

调制传递函数和对比敏感度函数评价 LASIK 术后早期视觉质量的研究

曹哲瑶, 夏丽坤, 弥少文, 柴广睿

作者单位: (110004) 中国辽宁省沈阳市, 中国医科大学附属盛京医院眼科

作者简介: 曹哲瑶, 在读硕士研究生, 研究方向: 屈光、角膜、眼表疾病。

通讯作者: 夏丽坤, 博士, 教授, 主任医师, 博士研究生导师, 研究方向: 屈光、角膜、眼表疾病. Xialk@sj-hospital.org

收稿日期: 2013-03-22 修回日期: 2013-05-21

Early visual quality evaluation study after LASIK through modulation transfer function and contrast sensitivity function

Zhe-Yao Cao, Li-Kun Xia, Shao-Wen Mi, Guang-Rui Chai

Department of Ophthalmology, Shengjing Hospital of China Medical University, Shenyang 110004, Liaoning Province, China

Correspondence to: Li-Kun Xia. Department of Ophthalmology, Shengjing Hospital of China Medical University, Shenyang 110004, Liaoning Province, China. Xialk@sj-hospital.org

Received: 2013-03-22 Accepted: 2013-05-21

Abstract

• AIM: To evaluate the changes of human eyes optical and visual quality after LASIK through modulation transfer function (MTF) measurement and contrast sensitivity function (CSF) measurement.

• METHODS: It was a prospective cohort study. Forty-seven patients (92 eyes) were divided into low myopia ($-2.28 \pm 0.48D$), moderate myopia ($-4.54 \pm 0.97D$) and high myopia ($-6.86 \pm 1.17D$) groups according to the spherical equivalent (SE) diopter before the surgery. The uncorrected visual acuity (UCVA), best-corrected visual acuity (BCVA), SE diopter, wavefront aberration, CSF measurement, PSF measurement were examined before and after operation. The follow up visits of the patients were scheduled at the 7th day, 1st and 3rd month. CSF curves, which were obtained with Carl Zeiss WASCA Analyzer wavefront aberration instrument under the 3.0mm and 5.0mm pupil size conditions, were scanned and loaded into Engauge Digitizer 4.1 digital software to obtain PSF data of certain space frequency. And CSF data were obtained with Optical 6500 of STEREO OPTICAL Company under day and night environment. The data were statistical analyzed with paired-*t* test.

• RESULTS: CSF data declined obviously compared with the preoperative data in early stage (7 days) after surgeries. Partial low space frequency CSF data (low

space frequency CSF data in 3.0mm pupil size condition and moderate myopia patients' low space frequency CSF data in 5.0mm pupil size condition) recovered back to preoperative levels in 3 months after LASIK. The myopic degree was higher, the CSF values of moderate and high spatial frequency were harder to restore to preoperative levels. Most of the MTF values declined in 1 week after LASIK. MTF values approximately recovered back to preoperative levels in 1 month-3 months after LASIK. Partial MTF values of 1 week after LASIK had no statistical differences compared to the preoperative data.

• CONCLUSION: MTF values approximately recover back to preoperative levels earlier than CSF values. All the MTF values recover back to preoperative levels in 3 months after LASIK, but partial space frequency CSF values not. MTF values reflect the improvement of visual quality in early stage after LASIK. MTF data obtained with Carl Zeiss WASCA Analyzer wavefront aberration analyzer comprehensively and objectively reflect the optical system changes in early stage after LASIK.

• KEYWORDS: modulation transfer function; contrast sensitivity function; visual quality; LASIK

Citation: Cao ZY, Xia LK, Mi SW, et al. Early visual quality evaluation study after LASIK through modulation transfer function and contrast sensitivity function. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2013;13(6):1116-1122

摘要

目的: 应用调制传递函数(modulation transfer function, MTF)检查和对比敏感度函数(contrast sensitivity function, CSF)检查评价近视患者准分子激光原位角膜磨镶术(Laser *in situ* keratomileusis, LASIK)术后视觉质量的变化。

方法: 前瞻性研究。47例92眼行LASIK手术的患者按照术前验光度数分为低度近视组(A组)、中度近视组(B组)、高度近视组(C组)。术前等效球镜值分别为 $-2.28 \pm 0.48D$, $-4.54 \pm 0.97D$, $-6.86 \pm 1.17D$ 。分别于术前, 术后1wk; 1, 3mo检查裸眼视力(the uncorrected visual acuity, UCVA)、最佳矫正视力(best-corrected visual acuity, BCVA)、屈光度、波前像差、3mm和5mm瞳孔下的MTF和昼视及夜视视远状态下的CSF。利用德国Zeiss公司WASCA Analyzer波阵面像差仪检查三组患者在3mm和5mm瞳孔下去掉高阶像差后的MTF曲线, 将图像扫描并载入至Engauge Digitizer 4.1数字化软件, 得出一定空间频率下的MTF值; 利用Optical 6500对比敏感度测试灯箱(美国STEREO OPTICAL公司)测量患者在昼视及夜视视远状态

下的 CSF 值。对数据进行配对 t 检验。

结果: (1) 术后 1wk, CSF 值与术前相比有明显下降。术后 3mo, 只有明环境下低空间频率和暗环境下低中度近视组的低空间频率的 CSF 值可以恢复至术前。近视度数越高, 中高空间频率的 CSF 值越不容易恢复至术前。(2) 3mm 瞳孔条件下低度近视组 100L/mm, 150L/mm, 300L/mm 空间频率的子午曲线和中度近视组 50L/mm 空间频率的子午曲线的 MTF 值, 在术后 7d 与术前相比已经无统计学差异。3mm 瞳孔条件下中度近视组 150L/mm, 200L/mm, 300L/mm 空间频率的弧矢曲线、高度近视组 250L/mm 空间频率下的子午曲线的 MTF 值和 5mm 瞳孔条件下低度近视组 100L/mm, 300L/mm, 400L/mm 空间频率下的子午曲线、中度近视组 400L/mm, 500L/mm 空间频率下的弧矢曲线, 200L/mm, 400L/mm 空间频率下的子午曲线, 高度近视组全部空间频率下的弧矢曲线, 100L/mm, 200L/mm, 300L/mm 空间频率下的子午曲线的 MTF 值术后 3mo 可恢复到术前水平。其余所有空间频率下的 MTF 值均能在术后 1mo 恢复至术前水平。

结论: (1) MTF 值比 CSF 值恢复更早, 只有部分低空间频率的 CSF 值可以恢复至术前, 而所有的 MTF 值均能恢复至术前水平。(2) MTF 值在术后早期可以更更全面和客观的反映出视觉质量的提高。(3) 利用 Carl Zeiss 公司 WASCA Analyer 波阵面像差仪检测患者 MTF 可以更立体全面客观的反映术后人眼光学系统的改变。

