

· 临床研究 ·

Toric 设计角膜塑形镜对伴轻中度散光青少年近视的控制效果评估

马雅娟¹ 高建波¹ 肖巍¹ 陈林秀¹ 徐雯²¹浙江省荣军医院眼科, 嘉兴 314000; ²浙江大学医学院附属第二医院眼科中心, 杭州 310009

马雅娟为浙江大学医学院在职研究生

通信作者: 徐雯, Email: xuwen2003@zju.edu.cn

【摘要】 目的 评估 Toric 设计角膜塑形镜对伴轻中度散光青少年近视的控制效果。方法 采用非随机对照临床研究方法, 收集 2016 年 1 月至 2017 年 6 月在浙江省荣军医院眼科经扩瞳电脑验光证实为伴轻中度散光的青少年近视且进行角膜塑形镜矫正者 80 例 160 眼, 根据角膜塑形镜设计方式不同将患者分为球面角膜塑形镜组和 Toric 角膜塑形镜组, 每组 40 例 80 眼。2 个组患者每晚配戴角膜塑形镜 8~10 h, 配戴后 1 d、1 周、1 个月、3 个月、6 个月、12 个月和 18 个月复诊, 观察并比较 2 个组患者配戴过程中的不良反应发生情况; 配戴后 12 个月, 测量并比较 2 个组患者的裸眼视力和角膜地形图中塑形矫治区偏心值; 配戴 18 个月后 2 个组患者均停戴角膜塑形镜 1 个月, 再扩瞳验光行屈光状态、IOLMaster 和角膜地形图检查, 测量并比较 2 个组治疗后等效球镜度数、眼轴长度和散光度数差异。结果 2 个组患者配戴角膜塑形镜后 12 个月, Toric 角膜塑形镜组塑形矫治区偏心量为 (0.86 ± 0.23) mm, 明显小于球面角膜塑形镜组的 (1.16 ± 0.44) mm, 差异有统计学意义 ($t=5.404, P<0.001$); Toric 角膜塑形镜组裸眼视力为 (0.03 ± 0.08) LogMAR, 明显好于球面角膜塑形镜组的 (0.09 ± 0.10) LogMAR, 差异有统计学意义 ($t=2.963, P=0.004$)。配戴后 18 个月, Toric 角膜塑形镜组等效球镜度数和眼轴长度均小于球面角膜塑形镜组, 差异均有统计学意义 ($t=2.542, 2.107$, 均 $P<0.05$), 2 个组散光度数比较差异无统计学意义 ($t=0.821, P=0.413$)。随访 18 个月, 发生不良反应者共 18 眼, 均为角膜上皮点状混浊, Toric 角膜塑形镜组不良反应发生率为 6.26% (5/80), 明显低于球面角膜塑形镜组的 16.25% (13/80), 差异有统计学意义 ($\chi^2=3.897, P=0.048$)。结论 配戴 Toric 设计的角膜塑形镜对伴轻中度散光青少年近视的控制效果较球面设计角膜塑形镜更好, 不良反应更少, 能更好地解决常规球面设计角膜塑形镜塑形偏位的情况。

【关键词】 近视, 青少年/治疗; 散光/治疗; 角膜塑形术; 治疗效果; Toric 设计**基金项目:** 嘉兴市科学技术局科技计划项目 (2020AD30007)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20190311-00111

Evaluation of the effect of Toric design orthokeratology on myopia in adolescents with mild and moderate astigmatism

Ma Yajuan¹, Gao Jianbo¹, Xiao Wei¹, Chen Linxiu¹, Xu Wen²¹Department of Ophthalmology, Zhejiang Rongjun Hospital, Jiaxing 314000, China; ²Eye Center, Affiliated Second Hospital, School of Medicine, Zhejiang University, Hangzhou 310009, China

Ma Yajuan is the on-the-job graduate student at Zhejiang University School of Medicine

