

# 亚临床期圆锥角膜眼角膜高阶像差分析

马代金, 罗丽佳, 蔡望, 朱睿玲

基金项目:湖南省科学技术厅科技计划项目(No. 2011FJ4052)  
作者单位:(410015)中国湖南省长沙市,长沙爱尔眼科医院  
作者简介:马代金,男,博士,副主任医师,研究方向:角膜屈光手术。  
通讯作者:马代金. eyemdj@163.com  
收稿日期:2013-05-18 修回日期:2013-08-09

## Analysis of corneal high order aberrations in eyes with subclinical keratoconus

Dai-Jin Ma, Li-Jia Luo, Wang Cai, Rui-Ling Zhu

**Foundation item:** Project of Scientific Research Fund of Hunan Provincial Science and Technology Department, China (No. 2011FJ4052)

Department of Ophthalmology, Changsha Aier Eye Hospital, Changsha 410015, Hunan Province, China

**Correspondence to:** Dai-Jin Ma. Department of Ophthalmology, Changsha Aier Eye Hospital, Changsha 410015, Hunan Province, China. eyemdj@163.com

Received:2013-05-18 Accepted:2013-08-09

## Abstract

• **AIM:** To analyze the higher-order aberrations of anterior corneal surface in patients with subclinical keratoconus.

• **METHODS:** Forty-three eyes with the diagnosis of subclinical keratoconus (KCS group, mean age 25.32 ± 4.18 years) and 60 normal eyes (control group, mean age 24.63 ± 4.82 years) were included in this study. Corneal higher-order aberrations in each eye were measured by OPD Scan ARK-10000. Root mean square (RMS) values were calculated for total higher-order aberrations (HOAs), total coma (TC), total trefoil (TT) and total spherical aberration (TS) in 3mm and 6mm central area. The aberrometric parameters were respectively compared between two groups by Student's *t*-test.

• **RESULTS:** In 3mm central area, the RMS of corneal HOAs, TC, TT and TS were 0.424 ± 0.175 μm, 0.113 ± 0.068 μm, 0.262 ± 0.132 μm, 0.016 ± 0.010 μm respectively in KCS group, while those in control group were 0.310 ± 0.093 μm, 0.070 ± 0.038 μm, 0.244 ± 0.106 μm, 0.019 ± 0.016 μm respectively, the differences were statistically significant in HOAs and TC (*t* = 3.896, 3.748; *P* = 0.000, 0.000), except for TT and TS (*t* = 0.740, 1.169; *P* = 0.231,

0.124). In 6mm central area, the RMS of corneal HOAs, TC, TT and TS were 0.987 ± 0.292 μm, 0.642 ± 0.260 μm, 0.487 ± 0.208 μm, 0.292 ± 0.145 μm respectively in KCS group, while that in control group were 0.587 ± 0.146 μm, 0.252 ± 0.113 μm, 0.337 ± 0.182 μm, 0.271 ± 0.065 μm respectively, the differences were statistically significant in HOAs, TC and TT (*t* = 8.273, 9.231, 3.800; *P* = 0.000, 0.000, 0.000), except for TS (*t* = 0.888, *P* = 0.191).

• **CONCLUSION:** The corneal higher-order aberration, especially TC, is significantly higher in subclinical keratoconic eyes than in normal eyes. It may be a potential diagnostic tool for subclinical keratoconus.

• **KEYWORDS:** keratoconus; high order aberration; diagnosis

**Citation:** Ma DJ, Luo LJ, Cai W, *et al.* Analysis of corneal high order aberrations in eyes with subclinical keratoconus. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2013;13(9):1882-1884

## 摘要

**目的:** 分析亚临床期圆锥角膜的角膜高阶像差特点,为圆锥角膜的诊断提供理论依据。

**方法:** 亚临床期圆锥角膜患者26例43眼作为可疑圆锥角膜(keratoconus suspect, KCS)组,平均年龄25.32 ± 4.18岁;选取同时期检查的近视眼30例60眼作为对照组,平均年龄24.63 ± 4.82岁,用OPD Scan ARK-10000分别测量两组患者中央直径3mm和6mm角膜前表面的3~6阶总高阶像差(HOAs)、总彗差(TC)、总三叶草(TT)、总球差(TS)均方根值,用*t*检验进行统计分析。

