

·技术研究·

准分子激光原位角膜磨镶术前后角膜非球面分析

黄国富, 王 铮, 杨 斌, 张晓晓, 邱 平, 周 胜, 陈家祺
(中山大学中山眼科中心//眼科学国家重点实验室, 广东 广州 510060)

摘 要: 【目的】探讨准分子激光原位角膜磨镶术(LASIK)前后角膜非球面特点及其对术后视觉质量的影响。【方法】前瞻性对本中心接受 LASIK 患者 26 例 50 眼进行随访研究,检测指标包括 Orbscan z 角膜地形图(提供角膜非球面因子 Q 值)、波前像差、对比敏感度(contrast-sensitivity function,CSF)、裸眼视力、最佳矫正视力、最佳矫正球镜度;分析时段为术前及术后 3 月,分析手术前后角膜非球面因子 Q 值分布, Q 值与高阶像差以及高阶像差与对比敏感度的关系。【结果】术前 Q 值为 -0.17 ± 0.11 ; 术后 Q 值为 0.84 ± 0.41 , 两者存在统计学差异($P=0.01$)。术前 Q 值与术前球差成负相关($P=0.000, r=-0.578$), 与高阶像差成正相关($P=0.047, r=0.333$)。手术前后 Q 值改变与球差改变成负相关($P=0.000, r=-0.588$), 与高阶像差改变成正相关($P=0.001, r=0.566$)。术后 3 月无眩光、低、中、高度眩光对比敏感度均较术前降低,但无统计学差异($P>0.05$)。高阶像差改变与术后无眩光各空间频率对比敏感度 6.3, 4.0, 2.5, 1.6, 1.0, 0.7 (cycles per degree,cpd)成负相关($P<0.05$); 高阶像差改变与低、中、高度眩光对比敏感度中高频空间频率 6.3, 4.0, 2.5, 1.6 cpd 成负相关($P<0.05$), 与低频空间频率(1.0, 0.7 cpd)无相关关系($P>0.05$)。【结论】近视性 LASIK 使角膜由伸长型(长椭球体)椭球体演变为扁平型椭球体(扁椭球体), 并影响术后视觉质量。

关键词: 非球面; 屈光不正; 准分子激光原位角膜磨镶术

中图分类号: R77

文献标识码: A

文章编号: 1672-3554(2007)02-0225-05

Study of Corneal Asphericity after Laser in Situ Keratomileusis

HUANG Guo-fu, WANG Zheng, YANG Bin, ZHANG Xiao-xiao, QIU Ping, ZHOU Sheng, CHENG Jia-qi
(State Key Laboratory of Ophthalmology// Zhongshan Ophthalmic Center, SUN Yat-sen University, Guangzhou 510060, China)

Abstract: 【Objective】 To investigate the asphericity after laser in situ keratomileusis and the effect of postsurgery asphericity on visual function. 【Methods】 In a prospective case series, 26 patients(50 eyes) with myopia or myopic astigmatism who had LASIK were evaluated. Topography which offer Q value, high order aberration, contrast-sensitivity function (CSF), uncorrected visual acuity (UCVA), best spectacle-corrected visual acuity (BSCVA), refraction were observed before and 3 months after surgery. The relationships between Q value, high order aberration and contrast-sensitivity function were analyzed. 【Results】 The Q value was significantly increase from -0.17 ± 0.11 to 0.84 ± 0.41 after surgery. There was a negative relationship between Q value and spherical aberration, a positive relationship between Q value and high order aberration preoperatively. The increase Q value was negative related to the increase spherical aberration, positive related to the increase high order aberration. The CSF measurement deteriorated after LASIK, the change was no significant ($P>0.05$). There was a negative relationship between the increase high order aberration and the non-glare CSF at all frequencies of 6.3, 4.0, 2.5, 1.6, 1.0 and 0.7 cycles per degree ($P<0.05$). There was a negative relationship between the increase high order aberration and low, moderate, high degree glare CSF at frequency of 6.3, 4.0, 2.5 and 1.6 cycles per degree ($P<0.05$). 【Conclusion】 The corneal asphericity changes from prolate to oblate after LASIK for myopia. The corneal asphericity changes following LASIK is a factor in the functional vision decrease.

