

角膜塑形镜控制青少年近视发展的影响因素

王石玉 陆勤康 王惠云 赖晓明

【摘要】近年来,青少年近视患病率不断升高,如何更有效地防控近视成为研究热点。在我国,角膜塑形镜的应用已有 10 余年历史,国内外多项研究对角膜塑形镜控制近视的作用也予以较高的肯定。然而,角膜塑形镜的验配要求比较严格,在我国也多用于低中度近视青少年,其近视控制效果也受到各种因素的影响,主要包括基础近视屈光度、角膜曲率、瞳孔直径、光学区偏中心距离、角膜塑形镜的设计、个人体质、联合药物治疗、联合框架眼镜治疗等,本文对此作一综述。

【关键词】角膜塑形镜 近视 影响因素

流行病学调查结果显示,我国近视患病率为 40%~70%^[1]。目前关于近视的发病机制尚未完全明确,且无有效的治疗手段。最常见的近视形式为眼轴的增长,即轴性近视;轴性近视常常开始于儿童时期,并在青少年发育时期增长显著^[2]。近视不可逆发展导致的高度近视,常伴随开角型青光眼、黄斑变性、黄斑出血、视网膜脱离、脉络膜新生血管等一系列眼部并发症,是视力损伤甚至致盲的重要因素^[3]。如何控制青少年近视发病率、减缓近视发展进程是目前研究的热点。角膜塑形镜是一种特殊反几何设计的硬性高透氧角膜接触镜,通过夜间的短期配戴,能提高患者的日间裸眼视力;相较于其他治疗方式,它能使患者眼轴增长延缓约 50%,对控制近视发展具有肯定的效果^[4]。在临床上,角膜塑形镜控制近视的作用被广泛肯定,但具体效果因人而异。目前,影响角膜塑形镜控制青少年近视发展的因素主要有基础近视屈光度、角膜曲率、瞳孔直径、光学区偏中心距离、角膜塑形镜的设计、个人体质、联合药物治疗、联合框架眼镜治疗等,本文就以上因素作一综述,为临床上青少年近视患者角膜塑形镜治疗提供参考。

1 近视防控史

目前,学者已推荐多种控制近视的方法,如光学矫正治疗(包括单焦镜、双焦镜、多焦镜、周边离焦镜、角膜塑形镜、多焦点软性隐形眼镜等)、药物治疗(阿托品滴眼液等)、户外运动等^[5-6]。Chan 等^[7]研究表明,双焦

镜、多焦镜、接触镜等对于近视的长期控制并无明显作用,周边离焦镜的控制效果也十分有限。而阿托品滴眼液具有畏光、视力模糊、停药后回退等不良反应,因此在临床上受到很大的限制。

目前,作为特殊设计的角膜塑形镜和多焦点软性隐形眼镜越来越受到关注。Hakahiro 等^[8]对 22 例 9~12 岁配戴角膜塑形镜矫正治疗的低度近视儿童进行了 5 年随访研究,发现角膜塑形镜可控制近视儿童的眼轴增长。Tsia 等^[9]对 31 例配戴角膜塑形镜矫正治疗的单眼近视青少年进行(2.01±1.48)年随访,结果发现近视眼的眼轴增长速度明显低于正常眼。有研究指出,诱导周边视网膜出现近视性离焦的镜片可以延缓眼轴的增长^[10];与之相对应的,诱导周边视网膜出现远视性离焦的镜片可以加快眼轴的增长^[11]。然而,配戴角膜塑形镜的近视患者需要 8~10h 的夜间配戴时间,才能改变角膜的中央形态,使角膜中央曲率半径变大,从而提高日间裸眼视力。在我国,角膜塑形镜多用于低中度近视的青少年患者,其近视控制效果也受到各种因素的影响。

2 角膜塑形镜控制近视发展的影响因素

2.1 基础近视屈光度 基础近视屈光度越高的近视患者,佩戴角膜塑形镜矫正治疗后眼轴增长速度越慢。Wang 等^[12]对配戴角膜塑形镜的 249 例儿童随访 2 年,结果发现近视儿童的基础近视屈光度与眼轴增长速度的相关性最高。符爱存等^[13]将 84 例青少年按基础近视屈光度分为 4 组,2 年后随访也发现基础近视屈光度越高,眼轴增长越慢。郑杰等^[14]对 49 例 8~17 岁配戴角膜塑形镜矫正治疗的近视性屈光参差患者进行回顾性分析,同一患者的较高度数眼纳入 A 组,较低度数眼

