

角膜塑形镜控制近视性屈光参差的研究进展

袁梅娟¹, 林泉^{1,2}

引用:袁梅娟,林泉. 角膜塑形镜控制近视性屈光参差的研究进展. 国际眼科杂志 2022;22(8):1318-1322

作者单位:¹(410000)中国湖南省长沙市,中南大学爱尔眼科学院;²(530000)中国广西壮族自治区南宁市,南宁爱尔眼科医院

作者简介:袁梅娟,在读硕士研究生,研究方向:近视防控。

通讯作者:林泉,毕业于广西医科大学,硕士,硕士研究生导师,主任医师,研究方向:近视防控. 402701218@qq.com

收稿日期:2021-11-25 修回日期:2022-06-30

摘要

近视性屈光参差是一种特殊类型的屈光不正。近年来,随着全球近视患病率的快速增长,近视性屈光参差的患病率也呈现出逐年上升的趋势。屈光参差会引起双眼视网膜图像大小不同和融像困难,带来视疲劳、单眼抑制、弱视和立体视障碍等问题,影响患者的工作和生活。因此,早期发现并采取有效的干预措施延缓儿童近视性屈光参差的进展至关重要。目前,各种控制儿童近视进展的方法已得到广泛研究,其中角膜塑形镜(orthokeratology lens,OK镜)被认为是控制近视性屈光参差的有效手段。本文主要对角膜塑形镜控制近视的机制、延缓近视性屈光参差进展的效果及其对近视性屈光参差儿童立体视影响的研究进展进行综述,以期今后近视性屈光参差的防控工作提供理论基础。

关键词:角膜塑形镜;近视;屈光参差;立体视;研究进展

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2022.8.16

Advances in orthokeratology for myopic anisometropia control

Mei-Juan Yuan¹, Quan Lin^{1,2}

¹Aier School of Ophthalmology, Central South University, Changsha 410000, Hunan Province, China; ²Aier Eye Hospital (Nanning), Nanning 530000, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China

Correspondence to: Quan Lin. Aier School of Ophthalmology, Central South University, Changsha 410000, Hunan Province, China; Aier Eye Hospital (Nanning), Nanning 530000, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China. 402701218@qq.com

Received: 2021-11-25 Accepted: 2022-06-30

Abstract

• Myopic anisometropia is a special type of refractive error. As the prevalence of myopia has rapidly increased worldwide in recent years, the prevalence of myopic anisometropia is also growing year by year. Anisometropia can cause aniseikonia of the retinal and fusion impairment, leading the problems such as

asthenopia, monocular suppression, amblyopia, and stereopsis disorder, which results in negative effects on patients' work and life. Therefore, it is crucial for children to discover myopic anisometropia in early stage and take effective measures in time to delay the progression of it. At present, a wide range of research has been conducted to study the methods that control the progression of myopia among children. It has been found that orthokeratology lens (OK lens) can effectively slow the progression of myopic anisometropia. This article mainly reviews the mechanism of how orthokeratology control myopic anisometropia, its effect on delaying the progression of myopic anisometropia, and its impact on stereopsis among children with myopic anisometropia, aiming to provide a theoretical basis for the prevention and control of myopic anisometropia in the future.

• KEYWORDS: orthokeratology lens; myopia; anisometropia; stereopsis; research progress

Citation: Yuan MJ, Lin Q. Advances in orthokeratology for myopic anisometropia control. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022; 22(8):1318-1322

