

视功能训练对近视儿童青少年眼调节功能及屈光相关参数的影响

罗玥^{1,2}, 陶杰^{1,2}, 谢娟¹, 廖文川^{1,2}, 程多加², 胡雨涵², 唐杨禹², 张佳伟², 邹云春^{1,2}

(川北医学院, 1. 第二临床医学院·南充市中心医院眼科; 2. 研究生学院, 四川 南充 637000)

【摘要】目的：采用视功能训练联合不同光学矫正方式，观察儿童青少年眼调节功能和屈光相关参数的变化，评估其在近视防控中的作用。**方法：**纳入 120 例(240 眼)儿童青少年近视患者为研究对象。根据矫正方式的不同分为 6 组，光学矫正组：单焦点框架眼镜(SVL)组、多区正向光学离焦框架眼镜(DIMS)组、角膜塑形镜(OK)组，及上述三种矫正方式分别联合视功能训练的 SCVT 组、DCVT 组、OCVT 组，每组各 20 例(40 眼)。单纯光学矫正组仅配戴眼镜；联合组在戴镜的基础上行以调节训练为主的视功能训练。于干预前、干预治疗后 3、6 个月，观察比较眼轴长度(AL)、前房深度(ACD)、平均角膜曲率(Km)、调节幅度(AMP)、调节灵活度(AF)、正相对调节(PRA)和负相对调节(NRA)的变化。**结果：**干预后，光学矫正组中，SVL 组各参数无明显变化；DIMS 组 AF 改善($P<0.05$)；OK 组 AMP、AF、PRA 改善，ACD、Km 降低($P<0.05$)；光学矫正联合视功能训练组中，SCVT 组各时间点 AMP、AF 均改善($P<0.05$)；DCVT 组各时间点 AMP、AF、PRA、NRA 均改善($P<0.05$)；OCVT 组各时间点 AMP、AF、PRA、NRA 均改善，ACD、Km 均降低($P<0.05$)。联合组与相应光学矫正组比较，联合组对 AL 增长的控制及 AMP、AF、PRA 改善效果更明显($P<0.05$)；联合组组间比较，DCVT、OCVT 组对 AMP、AF、PRA 改善效果优于 SCVT 组($P<0.05$)；OCVT 组对 AMP 的改善效果优于 DCVT 组($P<0.05$)。干预 6 个月后，联合组组间眼轴增长量比较，OCVT<DCVT<SCVT 组($P<0.05$)。**结论：**以调节功能训练为核心的视功能训练方案可延缓 AL 增长并改善 AMP、AF、PRA，但对 ACD、Km 无明显影响，当联合应用光学防控手段(如离焦框架镜、角膜塑形镜)时，其协同作用可进一步强化 AL 增长控制及调节功能改善的效能。

【关键词】 近视；眼轴；视功能训练；调节功能
【中图分类号】 R778.1+1 **【文献标志码】** A

Effect of visual function training on ocular accommodative function and refraction related parameters in myopic children and adolescents

LUO Yue^{1,2}, TAO Jie^{1,2}, XIE Juan¹, LIAO Wen-chuan^{1,2}, CHENG Duo-jia², HU Yu-han², TANG Yang-yu², ZHANG Jia-wei², ZOU Yun-chun^{1,2}

(1. Department of Ophthalmology, Nanchong Central Hospital, the Second Clinical school of North Sichuan Medical College; 2. Graduate School, North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan, China)

【Abstract】Objective: To investigate the effects of combining visual function training with different optical correction modalities on ocular accommodative function and refractive-related parameters in myopic children and adolescents, aiming to evaluate their combined efficacy in myopia control and prevention. **Methods:** This study enrolled 120 patients (240 eyes) meeting inclusion criteria, they were divided into 6 groups according to different correction methods: single-vision lenses (SVL), defocus incorporated multiple segments (DIMS), orthokeratology (OK), and their respective combinations with vision training (SCVT, DCVT, OCVT), with 20 patients (40 eyes) in each group. Optical correction groups wore lenses only, while combined groups received additional accommodative training. Changes in axial length (AL), anterior chamber depth (ACD), mean keratometry (Km), accommodative amplitude (AMP), accommodative facility (AF), positive relative accommodation (PRA), and negative relative accommodation (NRA) were assessed before intervention and 3 and 6 months after intervention treatment. **Results:** After the intervention, in optical correction groups, SVL showed no significant changes, DIMS improved AF ($P<0.05$), OK improved AMP, AF, PRA, and reduced ACD, Km ($P<0.05$). In combined groups, SCVT improved AMP, AF ($P<0.05$), DCVT improved AMP, AF, PRA, NRA ($P<0.05$), OCVT improved AMP, AF, PRA, NRA, and reduced ACD, Km ($P<0.05$). Com-

