

角膜塑形镜治疗我国青少年低中度近视患者短期效果评价

何梦梅, 杜亚茹, 刘晴雨, 任成达, 刘俊伶, 王倩怡, 于靖

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (No. 81470648)

作者单位: (200070) 中国上海市, 同济大学附属上海市第十人民医院眼科

作者简介: 何梦梅, 女, 在读硕士研究生, 研究方向: 玻璃体视网膜疾病。

通讯作者: 于靖, 女, 毕业于上海交通大学, 博士, 副主任医师, 副教授, 科研处副处长, 研究方向: 玻璃体视网膜疾病. dryujing@aliyun.com

收稿日期: 2015-11-10 修回日期: 2016-01-20

Short-term effects of orthokeratology on the development of low-to-moderate myopia in Chinese children

Meng-Mei He, Ya-Ru Du, Qing-Yu Liu, Cheng-Da Ren, Jun-Ling Liu, Qian-Yi Wang, Jing Yu

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (No. 81470648)

Department of Ophthalmology, Tenth People's Hospital of Tongji University, Shanghai 200070, China

Correspondence to: Jing Yu. Department of Ophthalmology, Tenth People's Hospital of Tongji University, Shanghai 200070, China. dryujing@aliyun.com

Received: 2015-11-10 Accepted: 2016-01-20

Abstract

• AIM: To investigate the short-term effectiveness of orthokeratology (ortho-k) on controlling low-to-moderate myopia in Chinese children.

• METHODS: There were 271 subjects (271 eyes) enrolled in this study. In total, there were 141 cases aged 9.43 ± 1.10 in the ortho-k group and the spherical equivalent refractive errors (SER) were -2.74 ± 1.15 D. The patients were examined at 1, 7, 30, and 90d after they started wearing the ortho-k lenses. There were 130 cases aged 9.37 ± 1.00 enrolled in the control group, with the SER -2.88 ± 1.39 D, and the examinations occurred at 6, 12mo after they started wearing single-vision spectacles. Myopic progression was estimated from changes of axial length in both groups. The chi-square test, independent samples *t*-tests, paired *t*-tests, Spearman analysis were used to compare the data of the two groups.

• RESULTS: The axial elongation was 0.27 ± 0.17 mm in the ortho-k group after 1a which was significantly longer than that before wearing ($P < 0.01$); the axial elongation was 0.38 ± 0.13 mm in the control groups ($P < 0.01$); the difference on axial elongation between the two groups

was statistically significant and the increase of axial length of the ortho-k group was significant less by 28.9% than that of the control group ($P < 0.01$, by independent samples *t*-test). There was significant negative correlation between axial elongation and initial age in both groups during the one-year period (ortho-k group: $r_s = -0.309$, $P < 0.01$; control group: $r_s = -0.472$, $P < 0.01$). The percentages of younger subjects (aged 7.0 ~ 9.4) with fast myopic progression (>0.36 mm in 1a) were 38% in the ortho-k group and 76.5% in the control group, respectively; whereas those of the older group (aged 9.4 ~ 12.0) were lower, reaching 24.3% and 12.9% in the ortho-k and control groups. In patients with SER 5.00 ~ 6.00D, the axial elongation in ortho-k group was 57.1% lower than that in control group.

• CONCLUSION: Ortho-k lens is effective to control myopic progression in children with low-to-moderate myopia. In particular, it reduces the percentage of younger children with fast progression and has a better effect of controlling myopic progression with higher degrees of myopia.

• KEYWORDS: orthokeratology; myopia; axial length; treatment

Citation: He MM, Du YR, Liu QY, et al. Short-term effects of orthokeratology on the development of low-to-moderate myopia in Chinese children. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2016;16(2):237-241

摘要

目的: 探讨角膜塑形镜(OK镜)对我国青少年低中度近视控制的有效性。

方法: 将青少年低中度近视患者 271 例 271 眼分为 OK 镜治疗组 (141 眼) 和单光眼镜治疗组 (130 眼)。OK 镜治疗组平均年龄 9.43 ± 1.10 岁, 等效球镜度数为 -2.74 ± 1.15 D; 戴镜后 1、7、30、90d、12mo 随访。单光眼镜治疗组平均年龄 9.37 ± 1.00 岁, 等效球镜 -2.88 ± 1.39 D, 戴镜后每 6mo 随访一次。观察比较 OK 镜组和单光眼镜治疗组眼轴增长情况。将 OK 镜组和单光眼镜治疗组分成年龄组和老年龄组, 进一步观察各年龄组儿童的近视发展情况。对相关数据进行配对 *t* 检验、独立样本 *t* 检验、卡方检验及 Spearman 相关分析。

