

虚拟现实结合游戏化任务导向性训练对卒中患者平衡功能及跌倒效能的影响

丁玲玲¹, 李冬雪³, 段丹辉², 曹宇晶², 包美荣¹

摘要:目的 分析虚拟现实结合游戏化任务导向性训练对卒中患者平衡功能及跌倒效能的影响。方法 选择 2024 年 1 月至 2025 年 4 月住院治疗的 114 例卒中康复期患者,按入院顺序分成常规组($n=57$),实施常规平衡训练;研究组($n=57$),开展虚拟现实结合游戏化任务导向性训练;均训练 6 周。采用 Berg 平衡量表、修订版跌倒效能量表评估患者训练前、训练 4 周及 6 周的平衡功能、跌倒效能,采用 Tinetti 量表中的步态评估部分评定患者训练前、训练 6 周的步态功能,进行起立-行走计时试验(TUGT),并统计两组干预 6 周内跌倒发生率。结果 常规组 55 例、研究组 54 例完成研究。两组平衡功能、跌倒效能评分的时间效应、组间效应及交互效应显著(均 $P<0.05$)。训练 6 周后,研究组 Tinetti 步态评分高于常规组,TUGT 计时短于常规组,研究组干预 6 周内跌倒发生率显著低于常规组(均 $P<0.05$)。结论 虚拟现实结合游戏化任务导向性训练通过沉浸式场景构建、分期游戏化任务、实时交互反馈设计的训练策略,能够从自我认同感重塑、精准干预双路径,提升患者平衡功能和跌倒效能,改善步态功能,从而降低跌倒风险。

关键词:卒中; 虚拟现实技术; 游戏; 任务导向性训练; 跌倒效能; 步态功能; 平衡功能; 康复训练

中图分类号:R473.74;TP **DOI:**10.3870/j.issn.1001-4152.2025.21.001

Impact of virtual reality combined with gamified task-oriented training on balance function and fall efficacy in stroke patients

Ding Lingling, Li Dongxue, Duan Danhui, Cao Yujing, Bao Meirong. Department of Geriatrics, The 2nd Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Harbin 150010, China

Abstract: **Objective** To analyze the effect of virtual reality combined with game-based task-oriented training (TOT) on balance function and fall efficacy in stroke patients. **Methods** A total of 114 stroke rehabilitation patients treated from January 2024 to April 2025 were selected and divided into a conventional group ($n=57$), undergoing conventional balance training, and a research group ($n=57$), undergoing virtual reality combined with game-based task-oriented training, both trained for 6 weeks. The Berg Balance Scale (BBS) and the Modified Falls Efficacy Scale (MFES) were used to evaluate the patients' balance function and fall efficacy before training, at 4 weeks and 6 weeks of training. The Gait Assessment part of the Tinetti Scale was used to assess the gait function of the patients before training and at 6 weeks of training, and the Timed Up and Go Test (TUGT) was performed, and the fall incidence rate within 6 weeks of intervention in the two groups was analyzed. **Results** A total of 55 cases in the routine group and 54 cases in the study group completed the study. The time effect, between-group effect, and interaction effect of the balance function and fall efficacy scores were significant (all $P<0.05$). After 6 weeks of training, the Tinetti gait score of the research group was higher than that of the conventional group, the TUGT time was shorter than that of the conventional group, and the fall incidence rate within 6 weeks of intervention in the research group was significantly lower than that of the conventional group (all $P<0.05$).

Conclusion Virtual reality combined with game-based task-oriented training, through immersive scene construction, phased game-based tasks, and real-time interactive feedback design training strategies, can enhance patients' balance function and fall efficacy, improve gait function, and thus reduce the risk of falls from the dual pathways of self-identity reshaping and precise intervention.

