DOI:10.16016/j.2097-0927.202306119

虚拟现实技术在军事心理训练中的应用与启示

于伟成[1,2],韩立敏[3] 410028 长沙,国防科技大学研究生院[1];110042 沈阳,北部战区空军医院[2];410073 长沙,国防科技大学军政基础教育学院[3]

[摘要] 虚拟现实(virtual reality,VR)技术作为当前热门计算机技术之一,展现出广阔的使用前景。本研究梳理了VR的概念与技术特点,概括了VR技术在军事心理训练领域的应用:心理放松训练、认知训练、心理弹性训练、超常心理训练、创伤后成长训练、心理实验与监测、预防自杀沟通训练,并指出未来应当从理论、技术和宣教3个层面加强我军基于VR技术的军事心理训练。

[关键词] 虚拟现实;军事心理训练;应用;创伤后应激障碍
[中图法分类号] R319;R395.1;R821.2 [文献标志码] A

Application and enlightenment of virtual reality technology in military psychological training

YU Weicheng[1,2], HAN Limin[3] [1]Graduate School of National University of Defense Technology, Changsha, Hunan Province, 410028; [2]The Air Force Hospital of Northern Theater PLA, Shenyang, Liaoning Province, 110042; [3]College of Military and Political Basic Education Institute, National University of Defense Technology, Changsha, Hunan Province, 410073, China

[**Abstract**] Virtual reality (VR), currently, as one of the most popular computer technologies, has shown a broad applied prospect. In this article, we review the concept and technical features of VR, and summarize its application in the field of military psychological training: psychological relaxation training, cognitive training, psychological resilience training, extraordinary psychological training, post-traumatic growth training, psychological experiment and monitoring and suicide-preventing communication training. We also propose that in the future, we should strengthen our military psychological training based on VR in terms of theory, technology, and knowledge dissemination.

[**Key words**] virtual reality; military psychological training; application; post-traumatic stress disorder

Supported by the Key Project of Military Science of National Social Science Foundation (2020-SKJJ-B-027). Corresponding author: HAN Limin, E-mail: hanlimin2013@163.com

随着新军事变革的发展,军队人员需要更高的个人能力素质和团体协作能力应对战争新形势和战场新态势,如何通过军事心理训练有效提高官兵心理素质与心理健康水平,促进战斗力的生成与保障,是军事心理学研究的重要问题[1],国内外军队在传统军事心理训练方法外寻求新的探索与尝试。虚拟现实(virtual reality,VR)技术作为近年来广受关注的热门领域,在心理训练中展现出了优势与前景。

VR技术在综合计算机图形、多媒体、传感器、人机交互、网络、立体显示及仿真等多种技术的基础上发展而来[2],提供给使用者沉浸交互式软硬件设备,使其可以在计算机呈现的虚拟环境中感受与互动,进而对使用者的现实生活产生一定的影响。VR技术的研究可以追溯到20世纪80年代,最初研究者认为,VR技术是人类对计算机和极端复杂数据进行可视化、对其操纵并且开展互动的一种方式[3]。发展至今,已不仅仅限定于模拟视觉环境,而是追求能够在视觉、听觉、触觉、嗅觉、味觉等方面综合呈现逼真的计算机模拟环境,以供用户与此环境进行互动[4]。当前VR技术展现有“3I”特性,即沉浸性(immersion)、交互性

[基金项目] 国家社科基金军事学重点项目(2020-SKJJ-B-027)
[通信作者] 韩立敏,E-mail:hanlimin2013@163.com

2097-0927/Copyright © 2023,陆军军医大学(第三军医大学)。这篇开放获取文章遵循CC BY许可协议(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

(interaction)和构想性(imagination)[5],在军事心理选拔、心理治疗和心理训练中都有了广泛的应用。军事心理训练方面,以美军为例,其研发的"VRCPAT"高压力认知评估与增强训练系统、"STRIVE"心理弹性训练系统、"BRAVEMIND"创伤后成长训练系统等均展现出了 VR 技术的实用性与优势[6]。

