

角膜塑形镜联合视觉训练及云夹对眼调节功能的影响

任冬冬, 杨会敏

引用:任冬冬, 杨会敏. 角膜塑形镜联合视觉训练及云夹对眼调节功能的影响. 国际眼科杂志, 2024, 24(10):1634-1639.

基金项目:廊坊市科技计划项目(No.2022013027)

作者单位:(065000)中国河北省廊坊市,廊坊爱尔眼科医院视光与小儿眼科

作者简介:任冬冬,硕士,主治医师,研究方向:视光、斜视与小儿眼科。

通讯作者:杨会敏,本科,主任医师,科主任,研究方向:视光、斜视与小儿眼科. 554967044@qq.com

收稿日期:2024-01-17 修回日期:2024-08-21

摘要

目的:观察角膜塑形镜联合视觉训练及云夹对调节不足近视儿童调节功能的影响。

方法:前瞻性非随机对照研究。选择2022-04/2023-01在廊坊爱尔眼科医院就诊的调节不足的近视患者99例(均纳入右眼数据,如果单眼配戴角膜塑形镜,则此眼入组),根据治疗方式不同分为三组:联合组39例采用角膜塑形镜联合视觉训练及云夹治疗(给予训练室训练3 mo,家庭训练3 mo,前3 wk给予云夹用眼习惯监测及提醒),角膜塑形镜组30例仅配戴角膜塑形镜治疗,单光框架眼镜组30例仅配戴单光框架眼镜治疗。比较三组患者治疗前,治疗后3、6、12 mo调节幅度和调节灵敏度。

结果:治疗3、6、12 mo联合组患者调节幅度明显优于角膜塑形镜组和单光框架眼镜组(均 $P<0.05$),角膜塑形镜组优于单光框架眼镜组(均 $P<0.05$);联合组治疗6、12 mo调节灵敏度明显优于角膜塑形镜组和单光框架眼镜组,角膜塑形镜组优于单光框架眼镜组(均 $P<0.05$)。联合组治疗3、6、12 mo调节幅度和调节灵敏度均较治疗前明显提高(均 $P<0.05$)。治疗12 mo时联合组13%(5/39)患者重新出现调节幅度下降,而无患者出现调节灵敏度下降。

结论:对于调节不足的配戴角膜塑形镜的近视患者,视功能训练及云夹用眼习惯提醒能够改善其调节幅度和调节灵敏度,且效果能保持长期稳定。

关键词:调节幅度;调节灵敏度;角膜塑形镜;视觉训练;云夹

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2024.10.21

Influence of orthokeratology combined with vision therapy and Clouclip on accommodation

Ren Dongdong, Yang Huimin

Foundation item: Langfang Science and Technology Project (No. 2022013027)

Department of Optometry & Pediatric Ophthalmology, Langfang Aier Eye Hospital, Langfang 065000, Hebei Province, China

Correspondence to: Yang Huimin. Department of Optometry & Pediatric Ophthalmology, Langfang Aier Eye Hospital, Langfang 065000, Hebei Province, China. 554967044@qq.com

Received:2024-01-17 Accepted:2024-08-21

Abstract

• **AIM:** To observe the effect of orthokeratology combined with vision therapy and Clouclip (OCVTC) on myopic children with dysfunctional accommodation.

• **METHODS:** A prospective, non-randomized control study was conducted on 99 myopic children (99 eyes) with dysfunctional accommodation at the optometry center were of Langfang Aier Eye Hospital from April 2022 to January 2023. and they selected and divided into three groups: 39 children in OCVTC group, 30 in orthokeratology (Ortho-k) group, and 30 in single vision spectacle lens (SVL) group. The OCVTC group received office-based accommodative therapy for 3 mo and home reinforcement for 3 mo, and Clouclip was used in the first 3 wk to monitor and remind children of eye habits; the accommodative amplitudes and facility were measured at baseline, 3, 6, and 12 mo after treatment.

• **RESULTS:** The OCVTC group showed significantly better improvement in accommodative amplitude compared with both the Ortho-k group and the SVL group (all $P<0.05$), and the Ortho-k group was better than the SVL group at 3, 6, and 12 mo after the intervention (both $P<0.05$). Similarly, accommodative facility was significantly enhanced in the OCVTC group compared with the other groups at 6 and 12 mo after intervention, and the Ortho-k group was better than the SVL group (all $P<0.05$). Both accommodative amplitude and facility in the OCVTC group were significantly improved at 3, 6, and 12 mo after the intervention compared with the baseline (all $P<0.05$). Additionally, 13% (5/39) of cases in the OCVTC group showed a decrease in accommodative amplitude at 12 mo after treatment, with no cases showing a decrease in accommodative facility.

