

角膜塑形镜在近视控制中的研究进展

刘叶凤, 徐 霁

重庆医科大学附属永川医院眼科, 重庆

收稿日期: 2025年3月1日; 录用日期: 2025年3月25日; 发布日期: 2025年4月3日

摘 要

近年来, 全球范围内近视的发病率呈现持续上升趋势。最新的一项meta分析研究表明, 预计至2050年, 全球近视人口比例将达到50%, 其中高度近视患者占比约10%。这使得近视问题成为全球性的公共卫生挑战, 加强近视防控已成为当务之急。在众多近视控制方法中, 角膜塑形镜因其效果显著而备受关注, 采用角膜塑形镜进行近视控制的患者数量持续增加, 相关的研究也日益丰富。本文通过综述角膜塑形镜的最新研究进展, 旨在帮助临床医师深入了解角膜塑形镜在近视防控中的应用价值。

关键词

角膜塑形镜, 近视

Research Progress of Orthokeratology in the Control of Myopia

Yefeng Liu, Ji Xu

Department of Ophthalmology, The Affiliated Yongchuan Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: Mar. 1st, 2025; accepted: Mar. 25th, 2025; published: Apr. 3rd, 2025

Abstract

In recent years, the global prevalence of myopia has been increasing year by year. According to a recent meta-analysis, half of the world's population will suffer from myopia by 2050, and the prevalence of high myopia will be as high as 10%. Myopia has become a global public health problem and prevention and control of myopia is imminent. Orthokeratology is one of the most effective methods to control myopia. More and more people are choosing orthokeratology lenses to control myopia, and research on orthokeratology lenses is increasing year by year. The purpose of this paper is to provide clinicians with the latest research on orthokeratology and to deepen the understanding of orthokeratology in myopia control.

Keywords

Orthokeratology, Myopia

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

过去几十年间, 全球范围内近视发病率呈现显著上升趋势, 其中东亚地区近视发病率的增长尤为突出。近视问题成为全球性的公共卫生挑战[1]。最新的 meta 分析数据预测, 至本世纪中叶, 全球近视患病人数预计攀升至 50 亿, 约占总人口的 50%, 而高度近视患者的比例将达到 10% [2]。值得注意的是, 中国的近视患病率位居世界第一, 尤其是青少年群体的近视问题更为突出。较早发生的近视, 更容易进展为高度近视, 而高度近视引起并发症的风险更高, 例如近视性眼底病变, 白内障、青光眼等眼病[3]。上述所提及的疾病都需要大量的医疗保健支出, 同时严重影响患者的生活质量[4]。研究数据显示, 2015 年全球因未矫正近视所导致的视觉功能障碍造成了大约 2440 亿美元的经济损失, 其中东南亚、南亚及东亚地区因此产生的生产力损失占大部分[5]。目前, 近视防控的主要干预措施涵盖光学矫正(如框架眼镜、角膜塑形镜、软性接触镜)、药物干预(低浓度阿托品)以及物理疗法(低强度红光治疗)等多种方式。本综述着重探讨角膜塑形镜在近视控制中的作用机制以及该领域的最新临床研究进展。

2. 角膜塑形镜的作用机制

尽管角膜塑形镜不能完全阻止近视发展进程, 但其作为儿童近视防控的一种有效干预手段, 展现出良好的应用前景[6]。目前学界普遍认为, 角膜塑形镜基于“周边屈光理论”发挥近视控制作用[7]。该理论指出, 周边视网膜的远视性离焦是促使眼轴增长和近视加深的关键诱因[8], 而角膜塑形镜正是通过改变这种光学特性来实现近视控制。

