

角膜塑形镜控制儿童近视发展的影响因素

郑杰, 张钰, 陈跃国, 张纯

作者单位: (100191) 中国北京市, 北京大学第三医院眼科中心
作者简介: 郑杰, 在读硕士研究生, 住院医师, 研究方向: 近视防治。

通讯作者: 张钰, 毕业于北京大学医学部, 博士, 副主任医师, 研究方向: 屈光手术、近视防治。zhangyured@sohu.com

收稿日期: 2017-09-27 修回日期: 2018-03-23

A review on factors influencing myopic progression in children after orthokeratology

Jie Zheng, Yu Zhang, Yue-Guo Chen, Chun Zhang

Department of Ophthalmology, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China

Correspondence to: Yu Zhang, Department of Ophthalmology, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China. zhangyured@sohu.com

Received: 2017-09-27 Accepted: 2018-03-23

Abstract

• With the increasingly higher prevalence of myopia in children, more and more attention has been paid on the prevention and control of childhood myopia. As a non-surgical method for correcting myopia and meanwhile slowing its progression, orthokeratology is now widely used around the world. Multiple clinical studies have revealed that orthokeratology is an effective and crucial way in controlling childhood myopic progression. However, the myopia controlling efficacy differs greatly among individuals. Many factors have been reported to have potential influences in the process of myopia control of orthokeratology in children and these factors were reviewed in this article.

• KEYWORDS: orthokeratology; myopia; influence factor; review

Citation: Zheng J, Zhang Y, Chen YG, et al. A review on factors influencing myopic progression in children after orthokeratology. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2018;18(5):826-829

摘要

随着儿童近视发病率的不断增高, 近视防控已引起人们越来越多的重视。角膜塑形术作为一种非手术性的矫正近视以及控制近视进展的治疗方式已经在全球范围内广泛应用。大量临床研究表明角膜塑形术是目前最有效地控制近视进展的重要手段之一。但是, 并不是所有配戴角膜塑形镜的儿童均能获得理想的近视控制疗效, 诸多因素可

以影响角膜塑形镜对儿童近视发展的控制效果。现就角膜塑形镜控制儿童近视的影响因素进行综述。

关键词: 角膜塑形镜; 近视; 影响因素; 综述

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2018.5.13

引用: 郑杰, 张钰, 陈跃国, 等. 角膜塑形镜控制儿童近视发展的影响因素. 国际眼科杂志 2018;18(5):826-829

0 引言

我国是一个近视大国, 近年来近视发病率不断上升且呈现低龄化趋势^[1]。儿童时期是生长发育的高峰时期, 在眼球发育过程中, 不正确的用眼方式、繁重的学业及较短的户外活动时间等因素均可导致儿童近视的快速增长^[2]。近视不仅影响远视力, 同时可能并发玻璃体混浊、白内障、开角型青光眼、黄斑病变、视网膜裂孔甚至脱离等严重的眼部疾病^[3]。高度近视相关并发症是导致视力损伤和致盲的重要因素^[4]。因此控制儿童近视的发病率, 减缓近视的进展速度, 降低高度近视发病率是极为重要的。角膜塑形镜(orthokeratology, Ortho-K)通过夜间配戴重塑角膜形态, 不仅使视网膜中心视野获得清晰的物像, 而且使25°以外的视野范围呈近视化状态^[5]。近视儿童配戴角膜塑形镜和普通框架眼镜2a的对比研究表明, 儿童配戴角膜塑形镜后, 眼轴平均增长量约为配戴普通框架眼镜的1/2^[6]。但是, 临床上诸多因素影响角膜塑形镜控制近视的效果。本文对角膜塑形镜控制儿童近视发展的可能影响因素进行综述, 希望对儿童配戴角膜塑形镜的效果预估提供指导。

