

# 近视人群角膜前表面 Q 值及其与球差的相关性

胡正再<sup>1</sup>, 欧阳红专<sup>1</sup>, 王勤美<sup>2</sup>, 陈世豪<sup>2</sup>

作者单位:<sup>1</sup>(412002)中国湖南省株洲市,株洲三三一爱尔眼科医院;<sup>2</sup>(325027)中国浙江省温州市,温州医学院附属眼视光医院

作者简介:胡正再,男,硕士,毕业于温州医学院眼视光学院,主治医师,研究方向:屈光手术方法。

通讯作者:王勤美,男,教授,主任医师,博士研究生导师,执行院长,温州医学院眼视光学院副院长、中华眼科学会角膜病学组副组长、防盲学组委员,研究方向:屈光手术、眼科信息学。wqm2@mail.eye.ac.cn

收稿日期:2010-07-15 修回日期:2010-08-11

## Q-value of corneal anterior surface and its correlation with spherical aberration in myopia population

Zheng-Zai Hu<sup>1</sup>, Hong-Zhuan Ouyang<sup>1</sup>, Qin-Mei Wang<sup>2</sup>, Shi-Hao Chen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zhuzhou San San Yi Aier Eye Hospital, Zhuzhou 412002, Hunan Province, China; <sup>2</sup>The Affiliated Eye Hospital of Wenzhou Medical College, Wenzhou 325027, Zhejiang Province, China

Correspondence to: Qin-Mei Wang. The Affiliated Eye Hospital of Wenzhou Medical College, Wenzhou 325027, Zhejiang Province, China. wqm2@mail.eye.ac.cn

Received:2010-07-15 Accepted:2010-08-11

### Abstract

• AIM: To study the distribution of Q-values on corneal anterior surface and analyze its correlation with corneal spherical aberration (C12) and total spherical aberration (C12) respectively.

• METHODS: One hundred myopia eyes were evaluated with TOPOLYSER, Humphrey and WASCA, and the eccentricities (*e*-value) of corneal surface (20°, 25° and 30°), CTS data and total spherical aberration (diameter = 6.0mm) were recorded respectively. The *e*-values were analyzed using formula ( $Q = -e^2$ ) to obtain Q-value. CTS data were analyzed using Matlab software to obtain the spherical aberration of cornea (diameter = 6.0mm).

• RESULTS: The Q-values of corneal anterior surface (20°, 25° and 30°) were -0.144 (*M*), -0.213 ± 0.110 and -0.277 ± 0.108, respectively. The corneal and total spherical aberrations (diameter = 6.0mm) were 0.25712 ± 0.06914 μm and 0.06630 ± 0.10823 μm, respectively. Q-value of 25° had high correlation ( $r = 0.673$ ,  $P = 0.000$ ) with corneal spherical aberration, but low correlation ( $r = 0.241$ ,  $P = 0.016$ ) with total spherical aberration.

• CONCLUSION: Firstly, corneal surface is much flatter from center to periphery and the absolute values of Q become much larger. Secondly, the Q-value of 25° has high correlation with corneal spherical aberration but low

correlation with total spherical aberration.

• KEYWORDS: myopia; cornea; Q-value; spherical aberration

Hu ZZ, Ouyang HZ, Wang QM, et al. Q-value of corneal anterior surface and its correlation with spherical aberration in myopia population. *Int J Ophthalmol (Guji Yanke Zazhi)* 2010; 10(9): 1680-1682

### 摘要

目的:研究近视人群角膜前表面 Q 值的分布及 Q 值与角膜前表面球差(C12)、全眼球差(C12)之间的相关性。

方法:选择青少年近视眼 100 眼。使用 TOPOLYSER 角膜地形图测量角膜前表面的 *e* 值,根据  $Q = -e^2$ ,分别求得角膜 20°, 25°, 30° 的 Q 值。WASCA 波前像差分析仪和 Humphrey 角膜地形图仪分别测量并获得全眼球差(6.0mm 分析直径)和角膜前表面球差(6.0mm 分析直径)的 Zernike 系数进行分析。