2.1. 脉络膜厚度及血流

一项关于近视青年人群佩戴角膜塑形镜后脉络膜厚度变化的研究发现[9], 在佩戴角膜塑形镜前, 颞侧、黄斑区和鼻侧区域的脉络膜厚度分别为 $248.9 \pm 45.7 \mu\text{m}$ 、 $259.9 \pm 55.3 \mu\text{m}$ 和 $219.2 \pm 46.4 \mu\text{m}$ 。经过 3 个月的配戴治疗, 上述区域的脉络膜厚度均呈现显著增加趋势。纵向观察发现, 治疗 6 个月和 12 个月时的平均脉络膜厚度均显著高于基线水平, 但在停戴 6 个月后, 脉络膜厚度恢复至治疗前状态。Zhu Q 等[10]对 62 名低中度近视的儿童佩戴角膜塑形镜前后脉络膜的数据进行了分析。研究结果表明佩戴角膜塑形镜的低中度近视患儿早期脉络膜增厚, 脉络膜血流指数增加。Xu 等[11]观察到在 2 年内, 角膜塑形镜配戴可以改善脉络膜厚度, 在颞侧 3 mm 处增厚更明显。结合既往研究证实角膜塑形镜具有显著的近视控制效果, 以及该研究观察到的脉络膜厚度和血流灌注改变, 推测角膜塑形镜可能通过调节脉络膜状态来发挥其近视控制作用。

2.2. 视网膜近视离焦

既往研究表明[12], 角膜塑形镜后表面光学区直径(Back optic zone diameters, BOZD)与近视控制效果相关。一项纳入 71 例患者的临床研究发现, 采用 $\text{BOZD} \leq 5 \text{ mm}$ 设计的镜片组在配戴 1 年后, 其眼轴增

长显著低于 $\text{BOZD} > 5 \text{ mm}$ 组, 尽管两组间的镜片偏心量无统计学差异。值得注意的是, 当塑形镜产生的离焦环完全覆盖瞳孔区域时, 相较于离焦环部分或全部位于瞳孔外的患者, 其 1 年的眼轴增长可减少 0.13 mm 。该研究进一步研究证实, 角膜周边离焦环的屈光力与近视控制效果呈正相关, 即离焦量越大, 近视控制效果越显著[13]。目前, 学界对近视离焦机制的研究日益深入。尽管已有充分证据表明周边近视离焦能够有效抑制近视进展, 但具体的作用阈值仍不明确。对此, 研究者提出了两种可能的解释机制: 其一, 近视控制效果可能与离焦量呈现剂量 - 反应关系; 其二, 当周边离焦量达到某一临界值后, 即可产生显著的近视控制效果[14]。

3. 角膜塑形镜控制近视的相关研究

自 20 世纪 60 年代角膜塑形镜问世以来[15], 角膜塑形镜技术经历了显著的革新与进步。作为近视防控的重要手段, 该技术已展现出良好的临床效果。随着研究的深入, 近年来针对角膜塑形镜的学术探讨呈现快速增长趋势, 相关研究成果不断涌现。

3.1. 单用角膜塑形镜控制近视的临床研究

根据 Cho 等人[16]的纵向研究数据, 配戴角膜塑形镜的儿童在两年观察期内眼轴长度平均增加 $0.36 \pm 0.24 \text{ mm}$, 相比之下, 使用单光镜片的对照组儿童眼轴增长量达到 $0.63 \pm 0.26 \text{ mm}$ 。研究证实, 角膜塑形镜可有效减缓 43% 的眼轴增长速度。值得注意的是, 研究还发现低龄儿童的眼轴增长更为迅速, 这一群体可能更适合早期接受角膜塑形镜干预治疗。Santodomingo-Rubido 等人[17]进行了一项 7 年的角膜塑形镜控制近视的临床研究, 结果显示在戴镜 6、12、18、24 和 84 个月后, 角膜塑形镜组的眼轴增长量与对照组(单光眼镜组)相比分别降低 22%、42%、40%、41% 和 33%。与传统的单光框架眼镜相比, 角膜塑形镜在近视防控方面展现出更为显著的临床效果。为优化其近视控制效能, 科研人员近年来致力于镜片设计的改良与创新, 通过不断改进光学参数来提升治疗效果。Guo 等人[18]观察了不同 BOZD 的角膜塑形镜的近视控制效果, 研究结果表明两种 BOZD 角膜塑形镜的临床性能相似, 且较小的 BOZD (5 mm) 并不影响晶状体性能以及眼球的完整性。然而, 研究发现较小的 BOZD 使得治疗区(TZ)减小, 与传统的 6 mm BOZD 角膜塑形镜片相比, 镜片佩戴 1 年后眼轴增长延缓了 0.13 mm 。Xu 等学者[19]的研究结果进一步证实了这一发现。观察数据显示, 在配戴 6、12、18 个月时, 常规设计角膜塑形镜组的眼轴分别增长了 $0.16 \pm 0.09 \text{ mm}$ 、 $0.28 \pm 0.17 \text{ mm}$ 和 $0.37 \pm 0.20 \text{ mm}$; 而采用小光学区设计的镜片组对应时段的眼轴增长量仅为 $0.06 \pm 0.05 \text{ mm}$ 、 $0.12 \pm 0.10 \text{ mm}$ 和 $0.18 \pm 0.14 \text{ mm}$, 分别相当于常规组的 37.5%、42.86% 和 48.64%。这一结果表明, 减小光学区直径可显著提升角膜塑形镜对青少年近视发展的控制效果。