开展 VR 技术应用研究是拓展军事心理训练方法的有效手段。虽然自 2016 年起国内 VR 技术得到了较大的发展,VR 呈现效果越来越好、产品价格越来越低,但其在国内军事心理训练中的应用仍处于探索阶段。本文旨在归纳梳理 VR 技术特点和国外军事应用,为其在国内军事心理训练中的研究与应用提供方向。

1 虚拟现实技术的研究现状和使用设计

1.1 虚拟现实技术的研究现状

对 VR 技术的研究主要可以归为两个方向,一是聚焦于 VR 的根本性理论与关键技术问题,关注 VR 的内涵、本质、特性、研究目标、具体技术和系统设计等方面,旨在对 VR 从理论基础到实现手段进行探索与改进,这类问题解决对 VR 技术的发展和实用化程度起着至关重要的作用;二是聚焦于 VR 技术在不同领域的实际应用,通过实验探究 VR 技术在教育、军事、医学、工业、传媒、游戏等各领域的可行性、有效性与优越性。

有研究者统计了 2015 年至 2021 年发表在中国知网(CNKI)的 VR 相关文献发现,VR 在实际运用方面的研究最多[7]。其中不少研究者关注 VR 技术在各领域训练培训中的运用,主要从经济性、有效性、安全性展现出 VR 技术的优势所在。有研究者指出,在以下 4 种情况中基于 VR 技术的训练相较于传统训练更为适合:建立现实世界的培训地点和组织参加培训会较为耗时耗力;准备现实世界的训练材料和聘请真人教练的价格昂贵;由于缺乏视觉提示来进行说明与过程展示,可能使训练不够直观,也不够具有吸引力;一些技能的训练只有在模拟环境中才能安全地开展[8]。

1.2 虚拟现实技术的使用设计

VR 技术具有高度构想性,可以由开发者设计出极其丰富多维的虚拟场景,因而需要根据明确具体的使用目的针对性设计场景与互动。场景设计部分包括 3D 建模和场景组织两个环节,前者构建虚拟环境中的物体模型,包括建筑物、动植物、地形、气候、人物等,是呈现虚拟环境的基础,后者则侧重于场景中不同信息的组织和场景的渲染,以提升场景整体的协调度和逼真度,进而提高使用者的沉浸感。目前有不少较为成熟的软件工具与平台支持虚拟现实环境的构建,例如 Blender 软件、3Dmax 软件、Unity3D 平台、Unreal 平台等,一定程度上降低了制作虚拟场景的复杂性与难度。同时也有另一种虚拟场景的建设方式,即将来源于影视或游戏的 2D 视频材料通过专业软件如 ArcSoft MediaConverter 进行 3D 转码后,导入 VR 设备以供使用。后一种方式相较于前一种方式整体更为便捷经济,但具体场景构建受限更为明显,两者的选择需要综合考虑多方因素,最终服务于 VR 技术的具体使用目的。而互动设计部分则是指虚拟场景需要根据传感器传入的何种信息进行怎样的变化,目前已有的市场设备如 VR 头戴显示器、VR 手柄、VR 手套、万象跑步机、模拟驾驶器和各类生理数据传感器等能有效输入使用者行为与生理指标,而与虚拟场景的匹配则需要通过虚拟现实系统进行开发与设置。

在设计 VR 场景时,需要着重考虑重复使用问题,若存在重复使用需求应当增加场景或增加场景的可调整设置,同时提供不同的任务以减少练习效应的影响。而在 VR 技术实际运用中,应当对使用者的沉浸感进行评估,结合整体使用效果表现评价当前方法和软硬件设备设计使用的有效性。