• **CONCLUSION:** For myopic patients with dysfunctional accommodation, orthokeratology combining with visual training and Clouclip will enhance accommodative amplitude and facility, and maintain a stable effect over a long time.

• **KEYWORDS:** accommodative amplitude; accommodative facility; orthokeratology; vision therapy; Clouclip

Citation: Ren DD, Yang HM. Influence of orthokeratology combined with vision therapy and Clouclip on accommodation. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2024, 24(10):1634-1639.

0 引言

随着近距离用眼的增加,近视的患病率逐年增加,使学龄期儿童近视爆发式增长,长时间近距离用眼加重了调节负担,调节功能异常在近视儿童中占很大比例,尤其是近视后长期没有矫正的儿童,更容易出现调节不足、调节灵敏度不良等,这些都会造成视网膜无法形成清晰物像,从而促进眼轴拉长,近视进展。而视觉训练被证明可以很好地改善调节功能异常^[1-2]。云夹是一种智能可穿戴设备,由中南大学爱尔眼科学院研发,它可以从5个维度监测用眼习惯,分别是用眼距离、用眼时长、用眼角度、环境光照、户外活动时长,对目前已知的造成近视增长的不良用眼习惯进行干预提醒,从行为上改善调节功能。角膜塑形镜是目前控制近视的有效手段,主要通过控制远视性离焦起作用,有报道角膜塑形镜增加了角膜前表面正球差,同时内部球差减小,降低调节滞后^[3],提高调节幅度^[4],而视觉训练也能提高调节功能,那么,角膜塑形镜联合视觉训练和云夹用眼习惯调整,对于调节功能的改善是不是更好呢?以往的报道多是基于家庭的训练,对于其他训练方式较少提及。本文探讨了基于训练室训练和家庭强化训练的方式,联合用眼习惯的定量监测及提醒,对于调节功能的改善效果。

1 对象和方法

1.1 对象 前瞻性非随机对照研究。选择2022-04/2023-01在廊坊爱尔眼科医院就诊的调节不足的近视患者99例(均纳入右眼数据,如果单眼配戴角膜塑形镜,则此眼入组),根据治疗方式不同分为三组:联合组39例采用角膜塑形镜联合视觉训练及云夹治疗,角膜塑形镜组30例仅配戴角膜塑形镜治疗,单光框架眼镜组30例仅配戴单光框架眼镜治疗。入组标准:(1)年龄8-13岁,性别不限,依从性好能配合检查和训练;(2)近视-1.00--6.00 D,顺规散光 ≤ -1.50 D,屈光参差 ≤ 1.00 D;(3)调节功能异常患者,调节不足:调节幅度(AA)比相应年龄最小调节幅度小2 D以上,相应年龄最小调节幅度 $= 15-0.25 \times \text{年龄}$;或调节灵敏度不良,调节灵敏度标准:单眼12 c/min,低于此标准的一半认为调节灵敏度不良。排除标准:(1)眼前节急慢性炎症、眼底疾病、重度干眼及其他眼部疾患不符合条件患者;(2)视功能正常患者;(3)伴有集合功能异常患者,比如集合不足,集合过度等;(4)眼位异常患者,比如间歇性外斜视;(5)既往使用过其他控制手段,比如低浓度阿托品、离焦镜等;(6)配戴角膜塑形镜后出现较大偏位,严重影响视力及视觉质量者;(7)全身系统性疾病患者。本研究遵循《赫尔辛基宣言》,患者监护人均已签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 验光和视功能检查 所有患者治疗前均进行视力、眼压、眼前后节检查,并在复方托吡卡胺散瞳后进行验光,第二天复验,进行视功能检查,包括调节功能和集合功能检查:调节反应、负相对调节、正相对调节、调节幅度、调节灵敏度、远近眼位、远近融像、集合近点、AC/A、Worth-4点、立体视。调节幅度用推进法测量,调节灵敏度用 ± 2.0 D翻转拍和20/30阅读卡在40 cm处测量。所有验光及视功能检查均由同一有经验的验光师在上午9:00-11:00进行。

1.2.2 角膜塑形镜验配 所有患者均采用同一款镜片,DK值为 125×10^{-11} (cm^2/s) ($\text{mLO}_2/\text{mL} \times \text{mmHg}$),光学中心厚度0.22 mm,直径10.4-11.0 mm,全非球设计,根据角膜不同形态、曲率、e值选取适合的镜片参数,由同一经验丰富的医师进行试戴,评估,定片。镜片为过夜配戴,每天配戴时间8 h以上,镜片磨损严重需及时更换,当出现2级以上角膜点染,严重过敏性结膜炎、角膜炎等眼部疾病时需暂时停戴,经治疗恢复眼表健康后继续配戴。戴镜后1 d, 1 wk, 1 mo,以后每3 mo复查。

