

不同准分子激光角膜屈光手术对近视眼角膜滞后量和角膜阻力因子的影响

吴东芳 邓应平 王顺清 邱乐梅

【摘要】 背景 准分子激光角膜屈光手术因术后痛苦小、视力恢复快、有效性佳和预测性好,成为目前治疗屈光不正的主流方法,但术后角膜生物力学性能降低可导致继发圆锥角膜、角膜扩张等并发症,因此准分子激光角膜屈光术后角膜生物力学的研究是临床上受到关注的问题之一。目的 研究不同准分子激光角膜屈光手术对角膜生物力学的影响。方法 采用前瞻性非随机对照的研究方法,纳入拟行角膜屈光手术的中度近视患者 82 例 164 眼,按手术方式的不同将患者分为前弹力层下激光角膜磨镶术(SBK)组(30 例 60 眼)、准分子激光角膜原位磨镶术(LASIK)组(27 例 54 眼)和准分子激光上皮下角膜磨镶术(LASEK)组(25 例 50 眼),3 个组受检者基线特征均相匹配。利用眼反应分析仪(ORA)分别测定和比较不同手术方式组术前及术后 1 周和 5 个月的角膜滞后量(CH)值和角膜阻力因子(CRF)值,并分析角膜切削厚度与 CH、CRF 手术前后差值的关系。结果 不同时间点 SBK、LASIK、LASEK 组间 CH 和 CRF 的总体比较差异均无统计学意义($F_{\text{分组}}=2.17, P=0.08; F_{\text{分组}}=2.67, P=0.07$),各组不同时间点间 CH 值和 CRF 值的总体比较差异均有统计学意义($F_{\text{时间}}=41.90, P=0.00; F_{\text{时间}}=49.65, P=0.00$),3 个组术后 1 周、5 个月,CH、CRF 值均较术前明显下降,差异均有统计学意义(均 $P=0.00$)。对角膜切削厚度与 CH、CRF 的差值分析发现,术后 1 周至术后 5 个月,角膜切削厚度与 CH 差值均不相关(均 $R^2=0.000$),但与 CRF 差值呈弱相关(1 周: $Y=3.253+0.010X, R^2=0.007$;5 个月: $Y=1.073+0.021X, R^2=0.004$)。结论 SBK、LASIK、LASEK 术后术眼的角膜 CH 和 CRF 值均下降,导致角膜的生物力学变化,3 种手术方式对角膜生物力学的影响相似,CRF 在评价角膜屈光手术后角膜生物力学变化方面比 CH 更有价值。

【关键词】 角膜/生理; 近视/手术; 弹性组织; 生物力学; 激光角膜原位磨镶术; 激光上皮下角膜磨镶术; 前弹力层下激光角膜磨镶术

Influence of different types of corneal laser refractive surgeries on corneal hysteresis and corneal resistance factor in myopic eyes Wu Dongfang, Deng Yingping, Wang Shunqing, Qiu Lemei. Department of Ophthalmology, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China
Corresponding author: Deng Yingping, Email: dyp558@163.com

[Abstract] **Background** Refractive surgery has propelled itself forward to become widely performed surgical procedure nowadays. After the surgery, corneal biomechanics decreases lead to keratoconus and corneal ectasia. Doctors pay more attention to biomechanics changes after refractive surgeries. **Objective** This clinical study was to investigate the influence of different laser refractive surgeries on corneal biomechanics. **Methods** A prospective nonrandomized and controlled clinical study was designed. One hundred and sixty-four eyes of 82 patients with moderate myopia were enrolled. The patients were divided into sub-Bowman keratomileusis (SBK) group (60 eyes of 30 patients), laser in situ keratomileusis (LASIK) group (54 eyes of 27 patients) and laser subepithelial keratomileusis (LASEK) group (50 eyes of 25 patients), with the matched demography among the three groups. Corneal hysteresis (CH) and corneal resistance factor (CRF) were detected by ocular response analyzer (ORA) before and 1 week, 5 months after refractive surgery. The correlations between stromal ablation depth and postoperative changing values of CH or CRF were analyzed. **Results** Significant differences were found in CH and CRF at

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2015.06.013

作者单位:610041 成都,四川大学华西医院眼科(吴东芳,现在成都市第一人民医院眼科)