Corresponding author: Xu Wen, Email: xuwen2003@zju.edu.cn

【Abstract】 Objective To evaluate the clinical effect of Toric design orthokeratology in myopic teenagers with mild-to-moderate astigmatism. **Methods** A non-randomized controlled clinical study was conducted. Eighty juvenile myopia patients (160 eyes) diagnosed with mild to moderate astigmatism with myopia after mydriatic computer optometry and received the treatment of orthokeratology at Zhejiang Rongjun Hospital from January 2016 to June 2017 were enrolled. The patients were divided into regular spherical design orthokeratology group and Toric design orthokeratology group, with 80 eyes (40 cases) in each group. The patients wore orthokeratology for 8 to 10 hours every night and were re-examined at 1 day, 1 week and 1, 3, 6, 12 and 18 months after wearing, respectively. The visual acuity, refraction, corneal health status and central deviation of the treatment area in the corneal topography map were measured and recorded during the 18-month treatment. The complications during treatment were recorded. After

12-month wearing, the uncorrected visual acuity and the center deviation of the treatment area were compared between the two groups. After 18-month wearing, patients in the two groups stopped wearing the orthokeratology lens for 1 month, and then the refraction examination, IOLMaster and corneal topography were performed to compare the spherical equivalent, axial length and degree of astigmatism. This study protocol adhered to the Declaration of Helsinki and was approved by an Ethics Committee of Zhejiang Rongjun Hospital (No. 2020-10). Written informed consent was obtained from guardians prior to any medical examination. **Results** After 12-month wearing, the center deviation of the shaping treatment area was (0.86 ± 0.23) mm in the Toric design orthokeratology group, which was significantly lower than (1.16 ± 0.44) mm in the regular spherical design orthokeratology group ($t = 5.404, P < 0.001$). After 12-month wearing, the uncorrected visual acuity was (0.03 ± 0.08) LogMAR in the Toric design orthokeratology group, which was significantly higher than (0.09 ± 0.10) LogMAR in the regular spherical design orthokeratology group ($t = 2.963, P = 0.004$). The spherical equivalent and the axial length of Toric design orthokeratology group were significantly smaller than those of the regular spherical design orthokeratology group ($t = 2.542, 2.107$; both at $P < 0.05$), and there was no statistically significant difference in the degree of astigmatism between the two groups ($t = 0.821, P = 0.413$). During the 18-month follow-up, the adverse reaction, punctate corneal epithelial opacity, occurred in 18 eyes. The incidence of adverse effect was 6.26% (5/80) in the Toric design orthokeratology group, which was significantly lower than the 16.25% (13/80) in the regular spherical design orthokeratology group ($\chi^2 = 3.897, P = 0.048$). **Conclusions** The Toric design orthokeratology shows better efficacy in myopia control as well as reducing the adverse reaction rate in juvenile myopia, and it can better solve the deviation in corneal shaping in the use of regular spherical design orthokeratology.

[Key words] Myopia, juvenile/therapy; Astigmatism/therapy; Orthokeratologic procedure; Treatment outcome; Toric design

Fund program: Jiaxing Science and Technology Planning Project (2020AD30007)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20190311-00111

近视是影响青少年身心健康成长的重要因素之一。近视的发生机制目前仍未完全清楚。除遗传因素外,调节功能不足、环境因素、周边视网膜远视性离焦和形觉剥夺等可能在近视的发生和发展中扮演着重要角色^[1]。Pauné 等^[2]研究发现,配戴角膜塑形镜可以减少近视眼的周边视网膜远视离焦量,从而控制近视发展。临床上,伴有角膜散光的近视患者使用常规设计的角膜塑形镜经常出现偏位问题,影响裸眼视力及控制近视的效果^[3]。随着角膜塑形镜设计技术、高透氧性材料的不断进步,角膜塑形术得到了重大发展。研究表明使用 Toric 设计镜片可有效改善中高度角膜散光眼的配适,减少角膜散光及摘镜后出现的视觉不适症状,提高近视与散光的角膜塑形效果,改善视觉质量^[4]。但 Toric 设计角膜塑形镜对于伴有轻中度散光近视患者的控制效果尚不清楚。本研究拟对比分析 Toric 设计与常规球面设计角膜塑形镜对伴有轻中度散光青少年近视的控制效果,为临床验配角膜塑形镜时方案的选择提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用非随机对照临床研究方法,收集 2016 年 1 月至 2017 年 6 月在浙江省荣军医院眼科就诊的青少年