结果:20°, 25°, 30° 的 Q 值分别为 -0.144(中位数), -0.213 ± 0.110, -0.277 ± 0.108。6.0mm 分析直径下角膜球差和全眼球差分别为 0.25712 ± 0.06914 μm 和 0.06630 ± 0.10823 μm。25° 的角膜 Q 值与 6.0mm 角膜球差呈正相关( $r = 0.673$ ,  $P = 0.000$ )。25° 的角膜 Q 值与 6.0mm 全眼球差正相关( $r = 0.241$ ,  $P = 0.016$ )。

结论:角膜前表面从中央向周边变平坦趋势越来越明显, Q 值绝对值越往周边越大。25° 角膜前表面 Q 值与角膜球差显著相关,而与全眼球差相关性弱。

关键词:近视;角膜;Q 值;球差

DOI:10.3969/j.issn.1672-5123.2010.09.013

胡正再,欧阳红专,王勤美,等.近视人群角膜前表面 Q 值及其与球差的相关性.国际眼科杂志 2010;10(9):1680-1682

### 0 引言

准分子激光屈光性角膜手术利用准分子激光对角膜组织的消融使术后角膜前表面形态重塑,改变屈光力,从而矫正屈光不正。但传统的角膜屈光手术通常采用的标准球面切削,虽然去除了患眼的屈光不正度数,但使得术后球差明显增加,使视觉质量下降。为了改善视觉质量,人们提出了 Q 值(即非球面性系数)引导的个性化切削。但目前关于角膜前表面 Q 值的分布及 Q 值与眼球差相关性的研究较少。为此,我们对来院准备接受近视屈光手术患者的临床资料进行总结和分析,以期探索 Q 值引导准分子激光角膜屈光手术最佳目标 Q 值的选择。

### 1 对象和方法

1.1 对象 随机抽取 2007-03/2007-04 在我院屈光手术中心进行近视屈光手术术前检查的近视患者 50 例 100 眼,男 24 例,女 26 例;年龄 18 ~ 33(平均 24.85 ± 4.31)岁;低度近视组 16 眼、中度近视组 48 眼、高度近视组 36 眼。显

性验光屈光度数(等效球镜)为 $-5.49 \pm 2.39D$ ,屈光度数范围: $-0.50 \sim -11.00D$ 。所有患眼均无任何角膜手术史及任何眼病,隐形眼镜均停戴 1mo 以上,最佳矫正视力均在 1.0 以上。

## 1.2 方法

### 1.2.1 屈光手术术前检查流程

按照屈光手术术前检查流程,对近视患者依次进行下列检查:视力、电脑验光、角膜地形图、像差、主觉验光、裂隙灯、角膜中央厚度和眼轴长度测量、散瞳眼底检查。其中角膜地形图及像差检查均由同 1 人检查,每眼重复测量 3 次以上。按照近视度数(等效球镜)分为低度近视组:近视度数 $\leq -3.00D$ ;中度近视组:近视度数 $-3.00 \sim -6.00D$ ;高度近视组:近视度数 $> -6.00D$ 。

### 1.2.2 Q 值的获得

使用 TOPOLYSER 角膜地形图仪测量,在 lens fitting 模式下获取  $20^\circ, 25^\circ, 30^\circ$  的平均  $e$  值。根据  $Q = -e^2$ ,分别求得角膜  $20^\circ, 25^\circ, 30^\circ$  的 Q 值。

### 1.2.3 角膜前表面像差获得

采用 Humphrey 角膜地形图仪,用 External interface 显示模式将角膜前表面的曲率和高度等数据输出。取 6.0mm 像差分析直径,在 Matlab 平台中采用光路追迹的转换程序生成角膜像差,取球差(C12)进行分析。由于 WASCA 像差仪是以眼的入瞳中心为中心点测量的,而 Humphrey 角膜地形图所得角膜前表面像差是以角膜顶点为中心的,因此在转换中将角膜前表面像差关于瞳孔中心移位。