bined groups showed better AL control and AMP, AF, PRA improvements than in optical correction groups ($P < 0.05$). Among combined groups, DCVT and OCVT outperformed SCVT in AMP, AF, PRA improvements ($P < 0.05$), OCVT surpassed DCVT in AMP improvements ($P < 0.05$). After 6 months of intervention, AL growth was $OCVT < DCVT < SCVT$ ($P < 0.05$). **Conclusion:** Visual function training based on accommodative function training has a significant effect on controlling AL growth and improving AMP, AF and PRA, but has no effect on ACD and Km, when combined with optical prevention and control methods (such as defocus-incorporated spectacles or orthokeratology), their synergistic effect can further enhance the effectiveness of AL control and accommodative function improvement.

【Key words】 Myopia; Axial length; Visual function training; Accommodative function

近年来,儿童及青少年近视率逐年攀升,预计到 2050 年患病率可能突破 84%^[1]。研究^[2]表明,调节不足引发的远视性离焦可能与近视的发生发展相关。此外,眼球在调节过程中不但会变扁长^[3],眼轴延长程度还会随调节需求增加而增大^[4]。这提示调节系统对近视可能存在双重病理机制:调节不足引发的离焦效应及持续调节导致的调节痉挛均可造成眼轴延长。尽管周边离焦调控的光学矫正手段^[5-7]和视功能训练^[8-9]在改善调节功能和控制近视进展方面显示出潜力,但也有研究^[10]表明其未产生明显的临床获益。目前,关于视功能训练对眼调节功能改善及屈光调控的效应机制尚未完全阐明,且现有文献中尚未见视功能训练与不同类型光学矫正方案联合应用的系统性对比研究。因此,本研究通过构建常规光学矫正对照组与三个联合干预组(视功能训练联合单光框架镜、多区正向离焦框架镜及角膜塑形镜),多维度评估干预效能差异,探讨视功能训练在近视控制中的作用及机制。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2024 年 1 月至 2024 年 9 月南充市中心医院收治的儿童青少年近视患者 120 例(240 眼)为研究对象。根据矫正方式的不同分为 6 组,每组各 20 例(40 只眼)。光学矫正组:单焦点框架眼镜(single vision spectacle lens, SVL)组、多区正向光学离焦框架眼镜(defocus incorporated multiple segments, DIMS)组、角膜塑形镜(orthokeratology lenses, OK)组;光学矫正联合视功能训练组:单焦点框架眼镜联合视功能训练(SVL combined with visual function training, SCVT)组、多区正向光学离焦框架眼镜联合视功能训练(DIMS combined with visual function training, DCVT)组、角膜塑形镜联合视功能训练(OK combined with visual function training, OCVT)组。纳入标准:(1)年龄 8~15 岁;(2)符合近视诊断与分类标准,并且双眼近视屈光度属于 $-1.00 \text{ D} \leq \text{球镜度} \leq -6.00 \text{ D}$,柱镜度数 $\leq 1.50 \text{ D}$;(3)使用国际标准视力表检查左右两眼矫正视力均

达 1.0;(4)双眼调节功能检查存在异常,符合以下至少一项条件:①调节幅度小于同龄正常值下限(正常均值 $= 15 - 0.25 \times \text{年龄}$),②调节灵活度 $< 8 \text{ 次/min}$,③正相对调节 $> -2.50 \text{ D}$,④负相对调节 $< +2.50 \text{ D}$;(5)愿意参加本临床试验并签署知情同意书。排除标准:(1)屈光参差;(2)眼外伤及眼部手术史;(3)单眼抑制、斜弱视以及其他相关眼部病变;(4)集合功能异常的患者;(5)本次干预前已接受过其他同等治疗或训练者;(6)不能定期进行眼部检查者。本研究已获得川北医学院医学伦理委员会批准[(2023)011 号]。

1.2 研究方法

1.2.1 资料收集 收集患者一般资料,包括眼轴长度(axial length, AL)、前房深度(anterior chamber depth, ACD)、平均角膜曲率(keratometry mean, Km)、调节幅度(accommodative amplitude, AMP)、调节灵活度(accommodative facility, AF)、正相对调节(positive relative accommodation, PRA)、负相对调节(negative relative accommodation, NRA),分别于干预前、干预后 3、6 个月进行随访,使用仪器包括眼科光学生物测量仪(瑞士, Haag-Streit AG 公司)、视功能检查仪(中国,天津新视光技术有限公司)。