1.2.3 单光框架眼镜验配 所有患者均选取折射率为1.60的单光框架眼镜,要求全天配戴,每3 mo复查,度数增长超过0.50 D需要更换镜片。

1.2.4 视功能训练 (1)训练室训练:对联合组进行3 mo训练室训练,所有训练均在完全屈光矫正基础上(裸眼视力 < 1.0 ,综合验光超过0.50 D球镜或0.50 D散光则需配戴眼镜后进行训练),并在专业训练师指导下进行。1)镜片阅读:将+2.50--6.00 D范围内每间隔0.50 D一个镜片,共17个镜片依次排列,让患者拿取+0.50 D置于眼前,读出40 cm处视力卡上的字母或数字,感知物像变大,调节放松;第二次拿取-0.50 D进行阅读,感知物像变小,调节紧张,从小到大依次拿取镜片进行阅读,感知调节的变化;2)镜片排序:将+2.50--6.00 D每次间隔1.50 D拿出一组镜片,隐去每个镜片度数,打乱顺序,让患者阅读40 cm处视力卡,根据调节变化,物像大小等将镜片进行排序,患者掌握后,提升难度,将镜片间隔依次缩小再进行排序;3)远近字母表:进行调节灵敏度训练,将四张大表贴在墙上,距离患者3 m,手持小表,置于眼前40 cm处依次读出小表上第一行字母或数字,并以缓慢速度匀速向前移动,直到看不清为止,再向回移动2.5 cm,保持此位置不变,交替读出大表和小表上第二行的内容,单数行参考第一行,确定小表与眼睛距离,偶数行参考第二行,依次看远看近读出表上的内容,进行调节紧张/放松交替的训练;4)可调瞳距翻转拍,不同大小视力卡:进行调节灵敏度训练,根据患者视力选择不同视力卡,一般视力能达到0.8以上的,选择20/30视力卡,翻转拍上下可以加不同度数镜片(+2.50--6.0 D),一正一负,翻转拍置于患者眼前,观看40 cm处视力卡,待看清楚并准确读出第一格数字后,翻转拍子读出第二格数字。依次翻转拍子读出每一格数字,开始不追求速度,而要求每个格子内容能清晰看到。患者了解规则后,进行测试,从能翻转7-8次/分的镜片开始练习,待达到20次/分时提高镜片度数,或者增加每个格子数字个数,增加难度进行训练。先单眼训练,后双眼训练。每周2次,每次40 min,持续3 mo。(2)家庭训练:3 mo训练室训练后,进行3 mo家庭训练,同样在完全屈光矫正基础上进行(裸眼视力 < 1.0 ,综合验光超过0.50 D球镜或0.50 D散光则需配戴眼镜后进行训练):远近字母表, ± 2.00 D翻转拍训练,每天10 min,每周5 d,持续3 mo。

1.2.5 云夹用眼习惯定量监测及震动提醒 联合组前3 wk配戴云夹,所有患者均使用云夹眼镜夹扣二代专业版P2进行监测,将云夹用硅胶套连接在一个无镜片的镜框右侧镜腿上使用,要求每天除睡眠以外的其他清醒时间均配

戴,配戴时长不少于8 h,由家长和老师监督。看近距离小于30 cm,持续超过5 s会震动提醒一次,看近距离小于60 cm,持续时间长于45 min,会连续震动提醒2次,户外活动小于10 h/wk 会建议增加户外活动,入眼光线小于125 lx 会建议更换护眼台灯,以此建立良好的用眼习惯。首先在云夹设置中关闭振动提醒功能,要求患者周末配戴2 d,周一至周五配戴2 d,取4 d看近时长、看近距离的平均值作为云夹使用前数据,打开振动提醒功能正常配戴3 wk,云夹使用后的视近数据收集方法与使用前相同。

1.2.6 观察指标 联合组前3 wk 给予云夹用眼习惯监测及提醒,前3 mo 进行训练室训练,之后3 mo 进行家庭训练,6-12 mo 停止训练,角膜塑形镜组和单光框架眼镜组规律戴镜及复查,分别观察三组患者治疗前,治疗3、6、12 mo 的调节幅度和调节灵敏度变化。

统计学方法:采用SPSS 21.0 进行统计分析。经过S-W检验符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,云夹使用前前后数据比较采用配对样本 t 检验,两组间比较采用独立样本 t 检验,多组间比较采用单因素方差分析,重复测量数据采用重复测量方差分析,进一步两两比较采用Bonferroni 检验($P < 0.05$)。计数资料用频数表示,组间比较使用 χ^2 检验,当计数资料频数小于40的组间比较采用Fisher 确切概率法,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 三组患者治疗前一般资料比较 三组患者治疗前一般资料比较差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表1。随访期间无失访病例。