0 引言

屈光参差是一种特殊类型的屈光不正,通常指双眼屈光度相差 $\geq 1.00D$ ^[1-2]。研究表明屈光参差的患病率与年龄密切相关^[3]。最近,一项以人群为基础的大型研究发现屈光参差在学龄儿童的患病率为5.3%,其中,近视性屈光参差的患病率为2.9%^[4]。随着年龄的增长,屈光参差的程度可能会随着近视的进展而增加^[2,5-6]。新加坡一项为期3a的纵向研究还发现,相较于非屈光参差儿童,屈光参差儿童的双眼有着更高的近视进展率^[3]。目前,人们认为屈光参差是由于儿童时期双眼正视化不平衡、眼轴不对称延长而引起^[7-8]。多项研究调查了各种因素^[9-10]对屈光参差的影响,然而,其具体发生和发展机制仍不明确。高度屈光参差会引起视疲劳、单眼抑制、弱视和立体视障碍等诸多问题^[1,11-13],当发展为高度近视后,还有可能出现视网膜的病理改变,这将对人们的视力造成极大威胁。因此,寻找有效的方法控制儿童近视性屈光参差的进展十分关键。目前,多项研究已经证明配戴角膜塑形镜(orthokeratology lens,OK镜)能够有效延缓儿童近视进展,近年来,国内外研究也发现角膜塑形镜能够在一定程度上控制屈光参差的进展,减小双眼眼轴和屈光度差异,并改善立体视。本文主要对角膜塑形镜控制近视的机制、延缓近视性屈光参差进展的效果及其对近视性屈光参差儿童立体视的影响进行综述。

1 角膜塑形镜控制近视的机制

角膜塑形镜是一种夜戴型高透氧性硬性隐形眼镜,它可以使近视儿童中央角膜变得平坦,从而暂时降低近视度

数,获得良好的日间裸眼视力。近年来,角膜塑形镜发展迅速,其在控制近视进展作用方面得到了广泛研究,并被誉为了延缓眼轴延长最有效的非药物方法^[14-15]。相关研究报道,角膜塑形镜对高度近视儿童眼轴延长有更大的抑制作用^[16]。Fu等^[16]发现近视儿童配戴角膜塑形镜时的初始等效球镜度越高,眼轴生长越慢,这意味着角膜塑形镜对近视程度较高眼轴延长的抑制作用更强。尽管角膜塑形镜控制近视进展的有效性已经在国内外得到充分证明,但其潜在的作用机制尚不明确,目前主要有以下几种假说。

1.1 周边离焦假说 视网膜周边远视离焦是目前大部分人所接受的近视进展理论。轴性近视由于眼轴的延长,并且眼球在轴向长度比赤道方向更长,使眼球后极部呈现长椭圆形状态^[17],当配戴单焦点框架眼镜矫正黄斑中央区的屈光不正时,周边视网膜将会处于远视离焦状态^[18]。动物模型发现视网膜周边远视离焦可以促进近视的发展^[17,19]。Smith等^[17]在幼年恒河猴的实验中发现,通过在负镜片中央留一空洞保留黄斑区的中心视力但在视网膜周边诱导远视离焦可以引起恒河猴轴性近视的形成。在随后的实验中,Smith等^[20]还发现当视网膜周边与中央的离焦信号矛盾时,视网膜周边离焦信号在眼球生长发育过程中占据主导地位。人类相关研究也表明近视眼周边视网膜为相对远视离焦^[21]。因此,视网膜周边远视离焦可能是促进眼轴延长和近视进展的潜在信号,但周边远视离焦是否是近视形成的原因,目前仍存在争议。由于周边的视觉体验可能提供信号改变眼球形状和中心轴长,因此可以设计出既能提供清晰的中心视力,同时消除周边视网膜相对远视离焦以消除或减小其引起的眼轴生长信号的光学镜片用于青少年近视防控。如今,各种基于视网膜周边离焦理论设计的近视防控镜片被大量研究。

角膜塑形镜是一种逆几何设计的硬性角膜接触镜,夜间配戴后,角膜中心区域变得平坦,从而可以在黄斑中心区域提供清晰的图像,而中周部角膜变得更加陡峭,相应地改变了近视眼周边视网膜相对离焦状态。这种隐形眼镜通过角膜重塑可以在周边视网膜诱导相对近视离焦,从而达到延缓眼轴延长和近视进展的目的^[22]。多项研究证实,角膜塑形镜可以将治疗前的相对周边远视性离焦转变为治疗后的相对周边近视性离焦^[21,23-24]。Gifford等^[25]调查了近视儿童配戴角膜塑形镜后周边屈光度的变化,发现戴镜1mo后,周边视网膜屈光状态转变为相对近视离焦,并且这种改变在随后的随访中保持稳定。国内相关研究同样也证明配戴角膜塑形镜后视网膜周边相对屈光度在水平方位发生近视漂移,这种近视漂移在周边非常明显,并且鼻侧与颞侧不对称^[26]。相反,也有研究报道角膜塑形镜引起鼻侧和颞侧对称性视网膜相对屈光状态改变^[27]。