关键词: 调制传递函数; 对比敏感度函数; 视觉质量; LASIK

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2013.06.15

引用: 曹哲瑶, 夏丽坤, 弥少文, 等. 调制传递函数和对比敏感度函数评价 LASIK 术后早期视觉质量的研究. 国际眼科杂志 2013;13(6):1116-1122

0 引言

目前, 对屈光手术术后人眼视觉质量和成像质量的评价的研究已经被绝大多数眼科医生重视, 随着屈光手术方式的日新月异以及检测方法的日趋丰富, 追求清晰、舒适、持久的视觉质量已成为患者及医师的追求目标, 对视觉质量也有了更高的要求 and 更全面的认识。除视力、像差、对比敏感度函数 (contrast sensitivity function, CSF) 等检查外, 调制传递函数 (modulation transfer function, MTF) 的测量将人眼光学系统的视觉质量从全视觉系统的视觉质量中独立出来, 近年来被应用于评估屈光手术术后的视觉质量。本研究通过观察 LASIK 患者手术前后 MTF 和 CSF 的变化, 评价何种方法更能准确反映 LASIK 患者术后视觉质量的变化。

1 对象和方法

1.1 对象 选取 2011-09/2012-10 在中国医科大学附属盛京医院眼科行 LASIK 手术的近视患者 47 例 92 眼, 年龄 18~37 (平均 24.80 ± 3.72) 岁。术前等效球镜值为 $-1.00 \sim -9.50$ (平均 -5.48 ± 1.64) D, 柱镜为 $0.00 \sim -3.50$ (平均 -0.63 ± 0.50) D。排除暗环境下瞳孔直径 >7 mm 者, 将患者按等效球镜值 (spherical equivalent refraction, SE) 将其分为轻度、中度、高度近视组: 其中轻度近视组 ($SE < -3.00$) D 20 眼, 平均 SE 值 (-2.28 ± 0.48) D; 中度近视组 ($-3.00 \leq SE < -6.00$) D 47 眼, 平均 SE 值 (-4.54 ± 0.97) D; 高度

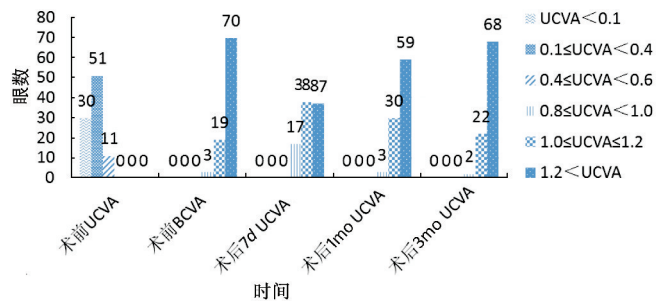


图 1 LASIK 患者手术前后不同时间视力的变化。

近视组 ($-6.00D \leq SE \leq -9.00D$) 25 眼, 平均 SE 值 (-6.86 ± 1.17) D。本研究以书面形式向研究对象介绍了本研究的类型并签署了知情同意书。

1.2 方法 手术设计及操作均由同一位医师完成, 根据术前检查结果, 应用德国 Carl Zeiss 公司 Mel80 准分子激光仪进行治疗, 激光光斑直径为 0.7mm, 频率为 250Hz, 光学区直径 6.0mm, 过渡区 2.0mm, 用瑞士生产的 Amandus II 角膜刀制作角膜瓣, 直径 9.0mm, 厚度为 140 μ m, 蒂位于鼻侧, 计划保留角膜中央基质床厚度 $\geq 280\mu$ m, 术中未出现角膜瓣并发症, 术后定期复查, 角膜地形图检查均排除偏心切削及中央岛等并发症。术前和术后 1wk, 1, 3mo 进行 LASIK 手术的常规检查, 包括 UCVA、裂隙灯检查、眼压检查、主觉验光法检查 BCVA、屈光度、像差和 MTF 检查、角膜地形图、CSF 检查。对比敏感度检查: 采用 Optical 6500 对比敏感度测试灯箱 (美国 STEREO OPTICAL 公司) 术前为患者进行 BCVA 下检查, 术后 1wk, 1, 3mo 在裸眼视力下行 CSF 检查, 检查背景分别为明视 ($85\text{cd}/\text{m}^2$), 夜视 ($3\text{cd}/\text{m}^2$)。MTF: 采用德国蔡司公司 WASCA Analyer 波阵面像差仪检查后, 去掉高阶像差得出 MTF 曲线, 将图像扫描并载入至 Engauge Digitizer 4.1 数字化软件, 可得出曲线上各点的具体数值, 即一定空间频率下的 MTF 值。

统计学分析: 利用 SPSS 11.0 统计软件, 采用配对 t 检验进行分析, 以 $P < 0.05$ 作为有统计学差异。

2 结果

2.1 LASIK 患者手术前后视力的改善情况 UCVA: 术前: 0.02~0.5, 术后 1wk, >1.0 者 75 眼 (82%); 术后 1mo, >1.0 者 89 眼 (97%), 术后 3mo, >1.0 者 90 眼 (98%); BCVA: 术前: 0.6~1.5, 术后 1wk 所有眼的 BCVA 均达到或超过术前的 BCVA (图 1)。

2.2 LASIK 患者手术前后屈光度变化 各组术后 1wk 时呈轻度远视, 随术后时间的延长, 远视度数逐渐减小 (表 1)。

2.3 LASIK 手术前后高阶像差的改变 3mm 和 5mm 瞳孔直径下术前与术后各时间点高阶像差均方根值 (RMS) 的差异均有统计学意义 (表 2)。

2.4 LASIK 手术前后 3mm 和 5mm 瞳孔直径下 MTF 值的变化

2.4.1 瞳孔直径为 3mm 时低度近视组情况 弧矢曲线的 MTF 值在各个空间频率上均可在术后 1mo 时恢复至术前水平。子午曲线的 MTF 值在 50L/mm, 200L/mm, 250L/mm 空间频率上术后 1mo 时可以恢复至术前水平, 在 100L/mm, 150L/mm, 300L/mm 空间频率上术后 1wk 时即可恢复至术前水平 (表 3)。

2.4.2 瞳孔直径为 3mm 时中度近视组情况 弧矢曲线的 MTF 值在 50L/mm, 100L/mm, 250L/mm 空间频率上术后

表1 LASIK手术前后患者等效球镜值的变化 ($\bar{x} \pm s, D$)

组别	眼数	术前	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo
低度近视组	20	-2.28±0.48	1.09±0.63	0.75±0.54	0.70±0.42
中度近视组	47	-4.54±0.97	0.61±0.59	0.04±0.70	0.18±0.70
高度近视组	25	-6.86±1.17	0.58±0.69	0.28±0.55	0.08±0.53

