

行FS-LASIK近视患者的Kappa角动态分布特征及其相关性分析

邓文庆, 李正日, 崔红, 金花, 金海燕, 李承霖, 汝新宇, 林淑华, 贾寓洁, 李英俊

引用: 邓文庆, 李正日, 崔红, 等. 行FS-LASIK近视患者的Kappa角动态分布特征及其相关性分析. 国际眼科杂志 2020; 20(9): 1598-1602

基金项目: 国家自然科学基金委员会资助项目(No.81960182)
作者单位: (133000) 中国吉林省延吉市, 延边大学附属医院眼科
作者简介: 邓文庆, 延边大学在读硕士研究生, 研究方向: 角膜屈光手术、白内障。
通讯作者: 李英俊, 毕业于延边大学医学院, 眼科博士, 副主任医师, 硕士研究生导师, 研究方向: 角膜屈光手术、白内障。
lyjun0811@163.com
收稿日期: 2019-12-30 修回日期: 2020-08-12

摘要

目的: 探讨行飞秒激光联合准分子激光原位角膜磨镶术(FS-LASIK)近视患者的瞳孔大小和中心的动态变化分布, 角膜共轴反光点的偏心量分布规律及其相关性分析。
方法: 本研究采用回顾性研究, 选择2019-01/05在延边大学附属医院眼科行FS-LASIK的患者225例407眼, 术前采用角膜地形图仪测量瞳孔的大小和中心位置, 准分子激光机记录患者仰卧位时瞳孔中心与角膜共轴反光点之间的偏移量(P-Dist)。
结果: 术前角膜中心与瞳孔中心之间的偏移量分布平均为 $0.322 \pm 0.194\text{mm}$, 262眼(64%) $\leq 0.40\text{mm}$; P-Dist分布平均为 $0.225 \pm 0.102\text{mm}$, 326眼(80%) $\leq 0.30\text{mm}$ 。角膜共轴反光点主要偏向角膜中心的颞上侧138眼(34%)。暗光条件下左眼X轴: $-0.061 \pm 0.084\text{mm}$, 右眼X轴: $-0.016 \pm 0.059\text{mm}$ ($P=0.002$) (左眼暗光下向颞侧位移)。角膜横径(WTW)与瞳孔直径变化呈正相关性($r=0.270$, $P<0.001$)。
结论: 左眼应调整切削中心偏向颞侧0.061mm以内的位置上, 角膜横径偏大的患者, 术中尽量维持较暗光线环境, 以便提高瞳孔匹配的效率。
关键词: Kappa角; 瞳孔中心; 角膜共轴反光点; 偏心值
DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2020.9.26

Dynamic distribution of Kappa angle in myopic patients undergoing FS-LASIK and its correlation analysis

Wen-Qing Deng, Zheng-Ri Li, Hong Cui, Hua Jin, Hai-Yan Jin, Cheng-Lin Li, Xin-Yu Ru, Shu-Hua Lin, Yu-Jie Jia, Ying-Jun Li

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (No.81960182)

Department of Ophthalmology, the Affiliated Hospital of Yanbian University, Yanji 133000, Jilin Province, China

Correspondence to: Ying-Jun Li. Department of Ophthalmology, the Affiliated Hospital of Yanbian University, Yanji 133000, Jilin Province, China. lyjun0811@163.com

Received: 2019-12-30 Accepted: 2020-08-12

Abstract

• **AIM:** To explore the dynamic distribution of pupil size and center, the eccentricity distribution of corneal light reflection, and its correlation analysis about suitable for femtosecond laser combined with excimer laser *in situ* keratomileusis.

• **METHODS:** Randomly selected 225 patients (407 eyes) who underwent femtosecond laser combined with excimer laser *in situ* keratomileusis at Yanbian University Hospital in 2019 from January to May, preoperative use of Wavelight Allegro Topolyzer Corneal Topography to measure the pupil size and center position, the German Wavelight EX500 excimer Laser (500Hz) records the deviation between the pupil center and the coaxially sighted corneal light reflex when the patient is supine.