Keywords: stroke; virtual reality technology; game; task-oriented training; fall efficacy; gait function; balance function; rehabilitation training

卒中后患者神经系统对肢体的协调控制能力减弱。国内外研究报道卒中患者肢体障碍发生率为 70%~80%,多数遗留平衡功能障碍^[1-2]。平衡功能

障碍可导致患者站立与步行时稳定性降低,从而增加跌倒风险,康复期跌倒发生率达 14%~39%^[3-4]。卒中康复实践指南指出,卒中后早期功能训练在提高患者平衡功能、降低跌倒发生率方面至关重要^[5]。但常规平衡功能训练因形式单一、沉浸性不足、趣味性低与缺乏目标导向等问题,常导致患者训练积极性不足,且训练缺少心理支持或成就反馈,难以有效提升患者跌倒效能,导致对卒中患者平衡功能的改善效果有限^[6-7]。虚拟现实技术通过沉浸式场景构建、多感

作者单位:哈尔滨医科大学附属第二医院 1. 老年医学科 3. 康复科(黑龙江 哈尔滨,150010);2. 哈尔滨医科大学附属第一医院神经内科

通信作者:段丹辉,122434708@qq.com

丁玲玲:女,本科,主管护师,153113587@qq.com

收稿:2025-06-25;修回:2025-08-18

官交互反馈,可为训练提供形象化载体^[8-9];任务导向性训练(Task-oriented Training,TOT)基于目标导向理论,通过分期任务设计,可实现和患者功能状态的精准匹配^[10-11];而在TOT中增加游戏化元素,可增加训练的趣味性,并能增强患者竞争意识与及成就感,从而有助于提升其主动性。虚拟现实与游戏化TOT联合可实现优势互补,为突破常规平衡训练的瓶颈提供可能。鉴于此,本研究探讨虚拟现实结合游戏化TOT在改善卒中患者平衡功能、跌倒效能方面的作用,旨在通过构建“逼真的场景模拟-分期任务设计-交互式反馈”三位一体的训练模式,为优化功能康复管理提供新路径。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本研究采取前瞻性非同期对照研究设计,以2024年1月至2025年4月在本院神经内科治疗后转康复科或老年医学科住院治疗的114例卒中康复期患者为研究对象。纳入标准:①首发卒中,符合《中国各类主要脑血管病诊断要点2019》卒中诊断^[12];②年龄≥18岁;③脑部单侧发病,病程在3个月及以内;④卒中后遗症累及一侧下肢,且患肢Brunnstrom分期在Ⅲ期及以上,具备开展主动平衡

训练的基础;⑤改良Ashworth分级在2级及以下,不会因为肌张力大而影响训练;⑥认知功能正常;⑦患者及主要照护者知情同意。排除标准:①既往有平衡功能障碍史;②并存其他器官、系统严重病变;③入组前接受对平衡功能有影响的干预手段,如躯干控制训练、重复经颅磁刺激等;④存在虚拟现实技术的使用禁忌(如视力、听力障碍);⑤患有重度精神心理疾病。剔除及脱落标准:①未依照规定方法开展训练;②受试中病情加重或出现严重心悸、眩晕等不适,须终止研究;③主动退出研究。样本量计算公式如下: $n_1=n_2=2[(Z_{\alpha/2}+Z_{\beta})\sigma/\delta]^2$,当 α 、 β 分别取0.05、0.1时, $Z_{\alpha/2}=1.96$, $Z_{\beta}=1.28$ 。既往文献显示,卒中患者常规平衡训练6周后平衡功能为 (38.52 ± 9.78) 分^[13],预计虚拟现实结合游戏化TOT可提升6.5分,故 $\sigma=9.78$, $\delta=6.5$ 。将各数值代入后算得每组样本量至少需48例,假设脱落率15%,则每组样本量不低于57例。本研究拟招募114例,依照入院时间将2024年1—8月收治的57例卒中患者作为常规组,2024年9月至2025年4月收治的57例卒中患者作为研究组。两组基线资料比较,见表1。本研究获得医院伦理委员会批准(KY2023-124号)。

