

近视防治方法的研究进展

朱思颖¹, 高 仪¹, 蔡贤祺¹, 田 东¹, 熊光轶^{2*}

¹云南中医药大学第二临床学院, 云南 昆明

²云南中医药大学基础医学院, 云南 昆明

收稿日期: 2025年3月26日; 录用日期: 2025年4月21日; 发布日期: 2025年4月27日

摘 要

随着全球近视率的迅速上升, 近视已成为重大的公共健康问题。本文通过查阅近年来相关文献, 从光学干预、药物治疗、手术和激光疗法、未来潜在的治疗方法等方面综述近视治疗的现状及最新进展, 为不同近视人群治疗方案的选择提供参考。并提出未来应加强多学科合作, 结合人工智能等新兴技术, 开发个性化近视管理方案, 为近视防控提供新思路, 以期实现更有效的近视管理。

关键词

近视, 治疗方法, 个性化近视管理, 综述

Research Advances in Methods for the Prevention and Control of Myopia

Siying Zhu¹, Yi Gao¹, Xianqi Cai¹, Dong Tian¹, Guangyi Xiong^{2*}

¹The Second Clinical School of Yunnan University of Chinese Medicine, Kunming Yunnan

²School of Basic Medical Sciences, Yunnan University of Chinese Medicine, Kunming Yunnan

Received: Mar. 26th, 2025; accepted: Apr. 21st, 2025; published: Apr. 27th, 2025

Abstract

With the rapid increase in global myopia rates, myopia has become a major public health issue. This article reviews the current status and latest progress in myopia treatment by consulting relevant literature in recent years, covering aspects such as optical intervention, drug therapy, surgical and laser therapy, and potential future treatment methods. It aims to provide references for the selection of treatment plans for different myopia populations. Moreover, it proposes that in the future, interdisciplinary cooperation should be strengthened, and emerging technologies such as artificial

*通讯作者。

文章引用: 朱思颖, 高仪, 蔡贤祺, 田东, 熊光轶. 近视防治方法的研究进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(4): 3010-3016.
DOI: 10.12677/acm.2025.1541266

intelligence should be combined to develop personalized myopia management plans, providing new ideas for myopia prevention and control, with the goal of achieving more effective myopia management.

Keywords

Myopia, Therapies, Personalized Myopia Management, Review

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

近视(myopia)作为常见的屈光不正,全球流行率显著上升。根据世界卫生组织(WHO)的预测,到2050年,全球近50%的人口将患近视,其中约10亿人(20%)可能发展为高度近视(>-5.00 D),这将大幅增加病理性近视及不可逆视觉损伤的风险[1]。亚洲地区,尤其是东亚国家,近视已达到流行病水平,对公共健康构成了重大威胁,不仅影响个体视觉健康,也对公共卫生系统造成巨大压力[2]。因此,全球近视的流行及其影响成为学术界和公共卫生领域的热点议题,如何有效延缓近视进展,已成为眼科学的重要研究方向,亟需有效的预防和干预措施。

2. 防治方法

2.1. 光学干预

光学矫正是近视管理的常用方法。单焦点眼镜通过镜片将光线聚焦在视网膜上,适合各年龄段患者,尤其是儿童。然而有研究表明,这类眼镜仅能矫正视力,对眼轴延长无显著影响,因此难以控制近视进展。隐形眼镜通过调整光学设计,在眼睛周围区域产生“周边离焦”,改变眼睛的聚焦方式,能有效减缓儿童近视发展,并提供良好的视觉质量[3]。不过,具体的效果可能因个体差异而不同,而且佩戴及护理不当可能引发角膜感染等并发症。

角膜塑形镜(orthokeratology lens),简称OK镜,是一种非手术、可逆的近视矫正手段,通过夜间佩戴改变角膜形状,使患者在白天无需佩戴眼镜。其通过压平中央角膜并调节周边屈光度,创造出中央清晰、周边近视离焦的效果,能够显著减缓儿童眼轴增长,而且高透氧材料的应用还进一步提升了OK镜佩戴的安全性,减少角膜缺氧风险[4]。与单视眼镜和隐形眼镜相比,其对2年内眼轴增长的抑制作用为32%至63%[5]。然而,停用OK镜后近视发展是否会出现反弹现象和获得最大益处的持续使用时间尚不清楚。因此需要在更多样化的人群中进行进一步的研究,包括对反弹现象的评估,并进行长时间的随访。

