DOI:10.16016/j.1000-5404.202003045

2019年度重庆市出版专项资金资助栏目论文

基于虚拟现实技术的陆军军人工作记忆训练系统的可行性及有效性研究

程晓彤[1],王 佳[2],徐慧敏[1],许 珂[1],王慧中[1],冯正直[2] 400038 重庆,陆军军医大学(第三军医大学)研究生院[1],医学心理系军人发展心理学教研室[2]

[**摘要**] **目的** 探讨基于虚拟现实(virtual reality,VR)技术的陆军军人工作记忆训练系统的可行性及有效性。**方法** 利用VR技术将驾车任务与工作记忆任务(n-back、数字转换和色词Stroop任务)相结合,构建工作记忆VR训练系统,采用整群随机抽样法选取30名陆军军人体验VR场景并完成Likert7级评分VR场景评价表。采用整群随机抽样法选取60名陆军军人,分为VR训练组和对照组,VR训练组运用工作记忆VR训练系统进行训练,对照组不给予任何处理。训练前后被试均完成运算词语广度、活动记忆、局部-全局和GO/NOGO任务。采用描述性统计分析、独立样本t检验、配对样本t检验、Mann-Whitney U检验和Wilcoxon符号秩和检验对结果进行分析。**结果** ①30名被试在VR场景评价表9个分量表上的均值都大于中间值4($\bar{x}$=4.180~6.183);②VR训练组后测的运算词语广度任务成绩(P<0.01)、活动记忆任务正确率(P<0.05)均显著大于后测,前测的GO/NOGO任务误报数显著大于后测(P<0.05),局部-全局任务前后测的转换量差异无统计学意义(P=0.091)。③对照组前后测任务成绩差异均无统计学意义(P>0.05)。**结论** 本研究构建的陆军军人工作记忆VR训练系统具有可行性和有效性。

[**关键词**] 虚拟现实技术;工作记忆;训练系统;陆军军人

[**中图法分类号**] R319;R388.64;R821.7 [**文献标志码**] A

Feasibility and validity of working memory training system based on virtual reality technology for army soldiers

CHENG Xiaotong[1], WANG Jia[2], XU Huimin[1], XU Ke[1], WANG Huizhong[1], FENG Zhengzhi[2] [1]Graduate School, [2]Department of Developmental Psychology of Armyman, Faculty of Medical Psychology, Army Medical University (Third Military Medical University), Chongqing, 400038, China

[**Abstract**] **Objective** To investigate the feasibility and validity of working memory training system based on virtual reality (VR) technology for army soldiers. **Methods** A VR-based working memory training system was established by combining driving task with working memory tasks (including n-back, more-odd shifting and Stroop task). A total of 30 army soldiers selected by cluster random sampling were asked to experience the VR scene and fill in a Likert 7 grade VR scene rating scale including 9 subscales. Then another 60 army soldiers selected by cluster random sampling were randomly divided into VR training group and control group. The soldiers from the former group were given working memory VR training, and those from the latter received no training. All the subjects completed operation-word span task, active memory task, local-global task and GO/NOGO task before and after training. Descriptive statistical analysis, independent sample t-test, paired sample t-test, Mann-Whitney U test and Wilcoxon signed-rank test were adopted to statistically analyze the results. **Results** ①The average values of the 9 subscales in the VR scene rating scale were greater than the median value 4 ($\bar{x}$=4.180~6.183); ② After the training, the performance of operation-word span task

[**基金项目**] 全军后勤科研重大课题子课题(AWS17J014);军队应用基础研究重点项目(BWS16J012,BWS17J018);重庆市基础研究与前沿探索(CSTC2018jcyjAX0276)

[**通信作者**] 冯正直,E-mail:fzz@tmmu.edu.cn

($P<0.01$) and correct rate of active memory task ($P<0.05$) were increased, and the false reports of GO/NOGO task ($P<0.05$) were decreased in the VR training group, and no statistical difference was seen between the performance of local-global task before and after training ($P=0.091$). ③There were no significant differences in above indicators in the control group before and after training ($P>0.05$). **Conclusion** The VR-based working memory training system is feasible and effective for army soldiers.