除了改变光学区直径, 还有研究者增加了角膜塑形镜的压缩系数。Wan 等人[20]发现角膜塑形镜增大压缩系数并不影响首次验配的成功率, 并且可以在 1 个月内更快地矫正屈光不正。随后 Lau 等人[21]进一步研究了增加压迫系数的角膜塑形镜(1.75 D)对近视控制的长期效果。研究表明, 在为期 24 个月的观察期内, 使用常规压缩系数(0.75 D)与增加压缩系数(1.75 D)角膜塑形镜的受试者, 其眼轴平均增长量分别为 $0.53 \pm 0.29 \text{ mm}$ 和 $0.35 \pm 0.29 \text{ mm}$ 。增加压缩系数的角膜塑形镜使眼轴增长速度降低了 34%, 但其具体作用机制仍需深入研究。此外, 角膜塑形镜同样适用于伴有显著散光的儿童群体。Chen 等学者[22]针对中高度散光儿童开展的临床研究显示, 采用环曲面设计的角膜塑形镜可使眼轴增长减缓 52%。该研究还证实了初始配戴年龄与眼轴增长之间存在显著相关性。

另外有研究表明, 角膜塑形镜在屈光参差儿童的近视管理中具有独特优势, Zhang 等学者[23]通过研究发现, 单光框架眼镜组在 12 个月随访期间, 近视程度不同的双眼眼轴增长量相近, 近视程度较高眼与近视程度较低眼的眼轴增长量为($0.36 \pm 0.17 \text{ mm}$)和($0.37 \pm 0.17 \text{ mm}$)。相比之下, 角膜塑形镜组呈现出控

制双眼屈光差异的效果: 近视程度较轻眼的眼轴增长(0.24 ± 0.17 mm)显著高于近视程度较重眼(0.13 ± 0.13 mm)。经过一年干预, 角膜塑形镜组双眼平均眼轴差值从基线时的 0.47 ± 0.24 mm 降低至 0.35 ± 0.22 mm ($P < 0.05$), 而对照组仅从 0.56 ± 0.28 mm 降至 0.55 ± 0.28 mm ($P > 0.05$)。这种差异主要源于角膜塑形镜对高度近视眼更强的控制作用, 从而有效改善了屈光参差程度。这一发现与 Lin 等人的研究结果相互印证[24], 进一步证实了角膜塑形镜在调节双眼屈光差异方面的临床价值。

3.2. 角膜塑形镜联合低浓度阿托品控制近视的临床研究

近年来的临床实践已经证实, 低浓度阿托品能够有效控制近视[25]-[27]。自 2018 年以来, 有学者开展角膜塑形镜联合低浓度阿托品控制近视进展的效果研究, 并且研究表明, 两者联合使用对近视的控制力度优于单独使用角膜塑形镜。