近视患者 80 例 160 眼,其中男 39 例 78 眼,女 41 例 82 眼。病例纳入标准:(1)年龄 8~18 岁;(2)裸眼视力 0.1~0.6,矫正视力 ≥ 1.0 ;(3)扩瞳电脑验光散光度数为 $-0.75 \sim -1.75$ D,界定为轻中度散光^[5],等效球镜度数为 $-1.5 \sim -4.0$ D,角膜地形图检查显示前表面轴向图在 8 mm 弦长处陡峭及平坦子午线的角膜曲率差 ≥ 1.5 D;(4)能理解角膜塑形镜矫正后的视力具有可逆性;(5)具备良好的依从性,年龄 < 12 岁者有家长监护;(6)对角膜塑形镜护理液成分无变态反应史;(7)患者和家长了解角膜塑形镜治疗的利弊。排除标准:(1)变态反应体质者;(2)瞳孔直径 > 6 mm 者;(3)有急性或慢性眼部炎症、圆锥角膜、角膜上皮或内皮细胞病变、眼睑闭合不全等眼部疾病者;(4)合并有严重心脏、肝脏、肾脏等全身系统性疾病者。根据选择配戴角膜塑形镜类型的不同将患者分为球面角膜塑形镜组和 Toric 角膜塑形镜组,每组 40 例 80 眼,其中球面角膜塑形镜组男 19 例 38 眼,女 21 例 42 眼,年龄 8~18 岁,平均 (13.87 ± 3.79) 岁;Toric 角膜塑形镜组男 20 例 40 眼,女 20 例 40 眼,年龄 8~17 岁,平均 (13.67 ± 3.91) 岁。2 个组患者性别构成比、年龄、裸眼视力、等效球镜度数、散光度数、角膜地形图前表面角膜曲率差及眼轴长度比较,差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$) (表 1)。本研究遵循《赫尔辛基宣言》,研究方案经浙江省

表 1 2 个组患者基线资料比较
Table 1 Comparison of baseline data between the two groups

组别	例数/ 眼数	性别构成比 ^a (男/女, <i>n</i>)	年龄 ^b (mean±SD, 岁)	裸眼视力 ^b (mean±SD, LogMAR)	等效球镜度数 ^b (mean±SD, D)	散光度数 ^b (mean±SD, D)	角膜地形图前表面 角膜曲率差 ^b (mean±SD, D)	眼轴长度 ^b (mean±SD, mm)
球面角膜塑形镜组	40/80	19/21	13.87±3.79	0.51±0.19	-3.11±1.21	-1.03±0.38	1.62±0.26	24.93±0.98
Toric 角膜塑形镜组	40/80	20/20	13.67±3.91	0.49±0.23	-3.07±1.20	-1.12±0.29	1.70±0.19	24.87±0.95
χ^2/t 值		0.050	0.232	0.424	0.148	1.191	1.571	0.278
<i>P</i> 值		0.823	0.817	0.673	0.882	0.237	0.120	0.782

注:(a: χ^2 检验;b:独立样本 *t* 检验) 角膜地形图前表面角膜曲率差为角膜地形图显示的前表面轴向图在 8 mm 弦长处的陡峭及平坦子午线的曲率差

Note:(a: χ^2 test;b:Independent samples *t*-test) The front surface curvature difference of the topographic map was the curvature difference between the steep and flat meridians at the string length of 8 mm in the front axial topographic map