Key words: corneal asphericity; refractive error; LASIK

[J SUN Yat-sen Univ(Med Sci), 2007, 28(2):225-229]

收稿日期: 2006-09-18

基金项目: 教育部优秀青年教师基金资助项目(教人司 2002 350 号); 省教育厅“千百十工程”人才基金资助项目(Q02025)

作者简介: 黄国富(1973-), 男, 江西余江人, 博士生; 王铮, 教授, 通讯作者, 博士生导师. E-mail: gzstwang@pub.guangzhou.gd.cn

近年来准分子激光角膜屈光手术在眼科临床迅速发展,尤其准分子激光原位角膜磨镶术(laser in situ keratomileusis, LASK)以其安全、有效、高精度得到近视患者的广泛接受。准分子激光角膜屈光手术发展到今日,追求手术后的裸眼视力或最佳矫正视力已经不是单一目的,如何提高手术后的视觉质量,已经成为新的研究热点。当前,视觉质量问题主要有夜间视力下降、眩光、光晕、单眼复视、视物质感改变等。LASK 手术通过准分子激光对角膜进行控制性切削,以达到矫治屈光不正的目的,矫治近视及散光时,在角膜中央区域切削去除凸透镜样组织块,从而使角膜中央切削区域形成凹透镜效应。准分子激光角膜屈光手术使角膜形态发生变化是必然的,角膜形态的改变是手术后视觉质量问题产生的根源,文献报道多从角膜曲率、像差方面对此类问题进行研究^[1-3]。本研究拟从角膜非球面性的角度,以对比敏感度作为手术后视觉质量的评价指标,并结合像差信息,探讨手术前后角膜非球面特性,以及非球面改变和视觉质量关系。同类研究目前尚未见报道。

1 材料和方法

1.1 临床资料

2005 年 7-9 月份于本院行 LASK 手术患者,共 26 例 50 眼。其中男性 11 例 21 眼,女性 15 例 29 眼,平均年龄 30.52(S=7.53)岁。术前拟矫正的近视球镜度由 -2.25~-9.25 D 不等,平均 -5.25 (S=1.91) D,散光度 0~-2.75 D 不等,平均 -0.72(S=0.72) D,等效球镜平均 5.46(S=2.26) D。

1.2 手术方法

所有手术都由两位熟练术者完成(本文第二、三作者),采用 Technolas217Z 准分子激光机(Bausch&Lomb),Hansatome 微型板层角膜刀,按常规 LASK 法实施。角膜蒂部位于 12 点方位,切削区直径为 5.0~6.0 mm 不等(除外过渡区)。

1.3 检测项目

手术前 3 d 及术后 3 月分别行 Orbscan z 眼前节系统检测^[1]。角膜非球面因子 Q 由美国博士伦公司提供的计算软件导出。波前像差检查:采用 Zywave 波前像差仪(Bausch&Lomb),检查前用 25 g/L 新福林滴眼液散瞳,每 10 min 1 次,共 3 次。波前像差每眼测量 3 次,取球差、水平慧差、垂直慧

差、水平三叶草、垂直三叶草、高阶像差进行分析(均为三次检查结果平均值,瞳孔直径为 6 mm)。对比敏感度检查:采用 CGT1000 眩光对比敏感度测试仪,分别检测无眩光、低度眩光、中度眩光、高度眩光对比敏感度,空间频率分别为 6.3、4、2.5、1.6、1.0、0.7 cpd。检测时矫正到最佳矫正视力,嘱患者观察视频中的黑圆圈,并按指示器,结果由电脑打印导出。切削参数由手术过程中记录。其他检查包括裸眼视力、最佳矫正视力、屈光度、裂隙灯显微镜等。

1.4 统计学方法

应用 SPSS10.0 软件包,计量资料计算均数和标准差。Q 值与有效球镜度、切削深度、切削直径行相关分析及多元回归分析(Stepwise)。Q 值与各波前像差相关分析,像差与对比敏感度行相关分析(Pearson),检验水准 α 为 0.05,双侧检验。