结果: OK 镜组配戴角膜塑形镜 1a 后, 眼轴的增长值为 0.27 ± 0.17 mm, 与戴镜前的眼轴长度有明显统计学差异 ($P < 0.01$); 单光眼镜组 1a 后的眼轴增长值为 0.38 ± 0.13 mm ($P < 0.01$)。两组眼轴增长有统计学差异, 且 OK 镜组儿童眼轴增长比单光眼镜组慢 28.9% ($P < 0.01$, 独立样本 *t* 检验)。近视初始年龄与 1a 眼轴增长之间呈负相

关(OK 镜组; $r_s = -0.309, P < 0.01$;单光眼镜组; $r_s = -0.472, P < 0.01$)。小年龄儿童(7.0~9.4岁)中,眼轴增长较快(每年 $>0.36\text{mm}$)者在OK 镜组占38%,而单光眼镜治疗组则增加到76.5%;而眼轴增长较快的大龄儿童(9.4~12.0岁)在OK 镜组和单光眼镜治疗组所占比例分别为24.3%和12.9%。当等效球镜(spherical equivalent refractive errors, SER)介于5.00~6.00D时,OK 镜组的眼轴增长比单光眼镜组慢57.1%。

结论:OK 镜对控制青少年低中度近视儿童近视发展有很好的效果,儿童的近视发展随着年龄的增加逐渐减慢,而OK 镜对控制小年龄儿和较高度近视发展的效果更好。

关键词:角膜塑形镜;近视;眼轴;治疗

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2016.2.10

引用:何梦梅,杜亚茹,刘晴雨,等.角膜塑形镜治疗我国青少年低中度近视患者短期效果评价.国际眼科杂志2016;16(2):237-241

0 引言

随着视频终端的普及以及学习压力的增加,合并遗传和用眼习惯等因素,青少年近视发病率在亚洲国家,例如中国、印度等,是备受关注的问題^[1-3],在欧洲也同样越来越受到重视^[4]。世界上屈光不正的发生率已相当高^[5]。高度近视患者的眼轴由于比普通人的显著增长,罹患视网膜脱落、玻璃体后脱离、青光眼、黄斑变性等眼部疾患的风险也大大增加^[6-8]。因此,进一步了解近视发生的机制对控制近视发展尤为重要。Zhu 等^[9]指出,近视调节滞后、晶状体和睫状体的机械张力、周边视网膜信号支配等是导致眼轴非正常增长的主要因素。临床上也一直在寻找基于这些猜想的有效治疗方式,但事实证明仍然没有非常理想的治疗结果。角膜塑形镜(orthokeratology, OK 镜)作为控制近视发展的一种特殊的角膜接触镜,越来越受重视。它是一种夜间配戴的高透氧性硬性角膜接触镜^[10]。多项研究证实,配戴夜戴型角膜塑形镜对控制近视发展有效^[11]。非随机对照研究已证实,配戴角膜塑形镜的患者眼轴增长速度要比配戴单光眼镜患者慢36%~56%^[12-13]。本回顾性研究的目的在于评估我国不同年龄段、不同程度近视青少年配戴角膜塑形镜的有效性,进一步探讨影响其有效性的因素。

1 对象和方法

1.1 对象 本试验为回顾性队列研究。收集2013-01-01/2014-12-31在上海市第十人民医院眼科视光门诊就诊并采用单光眼镜或角膜塑形镜矫正视力的青少年患者,重新整理与试验相关的数据。其中OK 镜组的纳入对象为选择配戴角膜塑形镜矫正视力的患者,单光眼镜组的纳入对象为配戴单光眼镜矫正视力的患者。纳入对象均遵循纳入标准和排除标准严格筛选:(1)纳入标准:年龄7.0~11.5岁;等效球镜(spherical equivalent errors, SER)双眼均 $>0.50\text{D}$ 且 $<6.00\text{D}$;规则散光(轴向 $180^\circ \pm 30^\circ$) $<1.50\text{D}$;最佳矫正视力(logMAR) <0.10 ;眼压(intraocular pressure, IOP) $<21\text{mmHg}$;持续有规律地完成1a的随访;(2)排除标准:OK 镜组纳入对象至少有30d未连续配戴眼镜者;之前有过角膜接触镜配戴史或接受过其他控制近视发展的治疗;斜视、眼球震颤;有OK 镜配戴禁忌证(如圆锥角膜);眼部手术史、外伤史、慢性眼病史;近期使用影响泪液分泌