• **RESULTS:** The average displacement distribution between the center of the cornea and the center of the pupil is $0.322 \pm 0.194\text{mm}$, and 64% of the eyes are $\leq 0.40\text{mm}$. The average displacement distribution of P-Dist (the eccentricity between the pupil center and the coaxially sighted corneal light reflex point) is $0.225 \pm 0.102\text{mm}$, and 80% of the eyes are $\leq 0.30\text{mm}$. The coaxially sighted corneal light reflex point is mainly deviated to the superior temporal side of the corneal center (34%). The X-axis of the left eye in low light conditions: $-0.061 \pm 0.084\text{mm}$, and the X-axis of the right eye: $-0.016 \pm 0.059\text{mm}$ ($P=0.002$) (the left eye shifted to the temporal side in the dark light). The corneal transverse diameter (WTW) was positively correlated with changes in pupil diameter (dark pupil diameter - bright pupil diameter) ($r=0.270$, $P<0.001$).

• **CONCLUSION:** The left eye should be adjusted to a position of the machining center within 0.061mm. If the cornea is too large, try to maintain a dark light environment during the operation to improve the efficiency of pupil matching. This study further confirms the necessity of rationally positioning the cutting center under different angle kappa states.

• **KEYWORDS:** Kappa angle; pupil center; coaxially sighted corneal light reflex point; eccentricity

Citation: Deng WQ, Li ZR, Cui H, et al. Dynamic distribution of kappa angle in myopic patients undergoing FS-LASIK and its correlation analysis. *Guoji Yanke Zazhi(Int Eye Sci)* 2020;20(9): 1598-1602

0 引言

飞秒激光制作角膜瓣因其可预测性、可控性及安全性均优于传统微型角膜刀,越来越多的角膜屈光手术已通过飞秒激光联合准分子激光原位角膜磨镶术(femtosecond-assisted laser *in situ* keratomileusis, FS-LASIK)来完成。与此同时,手术相关设备也不断升级换代,特别是小光斑飞点扫描和眼球自动跟踪系统的应用使手术的精确度显著提高,而且针对不同角膜及屈光状态的波前引导、Q值引导和角膜地形图引导为代表的个性化切削应运而生。个性化切削技术已成为角膜屈光领域最热点的话题,人们已经把它看成是角膜屈光手术发展到一个新高度的里程碑似的标志。

瞳孔轴与视轴存在的夹角称 Kappa 角^[1]。角膜屈光手术中,理想的准分子激光切削中心应与视轴完全重叠,瞳孔定位跟踪扫描时如不考虑动态 Kappa 角的调整,角膜实际切削的区域与理想切削的区域不一致,会造成“手术源性”的偏心切削,术中调整 Kappa 角尤为重要^[2]。但实际的手术中因视轴很难确定,眼球跟踪系统通常定位跟踪的是瞳孔中心,但瞳孔中心与视轴是有差别的,术中将激光切削的中心从瞳孔中心调整至视轴,补偿 Kappa 角的偏移效应,减少术后高阶像差,已成为角膜屈光手术医师的共识^[3-4]。

角膜共轴反光点是视轴的角膜切入点,研究表明角膜共轴反光点是较为理想切削中心点,因为角膜共轴反光点是离视轴最近的点,不受瞳孔大小及中心位置变化的影响,平均为 0.02mm^[5]。因此 Kappa 角可以理解为瞳孔中心与角膜共轴反光点之间的距离^[6]。但 Kappa 角不是固定值,随瞳孔中心位置的动态变化而发生改变^[7-8]。因此有必要深入探究行准分子激光手术近视患者的瞳孔大小和中心的位置动态变化规律,仰卧位时瞳孔中心与角膜共轴反光点之间的偏移量(P-Dist)及其相关性因素进一步的研究。

本研究探讨行 FS-LASIK 的近视患者的瞳孔大小和中心的位置动态变化规律,分析了 P-Dist 及其相关性,从而达到更好的基于 Kappa 角补偿的个体化眼光学结构的切削中心的 FS-LASIK 的定制。

1 对象和方法

1.1 对象 本研究采用回顾性研究,选择 2019-01/05 在延边大学附属医院眼科行 FS-LASIK 的患者 225 例 407 眼,其中男 115 例 204 眼(51%,右眼 113 眼,左眼 91 眼),女 110 例 203 眼(49%,右眼 98 眼,左眼 105 眼),年龄 18~45(平均 24.58±6.84)岁,角膜曲率 39.32~48.91(平均 42.62±1.23)D,等效球镜 -0.50~-10.00(平均 -4.62±1.24)D,角膜散光 0~-1.50(平均 -0.79±0.81)D,眼轴 23.09~27.85(平均 26.51±1.49)mm,双眼等效球镜相差 ≤1.50D,球镜 0~-10.00(平均 -5.74±1.91)D,柱镜 0~-1.50(平均 -0.79±0.81)D,角膜厚度 496.00~646.00(平均 526.72±33.26)μm,眼压 12.4~20.5(平均 13.60±1.32)mmHg,瞳孔直径:明视 2.25~5.48(平均 3.29±0.49)mm,暗视 3.71~7.99(平均 6.09±0.74)mm。