目前,已有充分证据表明角膜塑形镜能够改变视网膜周边相对屈光状态,但能否诱导鼻侧和颞侧对称性改变仍存在争议,且至今还没有研究探讨角膜塑形镜引起的周边相对近视离焦量大小与近视控制率之间的关系,由角膜塑形镜带来的视网膜周边相对屈光度改变与眼轴变化之间的相关性还未得到充分证实。因此,今后仍需要进一步研究确定角膜塑形镜引起的周边相对近视离焦偏移量与眼轴延长速度及近视控制率之间的量化关系。

1.2 脉络膜厚度变化 脉络膜位于巩膜与视网膜之间,是

眼球中一种高度血管化的组织,其血管主要为视网膜外层提供营养,此外,脉络膜还含有分泌细胞,这可能与巩膜生长的调节有关^[28]。既往研究发现,当用正透镜和负透镜诱导小鸡眼睛离焦时,脉络膜分别表现出增厚和变薄的变化,去除镜片后,脉络膜又表现出相反的变化方向^[29]。该研究仅观察了视网膜离焦对于脉络膜厚度变化的短期影响,脉络膜厚度的长期变化及这种变化对于眼轴延长和近视进展的影响有待进一步研究,但这种双向生长调节作用使得研究人员随后将脉络膜作为近视控制的靶组织进行研究。目前,有临床研究报道高度近视眼的脉络膜厚度显著降低,并且其降低程度与近视的严重程度显著相关^[30]。然而,引起脉络膜厚度变化的具体机制尚未完全阐明。Zhang等^[31]研究发现脉络膜厚度变化与脉络膜血流变化呈正相关,因此推测两者的变化具有相关性,但因果关系尚未明确。脉络膜在儿童眼球发育中起着重要作用,其机制可能是通过脉络膜厚度改变和脉络膜分泌生长因子实现的^[28]。一项关于外用阿托品对于脉络膜厚度影响的研究发现,在使用1%阿托品1wk后,脉络膜厚度显著增加,这提示脉络膜可能通过一种厚度依赖的机制调节眼睛的生长^[32],但这项研究观察时间非常短,且目前关于脉络膜厚度与近视之间的因果关系尚不明确,因此有必要进行进一步的长期研究,以探讨脉络膜增厚和抑制眼轴延长之间的关联及他们之间的因果关系。

关于进展性近视眼配戴角膜塑形镜期间脉络膜厚度变化的研究中,Chen等^[33]发现接受角膜塑形镜治疗后黄斑旁大部分区域脉络膜增厚。张瑞琪等^[34]进行的自身对照研究发现,单眼近视患者配戴角膜塑形镜6mo后各位点脉络膜厚度较配戴前均增厚,相反,未处理的对侧眼各位点脉络膜厚度较前均变薄,差异均有统计学意义。上述研究结果提示角膜塑形镜控制近视进展可能与脉络膜增厚有关,但角膜塑形镜影响脉络膜厚度的具体机制尚未确定,这意味着未来这方面有着巨大的研究潜力。

1.3 高阶像差变化 配戴角膜塑形镜一段时间后,近视患者角膜形态将由长椭圆形变为扁平状,这种变化会降低角膜的非球面性,并增加角膜和眼的高阶像差,其中球差变化最大^[35-36],如果镜片发生偏位,彗差也会增加^[36]。Hiraoka等^[35]进行的一项多变量分析显示配戴角膜塑形镜后彗差的增加是影响眼轴延长的最相关因素,其次是离焦的变化,他们认为相比于同心和径向对称的角膜,不对称的角膜形态对延缓眼轴延长有相当大的作用,然而在他们的回归分析中,未将其他可能影响眼轴延长的混杂因素(如年龄、性别)考虑在内。随后,Hiraoka等^[37]发现,应用角膜塑形镜治疗后正向球差的增加与眼轴的延长呈负相关,他们认为高阶像差,特别是球差增加与近视的控制效果有关,并猜测这可能是角膜塑形镜控制近视进展的另一潜在机制,这与其他研究结果一致^[36,38]。Buehren等^[39]研究提出,高阶像差的大小和符号,特别是球差,可能为视网膜提供方向性的线索,导致眼球的补偿性生长,以优化图像质量,这也许能够为高阶像差增加与眼轴延长变慢之间的关系提供合理的解释。然而,目前仅少数研究考察了眼部高阶像差对接受角膜塑形镜治疗的儿童眼轴延长的影响,以及高阶像差在角膜塑形镜控制近视的潜在作用。高阶像差特别是球差的增加是否与延缓眼轴延长和控制近视进展有关,还有待进一步探索。

