

VR虚拟拥抱干预负性情绪的数字疗愈

——基于视知觉色彩与社会存在影响调适效果的实证研究

晁辰熙, 齐嘉, 王馨妍, 麻珂*

西南大学心理学部, 重庆

收稿日期: 2026年4月30日; 录用日期: 2026年5月29日; 发布日期: 2026年6月10日

摘要

目的: 探讨虚拟现实(VR)环境下背景颜色与在场人数对虚拟拥抱干预负性情绪效果的影响, 为设计个性化VR情绪调适干预方案提供依据。方法: 实验一: 单因素被试内设计, $N = 22$, 通过观看视频材料来进行负性情绪唤醒, 对比暖色和冷色背景下虚拟拥抱调节负性情绪的效果, 使用主观情绪自评量表(SAM)验证干预效果。实验二: 单因素被试内设计, $N = 20$, 操纵虚拟环境中的在场人数(1/2/5人)考查人际情绪调节效应对VR虚拟拥抱调节负性情绪效果的影响。结果: 1) 环境颜色效应: 暖色背景下VR虚拟拥抱对负性情绪的改善效果显著优于冷色背景。独立样本T检验结果显示, 行为问卷指标差异显著($t = -3.088, p < 0.01$), 皮电生理指标($t = 2.406, p < 0.05$), 心率生理指标($t = 2.924, p < 0.01$); 2) 人际情绪调节效应: 各旁观者组在干预后负性情绪均显著改善; 基线-唤醒-改善序列的主效应极显著, 包括行为问卷($F = 53.391, p < 0.001$), 皮电($F = 31.289, p < 0.001$)和心率($F = 35.257, p < 0.001$), 对行为和生理数据进一步分析显示: 5人旁观组调节效果显著优于2人旁观组($p < 0.05$)和1人旁观组($p < 0.05$)。结论: VR虚拟拥抱是调节负性情绪的有效手段, 在使用VR虚拟拥抱进行负性情绪调适时, 选择暖色背景和多人在场的环境效果更优。

关键词

虚拟现实技术, 情绪, 环境心理学, 拥抱

VR Virtual Embrace Intervention for Digital Healing of Negative Emotions

—An Empirical Study on the Adjustment Effect Based on Visual Perception Color and Social Existence Influence

Chenxi Chao, Jia Qi, Xinyan Wang, Ke Ma*

Faculty of Psychology, Southwest University, Chongqing

*通讯作者。

Abstract

Objective: To explore the effects of background color and the number of people present in a virtual reality (VR) environment on the negative emotion intervention efficacy of virtual hugs, so as to provide a basis for designing personalized VR emotion regulation intervention programs. **Methods:** Experiment 1 adopted a one-factor within-subjects design with 22 participants. Negative emotions were induced by watching video materials, and the effects of virtual hugs on regulating negative emotions under warm-color and cold-color backgrounds were compared. The Self-Assessment Manikin (SAM) was used to verify the intervention effect. Experiment 2 also adopted a one-factor within-subjects design with 20 participants. The number of people present in the virtual environment (1/2/5 people) was manipulated to examine the impact of interpersonal emotion regulation effects on the efficacy of VR virtual hugs in regulating negative emotions. **Results:** 1) Environmental color effect: The improvement effect of VR virtual hugs on negative emotions under warm-color backgrounds was significantly better than that under cold-color backgrounds. Independent-samples t-test results showed significant differences in behavioral questionnaire indicators ($t = -3.088, p < 0.01$), skin conductance physiological indicators ($t = 2.406, p < 0.05$), and heart rate physiological indicators ($t = 2.924, p < 0.01$). 2) Interpersonal emotion regulation effect: Negative emotions were significantly improved in all bystander groups after intervention; the main effect of the baseline-arousal-improvement sequence was highly significant, including behavioral questionnaires ($F = 53.391, p < 0.001$), skin conductance ($F = 31.289, p < 0.001$), and heart rate ($F = 35.257, p < 0.001$). Further analysis of behavioral and physiological data revealed that the regulation effect of the 5-bystander group was significantly better than that of the 2-bystander group ($p < 0.05$) and the 1-bystander group ($p < 0.05$). **Conclusion:** VR virtual hugs are an effective means to regulate negative emotions. When using VR virtual hugs for negative emotion regulation, environments with warm-color backgrounds and multiple people present achieve better effects.

Keywords

Virtual Reality Technology, Emotions, Environmental Psychology, Embrace

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

情绪(emotion)是一系列认知经验的统称, 是人对客观事物的态度体验以及相应的行为反应。一般分为正性情绪和负性情绪。正性情绪是乐观向上、为人们所乐于追求的情绪状态, 对个体的身心发展有着重要作用; 负性情绪(negative emotion)则是指不愉悦的基本主观体验, 涵盖愤怒、沮丧、焦虑、悲伤、痛苦、恐惧和紧张等各类令人不适的情绪状态。当今时代, 负性情绪如焦虑、抑郁、孤独等已成为现代社会普遍存在的心理健康问题, 不仅会损害个体的认知功能和身心健康(李静, 卢家楣, 2007; Fredrickson & Branigan, 2005), 还会增加各种心理障碍的发病风险。传统的负性情绪干预方法主要依赖专业心理咨询师的面对面服务, 存在专业人员短缺、服务成本高、地域可及性低等局限性(Fairburn & Patel, 2017; 王雪, 王广新, 2014), 难以满足日益增长的社会心理健康需求。

虚拟现实(Virtual Reality, VR)技术的迅猛发展为解决这一难题提供了全新的技术路径, 其高沉浸感、高

交互性的特质使其成为一种极具潜力的新型情绪干预手段(Freeman et al., 2017)。VR 技术通过数据化的感知觉体验创造交互式的虚拟世界,具有高沉浸感、高交互性和高可控性三大核心特征(Freeman et al., 2017)。研究发现,虚拟刺激可以触发与现实刺激相似的生理和心理反射反应,且 VR 环境引发的情绪反应强度往往大于物理环境(Yamada & Kawabe, 2011)。这一特性使 VR 技术在心理干预领域展现出独特优势:心理从业人员能够严格控制刺激呈现的强度和节奏,精准实施干预策略(王希等, 2017);VR 程序可反复使用,使来访者能够以自助形式获取稳定化、即时化的心理服务,显著降低服务成本(Fairburn & Patel, 2017)。目前,国内外已有大量研究证实了 VR 技术在负性情绪干预中的有效性。研究者通过设计 360°视频、游戏训练、沉浸式冥想、虚拟心理咨询等多种干预内容,发现 VR 干预能够显著降低来访者的焦虑、抑郁情绪和主观压力水平。然而,现有研究大多关注干预内容本身的设计,而忽视了虚拟环境中其他关键因素对干预效果的影响,这在一定程度上限制了 VR 情绪干预效果的进一步提升。具身认知理论认为,身体体验与认知过程和情绪体验密切相关,身体接触是形成和维持社会纽带、促进心理健康的核心要素(Walker & McGlone, 2013)。经典的恒河猴实验早已证明,身体接触在依恋发展中具有不可替代的作用(Harlow & Zimmerman, 1959)。后续大量研究进一步证实,适当的身体接触可以降低心率、血压和皮质醇水平等生理压力指标(Grewen et al., 2005),增强心率变异性(Triscoli et al., 2017b),增加催产素、血清素和多巴胺等与积极情绪相关的神经递质分泌(Field, 2019),同时减少与压力和焦虑相关的交感神经活动(Triscoli et al., 2017a)。