[**Key words**] virtual reality technology; working memory; training system; army soldiers

Supported by the Subproject of Major Logistic Scientific Research Project of PLA (AWS17J014), the Key Project of Military Applied Basic Research Program (BWS16J012, BWS17J018) and the Project of Basic Research and Frontier Exploration of Chongqing (CSTC2018jcyjAX0276). Corresponding author: FENG Zhengzhi, E-mail: fzz@tmmu.edu.cn

随着新军事革命发展,现代战争形式和作战样式都发生了改变。高新技术武器的迅速更新,多种形式的混合战争以及高速多变全维度的作战方式,对军人的认知需求显著增加[1]。工作记忆被认为是人类认知功能的核心,它是指个体在执行认知任务时,暂时加工和储存信息的能量有限系统[2]。研究发现:工作记忆训练可以提高个体的工作记忆能力,且能够产生普遍的认知增强[3]。然而以往工作记忆训练多采用计算机形式,方式单一,缺乏趣味性且生态效度不高,训练效果对于军人在战场中表现的预测力也较低。

虚拟现实(virtual reality,VR)技术是以计算机技术为基础,同时依托多种学科,对自然环境进行模拟,形成与之高度相似的数字化环境的高级人机交互技术[4]。VR 技术以其构想性、沉浸感和交互性的优势,解决了战争场景的不可逆和难以复制,能在重现和扩展传统方法的同时提高军人工作记忆训练的有效性和可靠性。2008 年,美军就应用 VR 技术构建了虚拟伊拉克/阿富汗战争场景,结合认知任务,形成虚拟现实认知能力测评系统(virtual reality cognitive performance assessment test,VRCPAT1.0)[5]。此外,PARSON 等[6]将虚拟驾车任务与 Stroop 任务相结合构建 VR Stroop 任务,被试需边开车边完成挡风玻璃上呈现的色词 Stroop 任务,实验证实了其可行性和有效性。HENRY 等[7]将虚拟公寓与 GO/NOGO 和 Stroop 任务相结合,发现具有较高的效度。但我军利用 VR 技术进行工作记忆训练尚处于理论建构阶段,现仍依托于传统的计算机训练。

因此,基于以上分析,本研究拟参照 PARSON 等[6]构建的虚拟战场,将经典的工作记忆刷新(n-back 任务)、转换(数字转换任务)和抑制(色词 Stroop 任务)任务[8]与驾车任务相结合,对场景的背景环境,车辆、人员模型,配音等进行本土化修订,构建符合我军特色的工作记忆 VR 训练系统,以陆军军人为研究对象,考察工作记忆 VR 训练系统的可行性及有效性,以期为陆军军人作战心理素质训练提供新的研究思路和方法。

1 对象与方法

1.1 研究对象

1.1.1 虚拟现实场景评价 采用整群随机抽样法,抽取陆军某单位其中 1 个连的 30 名军人对 VR 场景进行体验,被试均为男性,年龄为 20~29(22.41±2.21)岁,军龄为 1~10(3.48±2.12)年。

1.1.2 工作记忆 VR 训练 采用整群随机抽样法,抽取陆军某单位其中 1 个营的 60 名军人,其工作内容和性质相同,被试纳入标准为男性,年龄≥18 岁,战士或士官,裸眼或矫正视力在 1.0 以上,无听力障碍,为右利手,母语为汉语,并且自愿参加试验;排除标准为有明显 3D 眩晕症。随机分为 VR 训练组(以下简称 VR 组)和空白对照组(以下简称对照组),每组 30 人,其中有 6 名被试因休假、外出学习等特殊原因未能完成实验,最终回收有效数据 54 份,VR 组 27 人,对照组 27 人,有效率为 90%。被试年龄为 18~25(20.43±1.61)岁,军龄为 1~3(2.11±0.46)年,2 组被试之间的年龄、受教育年限差异无统计学意义($P=0.93$、0.41)。本研究获得陆军军医大学伦理委员会批准(2019 年),所有被试对本研究知情同意。