表2 LASIK手术前后3mm和5mm瞳孔下高阶像差的均方根值的变化 ($\bar{x} \pm s, \mu m$)

分组	眼数	3mm瞳孔下 RMS 变化				5mm瞳孔下 RMS 变化			
		术前	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo	术前	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo
低度近视组	20	1.29±0.33	0.37±0.23	0.25±0.17	0.31±0.21	3.49±0.83	0.87±0.61	0.69±0.53	0.65±0.58
		<i>t</i> =7.594	<i>t</i> =17.871	<i>t</i> =15.417	<i>t</i> =11.756	<i>t</i> =14.186	<i>t</i> =15.878		
		<i>P</i> =0.002	<i>P</i> =0.000	<i>P</i> =0.000	<i>P</i> =0.000	<i>P</i> =0.000	<i>P</i> =0.000		
中度近视组	47	2.13±0.42	0.29±0.12	0.28±0.13	0.41±0.22	5.34±1.41	0.47±0.36	0.93±0.47	1.20±0.67
		<i>t</i> =14.596	<i>t</i> =15.291	<i>t</i> =13.472	<i>t</i> =11.844	<i>t</i> =10.613	<i>t</i> =9.098		
		<i>P</i> =0.000	<i>P</i> =0.000	<i>P</i> =0.000	<i>P</i> =0.000	<i>P</i> =0.000	<i>P</i> =0.000		
高度近视组	25	2.40±0.22	0.71±0.63	0.32±0.29	0.43±0.35	6.73±0.77	1.12±0.69	1.14±0.72	1.29±0.91
		<i>t</i> =10.390	<i>t</i> =18.838	<i>t</i> =16.312	<i>t</i> =22.514	<i>t</i> =17.754	<i>t</i> =16.875		
		<i>P</i> =0.000	<i>P</i> =0.000	<i>P</i> =0.000	<i>P</i> =0.000	<i>P</i> =0.000	<i>P</i> =0.000		

表3 低度近视组LASIK手术前后3mm瞳孔直径下MTF值的变化 $\bar{x} \pm s$

空间频率(L/mm)	弧矢曲线 x slice				子午曲线 y slice			
	术前	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo	术前	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo
50	0.62±0.11	0.48±0.15	0.54±0.13	0.54±0.11	0.54±0.13	0.47±0.14	0.46±0.13	0.52±0.12
	<i>t</i> =3.372	<i>t</i> =2.122	<i>t</i> =2.100	<i>t</i> =2.177	<i>t</i> =1.722	<i>t</i> =1.064		
	<i>P</i> =0.004	<i>P</i> =0.050	<i>P</i> =0.053	<i>P</i> =0.044	<i>P</i> =0.114	<i>P</i> =0.303		
100	0.38±0.12	0.25±0.16	0.32±0.11	0.33±0.11	0.31±0.12	0.25±0.08	0.27±0.11	0.30±0.12
	<i>t</i> =3.277	<i>t</i> =2.095	<i>t</i> =2.037	<i>t</i> =2.032	<i>t</i> =1.079	<i>t</i> =0.585		
	<i>P</i> =0.005	<i>P</i> =0.052	<i>P</i> =0.059	<i>P</i> =0.059	<i>P</i> =0.297	<i>P</i> =0.566		
150	0.28±0.07	0.18±0.07	0.23±0.07	0.22±0.07	0.02±0.07	0.18±0.07	0.21±0.09	0.22±0.08
	<i>t</i> =3.554	<i>t</i> =2.073	<i>t</i> =1.954	<i>t</i> =2.042	<i>t</i> =0.471	<i>t</i> =0.133		
	<i>P</i> =0.003	<i>P</i> =0.056	<i>P</i> =0.059	<i>P</i> =0.058	<i>P</i> =0.644	<i>P</i> =0.896		
200	0.20±0.04	0.14±0.05	0.17±0.06	0.17±0.05	0.17±0.06	0.14±0.05	0.16±0.06	0.17±0.08
	<i>t</i> =3.840	<i>t</i> =2.120	<i>t</i> =2.017	<i>t</i> =2.181	<i>t</i> =0.655	<i>t</i> =0.323		
	<i>P</i> =0.001	<i>P</i> =0.050	<i>P</i> =0.061	<i>P</i> =0.044	<i>P</i> =0.522	<i>P</i> =0.751		
250	0.10±0.03	0.07±0.04	0.08±0.03	0.10±0.05	0.11±0.06	0.07±0.03	0.08±0.04	0.09±0.03
	<i>t</i> =2.246	<i>t</i> =1.771	<i>t</i> =0.292	<i>t</i> =2.358	<i>t</i> =2.029	<i>t</i> =1.302		
	<i>P</i> =0.044	<i>P</i> =0.096	<i>P</i> =0.774	<i>P</i> =0.031	<i>P</i> =0.059	<i>P</i> =0.211		
300	0.03±0.01	0.02±0.01	0.03±0.01	0.03±0.01	0.03±0.03	0.02±0.01	0.02±0.01	0.03±0.01
	<i>t</i> =3.246	<i>t</i> =1.852	<i>t</i> =1.429	<i>t</i> =1.699	<i>t</i> =0.936	<i>t</i> =0.507		
	<i>P</i> =0.005	<i>P</i> =0.083	<i>P</i> =0.172	<i>P</i> =0.109	<i>P</i> =0.363	<i>P</i> =0.619		

1mo时可恢复至术前水平,在150L/mm,200L/mm,300L/mm空间频率上术后3mo时可恢复至术前水平。子午曲线的MTF值在50L/mm空间频率上术后1wk即可恢复至术前水平,在其余空间频率上术后1mo均可恢复至术前水平(表4)。

2.4.3 瞳孔直径为3mm时高度近视组情况 弧矢曲线的MTF值在各个空间频率上均可在术后1mo时恢复至术前水平。子午曲线的MTF值除在250L/mm空间频率上术后3mo时恢复至术前水平,其余各个空间频率上术后1mo时均恢复至术前水平(表5)。

2.4.4 瞳孔直径为5mm时低度近视组情况 弧矢曲线的MTF值在各个空间频率上均可在术后1mo时恢复至术前水平。子午曲线的MTF值在200L/mm和500L/mm空间频率上术后1mo时恢复至术前水平,其余空间频率的MTF值均在3mo时恢复至术前(表6)。

2.4.5 瞳孔直径为5mm时中度近视组情况 弧矢曲线的MTF值在100L/mm,200L/mm,300L/mm空间频率上术后

1mo即恢复至术前水平,400L/mm和500L/mm空间频率上术后3mo时恢复至术前水平,子午曲线的MTF值在100L/mm,300L/mm,500L/mm空间频率上术后1mo时恢复至术前水平,在200L/mm,400L/mm空间频率上术后3mo时恢复至术前水平(表7)。

