

## 2.4mm 透明角膜切口超声乳化术后角膜生物力学的改变

杨 军<sup>1</sup>, 何 宏<sup>1</sup>, 陈晓莲<sup>1</sup>, 丁 辉<sup>1</sup>, 钟兴武<sup>1,2</sup>

引用:杨军,何宏,陈晓莲,等. 2.4mm 透明角膜切口超声乳化术后角膜生物力学的改变. 国际眼科杂志 2021;21(3):520-523

基金项目:国家自然科学基金面上项目(No.81870681);2017年海南省自然科学基金(No.2017CXTD011,817364)

作者单位:<sup>1</sup>(570311)中国海南省海口市,中山大学中山眼科中心海南眼科医院 海南省眼科医院 海南省眼科学重点实验室;<sup>2</sup>(510060)中国广东省广州市,中山大学中山眼科中心 国家眼科重点实验室

作者简介:杨军,毕业于中山大学中山眼科中心,硕士研究生,副主任医师,研究方向:白内障、眼表疾病。

通讯作者:钟兴武,博士,教授,博士研究生导师,主任医师,研究方向:眼表疾病、近视防治。xingzh88@hotmail.com

收稿日期:2020-04-16 修回日期:2021-01-29

### 摘要

目的:运用 Corvis ST 研究 2.4mm 透明角膜切口白内障超声乳化术后 1mo 内角膜生物力学参数改变。

方法:采用患者术前术后自身对照研究。对 2019-03/09 符合纳入标准的 28 例 56 眼年龄相关性白内障患者进行 2.4mm 透明角膜切口白内障超声乳化抽吸+人工晶状体植入术。使用 Corvis ST 对 28 例患者术前 1d,术后 3、6d,1mo 进行角膜生物力学测量比较。

结果:受检眼前术后第一次压平长度(A1L)、第二次压平时间(A2T)、中央角膜厚度(CCT)比较均有差异( $F=10.534, 11.655, 14.734$ , 均  $P<0.05$ )。术后 3d 测得 A1L 较术前及术后 6d 显著升高, A2T 则显著降低( $P<0.05$ )。术前 1d 与术后 6d 比较, A2L、A2T 均无差异( $P>0.05$ )。术后 3、6d CCT 大于术前 1d(均  $P<0.05$ )。CCT 在术后 3d 达到最大值, 术后 1mo 恢复术前水平。

结论:2.4mm 透明角膜切口白内障超声乳化术后角膜生物力学参数发生变化, 术后 1mo 各项参数基本恢复术前水平。

关键词:角膜生物力学;白内障超声乳化术;可视化角膜力学分析仪

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2021.3.29

### Corneal biomechanical alterations after phacoemulsification with 2.4mm corneal incision

Jun Yang<sup>1</sup>, Hong He<sup>1</sup>, Xiao-Lian Chen<sup>1</sup>, Hui Ding<sup>1</sup>, Xing-Wu Zhong<sup>1,2</sup>

Foundation items: National Natural Science Foundation of China (No.81870681); Natural Science Foundation of Hainan in 2017 (No.2017CXTD011,817364)

<sup>1</sup>Hainan Eye Hospital Branch of Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University, Key Laboratory of Ophthalmology in Hainan, Haikou 570311, Hainan Province, China; <sup>2</sup>Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University, National Key Laboratory of Ophthalmology, Guangzhou 510060, Guangdong Province, China

Correspondence to: Xing-Wu Zhong. Hainan Eye Hospital Branch of Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University, Key Laboratory of Ophthalmology in Hainan, Haikou 570311, Hainan Province, China; Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University, National Key Laboratory of Ophthalmology, Guangzhou 510060, Guangdong Province, China. xingzh88@hotmail.com

Received:2020-04-16 Accepted:2021-01-29

### Abstract

• AIM: To investigate the corneal biomechanical parameters alteration after phacoemulsification with 2.4mm corneal incision within 1mo by Corvis ST.

• METHODS: A self control study was performed. Twenty-eight age related cataract patients (56 eyes), who were in accordance with the inclusion criteria, received phacoemulsification with 2.4mm corneal incision from March to September in 2019. Corneal biomechanical parameters were measured preoperatively and postoperatively on 3d, 6d and 30d by Corvis ST.