**结果:** 直径3mm时KCS组角膜的HOAs, TC, TT, TS分别为0.424 ± 0.175 μm, 0.113 ± 0.068 μm, 0.262 ± 0.132 μm, 0.016 ± 0.010 μm;对照组为0.310 ± 0.093 μm, 0.070 ± 0.038 μm, 0.244 ± 0.106 μm, 0.019 ± 0.016 μm; KCS组的HOAs和TC明显增加,差异有统计学意义(*t* = 3.896, 3.748; *P* = 0.000, 0.000),两组的TT和TS差异无统计学意义(*t* = 0.740, 1.169; *P* = 0.231, 0.124); 6mm直径时KCS组角膜的HOAs, TC, TT, TS分别为0.987 ± 0.292 μm, 0.642 ± 0.260 μm, 0.487 ± 0.208 μm, 0.292 ± 0.145 μm;对照组为0.587 ± 0.146 μm, 0.252 ± 0.113 μm, 0.337 ± 0.182 μm, 0.271 ± 0.065 μm; KCS组的HOAs, TC和TT显著增加,差异有统计学意义(*t* = 8.273, 9.231, 3.800; *P* = 0.000, 0.000, 0.000),两组的TS差异无统计学意义(*t* = 0.888, *P* = 0.191)。

**结论:** 亚临床期圆锥角膜的角膜高阶像差明显增加,以彗差增加为主,角膜高阶像差的检查有助于亚临床期圆锥角膜的诊断。

关键词:圆锥角膜;高阶像差;诊断

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2013.09.46

引用:马代金,罗丽佳,蔡望,等.亚临床期圆锥角膜眼角膜高阶像差分析.国际眼科杂志 2013;13(9):1882-1884

## 0 引言

圆锥角膜是准分子激光角膜屈光手术前筛查的重点,临床期的圆锥角膜诊断比较容易,对于亚临床期的圆锥角膜而言,目前常用的 Rabinowitz 诊断标准<sup>[1]</sup>过于简单,有待进一步完善。近年来,有不少学者对亚临床期圆锥角膜的波前像差进行了研究<sup>[2]</sup>,主要集中在全眼的波前像差。由于全眼波前像差的测量受患者瞳孔大小、眼的调节、像差仪传感器测量的动态范围及分析的数据点有限等因素的影响,检查结果容易出现误差<sup>[3]</sup>。我们通过对 26 例 43 眼亚临床期圆锥角膜的角膜前表面波前像差进行了观察,结果报告如下。

### 1 对象和方法

**1.1 对象** 自 2011-04/2012-06 在我院准分子激光中心行术前检查的近视眼,角膜地形图自带的圆锥角膜分析程序报告为可疑圆锥角膜(keratoconus suspect, KCS)的患者,再用目前常用的 Rabinowitz 圆锥角膜诊断标准,并结合角膜厚度等因素进行综合分析,筛查出亚临床期圆锥角膜患者 26 例 43 眼作为 KCS 组,其中男 15 例 25 眼,女 11 例 18 眼,年龄 18~38(平均 25.32±4.18)岁,等效球镜-5.14±1.32D;选取同期检查 KCS 无异常近视眼患者 30 例 60 眼作为对照,其中男 17 例 34 眼,女 13 例 26 眼,年龄 19~40(平均 24.63±4.82)岁,等效球镜-5.44±1.18D。两组患者常规眼部检查前后节未见异常,角膜透明,排除干眼症,软性角膜接触镜停戴 2wk 以上,未配戴硬性角膜接触镜和塑形镜。

**1.2 方法** 角膜地形图和波前像差检查使用日本 NIDEK 公司生产 OPD Scan ARK-10000,配有 OPD Station 分析软件。检查在暗室内进行,不扩瞳,分析区域大于 85% 为有效,每眼检查三次,取中央直径 3mm 和 6mm 范围重复性好的角膜 3~6 阶总高阶像差(total higher-order aberrations, HOAs)、总彗差(total coma aberration, TC)、总三叶草(total trefoil aberration, TT)、总球差(total spherical aberration, TS)均方根(root mean square, RMS)值进行统计分析。