荣军医院伦理委员会审核批准[批文号:2020 伦审研第(10)号],所有受检者监护人均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 镜片验配

依据角膜地形图(Keratograph 5M, 德国 Oculus 公司)、小孔电脑验光(KR8800, 日本 Topcon 公司)、扩瞳电脑验光(扩瞳方法:质量分数 0.5% 复方托吡卡胺滴眼液点眼,每 5~10 min 1 次,每次 1 滴,共点 3 次,20 min 后检查)检查结果,球面角膜塑形镜组和 Toric 角膜塑形镜组分别试戴基弧适宜的常规球面设计角膜塑形镜试戴片和 Toric 设计角膜塑形镜试戴片(Boston Equalens II, 中国台湾亨泰光学股份有限公司),试戴后 30 min 在裂隙灯显微镜下对患者行角膜荧光素染色,观察镜片的适配状态,评估镜片的运动范围为 0.5~1.0 mm,角膜中心的接触面积为 3.0~4.0 mm²,在反转弧上有 1.0~2.0 mm 泪液环,在周弧上有 0.5~1.0 mm 泪液环为良好适配状态^[6]。所有患者均得到良好适配的情况下,配戴试戴片进行电脑验光,根据验光结果进行插片,矫正视力 1.0 以上,最终确定角膜塑形镜的参数。

1.2.2 随访观察

指导患者及家长正确配戴角膜塑形镜,正确使用护理液及舒润液,按规定时间复诊,如有眼部不适随时复诊,每晚配戴 8~10 h;2 个组患者分别于配戴后 1 d、1 周、1 个月、3 个月、6 个月、12 个月和 18 个月复诊,行裸眼视力及最佳矫正视力、裂隙灯显微镜、角膜地形图检查,了解患者配戴过程中的情况并及时指导患者规范配戴和护理。在配戴 12 个月时测量 2 个组患者的裸眼视力和角膜地形图中塑形矫治区偏心量,塑形矫治区偏心量为角膜地形图前表面切向曲率图中塑形矫治区中心与角膜顶点的距离^[7]。配戴 18 个月后 2 个组患者均停戴角膜塑形镜 1 个月,扩瞳后行电脑验光检查等效球镜度数及散光度数,等效球镜度数为扩瞳电脑验光后球镜度数与 1/2 柱镜度

数之和,散光度数为扩瞳电脑验光后柱镜度数,并行眼轴长度(IOLMaster 500, 德国 Carl Zeiss 公司)及角膜地形图检查。

1.2.3 不良反应监测

戴镜期间每次复查采用裂隙灯显微镜检查有无角膜点染、上皮脱落、角膜炎和结膜炎等不良反应。角膜荧光素染色检查方法为采用妥布霉素滴眼液湿润但无多余残留药液的荧光素试纸接触下睑结膜,患者瞬目 3~4 次使荧光素涂布于眼表,裂隙灯显微镜下行角膜荧光素染色评估,根据 CCLRU 分级,角膜染色可分为 5 级:0 级为无点状染色或在细致检查下仅见数个点状染色;I 级为有轻微划损或散在点状染色稍多;II 级为点状染色分布较密,伴有轻度不适;III 级为有小片上皮缺损,刺激症状较明显;IV 级为有较大片上皮缺损,刺激症状重^[8]。出现 0~I 级情况,停戴角膜塑形镜 1 d,第 2 天复查角膜染色阴性方可复戴,出现 II 级以上情况,需停戴角膜塑形镜 3 d 及以上,妥布霉素滴眼液及人表皮生长因子滴眼液点眼,待角膜上皮完全恢复,染色为 0 级方可复戴,若同一患者反复出现 II 级以上情况,判断患者戴镜情况,适配不佳者适当更改角膜塑形镜设计参数,更改参数后仍反复出现 II 级以上情况者考虑不适合配戴角膜塑形镜则定为排除病例。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 18.0 统计学软件进行统计分析。计量资料的数据经 Kolmogorov-Smirnov 检验证实符合正态分布,以 mean±SD 表示,计数资料数据以频数和百分率表示。2 个组患者年龄,戴镜前裸眼视力、等效球镜度数、散光度数、角膜地形图前表面角膜曲率差、眼轴长度及戴镜后塑形矫治区偏心量、裸眼视力、等效球镜度数、眼轴长度、散光度数比较采用独立样本 *t* 检验,性别构成比及不良反应发生率比较采用 χ^2 检验。*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2 个组患者配戴角膜塑形镜后屈光度、裸眼视力、眼轴长度、塑形矫治区偏心量比较