到目前为止,角膜塑形镜控制近视进展的机制还没有

完全得到证实。多数学者支持周边离焦假设,部分学者认为眼轴延长减慢与角膜高阶像差显著增加相关,另有学者认为配戴角膜塑形镜后脉络膜厚度的增加、调节滞后的减少^[40]也是潜在的影响因素。

2 角膜塑形镜控制近视性屈光参差的临床效果

目前,临床上已经提出了各种方法矫正近视性屈光参差。一般来说,框架眼镜是矫正屈光不正的一线方法,然而,由于镜眼距离和放大率相关的双眼不等像使得许多屈光参差患者不能耐受框架眼镜。虽然普通软性隐形眼镜作为另一种替代选择且不存在不等像问题,但它仅能起到光学矫正作用,对近视的控制作用不佳,并且在配戴普通软性隐形眼镜后屈光参差也可能迅速发展。Wang等^[41]发现,高度屈光参差儿童在接受硬性透气性角膜接触镜(rigid gas permeable contact lens, RGPCL)治疗后,随访1a后近视从-8.18D发展到-11.41D,部分患者也不能忍受不同厚度的接触镜,这提示RGPCL应用于儿童近视性屈光参差同样不是一个合适的选择。Karimian等^[1]建议使用波前像差引导的准分子激光屈光性角膜切削术治疗近视性屈光参差,但这是一种有创治疗,并且考虑到儿童的眼轴正处于持续生长阶段,因此不推荐儿童近视性屈光参差采用此方法治疗。近年研究发现,角膜塑形镜能平衡双眼视力,控制近视进展,降低屈光参差值^[22,42-52],是儿童近视性屈光参差的理想矫正方法。

2.1 角膜塑形镜控制单纯性近视性屈光参差

单纯性近视性屈光参差是指一眼为正视眼,另一眼为近视眼,因此也称为单眼近视。Tsai等^[45]研究发现单眼近视儿童单眼配戴角膜塑形镜后,近视眼的眼轴生长低于配对的正视眼,双眼眼轴差从基线时的 $0.83\pm 0.45\text{mm}$ 下降到24mo时的 $0.59\pm 0.49\text{mm}$ ($P=0.039$),并且在屈光参差程度较高的儿童中,长时间配戴角膜塑形镜引起的双眼眼轴差异缩小更为显著,提示角膜塑形镜可能对近视程度较高眼的眼轴延长有更大的抑制作用。Fu等^[47]研究也发现单眼角膜塑形镜治疗能有效抑制单眼近视儿童近视眼的眼轴延长,降低屈光参差值,这与其他研究结果一致^[49-50,52]。张瑞琪等^[34]发现单眼配戴角膜塑形镜后,与对侧眼相比,治疗眼脉络膜厚度增厚,眼轴延长减缓。但由于单眼近视发病率低,目前多数研究样本量较小,今后还需要更多大样本研究进一步证实角膜塑形镜控制单纯性近视性屈光参差的效果。总体而言,角膜塑形镜既能提供光学矫正,又能抑制治疗眼的近视进展,从而降低屈光参差幅度,是儿童单纯性近视性屈光参差较好的治疗方法。