尽管光学干预在控制近视方面展现了显著效果,但长期戴镜可能会引发不适影响生活质量,导致患者依从性下降,影响矫正效果。为此,药物治疗通过更简便的使用方式,为无法长期坚持光学干预的患者提供了替代方案。

2.2. 阿托品滴眼液及其他潜在治疗药物

2.2.1. 阿托品滴眼液

阿托品通过抑制眼部M受体,减少眼轴过度延长,延缓近视发展。高浓度阿托品(1%)疗效显著,但伴随调节障碍、瞳孔扩张等副作用,限制了其在儿童中的应用。Yam团队评估了0.05%、0.025%和0.01%

阿托品滴眼液在近视控制中的有效性。研究发现, 0.05%、0.025%和 0.01%的阿托品均能显著减少近视进展, 但效果随浓度增加而增强。其中, 0.05%的阿托品效果最佳, 能有效减少屈光度变化和眼轴长度增长, 且在瞳孔扩张和调节能力方面表现出的副作用最小。在 2 年内随访发现, 0.05%阿托品的疗效是 0.01%阿托品的两倍, 并且在所研究的阿托品浓度中, 0.05%阿托品在减缓近视进展方面仍然是最佳浓度, 并建议将其作为一种有效的干预手段用于近视管理[6]-[8]。未来研究应进一步探索阿托品在不同年龄段和不同环境中的长期应用, 以进一步优化个性化治疗方案。

2.2.2. 其他潜在治疗药物

外源性视黄酸(retinoic acid, RA), 多项动物研究表明, RA 的应用可导致眼轴异常延长, 提示 RA 信号可能在近视发病机制中起关键作用。RA 通过调控巩膜重塑和视网膜色素上皮细胞的功能, 影响巩膜的弹性和强度等生物力学特性, 进而干预眼轴发育[9]。然而, RA 的潜在副作用, 如视网膜功能紊乱、致畸性和神经毒性, 限制了其广泛应用。因此, 未来研究应进一步验证其安全性与有效性。

七叶洋地黄毒苷(7-methylxanthine, 7-MX)是一种通过增强巩膜强度来抑制眼轴延长的化合物, 最新研究显示, 7-MX 在延缓近视进展速度和眼轴延长方面效果显著, 特别是在儿童群体中, 能够降低眼轴长度的增长率[10]。毒性评估结果表明, 7-MX 在测试剂量下具有良好的安全性, 支持其作为一种潜在的近视治疗药物。

多巴胺受体激动剂(dopamine receptor agonists, DA agonists)可以增加视网膜内的多巴胺的水平。多巴胺在视网膜信号传导和眼球发育中起关键作用, 它可以通过与 D1 和 D2 受体相互作用, 调节包括视觉感知、对比敏感度和光适应等多种视网膜功能。研究表明, 视网膜内多巴胺水平上升, 可以抑制眼轴延长, 但其潜在疗效及应用仍需进一步研究[11]。

γ -氨基丁酸(GABA)是中枢神经系统重要的抑制性神经递质, 研究显示, GABA 可能通过调节视网膜中不同类型的神经元的活动, 进而影响到眼睛的屈光状态, 从而缓解近视, 尽管目前主要基于动物模型, 但初步结果显示其潜在的治疗价值[12]。

尽管药物治疗在延缓近视进展中展现出巨大潜力, 但仍面临治疗周期长和副作用等问题, 如长期使用阿托品滴眼液可能出现视近物模糊、畏光、调节力下降、干眼症、过敏性结膜炎等副作用, 而且停药后的反弹效应也是一大挑战[13]。

2.3. 手术及激光疗法

随着近视手术技术的进步, 成人及高度近视患者在视力矫正上有了更多的选择。然而, 尽管手术可以有效治疗近视, 但对于儿童及低度近视的患者, 以及自身患有眼病及全身疾病不适合接受手术治疗的群体, 非手术疗法仍然具有重要意义。