• RESULTS: The first applanation length (A1L), the second applanation time (A2T) and corneal thickness (CCT) were significantly different between preoperation and postoperation ( $F=10.534, 11.655, 14.734$ ; all  $P<0.05$ ). The value of A1L on 3d postoperative was significantly increased than that on the day before operation, 6d and 30d postoperative, while the A2T value was significantly reduced ( $P<0.05$ ). But there was no different in A2L and A2T between preoperation and 6d postoperative ( $P>0.05$ ). The value of central corneal thickness (CCT) was significantly increased on 3d and 6d postoperative compared with the preoperative parameter ( $P<0.05$ ). The value of CCT got the maximum value on the 3d after surgery, and recovered to the preoperative level on the 30d after surgery.

• CONCLUSION: Phacoemulsification with 2.4mm corneal incision change the corneal biomechanical preproperties. The corneal biomechanical parameters are basically recovered in the 30d postoperative.

• KEYWORDS: corneal biomechanics; phacoemulsification; corneal visualization Scheimpflug technology

Citation: Yang J, He H, Chen XL, et al. Corneal biomechanical alterations after phacoemulsification with 2.4mm corneal incision. *Guoji Yanke Zazhi(Int Eye Sci)* 2021;21(3):520-523

## 0 引言

白内障超声乳化摘除联合人工晶状体植入术作为目前治疗白内障的主流手术方式之一,正由“复明手术”向“屈光手术”跨越<sup>[1]</sup>。角膜是最重要的屈光介质之一,具有黏弹性、刚性、非线性、屈光参差性等多种生物力学特性。完整的角膜结构以及稳定的角膜生物力学特性对实现人眼的正常成像至关重要<sup>[2-10]</sup>。研究表明白内障超声乳化手术中不同的角膜手术切口位置及大小对角膜生物力学的影响有差异<sup>[11-17]</sup>。2.4mm 微切口白内障相对于其他更小切口的微切口白内障手术而言具有学习曲线更短,对相匹配器械及耗材要求也相对更低的优势,有广泛开展的潜力,但相关研究很少。所以本研究选择 2.4mm 同轴微切口白内障超声乳化摘除联合人工晶状体植入术作为观察对象,运用 Corvis ST 观测了术后 1wk 时间内角膜生物力学的动态改变情况,详细报告见下文。

## 1 对象和方法

**1.1 对象** 本研究是患者术前术后自身对照设计的前瞻性研究。连续收集 2019-03/09 间在海南省眼科医院接受双眼白内障超声乳化联合人工晶状体植入术的患者 28 例 56 眼,其中女 13 例,男 15 例。纳入标准:(1)年龄  $\geq 50$  岁;(2)诊断为单纯年龄相关性白内障,手术眼晶状体核分级为 III 级(Emery 和 Little 分级标准);(3)裸眼及最佳矫正视力  $\leq 0.5$ ;(4)  $22\text{mm} \leq \text{眼轴长度} \leq 26\text{mm}$ 。排除标准:(1)合并上睑下垂、角膜疾病、高血压症、青光眼、视网膜脱离等其他眼病;(2)合并甲状腺疾病、糖尿病等代谢性疾病;(3)入组前 2wk 内有隐形眼镜配戴史;(4)有眼外伤史;(5)有眼部手术史。本研究遵循国际协调理事会临床试验规范和《赫尔辛基宣言》,经医院伦理审查委员会审核通过(A2018002),纳入病例均签署知情同意书。

## 1.2 方法

**1.2.1 手术方法** 本研究所有手术均由同一位医生使用同一台 Centurion 超声乳化仪,搭配 INTREPID BALANCED 针头和 NEW INTREPID SLEEVES 完成。0.5% 盐酸丙美卡因滴眼液点眼 3 次行表面麻醉。常规消毒铺巾,11:00 位术眼透明角膜缘做主切口,长度约 2.4mm,辅助切口均位于 2:00 位透明角膜缘,前房注入黏弹剂,截囊针连续环形撕囊,直径约 5.5mm,水分离及水分层,超声乳化碎核,抽吸皮质,前房再次注入黏弹剂,植入折叠型后房型 IOL,用 A/I 抽吸干净黏弹剂及残余皮质,形成前房,水密封口,术毕涂妥布霉素地塞米松眼膏,医用纱布包眼。