表1 两组基线资料比较

组别	例数	性别[例(%)]		年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	身体质量指数 (kg/m ² , $\bar{x}\pm s$)	受教育程度[例(%)]			婚姻状态[例(%)]		
		男	女			初中及以下	高中/中专	大专及以上	未婚	已婚	离异或丧偶
常规组	57	34(59.65)	23(40.35)	59.35±10.29	23.47±2.93	21(36.84)	23(40.35)	13(22.81)	8(14.04)	37(64.91)	12(21.05)
研究组	57	36(63.16)	21(36.84)	58.75±9.41	23.61±3.19	18(31.58)	25(43.86)	14(24.56)	6(10.53)	42(73.68)	9(15.79)
统计量		$\chi^2=0.148$		$t=0.325$	$t=0.244$	$Z=-0.510$			$\chi^2=1.031$		
P		0.700		0.746	0.808	0.610			0.597		

组别	例数	吸烟 [例(%)]	饮酒 [例(%)]	卒中类型[例(%)]		病程 (月, $\bar{x}\pm s$)	患侧[例(%)]		并存疾病数量[例(%)]	
				脑梗死	脑出血		左侧	右侧	≤2种	>2种
常规组	57	22(38.60)	18(31.58)	39(68.42)	18(31.58)	1.67±0.42	29(50.88)	28(49.12)	41(71.93)	16(28.07)
研究组	57	19(33.33)	21(36.84)	37(64.91)	20(35.09)	1.73±0.46	26(45.61)	31(54.39)	43(75.44)	14(24.56)
χ^2/t		$\chi^2=0.343$	$\chi^2=0.351$	$\chi^2=0.158$		$t=0.727$	$\chi^2=0.316$		$\chi^2=0.181$	
P		0.558	0.554	0.691		0.469	0.574		0.671	

1.2 干预方法

两组转入康复科或老年医学科后住院2周,每周在医护人员指导下训练5d,周六、日自行训练;出院后每周3d前往医院接受康复训练,共4周。两组均干预6周。两组均接受常规干预,包括正确摆放肢体、床上主动和被动活动、肌肉牵伸训练、上下肢肌力训练、日常生活能力训练等,在此基础上常规组患者接受常规平衡训练,研究组患者接受虚拟现实结合游戏化TOT的平衡功能训练。

1.2.1 常规组

1.2.1.1 静态平衡训练 ①坐站转移训练:患者坐于病床边,双足平放于地面,护士逐渐调低病床高度,引导患者由病床上独立站起,动作重复10次。②站立取物训练:患者站于平衡软垫(长宽各60cm、厚5cm)上,护士引导患者向前(距离60cm)、侧方(距离40cm)与转身(180°旋转)取物(0.5~1.0kg矿泉水瓶),各方向重复做10次。

1.2.1.2 动态平衡训练 ①站立迈步训练:护士协

助患者站于地面上,引导患者向侧方及前、后方迈步,两腿交替进行。各方向迈步均重复做3次,初始距离为1m,每周递增0.5m。②上下台阶:患者站于楼梯上,护士引导患者分别以健、患腿迈上、迈下台阶,共3级台阶,每级台阶高度为15cm。各动作重复做10次。如患者未按时进行训练,护士立即联系患者,告知其及时前往门诊完成训练。

1.2.2 研究组

1.2.2.1 成立干预团队 团队领导者为老年医学科护士长,成员包括1名康复科医生、2名老年医学科医生、1名神经内科医生,以及护龄≥5年的2名神经内科护士、3名老年医学科护士、2名康复科护士。护士长负责组织成员共同学习虚拟现实技术的概念、干预流程及相关设备的使用方法,并监督项目的开展。护士与护士长整理循证文献和制订训练方案;医生根据患者病情特点为训练方案提供专业意见,在训练过程中提供技术指导;护士负责指导患者实施训练方案。

