

# 低能量红光对近视儿童脉络膜厚度和等效球镜度及眼轴长度的影响

谷志明<sup>1,2</sup>, 兰长骏<sup>1,2</sup>, 钟维琪<sup>1,2</sup>, 周桂梅<sup>2</sup>, 廖莹<sup>1,2</sup>

引用: 谷志明, 兰长骏, 钟维琪, 等. 低能量红光对近视儿童脉络膜厚度和等效球镜度及眼轴长度的影响. 国际眼科杂志 2023; 23(5):791-796

基金项目: 四川省科技厅自然科学基金面上项目 (No. 23NSFSC1940); 南充市市校科技战略合作专项 (No. 22SXFWD0003)

作者单位:<sup>1</sup>(637000) 中国四川省南充市, 川北医学院附属医院眼科;<sup>2</sup>(637000) 中国四川省南充市, 川北医学院眼视光医学院

作者简介: 谷志明, 男, 在读硕士研究生, 研究方向: 眼视光学。

通讯作者: 廖莹, 女, 博士, 教授, 主任医师, 博士研究生导师, 研究方向: 眼视光学. aleexand@163.com

收稿日期: 2022-10-11 修回日期: 2023-04-12

## 摘要

目的: 系统评价低能量红光对于近视儿童脉络膜厚度 (ChT) 和等效球镜度 (SE) 及眼轴长度 (AL) 的影响。

方法: 通过检索 Pubmed、Embase、Cochrane Library、Web of Science、中国知网、万方、维普网及中国生物医学文献数据库共 8 个数据库, 从建库至 2023-01 期间所有关于低能量红光干预近视发展的随机对照试验, 红光干预作为试验组, 仅配戴单焦眼镜作为对照组。按照 Cochrane 手册要求进行文献质量及偏倚风险评价。Meta 分析由 Revman 5.4 软件完成。

结果: 共计纳入 8 篇有关低能量红光干预近视发展的随机对照试验研究。用于分析 ChT 变化的样本量为红光组 407 眼, 对照组 425 眼; 用于分析 SE 变化差值的样本量为红光组 490 眼, 对照组 518 眼; 纳入 AL 分析的样本量为红光组 518 眼, 对照组 539 眼。红光组与对照组 ChT、SE、AL 比较均有差异 (ChT:  $WMD = 37.81, 95\% CI: 21.55 \sim 54.07, P < 0.001$ ; SE:  $WMD = 0.58, 95\% CI: 0.46 \sim 0.71, P < 0.001$ ; AL:  $WMD = -0.31, 95\% CI: -0.39 \sim -0.24, P < 0.001$ )。

结论: 特定的红光有助于促进 ChT 而抑制 SE 及 AL 增加, 但其远期效果及副作用尚不清楚, 上述结论还需要更多大样本的随机对照研究进一步明确。

关键词: 红光; 近视; 脉络膜厚度; 等效球镜度; 眼轴长度; Meta 分析

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2023.5.15

## Effects of low - energy red light on choroidal thickness and spherical equivalent and axial length in myopic children

Zhi - Ming Gu<sup>1,2</sup>, Chang - Jun Lan<sup>1,2</sup>, Wei - Qi Zhong<sup>1,2</sup>, Gui - Mei Zhou<sup>2</sup>, Xuan Liao<sup>1,2</sup>

Foundation items: Natural Science Foundation General Project of Sichuan Science and Technology Department (No.23NSFSC1940);

Special Project of City - School Science and Technology Strategic Cooperation of Nanchong (No.22SXFWD0003)

<sup>1</sup>Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China;

<sup>2</sup>Medical School of Ophthalmology & Optometry, North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China

Correspondence to: Xuan Liao. Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province China;

Medical School of Ophthalmology & Optometry, North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China. aleexand@163.com

Received:2022-10-11 Accepted:2023-04-12

## Abstract

• AIM: To systematically evaluate the effects of low - energy red light on choroidal thickness (ChT), spherical equivalent (SE), and axial length (AL) in myopic children.

• METHODS: A total of 8 databases, including Pubmed, Embase, Cochrane Library, Web of Science, CNKI, WanFang Database, VIP Database and China Biomedical Literature Database, were electronically retrieved to collect the clinical randomized controlled trial (RCT) of low - energy red light in myopia, with red light intervention as an experimental group and glasses as a control group. The retrieval time limit is from the establishment of the database to January 2023. According to the recommendation of the Cochrane Handbook, literature quality and risk of bias were evaluated. Revman5.4 software was used for Meta-analysis.

• RESULTS: Totally 8 RCT about red-light treatment with myopia were included. The sample size for ChT analysis contained 407 eyes in the red-light group and 425 eyes in the control group; SE analysis included 490 eyes in the red-light group and 518 eyes in the control group; sample size for AL analysis were 518 eyes in the red-light group and 539 eyes in the control group. The differences in ChT, SE and AL between the groups were statistically significant (ChT:  $WMD = 37.81, 95\% CI: 21.55 \sim 54.07, P < 0.001$ ; SE:  $WMD = 0.58, 95\% CI: 0.46 \sim 0.71, P < 0.001$ ; AL:  $WMD = -0.31, 95\% CI: -0.39 \sim -0.24, P < 0.001$ ).