**1.2.2 术后处理** 术后常规予以妥布霉素地塞米松滴眼液每日 4 次点术眼,妥布霉素地塞米松眼膏每晚涂术眼。

**1.2.3 角膜生物力学参数测定** 术前 1d,术后 3、6d,1mo 均采用 Corvis ST (Corneal Visualization Scheimpflug Technology, Oculus, Wetzlar, Germany) 统一对患者进行角膜生物力学参数测定。每个时间点进行连续 3 次重复检测,取平均值进行统计。Corvis ST 配备的高速 Scheimpflug 照相机以超过 4000 帧/秒的速度捕捉并分析一个气脉冲对角膜产生形变的全过程。Corvis ST 通过一次无创性非接触测量计算出矫正眼压(IOP)以及中央角膜厚度(CCT, Pachy),并提供 12 项角膜生物力学指标:峰距(PD)、第一次/第二次压平时间(A1/A2 T)、第一次/第二次压平长度(A1/A2 L)、第一次/第二次压平速度(A1/A2 V)、最大压陷时间(HCT)、最大形变幅度(HCDA)、第

一次/第二次最大形变幅度(A1/A2 DA)、最大反向曲率半径(HCR)。12 项角膜生物力学指标的意义见表 1。

**统计学分析:**采用统计学软件 SPSS 19.0 进行统计分析,测量指标均以  $\bar{x} \pm s$  表示。首先采用重复测量数据的方差分析,分析各时间点测量值的时间差异性;对存在时间差异的参数采用 Bonferroni post hoc test 方法对时间点差异进行两两比较。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

术前 1d,术后 3、6d,1mo 患者术眼角膜生物力学指标数据见表 2。术前、术后测得的 A1L、A2T、CCT 具有差异( $F = 10.534, 11.655, 14.734$ , 均  $P < 0.01$ )。术后 3d A1L 显著高于术前 1d,术后 6d,1mo,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。术后 3d A2T 小于术前 1d,术后 6d,1mo,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。术前 1d 和术后 6d,术前 1d 和术后 1mo,术后 6d 与术后 1mo 测得 A2L、A2T 差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。术前 1d,术后 6d,1mo 测得 CCT 均小于术后 3d,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。术前 1d CCT 小于术后 6d,差异具有统计学意义( $P < 0.05$ )。术后 1mo CCT 恢复术前水平,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),见图 1~3。四个时间点测出的其余参数 A1T、A1V、A1DA、HCT、HCR、A2L、A2V、PD、A2DA、IOP 差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。

## 3 讨论

角膜不仅是屈光介质还兼具黏弹性、刚度等力学特点。角膜生物力学特点与角膜超微结构、细胞内外含水量及成分等特点息息相关。研究者发现角膜力学特点的改变与圆锥角膜、角膜溃疡等角膜疾病的发生、发展、治疗及预后相关<sup>[18-19]</sup>。激光近视矫正手术、角膜交联术、角膜塑形术的运用也可改变角膜生物力学特点<sup>[11-17,20-21]</sup>。目前活体测定角膜生物力学参数的方法主要有两种:眼反应分析仪(ocular response analyzer,ORA)和 Corvis ST(CST)。回顾文献我们发现利用 ORA 分析白内障超声乳化抽吸手术对角膜生物力学产生变化的研究不多。Jorge 利用 ORA 对接受 1.8mm 透明角膜切口及 2.75mm 透明角膜切口白内障超声乳化手术的两组患者分别进行了检测,并指出角膜滞后量、角膜阻力因子在术后 1h 即发生明显改变,术后 1wk 恢复到术前水平<sup>[17]</sup>。Roberts 的研究指出:角膜滞后度(CH)、角膜阻力系数(CRF)在术后 1d 即产生显著变化,但在术后 3mo 内恢复到术前水平<sup>[22]</sup>。曹丹敏等<sup>[15]</sup>的研究中 CH、CRF 则在术后 2wk 即恢复术前水平。但是也有学者提出 ORA 通过特定算法对测得波形进行推导得出角膜生物力学参数,并不能反映生物力学实时变化情况,与 ORA 不同,CST 利用 Scheimpflug 高速摄影设备实时观测角膜从受压产生形变到形变还原的全过程,进而对生物力学参数进行细致分析。因此 CST 能实时测量更多生物力学指标,且具有较好的重复性和一致性<sup>[23]</sup>。目前采用 CST 观测白内障超声乳化手术对角膜生物力学影响的研究十分有限,研究者们多关注白内障超声乳化术后 1wk~3mo 的变化情况。徐凌霄等<sup>[16]</sup>对术后 1wk,1mo 的角膜生物力学进行测定发现:术后 1wk A1L、CCT、PD、DA、IOP 均上升,A2L 下降。术后 1mo 角膜生物力学参数恢复术前水平。Kato 等<sup>[14]</sup>的研究中患者术后 1wk 各项角膜生物力学参数及 IOP、CCT 均较术前无明显改变。术后 1、3mo 术眼 A1L 下降,A1DA 上升。术后 3mo A1V 上升,