1.2 方法

1.2.1 虚拟现实场景的构建 使用 Unity 3D 平台开发虚拟现实场景,制作场景前期进行了脚本撰写、需求分析、交互界面设计、代码编写、应用软件测试等多个环节,以实现场景的沉浸感、交互性和构想性。该应用程序适用于操作系统为 Windows 8 及以上版本的计算机。在虚拟现实场景中被试需同时完成两个任务——驾车任务和工作记忆任务,两者各有难度设置,相互匹配,共计 16 个任务,每个任务包括 3 个模块,登录模块、任务过程模块以及报告模块。为了方便记录对任务进行编号(表 1)。

表1 陆军军人工作记忆训练系统任务编号表

任务编号	n-back 任务				数字转换任务		色词 Stroop 任务	
	1-back	2-back	3-back	4-back	固定位置	随机位置	固定位置	随机位置
驾车1级	A1a1	A1a2	A1a3	A1a4	A1b1	A1b2	A1c1	A1c2
驾车2级	A2a1	A2a2	A2a3	A2a4	A2b1	A2b2	A2c1	A2c2

驾车任务:A1:驾车1级难度,A2:驾车2级难度。工作记忆任务:a:n-back 任务,b:数字转换任务,c:字词阅读任务,1:固定位置,2:随机位置

1.2.1.1 驾车任务 参照 PARSON 等[6]构建的 VR 驾车场景,该场景为美军“VRCPAT”系统的一部分,被应用于军人认知功能评估、应激负荷评估和 PTSD 的治疗等多个方面,实验研究证实均具有有效性[4]。被试驾驶汽车通过敌我交战区域,包括安全区和埋伏区,顺序为开始阶段、丛林埋伏、第1安全区、城市埋伏、第2安全区、桥架埋伏。在安全区中,被试在沙漠中行驶,路旁有一些小干扰或障碍;在埋伏区中,呈现枪击、爆炸以及战友受伤等战争场景对被试造成环境干扰,驾车同时被试要完成挡风玻璃上呈现的工作记忆任务。驾车任务设置了两级难度:一级难度中埋伏区仅有枪击和爆炸,二级难度中在丛林埋伏增加了前方车辆爆炸,城市埋伏增加了平民窜逃和战友受伤,桥架埋伏增加了毒气障碍,以增加环境干扰的复杂度。道路两边有栅栏,驾车途中被试通过方向盘控制车辆方向,通过油门控制开车速度,路线中设置了起点和终点。被试在起点阅读指导语后按左拨片出发,先单纯驾车 30 s 后挡风玻璃上呈现注视点“+”500 ms,而后呈现工作记忆任务,被试根据任务要求按左右拨片做出反应,到达终点任务结束。

1.2.1.2 工作记忆任务 包括 n-back 任务、数字转换任务和色词 Stroop 任务,每个任务都设置了练习阶段,并对被试的按键反应进行反馈,记录被试的反应时和正确率。①n-back 任务:采用经典的 n-back 字母匹配任务[9],本研究设置了 1-back 到 4-back4 级难度。②数字转换任务:采用 SALTHOUSE 等[10]的范式。另外,本研究设置了固定和随机位置两级难度,固定位置是指数字在屏幕上出现的位置不变,与注视点的位置相同;随机位置是指数字会在屏幕上随机一个位置出现,位置设置为九宫格。③色词 Stroop 任务:采用经典 Stroop 任务[11]中的颜色命名任务,本研究也设置了固定和随机位置两级难度,规则同数字转换任务,实验材料为“红”“绿”词汇,分别呈现为红色和绿色。

1.2.2 量表测试 ①人口资料学调查表:包括姓名、性别、年龄、军龄、职别、受教育年限、家庭结构等。②虚拟现实场景评价表:参照 CHANG 等[12]研究采用的虚拟现实场景评价表,该评价表是基于技术接受模型[13](technology acceptance model,TAM)和虚拟现实的特点,包括娱乐性、控制性、易用性、态度、符合期待程度、使用意图、满意度、沉浸感和临场感 9 个分量表。满意度和临场感评价要求被试从 1~7 中选择符合自己感受的数字,其余均采用 Likert7 级评分,1 分表示完全没体验,7 分表示非常有体验。该评价表各分量表的 Cronbach's α 系数均大于 0.7。

