

关于 650nm 红光哺光仪近视防控有效性研究

——林志鸿, 陶政旻, 亢泽峰, 邓宏伟

暨南大学第二临床医学院 (深圳眼科医院), 中国深圳;

中国中医科学院眼科医院, 北京, 中国;

暨南大学深圳眼科医院

深圳眼科研究所, 深圳, 中国

关键词

眼轴 · 眼睛 · 近视 · 控制 · 低强度激光治疗

摘要

简介: 本研究分析了 650nm 红光哺光仪在近视防控中的作用。

方法: 在本研究中, 深圳市 164 名诊断患有近视的学龄参与者被纳入一项红光哺光仪研究。其中, 41 人加入了轻中度近视接受红光治疗组 (RLMM), 65 人加入了轻中度近视接受单纯佩戴框架眼镜治疗组 (SVSMM), 58 人被纳入接受红光治疗的严重近视组 (RLS 组)。结果: 三个小组的基准值比对后, 右眼数据被用于统计分析。每个小组的平均回访时间为 60.42 天, 治疗前后观察指标变化进行了比较。作为主要结果, SVSMM 组 ($0.08 \pm 0.40\text{mm}$)、RLMM 组 ($-0.03 \pm 0.11\text{mm}$) 和 RLS 组 ($-0.07 \pm 0.11\text{mm}$), 右眼眼轴长度变化进行比较, 显示统计结果 $p < 0.001$ 。

结论: 研究结果证实红光对近视控制效果显著, 并且低强度红光在高度近视治疗中发挥着重要作用。

© 2023 作者, 由 S. Karger AG 出版, 巴塞尔

简介

目前, 近视是青少年最常见的疾病之一[1]。它是指当眼睛调节放松时, 眼睛的等效屈光度数 (SER) 为 ≤ -0.50 屈光度 (D) 的状态。亚洲青少年近视人数已达到 80%。近视也逐渐成为危害人类健康的第六大常见疾病[2]。如果不及时治疗, 这种情况会导致视力下降和一些潜在的不良并发症, 例如视网膜脱离、青光眼、黄斑部出血、黄斑裂开, 严重者甚至失明 [3, 4]。这些并发症更容易发生在患有严重近视, 即眼睛屈光度数 $\leq -6.0\text{D}$ 的人群中。这种严重的近视也称为高度近视。目前控制近视加深的方法主要有以下几种: 建立近视档案、户外运动干预[5]、药物治疗、光学治疗 (包括角膜塑形镜 (OK)、特殊设计的软性隐形眼镜、近视框架眼镜) 和手术治疗。

临床研究表明, 低强度激光治疗 (LLLT) 在皮肤病学、骨科和神经病学领域具有一定的作用 [7-11]。在眼科领域, LLLT 对早期弱视也有效[12]。近年来发现, 红光疗法可以控制和减缓近视的发展[13-15], 多项临床研究表明, LLLT 似乎是近视控制的一个新方向[13-18]。这种方法相对快速和

安全，在 3-16 岁儿童中取得了良好的效果，无严重不良反应[19]。因此，它是目前近视治疗一个很好的补充方法。

目前的临床研究发现，短波长低强度红光照射能使眼轴 (AL) 缩短[13, 15, 18]，脉络膜厚度增加 [20]。有学者认为，在类似的过程中，通过自然光促进眼睛中多巴胺的分泌缓解眼部缺氧[21, 22]。其他学者发现红光影响多种生化机制，如三磷酸腺苷因子和纤维化发生 [23-26]。

然而，使用红光哺光仪控制近视的技术仍然有待持续研究。目前的研究对象是中国深圳市被诊断为近视的学龄儿童（6-18 岁）。使用红光哺光仪进行治疗，并对其治疗效果和安全性进行了分析。该结果为未来使用红光技术进行近视治疗研究提供了数据和信息。