1.2.2.2 训练前准备 ①虚拟现实设备准备:采用 SilverFit 情景模拟与现实互动康复系统(荷兰 SilverFit 公司生产,软件版本 2.5.5.8229),其包含位置追踪器(实时捕捉患者位置和动作,结合动态变化对交互性做出调整)、虚拟环境生成器和头戴式显示器(显示虚拟场景)。将投影仪和虚拟现实设备连接,将虚拟现实设备内容投屏。②操作指导:康复科护士向患者讲解虚拟现实设备的使用方法、注意事宜,并告知使用期间出现不适反应(如眩晕、心悸等)时,须及时告知护士暂停训练。然后引导患者佩戴头戴式显示器进行预训练,以熟悉训练过程。

1.2.2.3 训练任务

1.2.2.3.1 静态平衡训练(第 1~2 周) 游戏名称为“浮木求生”。场景:玩家因船只失事漂流至神秘海域,须站立于宽 30 cm 浮木上保持身体平衡,等待救援。游戏任务:①第 1 周。在维持身体倾斜度 $\leq 10^\circ$ 的情况下站立 20 s 表示单次任务成功,累计成功 3 次后弹出“救援直升机抵达”动画,同步发出“您已成功获救”的语音。②第 2 周。增加海浪干扰(每 5 秒晃动 1 次),在维持身体倾斜 $\leq 15^\circ$ 的情况下站立 30 s 表示单次任务成功,累计成功 3 次后弹出动画,同步发出语音(同首周),表示当日训练任务完成。如连续 2 d 未完成者考虑降低任务难度(如减少海浪晃动频率)。实时反馈:身体平衡时浮木呈绿色,倾斜度超过标准时浮木闪烁红色,提示需调整身体角度。奖励系统:①积分奖励。单次任务成功给予 10 分奖励,当积分累积达到 100 分时,解锁“黄金浮木”皮肤。②成就奖励。第 1 周连续 2 d 完成挑战(被成功救援)即可解锁“平衡新秀”称号,连续 5 d 完成挑战可解锁“平衡达人”称号,第 2 周连续 3 d 完成挑战可解锁“抗浪勇士”称号。

1.2.2.3.2 动态平衡训练(第 3~6 周) 游戏名称为“公园步道行走”。场景:模拟患者沿虚拟公园长度 10 m 步道行走,步道环境包括平整路面、障碍(10 cm 的矮石墩、3 级台阶、速度为 0.3 m/s 的滚动皮球)。游戏任务:①第 3 周。在无碰撞的情况下跨越矮石墩(每 1.5 米设置 1 个,跨越矮石墩时需先将重心置于健侧腿,患侧腿抬高跨越后再转移重心至患侧)达到终点表示单次任务完成。②第 4 周。在无跌倒的情况下,于 30 s 内跨越有 3 级台阶的步道(跨越台阶时保证重心随迈步节奏前后移动)表示单次任务完成。③第 5~6 周。在避开滚动皮球的情况下,于 45 s 内完成全程且碰撞 ≤ 2 次(避开皮球时需通过侧倾躯干、小步移动等方式调整重心左右分布)表示单次任务完成。每日训练任务完成(累积成功 3 次)屏幕绽放礼花特效,并发出“太棒了!”语音。如连续 2 d 未完成,则考虑降低任务难度(如减少障碍物)。实时反馈:正常行走时步道呈绿色,碰撞障碍时闪烁红色警示,提示需调整身体重心。奖励系统:①积分奖励。

单次任务成功给予 10 分奖励,当积分累积达到 100 分时,解锁“黄金步道”皮肤。②成就奖励。第 3 周连续 2 d 达标(任务完成至少 3 次/d)解锁“步道新秀”称号,第 4 周连续 3 d 达标(任务完成至少 5 次/d)可解锁“台阶征服者”称号,第 5~6 周连续 3 d 达标(任务完成至少 3 次/d)可解锁“敏捷达人”称号,连续 5 d 达标可解锁“公园征服者”称号。上述训练 30 min/次,每日 1 次。训练期间可休息 2 min,休息时可将头戴式显示器摘下,于训练垫上静坐。