准分子激光角膜原位磨镶术(laser-assisted *in situ* keratomileusis, LASIK)通过准分子激光重塑角膜以改善视力。近年来, 个性化 LASIK 技术的进步显著提高了手术的精确度和安全性, 利用角膜地形图和波前像差分析技术, 减少了术后眩光、光晕等视觉质量问题[14]。

小切口微透镜取出术(small incision lenticule extraction, SMILE)通过小切口去除角膜基质透镜, 以矫正近视。研究表明, SMILE 在中低度近视患者中的长期效果与 LASIK 相当, 且在角膜较薄患者中更安全[15]。其微创性和对角膜生物力学影响较小, 使其成为 LASIK 的替代选择。改进的 SMILE 技术还结合了角膜波前像差引导切削, 进一步提高了透镜切割的精准度和术中的稳定性, 有效提高了术后视觉质量[16]。

角膜表层消融术(trans photorefractive keratectomy, TPRK)是无瓣层切削手术的代表, 其最大的特点是无需制作角膜瓣, 避免瓣层相关并发症。它通过激光直接进行角膜消融, 特别适合角膜较薄或不规则的患者。相比传统的表层切削术(如 PRK), TPRK 恢复期缩短, 疼痛更少, 逐渐受到更多患者的青睐[17]。

植入式胶原晶体(implantable collamer lens, ICL)是一种可植入在虹膜后方和晶状体前方的柔性镜片,用于矫正高度近视,同时保留角膜的完整性,对于高度近视和角膜不适合激光手术的患者,ICL 是一种有效替代方案,而且 ICL 手术是可逆的,可以根据患者需求取出或更换镜片。研究显示,ICL 植入术的长期视觉稳定性良好,且术后患者满意度高,尤其在高度近视患者中表现出强大的视觉稳定性和更低的并发症发生率[18]。

低强度红光疗法(low-level red-light therapy, LLRL)在近视治疗中的应用近年来备受关注,主要用于延缓青少年近视的进展。该疗法的基本原理基于光生物调节机制,低能量的红光能够促进眼球巩膜细胞的活性,减少眼球前后径的过度增长,从而减缓近视的进展[19]。与传统的激光手术(PRK 和 LASIK)不同,LLRL 通过非侵入性的方法对眼部组织进行照射,能量温和、安全性高,不会对眼组织产生损伤。一项多中心随机对照试验显示,使用低强度红光治疗儿童近视可以显著延缓眼轴长度的增长,参与研究的儿童中近视进展的平均减缓率达到了 45%~50% [20]。另一篇 2024 年的系统综述和 Meta 分析表明,LLRL 在减慢近视进展方面效果显著,尤其是在 5~10 岁近视发展迅速的儿童群体中,经过 6 个月的治疗,眼轴长度增长显著低于对照组[21]。尽管 LLRL 疗法在短期内显示了良好的效果,但目前仍存在一些需要进一步研究的问题。首先,关于疗效的长期持久性和安全性尚不明确。在可见光波段能量的生物效应中,光热作用与光化学转化机制可协同诱发视网膜组织暂时性损害。当持续照射时间延长时,光化学效应会累积,自由基或活性氧不断产生并攻击脂质与蛋白质,对视网膜色素上皮细胞与光感受器产生热损伤,从而产生临床症状。Liu 的研究中报道过一名 12 岁女孩使用重复低强度红外疗法治疗 5 月后出现双眼视力下降的情况[22]。其次,研究中对治疗频率和剂量的规定不一致,部分研究采用每日两次的照射频率,而另一些研究则采用不同的间隔频率,这需要进一步标准化。总体而言,低强度红光疗法作为一种新兴的非药物干预手段,显示出良好的前景,但其长期效果和规范化的治疗标准仍有待进一步探索。