• CONCLUSION: Specific red light can promote the increase of ChT while inhibit SE and AL. However, its long-term efficacy and side effects remain unclear. The above conclusions need to be further clarified by more RCT with large samples.

• KEYWORDS: red light; myopia; choroidal thickness; spherical equivalent; axial length; Meta-analysis

**Citation:** Gu ZM, Lan CJ, Zhong WQ, et al. Effects of low-energy red light on choroidal thickness and spherical equivalent and axial length in myopic children. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2023; 23(5):791-796

## 0 引言

近年来,近视已经成为了严重的公共卫生问题。现阶段研究表明,近距离用眼时间增长、户外活动减少以及受教育程度提高等均与近视形成和发展密切相关<sup>[1-2]</sup>,同时也鉴定出多个近视相关易感基因<sup>[3]</sup>,提示环境和遗传因素共同作用促进近视发生发展,但其病因仍未阐明。近视引起的眼轴增长和眼球结构改变增加了黄斑变性、视网膜脱离、白内障及青光眼等严重并发症的风险,甚至造成不可逆的视觉损害<sup>[4]</sup>。因此,延缓近视进展,并抑制眼轴增长引起的相关并发症则尤为重要<sup>[5]</sup>。研究发现同样波长的光线可以对动物的屈光状态产生不同影响。具有较长波长的红光可以导致豚鼠出现近视,然而红光可以抑制灵长类动物的眼球发育,使用红光对灵长类动物进行干预后,其近视屈光度及眼轴长度(AL)增速明显放缓,表现出一定的近视控制作用<sup>[6-7]</sup>。基于红光可以抑制灵长类动物近视发展,部分学者进行了红光控制近视的临床研究。已有部分临床研究对使用低能量红光控制近视的效果进行了初步探索,但各研究样本量少,且随访周期不一致。因此本文拟对目前已发表的关于红光控制近视进展相关研究进行 Meta 分析,以期为临床实践提供循证依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

**1.1.1 检索策略** 检索的中英文数据库分别为 Pubmed、Embase、Cochrane Library、Web of Science、中国知网、万方数据库、维普网、中国生物医学文献数据库;检索时间为建库至 2023-01;检索内容为所有使用红光干预近视进展的相关研究。仅纳入中文及英文文献。英文检索关键词包括 Myopia、Red light、Randomized controlled trials (RCT) 的主题词、副主题词及自由词。中文检索关键词包括近视、红光、随机对照试验的主题词及自由词。

**1.1.2 纳入标准** (1) 研究类型为随机对照试验 (RCT); (2) 研究对象年龄 < 18 岁; (3) 干预措施为波长 650 ± 10 nm 的红光; (4) 以脉络膜厚度 (ChT) 和等效球镜度 (SE) 及 AL 作为结局指标,且基线数据及终点的变化值完整; (5) 随访周期 ≥ 3 mo。

**1.1.3 排除标准** (1) 非中英文文献; (2) 结局指标与研究目的不符的文献; (3) 无法有效提取数据和获取原文的文献; (4) 会议报告文献; (5) 同一研究数据的二次分析文献。

### 1.2 方法

**1.2.1 文献筛选流程** 两位独立的研究人员按照制定的检索策略分别进行检索,文献检索完毕后进行汇总,根据文献题目及摘要剔除重复文献、会议论文、病例报告、综述等在研究目的之外的文献。通过全文阅读剩余文献,严格按照纳入及排除标准进行二次筛选。最终汇总两名研究人员所筛文献并进行交叉比较,以确定最终纳入 Meta 分析的文献。若所纳入文献存在较大异质性,则交由第三位研究人员确定是否继续保留该文献。

**1.2.2 文献基本信息提取** 提取文献作者、国家及地区、出版年份、研究类型、研究对象年龄、样本量、干预措施、研究

时长、基线 ChT、SE 及 AL、干预后的 ChT、SE 及 AL 相关数据。

**1.2.3 数据提取** 因各研究随访周期不同,提取使用红光干预前的基线及干预后的终点 ChT、SE 和 AL 数据并计算其变化差值用于分析;若原文已提供 ChT、SE 和 AL 变化差值则直接提取数据并用于最终的 Meta 分析。如文中提供数据为均数 ± 标准差则直接进行记录;如文中数据为中位数及四分位间距则按照 Wan 等<sup>[8]</sup>和 Luo 等<sup>[9]</sup>的建议将数据换算为均数 ± 标准差后再进行分析;若文中提供数据类型为 95% 置信区间 (confidence intervals, CI),则按照下列公式  $SD = \sqrt{N} \times (\text{可信区间上限} - \text{可信区间下限}) \div 3.92$  求出标准差后再进行分析。

