

·临床论著·

计算机辅助认知训练对智力发育障碍儿童视知觉功能的影响

李昭莹¹, 邓海茵¹, 黄振明¹, 何友泽¹, 涂劲楠¹, 曹 蕾¹, 黄 佳^{1,2}, 吴劲松^{1,2*}

1 福建中医药大学康复医学院, 福建 福州 350122;

2 福建省康复技术协同创新中心, 福建 福州 350122

* 通信作者: 吴劲松, E-mail: jingsongwu01@163.com

收稿日期: 2022-11-15; 接受日期: 2023-01-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(8180152223); 福建省科技厅引导项目(2022Y0038); 福建省自然科学基金项目(2019J05101)

DOI: 10.3724/SP.J.1329.2023.05002

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



摘要 **目的:**观察计算机辅助认知训练对智力发育障碍儿童视知觉功能的临床康复疗效。**方法:**纳入2019年8月—2020年12月在福州市各特殊教育学校、儿童康复中心招募的60例4~6.5岁学龄前的智力发育障碍(IDD)儿童为研究对象,按照随机数字表法分为对照组和试验组,每组30例,2组在研究过程中分别脱落4例。对照组进行人工认知训练,试验组采用计算机辅助认知训练,每周5次,持续训练5周。连续治疗5周后分别比较2组治疗前后以及3个月随访时的视觉-运动整合发展测试第6版(VMI-6)中的视知觉感知分测验(VPT)评分、图片词汇测验(PPVT)评分及Conners父母症状问卷(PSQ)评分;统计分析采用意向性分析集,并应用混合线性模型分析探讨干预与时间的组效应、时间效应及交互效应,以受试对象的实足年龄、身体质量指数作为协变量。**结果:**基线期各指标评分组间比较差异无统计学意义($P>0.05$)。混合线性模型分析结果显示,计算机辅助认知训练在VPT、PPVT方面具有显著的组×时间交互效应($P<0.05$)。治疗前后组间比较结果显示,试验组VPT评分[$d=0.56, 95\% CI(0.05, 1.08)$]、PPVT评分[$d=0.20, 95\% CI(-0.30, 0.71)$]的改善效果均优于对照组($P<0.01$)。与基线期相比,随访期的组间比较结果显示,试验组VPT评分[$d=0.80, 95\% CI(0.27, 1.32)$]、PPVT评分[$d=0.79, 95\% CI(0.27, 1.32)$]、PSQ学习问题[$d=-0.11, 95\% CI(-0.62, 0.40)$]的改善效果均显著优于对照组($P<0.01$)。**结论:**为期5周的计算机辅助认知训练可有效改善智力发育障碍儿童的视知觉功能,同时也促进了词汇、学习问题、注意力行为的改善。

关键词 智力发育障碍;计算机辅助;认知训练;视知觉;学龄前儿童;注意力功能

智力发育障碍(intellectual development disorders, IDD)是神经发育障碍性疾病中最常见的类型^[1-3],我国患病率为2.5%^[4],以第七次人口普查数据推测,我国约有630万儿童患有该疾病^[5]。根据《国际功能、残疾和健康分类》(international classification of functioning disability and health, ICF)理论框架,儿童可能在智力功能、视听觉功能、活动和交流等多个方面存在障碍^[6-7],其中视知觉障碍是其主要表现^[8-10]。研究发现,儿童在学习过程中70%的信

息需要通过视觉来感知和获取,而视知觉是儿童发展学业技巧的基础能力和先决条件,影响着认知功能的发展^[11]。当视知觉功能出现异常时,可能导致儿童出现学习障碍、社交困难和不良行为等表现^[10,12-13]。IDD儿童的视知觉能力已被证实存在明显不足且发展不均衡^[8],其日常生活技能发展及学业表现受到了严重的影响^[14-16]。因此,对IDD儿童的视知觉功能障碍进行早期、及时地干预尤为重要^[17]。

引用格式:李昭莹,邓海茵,黄振明,等.计算机辅助认知训练对智力发育障碍儿童视知觉功能的影响[J].康复学报,2023,33(5):397-403.

LIZ Y, DENG H Y, HUANG Z M, et al. Effect of computer-assisted cognitive training on visual perception in children with intellectual development disorders [J]. Rehabil Med, 2023, 33(5): 397-403.