DOI: 10.12056/j.issn.1006-2785.2019.41.13.2019-849

作者单位:315040 宁波大学医学院附属鄞州医院眼科

通信作者:陆勤康,E-mail:luqinkang@163.com

纳入 B 组, 随访 1 年发现 A 组眼轴增长量明显低于 B 组, 排除年龄、性别等其他因素的影响后, 亦证实基础近视屈光度越高, 近视控制效果越好。周边近视离焦学说认为, 视网膜周边的远视性离焦可诱导眼轴增长^[15]。钟元园^[16]对 27 例 9~14 岁配戴角膜塑形镜矫正治疗的单纯近视性儿童随访 2 年, 结果发现戴镜后鼻侧、颞侧、下方 3 条径线上角膜周边屈光力明显大于中央屈光力, 径线上角膜相对周边屈光力变化最大值与眼轴增长量呈负相关。由此推测, 角膜塑形镜可以通过诱导周边视网膜近视性离焦延缓眼轴增长, 从而控制近视发展。

然而, Cho 等^[17]对 78 例 6~10 岁近视儿童进行 2 年随访研究, 结果发现眼轴增长与基础近视屈光度无关。姚卫兰等^[18]将 54 例(107 眼)7~18 岁青少年近视患者按基础等效球镜度分成低度近视组(51 眼, $-0.75 \sim -3.00\text{D}$)、中度近视组(36 眼, $-3.25 \sim -5.00\text{D}$)、高度近视组(20 眼, $-5.25 \sim -9.00\text{D}$), 均予佩戴角膜塑形镜矫正治疗 1 年, 3 组等效球镜度分别降至(-0.11 ± 0.32)、(-0.30 ± 0.67)、(-1.10 ± 1.05)D, 组内及组间比较差异均有统计学意义; 3 组眼轴增长分别为(0.22 ± 0.27)、(0.09 ± 0.22)、(0.02 ± 0.22)mm, 其中低度近视组与中度、高度近视组比较差异均有统计学意义, 而中度与高度近视组比较差异无统计学意义, 即认为基础近视屈光度对眼轴增长的影响较为有限。因此, 基础近视屈光度与角膜塑形镜配戴者眼轴增长的关系, 仍需要更大样本、更严格的对照研究来证实。

2.2 角膜曲率 角膜塑形镜通过其逆几何设计, 能使中央角膜变平, 增加曲率半径, 从而减少角膜屈光力, 降低屈光度。Kang 等^[19]研究指出, 角膜塑形镜能引起周边角膜屈光度及角膜地形图的显著变化, 尤其是在配戴第 1 个晚上, 患者角膜屈光度及子午水平线上的角膜屈光力会发生最大变化, 周边视网膜也会产生近视性离焦。Kong 等^[20]对 724 例配戴角膜塑形镜矫正治疗的近视儿童随访 6~65 个月, 结果发现角膜曲率是影响近视控制效果的独立因素。Wan 等^[21]研究表明, 对于配戴角膜塑形镜矫正治疗的近视儿童, 可以通过角膜曲率在一定程度预判近视儿童的眼轴增长速度; 由此推测, 可能对于较高的角膜曲率, 角膜塑形镜可以诱导更多的相对近视性离焦作用, 从而延缓眼轴增长。Zhong 等^[22]通过分析 32 例配戴角膜塑形镜的近视儿童角膜鼻侧、颞侧及下方 3 个轴向上配镜前后角膜曲率变化, 发现角膜曲率变化较大者较变化较小者 2 年眼轴增长速度慢 54%~69%, 角膜曲率变化值与眼轴增长

呈负相关。Cho 等^[17]研究指出, 角膜塑形镜控制近视的效果与初始角膜生物学特性无关。因此, 角膜曲率或曲率变化值对角膜塑形镜控制青少年近视发展的效果尚需更多临床研究证实。