1 年龄

众多研究结果显示, 配戴角膜塑形镜的近视儿童年龄越小, 眼轴增长越快; 但与同龄配戴框架眼镜的近视儿童相比, 眼轴增长减慢的幅度越大。He等^[7]根据基线年龄将141例儿童分成低龄组(7~9.4岁)和高龄组(>9.4~12岁), 分析配戴角膜塑形镜1a后眼轴增长量和年龄的相关性, 结果显示, 眼轴增长量与基线年龄间呈显著负相关($r = -0.309, P < 0.01$), 即年龄越小, 眼轴增长量越大。Tarutta等^[8]的一项长达10a的临床观察结果显示, 年龄较小且合并有高度近视的儿童, 眼轴增长量更大。大量研究证实年龄越小, 近视发病越早, 近视增长速度越快; 而年龄越大, 近视发病越晚, 近视增长速度越慢^[9-11]。因此, 儿童近视的增长速度随年龄增加有逐渐减慢的趋势可能是上述研究结论的主要原因。虽然低龄近视儿童使用角膜塑形镜后眼轴增长相对较快, 但是, He等^[7]的研究发现高龄儿童中, 眼轴增长较快者在角膜塑形镜和框架眼镜组中分别占24.3%和12.3%, 而在低龄儿童中, 角膜塑形镜组眼轴增长较快儿童的比例显著少于框架眼镜组(角膜塑形镜组38.0%, 框架眼镜组76.5%), 表明两种治疗方法在

低龄儿童中差异显著,而在高龄儿童中差异不明显。Zhu 等^[12]的研究也表明,配戴角膜塑形镜的低龄组(7~9.8岁)近视儿童与配戴框架眼镜的同龄近视儿童相比,2a 眼轴增长量减少 61%;但对于高龄组(9.9~14岁)近视儿童,眼轴增长量仅减少 35%,进一步提示在低龄组两种方法控制近视的效果差异显著优于高龄组。Hiraoka 等^[10]进行了一项为期 5a 的临床研究,观察角膜塑形镜控制近视的效果,发现在角膜塑形镜组中,年龄与眼轴增长的线性回归关系的斜率($\beta = -0.178$)明显较框架眼镜组($\beta = -0.359$)平坦,提示初始戴镜年龄越小,角膜塑形镜相比框架眼镜对近视进展的控制效果越显著。因此,对于低龄儿童,使用角膜塑形镜控制近视发展可能更有临床意义。

2 基础屈光度

有研究发现,基础屈光度数越高的近视患者配戴角膜塑形镜后眼轴增长速度越慢^[13-15]。Wang 等^[13]对 249 例年龄 7~15 岁,平均等效球镜度 $-3.03 \pm 1.11D$,平均配戴角膜塑形镜时间 $29.62 \pm 6.64mo$ 的儿童进行一项回顾性研究,结果显示,基线等效球镜度越高的儿童,2a 的眼轴增长量越少($r^2 = 0.0586, P < 0.0001$)。符爱存等^[14]按基线等效球镜度将 73 例患者分成 4 组,Q1 组 20 例($-1.00 \sim -3.00D$),Q2 组 19 例($-3.12 \sim -4.00D$),Q3 组 16 例($-4.12 \sim -5.00D$);Q4 组 18 例($-5.12 \sim -6.87D$),2a 后眼轴增加量分别为 $0.38 \pm 0.13, 0.32 \pm 0.13, 0.27 \pm 0.13, 0.20 \pm 0.12mm$,组间差异有统计学意义($P < 0.05$),表明基础近视度数越高,眼轴增加越慢,近视控制效果越好。Charm 等^[15]对 52 例年龄 8~11 岁,等效球镜度大于 $-5.50D$ 的儿童进行一项为期 2a 的随机单盲研究,其中试验组配戴降度为 $-4.00D$ 的角膜塑形镜结合日间框架眼镜,对照组配戴框架眼镜,2a 后角膜塑形镜组的眼轴较对照组少增长了 63%。该研究与既往针对低中度近视患者的研究^[16-17]相比,近视控制率更高,分析其较强的近视控制效果可能与高度近视患者有较高的降度相关。