1.2.3 前后测任务 为了防止练习效应,采用不同于训练任务的运算词语广度任务、数字活动记忆任务、局部-全局任务和 GO/NOGO 任务测试被试的工作记忆容量、刷新、转换和抑制功能,均由 Unity 3D 平台编制,在实验室计算机上进行现场测试。①运算词语广度任务:参照 CANTOR 等[14]的研究范式和实验材料,总分最高为 60 分,分数越高则工作记忆广度越高。②活动记忆任务:实验流程参照陈天勇等[15]的研究,观测指标为被试的正确率。③局部-全局任务:参照 MIYAKE 等[16]的范式,观测指标为转换量=转换条件下的平均反应时减去非转换条件下的平均反应时,转换量越小,被试的转换功能越好。④GO/NOGO 任务:采用经典的 GO/NOGO 实验范式,GO 刺激为字母“X”,NOGO 刺激为字母“O”,观测指标为 NOGO 刺激的误报数。

1.2.4 实验设备 包括 VR 设备(HTC VIVE Pro Eye 专业版,包括头戴式设备、操控手柄及定位器),模拟驾驶器(罗技 G29 方向盘+Playseat 座椅)和计算机。

1.2.5 实验流程 虚拟现实场景评价:30 名被试首先完成人口资料学调查表,然后依次来到实验室戴上 VR 眼镜体验 3 次 VR 场景,分别是 A1a1、A1b1 和 A1c1 任务,之后完成虚拟现实场景评价表。工作记忆 VR 训练:被试首先完成人口资料学调查表,然后按顺序完成计算机前测任务,之后 VR 组被试戴上 VR 眼镜按照表 2 的顺序在实验室进行训练,每次训练 3 个任务,n-back 任务、数字转换任务和色词 Stroop 任务各 1 个,每个任务 5~10 min(视被试情况而定),每次训练大概 30 min,每周 2 次,训练 4 周,对照组为空白对照,即对照组被试每天正常工作训练,无额外实验室训练任务。训练结束后,2 组被试再次完成计算机测试,图 1 为训练的实验流程图。

表 2 陆军军人工作记忆训练系统训练任务顺序表

任务	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次
n-back	A1a1	A1a2	A1a3	A1a4	A2a1	A2a2	A2a3	A2a4
数字转换	A1b1	A1b2	A2b1	A2b2	A1b1	A1b2	A2b1	A2b2
色词 Stroop	A1c1	A1c2	A2c1	A2c2	A1c1	A1c2	A2c1	A2c2

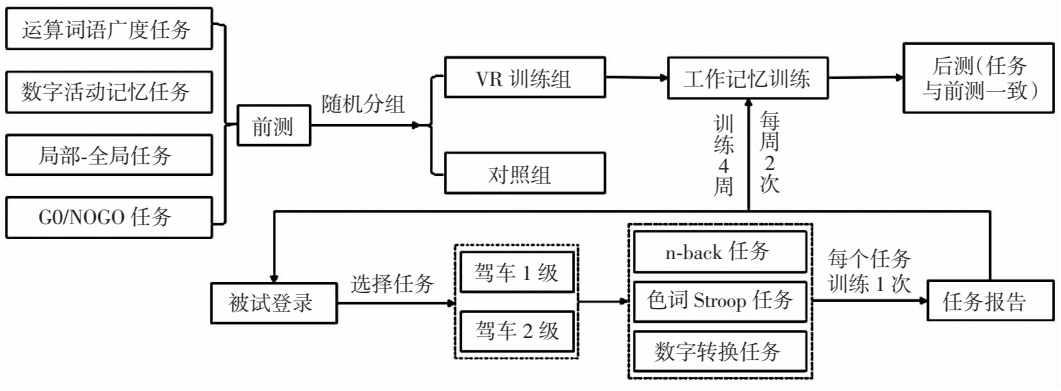


图 1 陆军军人工作记忆训练系统训练流程图

1.3 统计学分析

采用 SPSS 25.0 统计软件,为保证数据录入准确无误,将收集到的数据进行 2 次录入,检查无误后进行统计分析。采用描述性统计分析研究对象的基本情况和虚拟现实场景评价表;采用独立样本 t 检验比较 VR 组和对照组被试的年龄、受教育年限以及工作记忆广度、刷新和转换功能的基线水平;采用 Mann-Whitney U 检验比较 2 组被试抑制功能的基线水平;采用配对样本 t 检验对 2 组被试运算词语广度任务,活动记忆任务和局部-全局任务的前后测成绩进行对比分析;采用 Wilcoxon 符号秩和检验对 2 组被试前后测的 GO/NOGO 任务误报数进行对比分析。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 虚拟现实场景评价表分析