2.3 瞳孔直径 符爱存等^[13]对 70 例 6~18 岁配戴角膜塑形镜矫正治疗的近视青少年进行 2 年随访观察, 发现瞳孔直径越大, 眼轴增长越慢。有学者认为, 瞳孔直径的大小直接影响进入眼内的光线量, 较大的瞳孔能使周边视网膜接受更多光线刺激, 产生更多近视离焦量, 从而影响角膜塑形镜控制近视的效果^[23]。Chen 等^[24]研究表明, 瞳孔直径的大小与眼轴增长速度呈负相关。Santodomingo-Rubido 等^[23]研究发现, 角膜塑形镜组瞳孔直径越大的儿童, 其眼轴增长越慢; 此外, 虹膜因素也会影响角膜塑形镜控制眼轴增长的效果。然而, Wang 等^[12]研究指出, 角膜塑形镜配戴者的眼轴增长与瞳孔直径的大小并无明显相关性。学者们对于配戴者的瞳孔直径大小与角膜塑形镜控制近视效果的相关性持有不同的看法, 对此仍需更多临床研究来验证。

2.4 光学区偏中心距离 尽管角膜塑形镜控制近视的机制不完全明确, 但学者们普遍认为与其能重塑角膜前表面形态、诱导周边视网膜近视性离焦有关, 但部分角膜塑形镜使用者治疗后角膜塑形光学区中心与瞳孔中心不一致, 角膜塑形区域存在偏心^[25]。这种偏心现象发生在初配镜时, 与时间变化无明显关系^[26-27]。有学者对 20 例角膜塑形镜配戴者随访 1.5 年, 结果发现光学区偏中心距离与眼轴变化程度无相关性^[28]。但吴纲跃等^[26]对 134 例配戴角膜塑形镜矫正的青少年随访 2 年发现, 光学区偏中心距离越大者, 眼轴增长量越少; 戴镜 2 年后, 偏心量为轻度 ($<0.5\text{mm}$)、中度 ($0.5 \sim 1.0\text{mm}$)、重度 ($>1.0\text{mm}$) 的患者眼轴增长量分别为 (0.45 ± 0.34)、(0.32 ± 0.28)、(0.23 ± 0.29)mm。这一结果的出现, 与角膜塑形镜引起周边屈光度近视性漂移有关, 也可能与患者初配戴前屈光基础参数(近视度数、散光度数、角膜曲率、镜片参数等)有关^[13, 27, 29]; 而这些基础参数本身也在一定程度上影响配戴者的近视控制效果。目前关于角膜塑形镜配戴后光学区偏中心距离与近视控制效果的相关性仍是不确定的, 有待进一步研究。然而, 光学区偏中心距离的增加会明显提高角膜塑形镜配戴者的重影发生率^[26, 28-29]。在正面效果尚不明确的情况下, 临床上医生应尽量避免过度偏位导致患者视觉质量下降的问题。

2.5 角膜塑形镜的设计 角膜塑形镜的内表面采用逆几何学设计, 通过中央部平坦的基弧对角膜产生机

械压力,周边较陡的反转弧产生负压吸引作用,可逆地压迫角膜,从而降低角膜屈光力。传统的角膜塑形镜一般是 4 个弧区的普通球面设计,不同厂家生产的角膜塑形镜也各有差别。朱梦钧等^[30]对 254 例 7~14 岁低中度近视患者进行前瞻性研究,结果发现不同光学设计的角膜塑形镜控制近视的效果不一,推测可能是反转弧区的不同设计弧度导致周边屈光的模式不同,从而影响控制视力效果。Carracedo 等^[31]研究认为,角膜塑形镜中较小的光学区直径仅增加了球面像差,会在一定程度上影响对比敏感度,而主观视力几乎不受影响。Kang 等^[32]比较 3 种不同角膜塑形镜的配戴效果,结果发现即使配戴者治疗后视网膜周边屈光度各有差异,但差异无统计学意义,故认为不同角膜塑形镜的设计对近视控制效果几乎无差别。从 2012 年开始,用于矫正复合性近视散光的 Toric 设计角膜塑形镜通过将 4 个弧区水平及垂直方向设计成不同曲率,保证角膜塑形镜的定位,在一定程度上减少近视散光^[33]。Chen 等^[34]对 58 例年龄 6~12 岁、屈光度 $-0.50\sim-5.00\text{D}$ 、散光 $-1.25\sim-3.50\text{D}$ 且配戴 Toric 角膜塑形镜矫正治疗的患儿随访 2 年,结构发现 Toric 角膜塑形镜能安全、有效地减缓中高度近视儿童的散光进展。不同角膜塑形镜的设计对青少年近视控制效果的差异是有争议的,仍需进一步研究,同时优化角膜塑形镜设计。