根据周边离焦理论学说^[16],视网膜周边远视性离焦可导致眼轴增长。高度近视眼经角膜塑形后,角膜旁中央区屈光力增加量较中低度近视患者大,从而更显著地减少了视网膜周边远视性离焦。钟元园^[18]关于角膜塑形镜对角膜屈光力相对近视漂移的影响及与眼轴增长的相关性的研究表明,鼻侧、颞侧、下方三条径线角膜相对周边屈光力均与眼轴增长呈负相关,由此推测由角膜塑形镜导致的视网膜周边离焦相对近视漂移与眼轴增长量可能呈“剂量效应”。González-Méijome 等^[5]研究发现近视度数高的患者经过角膜塑形后,周边视网膜可以获得更大的远视性离焦,眼轴控制效果更好。但是,He 等^[7]将 141 例配戴角膜塑形镜的儿童按等效球镜度分为低度近视组($-0.50 \sim -3.00D$)和中度近视组($> -3.00 \sim -6.00D$),对其进行为期 1a 的临床研究,结果显示,眼轴增长和基线等效球镜度间无显著相关性($r = 0.040, P = 0.638$)。Zhu 等^[12]按基础等效球镜度将 7~14 岁的 65 例配戴角膜塑形镜的患者分成低度近视组(20 例)、中度近视组(23 例)和高度近视组(22 例),发现三组之间 2a 的眼轴增长量无显著统计学差异,这与 Cho 等^[9]的一项随机临床观察结果相同。因此,

对于基础屈光度与眼轴增长的关系尚需大样本、随机对照研究进一步证实。

3 基础角膜屈光力和形态

角膜塑形镜通过重塑角膜形态,导致角膜屈光力呈现中央区降低,旁中央区增高的改变,从而使周边视网膜形成远视性离焦状态。因此,有学者认为基础角膜屈光力和形态会影响角膜塑形镜的近视控制效果^[19-21]。Santodomingo-Rubid 等^[19]发现在角膜塑形镜组中基础角膜屈光力与 2a 的眼轴增长量呈负相关($r^2 = 0.230, P < 0.05$);而在框架眼镜组两者没有显著相关性($r^2 = 0.054, P > 0.05$)。谢静等^[20]的回顾性研究发现,基础角膜屈光力越大,角膜塑形镜对近视的控制效果越好。这可能是由于角膜中央平均屈光力大的角膜上皮细胞具有更大的迁移“潜力”,配戴角膜塑形镜后角膜周边部屈光力与中央区屈光力差值更大,进而能更有效地减少周边远视性离焦^[5],因此眼轴增长更慢。符爱存等^[14]的前瞻性研究结果显示,基础角膜屈光力与塑形后眼轴增长量间无显著相关性($\beta = 0.008, r^2 = 0.001, P > 0.05$)。Wang 等^[13]研究发现角膜塑形镜对近视的控制效果虽然与基础角膜屈光力无相关性($\beta = 0.00734, r^2 = 0.0004, P = 0.7453$),但其与角膜形态间有显著相关性,角膜 E 值越大,2a 眼轴增长量越大($r^2 = 0.0226, P = 0.01$)。角膜 E 值较大的患儿角膜塑形后视网膜周边远视性离焦量相对较小,眼轴增长较快。Cho 等^[9]的研究结果显示,角膜塑形镜的控制效果与初始角膜形态无显著相关性($P > 0.05$)。此外,有研究报道,基础角膜散光与眼轴增加量无显著相关性($\beta = -0.004, r^2 = 0.004, P > 0.05$)^[14]。Chen 等^[22]研究发现基础角膜散光较低($< 1.25D$)的儿童行角膜塑形镜治疗 2a 后眼轴增长量与中高度角膜散光($\geq 1.25D$)患儿相比差异无统计学意义($P = 0.60$),但该研究中两组患儿所配戴的角膜塑形镜的设计方式不同(低度散光组:球面设计的角膜塑形镜;中高度散光组:双矢高设计的角膜塑形镜)。因此,基础角膜屈光力和基础角膜形态对角膜塑形镜近视控制效果的影响尚需要严格匹配的对照试验或大样本随机对照试验加以证实。