DOI: 10.3724/SP.J.1329.2023.05002

视知觉学习(visual perceptual learning, VPL)是通过重复的练习或训练来提高视觉任务表现^[18],其反映大脑视觉系统的神经可塑性,是改善视知觉功能的重要手段^[19-20]。尽管大多数视知觉研究主要集中在成人视知觉技能的发展上^[21],但视知觉学习已被证实有助于在婴幼儿发育过程中发挥改善功能^[22-23]。计算机辅助认知训练是在视觉刺激的基础上应用认知任务对儿童进行系统的训练,具有训练形式丰富和操作方便等优点,在临床实践中应用广泛^[24]。为探讨计算机辅助认知训练对学龄前的IDD儿童视知觉功能的影响,本研究以人工认知训练为对照,观察计算机辅助认知训练对IDD儿童视知觉功能的临床效果。

1 临床资料

1.1 病例选择标准

1.1.1 纳入标准 ① 年龄4~6.5岁;② 符合《精神障碍诊断与统计手册》^[1]中智力发育障碍的诊断标准;③ 中国-韦氏幼儿智力量表(Chinese wechsler young children scale of intelligence, C-WYCSI)的全量表智商<70分,文兰适应行为量表-中国版(Vineland adaptive behavior scale-Chinese version, VABS-C)的适应行为商数<70分,存在一个或多个认知/适应性行为领域损伤;④ 母语为汉语;⑤ 试验前受试者的法定监护人自愿签署知情同意书。

1.1.2 排除标准 ① 存在严重视、听及运动障碍,将对认知功能的评估和训练造成影响者;② 既往有癫痫病史且未获得有效控制者;③ 合并有严重心、肝、肾及造血系统疾病或任何其他限制参加认知能力训练疾病者;④ 不能听指令且配合度差致使无法完成评估和训练者;⑤ 正在参加其他临床试验,可能对本研究结果存在影响者。

1.2 一般资料

选择2019年8月—2020年12月在福州市各特

殊教育学校、儿童康复中心招募的智力发育障碍儿童60例。采用随机数字表法将被试按照1:1分为计算机辅助认知训练组(试验组)和人工认知训练组(对照组),每组30例。本研究已通过福建中医药大学附属康复医院伦理委员会审查(审批号:2019KY-004-01),已在中国临床试验注册中心注册(ChiCTR1900024413)。本研究过程中试验组脱落4例,对照组脱落4例,共52例被试完成了全部试验,研究流程图见图1。由于本研究采用意向性(intention-to-treat, ITT)分析,实际纳入分析人数为60例,2组性别、实足年龄、全量表智商、适应行为商数和出勤情况等一般资料比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。见表1。

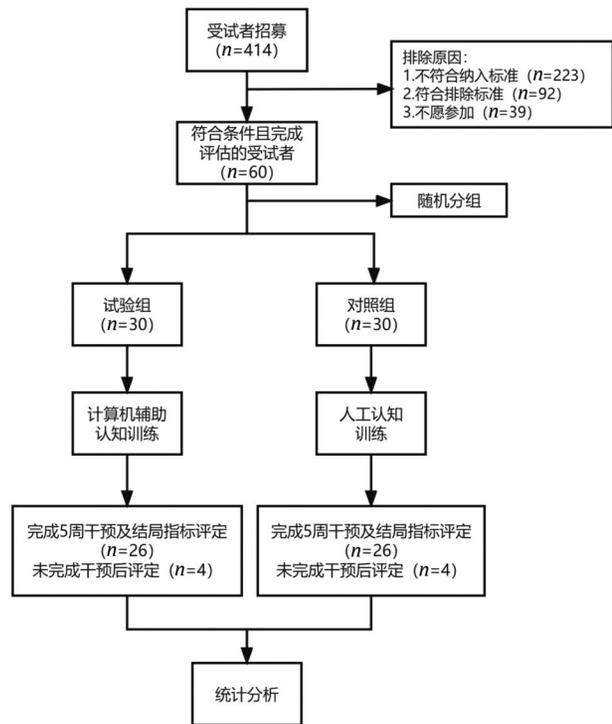


图1 研究流程图

Figure 1 Research flow chart

表1 2组一般资料比较

Table 1 Comparison of general data between two groups

组别	例数	性别/例		实足年龄 /($\bar{x} \pm s$, 岁)	全量表智商 (C-WYCSI)/($\bar{x} \pm s$, 分)	适应行为商数 (VABS-C)/($\bar{x} \pm s$, 岁)	出勤情况/(n, %)	
		男	女				出勤	未出勤
对照组	30	26	4	4.80±0.82	58.03±3.31	56.07±3.10	714(95.20)	36(4.80)
试验组	30	24	6	4.90±0.73	57.83±4.11	56.30±3.81	717(95.60)	33(4.40)
χ^2/t 值		0.480		0.390	-0.208	0.260	0.137	
P值		0.488		0.694	0.836	0.795	0.712	

注:实足年龄=评估日期-(出生日期+早产天数)。

Note: Chronological age = date of assessment - (day of birth + day of preterm birth).