2.4. 未来潜在的治疗方法

2.4.1. 干细胞疗法

干细胞疗法在治疗近视及相关眼科疾病中展现出巨大潜力。根据 Janowski 等人的研究,间充质干细胞(mesenchymal stem cells, MSC)的移植可增强巩膜强度,减少眼轴延长,进而控制近视的进展。该方法不仅可以通过物理方式强化眼球壁,还可以通过移植干细胞分泌多巴胺来调节近视的发展[23]。诱导性多能干细胞(induced pluripotent stem cells, iPSCs)在视网膜组织再生方面也表现出潜力,不仅能够修复受损细胞,还能发挥免疫调节和神经保护作用,减少视网膜神经细胞凋亡[24]。这使得 iPSCs 在个性化治疗中展现出了广泛的应用前景,特别是在视网膜疾病的干预和治疗方面。

2.4.2. 分子机制研究

EGR1 (早期生长反应基因 1)是调控眼轴增长的重要转录因子。研究表明,许多近视抑制治疗均通过上调 EGR1 的表达来抑制眼轴延长,成为潜在的调节因子。Karouta 等人发现,EGR1 在多种治疗中的共同作用,揭示了其调控的多个视网膜基因的潜力,为以 EGR1 为靶点的基因疗法提供理论依据[25]。未来研究应深入解析 EGR1 下游的分子机制,以推动新型基因干预策略的发展。

Wnt 信号通路在近视发育中起关键作用。Ma 等人通过研究形觉剥夺性近视(FDM)的小鼠模型,进一步证实了 Wnt 通路的激活对眼球生长的影响,特别是在 Wnt2b、Fzd5 等基因的上调方面[26]。在另一项研究小鼠模型的实验中,使用 Wnt 抑制剂(尼克罗沙胺)显著抑制了眼轴的过度延长,并有效减缓了屈光负移的发展[27]。这些结果为未来优化 Wnt 通路抑制剂用于控制近视提供了支持。

MicroRNA (miRNA)被认为是近视发展的重要调控分子。研究发现,miR-671-5p 在形觉剥夺性近视(FDM)和透镜诱导近视(LIM)小鼠模型中显著下调。miR-671-5p 通过调控多个与近视相关的基因及信号通

路,其靶基因与视觉学习和雌激素信号通路密切相关,为开发基于 miRNA 的基因疗法提供了基础[28]。

虽然当前大部分研究仍局限于动物模型,但它为未来的近视治疗提供了重要的理论基础和实践方向。未来的研究应进一步解析关键通路的作用机制,开发更为精准的干预手段,同时注重解决免疫排斥及相关伦理问题,以确保治疗的可行性和安全性。

3. 展望与总结

当前的近视防治研究已经取得了显著进展,但不同治疗方案的疗效存在差异,因此需要对患者进行长期的随访和个性化的调整,以确保治疗效果的持续性。对于依从性较差或主动中断治疗的患者,疗效的评估和持续控制变得更加复杂。因此未来的研究应致力于优化治疗策略,增强对疗效的长期监测,并开发能够提高依从性与安全性的创新方案,以实现更持久、有效且安全的近视控制效果。

多学科合作、新兴技术背景下的个性化近视管理是未来近视防控的重要方向。多学科合作是推动近视防控取得成效的关键,眼科学、公共卫生、行为科学和数据科学等多学科的整合,能够为近视提供更加全面和精准的管理方案。例如,基因检测能够帮助揭示个体细胞对药物反应的潜在机制,为未来基于基因特征优化药物浓度和制定个性化治疗方案提供了重要依据[29]。同时,基因预测还有望在光学矫正方案中应用,通过识别高风险人群,为角膜塑形镜或离焦眼镜的使用提供指导。智能隐形眼镜则代表了医学科学与创新技术交叉领域的突破,不仅为近视的控制和治疗提供了新的思路,也为整个眼科领域带来了革命性的变革潜力。这些智能设备不仅具备了矫正视力的基本功能,还集成了传感器、无线通讯模块和其他电子元件,能够实时监测与眼睛健康相关的重要生理数据[30]。除此之外,通过学校和社区的筛查项目结合行为干预措施,帮助青少年养成良好的用眼习惯,增加户外活动时间,这类行为干预已被证实能够有效延缓近视进展。数据科学也可以通过分析大规模数据集,为不同地区、年龄段的近视干预效果提供详细反馈,帮助制定更加精准的防控策略。