2.2 角膜塑形镜控制复性近视性屈光参差

复性近视性屈光参差是指双眼均为近视眼,但双眼屈光度不等。国内相关研究表明配戴角膜塑形镜是改善屈光参差的一种有效方式^[51-52]。Zhang等^[44]研究首次探讨了角膜塑形镜对屈光参差儿童的眼轴生长是否存在剂量-反应效应,并缩小双眼的眼轴差异,他们发现配戴角膜塑形镜的屈光参差儿童双眼眼轴延长减缓,同一随访期间,近视程度越高的眼,眼轴延长量越小,相反,在配戴角膜塑形镜的非屈光参差的近视儿童和配戴单焦点框架眼镜的复性近视性屈光参差儿童中,双眼眼轴延长量无明显差异。这提示角膜塑形镜在控制近视进展作用上可能具有剂量-反应效应,角膜塑形镜可以通过对近视程度较高的眼睛进行更强的近视控制减小儿童屈光参差程度。这与Fu等^[16]研究不同,Fu等^[16]是在不同个体之间观察配戴角膜塑形镜时不同

的初始等效球镜度与眼轴生长之间的关系,而Zhang等^[44]研究纳入了屈光参差儿童的双眼,观察了同一个体配戴角膜塑形镜时不同的初始等效球镜度与眼轴延长之间的关系,这进一步证明复性近视性屈光参差儿童在应用角膜塑形镜后双眼会产生不对称的控制效果,从而有效减小屈光参差。另外,Zhang等^[44]还发现配戴单焦点框架眼镜的复性近视性屈光参差儿童在随访期间双眼眼轴延长量相当,该结果似乎意味着单焦点框架眼镜能够稳定双眼屈光参差的程度,但目前的研究还不足以证实这一观点。

随后,Tsai等^[46]研究第一次比较了角膜塑形镜与低浓度阿托品对于控制近视性屈光参差进展的效果,经过2a的随访,角膜塑形镜组儿童双眼眼轴长度差异显著降低($P=0.015$),而两个低浓度阿托品组儿童双眼眼轴长度差异保持稳定,同时,在比较近视控制效果时发现,角膜塑形镜组眼轴变化明显小于0.01%和0.05%阿托品组,这项研究表明长期角膜塑形镜治疗能降低屈光参差并稳定近视进展。根据上述视网膜周边离焦假说可以推断,近视程度较高的眼睛配戴角膜塑形镜可以产生更多的周边相对近视离焦,因此可以更大程度地抑制该眼眼轴延长和近视进展。导致这种结果的另一个可能原因是由于近视程度更高的眼角膜塑形镜治疗区域更小或角膜重塑后中央角膜更加平坦,中周部角膜更加陡峭,近视程度更高眼通过角膜塑形镜塑形后可能会产生更大的高阶像差和正向球差,这使得该眼眼轴生长更慢、近视控制效果更好。然而,Fu等^[47]研究发现角膜塑形镜能抑制单眼近视儿童近视眼的眼轴延长,降低屈光参差值,但对于复性近视性屈光参差儿童,角膜塑形镜以相同速度控制双眼眼轴的延长,并不能缩小双眼屈光参差的幅度,这与Zhong等^[43]和Zhang等^[44]研究结果不一致,出现这种结果的可能原因是Fu等^[47]研究的随访时间只有1a,该研究中虽然低度近视眼比高度近视眼的眼轴延长率略高,但差异无统计学意义;其次,可能是Fu等^[47]研究纳入的儿童双眼屈光度差异(1.35D)比Zhong等^[43](1.68D)和Zhang等^[44](1.96D)的小。

目前,关于应用角膜塑形镜控制近视性屈光参差的研究仍较少,且多数是回顾性研究,存在样本量较小及随访时间较短等问题。角膜塑形镜控制近视性屈光参差的效果及潜在机制还存在争议。另外,停戴角膜塑形镜后屈光参差是否会出现反弹效应目前还未有相关报道。就目前现有的研究结论而言,对于屈光参差儿童,角膜塑形镜可能是一个较好的选择,其不仅可以平衡双眼视力、有效控制近视进展,而且还能降低屈光参差。出现单纯性近视性屈光参差的儿童应首先考虑单眼配戴角膜塑形镜,同时观察对侧眼,如果对侧眼也出现近视,则双眼均应配戴角膜塑形镜,以更好地控制近视及近视性屈光参差的进展。未来还需要更多多中心随机对照试验和长期的前瞻性研究进一步探索和验证角膜塑形镜控制近视性屈光参差的效果。