通信作者:邓应平,Email:dyp558@163.com

different time points in the three groups ($F_{time} = 41.90, P = 0.00; F_{time} = 49.65, P = 0.00$), and the CH and CRF values were significantly lower 1 week and 5 months after surgery than those before surgery (all at $P = 0.00$). However, no significant difference of CH or CRF was seen at all time points among the three groups ($F_{group} = 2.17, P = 0.08; F_{group} = 2.67, P = 0.07$). No correlation was found between corneal ablation depth and CH in 1 week and 5 months after surgery (both at $R^2 = 0.000$), however, weaker correlations were seen between corneal ablation depth and CRF 1 week and 5 months after surgery ($Y = 3.253 + 0.010X, R^2 = 0.007; Y = 1.073 + 0.021X, R^2 = 0.004$).

Conclusions SBK, LASIK and LASEK lead to the change of corneal biomechanics by altering CH and CRF, they play the same influence on cornea. CRF appears to be an useful indicator in evaluating corneal biomechanical changes after laser refractive surgery.

[Key words] Cornea/physiology; Myopia/surgery; Elastic tissue; Biomechanics; Keratomileusis, laser in situ; Keratomileusis, laser subepithelial; Keratomileusis, sub-Bowman

准分子激光角膜屈光手术因术后痛苦小、视力恢复快、有效性佳和预测性好,成为目前治疗屈光不正的主流方法,随着相关技术和手术器械的发展,准分子激光角膜屈光术后患者的满意度和安全性逐渐提高,但术中对角膜组织的切削不可避免地会改变角膜结构,影响角膜生物力学的稳定性,可导致继发圆锥角膜、角膜扩张等并发症发生^[1-2]。研究表明,准分子激光角膜屈光手术对角膜组织的切削量与角膜生物力学的稳定性下降明显相关,切削组织越多,角膜滞后量 (corneal hysteresis, CH) 和角膜阻力因子 (corneal resistance factor, CRF) 的变化量越大,且不同的术式对角膜生物力学变化的影响不同^[2]。用于测定角膜生物力学的方法包括离体角膜轴向拉伸试验、角膜膨胀法和离体全眼球角膜测定法,目前用于活体角膜生物力学性能的研究方法为眼反应分析仪 (ocular response analyzer, ORA) 测定法。本研究中采用 ORA 测定不同准分子激光角膜屈光手术前后 CH 和 CRF 的变化,比较准分子激光角膜原位磨镶术 (laser in situ keratomileusis, LASIK)、准分子激光上皮下角膜磨镶术 (laser subepithelial keratomileusis, LASEK)、前弹力层下激光角膜磨镶术 (sub-Bowman keratomileusis, SBK) 3 种手术方式对角膜生物力学的影响,并分析角膜切削厚度与 CH、CRF 改变值之间的关系。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用前瞻性非随机对照的临床研究设计。收集 2011 年 12 月至 2012 年 4 月在四川大学华西医院眼科就诊的拟行角膜屈光手术的中度近视患者 82 例 164 眼,其中男 42 例 84 眼,女 40 例 80 眼;年龄 18 ~ 35 岁,平均 (25.6 ± 5.1) 岁。纳入标准:年龄 ≥ 18 岁;屈光度稳定 2 年以上;术前停戴软性角膜接触镜 2 周以上或停戴硬性角膜接触镜 1 个月以上;泪膜功能良好;角

膜透明。排除标准:有影响眼部的系统性疾病者;既往有特殊眼病史、外伤史或眼科手术史者;有圆锥角膜、疑似圆锥角膜、青光眼及活动性眼部病变者。按手术方式的不同分为 3 个组,由患者依据自身工作性质、经济情况自行选择,其中 SBK 组 30 例 60 眼, LASIK 组 27 例 54 眼, LASEK 组 25 例 50 眼。3 个组间患者年龄、性别构成比、平均屈光度、角膜厚度、CH 值及 CRF 值的差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$) (表 1)。所有患者均对本研究知情同意,术前均签署知情同意书。