**1.2.4 文献质量评价** 分别从随机分配方法、分配方案隐藏、盲法、数据完整性、选择性研究报告及发表偏倚等方面,并按照《Cochrane 干预措施系统评价手册》所提供的方法对即将纳入分析的随机对照试验进行偏倚风险及质量评价。

**统计学分析:**从文献中提取出来的 ChT、SE 及 AL 数据使用 Revman 5.4 软件完成分析,统计效能通过计算加权均数差 (weighted mean differences, WMD) 和 95% CI 来确定,检验水准为  $\alpha = 0.05$ 。通过 Q 统计量及  $I^2$  值来判断各项研究间的异质性;若  $P > 0.05$  或  $I^2 < 50\%$  表明各研究间异质性不具有统计学意义,使用固定效应模型进行分析;若  $P < 0.05$  或  $I^2 > 50\%$  表明各研究间异质性具有统计学意义,使用随机效应模型进行分析。使用逐一剔除法对纳入分析的文献进行敏感性分析。检测发表偏倚的 Egger 检验使用 STATA 12.0 软件完成。

## 2 结果

**2.1 文献检索结果** 在 8 个数据库中,共检索出相关文献 392 篇,其中中文文献 164 篇,英文文献 228 篇。剔除重复文献后,中文文献剩余 76 篇,英文文献剩余 115 篇。再阅读标题和摘要,排除综述、会议论文、病例报告等无关文献 155 篇;阅读全文全文,发现研究对象及研究目的与本次 Meta 分析不相符的文献 21 篇、同一课题组数据二次分析文献 1 篇、干预措施不符的文献 2 篇、随访周期不符的文献 1 篇以及非 RCT 研究 3 篇并予以排除,最终纳入 8 篇文献,其中英文文献 5 篇,中文文献 3 篇。筛选步骤见图 1。

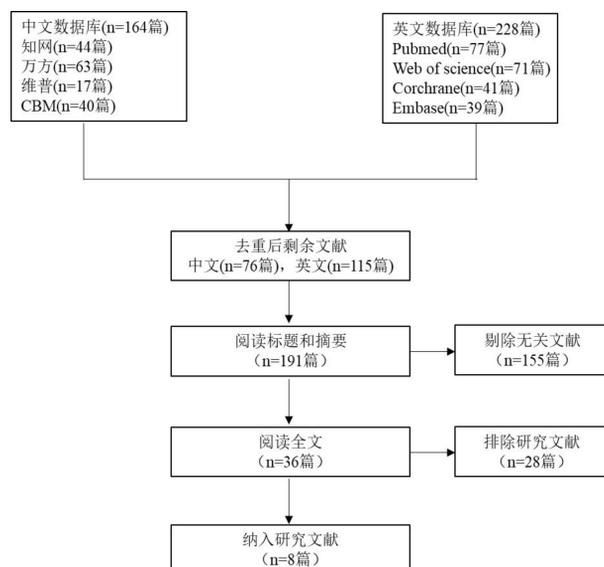


图 1 文献筛选流程图。

**2.2 纳入研究基本特征及文献偏倚质量评价** 符合纳入标准的文献共有 8 篇<sup>[10-17]</sup>,均为 RCT。研究基本特征见表 1。纳入的所有研究中,有 7 篇文献<sup>[10-16]</sup>提供了 ChT 和 SE 的基线及终点数据或变化差值,8 项研究<sup>[10-17]</sup>提供了完整的 AL 基线及终点值;因此本研究以干预前后的 ChT、SE 和 AL 变化差值作为分析对象。文献质量评价图结果显示,尽管 8 项研究<sup>[10-17]</sup>均是 RCT 且研究的主要结局指标报道完整,但不同研究过程中的盲法实施均有所差异,且部分研究没有详细描述失访病例对结论的影响,由此可能出现选择性报道结果并导致偏倚风险增加(图 2)。

**2.3 Meta 分析结果**

**2.3.1 红光干预前后对 ChT 的影响** 纳入的研究中,7 项研究<sup>[10-16]</sup>报道了红光干预近视前后的 ChT 基线、终值或变化值,本研究根据相关数据进行分析。异质性检验提示异质性较强( $P<0.001, I^2=93%$ ),因此采用随机效应模型

合并效应量进行分析。Meta 分析结果表明红光干预可以有效增加 ChT,差异有统计学意义( $WMD=37.81, 95%CI: 21.55\sim 54.07, P<0.001$ )。但用于分析 ChT 变化的各项研究异质性较强,逐一剔除文献后异质性仍然较高,可能是由于各项研究间基线数据及随访周期不一致,导致测量的 ChT 变化值差异较大所致,见图 3。

**2.3.2 红光干预前后对 SE 的影响** 有 7 项研究<sup>[10-11,13-17]</sup>报道了红光干预近视前后的 SE 基线、终值或变化值,因此纳入分析。合并结果显示各项研究间异质性较强,因此采用随机效应模型合并效应量进行分析( $P<0.001, I^2=84%$ )。造成 SE 存在较强异质性的原因可能是各研究间纳入的屈光度范围差异较大所致。Meta 分析结果表明对照组的 SE 进展速度较快,红光可以有效抑制近视 SE 增加,且差异有统计学意义( $WMD=0.58, 95%CI:0.46\sim 0.71, P<0.001$ ),见图 4。