拥抱作为情感触摸的典型形式,其强大的情绪调节功能已得到广泛科学验证。已有研究证实,拥抱不仅能够有效缓冲压力(van Raalte & Floyd, 2021),还可传达情感支持和社会支持(Cohen et al., 2015),同时对男性的睾丸激素水平产生积极影响(van Anders et al., 2011)。在此基础上,虚拟拥抱作为一种新兴的情感体验形式,被定义为虚拟环境中个体通过视觉感知与交互操作所获得的拥抱体验(王馨妍等, 2024)。初步研究表明,即便缺乏真实的物理接触,仅仅是“看到”自己被拥抱,也可能激活大脑中与积极情感相关的神经区域,进而带来积极的情绪体验(Morrison, 2016)。从研究发展脉络来看,早期拥抱研究主要聚焦于人际拥抱领域,重点探讨了其性别差异(Turnbull et al., 1995)、拥抱舒适度(Fromme et al., 1989)、侧化现象(Ocklenburg et al., 2018)及文化差异等方面展开探讨,为后续研究奠定了基础。近年来,随着科技的发展,拥抱研究的范围逐步拓展,研究者开始关注人类与非人类物体之间的拥抱体验,通过设计 Hugive 抱枕(Keshmiri et al., 2018)、拥抱机器人(Block & Kuchenbecker, 2019)等物理媒介开展实验,证实了非人际拥抱同样具有积极的情绪调节功效。随后,相关研究进一步延伸至虚拟场景,借助自我虚拟化身等实验范式,证实了 VR 虚拟拥抱在缓解悲伤情绪方面的显著作用(Wang et al., 2025)。

上述系列研究层层递进,从人际拥抱到非人际拥抱,再到虚拟拥抱,逐步验证了不同形式拥抱的情绪调节价值,也为“虚拟拥抱”作为情绪调节干预方式的可行性提供了坚实的科学支撑与理论依据。然而,尽管虚拟拥抱已展现出良好的应用潜力,现有研究仍存在明显局限(Wang et al., 2025),即研究重点放在虚拟拥抱本身的设计优化上,却忽视了虚拟环境中其他相关因素对其情绪干预效果可能产生的影响,这一研究缺口也为本次研究提供了明确的探索方向。环境心理学研究表明,视觉环境尤其是颜色会显著影响个体的情绪体验。不同色彩可以引发不同的情感和心里反应:暖色通常与活力、紧张、兴奋相关,而冷色则与放松、舒适、安全、和平的情绪状态相联系(Stone, 2003)。研究发现,红色和紫色等暖色会加剧 DLPFC、FEF 等脑区的激活,增强认知控制负荷和注意力警觉性,有效回调负性情绪(Zhang et al., 2023);环境因素能有效减弱个体的愤怒情绪,而人在接触暖色调内饰会感到更愉悦(沈洁, 许莉钧, 2024)。然而,不同背景颜色是否会对负性情绪的调节效果产生影响,目前尚无研究探讨。

基于上述已有研究的结论,我们提出猜想:是否暖色调环境下的虚拟拥抱对负性情绪的调节效果优于冷色调环境?此外,虚拟空间中社会情境也是影响情绪体验的重要因素。人际情绪调节理论(Interpersonal Emotion Regulation, IER)指出,情绪调节并非单纯的个体内部心理加工过程,而是高度依赖社会情境与他

人互动的适应性行为,其核心在于个体通过借助外部社会环境及他人线索,实现自身情绪状态的管理、缓解与修复(Butler & Randall, 2013)。在 VR 环境中,虚拟旁观者的存在可能会改变个体对虚拟拥抱的感知和体验,进而影响其情绪调节效果。但现有研究大多采用单人场景(Turnbull et al., 1995),很少考虑社会情境因素的作用。基于人际情绪调节理论,我们提出假设:虚拟场景中的在场人数会调节虚拟拥抱的情绪干预效果,适当的在场人数能够增强虚拟拥抱的社会支持感知,从而提升其负性情绪调节效果。如何优化 VR 情绪干预的设计以提升其效果,仍是当前研究亟待解决的关键问题。本研究旨在通过两个实证研究,聚焦于 VR 虚拟拥抱这一新兴干预方式,系统考查环境背景颜色和在场人数对 VR 虚拟拥抱干预负性情绪效果的影响。旨在为设计更高效的 VR 心理干预方案提供科学依据。研究一将聚焦于视觉环境色彩,通过操纵背景颜色(暖色/冷色),比较不同背景色调下虚拟拥抱对负性情绪的调节效果。研究二则进一步引入社会情境,通过操纵虚拟场景中的在场人数(1 人、2 人、5 人),探讨二者如何共同影响情绪干预的效果。为全面捕捉情绪的变化,本研究将结合主观情绪自评问卷与客观生理指标(皮电/心率),从行为与生理两个层面验证虚拟拥抱的情绪调节效果。

2. 实验设计

2.1. 实验一:不同颜色色调(冷色/暖色)对使用 VR 进行虚拟拥抱改善情绪的效果

2.1.1. 实验目的

实验一旨在探究虚拟现实环境中背景颜色这一视觉要素对虚拟拥抱改善负性情绪效果的影响。具体而言,本研究试图回答不同色调的背景环境是否会调节虚拟拥抱的情绪干预效果,基于已有研究表明暖色与冷色能够引发不同的心理感受和生理反应(AL-Ayash et al., 2015),本研究拟通过对比暖色(橙色)与冷色(蓝色)两种背景条件下被试接受虚拟拥抱前后情绪状态的变化差异,检验背景颜色对虚拟拥抱干预效果的调节作用。

2.1.2. 实验假设

H1: 暖色背景比冷色背景虚拟环境下的 VR 虚拟拥抱改善负性情绪的效果更好。

2.1.3. 实验设计

采用单因素两水平被试内实验设计,系统探究 VR 虚拟拥抱场景的背景颜色对情绪调节效果的影响。

自变量为虚拟场景背景颜色,分为暖色(橙色调)和冷色(蓝色调)两个水平。两个水平除背景颜色外,虚拟房间构造、虚拟人物模型、拥抱动作、交互方式、光照强度等所有其他变量均保持完全一致。为严格控制实验顺序带来的学习效应、疲劳效应与残留效应,采用完全随机交叉抵消平衡设计。将所有被试随机平均分配至两个顺序组“暖色-冷色”和“冷色-暖色”。

因变量为被试在实验过程中的情绪变化。通过主观情绪指标(使用标准化的情绪评估量表量化被试的情绪状态)与客观生理指标(生理反馈仪记录皮电和心率的变化情况)两类呈现。

2.1.4. 被试

利用 G*power 3.1 根据我们的假设和实验设计计算所需样本量,在显著性水平 $\alpha = 0.05$ 且中等效应($f = 0.5$)时,预测达到 80%的统计力水平的总样本量至少为 14 名。我们共招募 22 名高校在校大学生(女生 12 人,男生 10 人,年龄为 20.04 ± 1.85),均已取得受试对象的书面知情同意。该研究程序和内容取得西南大学人类实验(不含生命医学)伦理委员会审核同意(H25020)。

2.1.5. 研究工具

HTC 头戴式虚拟现实设备: HTC 是一款头戴式虚拟现实设备。该设备有着完美的重力平衡设计,使

长期佩戴更加舒适；有着易于清洁的 PU 材质磁性吸附连接的前后衬垫 150 mm 宽的面部接口，适用于宽框眼镜；眼睛舒适度调节，支持 IPD 范围从 57 mm 到 72 mm，有获得专利的快速释放头带设计，配有易于使用的调节拨盘。该设备含两个 LCD 面板，单眼分辨率达到 2448×2448 (双眼分辨率 4896×2448)。虚拟现实程序采用 Vizard 软件进行开发。虚拟场景及拥抱互动的人物模型采用 3ds Max 软件进行构建，如下图 1 所示：