3 角膜塑形镜对近视性屈光参差儿童立体视的影响

立体视是高级的双眼视觉功能,它建立在双眼同时视和平面融像的基础上。由于双眼水平视差的存在,双眼视网膜上的成像略有不同,经过大脑处理后,产生双眼的深度知觉,即立体视觉。三维立体视觉的存在使得主观视觉空间能够更加准确地反映外界实际空间,拥有良好的立体

视使得手眼协调更加准确。双眼具有良好的视锐度且双眼物像在明暗、大小、清晰度上接近是立体视形成的前提条件。屈光参差是影响立体视建立的重要因素,屈光参差会引起双眼视网膜图像大小和清晰度明显不同,当双眼成像超过大脑对两物像的融合能力范围时,会引起视疲劳、单眼抑制、弱视和立体视障碍等诸多问题^[1,11-13]。研究表明,随着屈光参差程度的增加,双眼视功能将随之恶化^[53]。儿童时期是双眼视觉建立和发育的关键时期,若此时存在异常的视觉经验,将有可能破坏正常的视觉发育。因此,儿童屈光参差的矫正和控制应当引起格外重视,矫正目标不仅仅是获得清晰的双眼视力,还要求拥有良好的双眼单视功能和立体视,否则,双眼视觉障碍将会严重影响他们未来的学习和生活。

Song 等^[54]研究发现配戴角膜塑形镜 1mo 后,近视儿童立体视有了明显提高,并在 3mo 后趋于稳定。张春侠等^[55]和丁磊等^[56]研究也表明持续配戴角膜塑形镜后,近视性屈光参差患者重新获得或改善了立体视功能。相较于单焦点框架眼镜,角膜塑形镜不仅能有效控制屈光参差的进展,还能使屈光参差患者双眼成像在大小、清晰度方面无明显差异,促进儿童双眼视觉的建立和发育。

4 小结与展望

对于近视性屈光参差儿童,我们不仅要注重近视的控制,减少因高度近视带来各种并发症的风险,同时也要控制屈光参差的进展,避免或减轻因双眼屈光度不等引起的各种双眼视功能异常。角膜塑形镜不仅能让近视性屈光参差儿童获得良好的裸眼视力,有效控制近视及屈光参差的发展,还能解决框架眼镜所带来的不等像问题,促进双眼单视、融合及立体视功能的完善,是儿童近视性屈光参差的理想矫正方法。

目前,关于角膜塑形镜控制近视和屈光参差的具体作用机制尚未明确,且评估角膜塑形镜控制屈光参差效果的研究仍然较少,未来还需要进行进一步研究。同时,相信随着人们不断的创新,将来会有更多经济有效的方法应用于儿童近视性屈光参差的控制。

参考文献

- 1 Karimian F, Ownagh V, Amiri MA, et al. Stereoacuity after wavefront-guided photorefractive keratectomy in anisometropia. *J Ophthalmic Vis Res* 2017;12(3):265-269
- 2 Deng L, Gwiazda JE. Anisometropia in children from infancy to 15 years. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012;53(7):3782-3787
- 3 Tong L, Chan YH, Gazzard G, et al. Longitudinal study of anisometropia in Singaporean school children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47(8):3247-3252
- 4 Lee CW, Fang SY, Tsai DC, et al. Prevalence and association of refractive anisometropia with near work habits among young schoolchildren; the evidence from a population-based study. *PLoS One* 2017;12(3):e0173519
- 5 Hu YY, Wu JF, Lu TL, et al. Prevalence and associations of anisometropia in children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016; 57(3):979-988
- 6 Pärssinen O, Kauppinen M. Anisometropia of spherical equivalent and astigmatism among myopes: a 23-year follow-up study of prevalence and changes from childhood to adulthood. *Acta Ophthalmol* 2017; 95(5):518-524
- 7 Vincent SJ, Collins MJ, Read SA, et al. Myopic anisometropia: ocular characteristics and aetiological considerations. *Clin Exp Optom* 2014;97(4):291-307