2.6 个人体质 个人体质对角膜塑形镜控制近视的效果也有影响。学者普遍认为,戴镜者的初始年龄显著影响角膜塑形镜控制近视儿童眼轴增长的速度。周珺等^[35]对 56 例 7~16 岁的低中度近视患者进行多因素线性回归分析,结果显示治疗年龄是影响近视青少年眼轴变化的主要因素,且与眼轴变化呈负相关。Tarutta 等^[36]研究表明,年龄小且有高度近视的儿童,眼轴增长更快。Vander 等^[37]研究表明,戴镜初始年龄 6~8 岁对近视儿童可能有更好的控制效果。符爱存等^[13]认为,性别对角膜塑形镜的控制效果也有影响。Santodomingo-Rubido 等^[23]研究表明,角膜塑形镜组女童表现出较慢的眼轴增长率。但也有学者认为性别对角膜塑形镜配戴者的屈光增长量无意义^[38]。此外,父母近视度数较高,尤其是有高度近视遗传史的近视儿童,其近视进展更快^[23]。以上关于个人体质因素的研究多数是回顾性研究,针对不同的个体,并无严格的匹配对照,往往夹杂着一些干扰因素,因此结论各异。

2.7 联合药物治疗 阿托品是一种非特异性 M 胆碱能受体拮抗剂,可以通过阻断眼轴增长来控制近视发展,是公认能有效减缓近视发展和控制眼轴增长的首

选药物^[39]。已有临床研究证明,每日使用阿托品滴眼液可有效控制近视进展;然而,停用阿托品滴眼液后会有一定的反弹。Chia 等^[40]观察不同浓度(0.5%、0.1%、0.01%)阿托品滴眼液治疗组停药 1 年后,度数分别进展 0.87、0.68、0.28D,其中 0.5%组、0.1%组近视回退较为明显,而 0.01%组近视回退较小且近视程度最低,提示 0.01%可能是阿托品滴眼液延缓近视进展较理想的药物浓度。Kinoshita 等^[41]将年龄 8~12 岁、屈光度 $-1.0\sim-6.0\text{D}$ 的 40 例儿童随机分成两组,联合组予角膜塑形镜+0.01%阿托品滴眼液治疗,单独组仅予角膜塑形镜矫正治疗,每 3 个月测 1 次眼轴长度,1 年后两组儿童眼轴分别增长 (0.09 ± 0.12) 、 (0.19 ± 0.15) mm,差异有统计学意义。可见,角膜塑形镜联合 0.01%阿托品滴眼液治疗表现出更好的近视控制效果。Tan 等^[42]研究指出,0.01%阿托品眼液对同时配戴角膜塑形镜治疗的患者并无临床不良反应,1 个月后联合组眼轴长度变化平均值为 (-0.09 ± 0.12) mm,明显高于单用角膜塑形镜组的 (-0.02 ± 0.03) mm。以上结果为纵向深入观察低浓度阿托品滴眼液联合角膜塑形镜控制近视的疗效打下了基础,临床上仍需更长时间的观察来确定联合控制近视进展的有效性。

2.8 联合框架眼镜治疗 角膜塑形镜一般适用的屈光度数范围为 $-0.75\sim-6.00\text{D}$,不同品牌的角膜塑形镜屈光度数可降范围不一,不同患者对品牌需求也不一。有研究指出,配戴目标降度为 4D 的角膜塑形镜,残余视力可在日间配戴框架眼镜矫正,也能有效减缓高度近视的进展^[16]。常枫等^[43]对 38 例平均年龄 (13.6 ± 1.7) 岁、平均屈光度 $(-6.31\pm 1.29)\text{D}$ 、使用角膜塑形镜联合框架眼镜治疗的中高度近视青少年研究发现,戴镜前及 1 年后眼轴长度变化值差异无统计学意义。吕天斌等^[44]对夜间配戴目标降度 6D 角膜塑形镜、残余度数白天配戴框架眼镜的高度近视患者随访 1 年发现,对比同期仅配戴框架眼镜矫正的患者,等效球镜度增长度数明显降低 $[(0.19\pm 0.21)\text{D} \text{ vs } (0.69\pm 0.27)\text{D}]$,眼轴增长值也明显降低 $[(0.08\pm 0.12)\text{mm} \text{ vs } (0.29\pm 0.14)\text{mm}]$,但戴镜期间角膜点染发生率明显升高 $(31.76\% \text{ vs } 3.15\%)$ 。较高度近视的患者,在角膜塑形镜配戴后发生角膜点染的概率更高,但未合并感染的角膜点染并不需要临床上过度的干预治疗,随着配戴时间的延长,点染发生率会逐渐降低^[45]。较高度近视的患者使用角膜塑形镜联合框架眼镜治疗,可以提升日间裸眼视力、减缓眼轴增长,更好地控制近视进展,但在配戴过程也要求患者依从性良好、定期随访观察,避免并发症及不良反应的