表 1 3 个组患者术前基线资料比较

组别	眼数	年龄 ^a ($\bar{x} \pm s$, 岁)	性别 ^b (男/女, n)	平均屈光度 ^a ($\bar{x} \pm s$, D)	角膜厚度 ^a ($\bar{x} \pm s$, μm)	CH ^a ($\bar{x} \pm s$, mmHg)	CRF ^a ($\bar{x} \pm s$, mmHg)
SBK 组	60	26.3 ± 3.6	14/16	-4.96 ± 0.96	531.5 ± 26.4	9.83 ± 1.77	10.19 ± 1.79
LASIK 组	54	27.6 ± 4.9	15/12	-4.53 ± 0.84	534.4 ± 25.9	9.34 ± 2.60	10.07 ± 2.48
LASEK 组	50	23.8 ± 4.5	7/10	-5.15 ± 1.08	532.9 ± 26.4	9.02 ± 2.87	9.56 ± 2.48
F/χ^2		2.25	3.03	0.91	0.09	0.08	2.72
P		0.13	0.22	0.41	0.91	0.93	0.07

注:SBK:前弹力层下激光角膜磨镶术;LASIK:准分子激光角膜原位磨镶术;LASEK:准分子激光上皮下角膜磨镶术;CH:角膜滞后量;CRF:角膜阻力因子;1 mmHg = 0.133 kPa (a:单因素方差分析;b: χ^2 检验)

1.2 方法

1.2.1 一般检查 所有患者均行裸眼视力检查、自动电脑验光仪验光、非接触式眼压计测量眼压、Orbscan II 角膜地形图检查角膜后表面 diff 值、超声角膜测厚仪测量中央角膜厚度、裂隙灯显微镜检查眼前节情况,患者经检影验光后测定最佳矫正视力,扩瞳后用间接检眼镜检查眼底情况。

1.2.2 手术方法 3 种手术均使用 Wavelight-Wave 1007 型准分子激光系统 (德国 Allegretto 公司)。(1) SBK 使用 One Use-Plus 显微角膜刀 (法国 Moria 公司),根据角膜前表面屈光力 K1 值的不同选择不同的角膜吸力环,做一瓣蒂位于鼻侧的角膜瓣,准分子激

光切削角膜基质,根据术前患者的瞳孔直径设计切削光学区,每一患者双目光学区相同。(2)LASIK 使用 M2 型电动显微角膜板层切开刀(法国 Moria 公司)做一直径约 9.0 mm、厚约 140 μm 的带蒂角膜瓣,瓣下角膜基质床上行准分子激光消融,光学区直径为 6.0 mm 或 6.5 mm。(3)LASEK 用特制的角膜上皮环钻做一直径为 7.5 ~ 9.0 mm 的角膜上皮预切口,体积分数 18% ~ 20% 乙醇与角膜上皮接触 25 ~ 45 s,分离角膜上皮瓣,行常规准分子激光角膜消融后,设定光学区直径为 6.0 或 6.5 mm,消融面上放置浸有质量分数 0.02% 丝裂霉素溶液的海绵片 30 ~ 60 s。

1.2.3 ORA 测定 CH 和 CRF 分别于术前、术后 1 周、术后 5 个月用 ORA (ReichertTM, 美国 Reichert 眼科设备公司)测定术眼的 CH 和 CRF。嘱患者将额头轻靠在仪器额头凹槽上,固定头部,睁大双眼,测试眼注视仪器内绿色信号灯,按下“测量”按钮,仪器探头自动跟踪测试眼,快速喷出气流,在角膜上产生压力,并利用一个电子光学系统监视角膜的变形。这种气流会使角膜向内移位,并使角膜变得扁平,经历第 1 次压平。数秒后关闭气流,使作用于眼球的压力下降,角膜自动回弹,在此过程中,角膜会再一次处在扁平的状态,此为第 2 次压平。2 次角膜压平时间在 20 ms 内完成,确保压平过程中眼球位置不发生改变。利用在内外 2 次压平过程中产生的 2 个独立眼压值 P_1 和 P_2 计算 CH, $CH = P_1 - P_2$; 并进一步计算 CRF, $CRF = P_1 - kP_2$, $k = 0.7$ ^[2], 并观察手术前后 CH 的差值和 CRF 的差值。受检眼每眼测定 4 次,取其平均值,再测量对侧眼。检查过程中严密监视受检眼的注视状态,以确认检查结果的准确、可靠。ORA 的检查由同一专职医师完成。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 16.0 统计学软件进行统计分析。本研究测量指标的数据资料经分位数图(Q-Q plot)法检验符合正态分布,以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间均数经 Levene 检验证实方差齐。采用 Mauchly 检验法对重复测量数据进行球形检验,结果 $P = 0.08$, 符合 Huynh-Feldt 条件。采用均衡分组及患者手术前后不同时间点重复检测试验设计,不同组间在手术前后不同时间点的 CH 值和 CRF 值的差异比较均采用重复测量两因素方差分析,组间和组内的多重比较采用 LSD-*t* 检验。采用一元线性回归法分析角膜切削厚度与 CH 差值或 CRF 差值的关系。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 各组患者手术前后 CH 值的变化