一项短期的研究显示角膜塑形镜与阿托品联合使用比单用阿托品引起的黄斑下脉络膜厚度(SFChT)增加更多, 这预示着联合治疗对儿童近视控制有更好的治疗效果[28]。Wan 等研究者[29]依据近视程度(高度与非高度)及阿托品浓度(0.125%与 0.025%)将受试者分为四组, 系统评估了单独使用角膜塑形镜与联合用药方案的疗效差异。研究数据显示, 无论是 0.125%还是 0.025%浓度的阿托品与角膜塑形镜联用, 其近视控制效果均显著优于单一使用角膜塑形镜。这一发现与 Kinoshita 的研究结果相吻合[30] [31], 其研究表明在日本儿童群体中, 0.01%阿托品与角膜塑形镜的联合应用同样展现出更优的疗效, 且对轻度近视患者的控制效果尤为突出。为进一步验证联合治疗的临床价值, 一项采用随机双盲设计的临床试验对比了两种干预方案: 对照组采用角膜塑形镜联合安慰剂, 实验组则使用角膜塑形镜联合 0.01%阿托品。研究结果证实, 联合治疗方案在延缓眼轴增长方面效果更佳, 且在治疗初期的四个月内效果最为显著[32]。Chen 等学者[33]进行了一项为期 24 个月的纵向研究, 研究设计分为两个阶段: 第一阶段所有受试者均采用角膜塑形镜进行近视控制; 第二阶段将受试者随机分为两组, 实验组加用 0.01%阿托品滴眼液, 对照组维持原方案。研究结果显示, 联合治疗组的眼轴增长量(0.14 ± 0.14 mm)显著低于对照组(0.25 ± 0.08 mm, $P < 0.001$)。Xu 等人[34]在 8~12 岁青少年群体中实施了一项为期 2 年的年龄分层随机对照试验, 设置了四个干预组: 安慰剂联合框架眼镜组、单纯阿托品组、单纯角膜塑形镜组以及联合治疗组(角膜塑形镜联合低浓度阿托品)。研究发现, 所有干预措施均较对照组显著降低了眼轴增长速度, 其中联合治疗控制近视的效果最为显著。值得注意的是, 在 8~10 岁年龄亚组中, 联合治疗与单纯角膜塑形镜的效果相当; 而在 10~12 岁亚组中, 联合治疗与单纯阿托品的效果相近。研究还揭示了角膜塑形镜的疗效存在年龄依赖性, 这表明角膜塑形术在低龄儿童中可以取得更好的疗效。以上多项研究数据表明, 联合治疗方案在第一年的近视控制效果较单纯角膜塑形镜可提升 40%~50%。Vincent 等人[35]的研究进一步证实, 联合治疗不仅增加了明视瞳孔直径和高阶像差(HOA), 还在 6 个月内显著抑制了眼轴增长。由于低浓度阿托品和角膜塑形镜的作用机制具有互补性, 二者的联合应用可产生协同效应, 从而增强近视控制效果。

3.3. 角膜塑形镜联合低强度红光重复照射控制近视的临床研究

近年来, 采用低强度红光重复照射(RLRL)对学龄儿童进行近视防控研究引起眼科领域的广泛关注, 2019~2020 年中山大学中山眼科中心主持了一项多中心前瞻性 RCT, 结果显示相较于单光框架眼镜, RLRL 可减缓 69.4%的近视眼轴增长或 76.6%的近视屈光度进展[36]。Xiong R 研究团队实施了一项为期 12 个月的多中心随机临床试验[37], 研究对象为配戴角膜塑形镜后 12 个月内眼轴长度增加 ≥ 0.50 mm 的儿童群体。将 RLRL 治疗与角膜塑形镜相结合比单独使用角膜塑形术显著减缓了眼轴伸长, 角膜塑形镜联合 RLRL 治疗的实验组一年的校正后的眼轴变化为 -0.02 mm, 而单独使用角膜塑形镜的对照组的眼轴增长达到了 0.27 mm。以上研究表明这种联合治疗方法可以获得更加令人满意的近视控制效果。

3.4. 角膜塑形镜联合框架眼镜控制近视的临床研究

对于中高度近视青少年群体, 夜间配戴角膜塑形镜可能难以完全矫正日间残余屈光不正(RRE)。Wang F 研究团队对 27 例中高度近视青少年进行了为期 24 个月的纵向观察[38], 受试者采用夜间配戴角膜塑形镜联合日间框架眼镜矫正 RRE 的干预方案。研究数据显示, 干预 12 个月和 24 个月后的眼轴增长量分别为 0.05 ± 0.20 mm 和 0.17 ± 0.32 mm, 这一结果与低度近视患者单独使用角膜塑形镜的效果相当。基于上述发现, 研究者建议对于屈光度在 -5.00 D 以下的近视患者, 可采用夜间塑形镜联合日间框架眼镜的复合矫正方案, 这种双重干预策略既能保证日间视觉质量, 又能增强近视离焦效应。