材料和方法

研究对象

本研究是一项前瞻性非随机对照试验。受试者均为深圳市眼科医院小儿眼科门诊的近视患者。所有数据收集从 2019 年 4 月至 2019 年 12 月。现有数据包括对参与者的首次筛查，即从验光诊所的医疗记录中记录下来的。筛查包括眼科检查、既往病史、家族史、当前近视防治方法。对于符合标准的学龄儿童，通过电话沟通的方式，征询了他们父母的意愿，是否愿意参加这项调查研究。如果他们同意，家长就与门诊科室联系以行进一步的筛查。

纳入标准如下：

参与者 6-18 岁近视患者，快速验光（托吡卡胺滴眼液）后矫正视力 1.0 及以上，双眼注视良好。双眼的眼压（IOP）为 10-21 mm Hg，两眼眼压差小于 5 mm Hg。

排除标准如下：

存在斜视、弱视、青光眼、严重病理近视和/或眼外伤或眼科手术史。这研究是根据赫尔辛基原则进行的，并在 2019 年获得了深圳眼科医院道德委员会的批准。预计参与此次试验的有 210 名学龄参与者。根据球面等效屈光不正，参与者分为中轻度近视组（SER = ≤ -0.5 D 至 > -6.0 D）和严重近视组（SER = ≤ -6.0 D）。在这 140 名轻中度近视参与者组中，一些人被随机分配到红光哺光仪组 (RLMM) (n = 70)，其他人被分配到单纯佩戴框架眼镜 (SVSMM) 组 (n = 70)。然后，重度近视组中的 70 名参与者采用红光技术治疗 (RLS 组) 并独立招募以进行进一步分析。一些参与者在随访期间退出，而在 SVSMM 组的参与者不得接受阿托品治疗。阿托品治疗导致瞳孔扩张，更多的光线进入进入视网膜；因此，这些参与者被分开治疗以确保他们的安全。共有 164 名参与者完成了研究（图 1）。其中，41 人属于 RLMM 组（平均年龄， 8.62 ± 2.11 岁），SVSMM 组有 65 人（平均年龄， 8.37 ± 2.66 岁），RLS 组有 58 人（平均年龄， 8.59 ± 3.57 岁）。三组的平均年龄本质上是一样的。