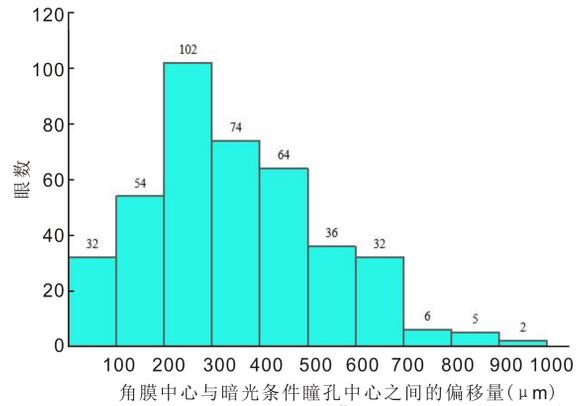


图 1 行 FS-LASIK 近视患者的角膜中心与暗光条件下瞳孔中心之间的偏移量分布。

纳入标准:(1)全身状态良好,术中和术后随访 3mo 过程中无并发症。(2)术前中央角膜厚度 ≥480μm,术后残留角膜基质床厚度 ≥280μm。(3)术前球镜度数:-0.50~-10.00D,柱镜度:0~-1.50D。(4)角膜接触镜停戴 >2wk。(5)近期内无糖皮质激素、避孕药等服用史。排除标准:(1)角膜病变、圆锥角膜、白内障、青光眼、葡萄膜炎、视网膜疾病等眼部疾病患者。(2)糖尿病、高血压病、风湿、甲状腺功能亢进等全身疾病患者。(3)妊娠或哺乳期女性。本研究经延边大学附属医院伦理委员会批准,所有受检者均自愿参加并签署知情同意书。

1.2 方法 所有患者术前均检查裸眼视力、最佳矫正视力、裂隙灯检查、综合验光、眼压、角膜厚度、眼轴长度、前房深度、眼底。

在术前采用角膜地形图仪测量并记录 60s 内暗光与亮光状态下的瞳孔大小和瞳孔中心位置的变化。准分子激光机的波前像差优化的切削程序进行准分子激光切削,目标屈光设定为 0D。手术和术后观察均由同一医师完成。手术步骤:常规消毒术眼,开睑器开睑,取仰卧位,嘱患者注视上方绿色指示灯,术者显微镜下可见角膜反光点(角膜共轴反光点)和瞳孔中央的红色反光(光轴中心),调整手术显微镜的调节照明度及室内照明光线,保持瞳孔大小与术前检查时相匹配,通过准分子激光系统的 X 和 Y 轴眼球跟踪调节程序,使两反光点重合,记录患者 P-Dist。

统计学分析:采用 SPSS 19.0 统计软件进行数据分析。各组数据进行正态性检验和方差齐性检验,数据资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,左右眼的瞳孔中心位置变化采用配对样本 *t* 检验。不同近视组之间比较采用独立样本 *t* 检验,相关性分析采用 Pearson 相关分析, $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

术前角膜中心与暗光条件下瞳孔中心之间的偏移量为 0.005~0.956(平均 0.322±0.194)mm,86 眼(21%) ≤ 0.20mm,262 眼(64%) ≤ 0.40mm,362 眼(89%) ≤ 0.60mm,100% 的眼数(407 眼) ≤ 1.00mm(图 1)。

术前 P-Dist 的偏移量为 0.010~0.580(平均 0.225±0.102)mm,124 眼(30%) ≤ 0.15mm,326 眼(80%) ≤ 0.30mm,398 眼(98%) ≤ 0.45mm,100% 的眼数(407 眼) ≤ 0.60mm(图 2)。图 3 为术中暗环境下的角膜共轴反光点分布特征,分别从水平(X)和垂直(Y)方向来观察,角