1.2.2 治疗方法 本研究所采用的单焦点框架眼镜为折射率为 1.60 的非球面镜片,SVL、SCVT 组受试者全天配戴;离焦框架眼镜采用多区正向光学离焦技术的镜片,DIMS、DCVT 组受试者全天配戴;角膜塑形镜采用全弧段非球面设计的镜片,OK、OCVT 组受试者确保戴镜时间每晚 7~9 h。SVL、DIMS、OK 组仅配戴眼镜;SCVT、DCVT、OCVT 组受试者在完全屈光矫正的基础上由不知分组的视觉训练师每周行两次(训练间隔 $> 24 \text{ h}$)以调节功能训练为主的视功能训练。视功能训练:采用同视视觉训练仪(中国,天津新视光技术有限公司)进行,包括调节功能训练和融像训练。调节功能训练:受试者双眼交替通过正负镜片(起始 $+/-1.50 \text{ D}$,梯度增加至 $+2.50 \text{ D}/-8.00 \text{ D}$)观看 40 cm 处屏幕视标,确保看清后切换镜片,逐步提高速度。

左、右眼及双眼各训练 1 次,共 30 min。融像训练:
(1)集合训练:单孔板置于 30~40 cm 处,患者注视
远处视标,调整单孔板距离,形成单一清晰图像后切
换,出现模糊或复视时重新尝试,双眼 1 次,5 min。
(2)散开训练:双孔板置于 30~40 cm 处,患者注视
远处视标,调整双孔板距离,形成单一清晰图像后切
换,出现模糊或复视时重新尝试,双眼 1 次,5 min。

1.3 统计学分析

采用 SPSS 26.0 和 Origin 2024 进行数据分析。
对所有数据进行正态性检验,服从或近似服从正态
分布的计量资料以($\bar{x}\pm s$)进行描述,组间比较行独
立样本 t 检验;不符合正态分布的计量资料用[M

(Q_1,Q_3)]表示,组间比较行 Mann-Whitney U 检
验;组内不同时间点差异行重复测量方差分析,多组
间差异行单因素方差分析,事后多重比较均采用
LSD- t 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料比较

本研究共计纳入 120 例(每组各 20 例,40 只
眼),各组受试者的调节功能、眼球屈光相关参数等
一般资料比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。
见表 1。

表 1 SVL 组与 SCVT 组、DIMS 组与 DCVT 组、OK 组与 OCVT 组一般资料比较($\bar{x}\pm s$)

组别	AL(mm)	AMP(D)	AF(cpm)	PRA(D)	NRA(D)	ACD(mm)	Km(D)
SVL 组($n=20$)	24.61±0.51	3.90±1.27	2.14±1.25	-2.05±1.57	1.25±0.70	3.74±0.04	42.24±0.39
SCVT 组($n=20$)	24.60±0.64	3.91±0.93	2.11±1.27	-2.05±1.40	1.28±0.73	3.74±0.04	42.19±0.45
t 值	0.079	0.050	0.089	0.001	0.110	2.409	0.184
P 值	0.937	0.960	0.930	1.000	0.913	0.164	0.854
DIMS 组($n=20$)	24.59±0.66	3.76±0.92	2.15±1.22	-2.10±1.27	1.28±0.66	3.75±0.04	42.25±0.40
DCVT 组($n=20$)	24.59±0.66	3.90±1.02	2.18±1.27	-2.05±1.47	1.25±0.70	3.75±0.04	42.22±0.43
t 值	0.020	0.633	0.090	0.115	0.117	1.654	0.290
P 值	0.984	0.529	0.929	0.909	0.908	0.384	0.773
OK 组($n=20$)	24.61±0.53	3.98±0.83	2.13±1.27	-2.20±1.08	1.33±0.54	3.75±0.05	42.22±0.36
OCVT 组($n=20$)	24.62±0.54	4.04±1.17	2.11±1.27	-2.00±1.34	1.28±0.73	3.75±0.03	42.22±0.37
t 值	0.042	0.276	0.044	0.520	0.245	2.236	0.030
P 值	0.967	0.784	0.965	0.606	0.808	0.311	0.976

2.2 干预后各组参数比较

2.2.1 SVL、SCVT 组干预治疗前后比较 干预 6
个月后,SCVT 组眼轴增长(0.26 ± 0.06)mm 低于
SVL 组(0.29 ± 0.05)mm($t=2.367,P=0.002$);
SVL 组 AMP、AF、NRA、PRA 无统计学变化($F=$
 $3.012,0.559,0.783,1.166,P=0.076,0.533,$
 $0.464,0.306$),而 SCVT 组 AMP、AF、PRA 均改善
($F=64.952,39.327,11.393,P<0.001$)。两组