为评估工作记忆 VR 训练系统的可行性,对 30 名被试填写的虚拟现实场景评价表进行分析。从评价的 9 个维度的均值上来看,被试在 VR 场景中感受到的娱乐性、控制性、易用性以及对该训练系统的态度,符合期待程度,使用意图和满意度均值都大于 5 分,被试在 VR 场景中感受到的沉浸感和临场感均值均大于中间值 4 分(表 3)。

2.2 训练前后测任务成绩比较

2.2.1 运算词语广度任务(工作记忆容量) 为检验 2 组被试工作记忆容量的基线水平是否存在差异,对前测的运算词语广度成绩进行独立样本 t 检验,结果显示:2 组被试的前测成绩差异无统计学意义($P=0.343$)。分别对 2 组被试前后测的运算词语广度成绩进行配对样本 t 检验,结果显示,VR 组后测的运算词语广度成绩显著高于前测成绩($P<0.01$);对照组前后测的运算词语广度成绩差异无统计学意义($P=0.297$,表 4)。

表 3 陆军军人工作记忆训练系统虚拟现实场景评价表分析($n=30,\bar{x}\pm s$)

项目	分值
娱乐性	6.064±1.091
控制性	5.962±0.940
易用性	5.760±0.856
态度	6.010±0.862
符合期待程度	5.987±0.964
使用意图	6.058±1.080
满意度	6.183±0.994
沉浸感	4.497±1.026
临场感	4.180±1.617

表 4 VR 组和对照组运算词语广度任务前后测成绩比较($n=27,\bar{x}\pm s$)

组别	前测成绩	后测成绩	t 值	P 值
VR 组	36.093±10.122	42.315±8.633	3.059	0.005
对照组	39.000±12.120	41.352±10.225	1.063	0.297

2.2.2 活动记忆任务(刷新功能) 为检验 2 组被试刷新功能的基线水平是否存在差异,对前测的活动

记忆任务正确率进行独立样本 t 检验,结果显示:2 组被试的前测正确率差异无统计学意义($P=0.466$)。分别对 2 组被试前后测的活动记忆任务正确率进行配对样本 t 检验,结果显示,VR 组后测的活动记忆任务正确率显著高于前测,$P<0.05$;对照组前后测的任务正确率差异无统计学意义($P=0.082$,表 5)。

表 5 VR 组和对照组活动记忆任务前后测成绩比较($n=27,\bar{x}\pm s$)

组别	前测成绩	后测成绩	t 值	P 值
VR 组	0.906±0.093	0.952±0.078	2.206	0.037
对照组	0.876±0.186	0.943±0.070	1.807	0.082

2.2.3 局部-全局任务(转换功能) 为检验 2 组被试转换功能的基线水平是否存在差异,对前测的局部-全局任务转换量进行独立样本 t 检验,结果显示:2 组被试前测的转换量差异无统计学意义($P=0.258$)。分别对 2 组被试前后测的局部-全局任务转换量进行配对样本 t 检验,结果显示,VR 组前后测的局部-全局任务转换量差异无统计学意义($P=0.091$);对照组前后测的任务转换量差异无统计学意义($P=0.090$,表 6)。

表 6 VR 组和对照组局部-全局任务前后测成绩比较($n=27,\bar{x}\pm s$)

组别	前测成绩	后测成绩	t 值	P 值
VR 组	349.262±130.641	293.888±141.819	1.757	0.091
对照组	291.302±228.877	385.454±129.631	1.760	0.090