的药物;系统性疾病或眼部疾病影响泪液质量或影响戴镜(例如,过敏或近期服用药物),或影响屈光状态(例如Down 综合征、上睑下垂)。为了减少系统性偏移,纳入试验对象时患者年龄、性别、等效球镜度数均被考虑在内。本试验共选择近视患者271例271眼,其中OK 镜组141眼,男62例,女79例,年龄7.00~11.28(平均 9.43 ± 1.10)岁, SER 为 $-2.74 \pm 1.15\text{D}$,眼轴长度为 $24.71 \pm 0.72\text{mm}$ 。单光眼镜组130眼,男66例,女64例,年龄7.10~11.40(平均 9.37 ± 1.00)岁, SER 为 $-2.88 \pm 1.39\text{D}$,眼轴长度为 $24.82 \pm 0.77\text{mm}$ 。试验组和单光眼镜组初始基线数据,例如男女比例、等效球镜度数、眼轴长度均无统计学差异($P > 0.05$,卡方检验、独立样本 t 检验)。将试验对象按近视程度的不同分为三个亚组:眼轴增长每年 $\leq 0.18\text{mm}$ 为缓慢近视增长组,眼轴长度每年增长 $>0.18\text{mm}$ 且 $\leq 0.36\text{mm}$ 者为中度近视增长组,眼轴长度每年增长 $>0.36\text{mm}$ 者为快速近视增长组^[14]。试验以平均年龄(9.4岁)为节点,将试验组和单光眼镜组的对象分为两个不同的亚组,将7.0~9.4岁儿童纳入小年龄儿组,9.4~12.0岁儿童纳入大年龄儿组。根据SER的不同,将OK 镜组和单光眼镜组进一步分为不同的亚组:SER在 $-0.50 \sim -3.00\text{D}$ 者为低度近视, SER在 $-3.00 \sim -6.00\text{D}$ 为中度近视。选用所有符合标准患者的右眼作为研究对象。患者及其监护人均详细阅读并签署知情同意书。

1.2 方法 本研究采用与角膜前表面反向几何形四区设计的角膜塑形镜。四区分别为基弧区(又称中央光学区或治疗区)、反转弧区、定位弧区(又称配适弧区)及周边弧区。镜片使用透氧性为 $100 \times 10^{-11} \text{cm}^2/\text{s}$ [$\text{mLO}_2/(\text{mL} \times \text{mmHg})$],直径为10.6mm,中心厚度0.20~0.22mm。OK 镜组所有的试验对象都由专业验光师验光配镜,并且在正式戴镜前进行试戴以确定良好的中心定位和舒适度,达到理想适配后,确定处方,制定镜片。对患儿和家属进行戴镜、摘镜、护理、清洗培训,镜片常规夜间配戴至少7h/d。单光眼镜组患儿配戴塑料材质的单光镜片,戴镜前的验配工作都是由为OK 镜组患儿验配镜片的专业验光师一人完成,以减少系统误差。后期随访的1a内验光师会随着戴镜者的视力和屈光度的改变调整镜片,使患者始终处于最佳矫正视力。通过测量两组患者试验眼的眼轴长度来评估患眼的近视增长程度。眼轴的测量采用单盲法,每次的测量都使用同一台非接触式眼生物测量仪(IOL Master, Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Germany)测量,并由同一检查者完成。两组试验对象戴镜前常规检查包括:眼轴、裸眼视力、矫正视力、眼压、验光、角膜地形图(Oculus, Wetzlar, Germany)、角膜曲率、角膜内皮计数。OK 镜组在戴镜后1、7、30、90d,12mo随访,并于结束夜间配戴3h后复查裸眼视力、眼压、验光、眼轴、角膜地形图、角膜曲率、角膜内皮细胞数、角膜荧光素染色。如果患儿出现眼部不适或角膜荧光素染色有不同程度着染、出现角膜炎等,则根据病情给予必要的治疗,并停止配戴OK 镜至少1mo,直到复查角膜完全恢复再重新配戴OK 镜。单光眼镜组患儿则在戴镜后6、12mo复查裸眼视力、矫正视力、眼压、眼轴,若期间有任何不适,随时就诊。