4 瞳孔直径

瞳孔大小影响进入眼内的周边光线量,因此众多研究认为瞳孔直径大小通过影响周边视网膜近视离焦量从而影响角膜塑形镜控制近视的效果^[14,19]。符爱存等^[14]的研究结果显示,角膜塑形镜组瞳孔直径越大,眼轴增加越慢($\beta = -0.2, r^2 = 0.41, P < 0.05$),而在框架镜组两者间无显著相关性($\beta = -0.12, r^2 = 0.17, P > 0.05$),该研究结果与 Santodomingo-Rubido 等^[19]研究结果一致。Chen 等^[23]对 52 例 9~14 岁的儿童进行了一项为期 2a 的临床观察(角膜塑形镜组 27 例,框架眼镜组 25 例),结果发现,在角膜塑形镜组瞳孔直径显著影响 2a 的眼轴增长量($P < 0.05$),瞳孔直径大于平均值的患者 2a 眼轴增长量约为瞳孔直径小于平均值的 1/2($P < 0.05$)。瞳孔直径与眼轴增长呈负相关,可能是因为瞳孔面积较大者配戴角膜塑形镜后,周边视网膜能接受更大剂量离焦光线的刺激,从而增加周边近视离焦量以及高阶像差,这种“剂量效应”可导致近视控制效果的差异^[24]。然而,Downie 等^[21]在一项长达 8a,每 2a 随访一次的回顾性研究中发现,配戴角膜塑形镜的

患儿中,瞳孔直径与眼轴增长量间无显著统计学关系,这与 Wang 等^[13]的研究结果一致。不同研究结果可能与研究方法、监测时间间隔、种族、样本量等相关。因此,仍需要更多大样本量的随机对照研究来证实瞳孔直径对角膜塑形镜控制近视进展效果的影响。

5 高阶像差

角膜塑形后,呈现中央光学区平坦、旁中央区环形陡峭的形态。有研究表明角膜的这种不规则形态可以产生高阶像差,有助于角膜塑形镜的近视控制作用^[25-26]。Hiraoka 等^[25]对年龄 7.2 ~ 12 岁,等效球镜度 -0.75 ~ -3.50D 的 55 例儿童进行为期 1a 的临床观察发现,眼轴增长与角膜塑形后眼球彗差、球差、总体高阶像差有显著相关性,但与球差 (C_{40}) 无显著相关性;多元线性回归分析显示,眼轴增长与角膜塑形后眼球彗差的相关性最显著 ($\beta = -0.422, P < 0.05$)。研究者认为角膜塑形后增加的角膜彗差可能使角膜产生伪调节,从而减缓近视的发展。同时,该研究发现角膜塑形后引起的角膜多焦点性与眼轴增长呈显著负相关 ($r = -0.479, P < 0.05$),认为相对于对称角膜,塑形后角膜的不对称性可能延缓近视进展。Maseedupally 等^[26]研究发现塑形后角膜并未形成理想的对称形态,其中央区及旁中央区在水平子午线上呈现不对称的改变,并可能通过引起周边视网膜近视离焦量不同从而对角膜塑形镜的近视控制疗效产生影响,然而塑形后角膜的不对称性是近视控制的有利或不利因素,尚需进一步的研究来明确。但是, Santodomingo-Rubido 等^[27-28]的研究结果显示,角膜塑形后产生的继发性散光、高阶像差与眼轴增长无关。角膜塑形镜引起较大的角膜彗差增加时,可导致对比敏感度的下降。因此,有研究者认为虽然角膜塑形后增加的彗差可能有助于控制近视的发展,但视觉质量和近视控制作用需要维持在相对平衡的水平上。综上所述,我们还需进一步研究高阶像差与角膜塑形镜控制近视效果的关系,并探寻其间的平衡点。