2.2.4 GO/NOGO 任务(抑制功能) 为检验 2 组被试抑制功能的基线水平是否存在差异,对前测的 GO/NOGO 任务误报数进行 Mann-Whitney U 检验,结果显示:2 组被试前测的误报数差异无统计学意义($P=0.215$)。分别对 2 组被试前后测的 GO/NOGO 任务误报数进行 Wilcoxon 符号秩和检验,结果显示,VR 组前测的 GO/NOGO 任务误报数显著大于后测,$P<0.05$;对照组前后测的任务误报数差异无统计学意义($P=0.067$,表 7)。

表 7 VR 组和对照组 GO/NOGO 任务前后测成绩比较[$n=27$,$M(P_{25}\sim P_{75})$]

组别	前测成绩	后测成绩	Z 值	P 值
VR 组	1(0~1)	0(0~1)	2.049	0.040
对照组	1(0~2)	0(0~1)	1.900	0.067

3 讨论

本研究在美军已有的虚拟战场基础上,将经典的工作记忆任务与驾车任务嵌入虚拟战争场景中,结合我军特有的作战样式特点、组织结构特点和任务形态特点,构建符合我军陆军特色的工作记忆 VR 训练系统。与外军的 VR 系统相比,本研究在外军工作记忆 VR 评估的基础上,进一步拓展了工作记忆的训练范式、并考察了工作记忆训练的效果,验证了该训练系统本土化的可行性与有效性,为下一步陆军军人进行工作记忆训练提供了训练方案和训练装备,同时也为智能化心理训练提供了基于 VR 新技术的拓展,弥补了传统心理训练无法模拟高危、高压战争场景,无法量化评估生理、行为指标的不足。

DAVIS 等[13]提出的技术接受模型(TAM)用于解释和预测人们对信息技术的接受程度,该模型认为用户对某一信息技术的使用行为是由用户的行为意向决定的,其中娱乐性、易用性、控制性、积极态度、符合期待程度、使用意图、满意度等是有效的预测指标[12]。本研究结果显示被试在这 7 个因子上的主观评价均值均大于 5 分,说明被试对该 VR 训练系统的接受程度较高,且在实验过程中所有被试均能按照计划顺利完成训练。这说明本研究中研发的陆军军人工作记忆 VR 训练系统能够满足被试的行为意向,因此,本研究构建的陆军军人工作记忆 VR 训练系统具有可行性,为下一步针对陆军军人开展工作记忆训练提供了被试体验可行性的证据支撑。

构想性、交互性和沉浸感是 VR 技术的 3I 特性,用于评估虚拟现实环境的有效性[17]。本研究模拟驾车这一常见的陆地作战任务,通过安全区和埋伏区调控被试的觉醒水平,埋伏区选用枪击、爆炸、毒气、目睹战友受伤等常见的战争创伤来模拟战场环境,符合陆军军人的作战特点,体现了 VR 技术的构想性,同时解决了军人心理训练中战争场景不可逆和难以复制的难题。其次,本研究构建的 VR 场景中被试通过方向盘控制车辆方向,通过油门控制车辆速度,实现与 VR 场景的交互,且被试对 VR 场景中控制性的主观评价均值为 5.962,说明本研究构建的 VR 场景具有良好的交互性。另外,沉浸感是指虚拟环境提供的感觉逼真度的客观水平,临场感则是用户对于系统的主观心理感受,是沉浸感的心理产物[18],本研究结果显示被试在这 2 个因子上的主观评分均值均大于中间值 4,说明本研究构建的 VR 战争场景具有良好的沉浸感,提高

