

正常人眼角膜前表面光学质量 MTF 影响因素的探讨

郑艳珍^{1,2}, 邱岩¹, 翟国光¹, 李耀宇¹

作者单位:¹(100700) 中国北京市, 北京军区总医院眼科;
²(030001) 中国山西省太原市, 山西医科大学研究生院
作者简介: 郑艳珍, 山西医科大学在读硕士研究生。
通讯作者: 李耀宇, 博士后, 硕士研究生导师. liyaoyu63@sina.com
收稿日期: 2012-02-16 修回日期: 2012-03-27

Exploration of the influencing factors of optical quality by determining MTF for anterior corneal surface in normal human

Yan-Zhen Zheng^{1,2}, Yan Qiu¹, Guo-Guang Zhai¹, Yao-Yu Li¹

¹Department of Ophthalmology, General Hospital of Beijing Military Region, Beijing 100700, China; ²Graduate School of Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, Shanxi Province, China

Correspondence to: Yao-Yu Li. Department of Ophthalmology, General Hospital of Beijing Military Region, Beijing 100700, China. liyaoyu63@sina.com

Received: 2012-02-16 Accepted: 2012-03-27

Abstract

• **AIM:** To explore the root mean square (RMS) value of the anterior corneal surface aberration on the modulation transfer function (MTF) values.

• **METHODS:** Four hundred eyes from 200 patients were examined under sirius 3D corneal topography system, MTF curve at 3, 5, 7mm corneal optical zone after correcting the low-order spherical aberration and the total aberration and total higher order aberration, coma, trefoil aberration, spherical aberration RMS values were taken. MTF values at the spatial frequency of 5, 10, 15, 20, 25, 30 cpd and zernike coefficient of vertical and horizontal coma were recorded.

• **RESULTS:** Anterior corneal surface RMS in 3, 5, 7mm corneal optical zone were statistically related at different spatial frequency with the MTF value, higher-order RMS in 3mm corneal optical zone were related with the MTF both vertical and horizontal meridian. The larger optical zone (5, 7mm) mainly affected the MTF of horizontal meridian. Coma and trefoil aberrations for the anterior corneal surface mainly affected the the MTF of horizontal meridian, and more evident in smaller optical zone (3.5mm). Spherical aberration in 3mm corneal optical zone was statistically related with the MTF of vertical and horizontal meridian. Clover and secondary astigmatism in 3mm and 7mm corneal optical zone and the MTF of vertical and horizontal meridian had a good correlation and they had correlation with the MTF of horizontal

meridian in 5mm corneal optical zone. No correlation was between the corneal coma position and MTF of different orientation.

• **CONCLUSION:** The MTF of anterior corneal surface at horizontal meridian are greatly related with higher order aberrations. The MTF can objectively evaluate the optical quality of anterior cornea.

• **KEYWORDS:** modulation transfer function; root mean square; optical quality

Zheng YZ, Qiu Y, Zhai GG, *et al.* Exploration of the influencing factors of optical quality by determining MTF for anterior corneal surface in normal human. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2012; 12 (5): 851-855

摘要

目的: 探讨角膜前表面不同像差的 RMS 值对 MTF 值的影响。

方法: 患者 200 例 400 眼用 sirius 3D 角膜地形图分析仪检查, 取 3, 5, 7mm 角膜光学区校正低阶球差后的 MTF 曲线, 以及总像差、总高阶像差、彗差、三叶草、球差的 RMS 值。记录空间频率为 5, 10, 15, 20, 25, 30cpd 时的 MTF 值及垂直彗差和水平彗差的 zernike 系数。

结果: 角膜前表面总像差在 3, 5, 7mm 角膜光学区时 RMS 值都与 MTF 值各空间频率统计学相关, 高阶像差在 3mm 角膜光学区时与垂直和水平子午线的 MTF 值均相关, 在较大光学区时 (5, 7mm) 主要影响水平子午线的 MTF 值。角膜前表面彗差及三叶草像差主要影响水平子午线方位的 MTF 值, 且在较小光学区 (3, 5mm) 较明显。角膜前表面球差在角膜光学区为 3mm 时与垂直和水平子午线方位的 MTF 值均统计学相关。四叶草和次级散光在角膜光学区为 3mm 和 7mm 时与垂直和水平方位的 MTF 值有较好相关, 在 5mm 光学区时与水平子午线方位 MTF 值相关。角膜彗差的方位与不同方位 MTF 值之间无相关性。

