

工作记忆训练对发展性阅读障碍小学生干预效果评价

姜琦¹, 骆艳^{1,2}, 龙吉³, 杨毓燚², 邵秀娟², 刘树青², 杨再锋²

1. 贵州医科大学医学人文学院, 贵阳 550004; 2. 贵阳市妇幼保健院儿童保健科; 3. 贵州医科大学公共卫生学院

【摘要】 目的 探讨工作记忆干预训练对发展性阅读障碍小学生工作记忆及其识字量的影响, 为汉语阅读障碍儿童工作记忆训练实践提供参考。**方法** 以贵阳市某所小学三至五年级的小学生为被试, 筛选出 32 名汉语阅读障碍儿童, 随机分成研究组($n=16$)和对照组($n=16$), 采用计算机自适应工作记忆干预训练软件, 对两组儿童分别进行不同时长的工作记忆干预训练。**结果** 8 周的工作记忆干预训练后, 研究组在识字量、工作记忆任务上的得分($2\ 217.87 \pm 252.32, 105.13 \pm 7.68$) 高于对照组($1\ 907.69 \pm 545.15, 96.50 \pm 11.04$) (t 值分别为 2.06, 2.56, P 值均 < 0.05)。简单效应分析显示, 在后测时间上, 研究组的识字量大于对照组, 研究组工作记忆指数高于对照组。**结论** 阅读障碍儿童的工作记忆能力可通过一定时长的干预得到提高, 干预效果不仅在经过训练的工作记忆任务上显著, 还可拓展到识字量等其他未训练的内容。

【关键词】 工作; 记忆; 阅读障碍; 精神卫生; 干预性研究; 学生

【中图分类号】 R 748 R 179 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-9817(2020)05-0724-04

Effect evaluation of interventional training of working memory on children with developmental dyslexia/JIANG Qi*, LUO Yan, LONG Ji, YANG Yuyan, TAI Xiujuan, LIU Shuqing, YANG Zaifeng.* Department of Medical Humanities, Guizhou Medical University, Guiyang(550004), China

【Abstract】 Objective To explore the effect of working memory intervention training on working memory and literacy of children with developmental dyslexia, so as to provide a preference for practice of the training of working memory among children with dyslexia. **Methods** A total of 32 children with dyslexia of grade 3-5 in a primary school in Guiyang were randomly divided into two groups: the study group ($n=16$) and the control group ($n=16$), and the software of training exercises of working memory was applied to conduct interventional trainings of different durations to 2 groups of children. **Results** Through the intervention training of working memory, the scores of literacy and working memory tasks in the study group ($2\ 217.88 \pm 252.32, 105.13 \pm 7.68$) were significantly higher than those in the control group ($1\ 907.69 \pm 545.15, 96.50 \pm 11.04$) ($t=2.06, 2.56, P<0.05$). **Conclusion** The working memory ability of children with dyslexia can be improved by working memory intervention training for a certain period of time. The intervention effect is not only significant in the trained working memory task, but also can be extended to other untrained contents such as literacy.

【Key words】 Work; Memory; Dyslexia; Mental health; Intervention studies; Child

阅读障碍分为获得性阅读障碍和发展性阅读障碍(developmental dyslexia, DD), 发展性阅读障碍^[1]指智力正常的儿童在发展过程中没有明显的神经或器质性损伤, 而阅读水平却显著落后于相应智力水平或生理年龄的一种症状, 以下阅读障碍指发展性阅读障碍。工作记忆缺陷^[2]是阅读障碍儿童的主要认知缺陷之一, 且会持续到成年, 对阅读障碍儿童的认知活动、学习生活有很大的影响^[3-4]。已有研究表明工作记忆具有可塑性^[5], 即通过一定时长的训练可以提高