ACD、Km 无变化($F_{SVL}=0.903,2.853,P_{SVL}=$
 $0.359,0.098,F_{SCVT}=0.277,1.336,P_{SCVT}=0.604,$
 0.257)。组间比较显示,SCVT 组 AMP、AF 在 3、6
个月及 PRA 在 6 个月时改善效果均优于 SVL 组
($F_{AMP}=22.598,36.167,P_{AMP}<0.001,F_{AF}=$
 $18.705,27.224,P_{AF}<0.001,F_{PRA}=9.171,P_{PRA}=$
 0.004)。见图 1。

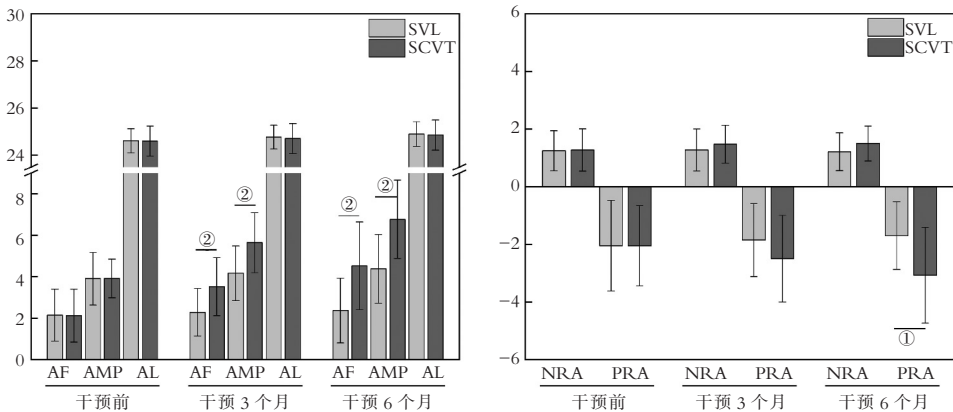


图 1 SVL 与 SCVT 组 AL、AMP、AF、PRA、NRA 比较
① $P<0.01$;② $P<0.001$ 。

2.2.2 DIMS、DCVT 组干预治疗前后比较 干预 6 个月后,DCVT 组眼轴增长 $0.215(0.173, 0.265)$ mm 低于 DIMS 组 $0.140(0.115, 0.195)$ mm ($Z = 3.305, P = 0.001$)。干预治疗后,DIMS 组仅 AF 改善 ($F = 4.773, P = 0.011$),DCVT 组 AMP、AF、PRA 均改善 ($F = 55.624, 96.649, 35.035, P < 0.001$),两组 ACD、Km 值变化无统计学意义 (F_{SVL}

$= 3.466, 0.318, P_{SVL} = 0.066, 0.577, F_{SCVT} = 1.832, 2.028, P_{SCVT} = 0.184, 0.161$)。组间比较显示,在干预后 DCVT 组 3、6 个月时 AMP、AF、PRA 改善效果均优于 DIMS 组 ($F_{AMP} = 16.263, 51.663, P_{AMP} < 0.001, F_{AF} = 22.750, 60.962, P_{AF} < 0.001, F_{PRA} = 7.723, 16.673, P_{PRA} = 0.008, < 0.001$)。见图 2。

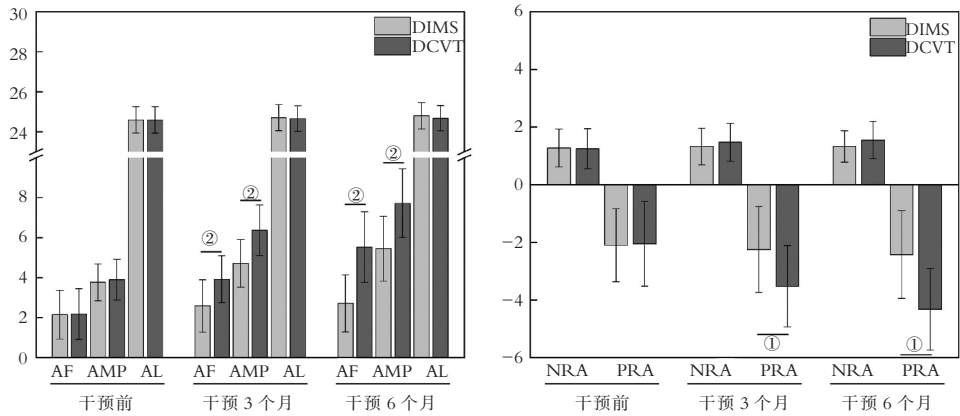


图 2 DIMS 与 DCVT 组 AL、AMP、AF、PRA、NRA 比较

① $P < 0.01$; ② $P < 0.001$ 。

2.2.3 OK、OCVT 组干预治疗前后比较 干预 6 个月后,OCVT 组眼轴增长 $0.06(0.04, 0.09)$ mm 低于 OK 组 $0.11(0.04, 0.21)$ mm ($Z = 2.151, P = 0.032$)。干预治疗后,OK 组 AMP、AF、PRA 均改善 ($F = 20.122, 8.359, 4.610, P < 0.001$),DCVT 组 AMP、AF、PRA、NRA 均改善 ($F = 86.278, 68.071, 48.220, 8.240, P < 0.001$),两组 ACD、Km