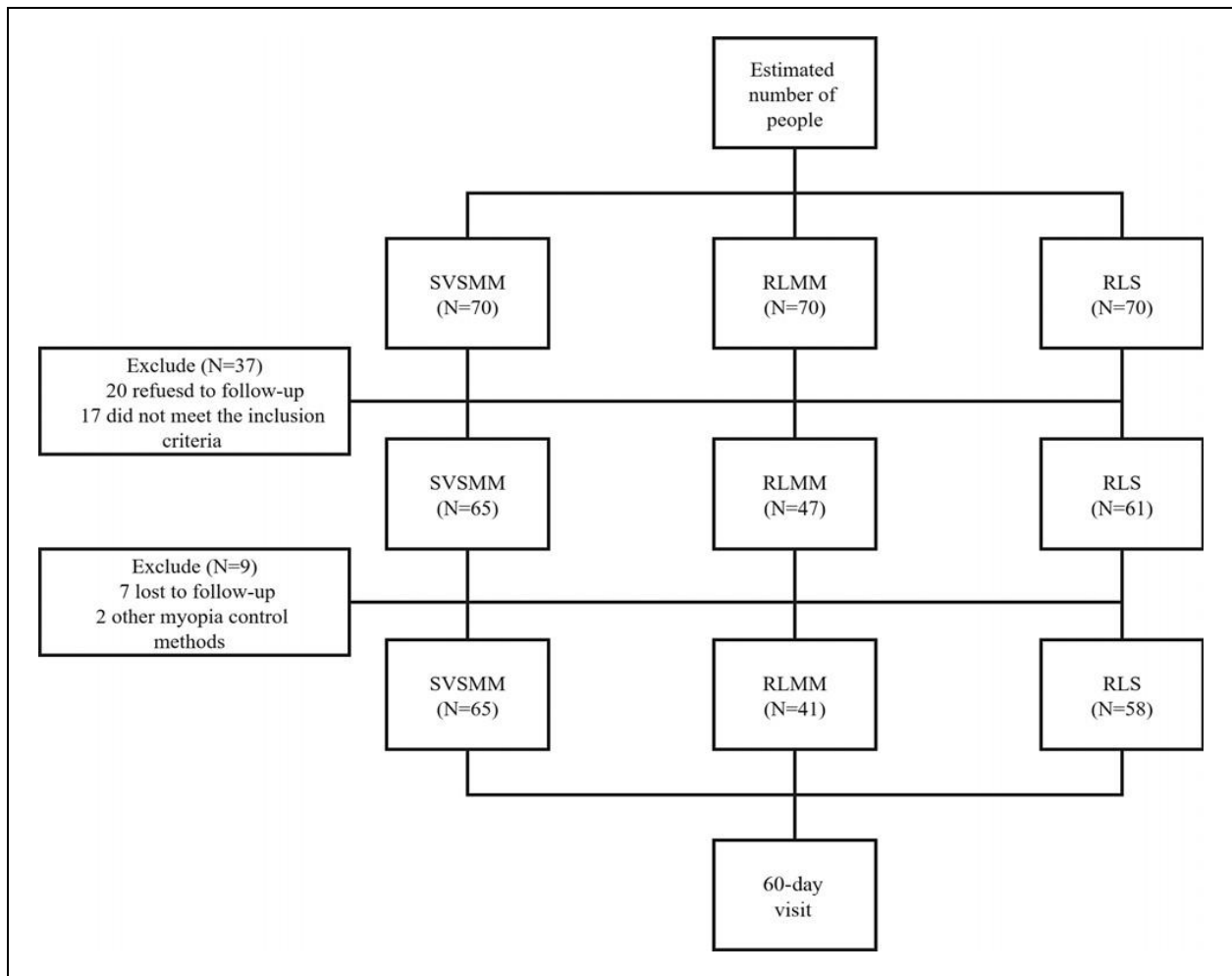


图 1 显示近视研究组别的流程图

实验组采用的红光哺光仪是艾尔兴单波长 650nm 红光治疗设备。该设备的安全性通过了中国光电产品光辐射安全质量监督检验中心的检查并取得了中国医疗器械注册证。使用的激光功率为 2 ± 0.5 毫瓦。RLMM 和 RLS 组的参与者在家使用该仪器接受治疗，每天 2 次，每次 3 分钟，每周 5 天；每次治疗后，他们闭上眼睛休息 2 分钟。整个过程是在患者家长的监督下进行。两次治疗间隔时间需超过 4 小时，仪器使用过程中室内避免强光确保治疗效果不受影响。除了使用红光哺光仪外，所有参与研究的人都需要佩戴全矫正视力眼镜。深圳眼科医院资深验光师根据患者的验光结果为 SVSMM 小组提供了相应度数的框架眼镜，对品牌和款式并没有具体要求。SVSMM 的参与者每天戴眼镜，不使用其他近视预防或控制治疗。

除了通知负责参与者后续护理的儿科眼科医生外，检查参与者的验光师和门诊医生也并不知道结果。与以前的数据相比，该项研究中患有近视的参与者也不知道他们的检查结果。红光治疗 60 天后回访，提前 1 周通知参与者的父母，让他们预约随访时间。初始和后续检查包括视力表测试（远近标准视力表 GB II 533-2011）、验光检查（由高级验光师进行，国家职业资格 1 级），半自动眼压测量（佳能 TX-20 全自动眼压计）、裂隙灯检查（瑞士 Haag-Streit BQ 900）、眼底广角扫描激光检眼镜（全景检眼镜 Daytona P200T）和检查光学 AL 和角膜曲率检查（IOLMaster 700 蔡司）。2019 年由于新冠病毒(COVID-19)的影响，参与者回访时间无法控制；对于大多数参与者随访的时间是在治疗后 30 天至 90 天之间，并且平均回访时间为 60.42 ± 35.49 天。