被试的工作记忆能力。Klingberg 等^[6]2005 年的一项注意缺陷多动障碍(ADHD)儿童的工作记忆训练研究发明了一种计算机自适应的训练方法, 此后工作记忆训练软件逐渐实现了商业化和标准化, 训练对象从 ADHD 儿童发展到婴幼儿、特殊儿童、青少年、大学生、成人、老年人等。Holmes 等^[7]和 Horowitz-Kraus 等^[8]分别采用 Cogmed 程序和阅读加速计划程序对阅读障碍青少年和大学生进行训练, 结果发现工作记忆成绩均显著提高, 流体智力、学业成绩也得到改善。Yang 等^[9]利用单一成分(言语工作记忆和视空间工作记忆)对汉语阅读障碍儿童进行干预训练, 结果发现与阅读技能相关的特定认知能力均得到提高。

由于汉字是表义文字, 有别于表音文字, 因此本研究参考以上成熟的工作记忆干预训练程序, 基于 Baddeley 的工作记忆模型, 借鉴以往研究成果^[10], 设计出一套适合汉语阅读障碍儿童工作记忆训练的软

【基金项目】 贵州省科学技术基金项目(2013·2021 号); 贵阳市卫生局科学技术计划项目(2013·创 3 号)。

【作者简介】 姜琦(1996—), 女, 山东济宁人, 在读硕士, 主要研究方向为儿童发育行为。

【通讯作者】 骆艳, E-mail: Luoyan_15@163.com。

DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2020.05.024

件。本研究利用该软件对阅读障碍儿童进行工作记忆训练,探讨对阅读障碍儿童是否有影响,为汉语阅读障碍儿童工作记忆训练的实践提供可行性依据。

1 对象与方法

1.1 对象 采用方便抽样法,参考前人研究方法^[11],2019 年 1 月在贵阳市某小学三至五年级 535 名学生中筛选出 32 名阅读障碍儿童,其中男生 20 名,女生 12 名;年龄 9~11 岁,平均(9.85±0.85)岁。筛选标准:(1)采用天津医科大学编制的中国第二次修订版《联合型瑞文测验》^[12],采用 2 级评分,答对 1 分,答错 0 分,排除智商低于 80 分的儿童;(2)采用静进等修订《学习障碍筛查量表》^[13],采用 5 级评分,总分为所有项目得分的总和,评定者信度>0.8,关联效度和预测效度>0.4,选择总分在 65 分以下的儿童;(3)采用王孝玲等编著的《小学生识字量测试题库及评价量表》^[14],分年级测试,每个年级有 10 组测验,总分为每组答对的个数乘以每组的难度系数,信、效度均为 0.98,选择成绩低于标准分 1.5 个标准差的儿童;(4)采用吴汉荣等编制的《儿童汉语阅读障碍量表》^[15],采用 5 级评分,所有项目得分相加为原始分,按照公式转化为标准分。信度系数为 0.97,结构效度良好,选择得分低于标准分 1.5 个标准差的儿童;(5)经临床医生确诊为阅读障碍症;(6)无视听觉障碍及器质性脑病,无神经精神疾患和慢性病。

1.2 方法 根据 Klingberg^[6]的工作记忆干预方法,采用双盲对照实验设计,把 32 名阅读障碍儿童分为研究组和对照组(各 16 名),两组在年龄、性别、智商水平上差异均无统计学意义(P 值均>0.05)。所有干预训练已通过贵州医科大学伦理审查会批准(2019 伦审第 159 号),被试均为自愿参加,并于被试的监护人签署知情同意后实施干预。训练时间为 2019 年 3—5 月,训练周期为 8 周,研究组每次训练 30 min,每周 4 次;对照组采用低剂量的方法,训练内容和训练次数与研究组相同,但每天的训练时间为 10 min,20~30 个序列,排除安慰剂效应。每次训练结束后记录成绩,为了提高儿童的积极性,每次完成训练计划可得 1 颗星星,每次得分的前 3 名可多得 1 颗星星,累积相应的星星可获得相应礼物奖励。

1.3 干预内容 采用工作记忆训练软件,在 Luo^[10]的研究基础上增加难度系数的自适应,具体包括 4 个成分训练内容,每一部分均以游戏的方式呈现,难度水平平均分为简单和困难模式,此工作记忆训练软件已申请软件著作权。