统计学分析:使用SPSS 17.0统计学软件进行分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,对各检测指标的数据资料进行正

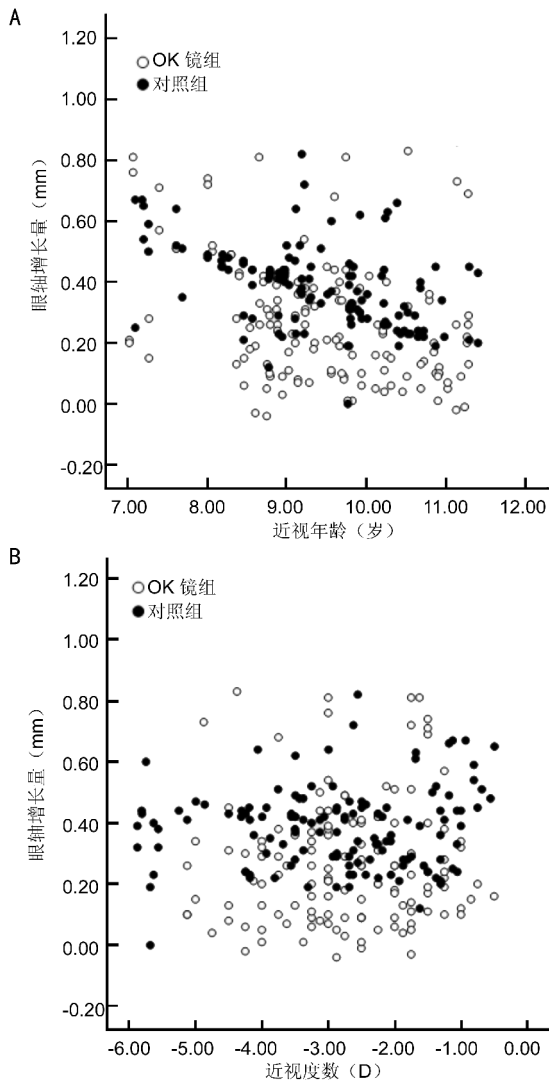


图1 OK 镜组和单光眼镜组近视初始年龄、近视度数和眼轴长度的关系图 A:OK 镜组和单光眼镜组近视初始年龄和眼轴长度的关系;B:OK 镜组和单光眼镜组近视度数和眼轴长度的关系。

态分布检验,数据均符合正态分布(Kolmogorov-Smirnov test, K-S 检验, $P>0.05$), 试验组和单光眼镜组的性别比例差异采用卡方检验进行分析。组间其他初始数据的差异性比较均通过独立样本 t 检验分析。对组内戴镜前和戴镜后的眼轴进行配对样本 t 检验分析。采用独立样本 t 检验对试验组和单光眼镜组眼轴增长值进行分析。对影响眼轴增长各因素进行 Spearman 相关分析。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

在 1a 的随访中,两组的眼轴都有显著性增长($P<0.01$, 配对 t 检验)。在 OK 镜组,初始眼轴长度为 $24.71 \pm 0.72\text{mm}$,戴镜 1a 后眼轴长度为 $24.98 \pm 0.70\text{mm}$ 。而单光眼镜组眼轴长度从 $24.82 \pm 0.70\text{mm}$ 增长到 $25.20 \pm 0.78\text{mm}$ 。OK 镜组和单光眼镜组的眼轴分别增长 $0.27 \pm 0.17\text{mm}$ 和 $0.38 \pm 0.13\text{mm}$ 。所以,在随访的 1a 中,OK 镜组眼轴增长速度比单光眼镜组慢 28.9% ($P<0.01$, 独立样本 t 检验)。

通过 Spearman 检验分析发现,OK 镜组和单光眼镜组中 1a 的眼轴增长量与近视初始年龄呈负相关(OK 镜组:

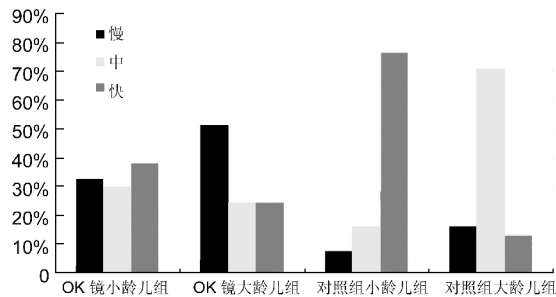


图2 OK 镜组和单光眼镜组不同近视发展速度者(缓慢、中度、快速)占不同年龄组(小年龄组、大年龄组)例数比值 OK 镜小年龄组: $n=71$;OK 镜大年龄组: $n=70$;对照组小年龄组: $n=68$;对照组大年龄组: $n=62$ 。

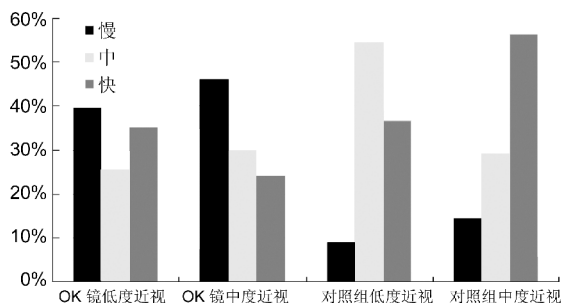


图3 OK 镜组和单光眼镜组不同近视发展速度者(缓慢、中度、快速)占不同近视度数阶段例数比值 OK 镜组低度近视: $n=91$;OK 镜组中度近视: $n=50$;对照组组低度近视: $n=68$;对照组组中度近视: $n=62$ 。

$r_s = -0.309, P<0.01$;单光眼镜组: $r_s = -0.472, P<0.01$, 图 1A), 且 OK 镜组对控制眼轴增长更有效。同样方法分析 SER 与眼轴增长量之间的关系,结果得出两组中 SER 与眼轴增长均无相关性(OK 镜组: $r_s = 0.040, P=0.638$;单光眼镜组: $r_s = 0.140, P=0.098$, 图 1B)。

进一步研究 SER 与眼轴增长之间的关系,结果发现,OK 镜组中 31.2% 属于快速近视增长者,41.8% 属于缓慢近视增长者;而单光眼镜组中有 46.2% 属于快速近视增长者,11.5% 属于缓慢增长者。小年龄组和大年龄组近视增长的差异性研究结果得出,治疗 1a 后,在 OK 镜组内小年龄组中眼轴快速增长者占 38%,单光眼镜组中小龄组眼轴增长快者占 76.5%。然而,在 OK 镜组和单光眼镜组中,大龄组的此数据比小龄组低,分别为 24.3% 和 12.9%。OK 镜组中小龄组眼轴缓慢增长者占小龄组总数的 32.4%,而单光眼镜组中小龄组缓慢增长者仅占 7.3% (图 2)。

对比 OK 镜组和单光眼镜组,中度近视者中,眼轴低中速增长者所占比例无明显差异(图 3)。在所有低度近视者中,OK 镜组眼轴增长为 $0.28 \pm 0.18\text{mm}$,单光眼镜组眼轴增长为 $0.38 \pm 0.15\text{mm}$,且差异有统计学意义($P<0.05$),在中度近视者中也同样有统计学差异($P<0.05$, 表 1)。对比低度近视和中度近视组,戴 OK 镜可分别使两组的眼轴增长减慢 26.3% 和 34.2% (表 1)。对比 OK 镜组和单光眼镜组眼轴长度(图 4),OK 镜组的眼轴长度在整体上小于单光眼镜组,且 OK 镜组眼轴的增长量显著小于单光眼镜组,OK 镜组减缓眼轴增长的百分率呈总体上升趋势,当 SER 在 5.0~6.0D 时,OK 镜组眼轴增长比单光眼镜组减慢 57.1% (图 4)。在随访的 1a 中,OK 镜组 141 眼

表1 不同研究阶段 OK 镜组和单光镜组不同近视度数患者眼轴长度及眼轴变化情况

($\bar{x} \pm s, \text{mm}$)					
分组	总数	眼轴长度(初始)	眼轴长度(1a)	眼轴增长量	P
低度近视					
OK 镜组	91	24.57 ± 0.72	24.85 ± 0.66	0.28 ± 0.18	<0.05
对照组	68	24.46 ± 0.61	24.85 ± 0.63	0.38 ± 0.15	<0.05
中度近视					
OK 镜组	50	24.97 ± 0.66	25.22 ± 0.71	0.25 ± 0.16	<0.05
对照组	62	25.34 ± 0.68	25.72 ± 0.69	0.38 ± 0.12	<0.05