2 结果

2.1 手术前后 Q 值分布

术前 Q 值为 -0.17 ± 0.11 ; 术后 Q 值为 0.83 ± 0.39 ,两者存在统计学差异($P=0.01$)。

2.2 Q 值增加的相关因素

Q 值增加与等效球镜($P=0.000, r=-0.839$)、切削直径($P=0.000, r=-0.700$)成负相关,与切削深度成正相关($P=0.000, r=0.778$)。

将 Q 值增加值与等效球镜、切削直径、切削深度进行多元回归分析(Stepwise),切削深度被剔除。得出回归方程为: $Q = 2.381 - 0.137 \times \text{期望矫正等效球镜值} - 0.38 \times \text{切削直径}$ 。等效球镜、切削直径在回归方程中的复相关系数和决定系数分别为(0.861, 0.741)、(0.882, 0.779),切削直径对 Q 值的增加影响较大。

2.3 Q 值与像差的关系

手术前后 Q 值与球差成负相关,与高阶像差成正相关(表 1)。

表 1 手术前后 Q 值和像差关系

Table 1 The relationship between Q value and aberration (r/P)

	Spherical aberration	High order aberration
Preoperative Q value	-0.578/0.000	0.333/0.047
Postoperative Q value	-0.417/0.008	0.501/0.001
Increase Q value	-0.588/0.000	0.566/0.001

2.4 手术前后对比敏感度
手术后无眩光、低度眩光、中度眩光、高度眩

光对比敏感度各空间频率均较术前降低, 但无统计学差异 ($P > 0.05$, 表 2)。

表 2 手术前后对比敏感度均值

Table 2 The mean value of CSF (preoperation 3 months after operation)

	6.3 cpd		4.0 cpd		2.5 cpd		1.6 cpd		1.0 cpd		0.7 cpd	
Non- glare	1.70	1.58	1.65	1.56	1.54	1.44	1.37	1.28	1.10	1.10	0.85	0.83
Low degree glare	1.55	1.46	1.56	1.47	1.47	1.37	1.33	1.25	1.10	1.05	0.83	0.79
Moderate degree glare	1.55	1.51	1.59	1.53	1.40	1.34	1.27	1.24	1.07	1.00	0.84	0.72
High degree glare	1.42	1.42	1.46	1.41	1.38	1.31	1.24	1.18	1.05	1.05	0.76	0.75

2.4 高阶像差与术后对比敏感度关系
高阶像差改变与术后无眩光各空间频率对比敏感度 (6.3, 4.0, 2.5, 1.6, 1.0, 0.7 cpd) 成负相关 ($P < 0.05$); 高阶像差改变与低、中、高度眩光对比

敏感度中高频空间频率 (6.3, 4.0, 2.5, 1.6 cpd) 成负相关 ($P < 0.05$), 与低频空间频率 (1.0, 0.7 cpd) 无相关关系 ($P > 0.05$, 表 3)。

表 3 高阶像差改变与对比敏感度相关关系

Table 3 The relationship between increase high order aberration and CSF

(r)

	6.3 cpd	4.0 cpd	2.5 cpd	1.6 cpd	1.0 cpd	0.7 cpd
Non- glare	- 0.49 ¹⁾	- 0.508 ¹⁾	- 0.498 ¹⁾	- 0.472 ¹⁾	- 0.468 ¹⁾	- 0.367 ²⁾
Low degree glare	- 0.438 ¹⁾	- 0.462 ¹⁾	- 0.443 ¹⁾	- 0.355 ¹⁾	- 0.223	- 0.158
Moderate degree glare	- 0.443 ¹⁾	- 0.443 ¹⁾	- 0.401 ²⁾	- 0.398 ²⁾	- 0.273	- 0.161
High degree glare	- 0.414 ¹⁾	- 0.454 ¹⁾	- 0.401 ²⁾	- 0.419 ¹⁾	- 0.288	- 0.291