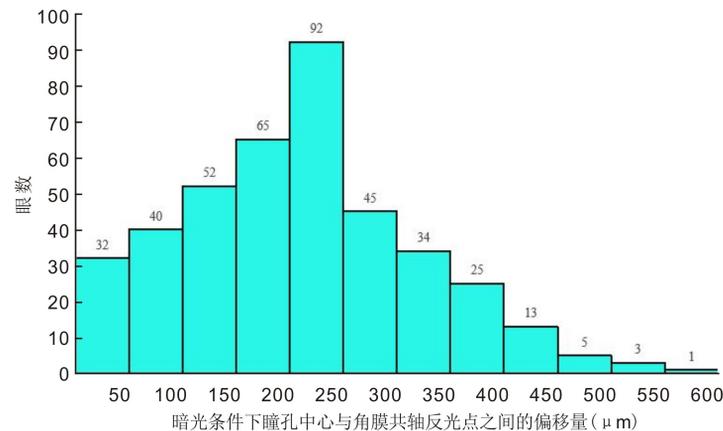


图2 行FS-LASIK近视患者术前暗光条件下瞳孔中心与角膜共轴反光点之间的偏移量分布。

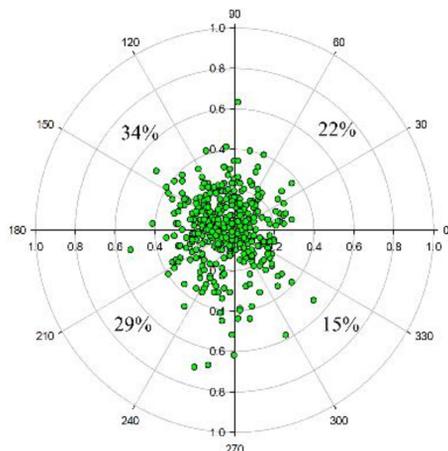


图3 行FS-LASIK近视患者术中暗光条件下角膜共轴反光点位置及分布。

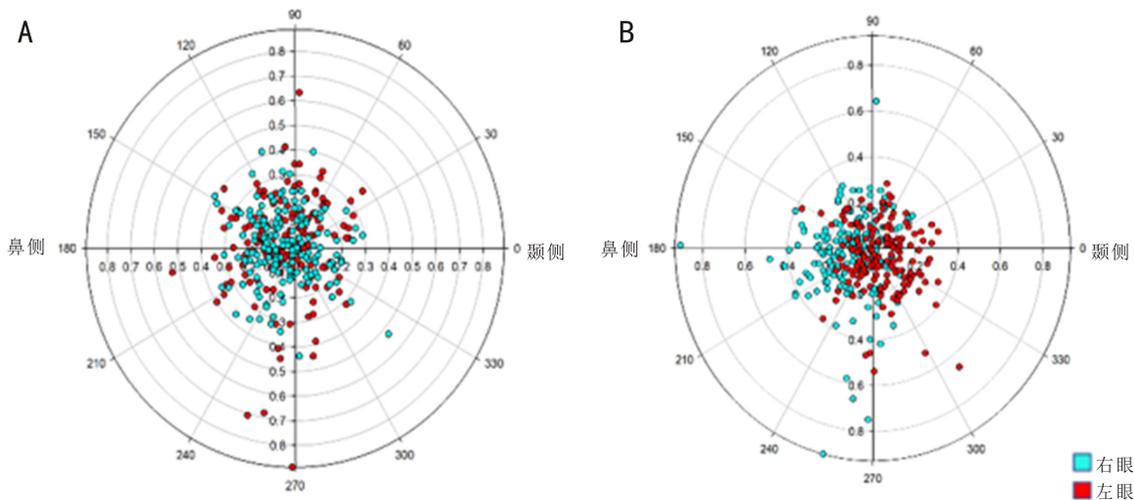


图4 左右眼的亮光和暗光条件下的瞳孔中心位置变化 A:亮光;B:暗光。

膜共轴反光点主要偏向角膜中心的颞上侧。颞上138眼(34%),颞下118眼(29%),鼻上90眼(22%),鼻下61眼(15%)。

左右眼术前的瞳孔中心位置动态变化显示,亮光条件下的左右眼的瞳孔中心位置的X轴和Y轴方向比较采用配对样本t检验,差异无统计学意义($t=0.015, P=0.062$; $t=0.385, P=0.385$),暗光条件下左眼X轴: $-0.061 \pm 0.084\text{mm}$,右眼X轴: $-0.016 \pm 0.059\text{mm}$,差异有统计学意义($t=-2.448, P=0.002$) (左眼暗光下较右眼向颞侧位移 0.045 ± 0.068);左眼Y轴: $-0.032 \pm 0.191\text{mm}$,右眼Y轴: $-0.014 \pm 0.132\text{mm}$,差异无统计学意义($t=1.929, P=0.055$)。