6 角膜塑形镜光学设计方式

经典的角膜塑形镜呈四区设计,不同厂家各弧段的光学设计方式存在差异。朱梦钧等^[29]观察屈光度 -1.25 ~ -5.75D,年龄 7 ~ 14 岁的患儿分别配戴 3 种不同光学设计的角膜塑形镜 1a 后的眼轴变化,其中设计 1 以角膜偏心率指导镜片设计,除光学区外,各弧段均采用双弧设计;设计 2 和设计 3 以矢高指导镜片基弧区以及反转弧区的设计,设计 2 较设计 3 的反转弧窄 0.1mm,基弧直径相同。结果显示,无论低度或中度近视,设计 1 组与设计 2 组、设计 2 组与设计 3 组眼轴增长量间无统计学差异,而设计 1 组与设计 3 组之间的差异具有显著的统计学意义 ($P < 0.05$),设计 3 组具有更明显的延缓近视进展的作用。研究者认为周边屈光度的改变是由光束经过反转弧区的折射所形成的,所以反转弧区的弧度设计决定周边屈光度的近视化模式。有研究发现,配戴传统球面 5 弧设计的角膜塑形镜后 5a 眼轴增长量较采用非球面 6 弧设计的角膜塑形镜大^[30]。此外,有研究发现不同光学区直径的角膜塑形镜引起的周边视网膜离焦不同,光学区直径 5.50mm 的角膜塑形镜相比 6.60mm 角膜塑形镜在鼻侧 20° 周边视网膜可以获得更多的近视性离焦,同时较小的光学区直径可以引起角膜顶点区域泪液层增厚,从而导致角膜多焦的光

学区改变,提示光学区直径越小可能对近视的控制效果越好^[31]。而 Kang 等^[32]研究配戴 2 种角膜塑形镜(基弧区直径和反转弧区曲率不同)2wk 后引起的视网膜周边屈光度和角膜地形图的差异,结果发现 2 种不同设计的角膜塑形镜引起的视网膜周边屈光度和角膜地形图的变化均无统计学差异 ($P > 0.05$),这与 Kang 等^[33]的研究结果一致。因此,不同设计方式对角膜塑形镜近视控制效果的影响还需更多大样本、随机对照研究加以证实,探讨更优化的角膜塑形镜设计是未来研究的方向。

7 前房深度

Santodomingo-Rubido 等^[19]关于角膜塑形镜控制近视进展效果的影响因素的临床研究发现,前房深度越深,配戴角膜塑形镜后眼轴增长越慢 ($r^2 = 0.184, P < 0.05$)。符爱存等^[14]的研究结果却表明前房深度与眼轴增长无关。以上研究结果不同可能与样本量以及入组患者的屈光度、年龄、家族史不同等因素有关。有学者发现 10 岁左右的儿童在 2a 内前房深度可有少量增长^[11],由此推测,前房深度基线水平相对较低的儿童,其眼轴增长的成分里很可能存在正常的前房深度增长量,从而表现出眼轴增长较快。但前房深度是否影响角膜塑形镜控制近视进展的效果仍需要更多的研究加以证实。

8 性别

有研究表明,角膜塑形镜对近视进展的控制效果与性别相关^[14]。符爱存等^[14]的研究结果显示,角膜塑形镜组(男 41 例,女 32 例)中男女患者 2a 的眼轴增加量分别为 $0.34 \pm 0.29\text{mm}$ 和 $0.21 \pm 0.32\text{mm}$ ($P < 0.05$);而框架眼镜组(男 35 例,女 35 例)中男女患者眼轴增加量分别为 $0.60 \pm 0.29\text{mm}$ 和 $0.58 \pm 0.21\text{mm}$ ($P > 0.05$)。Santodomingo-Rubido 等^[19]发现,男女患者配戴角膜塑形镜 2a 的眼轴增长量分别为 $0.62 \pm 0.29\text{mm}$ 和 $0.52 \pm 0.26\text{mm}$,女性近视患者眼轴增长速度较男性近视患者慢,差异有统计学意义。然而,谢静等^[20]回顾性分析 86 例 169 眼患者配戴角膜塑形镜 2a 后累计屈光度增加量,屈光度增加 $> -0.25\text{D}$ 的患者(54 眼)与屈光度增加 $\leq -0.25\text{D}$ 的患者(115 眼)在性别上的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。近视的发生发展受多种因素影响,以上研究结果的差异可能与入组患者的受教育程度、生长发育阶段、遗传因素、用眼习惯、基线屈光度等因素存在差异有关。因此,性别对角膜塑形镜控制儿童近视发展的影响还需要设计严格的对照试验(年龄、屈光度及家族史等因素匹配)加以验证。