结论: 角膜前表面水平子午线方位的 MTF 值与高阶像差明显相关, MTF 可以全面、客观的评价角膜的光学质量。

关键词: 调制传递函数; 均方根值; 光学质量

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5123.2012.05.14

郑艳珍, 邱岩, 翟国光, 等. 正常人眼角膜前表面光学质量 MTF 影响因素的探讨. 国际眼科杂志 2012; 12(5): 851-855

0 引言

随着屈光手术的飞速发展, 人眼光学系统变化直接导致的视觉质量变化已备受关注。以像差为基础的客观评价指标, 已逐渐成为新的视觉评判方法和标准。此外, 1977 年 Liang 等^[1] 提出应用 20 ~ 60cpd 空间频率范围内的调制传递函数 (modulation transfer function, MTF) 最大

表1 不同角膜光学区域时 RMSg 和 RMSh 与 MTF 的相关系数(*r*值)

空间频率 (c/d)	RMSg						RMSh					
	垂直			水平			垂直			水平		
	3mm	5mm	7mm	3mm	5mm	7mm	3mm	5mm	7mm	3mm	5mm	7mm
5	0.897*	0.607*	0.328*	0.828*	0.619*	0.401*	0.424*	0.006	0.090	0.505*	0.340*	0.276*
10	0.753*	0.538*	0.369*	0.833*	0.628*	0.269*	0.253*	0.021	0.046	0.385*	0.215*	0.137*
15	0.646*	0.538*	0.349*	0.751*	0.555*	0.219*	0.190*	0.008	0.118*	0.317*	0.146*	0.101
20	0.618*	0.493*	0.308*	0.682*	0.521*	0.251*	0.163*	0.016	0.015	0.267*	0.179*	0.128*
25	0.574*	0.491*	0.280*	0.643*	0.470*	0.239*	0.148*	0.017	0.123*	0.228*	0.155*	0.132*
30	0.593*	0.458*	0.253*	0.617*	0.444*	0.203*	0.118*	0.037	0.110	0.216*	0.146*	0.110

注: * 示 $P < 0.05$, 为统计学相关。

表2 不同角膜光学区域时三阶彗差与 MTF 的相关系数(*r*值)

空间频率 (c/d)	彗差						三叶草					
	垂直			水平			垂直			水平		
	3mm	5mm	7mm	3mm	5mm	7mm	3mm	5mm	7mm	3mm	5mm	7mm
5	0.335*	0.052	0.041	0.335*	0.348*	0.208*	0.320*	0.033	0.090	0.505*	0.401*	0.233*
10	0.115*	0.035	0.135*	0.306*	0.237*	0.078	0.175*	0.025	0.046	0.385*	0.215*	0.137*
15	0.065	0.009	0.141*	0.255*	0.166*	0.080	0.085	0.013	0.128*	0.317*	0.146*	0.101
20	0.076	0.010	0.126*	0.197*	0.200*	0.107	0.073	0.007	0.015	0.267*	0.179*	0.096
25	0.087	0.018	0.112*	0.170*	0.169*	0.105	0.056	0.020	0.123*	0.228*	0.155*	0.083
30	0.076	0.001	0.094*	0.164*	0.174*	0.094	0.052	0.055	0.110	0.216*	0.146*	0.101

注: * 示 $P < 0.05$, 为统计学相关。

化来确定视觉矫正,该指标目前已成为视觉质量评价研究的新方向。角膜做为眼最主要的屈光系统,其屈光力占整个眼球屈光系统的74%^[2]。而角膜前表面是人眼屈光系统中最主要的光学折射面,其细微的变化可以直接影响视力。对角膜前表面像差的均方根值(root mean square, RMS)和 MTF 相关性的综合分析将有助于全面客观地分析眼的光学质量。

