

# 长期配戴角膜塑形镜对患者角膜和视觉质量的影响

任美侠, 张国云, 叶璐

引用:任美侠,张国云,叶璐. 长期配戴角膜塑形镜对患者角膜和视觉质量的影响. 国际眼科杂志 2022;22(2):304-308

基金项目:陕西省重点研发计划项目(No.2018SF-066);西安市科技计划项目[No.2019114613YX001SF034(2)]

作者单位:(710004)中国陕西省西安市人民医院(西安市第四医院)眼科

作者简介:任美侠,毕业于第四军医大学,硕士,主治医师,研究方向:近视防控研究。

通讯作者:叶璐,毕业于温州医科大学,硕士,主任医师,眼视光中心主任,研究方向:青少年近视防控及发病机制研究. dryelu@126.com

收稿日期:2021-08-12 修回日期:2021-12-28

## 摘要

**目的:**探讨长期配戴角膜塑形镜对角膜形态、角膜生物力学以及客观视觉质量的影响。

**方法:**回顾性研究。收集2019-10/2020-12在我院配戴角膜塑形镜2a的近视患者33例60眼,其中男19例35眼,女14例25眼,平均年龄 $11.80\pm 1.51$ 岁,平均等效球镜为 $-3.25\pm 0.69$ D。收集患者配戴前和配戴2a时的相关数据资料。利用Pentacam三维眼前节分析系统测量角膜最薄点中心3mm区域前后表面曲率半径(ARC和PRC)、角膜最薄点厚度(THP)、角膜扩张综合偏差分析指数(BADD)。Corvis ST生物力学分析仪测量非接触生物力学校正眼压(bIOP)、最大形变幅度(DA)、最大反向半径(HCR)、顶点和1mm间形变幅度比值(DR)、硬度参数(SPA1)、角膜生物力学参数(CBI)。运用Pentacam与Corvis ST联合诊断系统分析得出断层扫描生物力学指数(TBI)。OQAS-II客观视觉质量分析系统测量调制传递函数截止频率(MTF cutoff)、斯特烈尔比(SR)、客观散射系数(OSI)以及OV值(OV100%、OV20%和OV9%)。对患者配戴角膜塑形镜前和连续配戴角膜塑形镜2a的上述各项参数进行比较。

**结果:**配戴角膜塑形镜2a与配戴前相比ARC增高、THP降低、BADD增高,比较有差异( $t=-9.38, 2.85, -13.08$ , 均 $P<0.05$ ),PRC与配戴前相比无差异( $t=-1.49, P>0.05$ );配戴角膜塑形镜2a与配戴前相比DA增高、HCR降低,比较有差异( $t=-2.37, 2.28$ , 均 $P<0.05$ ),bIOP、DR、SPA1、CBI、TBI分别与配戴前相比无差异( $t=1.36, -1.87, 1.27, -0.95, -1.49$ , 均 $P>0.05$ );配戴角膜塑形镜2a SR较配戴前增高,OV20%和OV9%较配戴前均降低,比较有差异( $t=-5.31, 8.37, 2.34$ , 均 $P<0.05$ ),MTF cutoff、OSI、OV100%与配戴前相比无差异( $t=-1.57, -1.35, 1.11$ , 均 $P>0.05$ )。

**结论:**长期配戴角膜塑形镜改变角膜前表面形态,对角膜生物力学无明显影响,患者日间客观视觉质量提高,而夜

间视觉质量下降。

**关键词:**近视;角膜塑形镜;角膜形态;角膜生物力学;客观视觉质量

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2022.2.25

## Effects of long-term wearing of orthokeratology lens on corneal and visual quality of patients

Mei-Xia Ren, Guo-Yun Zhang, Lu Ye

**Foundation items:** Key Research and Development Program of Shaanxi Province (No. 2018SF-066); Xi'an Science and Technology Project [No.2019114613YX001SF034(2)]

Department of Ophthalmology, Xi'an People's Hospital (Xi'an Fourth Hospital), Xi'an 710004, Shaanxi Province, China

**Correspondence to:** Lu Ye. Department of Ophthalmology, Xi'an People's Hospital (Xi'an Fourth Hospital), Xi'an 710004, Shaanxi Province, China. dryelu@126.com

Received: 2021-08-12 Accepted: 2021-12-28

## Abstract

• **AIM:** To investigate the effects of long-term orthokeratology lens wearing on corneal morphology, corneal biomechanics and objective visual quality.