数据分析

使用 SPSS Statistics 软件程序进行统计分析(v.23.0; IBM Co., Armonk, NY, USA)。只有右眼的数据用于分析。两组的测量数据也进行了比较。如果数据服从正态分布,采用 t 检验。如果数据不服从正态分布,使用 Wilcoxon 秩和测试。为了进行组间比较,基于方差分析,数据服从正态分布和方差齐性。如果两者之间存在差异,遵循 Tukey 测试,运用配对比较。对于不服从正态分布或在方差不均匀的情况下,实施 Kruskal-Wallis 检验。对于两者之间存在差异的情况组, Nemenyi 测试用于配对比较。如果 $p < 0.05$, 假设检验被认为具有统计学意义。

结果

这项在中国深圳进行的研究表明接受红光哺光仪治疗后, 学龄参与者的近视进展在很大程度上得到了减缓和控制。为确保这项非随机试验的准确性, 在 RLMM 和 RLS 组的患者仅接受红光哺光治疗和佩戴光学眼镜治疗。这意味着那些接受了其他减慢和控制近视进展方法如阿托品或 OK 镜的, 被排除在实验结果之外。共 173 位受试者入选; 然而, 由于联系中断, 减缓和控制近视发展方法发生变化, 加上其他一些不可避免的问题, 最终实验样本为 164 例。其中包括 80 名男性和 84 名女性。平均年龄是 8.54 ± 2.82 年, 平均 SER 为 -5.11 ± 3.80 D。实验组 99 例, 分为轻中度和重度近视组, 分别是 41 和 58 例, 另外 65 例是单纯框架眼镜组。左右眼的区别没有统计学意义; 因此, 该项统计分析使用参与者右眼的数据。RLS 组, SVSMM 和 RLMM 组的基线比较如表 1 所示(年龄、眼轴、轴率比、球面镜片、散光和球等效屈光)。

1. 对 RLS、SVSMM 和 RLMM 三组跟踪检查, 主要观察结果是关注眼轴长度和屈光(等效球面、球面和柱镜)的变化。和 SVSMM 组 (0.08 ± 0.40 mm)对比, RLS (-0.07 ± 0.11 mm) 和 RLMM (-0.03 ± 0.11 mm) 组 ($p < 0.001$)眼轴长度的改变明显不同。RLS 组的眼轴长度变化明显高于 RLMM 组 ($p < 0.001$) (见表 2)。

2. 与 SVSMM 组 (0.09 ± 2.84 D) 球镜增长对比, RLMM 组的球镜生长 (0.07 ± 0.29 D; $p = 0.006$) 明显不同。根据各组球镜度数变化 RLS 组 (0.05 ± 0.40 D) 的变化小于 RLMM 组 (0.07 ± 0.29 D), 但不是特别明显。不过, 三组在柱镜和等效球面变化上也没有显著区别(见表 2)。

3. 针对不同年龄和不同眼球大小, 单看眼轴长度和球面屈光的变化去评估近视控制效果是不够的。故对治疗组中的参与者使用 AL/CR(轴率比) [27 - 29]的增长值跟 SVSMM 组的 AL/CR(轴比率) 增长值 (0.04 ± 0.14) 进行分析和比较, 能更准确地反应整个眼轴长度的增长情况。RLMM 组 (-0.01 ± 0.02) 和 RLS 组 (-0.02 ± 0.05)的增长值存在显著区别; RLS 组控制效果更明显(见表 2)。