1 对象和方法

1.1 对象 回顾性分析 2010-10/12 拟在我院行准分子激光手术的单纯近视散光患者 200 例 400 眼,其中男 93 例 186 眼,女 107 例 214 眼,年龄 18 ~ 39(平均 26.58±5.18)岁,近视球镜度数范围-0.25 ~ -10(平均-4.94±0.13)D;散光度数-1 ~ 0(平均-0.46±0.02)D;最佳矫正视力均≥1.0。

1.2 方法

1.2.1 入选标准 眼前节裂隙灯检查角膜透明无眼部疾患,无云翳、斑翳等,Schirmer's 试验和 BUT 值均正常,角膜接触镜配戴者要求停戴 2wk 以上,角膜地形图检查正常。

1.2.2 检查仪器及方法 使用 Sirius3D(意大利 CSO 公司,软件版本:phoenix 1.2)角膜地形图眼前节分析仪测量和获取不同角膜光学区时 MTF 曲线及各空间频率的 MTF 值和各角膜光学区域时相应角膜前表面的总像差均方根值、总高阶像差均方根值、彗差、三叶草、球差、四叶草的 RMS 值。所有检查均由同一检查者操作,在室内自然光下瞬目后立即进行,检查时嘱患者受试眼注视地形图的蓝色光标,充分暴露角膜。选取重复性较好的进行分析。

1.2.3 数据获取 Sirius 角膜地形图检查完成后,分别提取 3,5,7mm 角膜光学区时对应的 MTF 曲线和角膜前表面总像差、总高阶像差、彗差、三叶草、球差的 RMS 值。记

录空间频率为 5,10,15,20,25,30cpd 时的 MTF 值及垂直彗差和水平彗差的 zernike 系数。

统计学分析:采用 SPSS 16.0 软件包对相关数据进行处理。各类像差的 RMS 值与 MTF 值的相关性采用 Pearson 相关性分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同像差对 MTF 的影响 角膜前表面总像差值,在 3,5,7mm 角膜光学区时与垂直和水平方位子午线的 MTF 值有较好的相关性(表 1)。总高阶像差在 3mm 角膜光学区时,与垂直和水平子午线方位的 MTF 均有统计学相关性,在 5mm 角膜光学区时高阶像差 RMS 与垂直子午线各空间频率 MTF 值无相关性,与水平子午线各空间频率 MTF 有相关性。7mm 角膜光学区时,高阶像差在空间频率为 5,25,30cpd 时与垂直子午线无相关性,与水平子午线各空间频率 MTF 均有统计学相关性(表 1)。表明在大角膜光学区时高阶像差主要影响水平子午线的 MTF 值,即主要影响垂直光栅的光学质量。同时总像差和高阶像差对 MTF 的影响随空间频率的增大而减小。

2.2 不同高阶像差对 MTF 的影响 高阶像差中的彗差[Z(3,±1)]、三叶草[Z(3,±3)]、球差[Z(4,0)]、四叶草[Z(4,±4)],次级散光[Z(4,±2)],[Z(3,±1)]和[Z(3,±3)]在角膜光学区为 3mm 和 5mm 时主要与水平子午线方位的 MTF 有统计学相关性(表 2,3)。在角膜光学区为 7mm 时,两者与垂直和水平子午线方位的 MTF 值均无明显统计学相关。在角膜光学区为 3mm 时,[Z(4,0)],[Z(4,±4)],[Z(4,±2)]与垂直和水平子午线方位的 MTF 值统计学相关。5mm 和 7mm 角膜光学区时,[Z(4,0)]与垂直和水平子午线方位的 MTF 值均无统计学相关。推测

表3 不同角膜光学区域时四阶像差与MTF的相关系数(*r*值)