### 1.2.4 全眼球差获得

采用 WASCA 像差分析仪,在同一暗室,测量时用黑色的头罩将被检者的头部和检测头罩住。取 6.0mm 直径球差(C12)进行分析。

统计学分析:应用 SPSS 13.0 统计软件,对数据进行 K-S 正态性检验;性别间比较采用独立样本  $t$  检验,左右眼间比较采用配对  $t$  检验,屈光组间比较采用单向方差分析;相关分析先绘制散点图,再进行控制年龄因素的偏相关分析;回归分析采用直线回归。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 Q 值

角膜前表面  $20^\circ, 25^\circ, 30^\circ$  的 Q 值分别为  $-0.144$  (中位数),  $-0.213 \pm 0.110$ ,  $-0.277 \pm 0.108$ 。经 K-S 正态性检验, $25^\circ$  角膜 Q 值近似正态分布( $P = 0.074$ , 图 1);余两者非正态分布( $P = 0.012, P = 0.023$ )。

### 2.2 Q 值与角膜前表面球差的相关性

$25^\circ$  角膜 Q 值与 6.0mm 角膜球差正相关( $r = 0.673, P = 0.000$ , 图 2)。回归方程: $Y = 0.422X + 0.347$  ( $P = 0.000$ )  $Y$ :角膜球差, $X$ :Q 值。

### 2.3 Q 值与全眼球差的相关性

$25^\circ$  角膜 Q 值与 6.0mm 全眼球球差正相关( $r = 0.241, P = 0.016$ , 图 3)。回归方程: $Y = 0.23X + 0.115$  ( $P = 0.019$ )  $Y$ :全眼球差, $X$ :Q 值。

## 3 讨论

随着准分子激光角膜屈光手术的广泛开展及业界对准分子激光手术研究的进一步深入,术后的视觉质量日益受到重视。常规手术后导入的高阶像差,尤其是球差和彗差正是损害视觉质量的重要原因。球差中,一次球差(C12)对视觉质量损害最显著。针对手术引入的球差,近年来有学者提出了 Q 值引导的个性化手术,以期减少术后球差,改善视觉质量。因此,角膜前表面的形态及其与球差的相关性必定引起我们的关注。