2 个组患者配戴角膜塑形镜后 12 个月, Toric 角膜塑形镜组塑形矫治区偏心量小于球面角膜塑形镜组, 裸眼视力优于球面角膜塑形镜组, 差异均有统计学意义 ($t=5.404, 2.963$, 均 $P<0.05$) (表 2)。配戴角膜塑形镜后 18 个月, Toric 角膜塑形镜组等效球镜度数和眼轴长度均小于球面角膜塑形镜组, 差异均有统计学意义 ($t=2.542, 2.107$, 均 $P<0.05$), 2 个组散光度数比较差异无统计学意义 ($t=0.821, P=0.413$) (表 3)。

表 2 2 个组患者配戴角膜塑形镜后 12 个月塑形矫治区偏心量和裸眼视力比较 (mean±SD)
Table 2 Comparison of uncorrected visual acuity and eccentricity of the shaping treatment area between the two groups after 12 months of wearing orthokeratology (mean±SD)

组别	眼数	塑形矫治区 偏心量 (mm)	裸眼视力 (LogMAR)
球面角膜塑形镜组	80	1.16±0.44	0.09±0.10
Toric 角膜塑形镜组	80	0.86±0.23	0.03±0.08
<i>t</i> 值		5.404	2.963
<i>P</i> 值		<0.001	0.004

注: (独立样本 *t* 检验)
Note: (Independent samples *t*-test)

表 3 2 个组患者配戴角膜塑形镜后 18 个月等效球镜度数、眼轴长度、散光度数比较 (mean±SD)
Table 3 Comparison of the spherical equivalent, axial length and degree of astigmatism between the two groups after 18 months of wearing orthokeratology (mean±SD)

组别	眼数	等效球镜 度数 (D)	眼轴长度 (mm)	散光度数 (D)
球面角膜塑形镜组	80	-3.91±0.52	25.20±0.53	-1.13±0.26
Toric 角膜塑形镜组	80	-3.68±0.62	25.03±0.49	-1.09±0.35
<i>t</i> 值		2.542	2.107	0.821
<i>P</i> 值		0.012	0.036	0.413

注: (独立样本 *t* 检验)
Note: (Independent samples *t*-test)

2.2 2 个组患者配戴角膜塑形镜 18 个月期间不良反应发生情况比较

随访 18 个月, 2 个组发生不良反应者共 18 眼, 均为角膜上皮点状混浊, 依据 CCLRU 分级, Toric 角膜塑形镜组共 5 眼, 其中 0 级 2 眼, I 级 2 眼, II 级 1 眼; 球面角膜塑形镜组 13 眼, 其中 0 级 4 眼, I 级 7 眼, II 级 2 眼。经暂停配戴角膜塑形镜及妥布霉素滴眼液和人表皮生长因子滴眼液点眼对症处理, 并指导正确配戴等措施后 2~3 d 角膜上皮点状混浊消失, 继续戴镜,

2 个组患者均无反复出现 II 级以上角膜染色情况, 未见其他明显眼部并发症发生。Toric 角膜塑形镜组不良反应发生率为 6.26% (5/80), 明显低于球面角膜塑形镜组的 16.25% (13/80), 差异有统计学意义 ($\chi^2=3.897, P=0.048$)。