1.2.2.4 安全管理 ①训练在专用训练室开展,地面做防滑处理(如铺设防滑垫)。②训练前测定患者血压,确保收缩压/舒张压 $< 160/90$ mmHg,并指导患者佩戴运动手环,以实时了解心率变化。同时,观察患者训练中有无不适反应,如出现心悸、眩晕等症时,立即暂停训练。休息 20 min 后测量血压、心率,如收缩压/舒张压 $< 140/90$ mmHg 且心率 < 100 次/min 时继续训练。如血压、心率未复常或再次出现不适症状,须终止当日训练。患者累积 3 次出现不适,退出研究。③训练中康复科护士在现场全程监护,同时将带摄像功能的设备固定于训练区域上方,实时录制患者训练过程。④每次训练结束后,对患者付出的努力进行表扬。利用投影仪回放录制的视频,为其分析动作缺陷,并做出相应指导。

1.3 评价方法

由 2 名未参与本研究干预的护士负责完成数据的收集及整理。平衡功能及跌倒效能于训练前、训练 4 周及 6 周后评定,步态功能、起立-行走计时试验(Timed Up and Go Test, TUGT)于训练前、训练 6 周评估。记录 6 周内跌倒发生例数。

1.3.1 平衡功能 采用金冬梅等^[14]汉化的 Berg 平衡量表(Berg Balance Scale, BBS)对患者评定。量表有坐位平衡(1 个项目)、立位平衡(8 个项目)与动态平衡(5 个项目)3 个维度共 14 个项目。各项目采用 5 级计分法评定,0~4 分分别表示“无法完成动作”至“能正常完成”。总分 0~56 分,得分越高,患者平衡功能越好。本研究测得量表的 Cronbach's α 系数为 0.852。

1.3.2 跌倒效能 采用由郝燕萍等^[15]汉化的修订版跌倒效能量表(Modified Falls Efficacy Scale, MFES)评定。包括室内活动(9 个条目)和户外活动(5 个条目)共 14 个条目。各条目均以 11 级计分法评定,0~10 分分别表示“无信心”至“信心十足”,总分 0~140 分。得分越高,患者防跌倒信心越高,跌倒恐惧程度越低。本研究测得量表的 Cronbach's α 系数为 0.824。

1.3.3 步态功能 采用 Tinetti 量表中的步态评估部分对患者开展测评。该子量表由高静等^[16]汉化,为单维度,涉及 8 个项目。其中 4 个项目以 3 级计分法(0~2 分)评定,其余 4 个项目以 2 级计分法(0~1

分)评定,总分 0~12 分。得分越高,患者步态功能越好。

1.3.4 TUGT 采用 TUGT^[17]评估患者步态障碍情况。试验时,要求患者坐于靠椅上,在收到口令后由椅子上站起,向前走 3 m,随后再转身返回靠椅处并坐下。测定患者从下令开始至坐回椅子的时长,测 3 次,取其平均值。TUGT 时间越长,患者步态障碍越严重。

1.3.5 跌倒发生率 统计两组干预 6 周内跌倒发生率,同一患者多次跌倒计为 1 例。

1.4 统计学方法 采用 SPSS22.0 软件分析,采用 Kolmogorov-Smirnov 法检验数据的正态性,服从正态分布的计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示,采用 t 检验、重复测量方差分析;计数资料用 $[n(\%)]$ 描述,采用 χ^2 检验;等级资料采用秩和检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

本研究中,研究组有 1 例因未依照规定方法开展训练而剔除,2 例因训练中出现严重眩晕而终止研究,最终纳入 54 例;常规组有 1 例因受试中病情加重而终止研究,1 例主动退出,最终纳入 55 例。