术中 SBK、LASIK 和 LASEK 组角膜平均切削厚度分别为 86.42、70.74 和 81.72 μm ,不同时间点各组间 CH 的总体比较差异无统计学意义($F_{\text{分组}} = 2.17, P = 0.08$);各组不同时间点间 CH 的总体差异有统计学意义($F_{\text{时间}} = 41.90, P = 0.00$),3 个组术后 1 周、5 个月 CH 值均较术前下降,差异均有统计学意义(均 $P = 0.00$)(表 2)。

表 2 不同手术方式组术眼手术前后不同时间点 CH 值变化($\bar{x} \pm s, \text{mmHg}$)

组别	眼数	不同时间点 CH 值		
		术前	术后 1 周	术后 5 个月
SBK 组	60	9.83 \pm 1.77	7.17 \pm 1.70 ^a	7.86 \pm 1.44 ^a
LASIK 组	54	10.34 \pm 2.60	7.83 \pm 1.61 ^a	8.36 \pm 1.47 ^a
LASEK 组	50	9.02 \pm 2.87	6.36 \pm 2.43 ^a	6.80 \pm 1.55 ^a

注: $F_{\text{分组}} = 2.17, P = 0.08; F_{\text{时间}} = 41.90, P = 0.00$ 。与各自组内的术前值比较,^a $P < 0.01$ (重复测量两因素方差分析, LSD-*t* 检验) CH:角膜滞后量;SBK:前弹力层下激光角膜磨镶术;LASIK:准分子激光角膜原位磨镶术;LASEK:准分子激光上皮下角膜磨镶术

2.2 各组患者手术前后 CRF 值的变化

不同手术方式组术眼在不同时间点的 CRF 值变化总体差异无统计学意义($F_{\text{分组}} = 2.67, P = 0.07$);各组不同时间点间 CRF 值的总体比较,差异有统计学意义($F_{\text{时间}} = 49.65, P = 0.00$),与术前值比较,术后 1 周和术后 5 个月 SBK、LASIK 和 LASEK 组 CRF 值较术前均明显下降,差异均有统计学意义(均 $P = 0.00$)(表 3)。

表 3 不同手术方式组术眼手术前后不同时间点 CRF 值变化($\bar{x} \pm s, \text{mmHg}$)

组别	眼数	不同时间点 CRF 值		
		术前	术后 1 周	术后 5 个月
SBK 组	60	10.19 \pm 1.79	6.17 \pm 1.37 ^a	7.10 \pm 1.36 ^a
LASIK 组	54	11.07 \pm 2.48	7.56 \pm 1.96 ^a	8.32 \pm 1.72 ^a
LASEK 组	50	9.26 \pm 2.48	6.48 \pm 2.65 ^a	7.03 \pm 1.87 ^a

注: $F_{\text{分组}} = 2.67, P = 0.07; F_{\text{时间}} = 49.65, P = 0.00$ 。与各自组内的术前值比较,^a $P < 0.01$ (重复测量两因素方差分析, LSD-*t* 检验) CRF:角膜阻力因子;SBK:前弹力层下激光角膜磨镶术;LASIK:准分子激光角膜原位磨镶术;LASEK:准分子激光上皮下角膜磨镶术

2.3 角膜切削厚度与 CH、CRF 手术前后差值的关系

对角膜切削厚度与 CH、CRF 的差值分析发现,术后 1 周角膜切削厚度与 CH 差值不相关($R^2 = 0.000$),与 CRF 差值的回归方程为 $Y = 3.253 + 0.010 X$ ($R^2 = 0.007$),即角膜每切削 1 μm , CRF 值减少 0.007 mmHg。术后 5 个月角膜切削厚度与 CH 差值不相关($R^2 = 0.000$),与 CRF 差值的回归方程为 $Y = 1.073 + 0.021 X$ ($R^2 = 0.004$),即角膜每切削 1 μm ,