空间频率 (c/d)	四叶草						球差					
	垂直			水平			垂直			水平		
	3mm	5mm	7mm	3mm	5mm	7mm	3mm	5mm	7mm	3mm	5mm	7mm
5	0.247*	0.090	0.074	0.366*	0.237*	0.245*	0.367*	0.077	0.110	0.288*	0.008	0.111
10	0.202*	0.090	0.130*	0.239*	0.183*	0.121*	0.267*	0.061	0.111	0.169*	0.049	0.035
15	0.165	0.039	0.165*	0.179*	0.116*	0.078*	0.218*	0.290	0.090	0.142*	0.038	0.035
20	0.149	0.002	0.136*	0.167*	0.144*	0.126*	0.187*	0.002	0.070	0.126*	0.056	0.051
25	0.142	0.021	0.117*	0.147*	0.128*	0.139*	0.175*	0.020	0.059*	0.116*	0.019	0.049
30	0.111	0.023	0.093	0.133*	0.138*	0.094	0.157*	0.005	0.047	0.106*	0.022	0.048

注: * 示 $P < 0.05$, 为统计学相关。

表4 不同角膜光学区域时不同彗差方位与MTF的相关系数(*r*值)

空间频率 (c/d)	垂直彗差						水平彗差					
	垂直			水平			垂直			水平		
	3mm	5mm	7mm	3mm	5mm	7mm	3mm	5mm	7mm	3mm	5mm	7mm
5	0.254*	0.083	0.041	0.082	0.296*	0.191*	0.148*	0.022	0.045	0.145	0.255*	0.199*
10	0.157*	0.047	0.142*	0.055	0.188*	0.059	0.149*	0.003	0.057	0.101	0.189*	0.090
15	0.106	0.008	0.149*	0.031	0.111	0.072	0.151*	0.020	0.067	0.082	0.195*	0.049
20	0.097	0.021	0.129*	0.009	0.151*	0.097	0.157*	0.013	0.080	0.071	0.200*	0.085
25	0.099	0.033	0.115*	0.003	0.119*	0.090	0.161*	0.011	0.064	0.072	0.184*	0.081
30	0.090	0.013	0.099	0.110	0.117*	0.074	0.149*	0.012	0.040	0.094	0.198*	0.119*

注: * 示 $P < 0.05$, 为统计学相关。

[Z(4,0)] 主要在小角膜光学区时影响 MTF 值。[Z(4,±4)], [Z(4,±2)] 在角膜光学区为 7mm 时与垂直和水平子午线方位的 MTF 值在低中频(10~25cpd)有较明显的相关性, 在角膜光学区为 5mm 时, 两者主要与水平子午线方位的 MTF 值有明显统计学相关性。

2.3 彗差与 MTF 值的关系 在 3mm 角膜光学区时, 水平彗差和垂直子午线的 MTF 值有统计学相关。5mm 角膜光学区时, 垂直和水平彗差都与水平子午线方位的 MTF 值有统计学相关。7mm 角膜光学区时, 垂直彗差与垂直子午线方位 MTF 值统计学相关(表 4)。表明角膜彗差的方位与角膜光学质量之间无明确的相关性, 它们之间的相关性是随机的。

3 讨论

目前临床上评价视觉质量的手段主要是反应视锥细胞和神经系统功能的视力和对比敏感度(contrast sensitivity, CS)。此两种测量方法主要反映的是人眼的主观视觉质量, 但并不能代表人眼成像系统客观的光学成像质量。在光学质量的分析上, 将光学系统的 MTF 引入视觉科学临床研究可以使人眼视觉质量评估的研究更加深入^[3,4], 并且已经证明其可对视功能做出更科学的评价^[5,6]。

3.1 临床常用主观视觉质量评价 临床上最常用的视功能评价指标为视力, 其反映的是人眼黄斑部对高对比度小目标物体的分辨能力, 而视网膜周围对低对比度物体的分辨能力则无法用视力衡量。因此有时患者视功能已严重受损, 但视力仍可在正常范围内^[7]。CS 是近年来评价人眼视功能的另一个主观指标^[8], 反映人眼在不同空间频率

时对不同大小物体的分辨能力, 即辨认在平均亮度下两个可见区域差别的能力, 数值上 $CS = 1/\text{对比度阈值}$ 。所以 CS 检查中除了有空间频率的变化外, 还存在对比度的变化。其代表在空间频率变化下视觉的识别能力, 比单纯的视力测试能更全面地了解人眼的视功能。但 CS 容易受受试者文化水平、心理等主观因素的影响以及有测量速度的局限性, 因此也不能完全准确的反映人眼的视觉质量。