4. 为了深入分析, 根据眼轴长度, 将 RLMM 和 RLS 又细分成 2 个小组, 分为 $AL > 24$ 和 $AL \leq 24$ 毫米。结果显示使用红光哺光仪后 $AL > 24$ 毫米小组(-0.19 ± 0.13 mm)的眼轴长度变化明显大于 $AL \leq 24$ 毫米小组(-0.02 ± 0.07 mm) (见表 3)。两组 ($AL > 24$ 和 $AL \leq 24$ 毫米, 8.29 ± 2.76 vs. 8.74 ± 2.94 , $p = 0.472$) 基线平均年龄没有明显区别。这表明眼轴更长的人使用红光哺光仪更有效。接着, 根据年龄将参与者分成 2 组 (6-12 岁, 13-18 岁), 以便观察年龄大和年龄小的组使用红光哺光仪后眼睛各项指标的治疗效果。年纪小的那组球面等效屈光和眼轴基线值是 -5.14 ± 3.61 D 和 24.89 ± 1.37 mm, 年龄稍大的那组相对应的基线值是 -6.69 ± 3.97 D 和 25.50 ± 1.99 毫米; 不过, 经过治疗两组成员的眼轴和球面等效屈光统计学上没有明显的变化。

讨论

目前近视仍然是一个主要的健康问题。为解决近视防控，本研究评估了一种潜在有效的通过红光哺光的治疗方法。眼轴生长和球面等效屈光与近视的严重程度相关；相应地，一旦 AL 增长和 SER 能够得到控制，控制近视也将更容易实现。这项研究结果表明，与 SVSMM 组 (0.08 ± 0.40 mm) 眼轴增长相比，RLMM 组和 RLS 组参与者眼轴增长减慢（分别是 -0.03 ± 0.11 mm 和 -0.07 ± 0.11 毫米）。球面等效曲度增长的结果也是一样的，与现有研究结果一致 [13, 15]。

这项研究和其他现有研究证实，红光对近视防控有效。[15]。这项研究还证实，红光对控制眼轴生长具有明显的作用（见表 2）。这可能与眼球壁的整体情况有关。现有研究还发现，红光照射后患者的脉络膜厚度会增加[20]，这可能是红光对脉络膜细胞的代谢过程有一定影响所致。本研究结果表明，红光对高度近视的作用更明显，这表明这些可能是相关的。在高度近视的控制上，OK 镜疗法有一定的局限性，而红光哺光治疗则有比较突出的优势。

Table 1 研究小组基线数据的特点

	年龄	眼轴 (毫米)	轴率比	球面镜片 (D)	散光镜片 (D)	等效球镜(D)	间隔时间
SVSMM (N = 65)	8.37±2.66	24.29±1.21	3.15±0.11	-1.88±2.17	-0.98±1.25	-2.32±2.64	65.14±45.49
RLMM (N = 41)	8.62±2.11	24.28±1.04	3.14±0.12	-2.13±2.30	-1.24±0.93	-3.20±2.82	60.42±35.65
p value	p = 0.8402	p = 0.9531	p = 0.8301	p = 0.8331	p = 0.5781	p = 0.5381	p = 0.32*
RLS (N = 58)	8.59±3.57	25.68±1.57	3.31±0.21	-6.61±2.84	-2.10±1.35	-7.93±2.95	67.26±30.21
p value	p = 0.71*	p < 0.001*	p < 0.001*	p < 0.001*	p < 0.001*	p < 0.001*	p = 0.47*

Table 2 研究小组测量值变化

	SVSMM (N=65)	RLS (N=58)	RLMM (N=41)	p value
眼轴变化 (毫米)	0.08±0.40	-0.07±0.11	-0.03±0.11	<0.001*
轴率比变化	0.04±0.14	-0.02±0.05	-0.01±0.02	<0.001*
球镜变化(D)	0.09±2.84	0.05±0.40	0.07±0.29	0.006*
散光变化(D)	-0.13±0.74	0.03±0.17	-0.01±0.27	0.998*
等效球镜变化(D)	-0.26±1.91	0.06±0.30	0.06±0.37	0.456*

红光治疗代表了一种新的治疗方法，可以延缓和控制近视比较严重的学龄人群的近视发展。但本研究结果并未发现红光治疗在近视控制的作用与年龄上有明显的相关性。这表明，无论年龄大小，红光哺光仪都可以有效地用于近视控制。然而，这一结果与现有研究中大龄组的治疗效果会更明显不一致，这可能与随访时间和近视严重程度不同有关，并且本研究没有采用多变量分析，可能受到干扰因素的影响。