均降低 ($F_{OK} = 437.968, 3127.125, F_{OCVT} = 49.701, 6433.284, P < 0.001$)。组间比较显示,OCVT 组在干预后各时间点 AMP、AF、PRA 改善效果均优于 OK 组 ($F_{AMP} = 23.733, 43.538, P_{AMP} < 0.001, F_{AF} = 8.674, 35.700, P_{AF} < 0.001, = 0.004, F_{PRA} = 4.157, 12.416, P_{PRA} = 0.048, 0.001$)。见图 3。

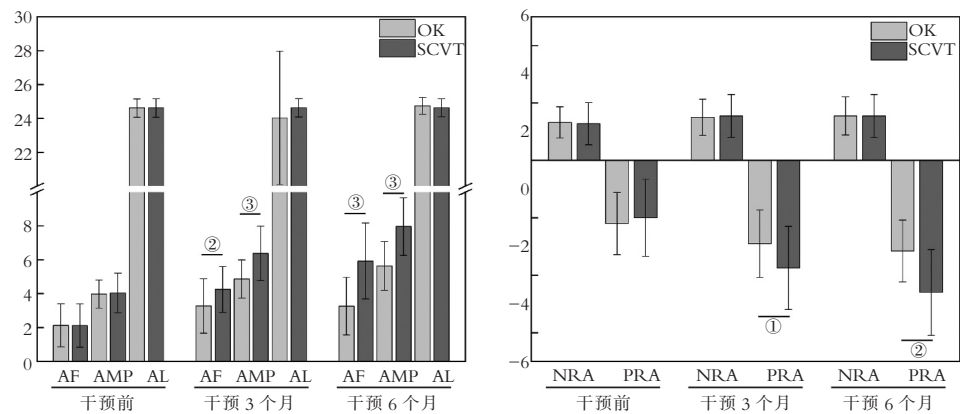


图 3 OK 与 OCVT 组 AL、AMP、AF、PRA、NRA 比较

① $P < 0.05$; ② $P < 0.01$; ③ $P < 0.001$ 。

2.3 SCVT、DCVT、OCVT 组干预前后组间及各时间点组内比较

干预 6 个月后,SCVT、DCVT、OCVT 组 AL 增长量分别为 $0.24(0.22, 0.30)$ mm、 $0.14(0.11, 0.20)$ mm、 $0.06(0.04, 0.09)$ mm,OCVT 组眼轴的

控制效果最好,DCVT 组次之,SCVT 组最差,差异均有统计学意义 ($H = 84.225, P < 0.001$)。干预后,三组 AMP、AF、PRA 均改善,且 6 个月后效果优于 3 个月时 ($P < 0.05$),DCVT、OCVT 组 NRA 均提升 ($P < 0.05$)。组间比较显示,DCVT、OCVT

组 AMP、AF、PRA 改善效果优于 SCVT 组 ($P<0.05$)。见表 2。
0.05), OCVT 组 AMP 改善效果优于 DCVT 组

表 2 SCVT、DCVT、OCVT 组各时间点 AL、AMP、AF、NRA、PRA、ACD、Km 比较($\bar{x}\pm s$)