2 方 法

2.1 治疗方法

患儿在固定的安静房间,在监护人的协助下进行训练。本研究参考KIRK等^[12-13]针对IDD儿童的计算机辅助认知训练研究设计干预周期与剂量,每次20 min,每天1次,每周5 d,持续5周。

2.1.1 试验组 采用计算机辅助认知训练,由拥有3年以上治疗经验的儿童治疗师利用课题组前期研发的认知康复评估和训练系统进行计算机辅助认知训练^[25],包括知觉速度、视空间知觉、视觉注意、视觉记忆和视觉结构组织能力等视觉认知训练模块。① 知觉速度训练:儿童对系统中的图片进行相似匹配,根据屏幕左上角随机出现的动物售卖匹配的动物车票。② 视空间知觉训练:儿童听语音指令,将常见生活物品如蔬菜、水果及电器进行归类;帮助猴子穿过迷宫吃掉美味的香蕉。③ 视觉注意训练:包括选择性注意力、反应抑制及持续性注意力训练。儿童需要比较一下随机变化的小行星出现的颜色是否与巨行星的颜色相一致,并做出快速的反应。④ 视觉记忆训练:包括视觉工作记忆与记忆广度训练,在看见蛋壳中的小动物后,蛋壳合上,儿童需根据任务卡片选择小动物的正确位置。⑤ 视觉结构组织能力训练:包括演绎推理和图形识别训练。在特定环境下,儿童遭遇了生活中的困境(如出门下雨、狗狗生病等),儿童需要对人物和环境进行分析,根据常识,一步步推导出能够解救困境里儿童的正确方案;屏幕上会随机出现一张缺失了重要部分的图片,根据常识和观察后,儿童需要说明缺失的重要部分是什么。本研究计算机辅助认知训练过程采用适应性训练,可根据儿童当前的任务表现适应性地调整任务难度。每个模块训练4 min/次,训练5个模块/次,共20 min/次。

2.1.2 对照组 采用人工认知训练,训练方案是基于2016年《实用儿童康复医学》^[26]中的“智力障碍”章节设计,由具有3年以上工作经验的儿童治疗师执行。本组的训练任务也集中于视知觉、视空间知觉、视觉注意、视觉记忆和视觉结构组织能力的训练,以纸牌、串珠、积木和记忆棋等形式进行训练。所有任务的初始难度水平是基于儿童的评估结果决定的。训练时长及频次同试验组。

2.2 疗效观察

2.2.1 主要结局指标 采用视觉-运动整合发展测

试第6版(Beery-Buktenica developmental test of visual-motor integration sixth edition, VMI-6)^[27]中的视知觉感知分测验(visual perception test, VPT)用于评定视知觉功能。受试被要求指出与目标物相同的选项,共30题,包括初始3个测试教学项目和之后的27个几何图形,并且任务难度逐渐增加,每答对1题得1分。

2.2.2 次要结局指标 ① 图片词汇测验(Peabody picture vocabulary test, PPVT)测量2组受试儿童的词汇能力^[28]。该版本的量表已在764名中国儿童(3.5~8岁)中进行了测试,结果显示该量表具有较高的内部一致性(cronbach's $\alpha=0.94$)。该测试包含120个项目,通过收集所有正确的项目来获得总原始分。② Conners 父母症状问卷(parent symptom questionnaire, PSQ)旨在评估父母评定的儿童注意力相关行为问题^[29]。该标准化测量可适用于3~17岁儿童,包括48个条目,由父亲或母亲填写,主要用于测查行为问题,特别是注意力与多动问题,共有品行问题、学习问题、心身问题、冲动-多动、焦虑和多动指数6个因子,具有较高的内部一致性(cronbach's $\alpha=0.92$),采用0~3分4级评分,得分越高行为问题越明显。本研究采用学习问题、冲动-多动和多动指数作为评价指标。

2.3 统计学方法

所有数据均使用SPSS 25.0进行统计分析。采用ITT分析,脱落受试者的缺失值采用末次访视结转法进行插补。基线人口统计学资料的组间差异比较采用两样本 t 检验和 χ^2 检验。统计分析时,应用混合线性模型分析探讨干预与时间的组效应、时间效应及交互效应^[30],以受试者的实足年龄、身体质量指数作为协变量。本研究中各时间点视知觉功能评分的改变采用差值进行表示,并通过独立 t 检验或非参数Mann-Whitney U 检验比较组间差异。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