与传统的使用镜片矫正屈光不正相比，红光疗法可以延缓近视的进展，防止轻度近视向更严重的方向发展，这与现有的使用阿托品和 OK 镜的治疗方法更显著。目前已有研究表明短期内红光治疗对近视控制的作用优于 OK 镜 [13]。但在长期的近视控制作用目前影响尚不清楚。

根据本研究的参与者的反馈，使用红光哺光仪后的主要不良反应是后像[30]。后像是一种视觉生理现象，它不会在视觉刺激停止后立即消失，而是逐渐消退。这种不良反应可通过短暂闭眼和休息得到缓解；随着不断治疗，这种不良现象不会出现恶化。目前未发现其他不良反应。红光近视治疗并不会给患者造成短期的器质性损害；不过，红光治疗的长期不良反应有待研究和报告。与 KENT670 nm 红光用于减少早产儿视网膜病变[26] 相比，当前研究使用的红光控制疗法很安全。未

来的研究可以探讨长期治疗的不良反应，以及最佳治疗的红光波长。

Table 3. 小组对比

按眼轴细分					
	年龄	眼轴变化, 毫米	轴率比变化	等效球镜变化 (D)	
≤24 mm (n = 38)	8.29±2.76	-0.02±0.07	-0.01±0.03	0.12±0.25	
>24 mm (n = 61)	8.74±2.94	-0.19±0.13	-0.01±0.02	0.04±0.38	
p value*	0.472	0.007	0.587	0.071	
按年龄细分					
	眼轴, 毫米	等效球镜屈光 (D)	眼轴变化, 毫米	轴率比变化	等效球镜变化 (D)
6~12 years old (n = 58)	24.89±1.37	-5.14±3.61	0.07±0.22	-0.01±0.02	0.05±0.36
13~18 years old (n = 41)	25.50±1.99	-6.69±3.97	0.05±0.37	-0.03±0.05	0.12±0.33
p value*	0.22	0.267	0.432	0.104	0.067

未来需要大量的，多中心的样本和长期的随访研究来确认红光治疗的安全性。至今阿托品，散瞳能否和红光治疗结合使用仍然存在争议。有学者认为，红光输入量会随着瞳孔放大增加，从而导致后像反应增加。随着治疗时间的延长，无法控制的不良反应也可能会出现。然而，其他学者认为，在安全剂量下，瞳孔扩张不会引起不良反应，甚至与阿托品配合治疗，会形成叠加效应，增强近视控制的效果。本研究坚持安全第一的原则，因此，所有接受阿托品治疗的参与者是排除在本研究之外。最新治疗指南不建议在没有医学证据确保他们安全的前提下将这两种治疗方案结合起来做近视防控 [19]。

这项研究有一些局限性。首先，由于大多数患者都是在校学生，在 COVID-19 新冠疫情爆发后，他们中的大多数人需要在家接受在线教育，长期使用电子屏幕会加速眼轴变长。此外，新冠疫情还导致研究随访率下降。其次，本研究中使用的红光哺光设备是固定功率的设备；因此，治疗时间的变化和光功率是有限制的。第三，本项研究中运用的艾尔兴单波长 650nm 红光治疗仪无法完成在患者结束治疗后的后续评估。因此，不清楚在我们观察治疗结束后是否有发生了反弹效应，停止治疗后的反弹程度不能预计，是否会类似于使用阿托品一样与治疗剂量有相关性。第四，本研究平均随访时间不到 60 天，相对短，导致缺乏更长期的观察效果。第五，本研究应增加非红光治疗严重近视组，与 RLS 组的控制效果进行比较，这样可以做一个更严格的比较，单纯的 SVSMM 组和 RLS 组的比较不够严谨。最后，在本研究中，脉络膜厚度和其他结构参数没法评估，为了能更好地评估，应该包括其他眼科参数。