指标	例数	干预前	干预 3 个月	干预 6 个月	F 值	P 值
AL(mm)						
SCVT 组	40	24.60±0.64	24.71±0.63 ^①	24.86±0.64 ^{①②}	448.207	<0.001
DCVT 组	40	24.59±0.66	24.67±0.64 ^①	24.75±0.65 ^{①②}	13.138	<0.001
OCVT 组	40	24.62±0.54	24.66±0.54 ^①	24.69±0.54 ^{①②}	80.135	<0.001
F 值		0.017	0.079	0.826		
P 值		0.983	0.924	0.440		
AMP(D)						
SCVT 组	40	3.91±0.93	5.64±1.45 ^①	6.76±1.89 ^{①②}	88.627	<0.001
DCVT 组	40	3.90±1.02	5.19±1.14 ^①	6.94±1.67 ^{①②③}	42.856	<0.001
OCVT 组	40	4.04±1.17	6.38±1.60 ^{①③④}	7.96±1.70 ^{①②③④}	86.278	<0.001
F 值		0.213	7.228	5.451		
P 值		0.809	0.001	0.005		
AF(cpm)						
SCVT 组	40	2.11±1.27	3.51±1.40 ^①	4.53±2.11 ^{①②}	28.742	<0.001
DCVT 组	40	2.18±1.27	3.91±1.17 ^①	5.53±1.78 ^{①②③}	57.893	<0.001
OCVT 组	40	2.11±1.27	4.25±1.35 ^{①③}	5.93±2.24 ^{①②③}	39.486	<0.001
F 值		0.032	3.179	4.939		
P 值		0.968	0.045	0.009		
NRA(D)						
SCVT 组	20	1.28±0.73	1.48±0.66	1.50±0.61	1.385	0.276
DCVT 组	20	1.25±0.70	1.48±0.66 ^①	1.55±0.65 ^①	3.538	0.051
OCVT 组	20	1.28±0.73	1.55±0.74 ^①	1.55±0.74 ^①	8.027	0.003
F 值		0.008	0.079	0.037		
P 值		0.992	0.924	0.963		
PRA(D)						
SCVT 组	20	-2.05±1.40	-2.50±1.50 ^①	-3.08±1.66 ^{①②}	6.330	0.008
DCVT 组	20	-2.05±1.47	-3.53±1.41 ^{①③}	-4.33±1.42 ^{①②}	35.035	<0.001
OCVT 组	20	-2.00±1.34	-3.75±1.45 ^{①③}	-4.60±1.49 ^{①②③}	40.823	<0.001
F 值		0.008	4.201	5.681		
P 值		0.992	0.020	0.006		
ACD(mm)						
SCVT 组	40	3.74±0.04	3.73±0.13	3.74±0.13	0.277	0.604
DCVT 组	40	3.75±0.04	3.72±0.17	3.76±0.04	1.832	0.184
OCVT 组	40	3.75±0.03	3.69±0.03 ^①	3.69±0.03 ^{①②④}	3.979	0.048
F 值		0.063	1.308	3.173		
P 值		0.939	0.274	0.046		
Km(D)						
SCVT 组	40	42.19±0.45	42.19±0.45	42.20±0.45	1.336	0.257
DCVT 组	40	42.22±0.43	42.23±0.43	42.24±0.42	2.028	0.161
OCVT 组	40	42.23±0.37	42.08±0.38 ^①	42.06±0.37 ^{①②}	6433.284	<0.001
F 值		0.095	1.466	1.931		
P 值		0.910	0.235	0.150		

① $P<0.05$,与同组干预前相比;② $P<0.05$,与同组干预 3 个月相比;③ $P<0.05$,与 SCVT 组相比;④ $P<0.05$,与 DCVT 组相比。

3 讨论

近视是以眼轴异常延长和/或屈光系统成分比例失调为主要病理特征的视觉障碍性疾病,其全球

患病率持续攀升,成为青少年视觉健康损害的重要病因之一。基于视光学理论衍生的视功能训练方案,通过视标动态刺激及睫状肌协同训练机制,旨在改善调节灵敏度、调节幅度等核心调节参数。目前,

视功能训练在改善调节功能及延缓近视进展方面的干预效果仍存在争议,这种疗效差异可能与众多混杂因素密切相关。

本试验人群为 8~15 岁的儿童青少年,研究^[11]表明,年龄越低,调节痉挛发生率越高、程度越严重,这种异常调节状态与眼轴增长风险增加密切相关^[3-4]。一方面可能通过损害巩膜的正常生物力学特性,使巩膜整体及局部(尤其是后极部)变薄^[12],从而引发眼球纵向延长;另一方面可能引起眼内压升高^[13]而促进眼轴延长^[14]。本试验结果显示,联合组较光学矫正组对眼轴控制更佳,与既往研究^[9,15]一致。提示视功能训练可以控制眼轴增长,这可能是通过改善睫状肌功能,从而缓解睫状肌的疲劳紧张状态,同时改善房水循环来稳定眼内压力。此外,本试验还发现配戴 OK 镜后 ACD 和 Km 降低,可能与角膜中央曲率平坦化有关,与既往的研究^[16-17]一致。而视功能训练与框架眼镜因非接触特性未影响 ACD 和 Km。

光学矫正组中,单焦点框架镜对调节功能无明显改善,多区正向光学离焦框架镜仅 AF 有提升,角膜塑形镜则 AMP、AF、PRA 均改善。联合组中,各组 AMP、AF、PRA 均提升,且改善幅度优于相应光学矫正组,这与既往部分研究^[18-19]结果一致。提示光学矫正对调节功能的改善有限,当联合视功能训练则能进一步提升调节功能。然而,有研究^[20]对配戴单光框架镜的患者进行每周 6 次,为期 1 年的家庭视觉训练后,NRA 和 AMP 与对照组相比差异无统计学意义,仅 PRA 提高,与本试验部分结果有差异。推测可能是患者的依从性和训练规范性不足影响了训练效果。此外,还可能与 AMP、AF 的改善主要发生在前 6 周,12 周时改善效果有所下降有关^[21]。结合本试验结果推测,AMP、AF 改善主要发生在干预初期,长期效果尚不明确。