2 虚拟现实技术在军事心理训练中的应用

在心理学应用中,因能提供严格可控的实验刺激、提高实验的可重复性、有效提高实验的生态效度[9],以及避免实地操作带来的潜在危险[10],VR 技术相较于传统心理学技术手段提供的方法更为系统稳定、提供的数据更为精确直观、提供的环境与操作更为逼真与可控,不论是作为心理实验研究的辅助工具、精神心理测量评估的工具还是临床心理疾病的治疗工具[11],都已经有了广泛的尝试与应用。尤其是在心理训练中,VR 技术展现出广阔的应用空间。在军事领域,心理训练聚焦提升军队人员心理素质水平[12]和心理健康水平,强调培育完成军事任务必需的心理能力,而目前 VR 技术在该方向的应用已经涵盖提升平时与战时军事环境适应水平、军事作业心理能力和军人心理健康水平等方面。通过营造逼真的军事环境、布置规定的军事任务、提供专业的心理指导、呈现直观的表现数据,VR 技术能有效支持开展军事条件下的心理训练。具体而言,目前 VR 技术在心理放松训练、认知训练、心理弹性训练、超常心理训练、创伤后成长训练、预防自杀沟通训练、心理训练效果监测与评估等方面已有了探索与应用。

2.1 心理放松训练

军事心理训练中,心理放松训练是最为基础和常用的组成部分,包括呼吸放松训练、渐进式肌肉放松训练、想象放松训练、正念冥想训练等方法。这类训练大多通过调节生理行为增强副交感神经活动,进一步平稳心率、呼吸、血压,减轻身体的紧张和压力,能在短时

间内迅速改善身心放松状态。在此过程中,VR 技术能通过提供直接的环境构建和训练引导提高生理调控训练效果,对于掌握如何在军事环境里和军事作业时及时调节稳定心理状态有着重要作用。使用者可以自由选择适合自己的安全、放松的虚拟环境场景,如森林、海滩、草原、舒适静谧的房间等,在视觉、听觉、触觉等设备的配合下获得高度沉浸感而暂时忘却所处的现实环境,同时能够根据直接的指导与示范进行放松训练。而生理信息采集反馈至 VR 系统后场景设置与引导及时产生调整,达到逐步提升放松效果的目的。国内有研究团队与地方公司联合研发了虚拟现实心理放松训练系统(VRPsyRIS),发现经过 4 周每周 2 次、每次 40 分钟的训练能显著降低大学生被试在焦虑自评量表(SAS)的得分[13]。由于心理放松训练方式具有社会普遍适用性且整体流程较为简单,基于 VR 技术的产品也易于满足此类使用需求,地方研究成果与产品大多可以直接借鉴使用于部队。

2.2 认知训练

自 2001 年认知域首次作为独立的军事概念被提出以来[14],各国军队对人的认知在战争中作用的认识逐步提高。当前高新技术武器迅速更新,混合战争形式多样,作战方式灵活多变多维,对军人的认知需求显著增加[15],军人的认知表现对军事行动的过程和结果都起到重要作用,军事压力性情境下的认知训练需要重点关注。2008 年美军就研发“虚拟伊拉克/阿富汗虚拟现实环境测试刺激库”(virtual Iraq/Afghanistan VRET simulation)以进行虚拟现实认知绩效评估测试(virtual reality cognitive performance assessment test,VRCPAT)[16],该测试的 1.0 版与 2.0 版在虚拟情景下主要对军人的认知功能进行生理心理评估和适应性修复与治疗训练,相较于传统认知测验和认知训练具有良好的灵活性、可操控性和生态效度,对战场情境下的心理认知训练提供更为直观和有效的方法。而在国内也有将 VR 技术运用于陆军军人工作记忆训练的探索,主要在模拟战场环境条件下,要求实验组被试完成车辆驾驶任务后完成工作记忆任务,比较其训练前后工作记忆容量、刷新功能、转换功能、抑制功能等方面的差异,并且与对照组进行比较,展现 VR 技术在我国陆军军人工作记忆训练中的可行性与有效性[17],推动 VR 技术在国内军人认知训练中的应用。