而新兴技术如人工智能(AI)和虚拟现实(VR)也为个性化近视管理带来了新的解决方案。AI 能够通过整合患者的基因、生活方式和环境数据,构建个体化的风险预测模型,实时监控用眼行为,并提供定制化的干预建议,如刘奕志团队训练了一种机器学习模型,通过对国内 10 年来超过 68 万的电子病历中的年龄、等效球镜和近视年进展率等数据进行分析,用以识别患者近视发展的规律,并预测是否会进展为高度近视[31],对于 18 岁是否会进展成高度近视的预测,该模型在 3 年内的准确率高达 94%,5 年和 8 年内的准确率也均超过了 80%。此外,AI 技术还能够动态调整治疗方案,例如优化药物剂量或光学干预手段,使治疗更加智能化和精准化,如 Wu 等[32]使用多种机器学习模型回顾性分析了低浓度阿托品的使用对近视患者眼压的影响。他们发现,其中表现最好的是极端梯度提升模型,其在预测阿托品疗效和潜在副作用等方面显示出了较大的潜力。与此同时,VR 技术通过模拟远距离视觉场景,提供沉浸式的视觉训练,从而延缓眼轴增长。这种基于 VR 的训练方法已在临床试验中显示出良好的效果。这些技术的结合不仅提高了近视管理的精确度,还能与现有治疗手段有效整合,形成更加全面的防控体系。

综上所述,近视防治方法日益多样化,治疗手段正在不断创新,光学干预、药物治疗、手术及激光疗法为不同类型的近视患者提供了多种选择,干细胞疗法的研究更为近视的治疗开辟了新的前景,基于多学科合作和新兴技术背景下的个性化近视管理,将成为近视防控的关键。未来应继续优化现有策略,并深入探索新兴技术在临床中的实际应用。