4. 角膜塑形镜的不良反应

角膜塑形镜的有效性已得到认可, 但由于角膜塑形镜直接接触角膜, 临床应用中有潜在的安全问题。使用初期, 操作者可能因为配戴不熟练导致一过性的结膜轻度充血、异物感、少许分泌物等症状, 这些症状一般无需特殊除了, 1~3 周即可适应。除此之外, 使用角膜塑形镜可能出现较为严重的不良反应, 例如角膜上皮损失、角膜基质浸润、感染性角膜炎等。Kam 等检索了 2016 年之前角膜塑形镜与感染性角膜炎的相关文献, 去除重复和不相关的报道后, 最终纳入 29 篇文献进行数据分析, 共 173 只眼。分析发现角膜塑形镜相关的感染性角膜炎中, 最常见的病原菌为铜绿假单胞菌(36.4%), 其次为棘阿米巴(32.4%)和凝固酶阴性葡萄球菌(6.9%)。真菌感染 2 例(1.2%)。在所有报道的微生物学阳性病例中, 有 10 例为复合感染[39]。既往回顾性分析结果提示, 角膜塑形镜相关的角膜炎与镜片护理不当密切相关[40][41]。

5. 总结

现有研究证实, 角膜塑形镜无论是单独使用还是联合应用, 在近视防控方面均具有可靠的安全性。值得注意的是, 角膜塑形镜的疗效受到多种因素的影响, 包括镜片后表面光学区直径、压迫系数以及使用者的年龄等。未来是否可以在角膜塑形镜上增加压迫系数的同时缩小镜片的后表面光学区直径? 这是否能进一步提高角膜塑形镜的近视控制效果? 目前学界普遍认为, 视网膜近视离焦是角膜塑形镜发挥近视控制作用的主要机制, 然而具体的离焦阈值仍存在争议。研究者提出了两种可能的作用模式: 一是离焦量与控制效果呈现剂量依赖性关系; 二是当离焦量达到特定阈值后即可产生近视控制效果。这一科学问题仍有待深入研究加以阐明, 这可以为未来的近视防控提供新的思路。

近年来, 市场上推出了具有附加离焦设计的角膜塑形镜产品, 相关临床研究正在进行中。尽管角膜塑形镜的使用较普通框架眼镜更为复杂, 但其显著的近视控制效果使其受到广泛关注。随着家长对孩子视力健康的重视程度不断提高, 选择角膜塑形镜作为近视防控手段的家庭日益增多。但因其特殊性, 在佩戴角膜塑形镜前需要重视对这一人群的护理培训, 尽可能减小佩戴角膜塑形镜可能带来的风险。面对全球日益严峻的近视流行趋势, 国际科研界亟需加快研发步伐, 探索更为有效的干预措施, 以应对这一重大公共卫生挑战。

参考文献

- [1] Summers Rada, J.A., Shelton, S. and Norton, T.T. (2006) The Sclera and Myopia. *Experimental Eye Research*, **82**, 185-200. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2005.08.009>
- [2] Holden, B.A., Fricke, T.R., Wilson, D.A., Jong, M., Naidoo, K.S., Sankaridurg, P., et al. (2016) Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*, **123**, 1036-1042. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2016.01.006>
- [3] Saw, S., Gazzard, G., Shih-Yen, E.C. and Chua, W. (2005) Myopia and Associated Pathological Complications. *Ophthalmic and Physiological Optics*, **25**, 381-391. <https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2005.00298.x>
- [4] Vu, H.T.V. (2005) Impact of Unilateral and Bilateral Vision Loss on Quality of Life. *British Journal of Ophthalmology*,