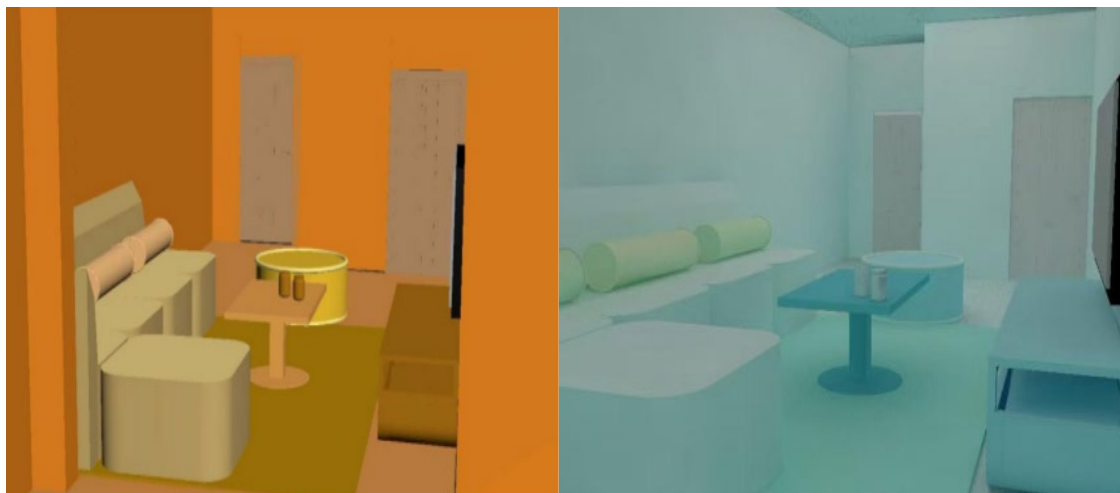


Figure 1. Living room modeling with different color tones (warm/cold)
图 1. 不同色调(暖色/冷色)客厅建模图

客厅建模空间整体分为暖色调与冷色调两大色系：暖色调为标准橙黄暖调，以暖金、暖橙、浅杏、焦糖棕为主，CIE 色度坐标区间 $x=0.46\sim0.55$ 、 $y=0.40\sim0.45$ ，亮度 $L=118\sim239$ ，温润柔和、温馨舒适；冷色调为标准蓝青冷调，以雾蓝、浅青、冰灰蓝为主，CIE 色度坐标区间 $x=0.29\sim0.31$ 、 $y=0.33\sim0.34$ ，亮度 $L=175\sim202$ ，清爽宁静、简约雅致。

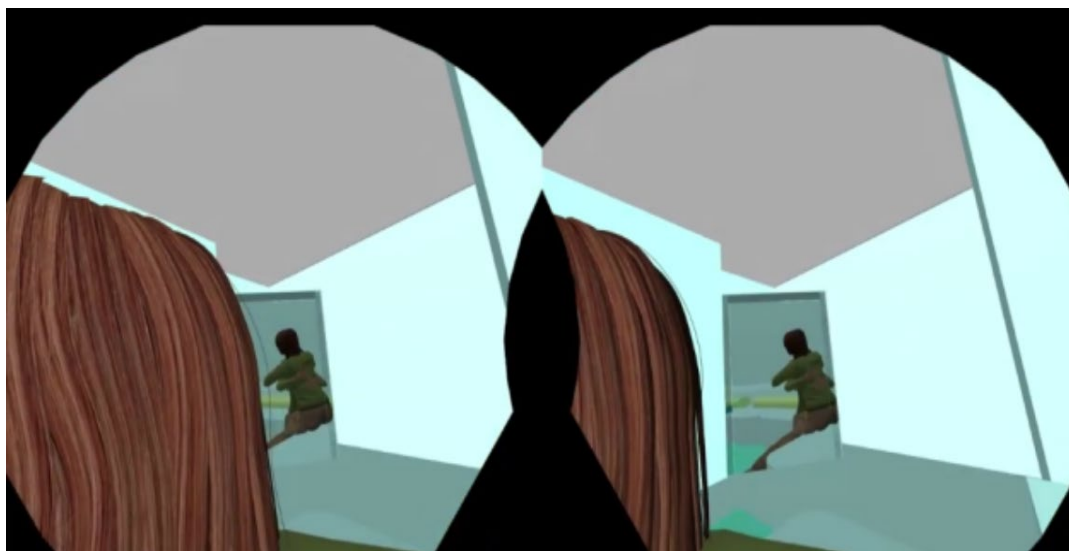


Figure 2. First-person view: During the embrace
图 2. 拥抱行为过程——第一视角

使用主观情绪自评量表(Self-Assessment Manikin, SAM)评估个体的情绪愉悦度和唤醒度,个体需要对自身情绪的愉悦度(1代表“很开心”,9代表“很难过”)和唤醒度(1代表“很平静”,9代表“很激动”)进行9点评分。

负面情绪诱发材料:实验视频材料先由心理学专业的学生进行材料制作和初步筛选,邀请15名未参与实验的被试对12个视频的愉悦度和唤醒度进行1~9级评定(愉悦度:1代表非常愉悦,9代表非常不愉悦;唤醒度:1代表非常激动,9代表非常平静),筛选出有主客观悲伤情绪唤醒效果,且效果无显著差异的三个负性影视片段,具体见表1,愉悦度 $F(3, 15)=0.327, p=0.806$,唤醒度 $F(3, 15)=0.752, p=0.526$ 。研究一选取影片《悲伤逆流成河》和影片《你好,李焕英》片段作为悲伤情绪的唤醒材料,所有被试观看视频采用ABBA范式分配顺序以减小额外变量。

虚拟空间中第一视角的拥抱过程见图2所示。

Table 1. Statistical description of arousal and pleasantness levels elicited by sad emotion arousal materials ($M \pm SD$)

表 1. 悲伤情绪唤醒材料唤醒度、愉悦度描述统计($M \pm SD$)

影片来源	时长	唤醒度	愉悦度
《前任3:再见前任》	268 秒	4.86 ± 2.41	5.86 ± 1.77
《悲伤逆流成河》	260 秒	4.53 ± 1.81	6.80 ± 1.21
《你好,李焕英》	265 秒	4.47 ± 1.51	7.13 ± 0.99

2.1.6. 研究程序

准备阶段:主试先向被试介绍实验流程,被试佩戴生理反馈仪、追踪器等相关仪器设备,放松静坐2分钟,然后填写SAM情绪自评问卷,作为基线水平。

负性情绪唤醒阶段:被试观看能够唤醒负性情绪的视频材料,在观看视频前后选取Mark点作为生理指标的记录锚点,随后填写SAM情绪自评问卷,作为情绪唤醒阶段的水平得分。

虚拟干预阶段:由主试统一指导被试正确佩戴虚拟头戴式设备,并调整设备位置以确保最佳的沉浸感和舒适度。在虚拟环境中,被试以第一人称视角拥有一个身体比例与自身一致的虚拟化身,通过四个追踪器可以控制该虚拟化身的四肢。被试也可以通过虚拟环境中的镜子,看到自己操控虚拟化身的镜像动作。在虚拟干预阶段,被试根据实验试次,身处不同色调(暖色调或冷色调)的虚拟房间内,并坐在虚拟房间的同一位置,视野呈现自己坐在沙发上的画面。然后被试会看到一个虚拟对象从门口出现,走到她身边的沙发旁坐下,张开双臂等待被试拥抱。被试需要主动靠近与虚拟人物进行1分钟虚拟拥抱。拥抱时,被试可以通过镜子观看自己的虚拟化身与虚拟人物之间的肢体接触。拥抱结束,虚拟对象将自行离开。主试需在被试与虚拟人物开始拥抱前、拥抱结束后,通过生理记录仪手动触发事件标记(Event Marker),作为后续生理数据提取与分析的时间锚点,确保数据对应精准。两组虚拟场景的虚拟程序设定和实验流程相同,每组实验之间设置10分钟静息期,确保被试的情绪与生理指标完全恢复至基线水平,消除前一次干预的残留影响。