表1 Corvis ST测量的角膜生物力学参数

角膜生物力学指标	英文缩写	意义
第一次压平时间(ms)	A1T	角膜从初始状态到第一次压平状态的时间
第一次压平长度(mm)	A1L	第一次压平状态时角膜前表面长度
第一次压平速度(m/s)	A1V	角膜从初始状态到第一次压平状态的形变速度
第一次最大形变幅度(mm)	A1DA	从初始状态到第一次压平状态角膜顶点移动距离
最大压陷时间(ms)	HCT	角膜从初始状态到最大形变状态的时间
最大形变幅度(mm)	HCDA	从初始状态到最大形变状态角膜顶点移动距离
最大反向曲率半径(mm)	HCR	最大形变状态时角膜前表面曲率半径
峰距(mm)	PD	最大形变状态时角膜非形变部分最高点之间距离
第二次压平时间(ms)	A2T	角膜从初始状态到第二次压平状态的时间
第二次压平长度(mm)	A2L	第二次压平状态时角膜前表面长度
第二次压平速度(m/s)	A2V	角膜从初始状态到第二次压平状态的形变速度
第二次最大形变幅度(mm)	A2DA	从初始状态到第二次压平状态角膜顶点移动距离

表2 术前术后患者术眼角膜生物力学指标

时间	A1T(ms)	A1L(mm)	A1V(m/s)	A1DA(mm)	HCT(ms)	HCR(mm)	PD(mm)	A2T(ms)	A2L(mm)	A2V(m/s)	A2DA(mm)	CCT( $\mu$ m)	IOP(mmHg)
术前1d	7.12±0.25	1.71±0.06	0.14±0.02	0.16±0.11	16.77±0.68	6.56±0.73	3.25±1.41	22.28±0.51	1.67±0.25	0.35±0.07	0.46±0.08	536.29±33.60	12.71±0.44
术后3d	7.17±0.28	1.78±0.06	0.14±0.02	0.13±0.12	16.90±0.49	6.85±0.98	2.73±0.94	21.90±0.43	1.74±0.34	0.35±0.09	0.47±0.06	594.33±89.42	13.10±2.61
术后6d	7.05±0.20	1.72±0.07	0.14±0.01	0.17±0.01	16.99±0.59	6.56±0.73	3.09±1.27	22.28±0.46	1.74±0.28	0.37±0.07	0.44±0.07	552.25±40.36	12.00±2.03
术后1mo	7.09±0.23	1.70±0.06	0.15±0.02	0.16±0.11	16.83±0.67	6.56±0.73	3.25±1.41	22.27±0.51	1.67±0.25	0.36±0.06	0.45±0.08	543.18±6.876	12.54±2.21
F	3.612	10.534	0.359	2.429	0.967	1.569	1.456	11.655	0.415	1.377	2.139	14.734	2.429
P	0.31	<0.01	0.715	0.071	0.376	0.218	0.244	<0.01	0.646	0.261	0.127	<0.01	0.093