2.2 三组患者治疗前后调节幅度比较 三组患者治疗前后调节幅度比较差异均有统计学意义($F_{\text{组间}} = 38.544, P_{\text{组间}} < 0.001; F_{\text{时间}} = 155.151, P_{\text{时间}} < 0.001; F_{\text{组间} \times \text{时间}} = 7.583, P_{\text{组间} \times \text{时间}} < 0.001$)。治疗前三组患者调节幅度比较差异无统计学意义($P > 0.05$),治疗3、6、12 mo 时联合组比角膜塑形镜组调节幅度高,差异均有统计学意义($P < 0.05$),联合组和角膜塑形镜组均较单光框架眼镜组调节幅度高,差异

均有统计学意义($P < 0.05$)。三组患者组内比较治疗3、6、12 mo 均较治疗前明显提高,差异均有统计学意义($P < 0.001$),但除角膜塑形镜组治疗6 mo 较治疗3 mo 提高,差异有统计学意义($P = 0.040$)外,其余各组内治疗3、6、12 mo 两两比较差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表2。

联合组治疗3 mo 调节幅度较治疗前增加 5.50 ± 0.40 D,治疗6 mo 较治疗3 mo 增加 0.87 ± 0.34 D,治疗12 mo 较治疗6 mo 减少 0.35 ± 0.39 D。角膜塑形镜组治疗3 mo 调节幅度较治疗前增加 3.48 ± 0.45 D,治疗6 mo 较治疗3 mo 增加 1.08 ± 0.39 D,治疗12 mo 较治疗6 mo 减少 0.20 ± 0.44 D。单光框架眼镜组治疗3 mo 调节幅度较治疗前增加 2.65 ± 0.45 D,治疗6 mo 较治疗3 mo 增加 0.07 ± 0.39 D,治疗12 mo 较治疗6 mo 增加 0.55 ± 0.44 D。

以调节幅度低于相应年龄最小调节幅度2 D 诊断调节不足,在治疗6 mo 时调节幅度较治疗前下降(联合组0眼,角膜塑形镜组2眼,单光框架眼镜组3眼)的患者被排除在外。治疗12 mo 时调节不足的患者联合组占13%(5/39),角膜塑形镜组占21%(6/28),单光框架眼镜组占67%(18/27)。

2.3 三组患者治疗前后调节灵敏度比较 三组患者治疗前后调节灵敏度比较差异均有统计学意义($F_{\text{组间}} = 30.185, P_{\text{组间}} < 0.001; F_{\text{时间}} = 80.269, P_{\text{时间}} < 0.001; F_{\text{组间} \times \text{时间}} = 4.446, P_{\text{组间} \times \text{时间}} < 0.001$)。治疗前三组患者调节灵敏度比较差异无统计学意义($P = 1.000$),治疗3 mo 时联合组较单光框架眼镜组调节灵敏度高,差异有统计学意义($P = 0.001$),联合组略高于角膜塑形镜组,但差异无统计学意义($P = 0.163$),角膜塑形镜组略高于单光框架眼镜组,但差异无统计学意义($P = 0.207$);治疗6、12 mo 时联合组较角膜塑形镜组调节灵敏度显著升高,差异均有统计学意义($P < 0.05$),且两组均比单光框架眼镜组明显升高,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。三组患者组内比较治疗3、6、12 mo 调节灵敏度明显优于治疗前,差异均有统计学意义($P < 0.05$),各组内治疗3、6、12 mo 两两比较差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表3。

表1 三组患者治疗前一般资料比较

分组	例数(眼数)	性别(男/女,例)	年龄($\bar{x} \pm s$,岁)	等效球镜($\bar{x} \pm s$,D)	调节幅度($\bar{x} \pm s$,D)	调节灵敏度($\bar{x} \pm s$,c/min)
联合组	39(39)	22/17	9.67±1.46	-3.26±1.17	5.71±1.76	5.67±1.94
角膜塑形镜组	30(30)	18/12	10.27±1.76	-2.91±1.33	6.29±1.58	5.82±1.55
单光框架眼镜组	30(30)	13/17	10.30±1.66	-3.48±1.31	5.68±1.75	5.87±2.03
F_{χ^2}		1.889	1.723	1.545	1.297	0.110
P		0.389	0.184	0.219	0.278	0.896