2.4.6 瞳孔直径为5mm时高度近视组情况 弧矢曲线的MTF值在各个空间频率上术后3mo时均恢复至术前水平,子午曲线的MTF值在100L/mm,200L/mm,300L/mm空间频率上术后3mo时恢复至术前水平,400L/mm和500L/mm空间频率上术后1mo恢复至术前(表8)。

2.5 LASIK手术前后明环境和暗环境下CSF值变化
 2.5.1 低度近视组 在明环境下,CSF在1.5c/d空间频率术后1mo基本恢复至术前水平,3c/d,6c/d,12c/d空间频率术后3mo基本恢复至术前水平,18c/d空间频率未能恢复至术前水平。暗环境下,在1.5c/d和3c/d空间频率上术后3mo可以恢复至术前水平,其余各空间频率术后3mo均未能恢复至术前水平(表9)。

表4 中度近视组 LASIK 术前术后 3mm 瞳孔直径下 MTF 值的变化

 $\bar{x} \pm s$

空间频率(L/mm)	弧矢曲线 x sclice				子午曲线 y sclice			
	术前	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo	术前	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo
50	0.62±0.11	0.47±0.15 <i>t</i> =2.885 <i>P</i> =0.014	0.51±0.13 <i>t</i> =2.175 <i>P</i> =0.050	0.52±0.13 <i>t</i> =2.175 <i>P</i> =0.050	0.54±0.12	0.50±0.13 <i>t</i> =0.907 <i>P</i> =0.382	0.51±0.13 <i>t</i> =0.779 <i>P</i> =0.451	0.51±0.14 <i>t</i> =0.691 <i>P</i> =0.503
100	0.39±0.12	0.24±0.13 <i>t</i> =2.754 <i>P</i> =0.017	0.28±0.11 <i>t</i> =2.164 <i>P</i> =0.051	0.29±0.14 <i>t</i> =1.892 <i>P</i> =0.083	0.29±0.11	0.23±0.10 <i>t</i> =2.433 <i>P</i> =0.032	0.26±0.10 <i>t</i> =1.274 <i>P</i> =0.227	0.27±0.10 <i>t</i> =1.001 <i>P</i> =0.336
150	0.28±0.07	0.18±0.08 <i>t</i> =2.916 <i>P</i> =0.013	0.20±0.07 <i>t</i> =2.501 <i>P</i> =0.028	0.22±0.08 <i>t</i> =2.164 <i>P</i> =0.051	0.23±0.07	0.19±0.06 <i>t</i> =2.348 <i>P</i> =0.037	0.18±0.05 <i>t</i> =2.323 <i>P</i> =0.039	0.21±0.08 <i>t</i> =1.642 <i>P</i> =0.127
200	0.20±0.04	0.13±0.06 <i>t</i> =3.205 <i>P</i> =0.008	0.14±0.06 <i>t</i> =2.727 <i>P</i> =0.018	0.17±0.06 <i>t</i> =1.728 <i>P</i> =0.110	0.18±0.06	0.15±0.07 <i>t</i> =2.595 <i>P</i> =0.023	0.15±0.05 <i>t</i> =1.561 <i>P</i> =0.144	0.16±0.05 <i>t</i> =1.377 <i>P</i> =0.194
250	0.10±0.02	0.07±0.04 <i>t</i> =2.302 <i>P</i> =0.040	0.08±0.04 <i>t</i> =2.038 <i>P</i> =0.064	0.09±0.03 <i>t</i> =0.789 <i>P</i> =0.445	0.12±0.07	0.07±0.04 <i>t</i> =2.282 <i>P</i> =0.042	0.06±0.03 <i>t</i> =2.133 <i>P</i> =0.054	0.09±0.04 <i>t</i> =1.555 <i>P</i> =0.146
300	0.03±0.01	0.02±0.01 <i>t</i> =2.344 <i>P</i> =0.037	0.03±0.01 <i>t</i> =2.245 <i>P</i> =0.044	0.23±0.01 <i>t</i> =1.612 <i>P</i> =0.133	0.03±0.01	0.02±0.01 <i>t</i> =2.793 <i>P</i> =0.016	0.02±0.01 <i>t</i> =2.663 <i>P</i> =0.021	0.02±0.01 <i>t</i> =0.674 <i>P</i> =0.513

表5 高度近视组 LASIK 手术前后 3mm 瞳孔直径下 MTF 值的变化

 $\bar{x} \pm s$

空间频率(L/mm)	弧矢曲线 x sclice				子午曲线 y sclice			
	术前	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo	术前	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo
50	0.56±0.13	0.46±0.19 <i>t</i> =2.146 <i>P</i> =0.049	0.48±0.13 <i>t</i> =1.799 <i>P</i> =0.092	0.50±0.13 <i>t</i> =1.326 <i>P</i> =0.205	0.53±0.17	0.42±0.16 <i>t</i> =2.344 <i>P</i> =0.034	0.45±0.15 <i>t</i> =1.357 <i>P</i> =0.196	0.48±0.14 <i>t</i> =0.873 <i>P</i> =0.398
100	0.35±0.12	0.23±0.16 <i>t</i> =2.702 <i>P</i> =0.016	0.27±0.10 <i>t</i> =1.831 <i>P</i> =0.087	0.29±0.08 <i>t</i> =1.888 <i>P</i> =0.078	0.33±0.13	0.23±0.11 <i>t</i> =2.695 <i>P</i> =0.017	0.25±0.16 <i>t</i> =2.145 <i>P</i> =0.050	0.24±0.15 <i>t</i> =1.722 <i>P</i> =0.107
150	0.25±0.09	0.18±0.11 <i>t</i> =2.839 <i>P</i> =0.012	0.20±0.09 <i>t</i> =1.767 <i>P</i> =0.097	0.21±0.07 <i>t</i> =1.879 <i>P</i> =0.080	0.24±0.10	0.17±0.07 <i>t</i> =2.635 <i>P</i> =0.020	0.18±0.10 <i>t</i> =1.653 <i>P</i> =0.121	0.19±0.13 <i>t</i> =1.422 <i>P</i> =0.177
200	0.19±0.62	0.14±0.06 <i>t</i> =2.759 <i>P</i> =0.015	0.15±0.05 <i>t</i> =1.978 <i>P</i> =0.67	0.16±0.06 <i>t</i> =1.302 <i>P</i> =0.212	0.19±0.07	0.14±0.05 <i>t</i> =2.348 <i>P</i> =0.034	0.15±0.06 <i>t</i> =2.149 <i>P</i> =0.050	0.15±0.05 <i>t</i> =1.861 <i>P</i> =0.084
250	0.10±0.03	0.07±0.03 <i>t</i> =3.206 <i>P</i> =0.006	0.08±0.03 <i>t</i> =2.045 <i>P</i> =0.059	0.08±0.02 <i>t</i> =1.718 <i>P</i> =0.106	0.10±0.04	0.06±0.04 <i>t</i> =2.966 <i>P</i> =0.010	0.07±0.04 <i>t</i> =2.559 <i>P</i> =0.023	0.08±0.04 <i>t</i> =1.992 <i>P</i> =0.066
300	0.04±0.01	0.03±0.01 <i>t</i> =3.000 <i>P</i> =0.009	0.03±0.01 <i>t</i> =2.120 <i>P</i> =0.051	0.03±0.01 <i>t</i> =1.581 <i>P</i> =0.135	0.03±0.01	0.02±0.01 <i>t</i> =3.199 <i>P</i> =0.006	0.03±0.02 <i>t</i> =1.899 <i>P</i> =0.078	0.03±0.02 <i>t</i> =0.000 <i>P</i> =1.000