表 1 研究基本特征

第一作者	年份	国家地区	研究类型	SE 范围 (D)	年龄 (岁)	干预措施	样本量 (眼)	ChT ( $\bar{x}\pm s, \mu m$ )	SE ( $\bar{x}\pm s, D$ )	AL ( $\bar{x}\pm s, mm$ )	随访周期 (mo)
闫艺 <sup>[10]</sup>	2021	中国	RCT	-1.00~-9.00	7~12	红光	60	268.50±36.92	-2.52±1.15	24.24±0.92	12
							60	271.6±39.12	-2.53±1.15	24.37±0.79	
刘丹 <sup>[11]</sup>	2022	中国	RCT	-0.50~-6.00	7~14	红光	102	249.58±40.42	-1.74±0.25	24.19±0.78	6
							105	252.78±48.87	-1.29±0.25	24.17±0.86	
周磊 <sup>[12]</sup>	2022	中国	RCT	≤-0.75	8~12	红光	23	-	-2.96±1.89	24.58±1.16	6
							17	-	-2.09±1.27	24.40±0.92	
Fen Xiong <sup>[13]</sup>	2021	中国	RCT	≤-0.50	6~16	红光	74	286.61±56.59	-3.39±2.17	25.06±1.14	6
							74	286.81±63.67	-3.32±1.36	25.07±0.87	
Hongyan Chen <sup>[14]</sup>	2022	中国	RCT	-0.75~-6.00	6~13	红光	46	259.00±51.46	-2.54±1.04	24.62±0.97	15
							40	273.08±54.37	-2.29±0.77	24.57±0.76	
Ruilin Xiong <sup>[15]</sup>	2022	中国	RCT	-1.00~-5.00	8~13	红光	11	-	-1.77±0.57	24.89±0.94	24
							41	-	-2.76±1.15	24.58±0.94	
Lei Tian <sup>[16]</sup>	2022	中国	RCT	-0.50~<-6.00	6~12	红光	91	290.5±81.85	-2.00±1.48	24.31±0.92	6
							88	296.00±80.00	-2.00±1.11	24.20±0.85	
Jiang Y <sup>[17]</sup>	2022	中国	RCT	-1.00~-5.00	8~13	红光	119	-	-2.49±0.92	24.54±0.67	12
							145	-	-2.67±1.06	24.62±0.86	

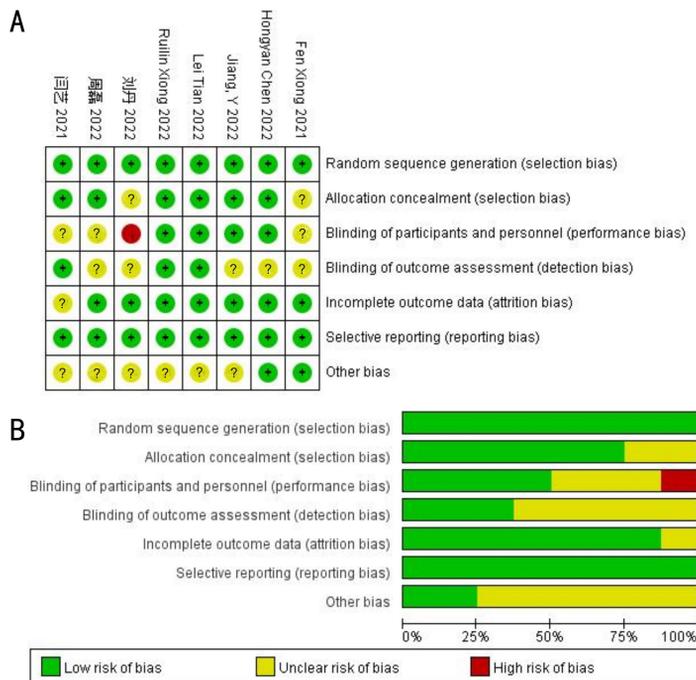


图 2 偏倚风险评价图 A:偏倚风险总结图;B:偏倚风险百分图。

**2.3.3 红光干预前后对 AL 的影响** 纳入的研究中,8 项研究<sup>[10-17]</sup>报道了红光干预近视前后的 AL,我们根据终点和基线数据计算红光干预前后的 AL 变化差值并对其进行分析。异质性检验提示存在较强的异质性( $P < 0.001, I^2 = 85%$ ),因此采用随机效应模型合并效应量进行分析。Meta 分析结果表明红光干预可以有效抑制 AL 增加,差异有统计学意义( $WMD = -0.31, 95% CI: -0.39 \sim -0.24, P < 0.001$ ),见图 5。

**2.4 敏感性分析** 对纳入本研究的 8 篇文献<sup>[10-17]</sup>中 ChT、SE 及 AL 的变化差值进行敏感性分析。使用逐一剔除法对比剔除前的研究结果显示 ChT 变化差值的合并效应量异质性变化较为稳定。而 SE 与 AL 的合并效应量在剔除 Lei Tian<sup>[16]</sup>的文章后,异质性明显降低,差异有统计学意义(均  $P < 0.001$ ,表 2)。

**2.5 不同结局指标的发表偏倚** 利用 STATA12.0 软件进行 Egger 检验对 ChT、SE 和 AL 变化差值的发表偏倚进行分析。结果显示,红光干预前后的 ChT 和 SE 的变化差值

均不存在发表偏倚(ChT:  $t = 0.74, P = 0.494; SE: t = 0.87, P = 0.413$ );而 AL 的变化差值存在发表偏倚( $t = -2.41, P = 0.042$ ),造成发表偏倚的原因可能与纳入研究的基线 AL 及样本量差异较大有关(图 6)。