3.2 临床常用的客观评价标准

3.2.1 像差 RMS 是基于几何光学的一种客观评判指标, 也是最常用的反映像差大小的评价指标。目前, 临床上客观评价视网膜成像质量大都以像差方法为主^[9]。像差对于视觉质量的评估有着重要的作用, 但在不同个体间不同的像差或不同像差的组合对人眼视觉质量影响的不同, 即使有等量的 RMS 值也不会有等量的视觉效果。所以单独的 RMS 值并不能准确的反映人眼的视觉质量^[5]。

3.2.2 MTF MTF 是用物理光学方法来评价视觉光学系统成像质量^[10], 描述的是在不同频率处物像对比度与光学系统成像质量的关系。在数值上等于经光学系统后像的调制度 M 与物体本身调制度 M 的比值, 且 MTF 值越大, 成像越清晰, 视觉质量就越好^[11]。一般来说, MTF 曲线的高频部分反映了物体的细节传递情况, 中频部分反映的是物体的层次传递情况, 而低频反映的是物体的轮廓传递情况^[3]。所以 MTF 可以客观、全面地反映人眼的视觉质量。

3.2.3 MTF 与 RMS 的相关性 像差反映了几何光折射的偏差, 而光学传递函数(optical transfer function, OTF)反映了光强度大小和位置的偏差。像差对成像质量的评价

往往会高估,因此众多学者把光学领域中的发展起来的MTF引入到视觉系统空间分辨能力的评估上,期望能够更加全面的评价眼的视功能。

在理想的无像差光学系统中,

$$P(x, y) = 1 \quad (\text{公式 1})$$

$$\text{则, OTF}(\bar{r}, \bar{s}) = 1/A \int \int_C \exp\{jk[W(x, y)] - W(x-\bar{r}, y-\bar{s})\} \leq 1/A \int \int_C dx dy \quad (\text{公式 2})$$

角膜做为特殊的光学系统,其成像质量与像差有关。MTF与RMS相比是一种非传统的测量参数,临床上认为这两种测量方法的关联性很大^[12]。Liang等^[1]认为全眼光学质量受像差的影响,我们的研究也显示在不同角膜光学区时角膜前表面总像差的RMS值及各像差的RMS值均与MTF存在相关性,所以角膜的光学质量也受到像差的影响。

高阶像差对视觉质量的影响已有许多研究,但正常人眼角膜像差对视觉质量影响的权衡尚未见有报道。一般认为三阶、四阶是影响视觉质量的主要高阶像差,五阶以上的像差对视觉质量的影响较小^[13]。本研究中我们发现,正常人眼角膜在3mm角膜光学区时,彗差对水平子午线MTF的影响要大于球差,对垂直子午线MTF的影响则要明显小于球差。在5mm角膜光学区时彗差与水平子午线的MTF各空间频率有统计学相关性,而与垂直子午线的空间频率均不相关,球差则与垂直和水平方位的MTF均不相关。在角膜光学区7mm时,两者均与MTF无明显统计学相关。这与有关报道^[14,15]认为的LASIK术后球差对人眼视觉质量影响要大于彗差的结果不一致,其原因可能与手术前后起主导作用的高阶像差形式有较大的关系。

我们没有发现彗差方位与MTF之间有明确的相关性,他们之间的关系是随机的。这与Villegas等^[5]的研究结果相同即像差方位与视觉质量无明显的相关性。但不支持有关研究^[16]认为的垂直彗差对视力有利的观点。MTF值除与彗差相关外,我们的研究还发现,三叶草像差在3mm角膜光学区时与垂直子午线方位的MTF值在空间频率5,10cpd时有统计学相关性,与水平子午线各空间频率之间均有统计学相关,5mm角膜光学区时只与水平子午线方位空间频率为5~20cpd时的MTF值统计学相关,7mm时与垂直和水平子午线方位均无统计学相关。这与有关研究^[5]认为正常或超视力人群的三叶草与高对比度视力有关联,和低对比度视力无明确相关性的观点相一致。