2.3 心理弹性训练

心理弹性(resilience)是指个体在面临压力事件时恢复和保持适应性行为的能力,重点关注个体在面对压力事件时的应对方式与适应状况[18-19]。多年来心理弹性都是各国军事心理研究的热门领域,提高军人心理弹性水平能有效提高其心理健康水平、提高压力情境下的心理表现、减少应激性事件引起的心理损伤。如何应对或克服逆境与压力持续吸引着军事心理学研究者们,而其中研究最多、最有效的方法之一就是压力情境训练[20]。例如将 VR 技术运用于相关人员的跳伞训练和飞行训练,就是通过呈现简单的压力情境,提升受训人员参加相应军事行动的心理素质与技能水平,在国内外军队有了大量的应用。2012 年美军启动了基于虚拟环境的压力心理弹性训练(stress resilience in virtual environments,STRIVE)项目,用于提升即将参与部署士兵的战场应对能力[21]。该系统在一个完整故事链中呈现 30 个包含挫折事件的虚拟战争场景,并在每个场景呈现 5~10 min 后通过虚拟导师指导士兵调节情绪和重建认知,从而训练提高军人的心理弹性水平和应对突发状况的能力。STRIVE 项目采用的这种方法又被称为应激接种训练,已经有证据表明该方法能够减少神经内分泌反应和皮质醇反应,并有效提高士兵的应对能力。目前国内也有相关探索。有军校团队通过 VR 一体机呈现残酷战争场景,随后要求被试摘下 VR 一体机后通过听音乐和深呼吸进行放松,为国内的作战心理素质训练提供了方法探索[22]。而针对应急救援人员研发的心理适应性训练系统设计了高空心理适应性训练、火场心理适应性训练、地震心理适应性训练三个模块[23],可以借鉴使用于我军部队相关系统的研发。

2.4 超常心理训练

在军事训练中,极限军事训练作为一种特殊形式,能使官兵在之后的训练中展现出超水平表现,最为著名的就是武警部队的“魔鬼周”极限训练[24]。目前极限军事训练主要包括五类,即极限体能训练、超常心理训练、超强技能训练、野外生存训练、超常智能训练,其中超常心理训练是指受训对象在生活条件无法完全保障的情况下,承受恶劣环境和高强度复杂刺激的影响,同时完成连续作业任务,以接近和达到心理负荷极限的训练。基于 VR 的超常心理训练对提高恶劣条件下的作战心理素质提供了可行的方法。国内团队从环境构建与组织实施两个角度出发,设计基于 VR 的超常心理训练系统,构建 2 个不同的战时军事环境,要求使用者完成极端战争条件下的光亮通信与手语通信任务,以重点提升官兵的超常心理素质与超常智能水平[25]。该尝试对深入实战化训练、开展极限军事训练、结合军事训练与军事心理训练都有着启发性意义。

2.5 创伤后成长训练

创伤后应激障碍(post-traumatic stress disorder,PTSD)是在经历对人的生命和健康构成威胁的创伤性事件后出现的一种精神和行为障碍[26]。这种创伤性事件可以是参加、经受或目睹战争、恐怖行为、交通事

故、性侵犯、家庭暴力等。其中,战争是最具挑战性的事件之一。在各国现役与退役军人中 PTSD 的发病问题已经对公共卫生构成了巨大挑战[27],根据各类研究报道,参与了伊拉克和阿富汗的行动的约 250 万美国军人中 10%~30%患有 PTSD[28]。在 2010 年代末,用于治疗退伍军人 PTSD 与抑郁症的费用预计达到 9.23 亿美元,这给医疗保健带来了沉重的负担[29]。因而,对于 PTSD 的研究受到加大关注。2011 年美军研发了“BRAVEMIND”虚拟现实训练系统,通过 5 周每周 2 次、每次 90~120 min 的训练治疗,能显著缓解 PTSD 症状,并且这种效果能持续至少 3 个月以上[30-31]。而一项 meta 分析表明,虚拟现实暴露疗法(virtual reality exposure therapy, VRET)能显著改善 PTSD 患者的创伤后应激障碍症状与抑郁症状,鉴于暴露疗法(exposure therapy, ET)被建议作为 PTSD 的一线治疗方法,VRET 可能也是 PTSD 暴露治疗的潜在有效工具[32]。相较于传统暴露疗法,VRET 在提供虚拟、安全、可分级的场景方面更有优势,同时由于 VRET 使患者不必要前往特定机构场所参与,能减少患者与他人的面对面接触,可以有效提高其参与 PTSD 恢复训练的意愿和满意度[8,33]。