1.3.1 言语工作记忆 选择《小学语文》(人民教育出版社)第 1 册至第 5 册生字表中的常用汉字,依此呈现一系列的汉字(3~7 个不等汉字),要求被试随时记

住该汉字串的最后 3 个字母,接着同时呈现 3 个汉字,让被试判断出现的 3 个汉字在字形和顺序是否与最后 3 个汉字一致。每答对 1 个得 1 分,答错不得分。

1.3.2 视空间工作记忆 采用视觉矩阵任务和 Crosi 广度任务。视觉矩阵任务(Matrix task)参考 Lo 等^[16]的研究,在一个 5×5 的矩阵上,分别有随机出现 3,4,5 个不同位置的蓝色方块,随后出现一个空白矩阵,要求被试回忆并用鼠标点击前面出现的蓝色方格的位置。每次点击正确 1 个位置得 1 分,点错不得分。

Crosi 广度任务参考 Chen 等^[17]的研究,在一个由 9 盏灯泡组成的 3×3 的矩阵,随机点亮 2~9 个不等的灯泡,随机灯亮的个数逐渐增加,要求被试记住灯亮的个数以及先后顺序,然后按先后顺序把它们“点”亮,每个级别有 2 次机会。如果 2 次全部回忆错误即停止继续呈现,记录最高的顺序回忆数。每个顺序全部答对得 1 分,答错不得分。

1.3.3 中央执行功能 采用 N-back 任务,依此呈现一系列的字母,要求被试判断每一个出现的字母是否与此前刚呈现过的前面第 n 个字母相匹配,参考 Virginia 等^[18]的研究,包括 0-back、1-back 和 2-back。每判断对 1 个得 1 分,答错不得分。

1.3.4 缓冲器功能 采用 Aeschlimann 等^[19]的空间言语整合任务和空间言语分离任务研究范式。空间言语整合任务:3 个字母分别在 3 个蓝色方块中,要求被试判断方块位置和字母是否都出现过。空间言语分离任务:3 个蓝色方块和 3 个字母分别悬浮在矩阵上。要求被试判断位置及字母是否出现过。每判断对 1 个得 1 分,答错不得分。

1.4 质量控制 正式干预训练前进行为期 1 周的预实验,制定双盲的干预训练计划,确保训练内容顺利执行。组织参与干预训练的老师进行系统讲解和培训,规范训练方法,严格按照计划进行干预训练。每天按照固定的时间组织两组儿童到学校机房进行训练,每次训练结束后老师立即记录成绩,采用双录用,确保数据的准确性。

1.5 干预校标

1.5.1 小学生识字量表 采用《小学生识字量测试题库及评价量表》评估干预训练前后识字量的变化。

1.5.2 工作记忆指数^[20] 采用韦氏儿童智力测验量表中国修订版第 4 版的工作记忆指数测验测试儿童的工作记忆分数(包括 3 项内容,其中背数和字母-数字排序测验为核心测验,算术为补充测验,3 项测验得分相加可得工作记忆指数分数,得分越高说明工作记忆功能越好),用于评估干预训练前后工作记忆得分的变化。

1.5.3 Stroop 任务 参考彭聃龄等^[21]的实验范式,实验材料为 4 个字(红、黄、蓝、绿),4 种颜色(红、黄、

蓝、绿),即 4 个颜色与语义一致的字(如红色的“红”字)、12 个颜色与语义不一致的字(如红色的“绿”字)。整个实验有 4 个组块(block),每个组块 60 个刺激(30 个一致,30 个不一致),共有 240 个刺激,比较干预前后被试的反应时。

1.6 统计分析 全部数据在 SPSS 23.0 软件中输入与处理,采用重复测量方差分析比较两组儿童干预前后干预校标的得分,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

表 1 干预前后不同组别儿童各任务指标比较($\bar{x}\pm s$)