### 3 讨论

目前临床近视防控手段主要包括角膜塑形镜为代表的光学矫正以及阿托品眼液为代表的药物治疗等。角膜塑形镜是采用逆几何设计的硬性角膜接触镜,通过机械作用减少角膜中央上皮细胞层厚度使角膜曲率变平,暂时性降低部分近视屈光度以满足日间视力需求,并形成周边视网膜近视性离焦而延缓 AL 增长<sup>[18]</sup>。但因其直接与角膜表面接触,容易引起角膜机械性损伤并增加感染的风险,长时间使用可能引起角膜知觉减退等不良反应,且由于其制作材料的特殊性会影响配戴舒适度,导致部分儿童依从性不良,致使其应用受到严格限制<sup>[19-22]</sup>。阿托品可与眼部的乙酰胆碱受体、毒蕈碱受体及多种生长因子受体结合,改善脉络膜血流供应,缓解巩膜缺氧,促进巩膜胶原纤

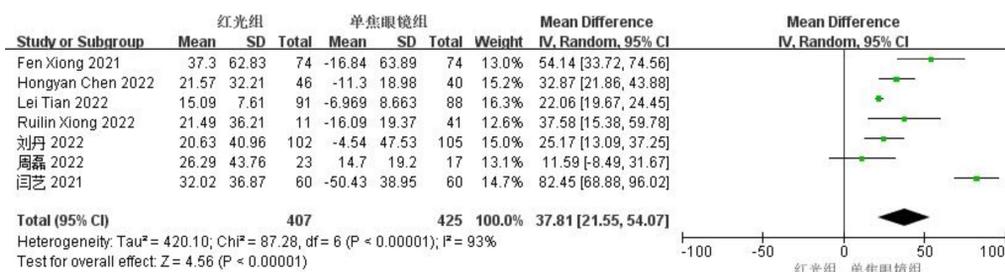


图 3 红光干预后的 ChT 变化。

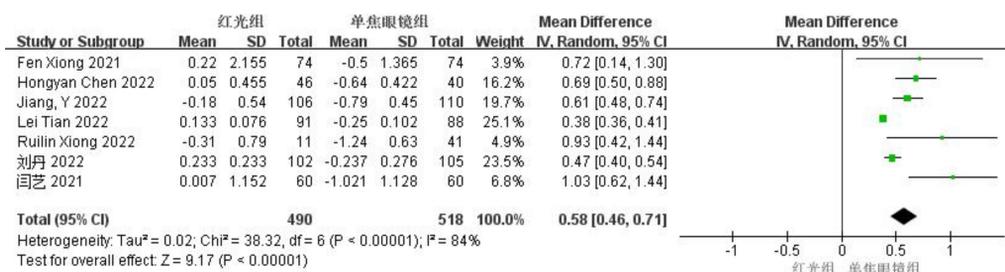


图 4 红光干预后的 SE 变化。

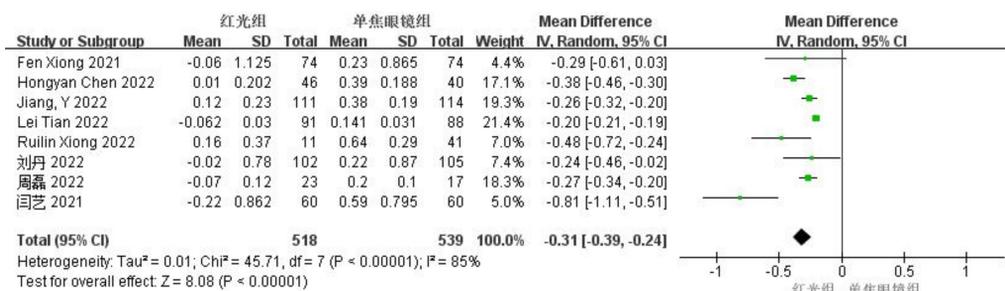


图 5 红光干预后的 AL 变化。

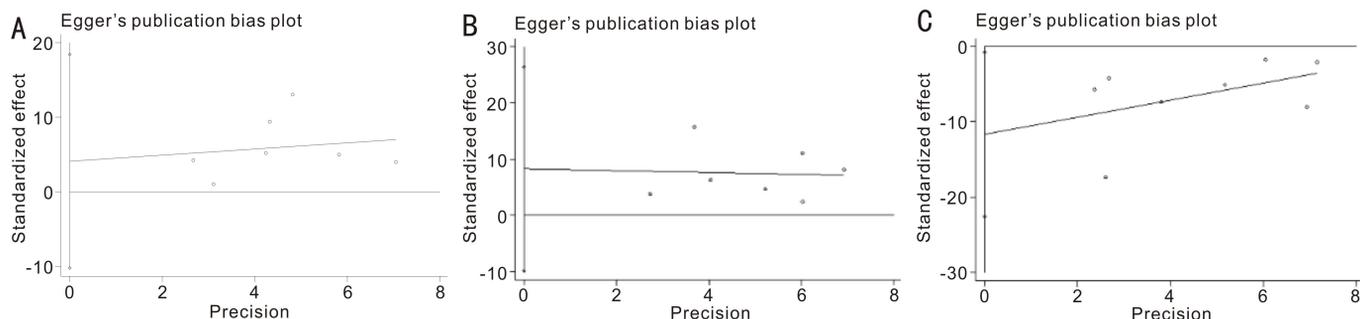


图 6 Egger 检验图 A: ChT; B: SE; C: AL。

表 2 不同结局指标的敏感性分析

结局指标	剔除文献	WMD	95% CI	Z	P	I <sup>2</sup> (%)
ChT	闫艺 <sup>[10]</sup>	28.76	20.05~37.48	6.47	<0.001	68
	刘丹 <sup>[11]</sup>	40.08	20.08~60.07	3.93	<0.001	94
	周磊 <sup>[12]</sup>	41.81	23.72~59.91	4.53	<0.001	94
	Fen Xiong <sup>[13]</sup>	35.37	17.97~52.77	3.98	<0.001	94
	Hongyan Chen <sup>[14]</sup>	38.75	18.39~59.10	3.73	<0.001	94
	Ruilin Xiong <sup>[15]</sup>	37.86	19.92~55.80	4.14	<0.001	94
	Lei Tian <sup>[16]</sup>	40.82	20.10~61.54	3.86	<0.001	91
SE	闫艺 <sup>[10]</sup>	0.54	0.42~0.66	9.11	<0.001	83
	刘丹 <sup>[11]</sup>	0.66	0.46~0.86	6.42	<0.001	86
	Fen Xiong <sup>[13]</sup>	0.58	0.45~0.70	8.88	<0.001	87
	Hongyan Chen <sup>[14]</sup>	0.55	0.42~0.68	8.54	<0.001	83
	Ruilin Xiong <sup>[15]</sup>	0.56	0.44~0.68	8.92	<0.001	85
	Lei Tian <sup>[16]</sup>	0.65	0.50~0.80	8.51	<0.001	68