表 4 两组 Tinetti 步态评分、TUGT 计时比较

组别	例数	Tinetti 步态评分(分)		t	P	TUGT 计时(s)		t	P
		训练前	训练 6 周			训练前	训练 6 周		
常规组	55	6.84±1.71	8.36±1.83	11.614	<0.001	21.75±3.56	16.41±2.94	21.733	<0.001
研究组	54	6.61±1.63	9.74±1.75	24.810	<0.001	21.47±3.31	13.18±2.43	36.446	<0.001
t		0.719	4.022			0.425	6.246		
P		0.474	<0.001			0.672	<0.001		

2.4 两组跌倒发生率比较 常规组 6 周期间 13 例(23.64%)发生跌倒,其中 1 次 8 例、2 次 3 例、3 次 2 例;研究组 4 例(7.41%)发生跌倒,其中 1 次 3 例、2 次 1 例。研究组跌倒发生率显著低于常规组($\chi^2=5.452, P=0.020$)。

3 讨论

3.1 虚拟现实结合游戏化 TOT 可提升卒中患者平衡功能 本研究结果显示,研究组训练 4 周、6 周的平衡功能评分均显著高于常规组(均 $P<0.05$),提示研究组训练策略在提升卒中患者平衡功能方面具有显著成效。究其原因,本研究将静态平衡、自动态平衡融入虚拟现实系统游戏化设计,与卒中患者平衡功能康复的自然进程相符合,获得良好的训练效果,与相关研究结论^[18-19]一致。在虚拟现实结合游戏化 TOT 开展中,通过虚拟现实技术创造逼真的虚拟生活场景(如公园散步),并基于平衡训练目标设计游戏任务(如公园步道行走中跨越或绕开障碍物到达终点),可促使患者在三维空间调整重心。这种重心调控和 Ghous 等^[20]研究一致,其通过虚拟现实训练使老年人平衡能力(如重心转移、稳定性)显著提高。同时,虚拟现实设备的位置追踪器可实时捕捉患者训练动作参数(如身体倾斜角度、步速),并给予及时视听

2.1 两组平衡功能评分比较 见表 2。

表 2 两组平衡功能评分比较 分, $\bar{x} \pm s$

组别	例数	训练前	训练 4 周	训练 6 周
常规组	55	33.42±5.79	35.42±6.56	38.15±7.32
研究组	54	32.83±5.45	38.44±7.32	43.81±8.06
t		0.548	2.269	3.839
P		0.585	0.025	<0.001

注: $F_{\text{组间}}=12.819, P<0.001; F_{\text{时间}}=36.268, P<0.001; F_{\text{交互}}=5.785, P=0.003$ 。

2.2 两组跌倒效能评分比较 见表 3。

表 3 两组跌倒效能评分比较 分, $\bar{x} \pm s$

组别	例数	训练前	训练 4 周	训练 6 周
常规组	55	69.75±12.05	75.05±12.48	80.53±13.17
研究组	54	68.43±11.58	80.52±13.36	91.43±12.68
t		0.583	2.209	4.401
P		0.561	0.029	<0.001

注: $F_{\text{组间}}=13.023, P<0.001; F_{\text{时间}}=49.222, P<0.001; F_{\text{交互}}=6.466, P=0.002$ 。

2.3 两组 Tinetti 步态评分、TUGT 计时比较 见表 4。

觉反馈(如“浮木求生”游戏中身体倾斜度超过标准时显示“红色警示灯”),可使患者对动作标准度有直观感知,继而做出自我调整,从而可保证训练的准确度。而常规平衡训练缺少及时反馈,患者对动作偏差的感知较为模糊,导致训练质量较差。Zhao 等^[21]研究认为,激励机制可激发神经系统疾病患者运动康复锻炼的动机。常规平衡训练在激励机制方面有所缺失,导致患者动力不足,难以积极投入到训练中。而本研究游戏化 TOT 中注重语音、视觉激励(如任务完成时屏幕绽放礼花),可增强患者训练的动力,促使其积极参与平衡功能训练,从而利于提升训练成效。虚拟现实技术的沉浸式场景模拟、交互性能弥补 TOT 在实时反馈方面的不足,而 TOT 的分期设计可为虚拟现实训练提供科学框架,两者结合对患者平衡功能的提升作用优于常规平衡训练。因此,有必要构建“逼真的场景模拟-分期任务设计-交互式反馈”三位一体的训练模式。