- 8 Tekin K, Cankurtaran V, Inanc M, et al. Effect of myopic anisometropia on anterior and posterior ocular segment parameters. *Int Ophthalmol* 2017;37(2):377-384
- 9 Vincent SJ, Collins MJ, Read SA, et al. Corneal changes following near work in myopic anisometropia. *Ophthalmic Physiol Opt* 2013; 33(1):15-25
- 10 Chen JH, He JC, Chen YY, et al. Interocular difference of peripheral refraction in anisomyopic eyes of schoolchildren. *PLoS One* 2016; 11(2):e0149110
- 11 Brooks SE, Johnson D, Fischer N. Anisometropia and binocularity. *Ophthalmology* 1996;103(7):1139-1143
- 12 Weakley DR Jr. The association between nonstrabismic anisometropia, amblyopia, and subnormal binocularity. *Ophthalmology* 2001;108(1):163-171
- 13 Ying GS, Huang JY, Maguire MG, et al. Associations of anisometropia with unilateral amblyopia, interocular acuity difference, and stereoacuity in preschoolers. *Ophthalmology* 2013;120(3):495-503
- 14 Huang JH, Wen DZ, Wang QM, et al. Efficacy comparison of 16 interventions for myopia control in children. *Ophthalmology* 2016;123(4):697-708
- 15 Lee YC, Wang JH, Chiu CJ. Effect of Orthokeratology on myopia progression: twelve-year results of a retrospective cohort study. *BMC Ophthalmol* 2017;17(1):243
- 16 Fu AC, Chen XL, Lv Y, et al. Higher spherical equivalent refractive errors is associated with slower axial elongation wearing orthokeratology. *Contact Lens Anterior Eye* 2016;39(1):62-66
- 17 Smith EL 3rd, Kee CS, Ramamirtham R, et al. Peripheral vision can influence eye growth and refractive development in infant monkeys. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46(11):3965-3972
- 18 Lin Z, Martinez A, Chen X, et al. Peripheral defocus with single-vision spectacle lenses in myopic children. *Optom Vis Sci* 2010;87(1):4-9
- 19 Smith EL 3rd, Hung LF, Huang J, et al. Effects of local myopic defocus on refractive development in monkeys. *Optom Vis Sci* 2013;90(11):1176-1186
- 20 Smith EL 3rd, Hung LF, Huang J. Relative peripheral hyperopic defocus alters central refractive development in infant monkeys. *Vis Res* 2009;49(19):2386-2392
- 21 Kang P, Swarbrick H. Peripheral refraction in myopic children wearing orthokeratology and gas-permeable lenses. *Optom Vis Sci* 2011; 88(4):476-482
- 22 Lum E. Progressive anisometropia and orthokeratology: a case report. *Clin Exp Optom* 2018;101(4):599-600
- 23 Kang P, Swarbrick H. New perspective on myopia control with orthokeratology. *Optom Vis Sci* 2016;93(5):497-503
- 24 González-Méjome 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
- 25 Gifford KL, Gifford P, Hencicott PL, et al. Stability of peripheral refraction changes in orthokeratology for myopia. *Contact Lens Anterior Eye* 2020;43(1):44-53
- 26 唐文婷, 李佳倩, 周里深, 等. 角膜塑形镜对青少年近视的相对周边屈光度影响. *国际眼科杂志* 2021;21(4):734-737
- 27 Queirós A, González-Méjome JM, Jorge J, et al. Peripheral refraction in myopic patients after orthokeratology. *Optom Vis Sci* 2010;87(5):323-329
- 28 Nickla DL, Wallman J. The multifunctional choroid. *Prog Retin Eye Res* 2010;29(2):144-168
- 29 Wallman J, Wildsoet C, Xu AM, et al. Moving the retina: Choroidal modulation of refractive state. *Vis Res* 1995;35(1):37-50
- 30 Liu BQ, Wang Y, Li T, et al. Correlation of subfoveal choroidal

thickness with axial length, refractive error, and age in adult highly myopic eyes. *BMC Ophthalmol* 2018;18(1):127

31 Zhang S, Zhang GY, Zhou X, et al. Changes in choroidal thickness and choroidal blood perfusion in Guinea pig myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2019;60(8):3074-3083

32 Zhang ZW, Zhou YT, Xie ZF, et al. The effect of topical atropine on the choroidal thickness of healthy children. *Sci Rep* 2016;6:34936

33 Chen Z, Xue F, Zhou JQ, et al. Effects of orthokeratology on choroidal thickness and axial length. *Optom Vis Sci* 2016;93(9):1064-1071