1) $P < 0.01$; 2) $P < 0.05$

3 讨 论

3.1 角膜非球面性表述及 Q 值意义

角膜非球面性是一个全新的概念, 是数理几何概念在角膜屈光手术中的沿用。根据几何模型,

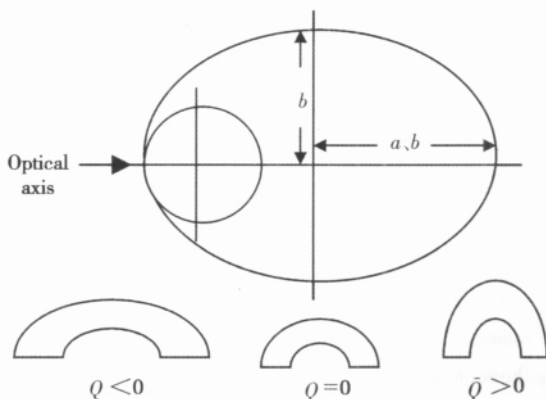


图 1 Q 值与角膜非球面的关系示意图

Fig.1 The relationship between Q value and corneal asphericity

$Q = b^2/a^2 - 1$; $Q < 0$ indicate prolate; $Q = 0$ indicate sphere; $Q > 0$ indicate oblate

球体分为三种基本形态: 球体、伸长型(长椭球体) 椭球体、扁平型椭球体(扁椭球体)。目前文献报道, 以角膜非球面因子 Q 对角膜非球面性质进行量化评价 (图 1)。目前国内尚未有角膜非球面性标准化定义, 作者推荐借用上述数理几何模型(概念), 将角膜非球面分为球体、伸长型(长椭球体) 椭球体、扁平型椭球体(扁椭球体)。当 $Q < 0$ 时表示分析表面为长椭圆体, 相对于角膜则表示中央陡峭(曲率高), 周边扁平(曲率低); 反之, 分析表面为扁椭圆体, 相对于角膜亦然。明确角膜非球面形态的定义, 对于分析角膜非球面性是必需的。

3.2 角膜非球面特性在人眼屈光系统的作用

随着物理光学的飞速发展, 以及对人眼屈光系统认识的不断完善, 我们发现人眼其实距离完美的光学系统尚有距离, 主要是由于角膜和晶体的光学性能不完美所致。近年来, 各种高性能的检测手段(如, 角膜地形图/像差系统、波前像差仪) 在临床广泛应用和各种数理学分析模型(如加权平均应用于角膜地形图的区域曲率分析, 像差表

述的 Zernike 多项式、RMS 值等^[2-3]的建立,使我们可以基于量化的基础上对人眼屈光系统(主要是角膜、晶体)的光学性能进行探讨。由于角膜和晶体存在着各种像差,从而限制人眼的视觉质量。尽管人眼的屈光系统并非尽善尽美,研究发现,作为一个完整的屈光系统,各种结构结合得相当缜密。正常角膜表面并非一个完全球面,而是中间近似于球面,周边逐渐平坦的非球面^[4]。角膜的这种非球面形态有助于减轻瞳孔散大时光线通过角膜周边产生的球差。角膜的光学性质为正球差,周边比中央对光线的曲折能力强,而晶体为负球差,能够降低周边光线的折射度。这样,角膜的正球面像差可以通过晶体的负球面像差得到平衡,因而眼的总体像差处在较低水平。总之,角膜的这种非球面特性对维持人眼良好的视觉质量是有益的。

3.3 LASIK 对角膜非球面及视觉质量的影响

当前,LASIK 术后视觉质量问题主要有夜间视力下降、眩光、光晕、单眼复视、视物质感改变等。对比敏感度是公认评价屈光手术后视觉质量的客观指标,本研究中使用的 CGT1000 对比敏感度仪的优点是除能检测常规明光下的对比度视力外,尚能检测不同眩光照度下的对比度视力。