9 其它影响因素

角膜塑形镜对近视进展的控制效果,除上述可能的影响因素外,还有文献发现遗传因素与控制效果相关,父母患近视尤其近视度数高时,患儿近视进展快^[19]。同时有文献发现入选研究前 2a 每年增加的近视度数越小,角膜塑形后眼轴增加量越小^[14,19]。有研究认为,角膜塑形镜的配戴方式可能影响角膜塑形镜的控制效果,采用夜戴角膜塑形镜的方式较日戴对高度近视的控制效果更理想^[34]。另有研究发现角膜塑形镜的透氧率越高其控制近视的效果越好^[35]。此外,有研究结果显示,基础调节幅度与角膜塑形后 2a 眼轴增长量之间呈显著正相关 ($r = 0.502, P < 0.01$)^[36],基础调节功能差的儿童,其调节滞后量较大,形成视网膜远视离焦,导致了近视度数的过快增

长,配戴角膜塑形镜后,由于调节需求的增加,调节功能得到改善,调节滞后减少,从而延缓近视进展^[37]。

10 小结

综上所述,角膜塑形镜对近视进展的控制效果受多种因素的共同影响。具有以下特点的近视儿童可能从角膜塑形中获得更好的近视控制效果:年龄小、基础近视屈光度高、基础角膜屈光力大、瞳孔直径相对大、角膜塑形后较高的彗差及球差、角膜塑形镜光学区直径较小、反转弧较宽、女性、角膜塑形镜透氧率高、调节滞后量较大等。以往的研究具有一定的局限性,多为回顾性研究,多基于不同个体间的比较,分组未进行严格匹配,很难排除其它干扰因素的影响。因此,今后需要大样本随机对照研究或基于同一个体的双眼对照研究来证实以上影响因素对角膜塑形镜控制近视发展效果的影响,并进一步深入探讨各影响因素的作用机制,以更好地指导临床工作,提高角膜塑形镜配戴效果的可预测性,促进角膜塑形镜设计的不断改进,让角膜塑形镜个性化应用于儿童近视的防控。

参考文献

- Tiffany H, Sudha N. Myopia Epidemiology and Strategies for Intervention. *Adv Ophthalmol Optom* 2017;1(2):63-74
- Morgan IG, French AN, Ashby RS, et al. The epidemics of myopia: Aetiology and prevention. *Prog Retin Eye Res* 2018;62:134-149
- Ikuno Y. Overview of the complications of high myopia. *Retina* 2017;37(12):2347-2351
- Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology* 2016;123(5):1036-1042
- González-Méijome JM, Faria-Ribeiro MA, Lopes-Ferreira DP, et al. Changes in Peripheral Refractive Profile after Orthokeratology for Different Degrees of Myopia. *Curr Eye Res* 2016;41(2):199-207
- Li X, Friedman IB, Medow NB, et al. Update on Orthokeratology in Managing Progressive Myopia in Children: Efficacy, Mechanisms, and Concerns. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2017;54(3):142-148
- He MM, Du YR, Liu QY, et al. Effects of orthokeratology on the progression of low to moderate myopia in Chinese children. *BMC Ophthalmol* 2016;16:126
- Tarutta EP, Verzhanskaya TY. Stabilizing effect of orthokeratology lenses (ten-year follow-up results). *Vestn Oftalmol* 2017;133(1):49-54
- 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
- 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
- Twelker JD, Mitchell GL, Messer DH, et al. Children's Ocular Components and Age, Gender, and Ethnicity. *Optom Vis Sci* 2009;86(8):918-935
- 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
- Wang B, Naidu RK, Qu X. Factors related to axial length elongation and myopia progression in orthokeratology practice. *PLoS One* 2017;12(4):e0175913
- 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. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2016;18(2):72-77
- Charm J, Cho P. High myopia-partial reduction ortho-k: a 2-year randomized study. *Optom Vis Sci* 2013;90(6):530-539