表6 低度近视组 LASIK 手术前后 5mm 瞳孔直径下 MTF 值的变化

 $\bar{x} \pm s$

空间频率(L/mm)	弧矢曲线 x sclice				子午曲线 y sclice			
	术前	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo	术前	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo
100	0.26±0.16	0.12±0.04 <i>t</i> =3.714 <i>P</i> =0.002	0.14±0.10 <i>t</i> =2.570 <i>P</i> =0.021	0.18±0.07 <i>t</i> =2.094 <i>P</i> =0.053	0.15±0.09	0.07±0.04 <i>t</i> =3.033 <i>P</i> =0.008	0.08±0.04 <i>t</i> =2.615 <i>P</i> =0.019	0.09±0.05 <i>t</i> =2.073 <i>P</i> =0.055
200	0.10±0.06	0.05±0.02 <i>t</i> =3.677 <i>P</i> =0.002	0.06±0.04 <i>t</i> =2.967 <i>P</i> =0.009	0.08±0.04 <i>t</i> =2.117 <i>P</i> =0.050	0.08±0.06	0.04±0.03 <i>t</i> =1.725 <i>P</i> =0.104	0.04±0.04 <i>t</i> =1.720 <i>P</i> =0.105	0.04±0.03 <i>t</i> =2.054 <i>P</i> =0.057
300	0.09±0.07	0.03±0.02 <i>t</i> =3.602 <i>P</i> =0.002	0.05±0.04 <i>t</i> =2.786 <i>P</i> =0.013	0.07±0.03 <i>t</i> =2.110 <i>P</i> =0.051	0.06±0.04	0.04±0.03 <i>t</i> =2.597 <i>P</i> =0.019	0.04±0.02 <i>t</i> =2.242 <i>P</i> =0.039	0.04±0.03 <i>t</i> =1.680 <i>P</i> =0.112
400	0.06±0.03	0.03±0.01 <i>t</i> =3.805 <i>P</i> =0.002	0.04±0.02 <i>t</i> =2.773 <i>P</i> =0.014	0.04±0.02 <i>t</i> =2.060 <i>P</i> =0.056	0.03±0.03	0.01±0.01 <i>t</i> =2.849 <i>P</i> =0.012	0.01±0.01 <i>t</i> =2.212 <i>P</i> =0.042	0.02±0.01 <i>t</i> =1.263 <i>P</i> =0.225
500	0.02±0.02	0.01±0.00 <i>t</i> =3.484 <i>P</i> =0.003	0.01±0.01 <i>t</i> =2.766 <i>P</i> =0.014	0.01±0.01 <i>t</i> =2.094 <i>P</i> =0.053	0.01±0.01	0.01±0.01 <i>t</i> =1.495 <i>P</i> =0.154	0.01±0.01 <i>t</i> =1.194 <i>P</i> =0.250	0.01±0.01 <i>t</i> =1.588 <i>P</i> =0.132

表7 中度近视组 LASIK 手术前后 5mm 瞳孔直径下 MTF 值的变化

空间频率(L/mm)	弧矢曲线 x sclice				子午曲线 y sclice				$\bar{x} \pm s$
	术前	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo	术前	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo	
100	0.24±0.18	0.07±0.05	0.13±0.08	0.14±0.08	0.15±0.10	0.07±0.04	0.08±0.05	0.13±0.17	
		<i>t</i> =3.428 <i>P</i> =0.005	<i>t</i> =2.109 <i>P</i> =0.057	<i>t</i> =2.071 <i>P</i> =0.061		<i>t</i> =2.408 <i>P</i> =0.33	<i>t</i> =1.992 <i>P</i> =0.070	<i>t</i> =0.354 <i>P</i> =0.729	
200	0.12±0.09	0.04±0.02	0.07±0.04	0.07±0.05	0.08±0.03	0.05±0.03	0.06±0.03	0.06±0.03	
		<i>t</i> =2.832 <i>P</i> =0.015	<i>t</i> =2.135 <i>P</i> =0.054	<i>t</i> =1.868 <i>P</i> =0.068		<i>t</i> =3.318 <i>P</i> =0.005	<i>t</i> =3.114 <i>P</i> =0.007	<i>t</i> =2.091 <i>P</i> =0.054	
300	0.09±0.07	0.03±0.02	0.06±0.03	0.05±0.03	0.05±0.05	0.02±0.02	0.03±0.02	0.03±0.01	
		<i>t</i> =2.435 <i>P</i> =0.031	<i>t</i> =2.166 <i>P</i> =0.051	<i>t</i> =1.928 <i>P</i> =0.078		<i>t</i> =2.287 <i>P</i> =0.041	<i>t</i> =1.967 <i>P</i> =0.073	<i>t</i> =1.760 <i>P</i> =0.104	
400	0.06±0.03	0.03±0.02	0.02±0.02	0.04±0.01	0.03±0.03	0.01±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01	
		<i>t</i> =2.895 <i>P</i> =0.013	<i>t</i> =3.100 <i>P</i> =0.009	<i>t</i> =2.144 <i>P</i> =0.053		<i>t</i> =2.664 <i>P</i> =0.021	<i>t</i> =3.350 <i>P</i> =0.006	<i>t</i> =1.357 <i>P</i> =0.200	
500	0.02±0.02	0.01±0.00	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00	
		<i>t</i> =2.857 <i>P</i> =0.014	<i>t</i> =2.586 <i>P</i> =0.024	<i>t</i> =2.142 <i>P</i> =0.053		<i>t</i> =0.693 <i>P</i> =0.502	<i>t</i> =0.898 <i>P</i> =0.387	<i>t</i> =0.000 <i>P</i> =1.000	