• **METHODS:** A retrospective study was conducted to collect 33 myopic patients (60 eyes), including 19 males (35 eyes) and 14 females (25 eyes), mean age  $11.80\pm 1.51$  years old, with an average equivalent spherical lens of  $-3.25\pm 0.69$ D, who had been wearing orthokeratology lens for 2a from October 2019 to December 2020 in our hospital. Relevant data were collected before wearing and 2a after wearing. The radius of curvature (ARC and PRC), the thickness of the thinnest cornea (THP) and the index of comprehensive deviation analysis of corneal dilation (BADD) were measured by Pentacam anterior segment analysis system. Corvis ST biomechanical analyzer measured non-contact biomechanical corrected intraocular pressure (bIOP), maximum deformation amplitude (DA), maximum reverse radius (HCR), ratio of deformation amplitude between apex and 1mm (DR), hardness parameters (SPA1), and corneal biomechanical parameters (CBI). The biomechanical index (TBI) of CT scan was obtained by the combined diagnosis system of Pentacam and Corvis ST. OQAS-II objective visual quality analysis system measured modulation transfer function cutoff frequency (MTF cutoff), Stryl ratio (SR), objective scattering coefficient (OSI) and OV value (OV100%, OV20% and OV9%). The above parameters were

compared before and continuously wearing orthokeratoscope for 2a.

• **RESULTS:** After 2a of wearing orthokeratology, ARC increased, THP decreased, and BADD increased ( $t = -9.38, 2.85, -13.08$ ; all  $P < 0.05$ ), while there was no significant difference between PRC and before wearing ( $t = 1.49, P > 0.05$ ). DA increased and HCR decreased compared with before wearing orthokeratology lens ( $t = -2.37, 2.28$ ; all  $P < 0.05$ ), but bIOP, DR, SPA1, CBI and TBI showed no difference ( $t = 1.36, -1.87, 1.27, -0.95, -1.49$ ; all  $P > 0.05$ ). SR was higher than before, OV20% and OV9% were lower than before ( $t = -5.31, 8.37, 2.34$ ; all  $P < 0.05$ ), MTF cutoff, OSI and OV100% had no difference compared with before ( $t = -1.57, -1.35, 1.11$ ; all  $P > 0.05$ ).

• **CONCLUSION:** Long-term wearing of orthokeratology lens changed the morphology of the anterior corneal surface, but had no significant effect on the corneal biomechanics, and the objective visual quality of patients was improved during the day, but decreased at night.

• **KEYWORDS:** myopia; orthokeratology lens; corneal morphology; corneal biomechanics; objective visual quality

**Citation:** Ren MX, Zhang GY, Ye L. Effects of long-term wearing of orthokeratology lens on corneal and visual quality of patients. *Guoji Yanke Zazhi(Int Eye Sci)* 2022;22(2):304-308

## 0 引言

近年来,我国儿童青少年近视呈现高发和低龄化的趋势,近视已成为危害我国儿童青少年视觉健康的重要公共卫生问题。目前研究证实角膜塑形镜(orthokeratology, Ortho-K镜,俗称OK镜)在延缓青少年近视发展及矫正日间视力方面获得肯定的效果,并且在临床上的应用日益广泛<sup>[1-3]</sup>。然而在角膜塑形过程中,角膜表面不规则性增加和过夜配戴,不可避免的出现角膜形态、角膜生物力学及视觉质量的相关问题。本研究对来我院门诊就诊的33例近视患者,配戴角膜塑形镜前和配戴角膜塑形镜2a角膜形态、角膜生物力学以及客观视觉质量的各项相关参数进行对比研究,研究结果报道如下。