	Jiang Y <sup>[17]</sup>	0.57	0.44~0.70	8.31	<0.001	83
AL	闫艺 <sup>[10]</sup>	-0.28	-0.35~-0.22	8.47	<0.001	80
	刘丹 <sup>[11]</sup>	-0.32	-0.40~-0.24	7.80	<0.001	87
	周磊 <sup>[12]</sup>	-0.33	-0.42~-0.24	6.96	<0.001	86
	Fen Xiong <sup>[13]</sup>	-0.31	-0.39~-0.24	7.85	<0.001	87
	Hongyan Chen <sup>[14]</sup>	-0.29	-0.36~-0.22	7.65	<0.001	79
	Ruilin Xiong <sup>[15]</sup>	-0.30	-0.37~-0.22	7.69	<0.001	85
	Lei Tian <sup>[16]</sup>	-0.34	-0.43~-0.26	7.77	<0.001	70
Jiang Y <sup>[17]</sup>	-0.34	-0.44~-0.24	6.55	<0.001	86	

维形成,以及视网膜多巴胺分泌,从而抑制 AL 增长和近视进展<sup>[23-25]</sup>。然而阿托品控制近视的功效与其浓度正相关,浓度提高增加了瞳孔散大、视近模糊、调节集合力及立体视觉降低等不良反应的出现,而停药后近视反弹明显<sup>[26-27]</sup>。尽管低浓度阿托品可在一定程度上避免这些不良反应,但近视年龄、初始近视度数以及父母遗传等因素均会导致其疗效降低<sup>[28-30]</sup>。因此,更加安全有效的近视防控手段仍然值得探索。

光照作为一种低成本且有效的近视防控手段受到关注。研究表明,户外活动时间减少所致光照时间不足是引起学龄期儿童出现近视的主要原因,延长户外活动时间可以调节视网膜多巴胺信号传导,还可以促使脉络膜增厚而影响儿童的近视易感性,从而减缓近视进展。而较长时间内暴露于暗光环境下的儿童近视比例高于接受户外明光刺激的儿童,进一步说明光照对抑制近视的发展有重要影响<sup>[2,31-35]</sup>。Zhang 等<sup>[35]</sup>在总结光照与近视的关系后发现,增加光照强度及延长光照时间是减少近视发生的有效手段。除光照强度及光照时间外,光线波长、光照节律和频率均能影响眼球屈光发育<sup>[36]</sup>。研究发现,620nm 波长红光促进小鸡视网膜的多巴胺分泌增加<sup>[37]</sup>,饲养于 624±10nm 红光环境中的树鼯屈光状态呈远视,且 AL 增速减缓<sup>[38]</sup>,使用 630nm 波长红光对灵长类动物进行干预后,其近视屈光度及 AL 增速明显放缓<sup>[6,39]</sup>,提示长波长红光可能在抑制近视进展和延缓眼球近视化过程中扮演了一定角色。部分学者进行了 650nm 波长低强度红光控制近视的临床研究,但样本量较小且应用效果不一。因此,本文拟对已发表的红光控制近视的相关研究进行 Meta 分析,了解低能量红光对近视患者 ChT、SE 和 AL 的影响及控制