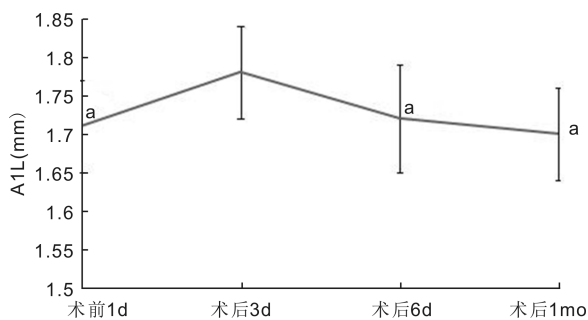


图1 术前术后 A1L 变化 术前1d, 术后3d, 6d, 1mo 测得 A1L 均低于术后3d,  $^aP<0.05$  vs 术后3d。

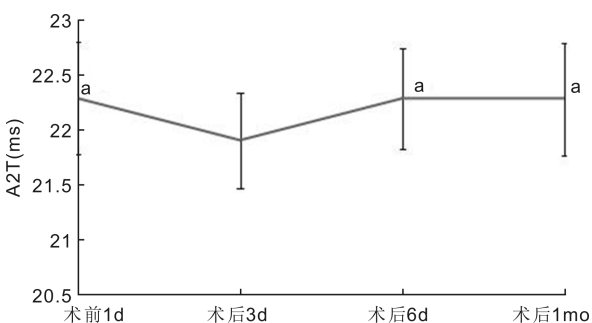


图2 术前术后 A2T 变化 术前1d, 术后3d, 6d, 1mo A2T 均高于术后3d,  $^aP<0.05$  vs 术后3d。

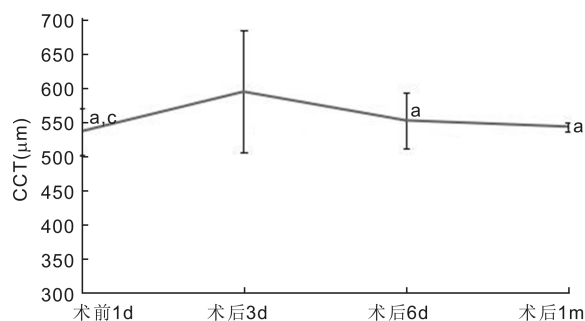


图3 术前术后 CCT 变化 术后3、6d CCT 均较术前1d 显著增加, 角膜厚度在术后3d 达到峰值后逐渐回落, 至术后1mo 恢复术前水平。 $^aP<0.05$  vs 术后3d,  $^cP<0.05$  vs 术后6d。

A2V 下降。本研究则利用 CST 对手术后 1mo 内的变化情况进行研究。我们的研究发现术后 3d A1L 及 CCT 显著上升, A2T 显著下降。术后 6d A1L、A2T 都恢复术前水平, CCT 虽然较术后 3d 显著变薄, 但仍然较术前显著增厚。我们推测术后 3d 由于角膜切口及其他手术损伤造成角膜超微结构改变, 眼球密闭性破坏, 细胞内外含水量增加, 进而导致了角膜水肿及黏弹性下降。术后 6d, 除 CCT 外全部的角膜生物力学参数均恢复术前水平, 这可能与角膜损伤修复尚未完全完成相关。术后 1mo 所

有角膜生物力学指标均恢复术前水平, 这可能暗示术后 1mo 角膜损伤修复基本完成。徐凌霄等<sup>[16]</sup>研究对象采用的透明角膜切口, 主切口于 11:00 位长度 3.0mm, 辅助切口于 2:00 位。Kato 等<sup>[14]</sup>的 59 例患者中 37 例采用 2.8mm 颞侧主切口, 22 例采用 2.8mm 上方角巩膜切口。本研究采用的是 11:00 位 2.4mm 透明角膜主切口。对比术后 1wk 测量的角膜生物力学值, 我们的结果与 Kato 等的研究结果更一致。这可能与我们的研究采用的主切口大小与 Kato 等更接近有关。术后角膜损伤修复是一个连续动态的过程。临床上, 术后 1mo 尤其是 1wk 内患者常常出现明显的视力波动, 这可能与角膜生物力学相关结构和功能改变有关。我们集中关注了术后 1mo 内角膜生物力学情况, 并发现了术后 1mo 内的改变趋势。我们的研究指出术后 1mo 内, 角膜生物力学相关结构和功能经历了从损伤到修复的积极变化过程。角膜生物力学相关参数中 A1L、A2T、CCT 是白内障手术后角膜损伤修复过程中的敏感参数, 可以从一定程度上反映损伤修复的程度。

我们并没有对术后 3mo 等时间点做长期追踪观察,因此术后角膜生物力学指标是否会因为角膜修复的不断进行而再次发生波动,或者角膜组织结构会不会存在过度修复仍有待进一步研究发现。此外,我们的研究应扩大样本量并对角膜生物力学参数与角膜超微结构损伤之间的具体关系,以及与术后角膜屈光改变之间的关系进行深入探索,为角膜生物力学检测成为白内障超声乳化抽吸术的更好辅助手段提供数据。