我们的研究还发现,在各个角膜光学区,高阶像差都与水平子午线的MTF值明显相关。这可能与人类对水平定向的多焦有更强的敏感性有关,这个结果对于指导波前引导下的角膜切削具有更主要的意义。我们发现同一受试者即使有相同的角膜RMS值,其MTF也有较大的差异性,这与有关研究^[17]认为的Zerinke多项式即使各个组合系数相等,但各项对视觉质量的影响并不相同的结果一致。像差对不同空间频率MTF的影响并不明显,但与全眼研究^[18]认为的高阶像差主要影响人眼低对比度视力的结果不同。这也表明像差对视觉质量的影响并不能够完

全、特定的反映人眼的视觉质量,临床上还需要结合其他各种评价指标进行综合评价。

在临床实际工作中,不论是基于几何光学的像差的RMS还是基于物理光学的MTF视觉质量评价方法,都有各自的适用范围,并不是每种方法均能满足特定的临床检测。RMS是从光学系统的各种像差来评价人眼成像质量的好坏,而MTF则是通过把物与像的亮度分解成各个不同频率的余弦或正弦光栅,从而研究光学系统对不同频率余弦波的调制度(对比度)的影响。

3.3 主客观评价指标的一致性 空间频率和对比度是视觉呈现中的两个主要参数,空间频率是指单位视角所包含的线条数,对比度则是物体的颜色亮度和该物体背景颜色亮度间的关系。在视觉质量的主客观评价指标中,CS和MTF都是关于这两个参数的研究。在视觉的纯光学系统中,CS可以用MTF来表达,外界物体成像于视网膜,然后经视网膜和中枢神经系统的加工处理,将提高空间频率,所以正常人眼的CS是眼球纯光学系统的CS和视网膜增效系统的总和^[19]。本研究中我们排除了角膜内像差和视网膜神经传导的作用,单独研究正常人眼角膜前表面在排除角膜云翳、斑翳等条件下的生理光学质量是纯光学系统。所以在本研究中CS和MTF在理论上有一致性。

由于角膜屈光手术的发展及术后视觉质量要求的提高,对正常人眼的光学质量尤其是角膜前表面生理光学质量的研究显得尤为重要。准分子激光术后角膜前表面的像差是术后视觉质量变化的主要原因,因此正常人眼角膜前表面像差特征的分布及其光学质量研究,将为屈光手术后视觉质量的提高和研究提供主要证据。Benito等^[20]报道发现近视和远视患者LASIK术后眼内部像差值与术前相似,所以准分子激光手术前后人眼光学质量的变化主要是角膜前表面的变化。本研究通过分析角膜前表面各像差的RMS与MTF的相关性,得出角膜前表面高阶像差与水平子午线方位的MTF相关性较大,从而MTF能更加客观准确地反映人眼角膜的光学特性。

人眼光学质量是影响视觉质量的关键因素,所以合理评估人眼的光学质量是视觉质量评估的主要内容。影响人眼光学质量的因素复杂多样,但像差为主要影响因素。所以,对于影响人眼视觉质量相关因素的进一步研究,将是未来视觉研究的重点内容之一。

参考文献

- 1 Liang J, Williams DR. Aberrations and retinal image quality of the normal human eye. *J Opt Soc Am A* 1997;14(11):2873-2883
- 2 Wang M. Corneal topography in the wavefront Era: a guide for clinical application. SLACK, INC. Thorofare, New Jersey, U. S. A 2008:13
- 3 Rovamo J, Mustonen J, Nasanen R. Two simple psychophysical methods for determining the optical modulation transfer function of the human eye. *Vis Res* 1994;34(19):2493-2502
- 4 Williams DR, Artal P, Navarro R, et al. Offaxis optical quality and retinal sampling in the human eye. *Vis Res* 1996;36(9):1103-1114
- 5 Villegas EA, Alcón E, Artal P. Optical quality of the eye in subjects with normal and excellent visual acuity. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008;49(10):4688-4696