干预前后	组别	人数	统计值	识字量	工作记忆指数	Stroop 任务	
						色词一致	色词不一致
干预前	研究组	16		1 708.19±317.05	90.38±8.89	723.61±81.31	836.63±101.64
	对照组	16		1 717.75±537.32	91.30±11.63	730.78±90.87	822.37±96.94
			<i>t</i> 值	-0.06	-0.27	-0.23	0.41
			<i>P</i> 值	0.95	0.78	0.81	0.68
干预后	研究组	16		2 217.88±252.32	105.13±7.68	625.96±92.89	705.94±86.79
	对照组	16		1 907.69±545.15	96.50±11.04	692.18±107.35	769.33±106.70
			<i>t</i> 值	2.06	2.56	-1.86	-1.85
			<i>P</i> 值	0.04	0.01	0.07	0.07

2.2 工作记忆训练对识字量的干预结果 以识字量为因变量,时间(前测、后测)为被试内变量,组别(研究组、对照组)为被试间变量,进行重复测量方差分析,结果显示,时间的主效应有统计学意义($F=201.74, P<0.01, \eta^2=0.87$),说明识字量在训练前后有差异;交互作用有统计学意义($F=42.13, P<0.01, \eta^2=0.58$),简单效应分析发现在后测时间上,组别差异有统计学意义($F=4.26, P<0.05, \eta^2=0.12$),研究组的识字量大于对照组。

2.3 工作记忆训练对工作记忆指数的干预结果 对两组被试前测和后测成绩进行 2(组别)×2(时间)的重复测量方差分析,结果显示,时间主效应有统计学意义($F=255.70, P<0.01, \eta^2=0.89$),说明工作记忆指数测验在训练前后有差异;交互作用有统计学意义($F=59.97, P<0.01, \eta^2=0.66$),简单效应分析发现在后测时间上,组别差异有统计学意义($F=6.57, P<0.05, \eta^2=0.18$),研究组得分高于对照组。见表 2。

表 2 干预前后不同组别儿童工作记忆指数测验任务指标比较($\bar{x}\pm s$)

干预前后	组别	人数	统计值	字母-数字排序	
				背数	算术
干预前	研究组	16		8.44±1.50	8.31±1.77
	对照组	16		8.44±2.40	8.63±1.96
			<i>F</i> 值	0.00	-0.47
			<i>P</i> 值	1.00	0.64
对照组	前测	16		10.75±2.04	11.00±1.59
	后测	16		9.56±2.33	9.25±1.94
			<i>F</i> 值	1.53	2.78
			<i>P</i> 值	0.14	0.01

2.4 工作记忆训练对 Stroop 任务的干预效果 以反应时为因变量进行 2(组别)×2(刺激类型)×2(时间)重复测量方差分析发现,时间主效应有统计学意义(F

2 结果

2.1 两组儿童干预前后各指标得分比较 经检验,研究组、对照组在识字量、工作记忆指数及 Stroop 任务上的得分均符合正态分布(P 值均 >0.05)。 t 检验结果显示,干预前研究组和对照组在识字量、工作记忆指数及 Stroop 任务上差异均无有统计学意义,而干预后研究组和对照组在识字量、工作记忆指数上的差异有统计学意义。见表 1。

$=39.53, P<0.01, \eta^2=0.56$),即干预前后 Stroop 任务的反应时有差别;刺激类型主效应有统计学意义($F=161.05, P<0.01, \eta^2=0.84$),即色词不一致的反应时大于色词一致;时间和刺激类型交互作用有统计学意义($F=4.28, P<0.05, \eta^2=0.12$),简单效应分析发现,无论干预前还是干预后,色词不一致的反应时始终大于色词一致的反应时;组别、刺激类型和时间的交互作用无统计学意义。