有研究表明:正常角膜前表面为非球面,从中心到周边逐渐变平,屈光力逐渐减小,曲率半径逐渐增大,曲率逐渐减小。角膜顶端的曲率最大,由角膜顶端到周边其曲率

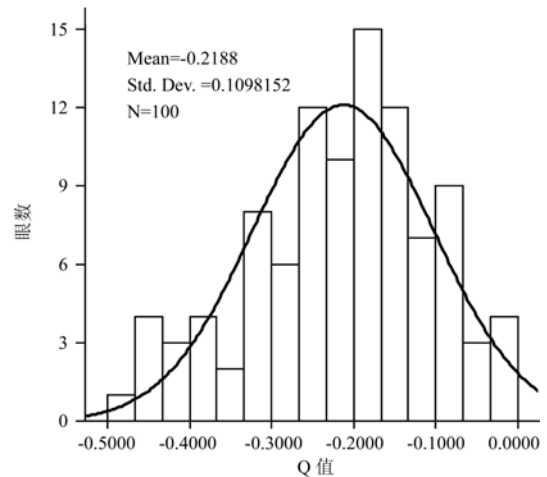


图 1  $25^\circ$  角膜 Q 值。

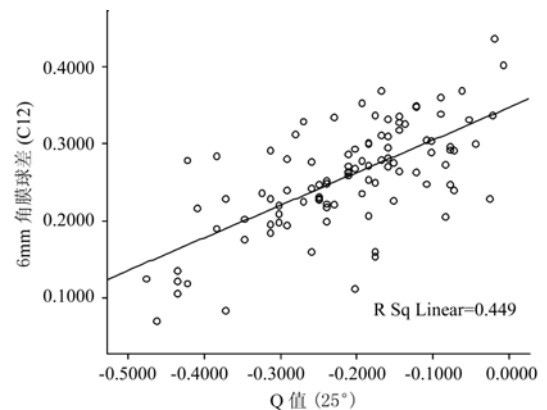


图 2 角膜 Q 值角膜球差散点图。

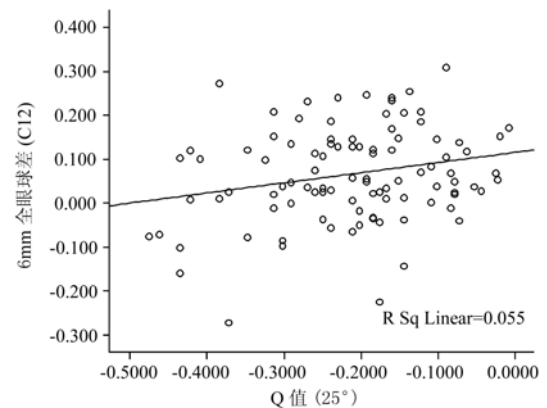


图 3 角膜 Q 值全眼球差散点图。

逐渐减小,其变化速度在不同的经线不同,同一经线的变化也不完全相同。为了能详细地描述角膜沿子午线截面的非球面性状态,更准确地表达其非球面性的程度,可引用“Q 值”来表示。大多数人的角膜呈扁长形(prolate),即  $Q < 0$ ,少部分人的角膜由中央向周边部逐渐变陡,呈扁圆形(oblate), $Q > 0$ <sup>[1]</sup>。目前关于 Q 值的文献报导不一,这可能与分析直径、实验对象及采样点多少不同等有关。法国 Haouat 等<sup>[2]</sup>报告近视患者平均角膜 Q 值为  $-0.09$ ,陈世豪等<sup>[3]</sup>报告 4.5mm 角膜前表面平均 Q 值为  $-0.142 \pm 0.151$ ,Hersh 等<sup>[4]</sup>报告 4.5mm 平均角膜 Q 值为  $-0.17 \pm 0.1499$ ,在 Yebra-Pimentel 等<sup>[5]</sup>的研究中,平均角膜 Q 值为  $-0.23 \pm 0.08$ ,Mainstone 等<sup>[6]</sup>的研究发现 6.0mm 角膜平均 Q 值为  $-0.26$ ,González-Méjiome 等<sup>[7]</sup>的研究中 7mm 角膜平均 Q 值为  $-0.26$ ,沈政伟等<sup>[8]</sup>报告  $30^\circ$  (约对应 7.5mm 角膜直径<sup>[9]</sup>)角膜平均 Q 值为  $-0.28 \pm 0.09$ 。

在我们研究中,角膜 $20^{\circ}$ , $25^{\circ}$ , $30^{\circ}$ (分别约对应4.7mm,6.1mm,7.5mm角膜直径)的Q值分别为-0.144(中位数), $-0.213 \pm 0.110$ , $-0.277 \pm 0.108$ 。从角膜中央向周边变平坦趋势越来越明显,也即角膜从中央向周边并非为一恒定Q值,其绝对值越往周边越大,这与González-Méijome等<sup>[7]</sup>的研究结果一致。因为 $25^{\circ}$ (约6.1mm角膜直径)的角膜前表面Q值近似正态分布;数据采集较方便,不容易出现机器估计数值;而且准分子激光角膜屈光手术中光学区直径通常为5.5~7.0(多为6.0)mm;所以,采用 $25^{\circ}$ 的Q值用于Q值引导的个体化切削手术可能比较合理。球差是轴上物点以宽光束成像时产生的像差,也就是轴上物点对应的理想像点与非近轴光线的像点之间的距离<sup>[10]</sup>。我们知道,非球面的Q值与球差可以通过公式推导进行换算。为避免同一机器由于公式换算引起的角膜Q值与角膜球差“显著相关”,我们采用两种机器分别测量Q值和球差。