- 89, 360-363. <https://doi.org/10.1136/bjo.2004.047498>
- [5] Naidoo, K.S., Fricke, T.R., Frick, K.D., Jong, M., Naduvilath, T.J., Resnikoff, S., *et al.* (2019) Potential Lost Productivity Resulting from the Global Burden of Myopia: Systematic Review, Meta-Analysis, and Modeling. *Ophthalmology*, **126**, 338-346. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2018.10.029>
 - [6] Hiraoka, T. (2021) Myopia Control with Orthokeratology: A Review. *Eye & Contact Lens: Science & Clinical Practice*, **48**, 100-104. <https://doi.org/10.1097/icl.0000000000000867>
 - [7] Queirós, A., González-Méijome, J.M., Jorge, J., Villa-Collar, C. and Gutiérrez, A.R. (2010) Peripheral Refraction in Myopic Patients after Orthokeratology. *Optometry and Vision Science*, **87**, 323-329. <https://doi.org/10.1097/oxp.0b013e3181d951f7>
 - [8] Smith, E.L., Kee, C., Ramamirtham, R., Qiao-Grider, Y. and Hung, L. (2005) Peripheral Vision Can Influence Eye Growth and Refractive Development in Infant Monkeys. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **46**, Article No. 3965. <https://doi.org/10.1167/iovs.05-0445>
 - [9] Lee, J.H., Hong, I.H., Lee, T.Y., Han, J.R. and Jeon, G.S. (2020) Choroidal Thickness Changes after Orthokeratology Lens Wearing in Young Adults with Myopia. *Ophthalmic Research*, **64**, 121-127. <https://doi.org/10.1159/000510715>
 - [10] Zhu, Q. and Zhao, Q. (2022) Short-Term Effect of Orthokeratology Lens Wear on Choroidal Blood Flow in Children with Low and Moderate Myopia. *Scientific Reports*, **12**, Article No. 17653. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-21594-6>
 - [11] Xu, S., Wang, M., Lin, S., Jiang, J., Yu, M., Tang, X., *et al.* (2023) Long-Term Effect of Orthokeratology on Choroidal Thickness and Choroidal Contour in Myopic Children. *British Journal of Ophthalmology*, **108**, 1067-1074. <https://doi.org/10.1136/bjo-2023-323764>
 - [12] Pauné, J., Fonts, S., Rodríguez, L. and Queirós, A. (2021) The Role of Back Optic Zone Diameter in Myopia Control with Orthokeratology Lenses. *Journal of Clinical Medicine*, **10**, Article No. 336. <https://doi.org/10.3390/jcm10020336>
 - [13] González-Méijome, J.M., Faria-Ribeiro, M.A., Lopes-Ferreira, D.P., Fernandes, P., Carracedo, G. and Queiros, A. (2015) Changes in Peripheral Refractive Profile after Orthokeratology for Different Degrees of Myopia. *Current Eye Research*, **41**, 199-207. <https://doi.org/10.3109/02713683.2015.1009634>
 - [14] Erdinest, N., London, N., Lavy, I., Berkow, D., Landau, D., Morad, Y., *et al.* (2023) Peripheral Defocus and Myopia Management: A Mini-Review. *Korean Journal of Ophthalmology*, **37**, 70-81. <https://doi.org/10.3341/kjo.2022.0125>