注:联合组采用角膜塑形镜联合视觉训练及云夹治疗。

表2 三组患者治疗前后调节幅度比较

分组	眼数	治疗前	治疗3 mo	治疗6 mo	治疗12 mo
联合组	39	5.71±1.76	11.20±1.96 ^a	12.08±1.42 ^a	11.72±1.75 ^a
角膜塑形镜组	30	6.29±1.58	9.77±1.84 ^{a,c}	10.85±2.13 ^{a,c,e}	10.65±1.82 ^{a,c}
单光框架眼镜组	30	5.68±1.75	8.33±2.36 ^{a,e,g}	8.39±2.35 ^{a,e,g}	8.94±1.53 ^{a,e,g}

注:联合组采用角膜塑形镜联合视觉训练及云夹治疗;^a $P < 0.05$ vs 同组治疗前;^c $P < 0.05$ vs 同组治疗3 mo;^e $P < 0.05$ vs 联合组;^g $P < 0.05$ vs 角膜塑形镜组。

联合组治疗 3 mo 调节灵敏度较治疗前增加 5.01 ± 0.49 c/min, 治疗 6 mo 较治疗 3 mo 增加 0.68 ± 0.51 c/min, 治疗 12 mo 较治疗 6 mo 减少 0.03 ± 0.50 c/min。角膜塑形镜组治疗 3 mo 调节灵敏度较治疗前增加 3.70 ± 0.56 c/min, 治疗 6 mo 较治疗 3 mo 增加 0.43 ± 0.59 c/min, 治疗 12 mo 较治疗 6 mo 减少 0.22 ± 0.56 c/min。单光框架镜组治疗 3 mo 调节灵敏度较治疗前增加 2.48 ± 0.56 c/min, 治疗 6 mo 较治疗 3 mo 增加 0.08 ± 0.59 c/min, 治疗 12 mo 较治疗 6 mo 减少 0.37 ± 0.56 c/min。

以单眼调节灵敏度小于 6 c/min 诊断调节灵敏度不良^[1], 治疗 6 mo 时调节灵敏度较治疗前下降(单光框架眼镜组 4 眼)的患者被排除在外, 治疗 12 mo 时单光框架眼镜组 15% (4/26) 患者调节灵敏度再次下降, 角膜塑形镜组仅有 3% (1/30) 患者调节灵敏度再次下降, 而联合组则无患者调节灵敏度再次下降。

2.4 联合组患者不同年龄治疗前后调节幅度比较 联合组患者 39 例以年龄中位数为标准, 分为 8-9 岁组 23 例 23 眼和 10-13 岁组 16 例 16 眼, 治疗前两组患者一般资料比较差异均无统计学意义 ($P < 0.05$), 见表 4。两组患者治疗前后调节幅度组间比较差异无统计学意义 ($F_{\text{组间}} = 0.191$, $P_{\text{组间}} = 0.665$); 时间比较差异有统计学意义 ($F_{\text{时间}} = 130.269$, $P_{\text{时间}} < 0.001$)。两组患者组内比较治疗 3、6、12 mo 均较治疗前明显增加, 差异均有统计学意义 ($P < 0.001$), 8-9 岁组治疗 6、12 mo 较治疗 3 mo 调节幅度增加, 差异均有统计学意义 ($P = 0.006, 0.011$), 治疗 6、12 mo 比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 10-13 岁组患者治疗 3、6、12 mo 两两比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 5。

2.5 联合组患者云夹使用前后用眼习惯变化 联合组患者云夹使用后视近时长 (151.85 ± 12.52 min) 较使用前 (178.10 ± 12.42 min) 显著缩短, 差异有统计学意义 ($t = 12.71$, $P < 0.01$), 云夹使用后平均每天视近距离 (34.23 ± 1.60 cm) 较使用前视近距离 (32.28 ± 4.22 cm) 明显增加,

差异有统计学意义 ($t = -3.30$, $P < 0.01$)。

2.6 三组患者治疗 12 mo 视力及眼表情况 治疗 12 mo 裸眼视力 ≥ 1.0 联合组有 31 例, 角膜塑形镜组有 22 例, 单光框架眼镜组戴镜视力 ≥ 1.0 的有 20 例, 联合组和角膜塑形镜组除少部分轻微角膜上皮点染外, 无其他不适症状。

3 讨论

调节是眼睛为了看清近处物体而改变晶状体曲率, 从而改变屈光力的过程。反映调节的指标主要包括单眼调节幅度和单眼调节灵敏度, 调节幅度代表了眼睛最大的调节能力, 调节灵敏度代表了调节反应的速度和耐力, 而调节反应、正/负相对调节是反映调节和集合共同作用的指标, 所以本试验主要观察了不同处理方式对单眼调节幅度和单眼调节灵敏度的影响。