3 结 果

3.1 2组治疗前后、随访VPT评分变化比较

混合线性模型分析结果显示,IDD儿童的VPT评分具有显著的组 \times 时间交互效应($P<0.05$),进一步进行组间(同一时间点不同组)的比较显示,试验组在治疗后-治疗前 $[d=0.56, 95\% CI(0.05, 1.08)]$ 和随访期-治疗前 $[d=0.80, 95\% CI(0.27, 1.32)]$ VPT评分的改善效果优于对照组($P<0.01$)。见表2。

表2 2组在治疗前后和随访的VPT评分的混合线性模型分析结果($\bar{x}\pm s$)

分

Table 2 Comparison of VPT scores using mixed linear model analysis between two groups before and after treatment and follow-up ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	Scores		
		治疗前	治疗后	随访
对照组	26	61.27±16.25	71.99±12.36	79.60±12.10
试验组	26	62.13±16.67	78.60±11.02	88.23±9.45
组别			$P=0.091$	
时间			$P<0.01$	
组×时间			$P=0.005$	
组间比较(治疗后-治疗前)			$P<0.01$	
组间比较(随访-治疗前)			$P<0.01$	
治疗后-组间效应量			0.56(0.05, 1.08)	
随访-组间效应量			0.80(0.27, 1.32)	

3.2 2组治疗前后、随访PPVT、PSQ评分变化比较

混合线性模型分析结果显示,IDD儿童的PSQ学习问题、PSQ冲动-多动具有显著的组效应($P<0.05$),即仅考虑组别因素时,试验组在PSQ学习问题、PSQ冲动-多动方面的改善效果显著优于对照组;IDD儿童的PSQ学习问题、PSQ冲动-多动、PSQ多动指数具有显著的时间效应($P<0.05$),即仅考虑时间因素时,2组在治疗后、随访期时的PSQ学习问

题、PSQ冲动-多动、PSQ多动指数方面的评估得分较基线期水平显著提高;IDD儿童的PPVT评分具有显著的组×时间交互效应($P<0.05$),进一步进行组间(同一时间点不同组)的比较显示,试验组在治疗后-治疗前[$d=0.20, 95\% CI(-0.30, 0.71)$]和随访期-治疗前[$d=0.79, 95\% CI(0.27, 1.32)$]评分PPVT、PSQ学习问题[$d=-0.01, 95\% CI(-0.62, 0.40)$]的改善效果优于对照组($P<0.01$)。见表3。

表3 2组在治疗前后和随访的PPVT和PSQ评分的混合线性模型分析结果($\bar{x}\pm s$)

分

Table 3 Comparison of PPVT and PSQ scores using mixed linear model analysis between two groups before and after treatment and follow-up ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	PPVT			PSQ学习问题		
		治疗前	治疗后	随访	治疗前	治疗后	随访
对照组	26	12.83±5.62	15.07±4.88	16.50±3.99	2.13±0.19	2.01±0.17	1.90±0.17
试验组	26	13.40±5.10	17.37±4.51	19.80±4.35	2.33±0.31	2.03±0.17	1.88±0.19
组别			$P=0.092$			$P<0.01$	
时间			$P<0.01$			$P<0.01$	
组×时间			$P<0.01$			$P=0.089$	
组间比较(治疗后-治疗前)			$P<0.01$			$P=0.096$	
组间比较(随访治疗前)			$P<0.01$			$P=0.023$	
治疗后组间效应量			0.20(-0.30, 0.71)			0.12(-0.39, 0.62)	
随访组间效应量			0.79(0.27, 1.32)			-0.11(-0.62, 0.40)	
		PSQ冲动-多动			PSQ多动指数		
		治疗前	治疗后	随访	治疗前	治疗后	随访
		1.94±0.30	1.73±0.34	1.63±0.33	1.87±0.17	1.76±0.20	1.66±0.18
		2.08±0.42	1.97±0.34	1.78±0.25	1.96±0.23	1.83±0.16	1.72±0.15
			$P=0.028$			$P=0.128$	
			$P<0.01$			$P<0.01$	
			$P=0.294$			$P=0.431$	
			$P=0.206$			$P=0.467$	
			$P=0.122$			$P=0.332$	
			0.06(-0.44, 0.57)			0.39(-0.12, 0.90)	
			0.51(0.00, 1.03)			0.36(-0.15, 0.87)	

4 讨论

本研究共观察5周、每周5 d、每次20 min的计算机辅助认知训练对智力发育障碍儿童视知觉及相关功能的影响,结果发现计算机辅助认知训练可以有效地改善智力发育障碍儿童的视知觉功能、学习能力和注意力功能,在视知觉功能、学习能力-词汇量方面的改善效果优于人工认知训练,且其疗效在干预结束后3个月仍可观察到。