CRF 值减少 0.021 mmHg(图 1,2)。

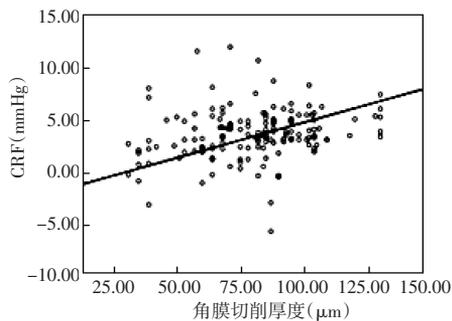


图 1 术后 1 周角膜切削厚度与 CRF 差值的关系 $Y = 3.253 + 0.010 X (R^2 = 0.007)$ CRF: 角膜阻力因子

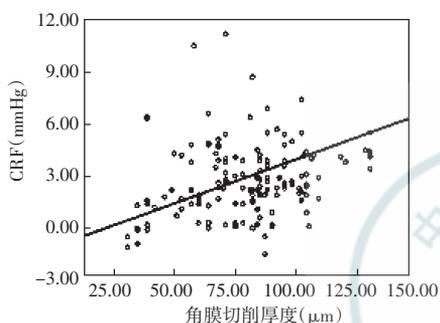


图 2 术后 5 个月角膜切削厚度与 CRF 差值的关系 $Y = 1.073 + 0.021 X (R^2 = 0.004)$ CRF: 角膜阻力因子

3 讨论

LASIK、LASEK 及 SBK 是目前国内外矫治屈光不正的主流术式,但术后继发圆锥角膜、角膜上皮植入、干眼等并发症不同程度地影响了患者的预后^[3]。LASEK 由于术中制作了可在准分子激光消融后立即复位并覆盖消融面的角膜上皮瓣,且角膜上皮瓣不分离角膜实质层,因此不影响角膜术后长期的形态稳定性^[4],也避免了 LASIK 角膜瓣相关并发症的发生。SBK 具有 LASIK 术式快速视力恢复和术后疼痛较轻的优点,同时依据角膜生物力学的特性,兼具表面切削的特性,术中制作的带前弹力层的角膜薄瓣能精确地控制在 90~110 μm,减少了角膜基质层的切削,减轻了手术对角膜生物力学特性的影响^[5]。对比 3 种手术方式的优缺点,有利于患者选择更好的治疗方法,也有利于近视治疗方法的进展。角膜屈光手术后角膜厚度和形态发生了明显改变,必然对角膜原有的生物力学特性产生影响。目前国内外对角膜生物力学的临床研究尚在起步阶段,需要学者们更多地关注。

角膜作为黏弹性材料,具有黏性和弹性 2 种特性,在临床中主要用 CH 和 CRF 来表示角膜的黏弹性,CH 表示角膜吸收或消散能量的能力,CRF 反映角膜的整

体硬度。CH 值和角膜组织的弹性模量呈正相关,正常角膜厚度越大其黏弹性越高,滞后性越大;角膜越僵硬其弹性越差,则滞后性越小^[6]。CH 与角膜的组织构成相关^[7]。CRF 反映角膜的整体硬度,表示角膜受气流压迫产生形变时的阻力累积效应,包括黏性阻力和弹性阻力。

本试验观察术后 1 周和 5 个月时角膜生物力学的改变,发现行 SBK 或 LASIK、LASEK 后,角膜 CH 或 CRF 均减小。本研究中 SBK 组患者 CH 表现为先降低后升高的趋势。同样,LASIK 组和 LASEK 组患者的 CH 值及 CRF 值均表现为术后 1 周低于术后 5 个月的趋势,并且术后生物力学值低于术前,这与 Hjortdal 等^[8]的研究结果相似。正常角膜厚度越大,则黏弹性越高,滞后性也越大,屈光手术后角膜厚度减小,故 CH 和 CRF 值降低;但 CH 和 CRF 值除与中央角膜厚度相关外,还与角膜组织结构、胶原纤维直径、年龄及水合状态、角膜曲率、等效球镜度数相关^[9]。术后 1 周,角膜上皮暂未修复,组织水肿,可能是造成术后 1 周 CH、CRF 值低于术后 5 个月的原因。本研究中对比 3 种手术对角膜生物力学的影响发现,SBK 对患者角膜生物力学的影响与 LASIK、LASEK 相比并无优越性;LASIK 和 LASEK 对角膜生物力学的改变亦无差异性,从生物力学方面说明,LASEK 的活力上皮瓣、SBK 的前弹力层超薄瓣并没有减少角膜的生物力学改变。Kirwan 等^[10]对比 LASIK 和 LASEK 对角膜生物力学的影响,也发现了类似的结果,Azar 等^[11]从手术矫正患者视力角度来对比 SBK 和 LASIK 对角膜生物力学的影响发现,SBK 与 LASIK 无明显区别。SBK、LASIK、LASEK 均依据患者角膜厚度、近视度数等个体化选择手术方式,从角膜生物力学角度来看,不同的屈光手术方式没有本质的区别。