结束阶段:被试完成最后一组实验后,静坐5分钟,暂停生理反馈仪对生理数据的收集,实验结束。

2.1.7. 数据采集和分析方法

本研究采用主观情绪自评量表(SAM)对情绪变化进行评估。SAM量表通过图形化的方式评估个体的

情绪愉悦度和唤醒度, 被试需要对自身情绪的愉悦度(1 代表“很开心”, 9 代表“很难过”)和唤醒度(1 代表“很平静”, 9 代表“很激动”)进行 9 点评分。

采用 SPSS 26.0 软件对行为问卷数据进行统计分析。首先计算 SAM 量表在实验前、情绪唤醒后、虚拟干预后三个时间点的平均值(M)和标准差(SD)。随后, 采用独立样本 T 检验来检验不同背景颜色(暖色/冷色)下情绪评分的差异。本研究采用主观问卷与客观生理指标相结合的方式采集数据。情绪状态采用主观情绪自评量表(SAM)进行评估。SAM 量表则通过图形化的方式评估个体的情绪愉悦度和唤醒度, 被试需要对自身情绪的愉悦度(1 代表“很开心”, 9 代表“很难过”)和唤醒度(1 代表“很平静”, 9 代表“很激动”)进行 9 点评分。

客观生理指标方面, 本研究采用 NEXUS-10 生物反馈仪采集心率和皮电数据。采用 SPSS 26.0 软件对行为问卷数据进行统计分析。首先计算生理指标在基线状态、情绪唤醒后、虚拟干预后三个时间点的平均值(M)和标准差(SD)。随后, 采用独立样本 T 检验对不同背景颜色下的生理数据进行检验。生理数据使用 Matlab 程序对心率和皮电数据进行筛选。

2.1.8. 结果

Table 2. Descriptive statistics and t-test results on the effect of cool/warm colors on mood improvement

表 2. 冷色/暖色对情绪改善的描述性统计和 t 检验结果

时间/ 条目	暖色($M \pm SD$) N = 22			冷色($M \pm SD$) N = 22		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
愉悦程度	3.82 ± 1.26	6.59 ± 1.18	3.20 ± 1.42	3.77 ± 1.31	6.04 ± 1.40	4.09 ± 1.19
唤醒程度	4.14 ± 1.96	5.32 ± 1.78	4.86 ± 1.75	4.09 ± 2.02	4.14 ± 1.61	4.59 ± 1.92
SAM 总分	7.85 ± 2.37	12.15 ± 2.30	8.06 ± 1.67	7.86 ± 2.40	10.18 ± 2.48	8.68 ± 1.91

注: T1、T2、T3 分别指基线、情绪唤醒和改善后的时间节点。

本研究共回收有效数据 22 份, 所有被试均为年龄在 18~22 岁区间的在校大学生。采集被试在基线, 情绪唤醒和拥抱调节后的情绪得分, 变化量为情绪唤醒 - 拥抱调节后的情绪得分。描述性统计见表 2。采用 SPSS 16.0 软件进行描述统计和独立样本 t 检验, 结果显示, 暖色环境下, 被试情绪改善变化量为 4.09 ± 2.84 , 而在冷色背景下, 被试情绪变化量为 1.50 ± 2.72 , 对两组情绪得分变化量进行独立样本 t 检验, 结果显示: 在暖色场景下 VR 虚拟拥抱对于负性情绪的改善效果更好, $t = -3.088$, $p < 0.01$, 暖色环境改善效果显著优于冷色环境。实验假设得到验证。数据结果见图 3。

2.1.9. 生理数据结果

描述性统计结果见表 3 所示。对实验一的生理指标进行独立样本 T 检验, 皮电指标结果显示: 皮电指标随基线 - 唤醒 - 改善序列先上升后下降, 且不同背景颜色下虚拟拥抱对皮电指标的影响存在显著差异 $t = 2.406$, $p < 0.05$ 。心率指标结果显示: 心率指标随基线 - 唤醒 - 改善序列先下降后上升, 且不同背景颜色下虚拟拥抱对心率指标的影响存也在显著差异 $t = 2.924$, $p < 0.01$, 这表明在暖色背景下 VR 虚拟拥抱对情绪的调节效果更好。

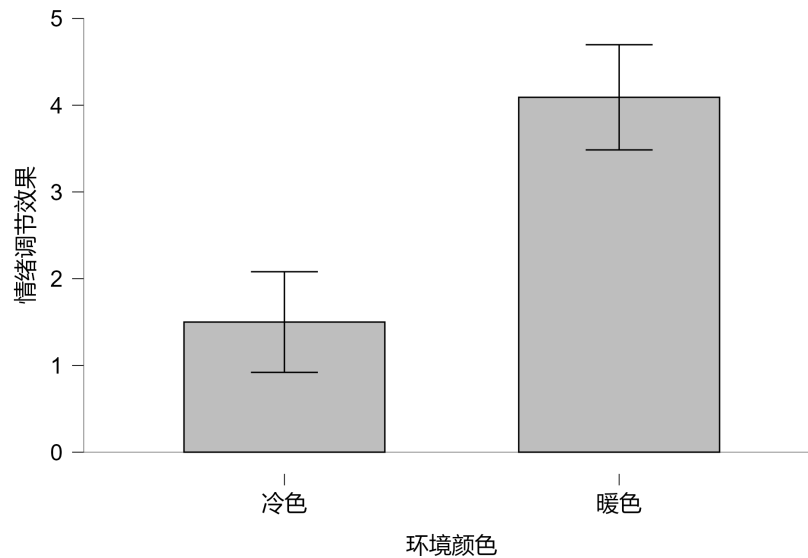


Figure 3. Effect difference of cool/warm color background environment on emotional improvement
图 3. 冷色/暖色背景环境对情绪改善的效果差异

Table 3. Descriptive statistics of physiological indicators

表 3. 生理指标的描述性统计

		情绪基线($M \pm SD$)	情绪唤醒后($M \pm SD$)	情绪改善后($M \pm SD$)	改善效果($M \pm SD$)
SCR	暖色	6.86 ± 5.12	10.50 ± 5.12	8.75 ± 4.31	1.75 ± 1.20
	冷色	5.46 ± 4.58	7.69 ± 4.45	1.75 ± 1.20	0.95 ± 0.99
HR	暖色	84.51 ± 9.62	75.29 ± 9.02	86.72 ± 9.25	11.43 ± 0.78
	冷色	82.55 ± 10.35	74.81 ± 9.34	81.67 ± 9.89	6.86 ± 4.22

注: SCR 为皮电指标, 其改善效果为情绪唤醒后皮电水平减去情绪改善后皮电水平; HR 为心率指标, 改善效果为情绪改善后心率水平减去情绪唤醒后心率水平。

2.1.10. 讨论

研究一的结果有力地证明了环境色彩在情绪调节中的作用。数据分析显示, 暖色环境组在干预后的 SAM 情绪得分改善量显著优于冷色组。这一发现不仅验证了假设 H1, 还深化了环境在具身认知领域的应用。暖色背景可能产生了改善情绪的视觉增强效应, 使被试在心理上感知到更高层次的情绪调节。这表明暖色环境相较于冷色环境, 可更有效地充当负性情绪的调节载体。

2.2. 实验二: 在场人数对虚拟拥抱对负性情绪的调节效果差异

2.2.1. 实验目的

本研究旨在探讨在场人数对虚拟现实(VR)拥抱调节负性情绪效果的影响, 并验证人际情绪调节效应在虚拟环境中的适用性。研究表明, 社会支持在情绪调节中扮演重要角色(Stone, 2003), 而虚拟环境中的社会情境可能通过影响个体的感知和行为进一步调节情绪(Bradley & Lang, 1994)。因此, 本研究通过操纵虚拟环境中的在场人数(1 人、2 人、5 人), 探讨不同社会情境下 VR 拥抱对负性情绪的调节效果。