前人的研究同样发现计算机辅助认知训练在改善儿童视知觉功能方面的效果。WAN等^[8]对18名6~20岁患有轻度智力发育障碍的唐氏综合征(Down syndrome, DS)患者进行为期48周、每周1次、60 min/次的计算机辅助认知训练,结果发现干预组的视知觉技能测试得分较空白对照组有显著改善。PARK等^[31]使用计算机辅助工具CoTras-C对29名发育障碍儿童进行为期10周、每周2次、每次30 min的计算机辅助认知训练,发现训练组视知觉和认知改善明显优于传统认知康复组。本研究采用5周的计算机辅助认知训练计划,其总训练时长为500 min,相比于既往研究,训练周期更短,受试年龄更小(4~6.5岁学龄前阶段),同样取得较好的视知觉训练效果,且在随访期仍有较好效果。这表明短期、高频的计算机辅助认知训练可以提高智力发育障碍儿童的视知觉功能。

研究表明,计算机辅助认知训练对患儿视知觉功能的改善作用可能与视知觉功能相关的大脑神经可塑性改变有关。儿童时期是视知觉发育的重要时期^[11,17],其中顶上叶负责视觉空间转换和物体旋转,楔前叶参与了视觉空间处理(如心理旋转的图像表征)^[32-33]。视知觉训练对视知觉功能的改善作用可能与其持续、重复的视知觉交互训练诱导了大脑特定结构或功能的改变有关。计算机辅助认知训练提供了更加丰富的训练场景,同时具有视觉、触觉、听觉等多感官系统的刺激与反馈,有助于提升儿童参与学习和训练的主动性和积极性,从而促使其维持在训练期间的注意力^[34-35]。此外,治疗师还可根据训练表现记录及时调整训练难度以进一步提高训练效果^[35]。这些因素均有助于改善智力发育障碍儿童视知觉功能。

本研究中还发现,与传统的视知觉训练相比,计算机辅助认知训练显著提高了智力发育障碍儿童的词汇量,改善了学习问题和注意力相关问题。研究发现,视知觉功能与儿童的智力水平密切相关^[36],当视知觉功能出现异常可能会影响儿童的学业表现如面临学术挑战、单词识别困难和命名速度下降等^[36-38]。而视知觉功能的异常与早期视觉皮

层的神经元活动改变有关,其不仅参与视觉信息的处理,还参与更高层次的认知过程,包括注意、工作记忆、意象和决策^[39-40],因此视知觉功能是影响执行绘画、注意力、阅读及其他学业表现的重要因素^[41]。本研究中训练后儿童词汇与学习问题均得以改善,可能是由于阅读理解技能对视知觉功能与学业表现之间的密切关系至关重要^[42]。视知觉功能的改善可能影响了阅读理解技能,通过提高词汇的感知、增加词汇量来提升学业表现。因此,对学龄前的智力发育障碍儿童进行早期计算机辅助认知训练,有助于促进学习能力的发展。

本研究仍存在以下局限性:①受限于场地、人力等资源限制,本研究的样本量较小。今后可进一步进行多中心大样本的临床研究,观察计算机辅助认知训练对智力发育障碍儿童的训练效果。②本研究观察了计算机辅助认知训练对IDD儿童视知觉功能的康复效果,但对其他因素导致的儿童视觉功能下降效果尚不清楚,今后可进行更多的研究以拓展其外推性。③本研究的评估指标主要为神经心理学量表,其存在一定的主观性,缺乏客观量化指标。未来可以考虑将眼动追踪技术与计算机辅助认知训练程序相结合^[43-44],进一步揭示计算机辅助认知训练的作用及机制。

综上,本研究提示为期5周的计算机辅助认知训练可有效地改善学龄前智力发育障碍儿童的视知觉功能,同时也促进了与视觉相关的词汇、学习问题、注意力行为的改善,是干预儿童的一种有效手段。在学龄前智力发育障碍儿童的早期临床干预中,可利用计算机辅助认知训练进行视知觉训练,从而进一步改善儿童因视知觉功能障碍而导致的学习和生活问题。

参考文献

- [1] 美国精神医学学会. 精神障碍诊断与统计手册[M]. 5版. 北京:北京大学出版社,2016:69-81.
American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders [M]. 5th Ed. Beijing: Peking University Press, 2016:69-81.
- [2] 邹敏,孙宏伟,邱卓英,等. 基于ICD-11和ICF的智力残疾术语、诊断和分类研究[J]. 中国康复理论与实践,2019,25(1):1-5.
ZOU M, SUN H W, QIU Z Y, et al. Terminology, diagnosis and classification of intellectual disability using WHO ICD-11 and ICF [J]. Chin J Rehabil Theory Pract, 2019, 25(1):1-5.
- [3] WEGSCHEID M L, ANASTASAKI C, HARTIGAN K A, et al. Patient-derived iPSC-cerebral organoid modeling of the 17q11.2 microdeletion syndrome establishes CRLF₃ as a critical regulator of neurogenesis [J]. Cell reports, 2021, 36(1):109315.
- [4] Global Research on Developmental Disabilities Collaborators. Developmental disabilities among children younger than 5 years in