本研究中分析屈光手术后,角膜切削厚度与 CH 改变值之间不相关,与 CRF 改变值呈弱相关,可能与术后 1 周的角膜水肿有关。CRF 用于描述角膜生物力学特性的价值可能优于 CH,倪寿翔等^[12]得出与本试验相似的结果。CH 与角膜的黏弹性有关,CRF 与角膜的弹性有关,反映了角膜总体抵抗外力的能力。但本研究结果发现,CRF 与角膜生物力学呈弱相关,不能仅以 CRF 决定角膜生物力学的强弱。

ORA 为临床医师测量角膜生物力学特性提供了一种便捷的方法。虽然目前尚未建立 ORA 测量值与经典角膜生物力学参数间的关系,但 ORA 可测量活体角膜,反映屈光手术后角膜生物力学的改变,对比较屈光手术、圆锥角膜、青光眼等情况下角膜生物力学性能

的变化具有很大的应用价值。ORA 的优点包括：(1)它每次能储存一眼的 4 次测量结果，自动计算平均值，且能比较双眼测量结果的差异和对多次测量结果进行比较。(2)数字显示结果，避免读数偏差。(3)精确测量角膜生物力学特性(如 CH 和 CRF)。(4)自动显示测量结果的信号图，若某次信号图与其他信号图不一致，可以删除重测。(5)测量不受角膜性质影响，能准确测量 LASIK 术后、圆锥角膜等患者的眼压。(6)能储存所有测量结果，并能对结果进行统计学分析。(7)非接触特性，避免交叉感染。(8)影响 ORA 测量的因素较少，它不受角膜水肿、局部角膜感觉缺失、低视力、角膜曲率等因素的影响^[13-15]。虽然 ORA 有许多优点，但对患者的配合性要求较高，若患者配合较差，如眼球震颤患者，则测出信号可信度较低。本试验的不足之处在于小部分患者测出 CH 值和 CRF 值与平均值有较大出入，可能对试验结果造成影响。术后角膜生物力学的改变，如角膜胶原纤维老化和角膜中央变薄等，可能影响准分子激光角膜屈光术后的远期效果，值得关注。随着患者年龄的增加，角膜中的胶原会不断沉积，导致胶原纤维横断面积增加，同时人体内的蛋白质糖化产物也会在角膜胶原分子间不断沉积，引起胶原重构，角膜变硬^[16]，年龄越大，旁中央和周边角膜厚度也会逐渐变薄^[17]，这种潜在风险降低了手术的安全性。随着年龄的增加，术后患者的角膜生物力学值是否会逐渐降低，进而发展成为圆锥角膜仍需进一步研究。

综上所述，本研究中通过分析不同屈光手术对近视眼 CH 和 CRF 的影响，为今后研究不同屈光手术导致角膜生物力学改变提供了参考。今后尚需对生物力学参数的意义进行深入研究，以进一步阐明角膜手术对生物力学特性的影响。