表8 高度近视组 LASIK 手术前后 5mm 瞳孔直径下 MTF 值的变化

空间频率(L/mm)	弧矢曲线 x sclice				子午曲线 y sclice				$\bar{x} \pm s$
	术前	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo	术前	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo	
100	0.15±0.14	0.06±0.02	0.06±0.03	0.10±0.06	0.16±0.11	0.05±0.02	0.06±0.03	0.10±0.15	
		<i>t</i> =2.673 <i>P</i> =0.018	<i>t</i> =2.562 <i>P</i> =0.023	<i>t</i> =2.080 <i>P</i> =0.056		<i>t</i> =3.686 <i>P</i> =0.002	<i>t</i> =2.995 <i>P</i> =0.010	<i>t</i> =1.331 <i>P</i> =0.204	
200	0.07±0.06	0.03±0.01	0.03±0.01	0.04±0.03	0.07±0.05	0.02±0.02	0.04±0.02	0.05±0.02	
		<i>t</i> =3.113 <i>P</i> =0.008	<i>t</i> =2.599 <i>P</i> =0.021	<i>t</i> =1.616 <i>P</i> =0.128		<i>t</i> =3.102 <i>P</i> =0.008	<i>t</i> =2.908 <i>P</i> =0.011	<i>t</i> =2.083 <i>P</i> =0.056	
300	0.05±0.04	0.03±0.02	0.02±0.01	0.04±0.03	0.06±0.05	0.03±0.01	0.04±0.02	0.05±0.03	
		<i>t</i> =2.740 <i>P</i> =0.016	<i>t</i> =3.251 <i>P</i> =0.006	<i>t</i> =1.388 <i>P</i> =0.187		<i>t</i> =3.178 <i>P</i> =0.007	<i>t</i> =2.641 <i>P</i> =0.019	<i>t</i> =1.921 <i>P</i> =0.075	
400	0.03±0.02	0.01±0.01	0.02±0.01	0.02±0.02	0.03±0.02	0.02±0.01	0.02±0.02	0.02±0.01	
		<i>t</i> =3.076 <i>P</i> =0.008	<i>t</i> =2.278 <i>P</i> =0.039	<i>t</i> =1.408 <i>P</i> =0.181		<i>t</i> =2.828 <i>P</i> =0.013	<i>t</i> =1.639 <i>P</i> =0.123	<i>t</i> =1.511 <i>P</i> =0.153	
500	0.02±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01	0.02±0.02	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01	
		<i>t</i> =3.568 <i>P</i> =0.003	<i>t</i> =2.197 <i>P</i> =0.045	<i>t</i> =1.581 <i>P</i> =0.136		<i>t</i> =1.489 <i>P</i> =0.159	<i>t</i> =1.000 <i>P</i> =0.334	<i>t</i> =1.585 <i>P</i> =0.135	

表9 低度近视组 LASIK 手术前后明暗环境下 CSF 值的变化

空间频率(c/d)	明环境 3mm 瞳孔直径下				暗环境 5mm 瞳孔直径下				$\bar{x} \pm s$
	术前	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo	术前	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo	
1.5	1.81±0.14	1.67±0.13	1.72±0.12	1.74±0.11	1.84±0.10	1.70±0.11	1.76±0.08	1.76±0.10	
		<i>t</i> =3.110 <i>P</i> =0.010	<i>t</i> =2.181 <i>P</i> =0.052	<i>t</i> =1.612 <i>P</i> =0.135		<i>t</i> =6.224 <i>P</i> =0.000	<i>t</i> =3.317 <i>P</i> =0.007	<i>t</i> =2.178 <i>P</i> =0.052	
3	2.00±0.10	1.88±0.08	1.92±0.12	1.94±0.13	1.93±0.13	1.83±0.16	1.84±0.72	1.81±0.13	
		<i>t</i> =4.242 <i>P</i> =0.001	<i>t</i> =2.270 <i>P</i> =0.044	<i>t</i> =1.869 <i>P</i> =0.088		<i>t</i> =2.559 <i>P</i> =0.027	<i>t</i> =2.635 <i>P</i> =0.023	<i>t</i> =2.107 <i>P</i> =0.059	
6	2.07±0.09	1.91±0.13	1.99±0.13	2.01±0.12	1.89±0.16	1.69±0.27	1.78±0.16	1.67±0.25	
		<i>t</i> =4.759 <i>P</i> =0.001	<i>t</i> =2.548 <i>P</i> =0.027	<i>t</i> =2.159 <i>P</i> =0.054		<i>t</i> =2.751 <i>P</i> =0.019	<i>t</i> =2.490 <i>P</i> =0.030	<i>t</i> =2.341 <i>P</i> =0.039	
12	1.73±0.16	1.56±0.23	1.55±0.19	1.63±0.18	1.47±0.36	1.13±0.20	1.19±0.28	1.47±0.36	
		<i>t</i> =2.852 <i>P</i> =0.016	<i>t</i> =2.705 <i>P</i> =0.020	<i>t</i> =1.772 <i>P</i> =0.104		<i>t</i> =3.760 <i>P</i> =0.003	<i>t</i> =2.935 <i>P</i> =0.014	<i>t</i> =2.765 <i>P</i> =0.018	
18	1.21±0.20	1.11±0.15	1.03±0.21	1.13±0.16	0.76±0.16	0.24±0.36	0.27±0.33	0.47±0.44	
		<i>t</i> =3.007 <i>P</i> =0.012	<i>t</i> =3.173 <i>P</i> =0.009	<i>t</i> =2.573 <i>P</i> =0.026		<i>t</i> =4.759 <i>P</i> =0.001	<i>t</i> =5.583 <i>P</i> =0.000	<i>t</i> =2.702 <i>P</i> =0.021	

2.5.2 中度近视组 在明环境和暗环境下,CSF 在 1.5c/d 和 3c/d 空间频率术后 1mo 时恢复至术前水平,其余各空间频率术后 3mo 均未能恢复至术前水平(表 10)。

2.5.3 高度近视组 在明环境下,CSF 在 1.5c/d 空间频率术后 1mo 时基本恢复至术前水平,其余各空间频率术后 3mo 均未能恢复至术前水平。暗环境下各个空间频率 3mo 时均未能恢复至术前水平(表 11)。