本研究发现角膜塑形镜联合视觉训练和云夹显著提高了调节不足近视患者的调节幅度和调节灵敏度, 且这种改善在治疗前 3 mo 是最明显的。治疗 3 mo, 联合组的调节幅度较治疗前增加 5.50 ± 0.40 D, 调节灵敏度增加 5.01 ± 0.49 c/min, 较单纯配戴角膜塑形镜或单光框架眼镜明显提高。杨扬等^[5] 对配戴角膜塑形镜的患者进行为期 1 a 的家庭视觉训练, 包括远近字母表、翻转拍、镜片阅读、镜片排序, 1 a 后调节幅度增加 1.13 ± 0.50 D, 调节灵敏度增加 2.29 ± 1.04 c/min, 增加幅度远低于本试验的结果, 考虑造成差异的原因在于其选取的均是调节功能正常的人群, 提高的空间有限, 且只进行了视觉训练一种干预措施, 而本试验选取的是调节功能异常的患者, 包括调节不足和调节灵敏度异常, 因为在近距离用眼成为主要模式的今天, 调节不足是占很大比例的, 更具有代表性, 而且我们进行了视觉训练和云夹用眼习惯矫正的双重干预, 对于调节功能的改善更明显。本试验的优势在于动态观察了 12 mo 内调节幅度和灵敏度变化的趋势, 能明确这段时间内更多的细节。将联合组以年龄中位数分组后两组间调节幅度比较无差异, 这与杨扬等^[5] 结论是相同的, 可能与年龄跨度过小, 调节幅度的变化不明显有关。但是 8-9 岁组随

表 3 三组患者治疗前后调节灵敏度比较

($\bar{x} \pm s$, c/min)

分组	眼数	治疗前	治疗 3 mo	治疗 6 mo	治疗 12 mo
联合组	39	5.67 ± 1.94	10.68 ± 2.39^a	11.36 ± 2.23^a	11.33 ± 2.08^a
角膜塑形镜组	30	5.82 ± 1.55	9.52 ± 2.54^a	$9.95 \pm 2.15^{a,c}$	$9.73 \pm 2.71^{a,c}$
单光框架眼镜组	30	5.87 ± 2.03	$8.35 \pm 2.46^{a,c}$	$8.43 \pm 1.89^{a,c,c}$	$8.07 \pm 1.96^{a,c,c}$

注: 联合组采用角膜塑形镜联合视觉训练及云夹治疗; ^a $P < 0.05$ vs 治疗前; ^c $P < 0.05$ vs 联合组; ^e $P < 0.05$ vs 角膜塑形镜组。

表 4 联合组患者不同年龄一般资料比较

分组	例数(眼数)	性别(男/女, 例)	等效球镜($\bar{x} \pm s$, D)	调节幅度($\bar{x} \pm s$, D)
8-9 岁组	23(23)	13/10	-2.99 ± 0.80	5.46 ± 1.92
10-13 岁组	16(16)	9/7	-3.66 ± 1.50	6.06 ± 1.50
<i>t</i> /Fisher			1.630	-1.057
<i>P</i>		1.000	0.118	0.297

表 5 联合组患者不同年龄治疗前后调节幅度比较

($\bar{x} \pm s$, D)

分组	眼数	治疗前	治疗 3 mo	治疗 6 mo	治疗 12 mo
8-9 岁组	23	5.46 ± 1.92	10.59 ± 1.90^a	$12.23 \pm 1.47^{a,c}$	$12.22 \pm 1.73^{a,c}$
10-13 岁组	16	6.06 ± 1.50	12.09 ± 1.72^a	11.86 ± 1.37^a	11.02 ± 1.57^a

注: ^a $P < 0.05$ vs 治疗前; ^c $P < 0.05$ vs 治疗 3 mo。

着时间增加调节幅度不断提升,治疗6 mo时最高,治疗12 mo与治疗6 mo相比变化不大,而10-13岁组在治疗6 mo时调节幅度略有下降,猜测可能与训练方式的变化有关,治疗3 mo是训练室训练,治疗3-6 mo改为家庭训练,训练的依从性只能靠家长监督提醒,且10-13岁组学业压力更大,近距离用眼更多,造成了调节功能稍下降,所以不同训练方式的选择对于训练效果还是很重要的。相较于调节灵敏度,调节幅度更能反映调节功能,所以我们仅以调节幅度的变化说明联合组不同年龄的变化趋势。Ma等^[6]进行了为期3 mo的训练室训练+家庭强化训练,结果表明调节幅度增加 3.66 ± 3.36 D,调节灵敏度增加 10.9 ± 4.8 c/min,其选取的患者(调节滞后 ≥ 1.0 D)及训练内容(调节与集合训练)与本试验不同,但是得到的结论是一致的,即视觉训练对于调节功能的提高是有帮助的。