34 张瑞琪, 杨积文. 近视青少年单眼角膜塑形术后脉络膜厚度变化. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2020;22(8):613-617

35 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* 2015;122(1):93-100

36 Lau JK, Vincent SJ, Cheung SW, et al. Higher-order aberrations and axial elongation in myopic children treated with orthokeratology. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2020;61(2):22

37 Hiraoka T, Kotsuka J, Kakita T, et al. Relationship between higher-order wavefront aberrations and natural progression of myopia in schoolchildren. *Sci Rep* 2017;7:7876

38 Lau JK, Vincent SJ, Collins MJ, et al. Ocular higher-order aberrations and axial eye growth in young Hong Kong children. *Sci Rep* 2018;8:6726

39 Buehren T, Iskander DR, Collins MJ, et al. Potential higher-order aberration cues for spherocylindrical refractive error development. *Optom Vis Sci* 2007;84(3):163-174

40 Gifford K, Gifford P, Hendicott PL, et al. Near binocular visual function in young adult orthokeratology versus soft contact lens wearers. *Contact Lens Anterior Eye* 2017;40(3):184-189

41 Wang BJ, Naidu RK, Qu XM. The use of rigid gas permeable contact lenses in children with myopic amblyopia; a case series. *Contact Lens Anterior Eye* 2018;41(2):224-228

42 Chen Z, Zhou JQ, Qu XM, et al. Effects of orthokeratology on axial length growth in myopic anisometropes. *Contact Lens Anterior Eye* 2018;41(3):263-266

43 Zhong YY, Ke L, Qiong W, et al. Orthokeratology lens for management of myopia in anisometropic children: a contralateral study. *Contact Lens Anterior Eye* 2020;43(1):40-43

44 Zhang Y, Chen YG. Effect of orthokeratology on axial length elongation in anisomyopic children. *Optom Vis Sci* 2019;96(1):43-47

45 Tsai WS, Wang JH, Lee YC, et al. Assessing the change of anisometropia in unilateral myopic children receiving monocular orthokeratology treatment. *J Formos Med Assoc* 2019;118(7):1122-1128

46 Tsai WS, Wang JH, Chiu CJ. A comparative study of orthokeratology and low-dose atropine for the treatment of anisomyopia in children. *Sci Rep* 2020;10:14176

47 Fu AC, Qin J, Rong JB, et al. Effects of orthokeratology lens on axial length elongation in unilateral myopia and bilateral myopia with anisometropia children. *Contact Lens Anterior Eye* 2020;43(1):73-77

48 Lu WW, Jin WQ. Clinical observations of the effect of orthokeratology in children with myopic anisometropia. *Contact Lens Anterior Eye* 2020;43(3):222-225

49 金婉卿, 卢为为, 连燕, 等. 屈光参差儿童单眼配戴角膜塑形镜的临床效果. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2018;20(3):139-144

50 陈小虎, 代艳. 角膜塑形镜控制青少年单眼近视的临床观察. *国际眼科杂志* 2019;19(3):517-519

51 吴志毅, 赵莹莹, 胡培克, 等. 近视性屈光参差儿童青少年配戴角膜塑形镜的临床效果. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2020;22(3):217-221

52 吕燕云, 武晶晶, 郭伟, 等. 配戴角膜塑形镜对儿童近视性屈光参差防治效果的研究. *中华预防医学杂志* 2021;55(4):471-477

53 Dadeya S, Kamlesh, Shibal F. The effect of anisometropia on binocular visual function. *Indian J Ophthalmol* 2001;49(4):261-263

54 Song YT, Zhu SL, Yang B, et al. Accommodation and binocular vision changes after wearing orthokeratology lens in 8- to 14-year-old myopic children. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2021;259(7):2035-2045

55 张春侠, 李自芳, 陈梅珠. 角膜塑形镜矫正青少年近视性屈光参差对双眼视觉的影响. *中国实用眼科杂志* 2015;33(7):724-727

56 丁磊, 王华德, 张清生. 角膜塑形术对近视患者立体视觉和调节参数及眼生物学参数的影响. *国际眼科杂志* 2018;18(5):901-903