近视的效果。合并研究数据后的结果表明低能量红光可明显增加近视儿童 ChT,并能抑制近视 SE 及 AL 增长,且差异分别具有统计学意义( $P<0.001$ ),提示低能量红光可在一定程度上延缓近视发展。一项 RCT 结果显示,重复低水平红光控制近视的效果优于 0.01% 低浓度阿托品,提示其可能具有更佳的近视控制功效<sup>[40]</sup>。有研究观察到应用重复低能量红光减缓近视屈光度进展可能与其短时快速的增加脉络膜血流供应有关<sup>[41]</sup>;需要注意的是,重复低能量红光还可出现 AL 缩短等现象<sup>[42]</sup>,但其具体机制仍需要更多探索。另有研究报道停止使用红光干预近视后,短期内可以出现 ChT 变薄、SE 和 AL 均明显增加等近视反弹变化<sup>[14-15]</sup>。由于红光用于近视防控刚刚兴起,其长期疗效,不良反应和潜在风险仍有待深入研究。

本研究仍存在一定的局限性:(1)目前有关红光干预与近视相关的临床研究较少,且临床研究均集中于中国境内,一定程度上可能影响结论的准确性;(2)纳入的各项研究样本量、基线数据以及随访周期的差异可能造成结果偏倚;(3)虽然纳入研究均为 RCT,部分研究结果以均数±标准差直接呈现,另一部分研究结论以中位数和四分位间距呈现,统计学异质性可能导致结论的异质性增大。

综上所述,现有研究证据支持低能量红光可抑制近视 SE 增加,并且通过促进脉络膜变厚而抑制 AL 过快生长,从而一定程度上控制近视,但其在更长时间的疗效及不良反应方面缺乏足够证据。现阶段将红光应用于近视防控需严格遵循相关指南及专家共识<sup>[43-44]</sup>;目前市场上红光产品层出不穷,国家有关部门应出台相关法规对其生产、销售及使用进行积极监管,以利于将其更好地投入临床应用。同时,后续还需要设计严格的样本量大且随访周期长

的随机对照试验,对其控制近视的长期效果及不良反应等进行全面的综合评价,充分避免目前存在的局限性,才能为近视防控提供更有意义的循证医学证据。

#### 参考文献

1 Pärssinen O, Lassila E, Kauppinen M. Associations of children's close reading distance and time spent indoors with myopia, based on parental questionnaire. *Children (Basel)* 2022;9(5):632

2 He XG, Sankaridurg P, Wang JJ, et al. Time outdoors in reducing myopia: a school - based cluster randomized trial with objective monitoring of outdoor time and light intensity. *Ophthalmology* 2022;129(11):1245-1254

3 Cai XB, Shen SR, Chen DF, et al. An overview of myopia genetics. *Exp Eye Res* 2019;188:107778

4 Haarman AEG, Enthoven CA, Tideman JW, et al. The complications of myopia: a review and meta-analysis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2020;61(4):49

5 Chamberlain P, de la Jara PL, Arumugam B, et al. Axial length targets for myopia control. *Ophthalmic Physiol Opt* 2021;41(3):523-531

6 Smith EL 3rd, Hung LF, Arumugam B, et al. Effects of long - wavelength lighting on refractive development in infant Rhesus monkeys. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2015;56(11):6490-6500

7 Wang H, Zhuang K, Gao L, et al. Increased expression of CCN<sub>2</sub> in the red flashing light-induced myopia in Guinea pigs. *Biomed Res Int* 2013;2013:761823

8 Wan X, Wang WQ, Liu JM, et al. Estimating the sample mean and standard deviation from the sample size, Median, range and/or interquartile range. *BMC Med Res Methodol* 2014;14:135

9 Luo DH, Wan X, Liu JM, et al. Optimally estimating the sample mean from the sample size, median, mid-range, and/or mid-quartile range. *Stat Methods Med Res* 2018;27(6):1785-1805

10 闫艺, 薛文娟, 赵延军, 等. 650nm 半导体激光控制青少年近视进展的研究. *临床眼科杂志* 2021;29(2):132-137

11 刘丹. 红光治疗控制儿童近视进展的临床研究. 大理大学 2022

12 周磊, 裴凯凯, 佟丽杨. 低强度红激光延缓近视临床实验分析. *玻璃搪瓷与眼镜* 2022;50(1):22-27

13 Xiong F, Mao T, Liao HF, et al. Orthokeratology and low-intensity laser therapy for slowing the progression of myopia in children. *Biomed Res Int* 2021;2021:8915867

14 Chen HY, Wang W, Liao Y, et al. Low-intensity red-light therapy in slowing myopic progression and the rebound effect after its cessation in Chinese children: a randomized controlled trial. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2023;261(2):575-584

15 Xiong RL, Zhu ZT, Jiang Y, et al. Sustained and rebound effect of repeated low-level red-light therapy on myopia control: a 2-year post-trial follow-up study. *Clin Exp Ophthalmol* 2022;50(9):1013-1024

16 Tian L, Cao K, Ma DL, et al. Investigation of the efficacy and safety of 650nm low - level red light for myopia control in children: a randomized controlled trial. *Ophthalmol Ther* 2022;11(6):2259-2270