出现,尽量减少角膜损伤。但对于联合治疗更长远的疗效,仍需进一步探究。

3 小结

近年来,角膜塑形镜对青少年近视控制效果被越来越多医生认可。然而,角膜塑形镜的验配专业性较高,对验配者、配戴儿童及家长的要求较为严格,一次性投入费用较多,这限制了角膜塑形镜在我国相对落后地区的应用。此外,配戴过程中也存在着验配不适宜、角膜上皮受损或感染、镜片磨损等风险,因此需要医生更加全面的宣教和家长的配合。角膜塑形镜控制近视的效果是受多因素干扰的。对于基础近视屈光度较高、初始角膜曲率较大、瞳孔直径较大的近视儿童,配戴反转弧较大、光学区直径较小的角膜塑形镜以及配戴后较大的光学区偏离中心距离,可能起到更好控制近视的效果。在不同的个体上,性别、年龄等因素也会影响近视控制效果。然而,角膜塑形镜联合 0.01%阿托品滴眼液的治疗,在加强近视控制效果方面表现出较大的潜能。较高度近视的患者使用角膜塑形镜联合框架眼镜治疗,也可以更好地控制近视进展。对于每一个因素的独立作用,都需要更大样本量、更严格的匹配对照研究以及更长时间的临床研究来验证,并进一步探讨其具体作用机制,从而促进角膜塑形镜的更优化发展。

4 参考文献

- [1] Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050[J]. *Ophthalmology*, 2016, 123(5):1036–1042. DOI:10.1016/j.ophtha.2016.01.006.
- [2] Chen Z, Xue F, Zhou J, et al. Effects of Orthokeratology on Choroidal Thickness and Axial Length[J]. *Optom Vis Sci*, 2016, 93(9):1064–1071. DOI:10.1097/OPX.0000000000000894.
- [3] Tideman JW, Polling JR, Vingerling JR, et al. Axial length growth and the risk of developing myopia in European children[J]. *Acta Ophthalmologica*, 2017, 96(3):301–309. DOI:10.1111/aos.13603.
- [4] Vander VDK, Kraker RT, Pineles SL, et al. Prevention of myopic progression in children: a report by the American Academy of Ophthalmology[J]. *Ophthalmology*, 2019, 126(4):623–636. DOI:10.1016/j.ophtha.2018.11.026.
- [5] Walline JJ. Myopia Control: A Review[J]. *Eye & Contact Lens*, 2016, 42(1):3–8. DOI:10.1097/ICL.0000000000000207.
- [6] Prousalis E, Haidich A, Fontalis A, et al. Efficacy and safety of interventions to control myopia progression in children: an overview of systematic reviews and meta-analyses[J]. *BMC Ophthalmology*, 2019, 19(1):106–118. DOI:10.1186/s12886-019-1112-3.