2.6 预防自杀沟通训练

自杀是各国军队面临的普遍性问题。美国国防部《年度自杀报告(2020)》显示,美国现役军人的自杀率从 2019 年的每 10 万人中 26.3 人自杀上升到 2020 年的 28.7 人,达到自 2008 年开始详细记录现役军人自杀率以来的最高值[34]。2021 年 3 月 2 日,美国国防部披露了美国空军为遏制不断上升的军事人员自杀率而推出的一项 VR 训练项目[35]。该项目在 30 分钟场景设计内,指导参与者如何去有效说服有情绪困扰的虚拟飞行员寻求专业帮助、降低采取自杀行为的风险。该项目面向飞行员及其配偶,主要特点在于声控的操作方式,参与者需要大声说出可能以前从未说过的话以达到训练的效果。该项目对掌握正确的沟通劝导方式、提高心理干预能力、降低军人自杀率或许有一定帮助,但具体效果如何仍有待考证。

2.7 心理训练效果监测与评估

VR 技术的软硬件设备经过系统设计,可以严格控制实验变量,根据目的呈现特定种类与强度的实验刺激,而由于设备有具体的版本型号,不管是现实施测环境还是设备提供的虚拟现实环境都有较高可重复性,将心理测量流程标准化。除此之外,基于 VR 技术的沉浸性,被试在使用过程中能更加自然和真实地反应,同时在生物识别技术的加持下采取更为真实、直接、动态的手段监测使用者的心理生理变化情况,大大补充了心理实验中同步监测记录手段并减少因语言或偏见引起的结果偏差,为心理理论探索和实验改进提供更为严谨、直观、有力的证据。目前比较普遍使用的生理心理监测指标包括眼球追踪、面部肌电图(facial electromyography, fEMG)、皮肤电反应(galvanic skin response, GSR)、心率变异性(heart rate variability, HRV)等,而后两者使用最为广泛,能用来预测被试的情感状态[36]。VR 技术在心理实验与监测上的独特优势可以体现在军事心理训练的各个领域中,结合传统心理测验共同反映训练中和训练后的变化与效果,有着非常重大的意义。

3 对我军的启示与展望

VR 技术作为最被看好的计算机技术之一,在过去的几年飞速发展,未来更是有着广阔的使用空间。但目 VR 技术在我国的发展仍不够系统全面,在游戏、展览、影视等娱乐相关方面使用得多、在科学专业领域应用得少,在虚拟现实公司发展得多、在推广使用方面发展得少,存在使用率低、普及率低的特点,民众对其认识存在较大补足空间。同时,VR 技术本身也存在一定的限制与问题,亟待研究解决。整体而言,VR 技术在我军军事心理训练领域的应用尚在摸索之中,不论是科研人员、施训人员还是受训人员,都需要提升认识与明确使用规范。借鉴外军已有研究成果,结合我军部队现状,可以从理论架构、技术研究和科普宣传三个方面进行深入探索。

3.1 加速理论构建,健全虚拟现实技术科学理论研究

在社会广泛关注和媒体宣传报道下,VR 技术虽然迸发出勃勃生机,但国内缺少系统的理论研究与体系架构,目前使用仍主要集中在游戏与影音领域,无法开展全方位系统应用。对于 VR 技术的概念定义、研究范式、影响有效程度与持续时间等尚无定论,需要加速从理论层面探究 VR 技术本质内涵、实现方式与作用机理,综合现实科技水平和发展潜能,形成适用于我国的 VR 技术发展体系架构,以科学理论指导现实使用。在此基础上与我军主流军事心理训练理论相结合,形成创新、多元、合理、有效、安全的军事心理训练模式,为提升部队战斗力提供理论支撑。

3.2 加强科技创新,突破虚拟现实技术核心技术瓶颈

VR 技术的有效程度很大程度上依赖于其“3I”特性的实现,如何提升沉浸感、增强交互性、提高构想度,要从人-机-环多个环节加强研发。目前 VR 设备存在容易引发眩晕[37]、沉浸度不高、操作不够简便等问题。而在军事心理训练领域,团体心理训练是重要组成部分,有助于团队合作品质与技能的增强,但目前的 VR 设备较少关注此方面,大多也难以支持多人在同一系统中交互。这些问题的解决需要落实在软硬件研发的具