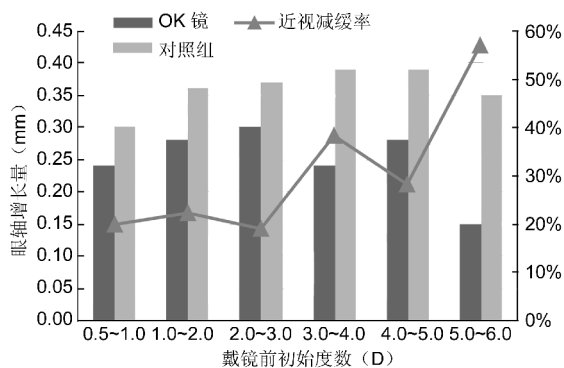


图4 OK 镜组和单光眼镜组不同阶段 SER 患者眼轴增量及 OK 镜组比单光眼镜组眼轴增长减慢百分数。

中,有 18 眼发生过 OK 镜相关性角膜炎,角膜炎发生率为 12.8%,患者在再次配戴 OK 镜之前都接受过规范治疗。

3 讨论

角膜接触镜通过特殊的反几何设计,利用平行弧附着张力、基弧正压平力及反转弧负压力逐步改变角膜形态,从而暂时性减少近视度数。长期配戴会影响角膜上皮重新分配,角膜塑形镜使角膜中央部变平坦,中央角膜变薄^[15-16],曲率半径增大,角膜屈光力减少,中周部角膜变厚,使周边视力近视化改变^[17],从而减少远视性离焦,以达到控制近视患者眼轴增长的作用^[18],降低近视度数。本研究证实,对于我国青少年低中度近视患者而言,与传统的单光眼镜相比,配戴 OK 镜可以通过控制眼轴增长有效地减缓近视发展。许多研究表明,OK 镜治疗近视的效果比其他治疗方式更突出^[19,19-22]。尽管这些试验纳入对象的统计资料,如年龄、种族、研究随访时间、对照组治疗方法等都各有差异,但试验结果都证明,无论是物理疗法还是化学疗法,控制近视发展的效果都不及 OK 镜。研究证实,OK 镜相对于其他治疗方式,可以使眼轴增长减缓 26.3% ~ 59%,对控制近视发展有较肯定的效果。

许多研究表明 OK 镜对治疗近视有效,OK 镜治疗近视的机制一直是一个有争议的话题。过去一直认为视网膜中心凹的成像特性是影响正视眼的主要因素,但是动物实验研究表明,相比于视网膜中心凹,周边视觉信号对正视眼起到的作用更大^[23]。周边远视或许是造成眼球增长的信号^[24]。Norton 等^[25]指出,近视患者视网膜周边相对远视离焦可以促进眼轴的增长。所以,改变周边相对远视离焦是 OK 镜抑制眼轴增长的主要机制。

多项试验表明,近视发展速度随着年龄的增长而减慢^[26]。本试验研究发现,眼轴的增长量与近视初始年龄呈负相关。在 OK 镜组,38.0% 小年龄儿和 24.3% 大年龄

儿都属于快速近视增长者,而在单光眼镜组,小年龄儿和大年龄儿中快速近视增长者所占比例分别为 76.5% 和 12.3%,说明小年龄儿中近视发展较快者所占比例比大年龄儿中近视发展较快者所占比例大,且 OK 镜对控制青少年近视发展要明显优于单光眼镜。Donovan 等^[27] 研究有相似的结果。比较不同年龄组内部百分比的构成,OK 镜组小年龄儿中,32.4% 属于缓慢近视增长者,38% 属于快速近视增长者;单光眼镜组小年龄儿中,7.3% 属于缓慢近视增长者,76.5% 属于快速近视增长者。与小年龄儿相似,OK 镜组大年龄儿中,51.4% 属于缓慢近视增长者,24.3% 属于快速近视增长者;单光眼镜组大年龄儿中,16.1% 属于缓慢近视增长者,12.9% 属于快速近视增长者。说明在 OK 镜治疗中,小年龄儿比大年龄儿获益更多。Hiraoka 等^[21] 证实,OK 镜治疗接受越早,对眼轴增长的抑制作用就越大。