3 讨论

目前关于阅读障碍的成因尚不明确,有 2 种不同的观点:语音缺陷理论、一般感知觉缺陷理论,因此对应形成了 2 种不同的干预方法,即语音特异性干预和非语言特异性干预^[22],基于前者的干预方法主要包括语音素意识干预、正字法干预、阅读精确性干预、阅读流畅性干预和阅读理解干预等。然而有学者认为,非语言学认知能力的发展是语言加工的先决条件,认知加工是影响阅读障碍的重要因素,工作记忆干预属于非语言特异性干预,与前者涉及的语音意识、语义加工和阅读流畅性内容相比,更注重学生一般认知能力的提高,既包括语音意识层面,也包括记忆、视觉、注意、听觉等认知能力。国外最新的研究结合神经生物学证据已经证实了工作记忆干预对阅读障碍儿童脑功能性连接存在影响。Nugiel 等^[23]对阅读障碍儿童进行为期 16 周的工作记忆干预训练发现,干预后阅读障碍儿童的右侧梭状回区域的活动增强,左侧颞中回和额顶叶发生了变化,利用 fMRI 技术证实了工作记忆干预的有效性。

本次研究是在 Luo 等^[10]研究的基础上,基于 Bad-

deley 工作记忆模型设计的工作记忆训练系统对 9~11 岁汉语阅读障碍儿童进行干预, 结果发现阅读障碍儿童干预后在工作记忆指数、Stroop 任务和识字量所有任务上均得到提高, 进一步分析背数、字母-数字排序、算术 3 个不同任务的成绩发现, 字母-数字排序任务有较大的改善。一方面 Stroop 任务作为执行功能的指标, 通过工作记忆干预训练也可以得到提高, 说明干预对汉语阅读障碍儿童的中央执行功能也有影响; 另一方面排除对照组安慰剂效应, 研究组阅读障碍儿童的识字量也得到相应提高, 说明工作记忆干预训练的远迁移在阅读障碍儿童同样也可以得到体现, 与表音文字阅读障碍儿童的工作记忆研究结果一样。如 Acosta 等^[24]对 32 名阅读障碍儿童和 32 名正常对照儿童进行为期 72 次, 每次 15 min 的工作记忆干预训练, 干预前后分别评估短时言语工作记忆、视觉空间记忆、注意力、处理速度和词汇语义技能。结果发现通过工作记忆干预, 阅读障碍儿童在评估的所有任务上均得到提高。提示尽管表义文字和表音文字在语音结构、语义加工过程和核心缺陷上有所不同, 但工作记忆干预的有效性是一致的, 工作记忆干预可以作为阅读障碍儿童干预的一种方法。

由于阅读障碍儿童工作记忆能力的提高可能来源于多种途径, 如工作记忆干预的效果、自身流体智力的提高、学校老师家长等外部环境的助力。本研究在干预训练之外未考虑其他影响因素, 在今后的研究中要规范工作记忆干预过程, 通过多重指标(阅读理解能力、数学能力、流体智力、学业成绩等)等进行多元化的评价, 结合客观神经生物学指标, 为工作记忆干预训练优势提供客观、准确的证据。