根据人际情绪调节理论, 本实验假设不同的在场人数会影响情绪调节的效果, 且情绪调节时的在场人数越多, 负性情绪的调节效果越好。

2.2.2. 实验假设

H1: 根据人际情绪调节理论, 在场人数为 1 人、2 人和 5 人时情绪调节的效果存在差异, 且情绪调节时的在场人数越多, 负性情绪的调节效果越好。

2.2.3. 实验设计

实验采用单因素三水平被试内实验设计, 系统探究 VR 虚拟拥抱场景中旁观者在场人数对情绪调节效果的影响。自变量为虚拟空间旁观者在场人数。其中在场人数分为三种情况: 1 人, 除被试虚拟化身和与其互动的虚拟人物外, 虚拟空间内仅有 1 名旁观者; 2 人, 除被试虚拟化身和与其互动的虚拟人物外, 虚拟空间内有 2 名旁观者; 5 人, 除被试虚拟化身和与其互动的虚拟人物外, 虚拟空间内有 5 名旁观者。为严格控制实验顺序带来的学习效应、疲劳效应与情绪残留效应, 采用完全随机拉丁方全排列抵消平衡设计。将 3 个处理水平进行全排列, 生成全部 6 种可能的呈现序列(1-2-5、2-1-5、5-1-2、1-5-2、2-5-1、5-2-1)。被试被随机平均分配至 6 个顺序组, 每组按分配顺序依次完成全部 3 个实验处理。因变量为被试在实验过程中的情绪变化。通过主观情绪指标(使用标准化的情绪评估量表量化被试的情绪状态)与客观生理指标(生理反馈仪记录皮电和心率的变化情况)两类呈现。

2.2.4. 被试

利用 G*power 3.1 根据我们的假设和实验设计计算所需样本量, 在显著性水平 $\alpha = 0.05$ 且中等效应($f = 0.5$)时, 预测达到 80% 的统计力水平的总样本量至少为 16 名。因此, 我们共招募 20 名西南大学在校大学生(女生 12 名, 男生 8 名, 年龄为 20.48 ± 1.44)。同实验一通过伦理审核标准。

2.2.5. 研究工具

NEXUS-10 生物反馈仪: Nexus-10 是一种用于生物反馈和神经反馈的多功能集成系统。它适用于同时测量和训练各种生理信号。情绪自评问卷: 采用主观情绪自评量表(Self-Assessment Manikin, SAM)评估个体的情绪愉悦度和唤醒度, 个体需要对自身情绪的愉悦度(1 代表“很开心”, 9 代表“很难过”)和唤醒度(1 代表“很平静”, 9 代表“很激动”)进行 9 点评分。

负面情绪诱发材料: 影片《前任 3: 再见前任》、影片《悲伤逆流成河》和影片《你好, 李焕英》作为诱发负性情绪的视频材料, 所有被试观看视频顺序与实验设计顺序一致, 采用完全随机拉丁方全排列抵消平衡设计。

其余材料同实验一。

2.2.6. 研究程序

准备阶段: 主试先向被试介绍实验流程, 被试佩戴生理反馈仪等相关仪器设备, 放松静坐 2 分钟, 然后填写 SAM 情绪自评问卷, 作为基线水平。

负性情绪唤醒阶段: 被试观看能够唤醒负性情绪的视频材料, 在观看视频前后选取 Mark 点作为生理指标的记录锚点, 随后填写 SAM 情绪自评问卷, 作为情绪唤醒阶段的水平得分。

虚拟干预阶段: 被试一进入虚拟空间, 即身处统一的暖色调虚拟房间内(基于实验一结论选定, 严格控制房间颜色变量, 避免其对实验结果产生干扰), 并固定坐在虚拟房间的另一位置, 视野中呈现自身虚拟化身坐在沙发上的画面。同时, 对应试次设定数量的旁观者已存在于虚拟房间内, 旁观者人数根据预先分配的实验顺序(1 人、2 人、5 人)有所不同, 虚拟旁观者的性别与被试一致, 统一穿着休闲服

饰,以避免衣着颜色对背景颜色的实验变量产生干扰。在行为表现上,旁观者保持静止站立姿势,目光维持在中等水平,且所有试次中旁观者的性别、着装风格、站立位置等无关变量保持一致。随后被试与虚拟人物互动过程同实验一一致,且在整个拥抱过程中,被试的视线范围内可清晰看到已存在于虚拟房间内的旁观者。主试同样需在被试与虚拟人物开始拥抱前、拥抱结束后,通过生理记录仪手动触发事件标记(Event Marker)。不同试次之间休息 10 分钟,控制疲劳效应,确保被试的情绪与生理指标完全恢复至基线水平,具体见图 4 所示。

结束阶段:完成最后一组实验后,摘下虚拟头戴式设备,静坐。5 分钟后,暂停生理反馈仪对生理数据的收集,实验结束。

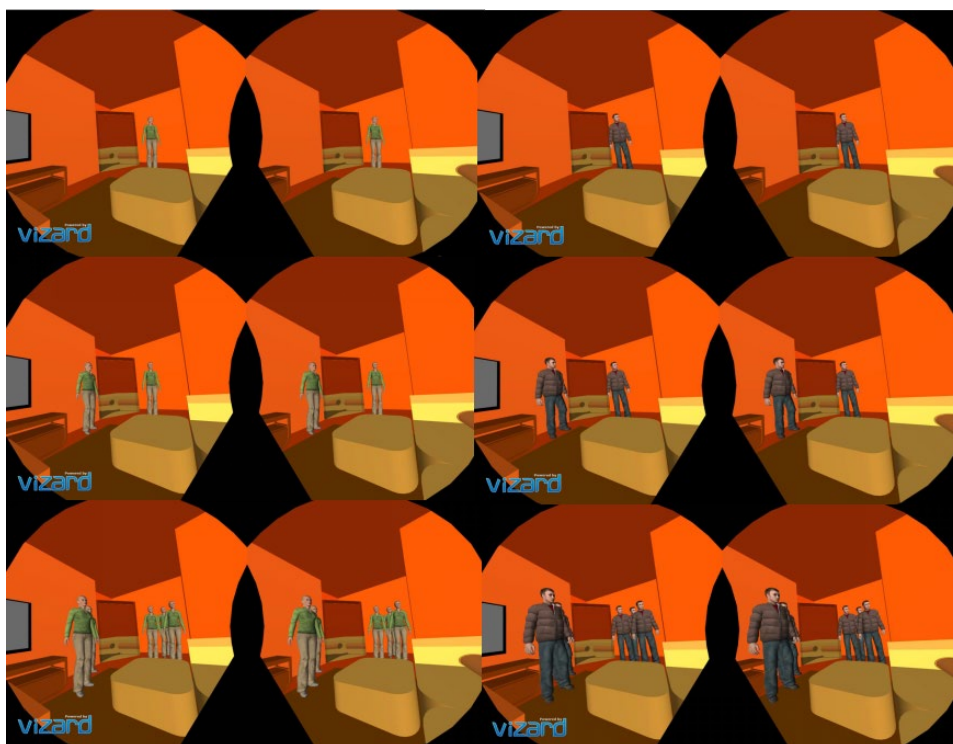


Figure 4. Schematic diagram illustrating the states of different numbers of observers from the participant's perspective in the virtual embrace task