结论

本项研究结果证实，红光在减缓和控制近视进展中有明显的作用，重复低强度红光疗法对重度近视发挥了更重要的作用，它为适用人群以及红光治疗安全性提供了一定的参考价值。未来需要更长期的研究来验证红光治疗的长期控制，回弹效应和长期安全性。

致谢

特别感谢对我们的文章给予过帮助的人！

道德声明

本对照试验经深圳市眼科医院道德委员会批准（编号：20191021-04），并在中国临床试验注册网站（<https://www.chictr.org.cn/>，ChiCTR2000032172）注册登记。对于 18 岁以下的参与者，从他

们的父母那里获得了书面知情同意书。

利益冲突声明

作者声明不涉及利益竞争。

资金来源

这项研究是由深圳国际科学和技术合作研究项目科技创新委员会(GJHZ20190821113401670), 深圳医药三明项目 (SZSM201812090), 广东省高水平临床重点专科深圳基金 (编号 SZGSP014)。

作者贡献

数据获取: 陶政昉;

数据分析和翻译、统计分析, 手稿撰写: 林志泓;

获得本项研究资金, 构想和设计: 邓宏伟;

手稿内容修订: 亢泽峰

所有作者阅读并批准最终草案

参考书目

1. Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, Jong M, Naidoo KS, Sankaridurg P, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*. May 2016;123(5):1036 – 42.
2. Lee YY, Lo CT, Sheu SJ, Lin JL. What factors are associated with myopia in young adults? A survey study in Taiwan Military Conscripts. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013; 54(2):1026 – 33.
3. Baird PN, Saw SM, Lanca C, Guggenheim JA, Smith IJ, Zhou X, et al. Myopia. *Nat Rev Dis Primers*. Dec 17 2020;6(1):99.
4. Morgan IG, French AN, Ashby RS, Guo X, Ding X, He M, et al. The epidemics of myopia: aetiology and prevention. *Prog Retin Eye Res*. 2018;62:134 – 49.
5. Xiong S, Sankaridurg P, Naduvilath T, Zang J, Zou H, Zhu J, et al. Time spent in outdoor activities in relation to myopia prevention and control: a meta-analysis and systematic review. *Acta Ophthalmol*. 2017;95(6):551 – 66.
6. Bullimore MA, Brennan NA. Myopia control: why each diopter matters. *Optom Vis Sci*. 2019;96(6):463 – 5.
7. Gawne TJ, Siegwart JT Jr, Ward AH, Norton TT. The wavelength composition and temporal modulation of ambient lighting strongly affect refractive development in young tree shrews. *Exp Eye Res*. 2017;155:75 – 84.
8. Shinmar H, Grewal M, Sivaprasad S, Hogg C, Chong V, Neveu M, et al. Optically improved mitochondrial function redeems aged human visual decline. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2020;75(9):e49