尽管在本研究中,近视度数与眼轴的增长量无明显的线性关系,但是 Fan 等^[28] 研究发现,近视屈光度越高,眼轴增长越快。本研究中发现,单光眼镜组中度近视患者中,56.4% 是快速近视增长者,而缓慢和中度近视增长者仅占 14.5% 和 29.1%,这与 Fan 等观点一致。前述的一些研究证实,近视度数越高,戴 OK 镜控制近视的效果越好^[12,29]。本研究中,相对于低度近视组,中度近视患儿在 OK 镜治疗中获益更大。OK 镜可以使眼轴增长的速度降低,控制近视发展。

当然,OK 镜在控制近视发展的同时也有副作用,例如视力的不稳定性、角结膜炎的发生^[30-31]。回顾 2001/2007 年的 OK 镜相关性角膜炎的病例报告,感染角膜炎的高峰年是 2001 年,以后逐年下降^[32]。研究表明,戴镜者的年龄、性别、是否有配戴 OK 镜的经历、角膜接触镜的护理习惯等都是 OK 镜相关性角膜炎的潜在危险因素^[31]。与 OK 镜一样,其他治疗方式也都存在副作用。Lin 等^[22] 报道,用阿托品治疗近视后,患者会引发畏光、眼压增高等症状,增加前房角拥挤的风险。所以,总体来看,治疗近视没有绝对优势的方式。但是,本研究证实,就控制近视进展而言,OK 镜是一种相对有效且副作用小的治疗方式。

本研究仍然存在许多局限性:(1) 样本数量太少,为了确定 OK 镜潜在的有效性和长期配戴的局限性,应纳入更多研究对象进行大样本数据分析;(2) 近视的影响因素有很多,例如瞳孔大小、调节滞后、视网膜成像质量、视网膜周边屈光状态、父母近视遗传等,本研究未考虑这些因素对试验结果的影响,后续的研究中应将这些因素考虑在内以减少误差及偏移;(3) 随访时间过短。本研究采用 2013/2014 年于我院门诊就诊,并采用角膜塑形镜和单光眼镜治疗近视的青少年患者的病例,随访时间为 1a,后期

会进一步对患者做跟踪随访,研究角膜塑形镜对患者的长期疗效。

总之,本研究表明,OK镜是一种很有前景的控制青少年中低度近视发展的治疗方式。详细来讲,OK镜可以降低小年龄儿童中近视发展较快者的比例,对控制较高近视度数患儿的眼轴增长很有效。虽然,OK镜不能完全阻止近视患者眼轴的发展,但可以在某种程度上减缓近视进展。所以,对于合适戴OK镜的近视青少年来说,OK镜是控制近视的一个较好选择。

参考文献

- 1 Wu LJ, You QS, Duan JL, *et al.* Prevalence and associated factors of myopia in high - school students in Beijing. *PLoS One* 2015; 10 (3) :e120764
- 2 Saxena R, Vashist P, Tandon R, *et al.* Prevalence of myopia and its risk factors in urban school children in Delhi; the north India myopia study (nim study). *PLoS One* 2015;10(2) :e117349
- 3 Cho P, Cheung SW, Edwards MH. Practice of orthokeratology by a group of contact lens practitioners in Hongkong-part 1. *Clin Exp Optom* 2002;85(6) :365-371
- 4 Williams KM, Verhoeven VJ, Cumberland P, *et al.* Prevalence of refractive error in Europe; the European Eye Epidemiology (E³) consortium. *Eur J Epidemiol* 2015;30(4) :305-315
- 5 Zhao J, Mao J, Luo R, *et al.* The progression of refractive error in school-age children; Shunyi district, China. *Am J Ophthalmol* 2002;134 (5) :735-743
- 6 Lee JY, Sung KR, Han S, *et al.* Effect of myopia on the progression of primary open-angle glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2015;56(3) :1775-1781
- 7 Kamal SR, Morillo-Sanchez MJ, Garcia-Ben A, *et al.* The effect of peripapillary detachment on retinal nerve fiber layer measurement by spectral domain optical coherence tomography in high myopia. *Ophthalmologica* 2015;233(3-4) :209-215
- 8 Coppe AM, Ripandelli G, Parisi V, *et al.* Prevalence of asymptomatic macular holes in highly myopic eyes. *Ophthalmology* 2005;112(12) :2103-2109
- 9 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
- 10 Lum E, Swarbrick HA. Lens dk/t influences the clinical response in overnight orthokeratology. *Optom Vis Sci* 2011;88(4) :469-475
- 11 Si JK, Tang K, Bi HS, *et al.* Orthokeratology for myopia control: a meta-analysis. *Optom Vis Sci* 2015;92(3) :252-257
- 12 Kakita T, Hiraoka T, Oshika T. Influence of overnight orthokeratology on axial elongation in childhood myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52(5) :2170-2174
- 13 Sun Y, Xu F, Zhang T, *et al.* Orthokeratology to control myopia progression: a meta-analysis. *PLoS One* 2015;10(4) :e0124535
- 14 Cho P, Cheung SW. Retardation of myopia in orthokeratology (romio) study: a 2-year randomized clinical trial. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012;53(11) :7077-7085
- 15 Reinstein DZ, Gobbe M, Archer TJ, *et al.* Epithelial, stromal, and