本试验联合了云夹用眼习惯定量监测和调整,这在以往的研究中是极少涉及的。近年来环境因素对于近视的作用越来越引起大家的关注。环境因素包括户外活动,也包括近距离用眼习惯。云夹的出现使户外活动时间、户外光照、用眼习惯等以前只能通过问卷调查,很难量化的指标也有了清晰的数字呈现。不仅对探究近视发生发展的原理有很大帮助,而且对用眼习惯,尤其是看近时长和距离都可以进行干预,大大降低了近距离用眼的调节负荷。相较于其他可穿戴设备,比如穿在外衣上的BOBD或者腕表式的Actiwatch,云夹直接夹到眼镜框上,对于阅读距离、阅读时长和入眼光照等的测量更精确。Wen等^[7]和Bhandari等^[8]的试验均证实了云夹在监测近视相关环境方面的准确度和稳定性,未来可能成为近视防控研究的重要工具^[9-10]。在本试验中,使用云夹3 wk后,平均每天看近时长显著减少,看近距离明显增加,可见云夹对于改善儿童近距离阅读习惯是切实有效的。

易贝茜等^[11]将不同屈光状态患者分为正视组,低度近视组和中度近视组,测量在不同阅读距离产生的调节微波动,发现距离越近,近视度数越高,调节微波动越大,猜测可能与近视患者对视网膜模糊像的敏感性降低有关^[12],距离越近,调节滞后越大^[13],视网膜模糊像越大,需要更大的波动刺激调节系统产生调节以看清近物,云夹增加了看近距离,减少调节微波动,使调节的稳定性提高;Mármol-Errasti等^[14]给受试者进行调节检查,按调节反应(FCC)、单眼调节灵敏度(MAF)、负相对调节(NRA)等指标将患者分为调节功能正常(NA)组和调节过度(AE)组,AE组 $MAF < 5$ c/min,NA组 $MAF > 5$ c/min,并填写调查问卷统计每周的看近时间,发现AE组比NA组平均每周看近时间多8-14 h,两组间差异有统计学意义,即看近时间过长会造成调节过度,MAF降低;持续看近时间过长,从看近转为看远调节不能很快放松,视网膜模糊像时间延长,会造成“暂时性近视”(NITM)^[15],且相较于正视眼,近视患者NITM持续的时间更长,研究表明视觉训练可以使NITM时间缩短^[16],调节灵敏度升高。同时,NITM具有累积效应,当持续看近被休息、看远打破时,NITM时间会减少。此时云夹的震动提醒功能就发挥了它的作用,看近距离小于60 cm,连续看近超过45 min会震动提醒2次,避

免了儿童持续看近,对于调节灵敏度,NITM都是有很大改善的。

配戴角膜塑形镜3 mo后调节幅度较戴镜前明显提高,6 mo时达到高峰,12 mo时略有下降,朱梦钧等^[4]测量了100例配戴角膜塑形镜患者的调节幅度得出了相似的结论,除了角膜塑形镜缩小了镜眼距,减少镜片的棱镜效应,“锻炼”了自身的调节能力外,角膜塑形镜的逆几何设计对像差的控制似乎也参与了其对调节功能的改善^[5]。配戴角膜塑形镜后中央区压平,旁中央区负压吸引造成细胞移行变厚,球差正向增加,近视离焦(正离焦)增加,正球差与正离焦相互作用使视觉质量提升,改善了调节功能^[17]。治疗3 mo时角膜塑形镜组的调节灵敏度仅略优于单光框架眼镜组,但无统计学差异,猜测可能是为了保证良好的视力和控制效果,配戴OK镜后一般是处于低度远视状态,看近时需要动用更多的调节,长时间看近后其调节不能完全放松,导致调节灵敏度不高。这也提示我们,配戴角膜塑形镜的患者进行视功能训练,尤其是调节放松训练是很有必要的。

在为期12 mo的观察中,对于调节幅度和调节灵敏度的变化,所有患者的振幅从治疗前到治疗3 mo都有显著改善,但只有角膜塑形镜组调节幅度在治疗3-6 mo之间表现出持续的改善。本文报道的治疗数据提供了随访时间的指导。治疗3 mo似乎是进行进展评估的合适时间,治疗3 mo后没有任何改善可能提示治疗依从性差或对诊断的准确性产生怀疑。考虑到治疗6-12 mo随访和3 mo的随访差异不大,我们会建议3 mo的治疗已经足够。那么训练效果是否能长期保持呢?对此我们也进行了观察。对于6 mo停止训练时调节功能改善,6-12 mo也没有进行其他视觉训练的患者,12 mo时在联合组至少87%的患者仍能够保持良好的调节功能。Scheiman等^[1]对集合不足伴发调节不足的患者进行了3 mo训练室训练加家庭强化训练,患者在停止治疗后的最初6 mo内每周接受15 min的家庭维持治疗,在6-12 mo的随访期间没有治疗。12 mo后调节不足的患者仅占11%,调节灵敏度不良的占12.5%,与本试验结果相近。所以,对于大多数人来说训练效果至少能够保持12 mo。