参考文献

- Fontes BM, Ambrósio R Jr, Velarde GC, et al. Ocular response analyzer measurements in keratoconus with normal central corneal thickness compared with matched normal control eyes[J]. *J Refract Surg*, 2011, 27(3): 209-215. doi:10.3928/1081597X-20100415-02.
- 周行涛, 董子献. 进一步提高激光角膜屈光手术后患者满意度[J]. *中华实验眼科杂志*, 2013, 31(6): 521-523. doi:10.3760/ema.j.issn.2095-0160.2013.06.001.
- Ambrósio R Jr, Wilson SE. Complications of laser in situ keratomileusis: etiology, prevention, and treatment[J]. *J Refract Surg*, 2001, 17(3): 350-379.
- Baek T, Lee K, Kagaya F, et al. Factors affecting the forward shift of posterior corneal surface after laser in situ keratomileusis[J]. *Ophthalmology*, 2001, 108(2): 317-320.
- Slade SG. Thin-flap laser-assisted in situ keratomileusis[J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2008, 19(4): 325-329. doi:10.1097/ICU.0b013e328302cc77.
- Elsheikh A, Wang D, Rama P, et al. Experimental assessment of human corneal hysteresis[J]. *Curr Eye Res*, 2008, 33(3): 205-213. doi:10.1080/02713680701882519.
- Laiquzzaman M, Bhojwani R, Cunliffe I, et al. Diurnal variation of ocular hysteresis in normal subjects: relevance in clinical context[J]. *Clin Experiment Ophthalmol*, 2006, 34(2): 114-118. doi:10.1111/j.1442-9071.2006.01185.x.
- Hjortdal JO, Jensen PK. In vitro measurement of corneal strain, thickness, and curvature using digital image processing[J]. *Acta Ophthalmol Scand*, 1995, 73(1): 5-11.
- 刘睿, 褚仁远, 汪琳, 等. 健康人角膜滞后量和阻力因子测量值及相关因素分析研究[J]. *中华眼科杂志*, 2008, 44(8): 715-719.
- Kirwan C, O'Keefe M. Corneal hysteresis using the Reichert ocular response analyzer: findings pre- and post-LASIK and LASEK[J]. *Acta Ophthalmol*, 2008, 86(2): 215-218. doi:10.1111/j.1600-0420.2007.01023.x.
- Azar DT, Ghanem RC, de la Cruz J, et al. Thin-flap (sub-Bowman keratomileusis) versus thick-flap laser in situ keratomileusis for moderate to high myopia: case-control analysis[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2008, 34(12): 2073-2078. doi:10.1016/j.jcrs.2008.08.019.
- 倪寿翔, 郁继国, 包芳军, 等. 近视 LASIK 术后角膜生物力学参数变化的相关性[J]. *国际眼科杂志*, 2010, 10(12): 2305-2307.
- Sullivan-Mee M, Billingsley SC, Patel AD, et al. Ocular response analyzer in subjects with and without glaucoma[J]. *Optom Vis Sci*, 2008, 85(6): 463-470. doi:10.1097/OPX.0b013e3181784673.
- Martola EL, Baum JL. Central and peripheral corneal thickness. A clinical study[J]. *Arch Ophthalmol*, 1968, 79(1): 28-30.
- Lu F, Xu S, Qu J, et al. Central corneal thickness and corneal hysteresis during corneal swelling induced by contact lens wear with eye closure[J]. *Am J Ophthalmol*, 2007, 143(4): 616-622.
- Hayes S, Boote C, Lewis J, et al. Comparative study of fibrillar collagen arrangement in the corneas of primates and other mammals[J]. *Anat Rec (Hoboken)*, 2007, 290(12): 1542-1550. doi:10.1002/ar.20613.
- Ehongo A, De Maertelaer V, Pourjavan S. Effect of topical corneal anaesthesia on ocular response analyzer parameters: pilot study[J]. *Ophthalmol*, 2009, 29(5): 325-328. doi:10.1007/s10792-008-9239-x.

(收稿日期:2014-11-17)

(本文编辑:刘艳)

读者·作者·编者

常用英文缩略语名词解释

LECs:晶状体上皮细胞(lens epithelial cells)
EMT:上皮-间质转分化(epithelial-mesenchymal transition)
STAT:信号转导及转录激活蛋白(signal transducer and activator of transcription)
FDM:形觉剥夺性近视(form deprivation myopia)
BRVO:视网膜分支静脉阻塞(branch retinal vein occlusion)

TransPRK:经角膜上皮的准分子激光屈光性角膜切削术(transepithelial photorefractive keratectomy)
Epi-LASIK:机械法准分子激光角膜上皮瓣下磨镶术(epipolis laser in situ keratomileusis)
CH:角膜滞后量(corneal hysteresis)
CRF:角膜阻力因子(corneal resistance factor)

(本刊编辑部)