- 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
- Santodomingo-Rubido J, Villa-Collar C, Gilmartin B, et al. Myopia control with orthokeratology contact lenses in Spain: refractive and biometric changes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012;53(8):5060-5065
- 钟元园.角膜塑形镜对角膜屈光力相对近视漂移的影响及与眼轴增长的相关性. *复旦大学* 2014
- Santodomingo-Rubido J, Villa-Collar C, Gilmartin B, et al. Factors preventing myopia progression with orthokeratology correction. *Optom Vis Sci* 2013;90(11):1221-1236
- 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. *国际眼科杂志* 2015;15(5):872-874
- Downie LE, Lowe R. Corneal reshaping influences myopic prescription stability (CRIMPS): an analysis of the effect of orthokeratology on childhood myopic refractive stability. *Eye Contact Lens* 2013;39(4):303-310
- Chen C, Cheung SW, Cho P. Myopia control using toric orthokeratology (TO-SEE study). *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013;54(10):6510-6517
- Chen Z, Niu L, Xue F, et al. Impact of pupil diameter on axial growth in orthokeratology. *Optom Vis Sci* 2012;89(11):1636-1640
- Faria-Ribeiro M, Navarro R, González-Méijome JM. Effect of Pupil Size on Wavefront Refraction during Orthokeratology. *Optom Vis Sci* 2016;93(11):1399-1408
- Hiraoka T, Kakita T, Okamoto F, et al. Influence of ocular wavefront aberrations on axial length elongation in myopic children treated with overnight orthokeratology. *Ophthalmology* 2014;122(1):93-100
- Maseedupally V, Gifford P, Lum E, et al. Central and paracentral corneal curvature changes during orthokeratology. *Optom Vis Sci* 2013;90(11):1249-1258
- Santodomingo-Rubido J, Villa-Collar C, Gilmartin B, et al. The effects of entrance pupil centration and coma aberrations on myopic progression following orthokeratology. *Clin Exp Optom* 2015;98(6):534-540
- Santodomingo-Rubido J, Villa-Collar C, Gilmartin B, et al. Short- and Long-Term Changes in Corneal Aberrations and Axial Length Induced by Orthokeratology in Children Are Not Correlated. *Eye Contact Lens* 2017;43(6):358-363
- 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. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2012;14(2):82-85
- 谢培英.角膜塑形镜近视控制疗效的影响因素. *第十七届国际视光学学术会议论文汇编* 2017:90-91
- Jaume PF. Customizing your Orthokeratology fit for Myopia Control. *第四届国际角膜塑形学术论坛论文汇编* 2017:110
- Kang P, Gifford P, Swarbrick H. Can manipulation of orthokeratology lens parameters modify peripheral refraction? *Optom Vis Sci* 2013;90(11):1237-1248
- Kang P, Swarbrick H. The Influence of Different OK Lens Designs on Peripheral Refraction. *Optom Vis Sci* 2016;93(9):1112-1119
- 周建兰,谢培英,王丹,等.青少年高度近视眼患者长期配戴角膜塑形镜的效果观察. *中华眼科杂志* 2015;7(7):515-519
- Lum E, Swarbrick HA. Lens Dk/t influences the clinical response in overnight orthokeratology. *Optom Vis Sci* 2011;88(4):469-475
- 朱梦钧,冯浩雁,朱剑锋,等.调节幅度对角膜塑形术近视控制作用的影响. *中华眼科杂志* 2014;50(1):14-19
- Han X, Xu D, Ge W. A Comparison of the Effects of Orthokeratology Lens, Medcall Lens, and Ordinary Frame Glasses on the Accommodative Response in Myopic Children. *Eye Contact Lens* 2017 [Epub ahead of print]