表 10 中度近视组 LASIK 术前术后明暗环境下 CSF 值的变化

$\bar{x} \pm s$

空间频率(c/d)	明环境 3mm 瞳孔直径下				暗环境 5mm 瞳孔直径下			
	术前	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo	术前	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo
1.5	1.84±0.10	1.73±0.10 <i>t</i> =3.449 <i>P</i> =0.005	1.76±0.08 <i>t</i> =3.317 <i>P</i> =0.007	1.76±0.10 <i>t</i> =2.178 <i>P</i> =0.052	1.81±0.84	1.75±0.07 <i>t</i> =2.613 <i>P</i> =0.019	1.76±0.08 <i>t</i> =2.073 <i>P</i> =0.055	1.78±0.09 <i>t</i> =1.160 <i>P</i> =0.263
3	1.93±0.13	1.83±0.16 <i>t</i> =2.559 <i>P</i> =0.027	1.84±0.07 <i>t</i> =2.635 <i>P</i> =0.023	1.81±0.13 <i>t</i> =2.107 <i>P</i> =0.059	1.80±0.16	1.71±0.15 <i>t</i> =2.629 <i>P</i> =0.018	1.77±0.17 <i>t</i> =0.789 <i>P</i> =0.442	1.79±0.14 <i>t</i> =0.242 <i>P</i> =0.812
6	1.89±0.16	1.69±0.27 <i>t</i> =2.751 <i>P</i> =0.019	1.78±0.16 <i>t</i> =2.490 <i>P</i> =0.030	1.67±0.25 <i>t</i> =2.341 <i>P</i> =0.039	1.71±0.25	1.58±0.20 <i>t</i> =2.217 <i>P</i> =0.041	1.58±0.23 <i>t</i> =2.209 <i>P</i> =0.042	1.57±0.26 <i>t</i> =2.173 <i>P</i> =0.045
12	1.47±0.36	1.13±0.20 <i>t</i> =2.765 <i>P</i> =0.018	1.15±0.15 <i>t</i> =3.76 <i>P</i> =0.003	1.19±0.28 <i>t</i> =2.935 <i>P</i> =0.014	1.25±0.20	0.85±0.50 <i>t</i> =3.153 <i>P</i> =0.006	0.87±0.52 <i>t</i> =2.504 <i>P</i> =0.023	1.02±0.31 <i>t</i> =2.145 <i>P</i> =0.048
18	0.76±0.16	0.27±0.33 <i>t</i> =5.583 <i>P</i> =0.000	0.24±0.36 <i>t</i> =4.690 <i>P</i> =0.001	0.47±0.44 <i>t</i> =2.702 <i>P</i> =0.021	0.64±0.39	0.26±0.32 <i>t</i> =4.282 <i>P</i> =0.001	0.18±0.28 <i>t</i> =3.376 <i>P</i> =0.004	0.29±0.32 <i>t</i> =2.536 <i>P</i> =0.022

表 11 高度近视组 LASIK 术前术后明暗环境下 CSF 值的变化

$\bar{x} \pm s$

空间频率(c/d)	明环境 3mm 瞳孔直径下				暗环境 5mm 瞳孔直径下			
	术前	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo	术前	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo
1.5	1.75±0.09	1.63±0.19 <i>t</i> =3.245 <i>P</i> =0.006	1.68±0.16 <i>t</i> =1.982 <i>P</i> =0.068	1.68±0.18 <i>t</i> =1.593 <i>P</i> =0.133	1.82±0.10	1.68±0.14 <i>t</i> =4.561 <i>P</i> =0.000	1.66±0.12 <i>t</i> =4.735 <i>P</i> =0.000	1.70±0.15 <i>t</i> =3.570 <i>P</i> =0.003
3	1.92±0.17	1.77±0.18 <i>t</i> =3.819 <i>P</i> =0.002	1.79±0.18 <i>t</i> =3.761 <i>P</i> =0.002	1.77±0.19 <i>t</i> =3.623 <i>P</i> =0.003	1.90±0.19	1.72±0.19 <i>t</i> =6.777 <i>P</i> =0.000	1.72±0.14 <i>t</i> =6.855 <i>P</i> =0.000	1.77±0.17 <i>t</i> =6.476 <i>P</i> =0.000
6	2.00±0.19	1.77±0.20 <i>t</i> =5.007 <i>P</i> =0.000	1.79±0.27 <i>t</i> =3.818 <i>P</i> =0.002	1.84±0.20 <i>t</i> =3.977 <i>P</i> =0.001	1.78±0.23	1.51±0.25 <i>t</i> =5.185 <i>P</i> =0.000	1.55±0.21 <i>t</i> =4.939 <i>P</i> =0.000	1.54±0.21 <i>t</i> =4.358 <i>P</i> =0.001
12	1.67±0.18	1.33±0.16 <i>t</i> =6.074 <i>P</i> =0.000	1.35±0.21 <i>t</i> =5.660 <i>P</i> =0.000	1.40±0.26 <i>t</i> =4.779 <i>P</i> =0.000	1.29±0.23	1.05±0.15 <i>t</i> =4.385 <i>P</i> =0.001	1.04±0.35 <i>t</i> =2.420 <i>P</i> =0.030	0.99±0.32 <i>t</i> =3.856 <i>P</i> =0.002
18	1.14±0.28	0.85±0.31 <i>t</i> =4.711 <i>P</i> =0.000	0.83±0.43 <i>t</i> =3.352 <i>P</i> =0.005	0.93±0.27 <i>t</i> =2.610 <i>P</i> =0.021	0.70±0.43	0.20±0.29 <i>t</i> =4.531 <i>P</i> =0.000	0.30±0.39 <i>t</i> =3.440 <i>P</i> =0.004	0.14±0.30 <i>t</i> =5.120 <i>P</i> =0.000

3 讨论

对于 LASIK 术后视觉质量评估的方法较多使用的是视力、像差、对比敏感度等方法,近年来,很多学者将目光再次投向 MTF,以寻求更佳的评价视觉质量的方法。CSF 通常通过心理物理学方法进行检查,测量的是全视觉系统的 MTF 值,众所周知,人眼的成像过程包括眼光学的物理成像过程和视觉神经系统的信息传递处理过程,如果不考虑神经系统的参与,单纯将人眼作为光学系统测量其 MTF 值,可直接和客观的评价 LASIK 的手术效果。以往客观评价视网膜的成像质量通常使用像差检查,其快速、重复性和精确性好,操作简便,患者配合容易的优点已经被临床医生认可。但像差的测量都是基于透明介质的前提下,若有屈光间质混浊的情况出现时,非常有必要测量散射和衍射的影响,而同样作为客观评价人眼光学系统视觉质量的 MTF 检查综合了像差、散射、衍射的共同影响,可如实反映视网膜成像质量。本研究中通过 WASCA Analyer 波阵面像差仪检查后,去掉高阶像差得到的 MTF 曲线有两条,它们是分别在人眼光学系统的弧矢平面和子午平面测得,更直观、全面的体现 LASIK 手术的效果。