- [7] Chan DK, Fung YK, Xing S, et al. Myopia prevention, near work, and visual acuity of college students: integrating the theory of planned behavior and self-determination theory[J]. *J Behav Med*, 2014, 37(3):369–380. DOI:10.1007/s10865-013-9494-9.
- [8] Hakahiro 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[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2012, 53(7):3913–3919. DOI:10.1007/s10865-013-9494-9.
- [9] Tsai WS, Wang JH, Lee YC, et al. Assessing the change of anisometropia in unilateral myopic children receiving monocular orthokeratology treatment[J]. *Journal of Formosan Medical Association*, 2019, 2(112):646–650. DOI:10.1016/j.jfma.2019.02.001.
- [10] Liu Y, Wildsoet C. The effect of two-zone concentric bifocal spectacle lenses on refractive error development and eye growth in young chicks[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2011, 52(2):1078–1086. DOI:10.1167/iov.10-5716.
- [11] Benawente-Perez A, Nour A, Troilo D. Axial eye growth and refractive error development can be modified by exposing the peripheral retina to relative myopic or hyperopic defocus[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2014, 55(10):6765–6773. DOI:10.1167/iov.14-14524.
- [12] Wang B, Naidu RK, Qu X. Factors related to axial length elongation and myopia progression in orthokeratology practice[J]. *Plos One*, 2017, 12(4):e0175913. DOI:10.1371/journal.pone.0175913.
- [13] 符爱存, 吕勇, 姬娜, 等. 角膜塑形镜控制青少年近视进展效果的相关因素[J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2016, 18(2):72–77.
- [14] 郑杰, 张珏, 陈跃国, 等. 基线近视屈光度对角膜塑形镜控制青少年近视儿童的影响[J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2018, 18(5):826–829. DOI:10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2018.10.002.
- [15] Kakita T, Hiraoka T, Oshika T. Influence of overnight orthokeratology on axial elongation in childhood myopia[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2011, 52(5):2170–2174. DOI:10.1167/iov.10-5485.
- [16] 钟元园. 角膜塑形镜对儿童角膜周边屈光力及眼轴增长的影响[D]. 上海: 复旦大学, 2014.
- [17] Cho P, Cheung SW. Retardation of myopia in Orthokeratology (ROMIO) study: a 2-year randomized clinical trial[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2012, 53(11):7077–7085. DOI:10.1167/iov.12-10565.
- [18] 姚卫兰, 崔冬梅, 李周越, 等. 角膜塑形镜控制青少年低中高度近视发展的效果[J]. *中山大学学报(医学科学版)*, 2017, 38(4):532–537.
- [19] Kang P, Swarbrick H. Time course of the effects of orthokeratology on peripheral refraction and corneal topography[J]. *Ophthalmic & Physiological Optics the Journal of the British College of Ophthalmic Opticians*, 2013, 33(3):277–282. DOI:10.1111/opo.12027.
- [20] Kong Q, Guo J, Zhou J, et al. Factors Determining Effective Orthokeratology Treatment for Controlling Juvenile Myopia Progression[J]. *Iranian Journal of Public Health*, 2017, 46(9):1217–1222.
- [21] Wan K, Cheung SW, Wolffsohn JS, et al. Role of corneal biome-