统计学分析:计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,使用 SPSS 13.0 软件成组设计的两样本均数 *t* 检验进行数据的统计学分析,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

### 2 结果

在中央 3mm 直径范围,KCS 组角膜的 HOAs 和 TC 明显增加,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );两组的 TT 和 TS 差异无统计学意义( $P > 0.05$ ,表 1)。

在中央 6mm 直径范围,KCS 组角膜的 HOAs,TC 和 TT 增加,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),以 TC 增加最为显著;KCS 组的球差增加,范围 0.029~0.57 $\mu\text{m}$ ,对照组为

表 1 中央 3mm 角膜高阶像差 RMS 值比较 ( $\bar{x} \pm s, \mu\text{m}$ )

RMS 值	KCS 组	对照组	<i>t</i>	<i>P</i>
HOAs	0.424±0.175	0.310±0.093	3.896	0.000
TC	0.113±0.068	0.070±0.038	3.748	0.000
TT	0.262±0.132	0.244±0.106	0.740	0.231
TS	0.016±0.010	0.019±0.016	1.169	0.124

表 2 中央 6mm 角膜高阶像差 RMS 值比较 ( $\bar{x} \pm s, \mu\text{m}$ )

RMS 值	KCS 组	对照组	<i>t</i>	<i>P</i>
HOAs	0.987±0.292	0.587±0.146	8.273	0.000
TC	0.642±0.260	0.252±0.113	9.231	0.000
TT	0.487±0.208	0.337±0.182	3.800	0.000
TS	0.292±0.145	0.271±0.065	0.888	0.191

0.127~0.43 $\mu\text{m}$ ,但两组的差异无统计学意义( $P > 0.05$ ,表 2)。

### 3 讨论

圆锥角膜是准分子激光角膜屈光手术绝对禁忌证,角膜地形图检查是筛查圆锥角膜的主要方法。OPD SCAN 地形图基于 Placido 盘原理,配有 OPD Station 分析软件,将角膜 K 值、I-S 值等角膜参数输入专家分类系统,对患者的角膜地形图进行分类,区分是正常角膜、屈光手术后角膜、圆锥角膜、可疑圆锥角膜等,对可疑圆锥角膜给出 KCS 值。临床期圆锥角膜易于诊断,亚临床期圆锥角膜 KCS 值有异常,但 KCS 值的异常也可能由其它因素引起,因此需要参考角膜厚度、近视度数、年龄等因素进行综合分析<sup>[4,5]</sup>。目前在临床上对亚临床期圆锥角膜的诊断比较棘手,有些病例没有明确的发病因素,术后却发生了圆锥角膜<sup>[6,7]</sup>,有的病例有明显的圆锥角膜风险因素,术后多年却并未发病<sup>[8,9]</sup>,说明目前角膜地形图检查和分析技术需要改进,以角膜地形图为主要诊断依据的亚临床期圆锥角膜筛查标准有待进一步完善。

亚临床期圆锥角膜临床表现为屈光度逐渐加深(近视、散光),随着病情的发展,角膜表面的规则性、对称性下降,产生不规则散光,角膜变薄、K 值增加,角膜中央区或旁中央区向前膨隆。因此,角膜地形图形态的不规则和对称性下降、高阶像差的改变是诊断亚临床期圆锥角膜的指标。全眼波前像差研究表明<sup>[10]</sup>,亚临床期圆锥角膜的总高阶像差、彗差、球差都高于对照眼,其中以彗差增加最为明显。随着病情的发展,高阶像差的增加更加显著,Pantaneli 等报道<sup>[11]</sup>,在 6.0mm 瞳孔直径下,圆锥角膜的总高阶像差 RMS 值是正常眼的 5.5 倍。

近年来研究的角膜前表面波前像差是基于对角膜前表面的角膜高度地形图测量获得,检查结果的重复性好。Alio 等<sup>[12]</sup>用角膜视频图测量了 40 例正常眼和 40 例圆锥角膜眼的角膜波前像差,在中央 6mm 光学区,圆锥角膜眼总高阶像差显著增加,增加最大的为彗差类像差和球差,与亚临床期圆锥角膜的全眼波前像差检查结果一致<sup>[10]</sup>。Gobbe 等<sup>[13]</sup>认为,角膜像差中的垂直彗差是诊断亚临床期圆锥角膜的最好指标。我们通过对 26 例 43 眼亚临床期