本研究发现,手术后角膜非球面发生明显的变化,术前 Q 值为 -0.17 ± 0.11 ,手术后增加为 0.83 ± 0.39 ,说明角膜的形态由术前的伸长型(长椭球体)椭球体演变为术后的扁平型椭球体(扁椭球体);这和近视性 LASIK 手术原理是相符的,LASIK 手术在矫治近视时,是在具有一定弧度的角膜上进行控制性切削,通过准分子激光对一定区域的角膜组织进行消融,从而使手术区域产生凹透镜效应,以达到治疗近视的目的。手术对角膜形态的直接效应是使角膜中央区变扁平甚至形成相对“小凹”样改变,即角膜中央区平坦,而周边区陡峭,与正常角膜形态正好相反。这必然增加手术后的球差,从而对手术后的视觉质量造成影响。我们研究发现期望矫正的屈光度越高,切削直径越大,术后角膜非球面改变越大;非球面改变的直接结果是使角膜的负球差和高阶像差增加,高阶像差的增加导致手术后的对比敏感度较术前降低。Rosario^[5]等报道,LASIK 术后角膜非球面改变程度和期望矫正的近视度数相关,度数越高,术后非球面变化越大,对比敏感度降低越明显,与我们的实验结果一致,但没有分析非球面和像差的关

系。LASIK 术后非球面变化,除了和手术本身直接相关外,还受激光类型及切削模式、偏中心切削、术后愈合反应等影响^[6,7]。Budak^[8]等认为人眼角膜补偿了 50%左右的人眼整体球差,LASIK 手术在矫治近视眼时,Q 值由负值向正值增加^[9],必然导致球差的增加;而 LASIK 手术在矫治远视眼时,Q 值向负值增加,结果球差较术前降低^[10]。

总之,LASIK 术后视觉质量下降的根源是角膜发生非球面性改变,角膜由长椭球体变为扁椭球体,造成高阶像差增加,从而对比敏感度降低。

3.4 Q 值引导个体化 LASIK 术的优点

由于常规的 LASIK 手术在对角膜进行重新塑形的同时,对角膜原有的非球面特性改变较大,其中重要的因素是切削过程中对角膜周边切削的能量丢失^[11]。如何维持准分子激光角膜屈光手术后角膜的非球面特性,成了手术医生需要解决的课题。目前,Q 值引导的个性化角膜切削软件已经进入临床试验,取得了可喜的效果,Koller 等对同一患者非主视眼用 Q 值引导进行个体化切削,而对主视眼用波前像差引导进行个体化切削,进行对比研究,发现 Q 值引导个体化切削和波前像差引导个体化切削在安全性和有效性方面没有差异,对 -5.0 D 以下的近视,Q 值引导的非球面切削能较好维持角膜的非球面特性^[12]。Q 值引导的个性化角膜切削的目的是努力维持术前角膜的非球面特性并进行优化。和常规的准分子激光角膜屈光手术最大的区别是在作激光角膜切削时增加角膜周边切削的能量补偿,从而使术后形成有益于视觉质量的新非球面。

参考文献:

- [1] 黄国富,杨斌,王铮,等.准分子激光原位角膜磨镶术后角膜后表面凸分析[J].中山大学学报:医学科学版,2005,26(3S):464-467.
- [2] SALMON T O, VAN DE POLC. Normal-eye Zernike coefficients and root-mean-square wavefront errors[J]. J Cataract Refract Surg,2006,32(12):2064-2074.
- [3] RACINE L, WANG L, KOCH D D. Size of corneal topographic effective optical zone: comparison of standard and customized myopic laser in situ keratomileusis[J]. Am J Ophthalmol, 2006, 142(2):227-232.
- [4] DAVIS W R, RAASCH T W, MITCHELL G L, et al. Corneal asphericity and apical curvature in children: a cross-sectional and longitudinal evaluation [J]. Invest