- 195 countries and territories, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016 [J]. *T Lancet Glob Health*, 2018, 6(10): e1100–e1121.
- [5] 国家统计局. 第七次全国人口普查公报[EB/OL]. (2021-05-11) [2022-06-11]. http://www.gov.cn/guoqing/20205/13/content_5606149.htm. National Bureau of Statistics. Bulletin of the Seventh National Census Population [EB/OL]. (2021-05-11)[2022-06-11]. http://www.gov.cn/guoqing/20205/13/content_5606149.htm.
- [6] 王胜男, 邱卓英, 孙宏伟, 等. 智力残疾人的职业康复: 理论架构、方法与服务[J]. *中国康复理论与实践*, 2019, 25(1): 22–28. WANG S N, QIU Z Y, SUN H W, et al. Vocational rehabilitation for people with intellectual disability: theoretical framework, approaches and services [J]. *Chin J Rehabil Theory Pract*, 2019, 25(1): 22–28.
- [7] 邱卓英, 李伦, 陈迪, 等. 基于世界卫生组织国际健康分类家族康复指南研究: 理论架构和方法体系[J]. *中国康复理论与实践*, 2020, 26(2): 125–135. QIU Z Y, LI L, CHEN D, et al. Research on rehabilitation guidelines using World Health Organization family international classifications: framework and approaches [J]. *Chin J Rehabil Theory Pract*, 2020, 26(2): 125–135.
- [8] WAN Y T, CHIANG C S, CHEN S C J, et al. The effectiveness of the computerized visual perceptual training program on individuals with Down syndrome: an fMRI study [J]. *Res Dev Disabil*, 2017, 66: 1–15.
- [9] OLDRATI V, CORTI C, POGGI G, et al. Effectiveness of computerized cognitive training programs (CCTP) with game-like features in children with or without neuropsychological disorders: a meta-analytic investigation [J]. *Neuropsychol Rev*, 2020, 30(1): 126–141.
- [10] PRUSSIEN K V, SICILIANO R E, CIRIEGIO A E, et al. Correlates of cognitive function in sickle cell disease: a meta-analysis [J]. *J Pediatr Psychol*, 2020, 45(2): 145–155.
- [11] 王黎, 董梅玲. 儿童视知觉发育的研究进展[J]. *中国儿童保健杂志*, 2012, 20(6): 519–521. WANG L, TONG M L. Research progress in visual perceptual development of children [J]. *Chin J Child Health Care*, 2012, 20(6): 519–521.
- [12] KIRK H E, GRAY K, RIBY D M, et al. Visual attention and academic performance in children with developmental disabilities and behavioural attention deficits [J]. *Dev Sci*, 2017, 20(6): 1–12.
- [13] KIRK H E, GRAY K M, ELLIS K, et al. Computerised attention training for children with intellectual and developmental disabilities: a randomised controlled trial [J]. *J Child Psychol Psychiatry*, 2016, 57(12): 1380–1389.
- [14] 刘淑华. 学习障碍儿童视觉运动整合发育与瑞文测试结果分析[J]. *中国行为医学科学*, 2001, 10(2): 146. LIU S H. Analysis of visual-motor integrated development and Raven test results of children with learning disabilities [J]. *Chin J Behav Med Sci*, 2001, 10(2): 146.
- [15] 毛荣建, 崔爽, 张薇, 等. 汉字听写困难儿童视觉、听觉注意的实验研究[J]. *北京联合大学学报*, 2017, 31(3): 82–87. MAO R J, CUI S, ZHANG W, et al. An experimental study of visual and auditory attention in children with dictation difficulties [J]. *J Beijing Union Univ*, 2017, 31(3): 82–87.
- [16] 黄启军, 周坤, 刘振寰, 等. 听觉统合训练对孤独症伴听觉注意障碍儿童的影响[J]. *康复学报*, 2022, 32(4): 314–319. HUANG Q J, ZHOU K, LIU Z H, et al. Effect of auditory integration training on children with autism spectrum disorder and auditory attention disorder [J]. *Rehabil Med*, 2022, 32(4): 314–319.
- [17] 唐久来, 方玲玲, 王怡珍, 等. 智力发育障碍早期干预进展[J]. *中国康复理论与实践*, 2020, 26(8): 881–884. TANG J L, FANG L L, WANG Y Z, et al. Advance in early intervention of intellectual development disorders (review) [J]. *Chin J Rehabil Theory Pract*, 2020, 26(8): 881–884.
- [18] SAGI D. Perceptual learning in vision research [J]. *Vision Res*, 2011, 51(13): 1552–1566.
- [19] ZHANG R, TADIN D. Disentangling locus of perceptual learning in the visual hierarchy of motion processing [J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 1557.
- [20] DOSHER B, LU Z L. Visual perceptual learning and models [J]. *Annu Rev Vis Sci*, 2017, 3: 343–363.
- [21] LU Z L, HUA T M, HUANG C B, et al. Visual perceptual learning [J]. *Neurobiol Learn Mem*, 2011, 95(2): 145–151.
- [22] LU Z L, LIN Z C, DOSHER B A. Translating perceptual learning from the laboratory to applications [J]. *Trends Cogn Sci*, 2016, 20(8): 561–563.
- [23] ATKINSON J, BRADDICK O, MOAR K. Development of contrast sensitivity over the first 3 months of life in the human infant [J]. *Vision Res*, 1977, 17(9): 1037–1044.
- [24] BOOT F H, PEL J J M, EVENHUIS H M, et al. Factors related to impaired visual orienting behavior in children with intellectual disabilities [J]. *Res Dev Disabil*, 2012, 33(5): 1670–1676.
- [25] 朱景芳, 何友泽, 曾奕, 等. 儿童认知康复系统的设计与实现[J]. *现代仪器与医疗*, 2020, 26(5): 43–45. ZHU J F, HE Y Z, ZENG Y, et al. Design and implementation of children's cognitive rehabilitation system [J]. *Mod Instrum Medical Treat*, 2020, 26(5): 43–45.
- [26] 李晓捷. 实用儿童康复医学[M]. 2版. 北京: 人民卫生出版社, 2016: 281–288. LI X J. Practical child rehabilitation medicine [M]. 2th Ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2016: 281–288.
- [27] KEITH E, NATASHA A, NORMAN A. Beery-Buktenica developmental test of visual-motor integration [M]. San Antonio: Pearson, 2010: 107–119.
- [28] GONG Z, GUO D. An intelligence screening test for preschool and primary school children: peabody picture vocabulary test [J]. *Acta Psychol Sin*, 1984, 4(16): 392–401.
- [29] 苏林雁, 李雪荣, 黄春香, 等. Conners 父母症状问卷的中国城市常模[J]. *中国临床心理学杂志*, 2001, 9(4): 241–243. SU L Y, LI X R, HUANG C X, et al. Norms of the Conners parent symptom questionnaire in Chinese urban children [J]. *Chin J Clin Psychol*, 2001, 9(4): 241–243.
- [30] 张莉, 黄莉, 熊昌辉, 等. 混合线性模型在婴幼儿生长发育研究中的应用[J]. *中国卫生统计*, 2015, 32(1): 10–13. ZHANG L, HUANG L, XIONG C H, et al. Application of linear mixed model in researches of infant growth [J]. *Chin J Health Statistics*, 2015, 32(1): 10–13.
- [31] PARK J H, PARK J H. A randomized controlled trial of the computer-based cognitive rehabilitation program for children (Co-Tras-C) to examine cognitive function and visual perception in