体环节中,涉及多学科交叉,既应当加强跨学科交流,也要加强军地合作,共同攻克技术难题,突破技术瓶颈。

3.3 加紧科普宣教,破除对军事心理训练的片面认知

虽然我军部队对于军事心理训练的重视程度越来越高,但尚未形成普遍的正确观念,很多官兵对心理训练的认识尚且停留在“放松”、“游戏”的层面,不利于心理训练的展开与效果。对于 VR 技术亦然,由于社会可接触的 VR 设备基本都应用于娱乐,其在科学研究中的应用鲜有人知。将 VR 技术运用于军事心理训练需要首先纠正参训受训人员认知上的偏差,在普及军事心理训练和 VR 技术的过程中加强科普宣教,破除官兵固有偏见,正确宣传两者的科学作用,同时加强施训人员培训,明确 VR 设备在军事心理训练中的使用规范,才能使军事心理训练和 VR 技术更好地服务各级官兵,进而发挥成效,促进部队战斗力的生成与保障。

参考文献:

[1] 许珂, 王佳, 冯正直, 等. 我军军事心理训练研究热点:基于中国知网的知识图谱分析[J]. 心理技术与应用, 2020, 8(1): 41-50. DOI: 10.16842/j.cnki.issn2095-5588.2020.01.006
XU K, WANG J, FENG Z Z, *et al*. A knowledge-mapping analysis of China research on military psychological training [J]. Psychol Tech Appl, 2020, 8(1): 41-50. DOI: 10.16842/j.cnki.issn2095-5588.2020.01.006

[2] 常祺, 许鹏飞. 前沿虚拟现实技术在军队科学化训练中的应用[J]. 实用医药杂志, 2017, 34(3): 193-196, 202. DOI: 10.14172/j.issn1671-4008.2017.03.001.
CHANG Q, XU P F. Application of advanced VR technology in the military scientific training[J]. Pract J Med Pharm, 2017, 34(3): 193-196, 202. DOI: 10.14172/j.issn1671-4008.2017.03.001.

[3] AUKSTAKALNIS S, BLATNER D. Silicon Mirage: The Art and Science of Virtual Reality[M]. Berkeley, CA: Peachpit Press,1992.

[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. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9348.2018.01.001
SUN B L. Review of the application of virtual reality technology in American army[J]. Comput Simul, 2018, 35(1): 1-7. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9348.2018.01.001

[5] BURDEA G, COIFFET P. Virtual Reality Technology[J]. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 2003, 12(6): 663-664.

[6] 王佳, 许珂, 程晓彤, 等. 虚拟现实技术在军事心理训练中的研究与展望[J]. 军事医学, 2019, 43(9): 699-703. DOI: 10.7644/j.issn.1674-9960.2019.09.013.
WANG J, XU K, CHENG X T, *et al*. Application of virtual reality technology in military psychological training[J]. Mil Med Sci, 2019, 43(9): 699-703. DOI: 10.7644/j.issn.1674-9960.2019.09.013.

[7] 黄冠, 曾靖盛. 虚拟现实技术的研究现状、热点与趋势[J]. 中国教育信息化, 2022(10): 49-57.
HUANG G, ZENG J S. Research status, hot topic and trend of virtual reality[J]. Chin J ICT Educ, 2022(10): 49-57.

[8] XIE B, LIU H M, ALGHOFAILI R, *et al*. A review on virtual reality skill training applications[J]. Front Virtual Real, 2021, 2: 645153. DOI: 10.3389/frvir.2021.645153.

[9] PAN X N, DE C HAMILTON A F. Why and how to use virtual reality to study human social interaction: the challenges of exploring a new research landscape[J]. British J Psychology, 2018, 109(3): 395-417. DOI: 10.1111/bjop.12290.

[10] LI M Y, WU H N, KUAI S G, *et al*. Application of virtual reality technology in assessment of executive function[J]. Adv Psychol Sci, 2017, 25(6): 933. DOI: 10.3724/sp.j.1042.2017.00933.