9. Kent AL, Abdel-Latif ME, Cochrane T, Broom M, Dahlstrom JE, Essex RW, et al. A pilot randomised clinical trial of 670 nm red light for reducing retinopathy of prematurity. *Pediatr Res*. 2020;87(1):131 – 6.
10. Li Y, Zhang J, Xu Y, Han Y, Jiang B, Huang L, et al. The histopathological investigation of red and blue light emitting diode on treating skin wounds in Japanese big-ear white rabbit. *PLoS One*. 2016;11(6):e0157898.
11. Liao FY, Lin CL, Lo SF, Chang CC, Liao WY, Chou LW. Efficacy of acupoints dual frequency low-level laser therapy on knee osteoarthritis. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2020;2020:6979105.
12. Ivandic BT, Ivandic T. Low-level laser therapy improves visual acuity in adolescent and adult patients with amblyopia. *Photomed Laser Surg*. 2012;30(3):167 – 71.
13. Xiong F, Mao T, Liao H, Hu X, Shang L, Yu L, et al. Orthokeratology and low-intensity laser therapy for slowing the progression of myopia in children. *Biomed Res Int*. 2021;2021: 8915867.
14. Xiong R, Zhu Z, Jiang Y, Kong X, Zhang J, Wang W, 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*. Aug 25 2022; 50(9):1013 – 24.
15. Jiang Y, Zhu Z, Tan X, Kong X, Zhong H, Zhang J, 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 – 19.
16. Zhu Q, Xiao S, Hua Z, Yang D, Hu M, Zhu YT, et al. Near infrared (NIR) light therapy of eye diseases: a review. *Int J Med Sci*. 2021; 18(1):109 – 19.
17. Chen H, Wang W, Liao Y, Zhou W, Li Q, Wang J, 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 – 84.
18. Dong J, Zhu Z, Xu H, He M. Myopia control effect of repeated low-level red-light therapy in Chinese children: a randomized, doubleblind, controlled clinical trial. *Ophthalmology*. 2023;130(2):198 – 204.
19. Expert workgroup of expert consensus on repeated low-level red-light as an alternative treatment for childhood myopia (2022). *Chin J Exp Ophthalmol*. 2022;40(07):599 – 603. https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=CJFDZHYX&filename=YKYJ202207001&uniplatform=NZKPT&v=bFgXF1XgKQsoUMLpztVjOy3iE1AtA5makC2RW7W_Jt8w6JYxfFZhr2_DrDZ1GXsp.
20. Xiong R, Zhu Z, Jiang Y, Wang W, Zhang J, Chen Y, et al. Longitudinal changes and predictive value of choroidal thickness for myopia control after repeated low-level redlight therapy. *Ophthalmology*.

2023;130(3): 286–96.

21. Wu PC, Tsai CL, Wu HL, Yang YH, Kuo HK. Outdoor activity during class recess reduces myopia onset and progression in school children. *Ophthalmology*. 2013;120(5): 1080–5.

22. Thomson K, Karouta C, Ashby R. Topical application of dopaminergic compounds can inhibit deprivation myopia in chicks. *Exp Eye Res*. 2020;200:108233.

23. Sivapathasuntharam C, Sivaprasad S, Hogg C, Jeffery G. Aging retinal function is improved by near infrared light (670 nm) that is associated with corrected mitochondrial decline. *Neurobiol Aging*. 2017;52:66–70.

24. Shchuko AG, Zaitseva NV, Yurieva TN, Chernykh ER, Mikhalevich IM, Shevela EY, et al. Intraocular cytokines and their correlations with clinical parameters in patients with myopic choroidal neovascularization. *Ophthalmologica*. 2017;237(2):96–104.

25. Mao J, Liu S, Wen D, Tan X, Fu C. Basic fibroblast growth factor suppresses retinal neuronal apoptosis in form-deprivation myopia in chicks. *Curr Eye Res*. 2006; 31(11):983–7.

26. Volpato LE, de Oliveira RC, Espinosa MM, Bagnato VS, Machado MM. Viability of fibroblasts cultured under nutritional stress irradiated with red laser, infrared laser, and red light-emitting diode. *J Biomed Opt*. 2011; 16(7):075004.

27. He X, Zou H, Lu L, Zhao R, Zhao H, Li Q, et al. Axial length/corneal radius ratio: association with refractive state and role on myopia detection combined with visual acuity in Chinese schoolchildren. *PLoS One*. 2015;10(2):e0111766.

28. Guo X, Fu M, Ding X, Morgan IG, Zeng Y, He M. Significant axial elongation with minimal change in refraction in 3- to 6-year-old Chinese preschoolers: the shenzhen kindergarten eye study. *Ophthalmology*. Dec 2017; 124(12):1826–38.

29. Tao Z, Deng H, Zhong H, Yu Y, Zhao J, Chen S, et al. A longitudinal study of the effect of ocular biometrics measures on myopia onset. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2021;259(4):999–1008.

30. Powell G, Sumner P, Bompas A. The effect of eye movements and blinks on afterimage appearance and duration. *J Vis*. 2015; 15(3):20.