#### 参考文献

- 1 Bourne RRA, Taylor HR, Flaxman SR, *et al.* Number of People Blind or Visually Impaired by Glaucoma Worldwide and in World Regions 1990 - 2010: A Meta - Analysis. *PLoS One* 2016; 11(10):e0162229
- 2 Lanza M, Iaccarino S, Bifani M. *In vivo* human corneal deformation analysis with a Scheimpflug camera, a critical review. *J Biophotonics* 2016;9(5):464-477
- 3 Kling S, Hafezi F. Corneal biomechanics - a review. *Ophthalmic Physiol Opt* 2017;37(3):240-252
- 4 Anton A, Neuburger M, Jordan JF, *et al.* Alterations in intraocular pressure and the CorVis parameters after LASIK. *Der Ophthalmol* 2016; 114(5):445-449
- 5 Khamar P, Shetty R, Vaishnav R, *et al.* Biomechanics of LASIK Flap and SMILE Cap: A Prospective, Clinical Study. *J Refract Surg* 2019;35(5):324-332
- 6 Guo H, Hosseini - Moghaddam SM, Vaishnav R, *et al.* Corneal biomechanical properties after SMILE versus FLEX, LASIK, LASEK, or PRK: a systematic review and meta - analysis. *BMC Ophthalmol* 2019;19(1):167
- 7 Frings A, Linke S, Bauer E, *et al.* Effects of laser *in situ* keratomileusis (LASIK) on corneal biomechanical measurements with the Corvis ST tonometer. *Clin Ophthalmol* 2015;12(9):305-311
- 8 Yu M, Chen M, Dai J. Comparison of the posterior corneal elevation and biomechanics after SMILE and LASEK for myopia: a short- and long-term observation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2019;257(3):601-606
- 9 Chen M, Yu M, Dai J. Comparison of biomechanical effects of small incision lenticule extraction and laser - assisted subepithelial keratomileusis. *Acta Ophthalmol* 2016;94(7):e586
- 10 Dou R, Wang Y, Xu L, *et al.* Comparison of Corneal Biomechanical

- Characteristics After Surface Ablation Refractive Surgery and Novel Lamellar Refractive Surgery. *Cornea* 2015;34(11):1441-1446
- 11 Hirasawa K, Nakakura S, Nakao Y, *et al.* Changes in corneal biomechanics and intraocular pressure following cataract surgery. *Am J Ophthalmol* 2018;195:26-35
  - 12 Wei YJ, Xu LX, Song H, *et al.* Application of Corvis ST to evaluate the effect of femtosecond laser - assisted cataract surgery on corneal biomechanics. *Exp Ther Med* 2017;14(2):1626-1632
  - 13 Garcia - Porta N, Fernandes P, Queiros A, *et al.* Corneal Biomechanical Properties in Different Ocular Conditions and New Measurement Techniques. *Isrn Ophthalmol* 2014;2014:1-19
  - 14 Kato Y, Nakakura S, Asaoka R, *et al.* Cataract surgery causes biomechanical alterations to the eye detectable by Corvis ST tonometry. *PLoS One* 2017;12(2):e0171941
  - 15 曹丹敏, 王勇, 王世明, 等. 同轴微切口超声乳化白内障吸出术后角膜生物力学变化. *眼科新进展* 2016;36(2):154-157
  - 16 徐凌霄, 魏荫娟, 宋慧. 应用 CorvisST 测量仪评估白内障超声乳化手术前后角膜生物力学的变化. *中华实验眼科杂志* 2018;36(2):140-143
  - 17 Roberts CJ. Concepts and misconceptions in corneal biomechanics. *J Cataract Refract Surg* 2014;40:862-869
  - 18 Elham R, Jafarzadehpour E, Hashemi H, *et al.* Keratoconus diagnosis using Corvis ST measured biomechanical parameters. *J Curr Ophthalmol* 2017;29(3):175-181
  - 19 Rohit S, Nuijts RMMA, Purnima S, *et al.* Understanding the Correlation between Tomographic and Biomechanical Severity of Keratoconic Corneas. *Bio Res Int* 2015;2015:1-9
  - 20 Chen R, Mao X, Jiang J, *et al.* The relationship between corneal biomechanics and anterior segment parameters in the early stage of orthokeratology A pilot study. *Medicine* 2017;96(19):6907
  - 21 Müller PL, Lffler KU, Kohlhaas M, *et al.* Morphologic Corneal Changes after Crosslinking for Keratoconus. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 2017;235(7):809-819
  - 22 Alió JL, Agdeppa MCC, Rodríguez - Prats JL, *et al.* Factors influencing corneal biomechanical changes after microincision cataract surgery and standard coaxial phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(6):890-897
  - 23 Wu Y, Tian L, Huang YF. *In Vivo* Corneal Biomechanical Properties with Corneal Visualization Scheimpflug Technology in Chinese Population. *Bio Res Int* 2016;2016:7840284