- children with developmental disabilities [J]. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27(12):3623–3626.
- [32] GOGOS A, GAVRILESCU M, DAVISON S, et al. Greater superior than inferior parietal lobule activation with increasing rotation angle during mental rotation: an fMRI study [J]. *Neuropsychologia*, 2010, 48(2):529–535.
- [33] MORITZ C H, JOHNSON S C, MCMILLAN K M, et al. Functional MRI neuroanatomic correlates of the hooper visual organization test [J]. *J Int Neuropsychol Soc*, 2004, 10(7):939–947.
- [34] BEDIUO B, ADAMS D M, MAYER R E, et al. Meta-analysis of action video game impact on perceptual, attentional, and cognitive skills [J]. *Psychol Bull*, 2018, 144(1):77–110.
- [35] PRINS P J, DOVIS S, PONSIOEN A, et al. Does computerized working memory training with game elements enhance motivation and training efficacy in children with ADHD? [J]. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*, 2011, 14(3):115–122.
- [36] SUNG I Y, JEON J Y, YUN K J, et al. Development of tablet personal computer-based cognitive training programs for children with developmental disabilities whose cognitive age is less than 4 years [J]. *Medicine*, 2020, 99(2):e18674.
- [37] TRÄFF U, OLSSON L, SKAGERLUND K, et al. Logical reasoning, spatial processing, and verbal working memory: longitudinal predictors of physics achievement at age 12–13 years [J]. *Front Psychol*, 2019, 10:1929.
- [38] LUPYAN G, ABDEL RAHMAN R, BORODITSKY L, et al. Effects of language on visual perception [J]. *Trends Cogn Sci*, 2020, 24(11):930–944.
- [39] ROELFSEMA P R, DE LANGE F P. Early visual cortex as a multiscale cognitive blackboard [J]. *Annu Rev Vis Sci*, 2016, 2:131–151.
- [40] RUNGRATSAMEETAWEEMANA N, ITTHIPURIPAT S, SALAZAR A, et al. Expectations do not alter early sensory processing during perceptual decision-making [J]. *J Neurosci*, 2018, 38(24):5632–5648.
- [41] CHUNG S T L. Improving reading speed for people with central vision loss through perceptual learning [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2011, 52(2):1164–1170.
- [42] CUI J X, ZHANG Y Y, WAN S R, et al. Visual form perception is fundamental for both reading comprehension and arithmetic computation [J]. *Cognition*, 2019, 189:141–154.
- [43] ROLFS M, JONIKAITIS D, DEUBEL H, et al. Predictive remapping of attention across eye movements [J]. *Nat Neurosci*, 2011, 14(2):252–256.
- [44] HESSELS R S, HOOGE I T C. Eye tracking in developmental cognitive neuroscience: the good, the bad and the ugly [J]. *Dev Cogn Neurosci*, 2019, 40:100710.