- Ophthalmol Vis Sci, 2005, 46(6):1899- 1906.
- [5] ANERA R G, JIMENEZ J R, JIMENEZ DEL BARCO L, et al. Changes in corneal asphericity after laser in situ keratomileusis[J]. J Cataract Refract Surg,2003,29(4):762- 768.
- [6] 杨 斌,林小铭,王 铮,等.准分子激光原位角膜磨镶术创面愈合机制的免疫组化实验[J]. 中山医科大学学报,2001,22(3S):356- 358,361.
- [7] 杨浩江,杨 斌,王 铮,等.准分子激光原位角膜磨镶术后早期共焦显微镜研究[J]. 中山大学学报:医学科学版,2003,24(5):513- 515.
- [8] BUDAK K, KHATER T T,FRIEDMAN N J,et al. Evaluation of relationships among refractive and topographic parameters[J].J Cataract Refract Surg,1999, 25(6):814- 820.
- [9] HOLLADAY JT, MSEE, DEEP R.DUDEJA, et al. Functional vision and corneal changes after laser in situ keratomileusis determined by contrast sensitivity, glare testing,and corneal topography [J]. J Cataract Refract Surg,1999,25(5):663- 669.
- [10] CHEN C C, IZADSHENAS A, RANA M A A, et al. Corneal asphericity after hyperopic laser in situ keratomileusis[J]. J Cataract Refract Surg, 2002, 28(9):1539- 1545.
- [11] HERSH P S, FRY F, BLAKER W. Spherical aberration after laser in situ keratomileusis and photorefractive keratectomy[J]. J Cataract Refract Surg, 2003, 29(11):2096- 2104.
- [12] KOLLER T, ISELI HP, HAFEZI F. Q -factor customized ablation profile for the correction of myopic astigmatism[J]. J Cataract Refract Surg, 2006,32(4): 584- 589.

(编辑 刘清海)

(上接第 224 页 from page 224)

者的忍耐度以及适应能力等有关^[4,11],因此有可能造成分析上的偏差。另外病例数量不大等都会影响本研究的准确性。今后运用大样本的眩光敏感度或波前相差测量对眩光进行统一的、客观和定量的研究很有必要。

总之,本研究通过回顾性的研究表明,暗瞳孔直径、试图矫正的屈光度以及是否采用过渡区切削为高度近视患者 LASIK 手术后夜间眩光的主要危险因素,当最小光区直径在 5 mm 以上时夜间眩光与光区大小没有显著关系。

参考文献:

- [1] SUGAR A, RAPUANO C J, CULBERTSON W W, et al. Laser in situ keratomileusis for myopia and astigmatism: safety and efficacy: a report by the American Academy of Ophthalmology [J]. Ophthalmology, 2002, 109(1): 175- 187.
- [2] 王 铮,邱 平,杨 斌.近视眼 LASIK 术后早期对比敏感度变化和眩光测试[J]. 中山大学学报:医学科学版, 2004, 25(5): 489- 492.
- [3] LEE Y C, HU F R, WANG I J. Quality of vision after laser in situ keratomileusis; Influence of dioptic correction and pupil size on vision function [J].J Cataract Refract Surg, 2003,29(4):769- 777.
- [4] POP M, PAYETTE Y. Risk factors for night vision complaints after LASIK for myopia [J].Ophthalmology, 2004,111(1):3- 10.
- [5] TAHZIB N G, BOOTSMA S J, EGGINK F A G J, et al. Functional outcomes and patient satisfaction after laser in situ keratomileusis for correction of myopia [J]. Cataract Refract Surg, 2005,31(10):1943- 1951.
- [6] KNORZ M C, JENDRITZA B, LIERMANN A, et al. LASIK zur Myopiekorrektur; 2- Jahres- Ergebnisse [J]. Ophthalmologie, 1998, 95(7):494- 498.
- [7] EL DANASOURY M A. Prospective bilateral study of night glare after laser in situ keratomileusis with single zone and transition zone ablation [J]. J Refract Surg, 1998, 14(5): 512- 516.
- [8] BARON W S, MUNNERLYN C. Predicting visual performance following excimer photorefractive keratectomy [J]. Refract Corneal Surg, 1992, 8(5): 355- 362.
- [9] ROBERTS C W, KOESTER C J. Optical zone diameters for photorefractive corneal surgery [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 1993, 34(7): 2275- 2281.
- [10] MARTINEZ C E, APPLGATE R A, KLYCE S D, et al. Effect of pupillary dilation on corneal optical aberrations after photorefractive keratectomy [J]. Arch Ophthalmol, 1998, 116(8): 1053- 1062.
- [11] FAN- PAUL N I, LI J, MILLER J S, et al. Night vision disturbances after coneal refractive surgery [J].Surv Ophthalmol,2002,47(6):533- 546.

(编辑 刘清海)