## 1 对象和方法

**1.1 对象** 回顾性研究。收集2019-10/2020-12配戴角膜塑形镜满2a来我院复查的近视患者,共33例60眼,其中男19例35眼,女14例25眼,平均年龄 $11.80 \pm 1.51$ 岁,平均等效球镜为 $-3.25 \pm 0.69$ D。纳入标准:(1)2a前经我院门诊检查符合验配条件给予配戴夜戴型角膜塑形镜(四弧段设计常规片)并于配戴1a时按时换片(同为四弧段设计常规片);(2)年龄10~15周岁,男女不限;(3)原始近视等效球镜度数为 $-1.00 \sim -5.75$ D,顺规散光 $\leq 1.50$ D,逆规散光 $\leq 1.00$ D;(4)配戴前已行Pentacam三维眼前节分析系统、Corvis ST角膜生物力学分析仪及OQAS-II客观视觉质量分析系统三项检查;(5)连续配戴角膜塑形镜2a,中途无连续超过2wk停戴史,夜戴每晚8h;(6)所有患者最佳矫正视力和配戴角膜塑形镜后裸眼视力 $\geq 1.0$ 。排除标准:配戴不满2a、中途停戴史超过2wk、有全身及眼部其他疾病、有眼外伤和(或)眼部手术史。本研究通过我院伦理委员会审查,所有受试者均签署知情同意书。

**1.2 方法** 对符合上述纳入标准的患者进行专科检查包

括视力、眼压、裂隙灯眼底等,并再次行Pentacam三维眼前节分析系统、Corvis ST角膜生物力学分析仪及OQAS-II客观视觉质量分析系统三项检查。比较配戴角膜塑形镜前和配戴2a上述相关参数变化情况。

Pentacam三维眼前节分析系统是一种基于Scheimpflug成像原理进行眼前节成像和测量分析的仪器,可得到角膜前后表面地形、高度变化、角膜厚度及厚度分布曲线变化等,计算高度差,从而对这三者进行定量测量,还对瞳孔直径、前房及前房角等参数进行测量,能够较全面的反应整体角膜形态学参数。本研究观察指标包括角膜最薄点中心3mm区域前后表面曲率半径(ARC和PRC)、角膜最薄点厚度(THP)、角膜扩张综合偏差分析指数(BADD),见表1。

Corvis ST角膜生物力学分析仪采用非接触式气冲印压技术引起角膜向内压陷形变,测量时,空气脉冲呈中心轴对称作用于角膜,角膜发生形变向内凹陷,凹陷过程中角膜达到第一次压平状态,随后角膜继续内陷,达到最大压陷状态,随气流脉冲减弱消失、眼压作用及角膜应力作用下,角膜开始回弹,在此过程中角膜经历第二次压平状态,之后恢复到初始状态,整个过程大约持续30ms,此阶段,高速Scheimpflug相机记录140帧角膜形变的断层图像,通过系统软件分析角膜形变过程参数,计算出角膜生物力学相关参数并综合计算出抗形变参数DR和硬度参数SPA1。Corvis ST和Pentacam三维眼前节成像技术联合诊断系统(CP组合)是Corvis ST角膜生物力学联合Pentacam角膜地形图诊断系统,该系统可以将Corvis ST和Pentacam两种设备数据进行联合分析,得到更为全面角膜形态生物力学综合参数TBI,见表2。

OQAS-II客观视觉质量分析系统可客观地评价人眼视觉成像质量,其中调制传递函数(MTF cutoff)是目前反映眼光学质量的常用指标,其值越大表明视觉质量越佳;斯特列尔比(SR)是有像差光学系统的点扩散函数峰值与理想光学系统点扩散函数峰值的比,SR值越大表示成像质量越好;客观散射系数(OSI)可单独反映眼内散射程度;OV值可直观地反映视网膜成像的客观视力,OV100%、OV20%和OV9%分别为客观对比度为100%、20%、9%的视网膜成像客观视力,见表3。

统计学分析:采用SPSS24.0统计学软件包对研究数据进行统计分析。各参数值用 $\bar{x} \pm s$ 表示,配戴角膜塑形镜前后的同一参数的比较采用配对样本 $t$ 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 角膜形态学变化** 配戴角膜塑形镜2a与配戴前相比ARC增高、THP降低,差异均有统计学意义( $t = -9.38, 2.85$ ,均 $P < 0.05$ );PRC与配戴前相比差异无统计学意义( $t = -1.49, P > 0.05$ ),见表4。