了工作记忆训练的生态效度。因此本研究构建的 VR 场景符合 VR 技术的构想性,沉浸感和交互性的 3I 特性[17],具有有效性。

工作记忆 VR 训练结果显示 VR 组和对照组被试训练前的运算词语广度任务、活动记忆任务、局部-全局任务和 GO/NOGO 任务成绩差异无统计学意义($P>0.05$),说明两组被试训练前的工作记忆容量、刷新、转换和抑制功能基线水平基本一致。训练后 VR 组被试在运算词语广度任务($P<0.01$)、活动记忆任务($P<0.05$)和 GO/NOGO 任务($P<0.05$)成绩上均有显著提高,局部全局任务前后测成绩差异无统计学意义($P=0.091$);对照组前后测的运算词语广度任务、活动记忆任务、局部-全局任务和 GO/NOGO 任务成绩差异均无统计学意义($P>0.05$),说明相比于对照组,VR 组被试经过训练,其工作记忆容量、刷新和抑制功能有显著提高。另外,局部-全局任务反映个体的转换功能,观测指标是转换量,转换量越小,表示个体的转换功能越好,从研究结果我们可以发现 VR 组后测的任务转换量小于前测,而对照组后测的任务转换量则大于前测,说明 VR 组被试的转换功能有一定程度的提升,对照组被试的转换功能则降低了,这可能是由于在局部-全局任务中被试需要记住 4 类图形(圆形、正方形、三角形、十字形)的按键规则,任务较难,被试出现了地板效应,影响了实验结果。因此,从现有结果来看,本研究构建的工作记忆 VR 训练系统能够有效提高陆军军人的工作记忆容量、刷新和抑制功能。潘东旎等[19]实验发现基于手机 APP 的双维 n-back 训练可以提高个体工作记忆容量和中央执行功能;余雪等[20]发现纯中央执行功能训练可以提高儿童的工作记忆容量,本研究采用的方法与以往研究有所不同,但效果相同,验证了系统的训练有效性。但 VR 训练也存在一些缺陷,如被试进行 VR 训练时需要佩戴 VR 眼镜,有 3D 眩晕症的个体难以耐受,正常个体耐受时间为 5~20 min[17],故训练时间不宜过长。

综上所述,本研究构建的陆军军人工作记忆 VR 训练系统具有可行性和有效性,为 VR 技术应用于我军军事认知心理训练提供了范例。本研究的不足之处在于:控制组与实验组的组间效应不显著,这可能是由于训练中控制组的被试变异过大,在今后的被试筛选时应将更多的无关变量纳入控制范围,充分随机化被试的入组标准。未来的研究应结合生理传感、脑电、脑成像等技术进一步探索其训练的认知神经机制,为工作记忆强健提供认知干预靶点;同时也期待随着科技的进步,实现从 VR 向增强现实(Augmented Reality,AR)发展,进一步模拟真实战场环境,充分实现“人-机-环”交互,从而实现陆军军人认知增强的心理训练,为战斗力提升贡献心理智慧。

参考文献:

[1] 宁亚蕾, 田华科, 周元国. 认知增强药物和补充剂的军事应用研究进展[J]. 军事医学, 2019, 43(5): 380-385.
NING Y L, TIAN H K, ZHOU Y G. Research progress in cognitive enhancing pharmacological products in the army [J]. Mil Med Sci, 2019, 43(5): 380-385.

[2] 赵鑫, 周仁来. 工作记忆训练: 一个很有价值的研究方向[J]. 心理科学进展, 2010, 18(5): 711-717.
ZHAO X, ZHOU R L. Training on working memory: a valuable research field[J]. Adv Psychol Sci, 2010, 18(5): 711-717.

[3] 刘春雷, 周仁来. 工作记忆训练对认知功能和大脑神经系统的影响[J]. 心理科学进展, 2012, 20(7): 1003-1011.
LIU C L, ZHOU R L. Effects of working memory training on cognition and brain plasticity[J]. Adv Psychol Sci, 2012, 20(7): 1003-1011.

[4] 孙柏林. 虚拟现实技术在美国军队中的应用述评[J]. 计算机仿真, 2018, 35(1): 1-7.
SUN B L. Review of the application of virtual reality technology in American army[J]. Comput Simul, 2018, 35(1): 1-7.

[5] PARSONS T D, REINEBOLD J L. Adaptive virtual environments for neuropsychological assessment in serious games[J]. IEEE Trans Consumer Electron, 2012, 58(2): 197-204. DOI:10.1109/tce.2012.6227413.

[6] PARSONS T D, COURTNEY C G, DAWSON M E. Virtual reality Stroop task for assessment of supervisory attentional processing[J]. J Clin Exp Neuropsychol, 2013, 35(8): 812-826. DOI:10.1080/13803395.2013.824556.

[7] HENRY M, JOYAL C C, NOLIN P. Development and initial assessment of a new paradigm for assessing cognitive and motor inhibition: The bimodal virtual-reality Stroop[J]. J Neurosci Methods, 2012, 210(2): 125 - 131. DOI: 10.1016/j.jneumeth.2012.07.025.