联合组组间比较显示,基于周边离焦设计的镜片联合视功能训练组在 AMP、AF、PRA 的改善效果优于单光框架镜联合训练组。这种差异可能与不同光学矫正方式的作用机制有关,基于周边离焦设计的光学矫正镜片能够形成视网膜周边近视性离焦。一方面,它能够改善视觉质量^[22-23],使眼睛在调节过程中获得清晰的视网膜焦点,精准地成像于大脑,使调节的发生更加快速和协调。另一方面,清晰的视网膜成像减少了眼睛为看清物体而过度调节的需求,避免了睫状肌的过度紧张,进而改善调节功能。联合组中,OCVT 组调节参数改善趋势更优,且 AMP 改善优于 DCVT 组,猜测可能是角膜塑形镜通过降低眼压^[24],增加脉络膜厚度对睫状肌产生

积极影响^[25],使之更具有潜力。

本研究中,除 DCVT 和 OCVT 组外,其余组 NRA 改善均不明显,且与干预时长无相关性,可能是因为 NRA 提升受限于睫状肌松弛能力的生理限制,依赖其自然弹性恢复,改善缓慢且有限。因此,通过视功能训练改善 NRA 以实现近视防控的效果有限。

综上,以调节功能训练为主的视功能训练可延缓 AL 增长并改善 AMP、AF 及 PRA,但对 ACD 及 Km 无影响。单纯光学防控手段对调节功能改善及 AL 增长的控制效果有限,当与视功能训练联合时可产生协同效应,增强防控效能。其中,角膜塑形镜联合视功能训练在控制 AL 增长及强化调节功能方面表现更优,凸显了其在近视综合管理中重要的临床价值。

参考文献

- [1] Dong L, Kang YK, Li Y, *et al.* Prevalence and time trends of myopia in children and adolescents in China: a systemic review and meta-analysis[J]. *Retina*, 2020, 40(3): 399-411.
- [2] Logan NS, Radhakrishnan H, Cruickshank FE, *et al.* IMI accommodation and binocular vision in myopia development and progression[J]. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2021, 62(5): 4.
- [3] Hughes RPJ, Read SA, Collins MJ, *et al.* Axial elongation during short-term accommodation in myopic and nonmyopic children[J]. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2022, 63(3): 12.
- [4] Laughton DS, Sheppard AL, Mallen EAH, *et al.* Does transient increase in axial length during accommodation attenuate with age? [J]. *Clinical & Experimental Optometry*, 2017, 100(6): 676-682.
- [5] Mutti DO. Progressive-addition lenses versus single-vision lenses for slowing progression of myopia in children with high accommodative lag and near esophoria[J]. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2011, 52(5): 2749-2757.
- [6] Benavente-Pérez A, Nour A, Troilo D. Axial eye growth and refractive error development can be modified by exposing the peripheral retina to relative myopic or hyperopic defocus[J]. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2014, 55(10): 6765-6773.
- [7] Liu Y, Wildsoet C. The effect of two-zone concentric bifocal spectacle lenses on refractive error development and eye growth in young chicks[J]. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2011, 52(2): 1078-1086.
- [8] Scheiman M, Cotter S, Kulp MT, *et al.* Treatment of accommodative dysfunction in children: results from a randomized clinical trial[J]. *Optometry and Vision Science*, 2011, 88(11): 1343-1352.
- [9] Xu Z, Zou A, Li L, *et al.* Effect of virtual reality-based visual training for myopia control in children: a randomized controlled trial[J]. *BMC Ophthalmology*, 2024, 24(1): 358.

[10] Allen PM,Radhakrishnan H,Price H,*et al.* A randomised clinical trial to assess the effect of a dual treatment on myopia progression;the cambridge anti-myopia study[J]. *Ophthalmic & Physiological Optics*,2013,33(3):267—276.

[11] Wajuihian SO,Hansraj R. Accommodative anomalies in a sample of black high school students in South Africa[J]. *Ophthalmic Epidemiology*,2016,23(5):316—323.

[12] Woodman-Pieterse EC,Read SA,Collins MJ,*et al.* Anterior scleral thickness changes with accommodation in myopes and emmetropes [J]. *Experimental Eye Research*, 2018, 177: 96—103.

[13] Aggarwala KRG. Ocular accommodation,intraocular pressure, development of myopia and glaucoma;role of ciliary muscle, choroid and metabolism[J]. *Medical Hypothesis,Discovery & Innovation Ophthalmology Journal*,2020,9(1):66—70.