**2.2 角膜生物力学变化** 配戴角膜塑形镜2a与配戴前相比DA增高、HCR降低,差异均有统计学意义( $t = -2.37, 2.28$ ,均 $P < 0.05$ );配戴角膜塑形镜前后bIOP、DR、SPA1、CBI、TBI差异均无统计学意义( $t = 1.36, -1.87, 1.27, -0.95, -1.49$ ,均 $P > 0.05$ ),见表5。

**2.3 客观视觉质量变化** 配戴角膜塑形镜2a与配戴前相比SR增高、OV20%和OV9%降低,差异均有统计学意义( $t = -5.31, 8.37, 2.34$ ,均 $P < 0.05$ );而MTF cutoff、OSI、OV100%与配戴前相比差异均无统计学意义( $t = -1.57, -1.35, 1.11$ ,均 $P > 0.05$ ),见表6。

表1 角膜形态参数规定值及临床意义

参数	正常值	异常值及临床意义
ARC(mm)	7.34~8.65	该值越大,表明角膜前表面越平坦;该值越小,表明角膜前表面越陡峭
PRC(mm)	6.22~6.80	该值越大,表明角膜后表面越平坦;该值越小,表明角膜后表面越陡峭
THP(μm)	500~550	>600μm 为角膜厚;对于眼压的测量有一定影响,提示角膜水肿等角膜疾病; <450μm 为角膜薄,提示角膜扩张或其他角膜疾病
BADD	<1.60	1.60~3.00 为临界状态;>3.00 为扩张性角膜疾病

注:ARC:前表面曲率半径;PRC:后表面曲率半径;THP:角膜最薄点厚度;BADD:角膜扩张综合偏差分析指数。以上异常值均需结合临床综合判定其意义。

表2 角膜生物力学参数规定值及临床意义

参数	正常值	异常值及临床意义
DR	以4.3为中点的正态分布	5.0~5.40 临界;≥5.4 角膜抗形变异常
SPA1	以105为中点的正态分布	66~90 临界;≤66 角膜硬度异常
CBI	≤0.25	0.25~0.50 临界;≥0.50 异常
TBI	≤0.25	0.25~0.70 临界;≥0.70 异常

注:DR:顶点和1mm间形变幅度比值(抗形变参数);SPA1:硬度参数;CBI:角膜生物力学参数;TBI:角膜形态生物力学综合指数。

表3 客观视觉质量参数规定值及临床意义

参数	正常值	异常值及临床意义
MTF cutoff	35~45	<30,提示视觉质量不良
SR	>0.20	<0.20,提示视觉质量欠佳
OSI	<2	2~4 临界;>4 提示眼内客观散射大
OV100%	≥1.0	数值越小,提示对比度视力越差
OV20%	≥1.0	数值越小,提示对比度视力越差
OV9%	≥1.0	数值越小,提示对比度视力越差

注:MTF cutoff:调制传递函数截止频率;SR:斯特烈尔比;OSI:客观眼内散射系数;OV值(OV100%、OV20%和OV9%):客观对比度为100%、20%、9%的视网膜成像客观视力。

表4 配戴角膜塑形镜前后角膜形态参数变化

时间	ARC(mm)	PRC(mm)	THP(μm)	BADD
配戴前	7.84±0.21	6.34±0.20	553.43±26.39	1.22±0.19
配戴2a	8.23±0.22	6.41±0.23	538.44±27.38	1.65±0.24
<i>t</i>	-9.38	-1.49	2.85	-13.08
<i>P</i>	<0.05	>0.05	<0.05	<0.05

注:ARC:前表面曲率半径;PRC:后表面曲率半径;THP:角膜最薄点厚度;BADD:角膜扩张综合偏差分析指数。

表5 配戴角膜塑形镜前后角膜生物力学参数变化

时间	bIOP(mmHg)	DA(mm)	HCR(mm)	DR	SPA1	CBI	TBI
配戴前	15.43±2.96	1.09±0.37	5.62±0.72	2.87±0.38	110.45±9.29	0.11±0.03	0.11±0.05
配戴2a	14.70±2.75	1.24±0.43	5.33±0.68	3.01±0.42	108.39±9.23	0.11±0.05	0.12±0.04
<i>t</i>	1.36	-2.37	2.28	-1.87	1.27	-0.95	-1.49
<i>P</i>	>0.05	<0.05	<0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