[8] 赵鑫, 周仁来. 工作记忆中央执行系统不同子功能评估方法[J]. 中国临床心理学杂志, 2011, 19(6): 748-752. DOI:10.16128/j.cnki.1005-3611.2011.06.011.
ZHAO X, ZHOU R L. Sub-function evaluation method of central executive system in working memory[J]. Chin J Clin Psychol, 2011, 19(6): 748-752. DOI:10.16128/j.cnki.1005-3611.2011.06.011.

[9] BRAGIN V, SHERESHEVSKY G, BRAGIN I, *et al*. P2-

304: N-back task as a paradigm for working memory testing and training in dementia: Case studies[J]. Alzheimer's Dement, 2015, 11(7S_Part_13): P609-P610. DOI:10.1016/j.jalz.2015.06.846.

[10] SALTHOUSE T A, FRISTOE N, MCGUTHRY K E, *et al*. Relation of task switching to speed, age, and fluid intelligence[J]. Psychol Aging, 1998, 13(3): 445-461. DOI: 10.1037/0882-7974.13.3.445.

[11] 唐丹丹, 刘培朵, 陈安涛. 色-词 Stroop 任务中的冲突类型述评[J]. 心理科学进展, 2012, 20(12): 1962-1970.
TANG D D, LIU P D, CHEN A T. A profile of conflict types in the color-word stroop task[J]. Adv Psychol Sci, 2012, 20(12): 1962-1970.

[12] CHANG C W, YEH S C, LI M T, *et al*. The introduction of a novel virtual reality training system for gynecology learning and its user experience research[J]. IEEE Access, 2019, 7: 43637-43653. DOI:10.1109/access.2019.2905143.

[13] DAVIS F D, BAGOZZI R P, WARSHAW P R. User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models[J]. Manag Sci, 1989, 35(8): 982-1003. DOI:10.1287/mnsc.35.8.982.

[14] CANTOR J, ENGLE R W. Working-memory capacity as long-term memory activation: an individual-differences approach[J]. J Exp Psychol Learn Mem Cogn, 1993, 19(5): 1101-1114. DOI:10.1037//0278-7393.19.5.1101.

[15] 陈天勇, 李德明. 执行功能可分离性及与年龄关系的潜变量分析[J]. 心理学报, 2005, 37(2): 210-217.
CHEN T Y, LI D M. The diversity of executive functions in normal adults: a latent variable analysis[J]. Acta Psychol Sin, 2005, 37(2): 210-217.

[16] MIYAKE A, FRIEDMAN N P, EMERSON M J, *et al*. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis[J]. Cogn Psychol, 2000, 41(1): 49-100. DOI: 10.1006/cogp.1999.0734.

[17] 曹煊. 虚拟现实的技术瓶颈[J]. 科技导报, 2016, 34(15): 94-103.
CAO X. Technological bottleneck of virtual reality[J]. Sci Technol Rev, 2016, 34(15): 94-103.

[18] BOHIL C J, ALICEA B, BIOCCA F A. Virtual reality in neuroscience research and therapy[J]. Nat Rev Neurosci, 2011, 12(12): 752-762. DOI:10.1038/nrn3122.

[19] 潘东旋, 王道湍, 李雪冰. 基于手机 APP 的双维 n-back 训练的认知与情绪效益[J]. 心理学报, 2018, 50(10): 1105-1119.
PAN D N, WANG D T, LI X B. Cognitive and emotional benefits of emotional dual dimension n-back training based on an APP[J]. Acta Psychol Sin, 2018, 50(10): 1105-1119.

[20] 余雪, 李开强, 刘玥, 等. 比较两种工作记忆训练对 ADHD 儿童的干预效果[J]. 中国临床心理学杂志, 2015, 23(2): 201-205.
YU X, LI K Q, LIU Y, *et al*. Interventional effects of working memory updating training and cogmed working memory training on children with ADHD[J]. Chin J Clin Psychol, 2015, 23(2): 201-205.

(**收稿**:2020-03-04;**修回**:2020-04-28)

(编辑 吴培红)