圆锥角膜的角膜波前像差分析发现,在中央3mm光学区,总高阶像差、总彗差明显增加;在6mm光学区,总高阶像差、总彗差、总三叶草显著增加,虽然总球差的增加无统计学意义,但球差的变异增大,范围0.029~0.57 $\mu\text{m}$ (对照组为0.127~0.43 $\mu\text{m}$ ),有2例4眼的球差小于0.1 $\mu\text{m}$ ,但未发现负值。球差反映的是角膜中央与周边区域的平衡,圆锥角膜的角膜局部变化可能发生在中央或旁中央区域,表现在球差的变化上可能是降低或增加。在正常情况下,角膜前表面的球差为正0.27 $\mu\text{m}$ 左右,眼内球差为负,对角膜球差有一定的补偿作用<sup>[14]</sup>。当发生圆锥角膜时,角膜球差降低,不仅全眼的球差可能出现负值<sup>[10]</sup>,角膜球差也可能为负<sup>[15]</sup>。本组病例角膜球差的变化与文献报道的结果不一致,可能与病例构成中圆锥角膜的类型和病情严重程度不同有关。

总之,亚临床期圆锥角膜的角膜高阶像差明显增加,以彗差增加为主,球差可能增加或降低。角膜高阶像差检查结果可靠、重复性好,可作为筛查亚临床期圆锥角膜的重要指标。

#### 参考文献

- 1 陆文秀. 全国医用设备(准分子激光)使用人员上岗考试指南. 中华医学会 2005;105
- 2 Jafri B, Li X, Yang H, *et al.* Higher order aberrations and topography in early and suspected keratoconus. *J Refract Surg* 2007;23(8):774-781
- 3 Rozema JJ, Van Dyck DE, Tassignon MJ. Clinical comparison of 6 aberrometers. Part 1: Technical specifications. *J Cataract Refract Surg* 2005;31(6):1114-1127
- 4 Randleman JB, Trattler WB, Stulting RD. Validation of the ectasia risk score system for preoperative laser *in situ* keratomileusis screening. *Am J Ophthalmol* 2008;145(5):813-818
- 5 Randleman JB, Woodward M, Lynn MJ, *et al.* Risk assessment for ectasia after corneal refractive surgery. *Ophthalmology* 2008;115(1):37-50
- 6 Randleman JB, Banning CS, Stulting RD. Corneal ectasia after hyperopic LASIK. *J Refract Surg* 2007;23(1):98-102
- 7 Tuli SS, Iyer S. Delayed ectasia following LASIK with no risk factors: is a 300 microm stromal bed enough? *J Refract Surg* 2007;23(6):620-622
- 8 Binder PS. Analysis of ectasia after laser *in situ* keratomileusis: risk factors. *J Cataract Refract Surg* 2007;33(9):1530-1538
- 9 Jampaulo M, Maloney RK. Lack of progression of ectasis seven years after LASIK in a highly myopic keratoconic eye. *J Refract Surg* 2008;24(7):707-709
- 10 刘勇, 张文防, 于周兴. 亚临床期圆锥角膜的高阶波前像差表现. 国际眼科杂志 2011;11(3):482-484
- 11 Pantanelli S, MacRae S, Jeong TM, *et al.* Characterizing the wave aberration in eyes with keratoconus or penetrating keratoplasty using a high-dynamic range wavefront sensor. *Ophthalmology* 2007;114:2013-2021
- 12 Alió JL, Shabayek MH. Corneal higher order aberrations: a method to grade keratoconus. *J Refract Surg* 2006;22:539-545
- 13 Gobbe M, Guillon M. Corneal wavefront aberration measurements to detect keratoconus patients. *Contact Lens and Anterior Eye* 2005;28:57-66
- 14 吴文捷, 钱益勇, 张振平, 等. 角膜和全眼高阶波前像差的特点及年龄相关性变化的研究. 中国实用眼科杂志 2009;27(6):572-576
- 15 Piñero DP, Alió JL, Alesón A, *et al.* Pentacam posterior and anterior corneal aberrations in normal and keratoconic eyes. *Clin Exp Optom* 2009;92(3):297-303