[11] 张为忠, 连榕, 许艳凤. 虚拟现实技术在心理学领域的应用与展望[J]. 应用心理学, 2020, 26(1): 15-29.. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6020.2020.01.002
ZHANG W Z, LIAN R, XU Y F. Applications and prospect of virtual realiy technology in psychological studies[J]. Chin J Appl Psychol, 2020, 26(1): 15-29.. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6020.2020.01.002

[12] 冯正直. 军人心理素质训练[M]. 重庆: 重庆出版社, 2003: 3-40.

[13] 张志松, 李福华. 虚拟现实心理放松系统干预大学生焦虑情绪的研究[J]. 教师教育研究, 2018, 30(2): 88-93. DOI: 10.3969/j.issn.1671-0916.2017.03.011
ZHANG Z S, LI F H. A virtual reality combined with psychological relaxation intervention system study on college Students´Anxiety[J]. Teach Educ Res, 2018, 30(2): 88-93. DOI: 10.3969/j.issn.1671-0916.2017.03.011

[14] U.S. Department of Defense, Network Centric Warfare: Department of Defense Report to Congress[R/OL]. (2022.4.21)[2023.6.25]. http://www.dodccrp.org/files/ncw_report/report /ncw_main.pdf.

[15] 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. DOI: 10.7644/j.issn.1674-9960.2019.05.013.
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. DOI: 10.7644/j.issn.1674-9960.2019.05.013.

[16] PARSONS T D, COURTNEY C, RIZZO A A, *et al*. Virtual reality paced serial assessment test for neuropsychological assessment of a military cohort[J]. Stud Health Technol Inform, 2012, 173: 331-337.

[17] 程晓彤, 王佳, 徐慧敏, 等. 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[J]. 第三军医大学学报, 2020, 42(13): 1259-1265. DOI: 10.16016/j.1000-5404.202003045.

CHENG X T, WANG J, XU H M, *et al*. Feasibility and validity of working memory training system based on virtual reality technology for army soldiers[J]. J Third Mil Med Univ, 2020, 42(13): 1259-1265. DOI: 10.16016/j.1000-5404.202003045.

[18] WERNER E E. Resilience in Development[J]. Current Directions in Psychological Science, 1995, 4(3): 81-84

[19] REIVICH K J, SELIGMAN M E P, MCBRIDE S. Master resilience training in the U.S. army[J]. Am Psychol, 2011, 66(1): 25-34. DOI: 10.1037/a0021897.

[20] PALLAVICINI F, ARGENTON L, TONIAZZI N, *et al*. Virtual reality applications for stress management training in the military[J]. Aerosp Med Hum Perform, 2016, 87(12): 1021-1030. DOI: 10.3357/amhp.4596.2016.

[21] RIZZO A, PARSONS T D, LANGE B, *et al*. Virtual reality goes to war: a brief review of the future of military behavioral healthcare[J]. J Clin Psychol Med Settings, 2011, 18(2): 176-187. DOI: 10.1007/s10880-011-9247-2.

[22] 张志勇, 王斌, 文豪. 基于VR的军校本科学员作战心理素质训练研究与实践[J]. 大学教育, 2022, 11(12): 210-212. DOI: 10.3969/j.issn.2095-3437.2022.12.061
ZHANG Z Y, WANG B, WEN H. Research and practice of military academy undergraduate students´ psychological quality training based on VR[J]. Univ Educ, 2022, 11(12): 210-212. DOI: 10.3969/j.issn.2095-3437.2022.12.061

[23] 汤华清, 辛勃呈, 赵金道, 等. 基于VR技术的心理适应性训练系统设计与实现[J]. 消防科学与技术, 2023, 42(4): 541-544.. DOI: 10.3969/j.issn.1009-0029.2023.04.022
TANG H Q, XIN B C, ZHAO J D, *et al*. Design and implementation of psychological adaptability training system based on VR technology[J]. Fire Sci Technol, 2023, 42(4): 541-544.. DOI: 10.3969/j.issn.1009-0029.2023.04.022