参考文献

- [1] 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>
- [2] Shi, H., Guo, N., Zhao, Z., He, X., Li, J. and Duan, J. (2023) Global Prevalence of Myopic Macular Degeneration in General Population and Patients with High Myopia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *European Journal of Ophthalmology*, **34**, 631-640. <https://doi.org/10.1177/11206721231185816>
 - [3] Corpus, G., Molina-Martin, A. and Piñero, D.P. (2023) Efficacy of Soft Contact Lenses for Myopia Control: A Systematic Review. *Seminars in Ophthalmology*, **39**, 185-192. <https://doi.org/10.1080/08820538.2023.2271063>
 - [4] Parker, K.E. and Leach, N.E. (2016) Orthokeratology: An Academic Perspective. *Eye & Contact Lens: Science & Clinical Practice*, **42**, 56-60. <https://doi.org/10.1097/icl.0000000000000194>
 - [5] Sankaridurg, P., Bakaraju, R.C., Naduvilath, T., Chen, X., Weng, R., Tilia, D., *et al.* (2019) Myopia Control with Novel Central and Peripheral Plus Contact Lenses and Extended Depth of Focus Contact Lenses: 2 Year Results from a Randomised Clinical Trial. *Ophthalmic and Physiological Optics*, **39**, 294-307. <https://doi.org/10.1111/opo.12621>
 - [6] Yam, J.C., Zhang, X.J., Zhang, Y., Yip, B.H.K., Tang, F., Wong, E.S., *et al.* (2023) Effect of Low-Concentration Atropine Eyedrops vs Placebo on Myopia Incidence in Children: The LAMP2 Randomized Clinical Trial. *JAMA*, **329**, 472-481. <https://doi.org/10.1001/jama.2022.24162>
 - [7] Yam, J.C., Jiang, Y., Tang, S.M., Law, A.K.P., Chan, J.J., Wong, E., *et al.* (2019) Low-Concentration Atropine for Myopia Progression (LAMP) Study: A Randomized, Double-Blinded, Placebo-Controlled Trial of 0.05%, 0.025%, and 0.01% Atropine Eye Drops in Myopia Control. *Ophthalmology*, **126**, 113-124. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2018.05.029>
 - [8] Yam, J.C., Li, F.F., Zhang, X., Tang, S.M., Yip, B.H.K., Kam, K.W., *et al.* (2020) Two-Year Clinical Trial of the Low-Concentration Atropine for Myopia Progression (LAMP) Study: Phase 2 Report. *Ophthalmology*, **127**, 910-919. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2019.12.011>
 - [9] Brown, D.M., Yu, J., Kumar, P., Paulus, Q.M., Kowalski, M.A., Patel, J.M., *et al.* (2023) Exogenous All-Trans Retinoic Acid Induces Myopia and Alters Scleral Biomechanics in Mice. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **64**, Article 22. <https://doi.org/10.1167/iovs.64.5.22>
 - [10] Singh, H., Singh, H., Sharma, S., Kaur, H., Kaur, A., Kaur, S., *et al.* (2023) Genotoxic and Mutagenic Potential of 7-Methylxanthine: An Investigational Drug Molecule for the Treatment of Myopia. *Drug and Chemical Toxicology*, **47**, 264-273. <https://doi.org/10.1080/01480545.2022.2164011>
 - [11] Zhou, X., Pardue, M.T., Iuvone, P.M. and Qu, J. (2017) Dopamine Signaling and Myopia Development: What Are the Key Challenges. *Progress in Retinal and Eye Research*, **61**, 60-71. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2017.06.003>
 - [12] Frederikse, P.H. and Kasinathan, C. (2015) Lens GABA Receptors Are a Target of Gaba-Related Agonists That Mitigate Experimental Myopia. *Medical Hypotheses*, **84**, 589-592. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2015.03.008>
 - [13] Sánchez-Tena, M.Á., Ballesteros-Sánchez, A., Martínez-Perez, C., Alvarez-Peregrina, C., De-Hita-Cantalejo, C., Sánchez-González, M.C., *et al.* (2024) Assessing the Rebound Phenomenon in Different Myopia Control Treatments: A Systematic Review. *Ophthalmic and Physiological Optics*, **44**, 270-279. <https://doi.org/10.1111/opo.13277>
 - [14] Pidro, A., Biscevic, A., Pjano, M., Mravicic, I., Bejdic, N. and Bohac, M. (2019) Excimer Lasers in Refractive Surgery. *Acta Informatica Medica*, **27**, 278-283. <https://doi.org/10.5455/aim.2019.27.278-283>
 - [15] Kirmaci Kabakci, A., Kepez Yildiz, B., Yildirim, Y., Agca, A., Ondes Yilmaz, F., Demir, G., *et al.* (2020) Refractive and Visual Outcomes of Small Incision Lenticule Extraction (SMILE) in Eyes with Thin Corneas. *Eye*, **35**, 2302-2309. <https://doi.org/10.1038/s41433-020-01256-5>
 - [16] Gulmez, M., Tekce, A. and Kamis, U. (2020) Comparison of Refractive Outcomes and High-Order Aberrations after Small Incision Lenticule Extraction and Wavefront-Guided Femtosecond-Assisted Laser *in Situ* Keratomileusis for Correcting High Myopia and Myopic Astigmatism. *International Ophthalmology*, **40**, 3481-3489. <https://doi.org/10.1007/s10792-020-01534-x>
 - [17] Way, C., Elghobaier, M.G. and Nanavaty, M.A. (2024) Transepithelial Photorefractive Keratectomy—Review. *Vision*, **8**, Article 16. <https://doi.org/10.3390/vision8010016>
 - [18] Wannapanich, T., Kasetsuwan, N. and Reinprayoon, U. (2023) Intraocular Implantable Collamer Lens with a Central Hole Implantation: Safety, Efficacy, and Patient Outcomes. *Clinical Ophthalmology*, **17**, 969-980. <https://doi.org/10.2147/ophth.s379856>
 - [19] Zhu, Q., Cao, X., Zhang, Y., Zhou, Y., Zhang, J., Zhang, X., *et al.* (2023) Repeated Low-Level Red-Light Therapy for Controlling Onset and Progression of Myopia—A Review. *International Journal of Medical Sciences*, **20**, 1363-1376. <https://doi.org/10.7150/ijms.85746>
 - [20] 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>
 - [21] Amaral, D.C., Batista, S., dos Santos-Neto, E., Manso, J.E.F., Rodrigues, M.P.M., Monteiro, M.L.R., *et al.* (2024) Low-