图 4. 虚拟拥抱任务中被试视角下不同数量的旁观者状态示意图

2.2.7. 数据采集和分析方法

本研究采用主观问卷与客观生理指标采集数据。情绪状态采用主观情绪自评量表(SAM)进行评估。SAM 量表则通过图形化的方式评估个体的情绪愉悦度和唤醒度,被试需要对自身情绪的愉悦度(1 代表“很开心”,9 代表“很难过”)和唤醒度(1 代表“很平静”,9 代表“很激动”)进行 9 点评分。

客观生理指标方面,本研究采用 NEXUS-10 生物反馈仪采集心率和皮电数据。采用 SPSS 26.0 软件对行为问卷数据进行统计分析。首先计算 SAM 量表在实验前、情绪唤醒后、虚拟干预后三个时间点的平均值(M)和标准差(SD)。随后,采用重复测量方差分析(Repeated Measures ANOVA)检验在场人数和时间点(前测/后测)对情绪改善的交互作用。若交互作用显著,则进一步进行简单效应分析。显著性水平设定为 $\alpha = 0.05$ 。生理数据指标方面,使用 Matlab 对心率和皮电数据进行筛选和处理。采用重复测量方差分析比较不同实验条件下生理指标的差异。

所有统计分析均采用 SPSS 26.0 和 Matlab 软件进行，显著性水平设定为 $\alpha = 0.05$ 。

2.2.8. 旁观者数量影响情绪改善的方差分析

对 SAM 问卷得分进行重复测量方差分析，统计结果见表 4。结果显示：基线 - 唤醒 - 改善的序列主效应显著， $F = 53.391$ ， $p < 0.001$ ， $\eta^2 = 0.333$ 。组间效应不显著， $F = 0.579$ ， $p > 0.05$ ，交互效应不显著，具体见图 5。因此我们需要对不同旁观者在场对于负性情绪改善的效果进行进一步的生理数据验证。

Table 4. Analysis of variance for observer count in SAM questionnaire scores categorized by 1/2/5 groups

表 4. 旁观者数量分为 1/2/5 的 SAM 问卷得分方差分析

	旁观者人数		
	1	2	5
基线情绪	8.00 ± 2.15	7.25 ± 2.02	8.25 ± 2.10
唤醒后情绪	11.25 ± 2.85	11.10 ± 3.29	11.70 ± 2.34
拥抱后情绪	8.20 ± 2.22	7.70 ± 2.30	7.55 ± 1.91
情绪唤醒程度(唤醒后 - 基线)	3.25 ± 3.57	3.85 ± 3.20	3.45 ± 3.32
调节效果(拥抱后 - 唤醒后)	3.05 ± 4.05	3.40 ± 3.33	4.15 ± 3.22

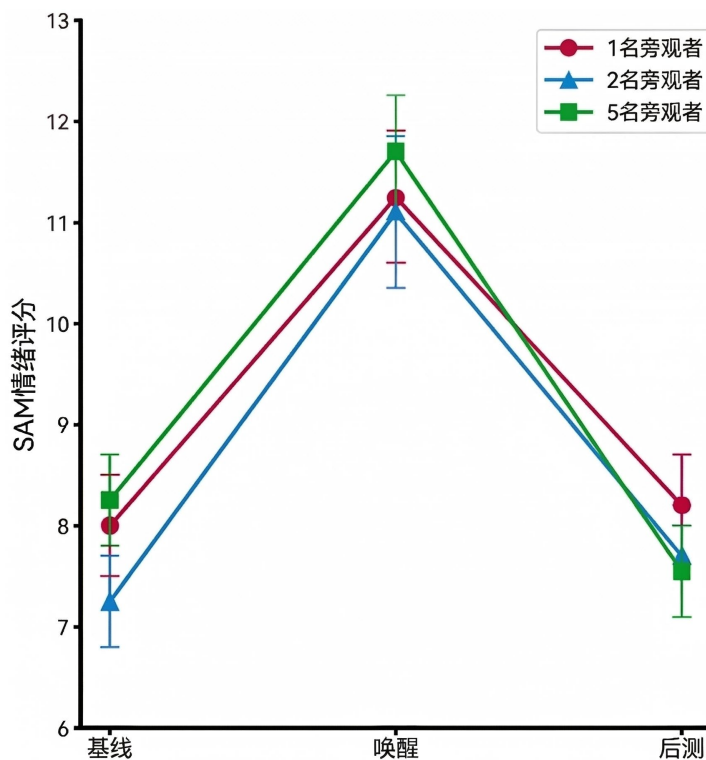


Figure 5. Behavioral data on the effect of virtual hug intervention on the number of people present

图 5. 在场人数对虚拟拥抱干预效果的行为数据

2.2.9. 生理数据的描述性统计

Table 5. Descriptive statistics of physiological indicators
表 5. 生理指标的描述性统计

		情绪基线($M \pm SD$)	情绪唤醒后($M \pm SD$)	情绪改善后($M \pm SD$)	改善效果($M \pm SD$)
SCR	1 人	4.42 ± 2.72	6.52 ± 3.20	5.89 ± 2.99	0.64 ± 0.77
	2 人	5.10 ± 3.40	6.57 ± 4.18	5.97 ± 3.73	0.60 ± 0.73
	5 人	4.94 ± 2.98	6.56 ± 3.71	5.21 ± 3.17	1.36 ± 1.08
HR	1 人	79.72 ± 9.57	77.22 ± 10.29	82.73 ± 9.49	5.51 ± 5.04
	2 人	79.88 ± 13.59	75.85 ± 10.86	81.30 ± 10.42	5.45 ± 4.81
	5 人	80.02 ± 9.66	73.33 ± 11.99	83.49 ± 12.15	10.17 ± 6.52

注：SCR 为皮电指标，其改善效果为情绪唤醒后皮电水平减情绪改善后皮电水平；HR 为心率指标，改善效果为情绪改善后心率水平减情绪唤醒后心率水平。

生理数据见表 5 所示，对实验二的生理指标进行重复测量方差分析，皮电指标结果显示：基线 - 唤醒 - 改善序列的主效应极显著， $F = 31.289$ ， $p < 0.001$ ， $\eta^2 = 0.541$ ，表明被试负性情绪唤醒成功，VR 虚拟拥抱调节情绪效果极显著。交互效应不显著 $F = 1.264$ ， $p > 0.05$ 。心率指标结果显示：基线 - 唤醒 - 改善序列的主效应极显著， $F = 35.257$ ， $p < 0.001$ ， $\eta^2 = 0.068$ ，表明心率先下降后上升，表明观看负性视频的唤醒效果良好，VR 虚拟拥抱对情绪的调节效果显著。交互效应边缘显著 $F = 2.008$ ， $p = 0.09$ ， $\eta^2 = 0.008$ 。

为了进一步探究生理数据在不同旁观者在场情况下的组别差异，引入调节效果的变量，皮电指标调节效果为情绪改善得分减情绪唤醒得分；心率指标调节效果为情绪唤醒得分减情绪改善得分。对皮电调节效果的数据进行方差分析，结果显示： $F = 4.507$ ， $p < 0.05$ ， $\eta^2 = 0.143$ 。事后检验显示：5 人旁观组调节效果显著优于 2 人旁观组($t = -2.667$ ， $p < 0.05$)和 1 人旁观组($t = -2.528$ ， $p < 0.05$)。对心率调节效果的数据进行方差分析，结果显示： $F = 4.573$ ， $p < 0.05$ ， $\eta^2 = 0.145$ 。事后检验显示：5 人旁观组调节效果显著优于 2 人旁观组($t = -2.635$ ， $p < 0.05$)和 1 人旁观组($t = -2.603$ ， $p < 0.05$)具体见图 6。