[14] Leydolt C,Findl O,Drexler W. Effects of change in intraocular pressure on axial eye length and lens position[J]. *Eye*,2008,22(5):657—661.

[15] 吕佳,赵爱华,王彩云,等. 视觉训练联合防周边远视性光学离焦镜片控制青少年近视的疗效观察[J]. *中国中医眼科杂志*, 2021,31(8):566—569.

[16] Qu D,Zhou Y. Post-ortho-K corneal epithelium changes in myopic eyes[J]. *Disease Markers*,2022,2022:3361172.

[17] Kang P,Maseedupally V,Gifford P,*et al.* Predicting corneal refractive power changes after orthokeratology[J]. *Scientific Reports*,2021,11:16681.

[18] 张鸿娟,姚娜.角膜塑形镜联合视觉训练对青少年近视防控的效果[J]. *医师在线*,2024,14(8):41—43.

[19] 吕佳,王嘉岚,石颂,等. 近视性离焦镜片联合调节灵敏度训练控制青少年近视的疗效[J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2024,26(7):496—500.

[20] 王彤,张维江,裴瑞,等. 视觉训练对近视伴调节不足青少年视力与屈光度的影响[J]. *临床医学研究与实践*,2021,6(36):130—132.

[21] Ma MM,Scheiman M,Su CY,*et al.* Effect of vision therapy on accommodation in myopic Chinese children[J]. *Journal of Ophthalmology*,2016,2016:1—9.

[22] Lam CSY,Tang WC,Qi H,*et al.* Effect of defocus incorporated multiple segments spectacle lens wear on visual function in myopic Chinese children[J]. *Translational Vision Science & Technology*,2020,9(9):11.

[23] Cheng ZA,Meng J,Ye L,*et al.* Changes in the objective vision quality of adolescents in a mesopic visual environment after wearing orthokeratology lenses;a prospective study[J]. *Eye & Contact Lens*,2024,50(9):384—394.

[24] 王晓冰,张利科,邱迎红,等. 角膜塑形镜对青少年近视眼视力、眼压及生物测量参数的影响[J]. *重庆医学*,2017,46(16):2204—2205,2208.

[25] Chen X,Li Q,Liu L. Personalized predictive modeling of subfoveal choroidal thickness changes for myopic adolescents after overnight orthokeratology[J]. *Journal of Personalized Medicine*,2022,12(8):1316.

(收稿日期:2025—03—02

修回日期:2025—04—09)

(上接第 1364 页)

[11] Tu J,Chen X,Li C,*et al.* Nintedanib mitigates radiation-induced pulmonary fibrosis by suppressing epithelial cell inflammatory response and inhibiting fibroblast-to-myofibroblast transition[J]. *International Journal of Biological Sciences*, 2024,20(9):3353—3371.

[12] 梁语嫣,刘绍欢,罗梦晗,等. 氧化苦参碱改善博来霉素诱导小鼠肺纤维化的作用及机制[J]. *中华中医药杂志*,2024,39(2):755—760.

[13] Peng L,Wen L,Shi QF,*et al.* Scutellarin ameliorates pulmonary fibrosis through inhibiting NF- κ B/NLRP3-mediated epithelial-mesenchymal transition and inflammation[J]. *Cell Death & Disease*,2020,11(11):978.

[14] Chi C,Liang X,Cui T,*et al.* SKIL/SnoN attenuates TGF- β 1/SMAD signaling-dependent collagen synthesis in hepatic fibrosis [J]. *Biomolecules and Biomedicine*, 2023, 23 (6): 1014—1025.

[15] Ren HL,Zhang JH,Xiao JH. Benzylisoquinoline alkaloids inhibit lung fibroblast activation mainly via inhibiting TGF- β 1/Smads and ERK1/2 pathway proteins[J]. *Heliyon*, 2023, 9 (6):e16849.

[16] Zhang G,Bai R,Huang JL,*et al.* Barbaloin attenuates pulmonary fibrosis through TGF- β 1/Smads/p38 pathway[J]. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*,2022,74(8):1160—1169.

[17] 纳仁高娃,米焱,吕丽. IRF5 通过 MyD88/TGF- β 1/Smads 信号通路介导 Ang II 诱导巨噬细胞的极化和炎症反应[J]. *免疫学杂志*,2022,38(10):846—853,861.

[18] 张亮,席瑞,臧凝子. 熊去氧胆酸通过调控 TGF- β 1/Smads 信号通路对博来霉素诱导大鼠肺纤维化的影响[J]. *世界中西医结合杂志*,2023,18(2):271—276.

(收稿日期:2025—06—24

修回日期:2025—07—28)