本试验也存在一定的局限性:(1)仅对调节功能异常儿童进行观察,角膜塑形镜联合视觉训练及云夹对集合不足、集合过度等的影响将在后续试验中验证;(2)样本量较小,未来需要增加样本量进行进一步研究;(3)随访时间只有12 mo,视觉训练及用眼习惯改变后调节功能是否能长期保持,还需要更长时间的追踪观察。

综上所述,配戴角膜塑形镜的患者进行视觉训练和使用云夹可以提高调节幅度和调节灵敏度,而且这种对于调节的改善是可持续的,并且可以转移到日常的近距离用眼中,调节功能异常通常与近视的发生发展相联系^[18-19],那么提高调节功能是否会减慢近视进展呢?关于云夹对近视的保护作用,将在接下来的试验中进一步观察。

参考文献

[1] Scheiman M, Cotter S, Kulp MT, et al. Treatment of accommodative dysfunction in children: results from a randomized

- clinical trial. *Optom Vis Sci*, 2011,88(11):1343-1352.
- [2] Huang YY, Li MY, Shen Y, et al. Study of the immediate effects of autostereoscopic 3D visual training on the accommodative functions of myopes. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2022,63(2):9.
- [3] Batres L, Peruzzo S, Serramito M, et al. Accommodation response and spherical aberration during orthokeratology. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2020,258(1):117-127.
- [4] 朱梦钧, 丁莉, 李珊珊, 等. 配戴角膜塑形镜后调节幅度的改变及其控制近视进展的临床观察. *国际眼科杂志*, 2022,22(2):293-297.
- [5] 杨扬, 李军, 王莉, 等. 角膜塑形镜联合视觉训练对无调节紊乱症状的近视儿童调节功能的影响. *眼科*, 2019,28(6):421-425.
- [6] Ma MM, Scheiman M, Su CY, et al. Effect of vision therapy on accommodation in myopic Chinese children. *J Ophthalmol*, 2016,2016:1202469.
- [7] Wen LB, Cao YP, Cheng Q, et al. Objectively measured near work, outdoor exposure and myopia in children. *Br J Ophthalmol*, 2020,104(11):1542-1547.
- [8] Bhandari KR, Ostrin LA. Validation of the Clouclip and utility in measuring viewing distance in adults. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2020,40(6):801-814.
- [9] Morgan IG, Wu PC, Ostrin LA, et al. IMI risk factors for myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2021,62(5):3.
- [10] 中华医学会眼科学分会眼视光学组, 中国医师协会眼科医师分会眼视光专业委员会, 中国非公立医疗机构协会眼科专业委员会视光学组, 等. 近视管理白皮书(2022). *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2022,24(9):641-648.
- [11] 易贝茜, 周炼红, 蔡丽, 等. 不同调节刺激下调节微波动与近视性屈光不正的相关性研究. *中国斜视与小兒眼科杂志*, 2016,24(4):34-37.
- [12] Logan NS, Radhakrishnan H, Cruickshank FE, et al. IMI accommodation and binocular vision in myopia development and progression. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2021,62(5):4.
- [13] 余琼武, 张萍, 周善璧, 等. 不同阅读距离的调节准确度与早发性近视眼的相关性. *中华眼科杂志*, 2016,52(7):520-524.
- [14] Múrmol - Errasti E, Cárdenas - Rebollo JM, Rodán A, et al. Measures of accommodative function in secondary school year 9 and year 13: a 4-year longitudinal study. *Graefes Arch Exp Ophthalmol*, 2022,260(12):3985-3992.
- [15] Arunthavaraja M, Vasudevan B, Ciuffreda KJ. Nearwork-induced transient myopia (NITM) following marked and sustained, but interrupted, accommodation at near. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2010,30(6):766-775.
- [16] Vasudevan B, Ciuffreda KJ, Ludlam DP. Accommodative training to reduce nearwork-induced transient myopia. *Optom Vis Sci*, 2009,86(11):1287-1294.
- [17] 张守宽, 彭庆生, 张磊. 球差和彗差在角膜塑形镜控制近视中的作用. *国际眼科杂志*, 2024,24(1):88-92.
- [18] 王正静, 赵粟, 谷浩, 等. 近视与调节功能的相关性研究现状. *国际眼科杂志*, 2024,24(3):415-419.
- [19] 张瑞雪, 蒋文君, 毕宏生, 等. 近视与调节力关系的研究进展. *眼科新进展*, 2020,40(9):893-895,900.