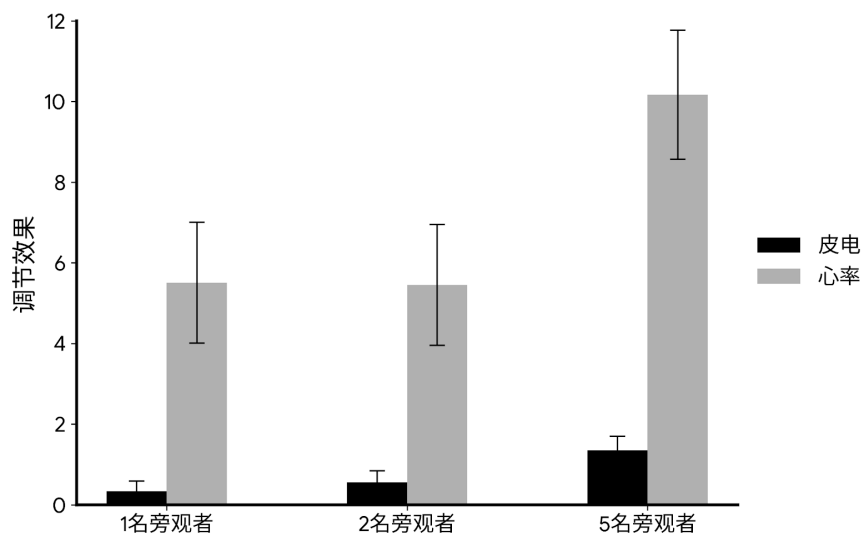


Figure 6. Physiological indicators of emotional improvement effects based on audience attendance
图 6. 在场人数对情绪改善效果的生理指标

2.2.10. 讨论

研究二通过操纵虚拟场景中的旁观者人数,模拟社会人际情绪调节程度。SAM量表显示各组在干预后负性情绪显著回落($p < 0.01$),进一步进行生理数据的分析显示:从皮电(SCR)与心率(HR)两项自主神经系统指标的整体变化趋势来看,情绪基线、情绪唤醒、情绪改善三个阶段的重复测量方差分析均表现出极显著的主效应(SCR: $F = 31.289, p < 0.001$; HR: $F = 35.257, p < 0.001$),充分说明本研究的情绪唤醒与VR情绪调节范式均达到预期效果。

在皮电层面,被试观看负性视频刺激后情绪唤醒水平显著上升,经VR虚拟拥抱干预后显著回落,其改善效果为情绪改善得分与唤醒得分的差值,调节效果显著,表明其负性情绪在VR拥抱干预后得到显著缓解。皮电作为反映情绪唤醒强度的敏感指标,其变化趋势直接印证了VR虚拟拥抱能够显著降低负性情绪带来的消极影响,使情绪向平稳方向恢复。

在心率层面,本研究显示,心率在情绪唤醒阶段下降、在干预改善阶段回升的变化趋势。这一结果与负性情绪诱发下的生理反应规律相符,即高强度负性刺激可能会引发心率下降(吕薇, 2020),而积极的干预可促使心率恢复(王振宏, 李娜, 2012)。心率的显著主效应表明,VR虚拟拥抱不仅在主观情绪层面发挥作用,同时能够调节自主神经系统活动,促使心血管活动恢复至更为平稳的状态。

旁观者在场人数显著影响VR虚拟拥抱的干预效果,且呈现“人数越多调节效果越强”的趋势。本研究以VR情绪调节效果的皮电和心率变化值为指标,对数据进行单因素方差分析。结果显示,旁观者在场人数的主效应均显著(SCR: $F = 4.507, p < 0.05$; HR: $F = 4.573, p < 0.05$),且事后检验一致表明:5人旁观组的情绪调节效果显著优于1人组与2人组,而1人组与2人组之间差异不显著。这一结果揭示了旁观者在场对VR虚拟拥抱干预效果的促进作用,且这种促进效应需要达到一定规模时才表现出显著优势。结合数据结果以及讨论,做出如下解释:

(1) 适度的他人在场可提升个体对积极体验的感知与投入程度,VR虚拟拥抱作为积极社交模拟体验,在旁观者存在时被赋予更强的社会意义与情感价值;

(2) 旁观人数增加带来的社会关注,可能增强被试对VR场景的沉浸感与行为真实性,从而强化具身干预带来的情绪改善作用(Slater, 2009);

(3) 相较于少量他人在场,多人旁观并未引发显著社交焦虑,反而提升了积极干预的效果,提示VR拥抱场景本身具有较强的安全感与接纳感,能够抵消潜在的评价顾虑。

3. 总讨论

在VR改善情绪的之前研究中并没有探究环境因素对其的影响,尤其是从视觉刺激角度,因此我们选择可以操控的变量:视觉色彩和旁观者人数。本研究引入NEXUS-10生物反馈仪采集多模态生理数据(SCR、HR)。结果显示,在情绪唤醒阶段,各组的皮电水平上升,而在虚拟拥抱阶段呈现下降,心率水平则在情绪唤醒阶段显著下降,在虚拟拥抱阶段显著上升。心率与皮电的变化趋势验证了VR拥抱对负性情绪的调节作用,这进一步强调了在VR心理学研究中,不能仅依赖主观问卷,必须结合生理多模态指标进行交叉辅助验证。

上述结果共同支持VR虚拟拥抱作为一种非接触式、具身化的情绪干预手段,具有稳定且显著的负性情绪调节效果,与现有虚拟现实情绪调节、具身情绪理论相一致,即通过模拟真实拥抱的肢体接触体验,可激活依恋系统与积极情绪通路,进而抵消负性刺激带来的生理应激反应。

在理论层面,本研究将人际情绪调节效应引入VR情绪干预领域,拓展了具身情绪与虚拟现实情绪调节的研究边界。以往研究多关注VR干预本身的效果,而较少探讨外部社会情境的作用,本研究证实

社会情境可作为重要调节变量，显著增强积极具身干预的效果，为理解 VR 情绪干预的外部影响因素提供了新证据。

在实践层面，研究结果对 VR 情绪调节产品的设计与应用具有直接指导价值：

- (1) VR 虚拟拥抱可作为一种高效、无创的情绪干预手段，适用于日常负性情绪缓解；
- (2) 在设计相关 VR 干预系统时，可适度引入社交元素或模拟多人在场场景，以提升情绪调节效果；
- (3) 该干预方式对情境适应性强，可推广至心理咨询、教育、医疗康复等多个场景。

4. 不足与展望

但与此同时，本研究仍存在一定局限。首先，样本规模相对较小且具有较高的同质性(主要为大学生群体)，这可能在一定程度上削弱了研究结果的外部效度。小样本量可能导致统计功效不足，而同质化样本则限制了结论向不同年龄、职业或文化背景人群的推广。未来的研究应致力于招募更大规模且多样化的样本(涵盖不同年龄段及多元文化背景)，以进一步验证并拓展当前的发现。其次，旁观者均为实验安排的虚拟或实验同伴情境，与真实生活中的熟人、陌生人在场可能存在差异；未结合情绪体验访谈等质性分析来进行多方法验证；同时未考察性别、人格特质等个体差异对旁观者效应的调节作用。未来研究可扩大样本量，采用更真实的社会情境，结合主观与生理指标，进一步探讨不同个体在社会在场条件下的 VR 情绪干预效果。

5. 结论

综上所述，本研究通过行为实验法探究了环境要素对 VR 虚拟拥抱干预负性情绪的影响，得出以下结论：

- (1) VR 虚拟拥抱能够显著改善负性情绪；
- (2) 暖色背景的环境比在冷色背景环境改善情绪的效果更好；
- (3) 旁观者在场人数对干预效果具有显著正向影响，多人旁观条件下情绪调节效果显著优于人数较少的旁观条件；研究结果为 VR 情绪干预的优化与场景化应用提供了实证支撑。