我们的研究中,角膜前表面Q值与角膜球差显著相关( $r=0.673$ , $P=0.000$ )。虽然Q值与球差都是由角膜前表面采样点进行计算所得,但目前角膜地形图角膜Q值多数是由几条子午线Q值平均计算所得,采样点仅限于几条子午线上(相互之间间隔 $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ),数据不能反映一定范围内全角膜各子午线实际Q值或实际平均Q值。而角膜前表面球差由一定范围内角膜前表面全部采样点计算所得,故对角膜前表面Q值与球差的相关性可能也有所影响。Artal等<sup>[11,12]</sup>的研究发现,角膜和晶状体的高阶像差,尤其是球差通常其符号是相反的,起到一种补偿作用。其中角膜前表面主要产生正球差,晶状体主要产生负球差,约抵消角膜球差的 $1/2 \sim 2/3$ 。在本研究中,角膜球差与全眼球差正相关( $r=0.533$ , $P=0.000$ ),但相关性不是很高,可见晶状体的补偿作用使角膜球差与全眼球差的相关性减弱。Manns等<sup>[13]</sup>研究发现6.0mm直径,角膜Q值为-0.45~-0.47时,眼球初级球差为零。Gatinel等<sup>[14]</sup>也在论文中提出,当Q值为-0.26时,可以矫正球差的一半。这些结果都是在模型中研究得出的。本研究中,角膜Q值与全眼球差正相关( $r=0.241$ , $P=0.016$ ),相关程度很弱。由此可见,实际临床上由于个体之间晶状体球差不同,其对角膜球差的补偿比例也不相同,从而会降低角膜Q值与全眼球差之间的相关性。在如此低的相关程度下进行回归分析,获得其回归方程进行两者之间的换算

不太合理。

因此,我们不可能通过术前计算目标Q值使全眼球差达到某一预计值;将所有患眼选择某一固定目标Q值似乎也不太恰当。而将目标Q值调整至术前Q值,使术后球差更接近术前状态,可能有更好的预后。当然,术后角膜生物力学反应等,可能会对预期产生一定的影响,这有待进一步的研究。

#### 参考文献

- 1 Douthwaite WA, Hough T, Edwards K, et al. The EyeSys videokeratographic assessment of apical radius and p-value in the normal human cornea. *Ophthalmic Physiol Opt* 1999;19(6):467-474
- 2 Haouat M, Gatinel D, Duong MH, et al. Corneal asphericity in myopes. *J Fr Ophthalmol* 2002;25(5):488-492
- 3 陈世豪,李斌,王勤美.国人近视屈光手术人群角膜前表面非球形参数的调查. *眼科研究* 2007;25(7):574-550
- 4 Hersh PS, Fry K, Blaker JW. Spherical aberration after laser *in situ* keratomileusis and photorefractive keratectomy clinical results and theoretical models of etiology. *J Cataract Refract Surg* 2003;29(11):2096-2104
- 5 Yebra-Pimentel E, González-Jéijome JM, Cerviño A, et al. Corneal asphericity in a young adult population. Clinical implications. *Arch Soc Esp Ophthalmol* 2004;79(8):385-392
- 6 Mainstone JC, Carney LG, Anderson CR, et al. Corneal shape in hyperopia. *Clin Exp Optom* 1998;81(3):131-137
- 7 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
- 8 沈政伟,周和政,吴金桃,等.正常眼角膜Q值检测分析. *国际眼科杂志* 2006;6(6):1356-1357
- 9 Koller T, Iseli HP, Hafezi F, et al. Q-factor customized ablation profile for the correction of myopic astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2006;32(4):584-589
- 10 母国光,战元龄. *光学*.北京:人民教育出版社1978:65
- 11 Artal P, Guirao A. Contribution of the cornea and the lens to the aberrations of the human eye. *Opt Lett* 1998;23(21):1713-1715
- 12 Artal P, Guirao A, Berrio E, et al. Compensation of corneal aberrations by the internal optics in the human eye. *J Vision* 2001;1(1):1-8
- 13 Manns F, Ho A, Parel JM, et al. Ablation profiles for wavefront-guided correction of myopia and primary spherical aberration. *J Cataract Refract Surg* 2002;28(5):766-774
- 14 Gatinel D, Haouat M, Hoang-Xuan T. A review of mathematical descriptors of corneal asphericity. *J Fr Ophthalmol* 2002;25(1):81-90