sup>,而 LASIK 术后继发圆锥角膜最薄点更靠近角膜中央,且近似平均分布于角膜各个象限。分析 2 组患者角膜最薄点位置的不同,可能有助于理解继发和原发圆锥角膜的发病机制。本研究团队前期研究发现,在角膜由正常发展至圆锥角膜完成期的过程中,角膜最薄点最先发生位置改变,远离顶点及瞳孔中心向角膜颞下方偏移,且最薄点偏移角度均较正常人偏大<sup>[15]</sup>。分析角膜最薄点偏移的原因可能是角膜在眼睑正常睁开的情况下,上方角膜常受上眼睑的部分覆盖,有对抗眼压的作用,而下眼睑对角膜的保护作用弱于上睑,在眼压作用及圆锥角膜特有病因影响下,角膜扩张更多向下方发展<sup>[16]</sup>。LASIK 手术时准分子激光切削的最深的区域主要位于角膜顶点或瞳孔中心区域<sup>[7]</sup>,如果切削量大或角膜本身较薄,术后角膜剩余基质过薄,不足以抵抗眼压,角膜顶点或瞳孔中心区可能发生前突,导致圆锥角膜发生。如果继发圆锥角膜锥顶位于颞下方且明显偏离角膜顶点,则可能提示该病例 LASIK 术前存在潜伏期圆锥角膜,只是尚未诊断出来。

本研究中继发圆锥角膜患者与原发圆锥角膜患

者角膜均明显前突, 但通过角膜地形图的数据进一步分析发现继发圆锥角膜组模拟散光度与 3 mm 区散光度都明显低于原发圆锥角膜组。分析出现这种地形图特点的主要原因可能与在原发圆锥角膜病情进展过程中, 角膜颞下方首先变薄前突, 偏中心的角膜前突导致角膜形态不规则扩张而引起明显的散光, 而继发圆锥角膜患者大部分是由于准分子激光对角膜中央进行了激光切削, 其切削范围在 6~9 mm 光学区域内, 切削厚度由中央到周围逐渐减小, 导致角膜抵抗力由中央向外周均匀降低, 而角膜本身可能不存在病变, 角膜均匀前突且形态变化较小, 因此引起的散光程度较小。

本研究还发现, 2 组圆锥角膜患者角膜前表面 Diff 值均与角膜厚度呈负相关, 提示圆锥角膜患者角膜的前突程度随着角膜的变薄而增加。角膜前突通常会引起角膜前表面 Kmax 增加, 进而可能会导致角膜散光度增加。因此, 圆锥角膜的散光度与角膜的厚度可能存在一定的负相关性。在本研究中, 原发圆锥角膜散光度随角膜厚度变薄而增加, 而继发圆锥角膜散光度与角膜厚度无相关性, 这可能是因为散光度不只取决于 Kmax 值的大小, 还取决于角膜光学区各点曲率的均一性。原发圆锥角膜非均匀性、不规则前突造成角膜光学区各点曲率差异较大, 形成的散光度较大; 而继发圆锥角膜变薄后在前突过程中角膜形态维持相对规则, 角膜前突所引起的各点曲率差异较小, 模拟散光度及 3 mm 区散光度较小。因继发圆锥角膜发病率较低, 本研究病例数量有限, 且患者 LASIK 术前资料不易收集, 因此可能需要对多中心大样本的 LASIK 术后患者进行长期随访, 以进一步明确 LASIK 术后发生继发圆锥角膜的危险因素。

通过本研究发现, 继发圆锥角膜患者地形图角膜最薄点多位于角膜中央, 与本身存在角膜病变的原发圆锥角膜最薄点多位于颞下方不同。本组继发圆锥角膜患者 LASIK 术前近视度数较大。我们可以推测: LASIK 术后角膜前突主要是因为手术对角膜的过度切削导致角膜生物力学性能逐渐丧失。此外, 继发圆锥角膜形态较原发圆锥角膜规则, 散光度小。这些特点有助于我们将继发圆锥角膜的诊断与原发圆锥角膜进行有区别的理解, 也有助于在临床工作中对继发圆锥角膜的危险因素的判读, 指导临床对准分子角膜屈光手术适应证的合理选择。

## 参考文献:

- [1] 谢立信, 史伟云. 角膜病学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2007: 360-368.
- [2] Jafri B, Lichter H, Stulting RD. Asymmetric keratoconus attributed to eye rubbing[J]. *Cornea*, 2004, 23(6):560-564.
- [3] Seiler T, Koufala K, Richter G. Iatrogenic keratectasia after laser in situ keratomileusis[J]. *J Refract Surg*, 1998, 14(3): 312-317.
- [4] Randleman JB. Post-laser in-situ keratomileusis ectasias: current understanding and future directions[J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2006, 17(4):406-412.
- [5] Rabinowitz YS. Corneal topography[J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 1995, 6(4):57-62.
- [6] 王秀先, 杜显丽, 高华, 等. Pentacam 对准分子激光原位角膜磨镶术后角膜后表面的临床分析[J]. *临床眼科杂志*, 2011, 19(6): 481-485.
- [7] Binder PS. Analysis of ectasia after laser in situ keratomileusis: risk factors[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2007, 33(9):1530-1538.
- [8] Kim TH, Lee D, Lee HI. The safety of 250 microm residual stromal bed in preventing keratectasia after laser in situ keratomileusis (LASIK)[J]. *J Korean Med Sci*, 2007, 22(1):142-145.
- [9] Keech A, Simpson T, Jones L. Repeatability of pachymetry and thinnest point localization using a fourier-domain optical coherence tomographer[J]. *Optom Vis Sci*, 2010, 87(10):736-741.
- [10] Rao SN, Raviv T, Majmudar PA, et al. Role of Orbscan II in screening keratoconus suspects before refractive corneal surgery[J]. *Ophthalmology*, 2002, 109(9):1642-1646.
- [11] Dawson DG, Grossniklaus HE, McCarey BE, et al. Biomechanical and wound healing characteristics of corneas after excimer laser keratorefractive surgery: is there a difference between advanced surface ablation and sub-Bowman's keratomileusis?[J]. *J Refract Surg*, 2008, 24(1):S90-S96.
- [12] Javadi MA, Mohammadpour M, Rabei HM. Keratectasia after LASIK but not after PRK in one patient[J]. *J Refract Surg*, 2006, 22(8):817-820.
- [13] Tervo TM. Iatrogenic keratectasia after laser in situ keratomileusis [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2001, 27(4):490-491.
- [14] Prakash G, Ashok Kumar D, Agarwal A, et al. Evaluation of bilateral minimum thickness of normal corneas based on Fourier-domain optical coherence tomography [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2010, 36(8):1365-1372.
- [15] 隋文婕, 宋鹏, 刘明娜, 等. 圆锥角膜患者角膜地形图形态学特征[J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2014, 16(2): 106-111.
- [16] Avitabile T, Franco L, Ortisi E, et al. Keratoconus staging: a computer-assisted ultrabiomicroscopic method compared with videokeratographic analysis[J]. *Cornea*, 2004, 23(7):655-660.
- [17] Randleman JB, Woodward M, Lynn MJ, et al. Risk assessment for ectasia after corneal refractive surgery[J]. *Ophthalmology*, 2008, 115(1):37-50.

(收稿日期: 2014-09-11)

(本文编辑: 季魏红)