 - [15] Nti, A.N. and Berntsen, D.A. (2020) Optical Changes and Visual Performance with Orthokeratology. *Clinical and Experimental Optometry*, **103**, 44-54. <https://doi.org/10.1111/cxo.12947>
 - [16] Cho, P. and Cheung, S. (2012) Retardation of Myopia in Orthokeratology (ROMIO) Study: A 2-Year Randomized Clinical Trial. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **53**, 7077-7085. <https://doi.org/10.1167/iovs.12-10565>
 - [17] Santodomingo-Rubido, J., Villa-Collar, C., Gilmartin, B., Gutiérrez-Ortega, R. and Sugimoto, K. (2016) Long-Term Efficacy of Orthokeratology Contact Lens Wear in Controlling the Progression of Childhood Myopia. *Current Eye Research*, **42**, 713-720. <https://doi.org/10.1080/02713683.2016.1221979>
 - [18] Guo, B., Cheung, S.W., Kojima, R. and Cho, P. (2021) One-Year Results of the Variation of Orthokeratology Lens Treatment Zone (VOLTZ) Study: A Prospective Randomised Clinical Trial. *Ophthalmic and Physiological Optics*, **41**, 702-714. <https://doi.org/10.1111/opo.12834>
 - [19] Xu, X.L., Lin, X., Zhao, L.H., *et al.* (2023) Long-Term Prevention and Control Effects of Orthokeratology Lenses Designed for Small Treatment Zones on Children and Adolescents with Myopia. *Chinese Journal of Ophthalmology*, **59**, 444-451.
 - [20] Wan, K., Lau, J.K., Cheung, S.W. and Cho, P. (2020) Refractive and Corneal Responses of Young Myopic Children to Short-Term Orthokeratology Treatment with Different Compression Factors. *Contact Lens and Anterior Eye*, **43**, 65-72. <https://doi.org/10.1016/j.clae.2019.10.134>
 - [21] Lau, J.K., Wan, K. and Cho, P. (2023) Orthokeratology Lenses with Increased Compression Factor (OKIC): A 2-Year Longitudinal Clinical Trial for Myopia Control. *Contact Lens and Anterior Eye*, **46**, Article ID: 101745. <https://doi.org/10.1016/j.clae.2022.101745>
 - [22] Chen, C., Cheung, S.W. and Cho, P. (2013) Myopia Control Using Toric Orthokeratology (TO-SEE Study). *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **54**, 6510-6517. <https://doi.org/10.1167/iovs.13-12527>
 - [23] Zhang, Y., Sun, X. and Chen, Y. (2023) Controlling Anisomyopia in Children by Orthokeratology: A One-Year Randomised Clinical Trial. *Contact Lens and Anterior Eye*, **46**, Article ID: 101537. <https://doi.org/10.1016/j.clae.2021.101537>
 - [24] Lin, W., Li, N., Liu, J., Zhang, B. and Wei, R. (2023) Relative Corneal Refractive Power Shift and Inter-Eye Differential Axial Growth in Children with Myopic Anisometropia Treated with Bilateral Orthokeratology. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, **262**, 1203-1213. <https://doi.org/10.1007/s00417-023-06301-z>