Effect of Computer-Assisted Cognitive Training on Visual Perception in Children with Intellectual Development Disorders

LI Zhaoying¹, DENG Haiyin¹, HUANG Zhenming¹, HE Youze¹, TU Jingnan¹, CAO Lei¹, HUANG Jia^{1,2}, WU Jingsong^{1,2*}

¹ College of Rehabilitation Medicine, Fujian University of Traditional Chinese Medicine, Fuzhou, Fujian 350122, China;

² Fujian Collaborative Innovation Center for Rehabilitation Technology, Fuzhou, Fujian 350122, China

*Correspondence: WU Jingsong, E-mail: jingsongwu01@163.com

ABSTRACT Objective: To explore the clinical rehabilitation effect of a computer-assisted cognitive training on visual perception function of children with intellectual development disorders (IDD). **Methods:** A total of sixty IDD participants, aged 4–6.5 years old, recruited from special education schools and children's rehabilitation centers in Fuzhou city between August 2019 to December 2020, were included in the study, and they were randomly divided into control group and experimental group, with 30 cases in each group, 4 cases dropped out during the process of the study in each of the two groups. The control group was trained with manual cognitive training, and the experimental group was trained with the computer-assisted cognitive training, five times per week for five weeks. The outcomes measures included the scores of visual perception test (VPT) in Beery-Buktenica developmental test of visual-motor integration sixth edition (VMI-6), Peabody picture vocabulary test (PPVT), and parent symptom questionnaire (PSQ). Scores were compared at baseline, post-intervention and 3-month follow-up. The intention-to-treat principle was applied in the statistical analysis. Then, the mixed linear model analysis was used to explore the group effect, time effect and interaction effect of intervention with the chronological age and body mass index of the subjects as covariates. **Results:** There was no statistically significant difference found in the scores of each index at baseline between the two groups ($P > 0.05$). The results of mixed linear model analysis showed a significant group \times time interaction effect of computer-assisted cognitive training on VPT and PPVT ($P < 0.05$). The results of the between-group comparison showed that the experimental group was better than the control group in terms of improvement in VPT [$d = 0.56$, 95% *CI* (0.05, 1.08)] and PPVT [$d = 0.20$, 95% *CI* (–0.30, 0.71)] ($P < 0.01$) before and after treatment. Compared with the baseline, the results of the between-group comparison in the follow-up period showed that the improvement effects of VPT [$d = 0.80$, 95% *CI* (0.27, 1.32)], PPVT [$d = 0.79$, 95% *CI* (0.27, 1.32)], and PSQ learning problems [$d = -0.11$, 95% *CI* (–0.62, 0.40)] in the experimental group were significantly superior to those in the control group ($P < 0.01$). **Conclusion:** The five-week computer-assisted cognitive training can be effective in improving visual-perceptual functioning in children with IDD, and also promote improvements in vocabulary, learning problems, and attentional behaviors.

KEY WORDS intellectual development disorders; computer-assisted; cognitive training; visual perception; preschooler; attention function; learning ability

DOI:10.3724/SP.J.1329.2023.05002