左眼的瞳孔中心偏移量(暗光-亮光) $0.276 \pm 0.169\text{mm}$,右眼的瞳孔中心偏移量 $0.304 \pm 0.107\text{mm}$,差异有统计学意义($t=-0.647, P=0.034$),见图4。

术前角膜横径(WTW) $10.50 \sim 12.60$ (平均 11.60 ± 0.36) mm与瞳孔直径变化(暗光瞳孔直径-亮光瞳孔直径)呈正相关性($r=0.270, P<0.001$,图5)。等效球镜与瞳孔直径变化无相关性($r=-0.068, P=0.168$,图6),但球镜与暗光条件下P-Dist呈负相关性($r=-0.214, P=0.002$),见图7。

3 讨论

尽管Kappa角补偿联合进行各种模式的个性化FS-LASIK有着良好的理论基础,但实际与理想的视觉质量尚

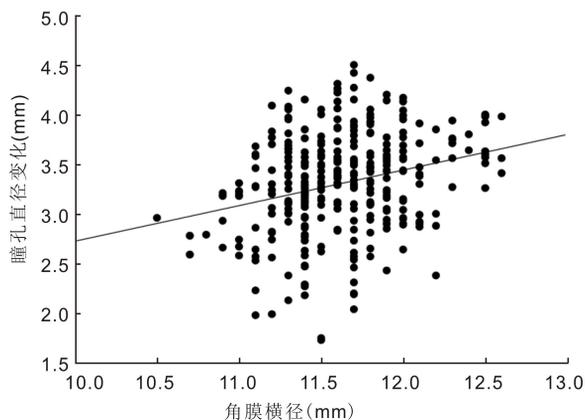


图5 WTW与瞳孔直径变化(暗光瞳孔直径-亮光瞳孔直径)的相关性。

存在明显差距^[9]。影响Kappa角的因素包括眼轴长度、前房深度和角膜曲率半径等^[10-11],但未证实各因素所占的权重。而且角膜屈光手术中瞳孔的大小和中心位置是不可忽视的因素,在个性化的角膜屈光手术,如不补偿术中的瞳孔中心位移的偏心效应,会造成“手术源性”的偏心切削^[12-13]。