- [25] Lee, J., Fang, P., Yang, I., Chen, C., Lin, P., Lin, S., *et al.* (2006) Prevention of Myopia Progression with 0.05% Atropine Solution. *Journal of Ocular Pharmacology and Therapeutics*, **22**, 41-46. <https://doi.org/10.1089/jop.2006.22.41>
- [26] Fang, P., Chung, M., Yu, H. and Wu, P. (2010) Prevention of Myopia Onset with 0.025% Atropine in Premyopic Children. *Journal of Ocular Pharmacology and Therapeutics*, **26**, 341-345. <https://doi.org/10.1089/jop.2009.0135>
- [27] Wu, P., Yang, Y. and Fang, P. (2011) The Long-Term Results of Using Low-Concentration Atropine Eye Drops for Controlling Myopia Progression in Schoolchildren. *Journal of Ocular Pharmacology and Therapeutics*, **27**, 461-466. <https://doi.org/10.1089/jop.2011.0027>
- [28] Zhao, W., Li, Z., Hu, Y., Jiang, J., Long, W., Cui, D., *et al.* (2021) Short-Term Effects of Atropine Combined with Orthokeratology (ACO) on Choroidal Thickness. *Contact Lens and Anterior Eye*, **44**, Article ID: 101348. <https://doi.org/10.1016/j.clae.2020.06.006>
- [29] Wan, L., Wei, C., Chen, C., Chang, C., Lin, C., Chen, J., *et al.* (2018) The Synergistic Effects of Orthokeratology and Atropine in Slowing the Progression of Myopia. *Journal of Clinical Medicine*, **7**, Article No. 259. <https://doi.org/10.3390/jcm7090259>
- [30] Kinoshita, N., Konno, Y., Hamada, N., Kanda, Y., Shimmura-Tomita, M. and Kakehashi, A. (2018) Additive Effects of Orthokeratology and Atropine 0.01% Ophthalmic Solution in Slowing Axial Elongation in Children with Myopia: First Year Results. *Japanese Journal of Ophthalmology*, **62**, 544-553. <https://doi.org/10.1007/s10384-018-0608-3>
- [31] Kinoshita, N., Konno, Y., Hamada, N., Kanda, Y., Shimmura-Tomita, M., Kaburaki, T., *et al.* (2020) Efficacy of Combined Orthokeratology and 0.01% Atropine Solution for Slowing Axial Elongation in Children with Myopia: A 2-Year Randomised Trial. *Scientific Reports*, **10**, Article No. 12750. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69710-8>
- [32] Yu, S., Du, L., Ji, N., Li, B., Pang, X., Li, X., *et al.* (2022) Combination of Orthokeratology Lens with 0.01% Atropine in Slowing Axial Elongation in Children with Myopia: A Randomized Double-Blinded Clinical Trial. *BMC Ophthalmology*, **22**, Article No. 438. <https://doi.org/10.1186/s12886-022-02635-0>
- [33] Chen, Z., Huang, S., Zhou, J., Xiaomei, Q., Zhou, X. and Xue, F. (2019) Adjunctive Effect of Orthokeratology and Low Dose Atropine on Axial Elongation in Fast-Progressing Myopic Children—A Preliminary Retrospective Study. *Contact Lens and Anterior Eye*, **42**, 439-442. <https://doi.org/10.1016/j.clae.2018.10.026>
- [34] Xu, S., Li, Z., Zhao, W., Zheng, B., Jiang, J., Ye, G., *et al.* (2022) Effect of Atropine, Orthokeratology and Combined Treatments for Myopia Control: A 2-Year Stratified Randomised Clinical Trial. *British Journal of Ophthalmology*, **107**, 1812-1817. <https://doi.org/10.1136/bjo-2022-321272>
- [35] Vincent, S.J., Tan, Q., Ng, A.L.K., Cheng, G.P.M., Woo, V.C.P. and Cho, P. (2020) Higher Order Aberrations and Axial Elongation in Combined 0.01% Atropine with Orthokeratology for Myopia Control. *Ophthalmic and Physiological Optics*, **40**, 728-737. <https://doi.org/10.1111/opo.12730>
- [36] Jiang, Y., Zhu, Z., Tan, X., Kong, X., Zhong, H., Zhang, J., *et al.* (2022) Effect of Repeated Low-Level Red-Light Therapy for Myopia Control in Children: A Multicenter Randomized Controlled Trial. *Ophthalmology*, **129**, 509-519. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2021.11.023>
- [37] Xiong, R., Wang, W., Tang, X., He, M., Hu, Y., Zhang, J., *et al.* (2024) Myopia Control Effect of Repeated Low-Level Red-Light Therapy Combined with Orthokeratology: A Multicenter Randomized Controlled Trial. *Ophthalmology*, **131**, 1304-1313. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2024.05.015>
- [38] Wang, F., Wu, G., Xu, X., Wu, H., Peng, Y., Lin, Y., *et al.* (2024) Orthokeratology Combined with Spectacles in Moderate to High Myopia Adolescents. *Contact Lens and Anterior Eye*, **47**, Article ID: 102088. <https://doi.org/10.1016/j.clae.2023.102088>
- [39] Kam, K.W., Yung, W., Li, G.K.H., Chen, L.J. and Young, A.L. (2017) Infectious Keratitis and Orthokeratology Lens Use: A Systematic Review. *Infection*, **45**, 727-735. <https://doi.org/10.1007/s15010-017-1023-2>
- [40] Cope, J.R., Collier, S.A., Schein, O.D., Brown, A.C., Verani, J.R., Gallen, R., *et al.* (2016) Acanthamoeba Keratitis among Rigid Gas Permeable Contact Lens Wearers in the United States, 2005 through 2011. *Ophthalmology*, **123**, 1435-1441. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2016.03.039>
- [41] Li, W., Wang, Z., Qu, J., Zhang, Y. and Sun, X. (2019) Acanthamoeba Keratitis Related to Contact Lens Use in a Tertiary Hospital in China. *BMC Ophthalmology*, **19**, Article No. 202. <https://doi.org/10.1186/s12886-019-1210-2>