17 Jiang Y, Zhu ZT, Tan XP, et al. Effect of repeated low-level red-light therapy for myopia control in children: a multicenter randomized controlled trial. *Ophthalmology* 2022;129(5):509-519

18 Qu DY, Zhou YH. Post - ortho - K corneal epithelium changes in myopic eyes. *Dis markers* 2022;2022:3361172

19 Kim WK, Kim BJ, Ryu IH, et al. Corneal epithelial and stromal thickness changes in myopic orthokeratology and their relationship with refractive change. *PLoS One* 2018;13(9):e0203652

20 Hiraoka T, Kaji Y, Okamoto F, et al. Corneal sensation after overnight orthokeratology. *Cornea* 2009;28:891-895

21 Zada M, Cabrera-Aguas M, Branley M, et al. Microbial keratitis associated with long-term orthokeratology. *Clin Exp Ophthalmol* 2019;47(2):292-294

22 Ma LN, Xu M, Wang J, et al. Analysis of the reasons for the discontinuation of orthokeratology lens use: a 4-year retrospective study.

*Eye Contact Lens* 2022;48(8):335-339

23 Upadhyay A, Beuerman RW. Biological mechanisms of atropine control of myopia. *Eye Contact Lens* 2020;46(3):129-135

24 Wang LZ, Syn N, Li SY, et al. The penetration and distribution of topical atropine in animal ocular tissues. *Acta Ophthalmol* 2019;97(2):e238-e247

25 Mathis U, Feldkaemper M, Wang M, et al. Studies on retinal mechanisms possibly related to myopia inhibition by atropine in the chicken. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2020;258(2):319-333

26 Kuo HY, Ke CH, Chen ST, et al. The impact of clinical atropine use in Taiwanese schoolchildren: changes in physiological characteristics and visual functions. *Children (Basel)* 2021;8(11):1054

27 Chia A, Chua WH, Wen L, et al. Atropine for the treatment of childhood myopia: changes after stopping atropine 0.01%, 0.1% and 0.5%. *Am J Ophthalmol* 2014;157(2):451-457. e1

28 Li FF, Zhang Y, Zhang X, et al. Age Effect on Treatment Responses to 0.05%, 0.025%, and 0.01% Atropine: Low-Concentration Atropine for Myopia Progression Study. *Ophthalmology* 2021;128(8):1180-1187

29 Zhang XY, Wang YL, Zhou XT, et al. Analysis of factors that may affect the effect of atropine 0.01% on myopia control. *Front Pharmacol* 2020;11:01081

30 Clark T, Clark R. Atropine 0.01% eyedrops significantly reduce the progression of childhood myopia. *J Ocular Pharmacol Ther* 2015;31(9):541-545

31 Wu PC, Chen CT, Chang LC, et al. Increased time outdoors is followed by reversal of the long-term trend to reduced visual acuity in Taiwan primary school students. *Ophthalmology* 2020;127(11):1462-1469

32 Landis EG, Yang V, Brown DM, et al. Dim light exposure and myopia in children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2018;59(12):4804-4811

33 Landis EG, Na PH, Micah C, et al. Ambient light regulates retinal dopamine signaling and myopia susceptibility. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2021;62(1):28

34 Bhandari KR, Shukla D, Mirhajianmoghadam H, et al. Objective measures of near viewing and light exposure in schoolchildren during COVID-19. *Optom Vis Sci* 2022;99(3):241-252

35 Zhang PB, Zhu H. Light signaling and myopia development: a review. *Ophthalmol Ther* 2022;11(3):939-957

36 唐国栋, 宋继科, 解孝锋, 等. 光照对屈光发育的影响研究. *国际眼科杂志* 2021;21(4):636-639

37 Wang M, Schaeffel F, Jiang B, et al. Effects of light of different spectral composition on refractive development and retinal dopamine in chicks. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2018;59(11):4413-4424

38 Gawne TJ, Ward AH, Norton TT. Long - wavelength (red) light produces hyperopia in juvenile and adolescent tree shrews. *Vis Res* 2017;140:55-65

39 Hung LF, Arumugam B, She ZH, et al. Narrow - band, long - wavelength lighting promotes hyperopia and retards vision - induced myopia in infant rhesus monkeys. *Exp Eye Res* 2018;176:147-160

40 Chen YX, Xiong RL, Chen X, et al. Efficacy comparison of repeated low - level red light and low - dose atropine for myopia control: a randomized controlled trial. *Transl Vis Sci Technol* 2022;11(10):33

41 Yang WM, Lin F, Li MY, et al. Immediate effect in retina and choroid after 650 nm low-level red light therapy in children. *Ophthalmic Res* 2022[Online ahead of print]

42 Wang W, Jiang Y, Zhu ZT, et al. Clinically significant axial shortening in myopic children after repeated low-level red light therapy: a retrospective multicenter analysis. *Ophthalmol Ther* 2023;12(2):999-1011

43 朱卓婷, 何明光. 关注低强度红光重复照射对近视进展防控的新方法. *中华实验眼科杂志* 2022;40(6):487-490

44 《重复低强度红光照射辅助治疗儿童青少年近视专家共识(2022)》专家组. 重复低强度红光照射辅助治疗儿童青少年近视专家共识(2022). *中华实验眼科杂志* 2022;40(7):599-603