本研究中 MTF 值比 CSF 值恢复更早,绝大多数 MTF

值在术后 1wk ~ 1mo 时有明显下降,可在术后 1 ~ 3mo 时恢复至术前水平,但少数空间频率的 MTF 值在术后 1wk 时与术前相比已经无统计学差异。所有的 MTF 值在术后 3mo 内均能恢复至术前水平。我们分析术后 1mo 内绝大部分 MTF 下降可能有以下原因:(1)角膜生物学改变。LASIK 在角膜基质层进行切削,因而角膜的细微生物形态学变化均可导致术后成像质量的改变,术后早期角膜瓣的轻度水肿^[1]、瓣下微量的组织碎屑、角膜层间反应、角膜基质层规律排列结构的破坏、术后早期泪膜不稳定、甚至术后角膜瓣上的细微条纹^[2]等因素均会增加光线通过角膜时的散射和层间反光,影响光线顺利通过,使视网膜物像的对比度和 MTF 值下降,对视网膜成像质量造成一过性影响,随着时间的推移,角膜层间反应和组织水肿逐渐减轻、泪膜稳定性增加、角膜瓣上细微条纹的消失,视网膜成像质量逐步提高,在术后 1mo 时可恢复至术前水平。(2)高阶像差的增加和比例的改变。在影响 MTF 的各种因素中,高阶像差的增大是 MTF 值下降的一个重要原因,Moreno-Barriuso 等^[3]报道,LASIK 术后近视患者的总高阶像差比术前明显增大,球差、彗差增加明显,CSF 下降与像差增加存在相关性。除单纯高阶像差的增加外,其比例的

改变也可影响成像质量, Applegate 等^[4]研究表明, LASIK 术后高阶像差增加, 主要是球差和彗差的增加和二者比例的改变, 导致视网膜成像质量下降。正常角膜是非球面性的, LASIK 术后其非球面性被破坏, 周边光线聚焦在轴旁光线之前, 引起球差增大, 影响成像的质量, 且很多相关研究表明这种非球面性的改变是与屈光度的矫正值相关。Anera 等^[5]报道, LASIK 术后角膜的非球面改变程度与期望矫正的近视度数相关, 度数越高, 术后非球面变化越大, CSF 降低越明显。Collins 等^[6]研究表明, LASIK 术后眼高阶像差的变化与眼屈光度有关, 术前近视度数越高, 术后眼高阶像差越大。当然除角膜非球面性改变的因素外, 也有随屈光度的增加, 切削区与未切削区屈光度差值增大, 瞳孔增大时, 超出过渡区, 周边光线产生折射, 影响视网膜成像的质量的可能。

本研究中术后 1wk 时 CSF 值与术前相比有明显下降。术后 3mo 时, 只有部分空间频率(明环境下低空间频率和暗环境下低度和中度近视组的低空间频率)的 CSF 值可以恢复至术前。且我们发现近视度数越高, 中高空间频率的 CSF 值越不容易恢复至术前。此前其他学者的研究^[7,8]表明一般行准分子激光角膜屈光术后, 对比敏感度短期内均有不同程度的下降, 高度近视患者下降程度更大, 恢复时间更长^[9], 在高频段的下降更显著, 恢复也更慢, 术后 3mo 仍未能达到术前水平。但是我们在 MTF 值的手术前后的变化上并未发现高频区 MTF 值在术后 3mo 不能恢复的现象。Campbell 等^[10]发现高空间频率下对比敏感度更易受神经因素而不是光学因素的干扰而下降, 也有文献报道高度近视眼患者黄斑区视网膜感光细胞密度减少^[11], 与高频区对比敏感度下降可能有关, 高度近视患者眼底的退行性形态学改变可能使视功能受到影响, 使视网膜光感结构出现紊乱、色素上皮病变等, 从而导致对比敏感度降低^[9,12-14], 我们认为这可以解释这一现象。

本研究中 MTF 值的测量从二维面, 即弧矢平面和子午平面体现角膜屈光手术后人眼光学系统的改变, 更利于光学方面的研究, 且可以和角膜曲率半径的测量相结合^[15], 更直观深入的研究和体现手术效果, 以及全面客观的评价术后早期的视觉质量。

与 MTF 相比, 本研究中 CSF 测量方法较为繁琐, 且受到环境干扰和患者的知识水平、认知能力及配合程度的影响, 但是量化数据的提取较为方便, 可以针对人眼视觉最

敏感的空间频率研究全视觉系统的成像质量。若能更便捷的将 MTF 曲线量化, 并且细化, 那么利用 WASCA Analyser 波阵面像差仪进行 MTF 检查不失为评价 LASIK 术后早期视觉质量的更优方法。

参考文献

- 1 Quesnel NM, Lovasik JV, Ferremi C, et al. Laser in situ keratomileusis for myopia and the contrast sensitivity function. *J Cataract Refract Surg* 2004 ;30(6):1209-1218
- 2 Marcos S. Aberration and visual performance following standard laser vision correction. *J Refract Surg* 2001;17(5):596-601
- 3 Moreno-Barriuso E, Lloves JM, Marcos S, et al. Ocular aberrations before and after myopic corneal refractive surgery: LASIK - induced changes measured with laser ray tracing. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2001; 42(6):1396-1403
- 4 Applegate RA, Howland HC. Refractive surgery, optical aberrations, and visual performance. *J Refract Surg* 1997;13(3):295-299
- 5 Anera RG, Jimenez JR, del Baredo LJ, et al. Changes in corneal asphericity after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2003;29(4):762-768
- 6 Collins MJ, Wildsoet CF, Atchison DA. Monochromatic aberrations and myopia. *Vision Res* 1995;35(9):1157-1163
- 7 Neeracher B, Senn P, Schipper I. Glare sensitivity and optical side effects 1 year after photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2004;30(8):1696-1701
- 8 赵保文, 杨柳, 邱璐璐, 等. 近视度数对 LASIK 术后对比敏感度变化的影响. *国际眼科杂志* 2011; 11(4): 628-630
- 9 Liou SW, Chiu CJ. Myopia and contrast sensitivity function. *Curr Eye Res* 2001;22(2):81-84
- 10 Campbell FW, Green DG. Optical and retinal factors affecting visual resolution. *J Physiol* 1965;181(3): 576-593
- 11 Sanders DR, Vukich JA, Doney K, et al. Implantable Contact Lens in Treatment of Myopia Study Group. U. S. Food and Drug Administration Clinical Trial of the Implantable Contact Lens for Moderate to High Myopia. *Ophthalmology* 2003;110(2):255-266
- 12 Collins MJ, Buehren T. Retinal image quality, reading and myopia. *Vis Res* 2006;46(1-2):196-215
- 13 傅智伏, 张铭志, 李晓芳, 等. 近视眼黄斑区视网膜色素上皮层厚度及形态与对比敏感度的联系. *眼视光学杂志* 2005;7(3):185-188
- 14 Stoimenova BD. The Effect of myopia on contrast thresholds. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007; 48(5):2371-2374
- 15 孔梅梅, 高志山, 李新华, 等. 基于人眼光学模型建立的角膜模型. *光学精密工程* 2009;17(4):707-712