corneal pachymetry changes during orthokeratology. *Optom Vis Sci* 2009; 86(8) :e1006-e1014

- 16 Zhong X, Chen X, Xie RZ, *et al.* Differences between overnight and long-term wear of orthokeratology contact lenses in corneal contour, thickness, and cell density. *Cornea* 2009;28(3) :271-279
- 17 Kang P, Swarbrick H. Peripheral refraction in myopic children wearing orthokeratology and gas-permeable lenses. *Optom Vis Sci* 2011;88(4) :476-482
- 18 Chen C, Cheung SW, Cho P. Myopia control using toric orthokeratology (to - see study). *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013;54 (10) :6510-6517
- 19 Swarbrick HA, Alharbi A, Watt K, *et al.* Myopia control during orthokeratology lens wear in children using a novel study design. *Ophthalmology* 2015;122(3) :620-630
- 20 Cheung SW, Cho P. Validity of axial length measurements for monitoring myopic progression in orthokeratology. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013;54(3) :1613-1615
- 21 Hiraoka T, Kakita T, Okamoto F, *et al.* Long-term effect of overnight orthokeratology on axial length elongation in childhood myopia: a 5-year follow-up study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012;53(7) :3913-3919
- 22 Lin HJ, Wan L, Tsai FJ, *et al.* Overnight orthokeratology is comparable with atropine in controlling myopia. *BMC Ophthalmol* 2014; (14) :40
- 23 Smith ER, Hung LF, Huang J. Relative peripheral hyperopic defocus alters central refractive development in infant monkeys. *Vis Res* 2009;49 (19) :2386-2392
- 24 Mutti DO, Sholtz RI, Friedman NE, *et al.* Peripheral refraction and ocular shape in children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000;41(5) :1022-1030
- 25 Norton TT, Jr Siegrwart JT. Animal models of emmetropization: matching axial length to the focal plane. *J Am Optom Assoc* 1995;66(7) :405-414
- 26 Edwards MH. The development of myopia in Hong Kong children between the ages of 7 and 12 years: a five-year longitudinal study. *Ophthalmic Physiol Opt* 1999;19(4) :286-294
- 27 Donovan L, Sankaridurg P, Ho A, *et al.* Myopia progression rates in urban children wearing single-vision spectacles. *Optom Vis Sci* 2012;89 (1) :27-32
- 28 Fan DS, Lam DS, Lam RF, *et al.* Prevalence, incidence, and progression of myopia of school children in Hong Kong. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004;45(4) :1071-1075
- 29 Walline JJ, Rah MJ, Jones LA. The children's overnight orthokeratology investigation (COOKI) pilot study. *Optom Vis Sci* 2004;81 (6) :407-413
- 30 Chan TC, Li EY, Wong VW, *et al.* Orthokeratology-associated infectious keratitis in a tertiary care eye hospital in Hong Kong. *Am J Ophthalmol* 2014;158(6) :1130-1135
- 31 Lo J, Kuo MT, Chien CC, *et al.* Microbial Bioburden of Orthokeratology Contact Lens Care System. *Eye Contact Lens* 2016;42 (1) :61-67
- 32 Watt KG, Swarbrick HA. Trends in microbial keratitis associated with orthokeratology. *Eye Contact Lens* 2007;33(6 Pt 2) :373-377,382