基金项目

西南大学大学生创新创业训练计划项目(202510635042)。

参考文献

- 李静, 卢家楣(2007). 不同情绪调节方式对记忆的影响. *心理学报*, 39(6), 1084-1092.
- 吕薇(2020). 回避与趋近性负性人格特质对应激心血管反应模式的不同影响. *心理学报*, 52(6), 758-776.
- 沈洁, 许莉钧(2024). 基于多源数据融合和交互式粒子群优化的船舶舱室内装智能色彩设计研究. *西南大学学报(自然科学版)*, 46(8), 150-161.
- 王希, 董蕊, 李思佳, 倪士光(2017). 虚拟现实暴露疗法在社交焦虑中的应用: 效果、机制及展望. *心理科学*, 40(6), 1504-1510.
- 王馨妍, 刘秋红, 李响, 郑茜茜, 麻珂(2024). 虚拟接触对负性情绪的干预效果研究. *心理学进展*, 14(6), 343-355.
- 王雪, 王广新(2014). 虚拟现实暴露疗法在心理治疗中的应用研究综述. *心理技术与应用*, (12), 12-14+18.
- 王振宏, 李娜(2012). 积极情绪加速心血管反应恢复的自主神经活动机制. *心理科学*, 35(5), 1047-1053.
- Al-Ayash, A., Kane, R. T., Smith, D., & Green-Armytage, P. (2015). The Influence of Color on Student Emotion, Heart Rate, and Performance in Learning Environments. *Color Research & Application*, 41, 196-205.
<https://doi.org/10.1002/col.21949>
- Block, A. E., & Kuchenbecker, K. J. (2019). Softness, Warmth, and Responsiveness Improve Robot Hugs. *International*

- Journal of Social Robotics*, 11, 49-64. <https://doi.org/10.1007/s12369-018-0495-2>
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring Emotion: The Self-Assessment Manikin and the Semantic Differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25, 49-59. [https://doi.org/10.1016/0005-7916\(94\)90063-9](https://doi.org/10.1016/0005-7916(94)90063-9)
- Butler, E. A., & Randall, A. K. (2013). Emotional Coregulation in Close Relationships. *Emotion Review*, 5, 202-210. <https://doi.org/10.1177/1754073912451630>
- Cohen, S., Janicki-Deverts, D., Turner, R. B., & Doyle, W. J. (2015). Does Hugging Provide Stress-Buffering Social Support? A Study of Susceptibility to Upper Respiratory Infection and Illness. *Psychological Science*, 26, 135-147. <https://doi.org/10.1177/0956797614559284>
- Fairburn, C. G., & Patel, V. (2017). The Impact of Digital Technology on Psychological Treatments and Their Dissemination. *Behaviour Research and Therapy*, 88, 19-25. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2016.08.012>
- Field, T. (2019). Social Touch, CT Touch and Massage Therapy: A Narrative Review. *Developmental Review*, 51, 123-145. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2019.01.002>
- Fredrickson, B. L., & Branigan, C. (2005). Positive Emotions Broaden the Scope of Attention and Thought-Action Repertoires. *Cognition & Emotion*, 19, 313-332. <https://doi.org/10.1080/02699930441000238>
- Freeman, D., Reeve, S., Robinson, A., Ehlers, A., Clark, D., Spanlang, B. et al. (2017). Virtual Reality in the Assessment, Understanding, and Treatment of Mental Health Disorders. *Psychological Medicine*, 47, 2393-2400. <https://doi.org/10.1017/s003329171700040x>
- Fromme, D. K., Jaynes, W. E., Taylor, D. K., Hanold, E. G., Daniell, J., Rountree, J. R. et al. (1989). Nonverbal Behavior and Attitudes toward Touch. *Journal of Nonverbal Behavior*, 13, 3-14. <https://doi.org/10.1007/bf01006469>
- Grewen, K. M., Girdler, S. S., Amico, J., & Light, K. C. (2005). Effects of Partner Support on Resting Oxytocin, Cortisol, Norepinephrine, and Blood Pressure before and after Warm Partner Contact. *Psychosomatic Medicine*, 67, 531-538. <https://doi.org/10.1097/01.psy.0000170341.88395.47>
- Harlow, H. F., & Zimmermann, R. R. (1959). Affectional Response in the Infant Monkey. *Science*, 130, 421-432. <https://doi.org/10.1126/science.130.3373.421>
- Keshmiri, S., Sumioka, H., Nakanishi, J., & Ishiguro, H. (2018). Bodily-Contact Communication Medium Induces Relaxed Mode of Brain Activity While Increasing Its Dynamical Complexity: A Pilot Study. *Frontiers in Psychology*, 9, Article 1192. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01192>
- Morrison, I. (2016). ALE Meta-Analysis Reveals Dissociable Networks for Affective and Discriminative Aspects of Touch. *Human Brain Mapping*, 37, 1308-1320. <https://doi.org/10.1002/hbm.23103>
- Ocklenburg, S., Packheiser, J., Schmitz, J., Rook, N., Güntürkün, O., Peterburs, J. et al. (2018). Hugs and Kisses—The Role of Motor Preferences and Emotional Lateralization for Hemispheric Asymmetries in Human Social Touch. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 95, 353-360. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.10.007>
- Slater, M. (2009). Place Illusion and Plausibility Can Lead to Realistic Behaviour in Immersive Virtual Environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364, 3549-3557. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0138>
- Stone, N. J. (2003). Environmental View and Color for a Simulated Telemarketing Task. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 23, 63-78.
- Tricoli, C., Croy, I., Olausson, H., & Sailer, U. (2017a). Touch between Romantic Partners: Being Stroked Is More Pleasant than Stroking and Decelerates Heart Rate. *Physiology & Behavior*, 177, 169-175. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.05.006>
- Tricoli, C., Croy, I., Steudte-Schmiedgen, S., Olausson, H., & Sailer, U. (2017b). Heart Rate Variability Is Enhanced by Long-Lasting Pleasant Touch at CT-Optimized Velocity. *Biological Psychology*, 128, 71-81. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.07.007>
- Turnbull, O. H., Stein, L., & Lucas, M. D. (1995). Lateral Preferences in Adult Embracing: A Test of the “Hemispheric Asymmetry” Theory of Infant Cradling. *The Journal of Genetic Psychology*, 156, 17-21. <https://doi.org/10.1080/00221325.1995.9914802>
- van Anders, S. M., Goldey, K. L., & Kuo, P. X. (2011). The Steroid/Peptide Theory of Social Bonds: Integrating Testosterone and Peptide Responses for Classifying Social Behavioral Contexts. *Psychoneuroendocrinology*, 36, 1265-1275. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2011.06.001>
- van Raalte, L. J., & Floyd, K. (2021). Daily Hugging Predicts Lower Levels of Two Proinflammatory Cytokines. *Western Journal of Communication*, 85, 487-506. <https://doi.org/10.1080/10570314.2020.1850851>
- Walker, S. C., & McGlone, F. P. (2013). The Social Brain: Neurobiological Basis of Affiliative Behaviours and Psychological Well-Being. *Neuropeptides*, 47, 379-393. <https://doi.org/10.1016/j.npep.2013.10.008>

-
- Wang, X., Liu, Q., Li, X., Zheng, X., Hommel, B., & Ma, K. (2025). Sadness Is Reduced by Virtual Hugging. *Applied Psychology: Health and Well-Being*, 17, e70007. <https://doi.org/10.1111/aphw.70007>
- Yamada, Y., & Kawabe, T. (2011). Emotion Colors Time Perception Unconsciously. *Consciousness and Cognition*, 20, 1835-1841. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2011.06.016>
- Zhang, D., Jin, X., Wang, L., & Jin, Y. (2023). Form and Color Visual Perception in Green Exercise: Positive Effects on Attention, Mood, and Self-Esteem. *Journal of Environmental Psychology*, 88, Article 102028. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2023.102028>