3 讨论

青少年时期近视度数及眼轴长度会随着年龄的增长不断增加, 且一旦发生就不可逆转。近视患儿常伴有散光, O'Donoghue 等^[9]报道北爱尔兰白人学龄儿童角膜散光 (≥ 1 D) 的患病率为 25%~29%。中国儿童散光 ≥ 1.00 D 的患病率为 10%~20%, 6~15 岁近视儿童中近视性散光高达 68.03%^[10]。研究表明, 配戴角膜塑形镜对提高裸眼视力、控制近视发展具有显著效果^[11-14]。在具有中高度散光的近视患者中, Toric 设计角膜塑形镜比球面设计具有更好的临床效果^[15-16]。Toric 设计的原理是根据角膜中周区的曲率差异, 在角膜陡峭和平坦子午线方向上将平行弧设计成与中周区角膜形态接近的 2 个弧度, 增强镜片的附着力, 以提高镜片在角膜的中心定位, 使角膜形态产生更科学合理的变化^[16]。据此设计原理, 本研究将角膜陡峭及平坦子午线在 8 mm 弦长处的曲率差 ≥ 1.5 D 者作为观察对象, 也有研究根据角膜陡峭和平坦子午线在距角膜中央 4 mm 处的高度差 $\geq 30 \mu\text{m}$ 作为使用 Toric 设计角膜塑形镜的指征^[17], 经过角膜曲率与曲率半径的换算, 两者的标准相一致。研究表明, 对于角膜散光度为 1.5~3.5 D 的近视患者, 使用 Toric 设计角膜塑形镜控制近视、提高裸眼视力、降低角膜散光和角膜着色的发生率效果好于常规球面塑形镜。Chen 等^[18]采用 Toric 设计角膜塑形镜治疗散光度数为 1.5~3.5 D、近视度数为 -0.5~-5.0 D 的伴散光青少年近视患者, 结果表明 Toric 设计角膜塑形镜可明显降低患者的近视及散光度数。而 Toric 设计角膜塑形镜对散光度数为 0.75~1.5 D 轻中度散光的近视患者的治疗效果仍不清楚。

本研究比较常规球面设计与 Toric 设计角膜塑形镜对伴轻中度散光青少年近视的控制效果, 结果显示配戴 1 年末脱镜时 Toric 角膜塑形镜组塑形矫治区偏心量少于球面角膜塑形镜组, 裸眼视力优于球面角膜塑形镜组, 差异有统计学意义。依据本研究结果, 对于轻中度散光患者, Toric 设计角膜塑形镜较常规球面设计角膜塑形镜定位居中性更好, 裸眼视力更佳。偏位是角膜塑形镜验配过程中常见的问题, 也是验配不成功的主要原因, 以往研究发现镜片偏位主要与角膜形态、散光大小和眼睑力学等眼部特征相关^[19], Toric 设

计角膜塑形镜的优势在于根据角膜中周区的曲率差异更好地解决镜片偏位的问题,使角膜形态改变更为合理。本研究通过使用 Toric 设计角膜塑形镜更好地解决了角膜散光引起的偏位问题,从而使裸眼视力提高到更佳的水平。

角膜塑形镜控制近视的机制尚未完全明确,眼科专家普遍认可角膜塑形镜控制近视可能的原因是配戴角膜塑形镜后旁中央角膜变陡峭,中央角膜变平坦,使周边视网膜形成近视离焦状态^[20-21]。本研究中配戴角膜塑形镜后 18 个月,Toric 角膜塑形镜组等效球镜度数和眼轴长度均小于球面角膜塑形镜组,差异均有统计学意义。Toric 设计角膜塑形镜在控制青少年近视的等效球镜度数及眼轴长度增长方面更为明显,可能是由于 Toric 设计角膜塑形镜具有更少的治疗区中心偏位和更好的裸眼视力。依据近视发病机制学说之一的调节学说原理^[22],在调节过程中,睫状肌收缩并牵拉脉络膜向前、向内移动,因而导致巩膜周长减少、眼轴增长。更差的裸眼视力使睫状肌调节的需求更大,睫状肌收缩更明显,从而近视加深更显著,其具体机制仍待进一步研究。