目前的Kappa角调整的个性化激光切削技术只是矫正静态的视轴和瞳孔轴之间的偏移量,并未考虑到瞳孔的动态变化、角膜和眼球等因素^[14-15]。因此,了解适宜激光

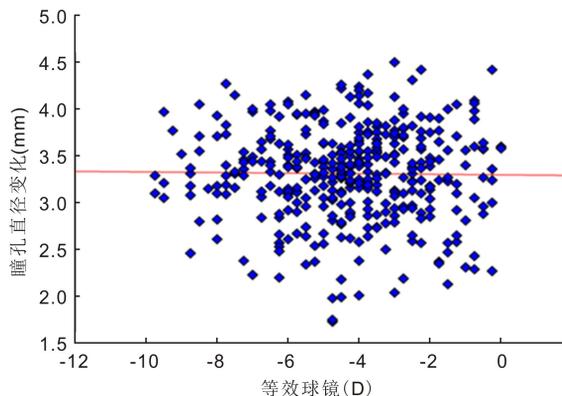


图6 等效球镜与瞳孔直径变化(暗光瞳孔直径-亮光瞳孔直径)的相关性。

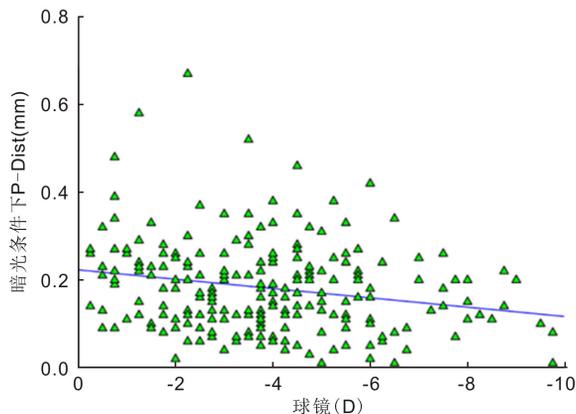


图7 球镜与暗光条件下P-Dist的相关性。

手术的近视人群的瞳孔大小和瞳孔中心的位置动态变化规律以及其他相关性因素仍有待于进一步研究。

在本研究中,暗光条件下角膜中心与瞳孔中心之间的偏移量分布 0.005~0.956(平均 0.322±0.194) mm,262 眼(64%) ≤0.40mm。我们还测量了手术前 P-Dist 范围为 0.010~0.580(平均 0.225±0.102) mm,326 眼(80%) ≤0.30mm,角膜共轴反光点主要偏向瞳孔中心的颞上侧 138 眼(34%)。术中周围照明,注视方向不同造成的眼内光线差异,紧张情绪导致交感神经受刺激,任何调节状态的下都会引起动态改变^[16]。提示手术过程中瞳孔大小和中心不断变化时,其 Kappa 角也发生显著性的改变^[17]。从理论上讲^[5],瞳孔中心与角膜共轴反光点之间距离越大,Kappa 角越大,因此我们推测不同补偿矢量百分比后的屈光度和视觉质量有所差异。

本研究的结果表明左右眼在暗光条件下的瞳孔中心的位置有明显差异,左眼 X 轴: -0.061±0.084mm,右眼 X 轴: -0.016±0.059mm,右眼基本分布在角膜中心周围,左眼暗光下较右眼向颞侧偏移 0.045±0.068mm。左眼的瞳孔中心偏移量(暗光-亮光)0.276±0.169mm,右眼的瞳孔中心偏移量 0.304±0.107mm,差异有统计学意义($P=0.034$)。研究报道,大多数人群右利手为主,因此近距离工作时头部偏向右侧,这样注视目标距离不一致(左眼较近),导致左眼视物需更多调节力,引起前房变浅,Kappa 角增大^[18]。而且大多数人主导眼为右眼,左眼需要更多的调节来达到与右眼的同视状态,进而引起瞳孔大小和 Kappa 角的改变^[19]。

左右眼的瞳孔中心差异指导我们在准分子激光术中定位时因左眼的瞳孔中心偏移量(暗光-亮光)较右眼大,

左眼可以适当调整切削中心在离角膜中心略偏向颞侧 0.061mm 以内的位置上,如定位于角膜中心,个体化 Kappa 角调整矢量百分比时,建议左眼 Kappa 角调整幅度较右眼减低,以找到最接近视轴的切削中心点^[20]。以避免不必要的偏心切削带来的术后视网膜成像质量的下降^[21]。

我们的研究结果同时显示,WTW 与瞳孔直径变化呈正相关。相关结果国内外却未见报道。这一结论指导我们术中角膜过大者,术中尽量维持较暗光线环境维持瞳孔大小,以便提高瞳孔匹配的效率^[22]。等效球镜与瞳孔直径变化无相关性,但球镜与暗光条件下 P-Dist 的相关性呈负相关性。有文献报道,近视人群中等效球镜与 Kappa 角有显著的相关性^[10,23],与本研究结果相符。因此,我们推测因高度近视人群的瞳孔中心更接近视轴,术中补偿 Kappa 角矢量比例低一些。

本研究首次探讨了暗光条件下 P-Dist 的相关性分布,进一步证实了精确切削中心点位置的重要性和在不同 Kappa 角状态下合理定位切削中心的必要性。如何个体化调整 Kappa 角以提高术后的视觉质量具有可靠的理论和实验基础。本研究也有局限性,仍存在样本量不足、个体变异性等都可能影响结果。还有待进一步深入研究 Kappa 角补偿与视觉质量之间的对应关系,个体化切削模式之间的数字化对应关系仍有待于进一步探索。