注:bIOP:非接触生物力学校正眼压;DA:最大压陷状态角膜顶点间垂直距离即最大形变幅度;HCR:最大压陷状态角膜反向曲率半径;DR:顶点和1mm间形变幅度比值;SPA1:硬度参数;CBI:角膜生物力学参数;TBI:角膜形态生物力学综合指数。

表6 配戴角膜塑形镜前后视觉质量参数变化

时间	MTF cutoff	SR	OSI	OV100%	OV20%	OV9%
配戴前	36.26±7.43	0.17±0.05	0.98±0.35	1.21±0.34	0.98±0.18	0.63±0.14
配戴2a	38.43±8.35	0.22±0.05	1.08±0.37	1.16±0.29	0.76±0.13	0.56±0.16
<i>t</i>	-1.57	-5.31	-1.35	1.11	8.37	2.34
<i>P</i>	>0.05	<0.05	>0.05	>0.05	<0.05	<0.05

注:MTF cutoff:调制传递函数截止频率;SR:斯特烈尔比;OSI:客观散射系数;OV值(OV100%、OV20%和OV9%):客观对比度为100%、20%、9%的视网膜成像客观视力。



### 3 讨论

控制儿童青少年近视进展是目前视光领域研究的热点,临床上有很多尝试包括渐进多焦点框架眼镜、周边离焦框架眼镜、多焦点软性角膜接触镜、多焦点硬性角膜接触镜、角膜塑形镜等。其中角膜塑形镜在近视控制的临床效果方面已得到公认。角膜塑形镜是一种特殊反几何设计的硬性透气性角膜接触镜,通过夜间配戴暂时性改变角膜的屈光力,矫正近视,使其获得正常日间生活视力。由于角膜塑形镜使中央角膜变平,旁中央角膜变陡引起角膜屈光的改变,从而在矫正中央屈光度的同时减少周边视网膜的远视性离焦,进而减缓眼轴增长,以达到控制近视的目的<sup>[4-5]</sup>。

配戴角膜塑形镜引起角膜形态的改变随着戴镜时间有所变化。配戴 1wk 时角膜前表面曲率与配戴前相比无明显差异,而在配戴角膜塑形镜 1mo 时角膜前表面曲率变平,且配戴 1a 时其曲率较配戴前仍明显偏平<sup>[6-10]</sup>。Kim 等<sup>[11]</sup>发现,配戴角膜塑形镜之后,上皮厚度在中央处减少了 16%,在中间周边处增加了 5.1%。中央部角膜厚度在戴镜第 1d 由于中央区角膜上皮层移位变薄,而角膜基质层增厚,这样一增一减使得中央角膜厚度略微增厚,在配戴第 7d,由于角膜上皮层进一步位移变薄,而基质层较戴镜后第 1d 厚度变化不大,出现厚度变薄<sup>[12-13]</sup>。而对配戴 2a 后角膜形态变化的研究较少。本研究通过回顾性分析配戴角膜塑形镜 2a 的临床资料,发现配戴角膜塑形镜 2a 后角膜前表面曲率较配戴前仍偏平,最薄点中央区角膜厚度与配戴前相比变薄,差异有统计学意义。提示角膜塑形镜引起的角膜形态变化可持续存在,分析原因主要与角膜塑形镜内表面逆几何设计相关。也有研究<sup>[14]</sup>显示,长期配戴角膜塑形镜后,角膜的这一形态改变会比较稳定,即使停戴角膜塑形镜,角膜的形态也不会立刻恢复到戴镜前水平,而是在一段时间内逐步向戴镜前形态靠近,停戴一定时间后,角膜形态可恢复到戴镜前水平。角膜中央厚度的改变是可逆的,停止戴镜 3mo 后,角膜形态和中央角膜厚度会恢复到原始状态<sup>[15-16]</sup>。本研究中伴随角膜前表面平坦化以及角膜中央厚度变薄,角膜扩张综合偏差分析指数 BADD 也较配戴前增高,这可能和角膜中央厚度变薄有关,但是对于停戴一段时间后该指数是否可恢复到原始状态目前研究尚少,本课题组将后续持续关注研究。