本研究中随访 18 个月,共 18 眼发生不良反应,均为角膜上皮点状混浊,Toric 设计角膜塑形镜组不良反应发生率明显更低,安全性更好。

综上所述,本研究结果显示 Toric 设计角膜塑形镜具有更好的裸眼视力及更少的治疗区偏心量,在控制青少年近视的等效球镜度数和眼轴长度增加方面效果更好,不良反应发生率更低。但由于本研究样本量偏小,随访时间相对于青少年近视发展的时间仍偏短,以及未能揭示 Toric 设计角膜塑形镜相对于常规球面设计角膜塑形镜具有更好地控制近视进展的机制,因此研究结果仍需多中心的前瞻性研究进一步验证。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Wu PC, Chuang MN, Choi J, et al. Update in myopia and treatment strategy of atropine use in myopia control [J]. *Eye (Lond)*, 2019, 33(1): 3-13. DOI: 10.1038/s41433-018-0139-7.
- [2] Pauné J, Thivent S, Armengol J, et al. Changes in peripheral refraction, higher-order aberrations, and accommodative lag with a radial refractive gradient contact lens in young myopes [J]. *Eye Contact Lens*, 2016, 42(6): 380-387. DOI: 10.1097/ICL.0000000000000222.
- [3] Cheung SW, Cho P, Chan B. Astigmatic changes in orthokeratology [J]. *Optom Vis Sci*, 2009, 86(12): 1352-1358. DOI: 10.1097/OPX.0b013e3181be06ff.
- [4] 杨丽娜,周建兰,谢培英. Toric 设计角膜塑形镜与视觉质量 [J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2013, 15(2): 79-83. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2013.02.005.
- [5] Yang LN, Zhou JL, Xie PY. Toric design orthokeratology contact lenses and visual quality [J]. *Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci*, 2013, 15(2): 79-83. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2013.02.005.
- [6] Kremer I, Gabbay U, Blumenthal M. One-year follow-up results of photorefractive keratectomy for low, moderate, and high primary astigmatism [J]. *Ophthalmology*, 1996, 103(5): 741-748. DOI: 10.1016/s0161-6420(96)30621-0.
- [7] Lyu B, Hwang KY, Kim SY, et al. Effectiveness of Toric orthokeratology in the treatment of patients with combined myopia and astigmatism [J]. *Korean J Ophthalmol*, 2016, 30(6): 434-442. DOI: 10.3341/kjo.2016.30.6.434.
- [8] Zhang Y, Chen YG. Comparison of myopia control between toric and spherical periphery design orthokeratology in myopic children with moderate-to-high corneal astigmatism [J]. *Int J Ophthalmol*, 2018, 11(4): 650-655. DOI: 10.18240/ijo.2018.04.19.
- [9] Ramos L, Barreira N, Mosquera A, et al. Analysis of parameters for the automatic computation of the tear film break-up time test based on CCLRU standards [J]. *Comput Methods Programs Biomed*, 2014, 113(3): 715-724. DOI: 10.1016/j.cmpb.2013.12.003.
- [10] O'Donoghue L, Rudnicka AR, McClelland JF, et al. Refractive and corneal astigmatism in white school children in northern Ireland [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2011, 52(7): 4048-4053. DOI: 10.1167/iops.10-6100.
- [11] Fan DS, Rao SK, Cheung EY, et al. Astigmatism in Chinese preschool children: prevalence, change, and effect on refractive development [J]. *Br J Ophthalmol*, 2004, 88(7): 938-941. DOI: 10.1136/bjo.2003.030338.
- [12] Huang J, Wen D, Wang Q, et al. Efficacy comparison of 16 interventions for myopia control in children: a network meta-analysis [J]. *Ophthalmology*, 2016, 123(4): 697-708. DOI: 10.1016/j.ophtha.2015.11.010.