参考文献

- Hyung YJ, Ju MN, Kyu LJ, et al. Measurement of Angle Kappa Using Ultrasound Biomicroscopy and Corneal Topography. *Korean J Ophthalmol* 2017;31(3):257-262
- 师蓉,董泽红,赵炜,等. 角膜屈光手术患者明暗瞳孔下 Kappa 角的变化及分析. *国际眼科杂志* 2016;16(8):1462-1464
- 张鲁洁,姜严明,蔡春梅,等. 调整 Kappa 角及光学切削直径对准分子激光原位角膜磨镶术后的影响. *眼科新进展* 2019;39(3):273-276
- Chen LY, Manche EE. Comparison of femtosecond and excimer laser platforms available for corneal refractive surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2016;27(4):316-322
- Chang JSM, Law AKP, Ng JCM, et al. Comparison of refractive and visual outcomes with centration points 80% and 100% from pupil center toward the coaxially sighted corneal light reflex. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(3):412-419
- John K, Skouteris V, Soteriou Z. Topography-guided hyperopic and hyperopic astigmatism femtosecond laser-assisted LASIK: long-term experience with the 400 Hz eye-Q excimer platform. *Clin Ophthalmol* 2012;2012(6):895-901
- Pan C, Hua Y, Huang J, et al. Corneal Power Measurement With the Dual Scheimpflug-Placido Topographer After Myopic Excimer Laser Surgery. *J Refract Surg* 2016;32(3):182-186
- Manuel RV, Piero DP, Joaquín F. Avoiding misinterpretations of Kappa angle for clinical research studies with Pentacam. *J Optometry* 2018;12(2):71-73
- Liu M, Sun Y, Wang D, et al. Decentration of Optical Zone Center and Its Impact on Visual Outcomes Following SMILE. *Cornea* 2015;34(4):392-397
- Qi H, Jiang JJ, Jiang YM, et al. Kappa angles in different positions in patients with myopia during LASIK. *Int J Ophthalmol* 2016;9(4):585-589
- Lee SM, Choi HJ, Choi H, et al. Estimation of axial curvature of

anterior sclera; correlation between axial length and anterior scleral curvature as affected by angle kappa. *BMC Ophthalmol* 2016; 16(1): 176-186

12 Gharaee H, Shafiee M, Hoseini R, *et al.* Angle Kappa Measurements; Normal Values in Healthy Iranian Population Obtained With the Orbscan II. *Iran Red Crescent Med J* 2015; 17(1):e17873

13 Moshirfar M, Hoggan RN, Muthappan V, *et al.* Angle Kappa and its importance in refractive surgery. *Oman J Ophthalmol* 2013; 6(3): 151-158

14 Chang DH, Waring GO. The Subject - Fixated Coaxially Sighted Corneal Light Reflex; A Clinical Marker for Centration of Refractive Treatments and Devices. *Am J Ophthalmol* 2014; 158(5):863-874

15 Hashemi H, Asgari S, Mortazavi M, *et al.* Evaluation of Corneal Biomechanics After Excimer Laser Corneal Refractive Surgery in High Myopic Patients Using Dynamic Scheimpflug Technology. *Eye Contact Lens* 2017;43(6):371-377

16 Domínguez-Vicent A, Monsálvez-Romín D, Pérez-Vives C, *et al.* Measurement of angle Kappa with Orbscan II and Galilei G4; effect of accommodation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2014; 252(2):

249-255

17 Soler V, Benito A, Soler P, *et al.* A Randomized Comparison of Pupil-Centered Versus Vertex-Centered Ablation in LASIK Correction of Hyperopia. *Am J Ophthalmol* 2011;152(4): 591-599

18 温凯, 张红, 孙靖, 等. kappa角在人群中的分布:基于iTrace像差仪的研究. *眼科新进展* 2018;38(3):265-268

19 Majid M, Michael MC, Hamid K, *et al.* Use of angle kappa in myopic photorefractive keratectomy. *Clin Ophthalmol* 2015;2015(9):193-195

20 Hassan H, Mehdi KK, Kamran Y, *et al.* Distribution of angle kappa measurements with Orbscan II in a population-based survey. *J Refract Surg* 2010;26(12): 966-971

21 Park CY, Oh SY, Chuck RS, *et al.* Measurement of angle kappa and centration in refractive surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2012; 23(4): 269-275

22 Zarei-Ghanavati S, Gharaee H, Eslampour A, *et al.* Angle kappa changes after photorefractive keratectomy for myopia. *Int Ophthalmol* 2014;34(1):15-18

23 Se RC, Ungsoo SK. The Correlation between Angle Kappa and Ocular Biometry in Koreans. *Korean J Ophthalmol* 2013;27(6):421-424