- chanical properties in predicting of speed of myopic progression in children wearing orthokeratology lenses or single-vision spectacles[J]. *BMJ Open Ophthalmol*, 2018, 3(1):e000204.DOI: 10.1136/bmjophth-2018-000204.
- [22] Zhong Y, Chen Z, Xue F, et al. Corneal power change is predictive of myopia progression in orthokeratology[J]. *Optom Vis Sci*, 2014, 91(4):404-411.DOI:10.1097/OPX.000000000000183.
- [23] Santodomingo-Rubido J, Villa-Collar C, Gilmartin B, et al. Factors Preventing Myopia Progression With Orthokeratology Correction[J]. *Optometry & Vision Science Official Publication of the American Academy of Optometry*, 2013, 90(11):1225-1236.DOI: 10.1097/OPX.000000000000034.
- [24] Chen Z, Niu L, Xue F, et al. Impact of pupil diameter on axial growth in orthokeratology[J]. *Optom Vis Sci*, 2012, 89(11):1636-1640.DOI:10.1097/OPX.0b013e31826c1831.
- [25] Hiraoka T, Mihashi T, Okamoto C, et al. Influence of induced decentered orthokeratology lens on ocular higher-order wavefront aberrations and contrast sensitivity function[J]. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2009, 35(11):1918-1926. DOI:10.1016/j.jcrs.2009.06.018.
- [26] 吴纲跃,赖仙球,戴晓丹.角膜塑形镜治疗后光学区偏离中心对控制近视的影响[J].*国际眼科杂志*, 2018, 18(1):188-191.
- [27] 付心怡,张晓峰,夏静,等.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.
- [28] 李晓柠,王琳琳,陈兆,等.光学治疗区偏心对角膜塑形镜配戴后角膜高阶像差及眼轴发育的影响[J].*中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2017, 19(9):540-547.
- [29] 杨晓,龚向明,戴祖优,等.角膜塑形镜治疗后镜片偏离中心的角膜地形图分析[J].*中华眼科杂志*, 2003, 39(6):335-338.
- [30] 朱梦钧,冯浩雁,瞿小妹.不同光学设计角膜塑形镜控制近视进展的临床观察[J].*中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2012, 14(2):82-85.DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2012.02.005.
- [31] Carracedo G, Espinosa-Vidal TM, Martínez-Alberquilla I, et al. The topographical effect of optical zone diameter in orthokeratology contact lenses in high myopes[J]. *Journal of Ophthalmol*, 2019, 2019:1082472.DOI:10.1155/2019/1082472.
- [32] Kang P, Swarbrick H. The Influence of Different OK Lens Designs on Peripheral Refraction[J]. *Optom Vis Sci*, 2016, 93(9):1112-1119.DOI:10.1097/OPX.0000000000000889.
- [33] Chen C, Cho P. Toric orthokeratology for high myopic and astigmatic subjects for myopic control[J]. *Clin Exp Optom*, 2012, 95(1): 103-108.DOI:10.1111/j.1444-0938.2011.00616.x.
- [34] Chen C, Cheung SW, Cho P. Myopia control using toric orthokeratology (TO-SEE study)[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2013, 54(10): 6510-6517.DOI:10.1167/iovs.13-12527.
- [35] 周珺,王肖,吴晓璇,等.夜戴型角膜塑形镜矫正青少年近视疗效及其影响因素分析[J].*中国实用眼科杂志*, 2017, 35(2):136-142.DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-4443.2017.02.009.
- [36] Tarutta EP, Verzhanskaya TY. Stabilizing effect of orthokeratology lenses (ten-year follow-up results)[J]. *Vestnik Oftalmologii*, 2017, 133(1):49.DOI:10.17116/oftalma2017133149-54.
- [37] Vander VDK, Kraker RT, Pineles SL, et al. Use of Orthokeratology for the Prevention of Myopic Progression in Children: A Report by the American Academy of Ophthalmology[J]. *Ophthalmology*, 2018, 126(4):623-636.DOI: 10.1016/j.ophtha.2018.11.026.
- [38] 谢静,冯运红,金守梅,等.角膜塑形镜对青少年近视发展的影响因素回归分析[J].*国际眼科杂志*, 2015(5):872-874.DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2015.5.35.
- [39] Duncan G, Collison DJ. Role of the non-neuronal cholinergic system in the eye: A review[J]. *Life Sci*, 2003, 72(18):2013-2019. DOI:10.1016/s0024-3205(03)00064-x.
- [40] Chia A, Chua WH, Cheung YB, et al. Atropine for the treatment of childhood myopia: safety and efficacy of 0.5%, 0.1% and 0.01% doses (Atropine for the Treatment of Myopia 2)[J]. *Ophthalmology*, 2012, 119(2):347-354.DOI: 10.1016/j.ophtha.2011.07.031.
- [41] Kinoshita N, Konno Y, Hamada N, et al. Additive effects of orthokeratology and atropine 0.01% ophthalmic solution in slowing axial elongation in children with myopia: first year results[J]. *Japanese Journal of Ophthalmology*, 2018, 62(5):1-10.DOI:10.1007/s10384-018-0608-3.
- [42] Tan Q, Ng AL, Cheng GP. Combined atropine with orthokeratology for myopia control: study design and preliminary results[J]. *Curr Eye Res*, 2019, 1(11):1-8.DOI:10.1080/02713683.2019.1568501.
- [43] 常枫,沈政伟,陈云辉,等.中高度近视青少年配戴角膜塑形镜联合框架眼镜的疗效和安全性[J].*中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2015, 17(6): 360-363.
- [44] 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.
- [45] Mika R, Morgan B, Cron M, et al. Safety and efficacy of overnight orthokeratology in myopic children[J]. *Optometry: Journal of the American Optometric Association*, 2007, 78(5):225-231.

(收稿日期: 2019-03-20)

(本文编辑:陈丹)