角膜生物力学反映角膜抵抗外力产生形变的能力。以往的角膜生物力学研究主要通过眼反应分析仪(ocular response analyzer, ORA),观察指标为角膜滞后(corneal hysteresis, CH)和角膜阻力因子(corneal resistance factor, CRF)。CH 反映了在瞬时施加外力后角膜组织恢复其原始形状的能力。由于 ORA 可提供的临床可用参数较少,其临床价值正逐步被可视化角膜生物力学分析仪(corneal visualization scheimpflug technology tonometer, Corvis ST)所取代。Bueno-Gimeno 等<sup>[17]</sup>发现角膜滞后和角膜阻力因子与中央角膜厚度呈正相关,与眼轴长度呈负相关。配戴角膜塑形镜后角膜滞后和角膜阻力因子在戴镜 1d 即开始下降<sup>[18-19]</sup>,在戴镜 1mo 后开始逆转,并在 3mo 的随访后恢复到原来的水平<sup>[20]</sup>。以往对配戴角膜塑形镜后角膜生物力学的研究大多观察其短期影响。本研究结果显示配戴角膜塑形镜 2a 后在最大压陷状态下,角膜最大形变幅度增

大、反向曲率半径减小。提示在角膜受到外力后在最大幅度瞬时抗形变能力下降,这可能与角膜中央厚度变薄有关。由于角膜生物力学测定是连续形变和回弹的过程,本研究中反映角膜在受到外力作用后从形变到回弹过程中整体抗形变能力和角膜硬度参数均较配戴前无改变,综合角膜生物力学参数 CBI 较配戴前无变化。结合角膜扩张指数和生物力学参数综合分析得出角膜形态生物力学综合指标较戴镜前也无改变。结合以上得出在配戴角膜塑形镜初期角膜的生物力学下降,随着配戴时间延长角膜重新塑形稳定后,角膜生物力学可恢复到配戴前初始水平,长期配戴角膜塑形镜是安全的。

尽管角膜塑形镜能提高患者白天的裸眼视力,但由于在角膜塑形过程中,角膜表面不规则性增加和过夜配戴不可避免的出现一系列视觉质量相关问题。多项研究<sup>[21-23]</sup>发现,配戴角膜塑形镜 1wk 后患者眼球的总像差降低,而高阶像差、三阶像差及四阶像差均有不同程度的增加,且基线近视度数越高的患者出现这种症状的比例越大<sup>[24]</sup>。本研究通过对比配戴角膜塑形镜前和戴镜 2a 后的视觉质量参数,发现长期配戴角膜塑形镜后,患者总体客观视觉质量参数 MTF cutoff 较配戴前无改变,而另一项视觉质量参数 SR 较配戴前提高,提示长期配戴角膜塑形镜后对日间视觉质量有所提高,推测这种提高和配戴角膜塑形镜后白天屈光度降低有关;配戴前后眼内客观散射无变化,说明配戴角膜塑形镜对眼内屈光间质无影响;本研究还发现视网膜客观视力在低对比度时较配戴前明显降低,这一结果可解释部分患者暗处适应、夜间光圈、夜间视力欠佳、眩光等症状,而低对比度客观视力的降低持续存在,在停戴角膜塑形镜后是否可以恢复以及多久可恢复到原始状态等问题,本课题组将会持续关注。

综上所述,长期配戴角膜塑形镜改变角膜前表面形态,对角膜生物力学无明显影响,患者日间客观视觉质量提高,夜间视觉质量下降。配戴角膜塑形镜过程中,由于不可避免的接触角膜组织,其安全问题不容忽视,需要长期的严密随访观察,以确保其在控制儿童青少年近视过程中更加安全有效。