- 6 Carkeet A, Leo SW, Khoo BK, *et al.* Modulation transfer functions in children; pupil size dependence and meridional anisotropy. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003;44(7):3248-3256
- 7 江扬宇,王勤美. 近视散光眼高阶像差和视觉质量的关系. *眼视光学杂志* 2002;4(4):198-200
- 8 Denoyer A, Le Lez ML, Majzoub S, *et al.* Quality of vision after cataract surgery after Tecnis Z9000 intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2007;33(2):210
- 9 Thibos LN, Hong X. Clinical applications of the Shack-Hamann aberrometer. *Optom Vis Sci* 1999;76(12):817-825
- 10 尤宇一,袁非,王历阳. Array 人工晶状体眼调制传递函数和对比敏感度与瞳孔大小的关系. *眼视光学杂志* 2008;4(10):248
- 11 Díaz-Doutón F, Benito A, Pujol J, *et al.* Comparison of the retinal image quality with a Hartmann-Shack wavefront sensor and a double-pass instrument. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47(4):1710-1716
- 12 Applegate RA, Howland HC, Sharp RP, *et al.* Corneal aberrations and visual performance after radial keratotomy. *J Refract Surg* 1998;14(4):397-407
- 13 Zhou C, Chai X, Yuan L, *et al.* Corneal higher-order aberrations after customized aspheric ablation and conventional ablation for myopic correction. *Curr Eye Res* 2007;32(5):431-438
- 14 Oshika T, Tokunagu T, Samejima T, *et al.* Influence of pupil diameter on the relation between ocular higher-order aberration and contrast sensitivity after laser *in situ* keratomileusis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47(4):1334-1338
- 15 王雁,赵堪兴,饶丰,等. 准分子激光原位角膜磨镶术后调制传递变化与视觉质量的关系. *中华眼科杂志* 2009;45(7):580-586
- 16 李颖. 近视眼患者角膜高阶像差分布及 LASIK 和波前像差引导的优化 LASIK 术后高阶像差变化的研究. *眼科新进展* 2007;27(7):514-519
- 17 Applegate RA, Sarver EJ, Khemsara V. Are all aberrations equal? *J Refract Surg* 2002;18(5):556-562
- 18 Tanabe T, Miyata K, Samejima T, *et al.* Influence of wavefront aberration and corneal subepithelial haze on low contrast visual acuity after photorefractive keratectomy. *Am J Ophthalmol* 2004;138(4):620-624
- 19 瞿佳,吕帆,毛欣杰. 视觉矫正质量评价研究. *中华眼科杂志* 2003;39(6):325-327
- 20 Benito A, Redondo M, Artal P. Laser *in situ* keratomileusis disrupts the aberrations compensation mechanism of the human eye. *Am J Ophthalmol* 2009;147(3):424-431

本刊胡秀文总编和韩建方编辑参加 2012 世界眼科大会

本刊讯 由世界眼科学会(ICO)主办,中东非洲眼科学会(MEACO)承办的 2012 世界眼科大会(WOC 2012)于 2012-02-16/20 在阿拉伯联合酋长国首都—阿布扎比(Abu Dhabi)成功召开。来自全世界 100 多个国家和地区的 10000 多名代表参加了本次大会。这是全世界规格最高、规模最大的又一次眼科盛会。胡秀文总编先后参加了在巴西圣保罗举办的 WOC 2006 和在中国香港举办的 WOC 2008 及在德国柏林举办的 WOC 2010。这是胡秀文总编第 4 次参加世界眼科大会(WOC 2012)。

在本次大会上胡秀文总编会见了世界眼科学会(ICO)主席、本刊总顾问 Prof. Bruce E Spivey,世界眼科学会/ICO 原副主席 Prof. Mark O. M. Tso,2006 世界眼科大会主席/原全美眼科学会主席 Prof. Rubens Belfort Jr.,和 2010 世界眼科大会主席/德国眼科学会主席 Prof. Gerhard K. Lang 等世界顶级眼科专家。同时也与各国一些中青年代表进行了简短交流,并对《International Journal of Ophthalmology》进行了适当的宣传。会议期间赠送少量样刊,深受有关代表的欢迎。此外,胡秀文总编和韩建方编辑还参加了由大会组织的在全球唯一的 8 星级酒店 Emirates Palace 举行的 WOC 2012 Cultural Night。

IJO 编辑部