[24] 孔繁明, 孙帅泽, 孔维涛. "魔鬼周"极限训练启示: 以武警"猎鹰突击队"为例[J]. 军事体育学报, 2017, 36(1)13-15. DOI: 10.3969/j.issn.1671-1300.2017.01.006
KONG F M, SUN S Z, KONG W T. Enlightenment of "hell week" extreme training—take the PAP falcon commando as an example[J]. J Mil Phys Educ Sports, 2017, 36(1)13-15. DOI: 10.3969/j.issn.1671-1300.2017.01.006

[25] 张志勇, 陶良云, 湛蓝, 等. 基于虚拟现实技术的极限军事训练[J]. 国防科技, 2022, 43(1): 120-124. DOI: 10.13943/j.issn.1671-4547.2022.01.18
ZHANG Z Y, TAO L Y, ZHAN L, *et al*. Extreme military training based on Virtual Reality technology[J]. Natl Def Sci Technol, 2022, 43(1): 120-124. DOI: 10.13943/j.issn.1671-4547.2022.01.18

[26] 美国精神医学学会编著,张道龙等译.精神障碍诊断与统计手册[M].北京:北京大学出版社,2015: 262-272.

[27] STEENKAMP M M, LITZ B T, HOGE C W, *et al*. Psychotherapy for military-related PTSD: a review of randomized clinical trials[J]. JAMA, 2015, 314(5): 489-500. DOI: 10.1001/jama.2015.8370.

[28] WOOD D P, ROY M J, WIEDERHOLD B K, *et al*. Combat-related post-traumatic stress disorder: a case report of virtual reality graded exposure therapy with physiological monitoring in a U.S. navy officer and a U.S. army officer[J]. Cureus, 2021, 13(11): e19604. DOI: 10.7759/cureus.19604.

[29] KILMER B, EIBNER C, RINGEL J S, *et al*. Invisible wounds, visible savings? Using microsimulation to estimate the costs and savings associated with providing evidence-based treatment for PTSD and depression to veterans of Operation Enduring Freedom and Operation Iraqi Freedom[J]. Psychol Trauma Theory Res Pract Policy, 2011, 3(2): 201-211. DOI: 10.1037/a0020592.

[30] RIZZO A, ROY M J, HARTHOLT A, *et al*. Virtual reality applications for the assessment and treatment of PTSD[M]// Handbook of Military Psychology. Cham: Springer, 2017: 453-471. 10.1007/978-3-319-66192-6_27

[31] MAPLES-KELLER J L, PRICE M, RAUCH S, *et al*. Investigating relationships between PTSD symptom clusters within virtual reality exposure therapy for OEF/OIF veterans[J]. Behav Ther, 2017, 48(2): 147-155. DOI: 10.1016/j.beth.2016.02.011.

[32] KOTHGASSNER O D, GOREIS A, KAFKA J X, *et al*. Virtual reality exposure therapy for posttraumatic stress disorder (PTSD): a meta-analysis[J]. Eur J Psychotraumatol, 2019, 10(1): 1654782. DOI: 10.1080/20008198.2019.1654782.

[33] BOTELLA C, SERRANO B, BAÑOS R M, *et al*. Virtual reality exposure-based therapy for the treatment of post-traumatic stress disorder: a review of its efficacy, the adequacy of the treatment protocol, and its acceptability[J]. Neuropsychiatr Dis Treat, 2015, 11: 2533-2545. DOI: 10.2147/NDT.S89542.

[34] 美国防部最新报告:2020年美军现役人员自杀率创历史新高[EB/OL].(2021.10.9)[2023.6.25]. http://military.people.com.cn/n1/2021/1009/c1011-32248113.html.

[35] KYLE M: US Air Force Experiments With VR Suicide Prevention Training[EB/OL].(2021.3.2)[2023.6.25]. https://vrscout.com/news/us-air-force-vr-suicide-prevention-training/amp.

[36] CACIOPPO J, TASSINARY L. Handbook of Psychophysiology[M]. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2000.

[37] ZHU Y Q, LI N. Virtual and augmented reality technologies for emergency management in the built environments: a state-of-the-art review[J]. J Saf Sci Resil, 2021, 2(1): 1-10. DOI: 10.1016/j.jnlssr.2020.11.004.

(**收稿**:2023-06-30;**修回**:2023-10-11)

(编辑 张艺霖)