志谢 感谢贵阳市第一实验小学全体师生对本研究的支持和配合。

4 参考文献

- [1] American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders, 5th Edition; DSM-5 [M]. Virginia: American Psychiatric Association, 2013.
- [2] COWAN N, HOGAN T P, ALT M, et al. Short-term memory in childhood dyslexia: deficient serial order in multiple modalities [J]. *Dyslexia*, 2017, 23(3): 209-233.
- [3] GRAY S F, ANNIE B, GREEN S, et al. Working memory profiles of children with dyslexia, developmental language disorder, or both [J]. *J Speech Hear Res*, 2019, 62(6): 1839-1858.
- [4] PETERSON R L, PENNINGTON B F. Developmental dyslexia [J]. *Annu Rev Clin Psychol*, 2015, 11: 283-307.
- [5] OLESEN P J, WESTERBERG H, KLINGBERG T. Increased prefrontal and parietal activity after training of working memory [J]. *Nat Neurosci*, 2004, 7(1): 75-79.
- [6] KLINGBERG T, FERNELL E, OLESEN P J, et al. Computerized training of working memory in children with ADHD-A randomized, controlled trial [J]. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 2005, 44(2): 177-186.
- [7] HOLMES J, BUTTERFIELD S, CORMACK F, et al. Improving working memory in children with low language abilities [J]. *Front Psychol*, 2015, 6: 519.
- [8] HOROWITZ-KRAUS T, HOLLAND S K. Greater functional connectivity between reading and error-detection regions following training with the reading acceleration program in children with reading difficulties [J]. *Ann Dyslex*, 2015, 65(1): 1-23.
- [9] YANG J, PENG J, ZHANG D, et al. Specific effects of working memory training on the reading skills of Chinese children with developmental dyslexia [J]. *PLoS One*, 2017, 12(11): e0186114.
- [10] LUO Y, WANG J, WU H, et al. Working-memory training improves developmental dyslexia in Chinese children [J]. *Neural Regen Res*, 2013, 8(5): 452-460.
- [11] CAO F, YAN X, WANG Z, et al. Neural signatures of phonological deficits in Chinese developmental dyslexia [J]. *Neuroimage*, 2017, 1(146): 301-311.
- [12] 王栋, 狄敏, 钱明. 联合型瑞文测验中国儿童常模第三次修订 [J]. *中国临床心理学杂志*, 2007(6): 559-561, 568.
- [13] 静进, 余森, 邓桂芬. 学习能力障碍筛查量表的修订和在小学生中的试用 [J]. *心理发展与教育*, 1995(2): 24-29.
- [14] 王孝玲, 陶保平. 小学生识字量评价量表 [M]. 上海: 上海教育出版社, 1993.
- [15] 吴汉荣, 宋然然, 姚彬. 儿童汉语阅读障碍量表的初步编制 [J]. *中国学校卫生*, 2006, 27(3): 189-190.
- [16] LO M, LIN Y X, CHEN S Y, et al. Auditory memory span in mandarin-speaking preschoolers with congenital hearing loss: impact of task structure [J]. *Clin Neuropsychol*, 2019(4): 1-21.
- [17] CHEN W, HE Y, GAO Y, et al. Long-term experience of Chinese calligraphic handwriting is associated with better executive functions and stronger resting-state functional connectivity in related brain regions [J]. *PLoS One*, 2017, 12(1): e0170660.
- [18] VIRGINIA D O R, ALEXANDRE R F, GIOVANNI A S J, et al. Effects of computerized cognitive training as add-on treatment to stimulants in ADHD: a pilot fMRI study [J]. *Brain Imag Behav*, 2019, (8).
- [19] AESCHLIMANN E A, VOELKE A E, ROEBERS C M. Short-term storage and executive working memory processing predict fluid intelligence in primary school children [J]. *J Intell*, 2017, 5(2): 17.
- [20] 张厚粲. 韦氏儿童智力量表第四版(WISC-IV)中文版的修订 [C]. 全国教育与心理统计与测量学术年会暨第八届海峡两岸心理与教育测验学术研讨会论文摘要集, 2008: 90.
- [21] 彭聃龄, 郭桃梅, 魏景汉, 等. 儿童 Stroop 效应加工阶段特点的事件相关电位研究 [J]. *科学技术与工程*, 2004(2): 84-88.
- [22] 潘宁, 李秀红. 汉语发育性阅读障碍儿童母语和英语的语言加工技能 [J]. *中国学校卫生*, 2019, 40(10): 1588-1592.
- [23] NUGIEL T, ROE M A, TAYLOR W P, et al. Brain activity in struggling readers before intervention relates to future reading gains [J]. *Cortex*, 2019, 111: 286-302.
- [24] ACOSTA V, HERNANDEZ S, RAMIREZ G. Effectiveness of a working memory intervention program in children with language disorders [J]. *Appl Neuropsychol Child*, 2019, 8(1): 15-23.

收稿日期: 2019-12-12; 修回日期: 2020-02-23