- [13] Downie LE, Lowe R. Corneal reshaping influences myopic prescription stability (CRIMPS): an analysis of the effect of orthokeratology on childhood myopic refractive stability [J]. *Eye Contact Lens*, 2013, 39(4): 303-310. DOI: 10.1097/ICL.0b013e318298ee76.
- [14] Si JK, Tang K, Bi HS, et al. Orthokeratology for myopia control: a meta-analysis [J]. *Optom Vis Sci*, 2015, 92(3): 252-257. DOI: 10.1097/OPX.0000000000000505.
- [15] 吕天斌,王丽娅,覃建,等. 角膜塑形镜配戴矫治高度近视的回顾性队列研究 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2018, 36(2): 144-149. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2018.02.014.
- [16] Lyu TB, Wang LY, Qin J, et al. A retrospective cohort study on orthokeratology for high myopia progression [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2018, 36(2): 144-149. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2018.02.014.
- [17] Jiang J, Lian L, Wang F, et al. Comparison of toric and spherical orthokeratology lenses in patients with astigmatism [J/O]. *J Ophthalmol*, 2019, 2019: 4275269 [2021-05-01]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30949364/>. DOI: 10.1155/2019/4275269.
- [18] Pauné J, Cardona G, Quevedo L. Toric double tear reservoir contact lens in orthokeratology for astigmatism [J]. *Eye Contact Lens*, 2012, 38(4): 245-251. DOI: 10.1097/ICL.0b013e318258789e.
- [19] Chen CC, Cheung SW, Cho P. Toric orthokeratology for highly astigmatic children [J]. *Optom Vis Sci*, 2012, 89(6): 849-855. DOI: 10.1097/OPX.0b013e318257c20f.
- [20] Chen Z, Xue F, Zhou J, et al. Prediction of orthokeratology lens decentration with corneal elevation [J]. *Optom Vis Sci*, 2017, 94(9): 903-907. DOI: 10.1097/OPX.0000000000001109.
- [21] 付心怡,张晓峰,杨牧. 配戴角膜塑形镜后光学区偏中心原因分析 [J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2016, 18(2): 83-87, 92. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2016.02.005.
- [22] Fu XY, Zhang XF, Yang M. Analysis of the reasons for decentration after orthokeratology [J]. *Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci*, 2016, 18(2): 83-87, 92. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2016.02.005.
- [23] Santodomingo-Rubido J, Villa-Collar C, Gilmartin B, et al. Long-term efficacy of orthokeratology contact lens wear in controlling the progression of childhood myopia [J]. *Curr Eye Res*, 2017, 42(5): 713-720. DOI: 10.1080/02713683.2016.1221979.
- [24] 魏士飞,李仕明,孙芸芸,等. 配戴角膜塑形镜和框架眼镜对近视儿童周边屈光度影响的随机对照临床试验 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2017, 35(10): 930-935. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2017.10.017.
- [25] Wei SF, Li SM, Sun YY, et al. A randomized controlled clinical trial on the effects of wearing orthokeratology and spectacles on ocular peripheral refraction in myopic children [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2017, 35(10): 930-935. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2017.10.017.
- [26] Hung GK, Mahadas K, Mohammad F. Eye growth and myopia development: unifying theory and Matlab model [J]. *Comput Biol Med*, 2016, 70: 106-118. DOI: 10.1016/j.combiomed.2016.01.003.

(收稿日期:2021-05-11 修回日期:2021-10-30)

(本文编辑:刘艳 施晓萌)