#### 参考文献

- Sun Y, Xu F, Zhang T, et al. Orthokeratology to control myopia progression: a meta-analysis. *PLoS One* 2015;10(4):e0124535
- Guan M, Zhao W, Geng Y, et al. Changes in axial length after orthokeratology lens treatment for myopia: a meta-analysis. *Int Ophthalmol* 2020;40(1):255-265
- Zhu MJ, Feng HY, He XG, et al. The control effect of orthokeratology on axial length elongation in Chinese children with myopia. *BMC Ophthalmol* 2014;14:141
- Jun SY, Kim HK, Kim CW, et al. Long-term effect of orthokeratology lenses on axial length elongation in myopia: 2-3 years follow-up study. *J Korean Ophthalmol Soc* 2020;61(8):897-904
- Chen Z, Xue F, Zhou J, et al. Effects of orthokeratology on choroidal thickness and axial length. *Optom Vis Sci* 2016;93(9):1064-1071
- 李彬, 洪萌, 晁小蕊, 等. 青少年近视患者配戴夜戴型角膜塑形镜对视力及角膜形态变化的影响. *河南大学学报(医学版)* 2018;37(4):284-286
- 刘明珠, 李双双, 崔静, 等. 青少年长期佩戴角膜塑形镜治疗近视的疗效观察. *中国斜视与小儿眼科杂志* 2018;26(3):10-12
- 任立群. 青少年近视患者配戴夜戴型角膜塑形镜对角膜曲率、角膜

厚度和眼轴长度影响分析. 临床医药文献电子杂志 2018;5(37):73

9 李发标, 麦雪焯, 肖泽锋, 等. 夜戴型角膜塑形镜治疗青少年近视的效果观察. 白求恩医学杂志 2017;15(3):278-279

10 张进, 冯江松. 角膜塑形镜矫正近视的疗效及并发症情况. 国际眼科杂志 2017;17(4):724-726

11 Kim WK, Kim BJ, Ryu IH, *et al.* Corneal epithelial and stromal thickness changes in myopic orthokeratology and their relationship with refractive change. *PLoS One* 2018;13(9):e0203652

12 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 ( Baltimore )* 2017; 96(19):e6907

13 Li F, Jiang ZX, Hao P, *et al.* A meta-analysis of central corneal thickness changes with overnight orthokeratology. *Eye Contact Lens* 2016; 42(2):141-146

14 赵可浩, 陆文秀, 王文萃, 等. 配戴一年以上的夜用角膜塑形镜停戴后角膜参数的变化. 眼科 2016;25(5):306-309

15 杨丽娜, 郭曦, 谢培英. 角膜塑形镜停戴后屈光状态和角膜形态的观察. 中华眼科杂志 2015;51(3):178-182

16 廖洪君, 熊芬, 廖洪斐, 等. 角膜塑形镜对角膜影响的研究现状与进展. 中华眼视光学与视觉科学杂志 2020;22(6):476-480

17 Bueno-Gimeno I, Martínez-Albert N, Gené-Sampedro A, *et al.*

Anterior segment biometry and their correlation with corneal biomechanics in Caucasian children. *Curr Eye Res* 2019;44(2):118-124

18 Chen D, Lam AK, Cho P. A pilot study on the corneal biomechanical changes in short-term orthokeratology. *Ophthalmic Physiol Opt* 2009;29(4):464-471

19 Nieto - Bona A, González - Mesa A, Villa - Collar C, *et al.* Biomechanical properties in corneal refractive therapy during adaptation period and after treatment interruption: a pilot study. *J Optom* 2012;5(4):164-170

20 毛欣杰, 黄橙赤, 陈琳, 等. 角膜塑形术治疗近视眼安全性的探讨. 中华眼科杂志 2010;46(3):209-213

21 唐文婷, 刘娟, 田美, 等. 角膜塑形镜对青少年近视的视觉质量影响研究. 国际眼科杂志 2019;19(11):1931-1935

22 Ayano Y, Osamu H, Yo N, *et al.* Influence of higher order aberrations on myopia progression during orthokeratology lens wear. *Jap J Vis Sci* 2021;42(3):45-49

23 Hiraoka T, Okamoto C, Ishii Y, *et al.* Contrast sensitivity function and ocular higher-order aberrations following overnight orthokeratology. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007;48(2):550-556

24 Stillitano I, Schor P, Lipener C, *et al.* Long-term follow-up of orthokeratology corneal reshaping using wavefront aberrometry and contrast sensitivity. *Eye Contact Lens* 2008;34(3):140-145