- Level Red-Light Therapy for Myopia Control in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clinics*, **79**, Article ID: 100375. <https://doi.org/10.1016/j.clinsp.2024.100375>
- [22] Liu, H., Yang, Y., Guo, J., Peng, J. and Zhao, P. (2023) Retinal Damage after Repeated Low-Level Red-Light Laser Exposure. *JAMA Ophthalmology*, **141**, 693-695. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2023.1548>
- [23] Janowski, M., Bulte, J.W.M., Handa, J.T., Rini, D. and Walczak, P. (2015) Concise Review: Using Stem Cells to Prevent the Progression of Myopia—A Concept. *Stem Cells*, **33**, 2104-2113. <https://doi.org/10.1002/stem.1984>
- [24] Garg, A., Yang, J., Lee, W. and Tsang, S. (2017) Stem Cell Therapies in Retinal Disorders. *Cells*, **6**, Article 4. <https://doi.org/10.3390/cells6010004>
- [25] Karouta, C., Kucharski, R., Hardy, K., Thomson, K., Maleszka, R., Morgan, I., *et al.* (2021) Transcriptome-Based Insights into Gene Networks Controlling Myopia Prevention. *The FASEB Journal*, **35**, e21846. <https://doi.org/10.1096/fj.202100350rr>
- [26] Ma, M., Zhang, Z., Du, E., Zheng, W., Gu, Q., Xu, X., *et al.* (2014) WNT Signaling in Form Deprivation Myopia of the Mice Retina. *PLOS ONE*, **9**, e91086. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091086>
- [27] Liu, Z., Xiu, Y., Qiu, F., Zhu, Z., Zong, R., Zhou, X., *et al.* (2021) Canonical WNT Signaling Drives Myopia Development and Can Be Pharmacologically Modulated. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **62**, Article 21. <https://doi.org/10.1167/iovs.62.9.21>
- [28] Cui, Z., Huang, Y., Chen, X., Chen, T., Hou, X., Yu, N., *et al.* (2023) Identification of miR-671-5p and Its Related Pathways as General Mechanisms of Both Form-Deprivation and Lens-Induced Myopia in Mice. *Current Issues in Molecular Biology*, **45**, 2060-2072. <https://doi.org/10.3390/cimb45030132>
- [29] Hsiao, Y., Chang, W., Kuo, M., Lo, J., Lin, H., Yen, M., *et al.* (2019) Systematic Analysis of Transcriptomic Profile of the Effects of Low Dose Atropine Treatment on Scleral Fibroblasts Using Next-Generation Sequencing and Bioinformatics. *International Journal of Medical Sciences*, **16**, 1652-1667. <https://doi.org/10.7150/ijms.38571>
- [30] Liu, X., Ye, Y., Ge, Y., Qu, J., Liedberg, B., Zhang, Q., *et al.* (2024) Smart Contact Lenses for Healthcare Monitoring and Therapy. *ACS Nano*, **18**, 6817-6844. <https://doi.org/10.1021/acsnano.3c12072>
- [31] Lin, H., Long, E., Ding, X., Diao, H., Chen, Z., Liu, R., *et al.* (2018) Prediction of Myopia Development among Chinese School-Aged Children Using Refraction Data from Electronic Medical Records: A Retrospective, Multicentre Machine Learning Study. *PLOS Medicine*, **15**, e1002674. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002674>
- [32] Wu, T., Chen, H., Jhou, M., Chen, Y., Chang, T. and Lu, C. (2020) Evaluating the Effect of Topical Atropine Use for Myopia Control on Intraocular Pressure by Using Machine Learning. *Journal of Clinical Medicine*, **10**, Article 111. <https://doi.org/10.3390/jcm10010111>