3.2 虚拟现实结合游戏化 TOT 可提高卒中患者跌倒效能 本研究显示,研究组训练 4 周、6 周的跌倒效能评分显著高于常规组(均 $P<0.05$),提示研究组训练策略更利于提高患者跌倒效能。跌倒效能是反映患者防跌倒信心水平的重要指标,其水平越低表示

防跌倒信心越低,训练积极性越弱^[22]。Almajid 等^[23]研究显示,66%的卒中患者跌倒效能水平低下,主要源自平衡功能障碍、对真实训练场景的心理恐惧及自我认同感低下。本研究虚拟现实结合游戏化 TOT 是在逼真的虚拟场景中开展,和常规平衡训练相比,更利于降低患者在真实训练场景中因重心不稳导致的跌倒风险,减轻其训练中的心理恐惧感。同时,患者在每次训练中均可获得动作准确度的实时反馈,结合“浮木求生”“公园步道行走”游戏中的成就反馈,可强化其自我认同感,加之平衡功能的不断提升,从而可有效提升患者跌倒效能^[24]。

3.3 虚拟现实结合游戏化 TOT 可提高卒中患者步态功能,降低跌倒发生率 本研究显示,研究组训练 6 周的 Tinetti 步态评分显著高于常规组,TUGT 计时显著短于常规组,跌倒发生率显著低于常规组(均 $P<0.05$),提示研究组训练策略对患者步态功能的改善效果优于常规平衡训练。首先,步态功能的恢复有赖于良好的平衡能力作为基础^[25]。本研究通过引导患者开展重复性、渐进性虚拟现实游戏,提升静态、动态平衡能力,尤其是重心转移能力、肢体协调性,则利于改善异常步态。其次,自我效能理论指出,个人信念在促进行为改变方面具有决定性作用^[26]。本研究通过提升患者跌倒效能,强化其“有能力应对游戏挑战”的信念,则能激发训练的主动性,从而可促进步态功能恢复。患者在虚拟现实游戏中获得的成功平衡体验(如完成高难度游戏任务)可对跌倒效能产生积极影响,形成“平衡能力提升—跌倒效能增强—平衡能力提升”的正向循环,持续提升步态功能,从而有助于预防跌倒发生。

3.4 本研究方案的重点、难点及护理注意事项 本研究方案在卒中患者中的应用重点在于如何把握分期任务和患者功能状态的精准匹配,即结合患者平衡功能状况动态调整虚拟游戏任务的难度,同时利用虚拟现实设备的实时反馈和视听觉激励来保证患者高质量完成训练。但在实践中,需高度关注部分人群(老年患者)对设备的适应性(如佩戴中出现眩晕等不适反应)、医疗团队在训练方案开展中的协助作用。因此,护理中需注意以下事项:①训练前做好患者身体状况评估(尤其测量血压、心率)及设备调试,同时保证环境安全(如地面铺设防滑垫、扫除障碍物);②训练中进行近距离的全程监护,密切关注患者有无不适反应,如出现时立即让患者暂停训练,必要时通知医生做出应急处理;③训练后引导患者坐于防滑凳上,为其分析训练中的不足之处,并给予相应指导,以实现“评价-纠错-调整”的良性循环。

4 结论

本研究将虚拟现实结合游戏化 TOT,构建的“逼真的场景模拟-分期任务设计-交互式反馈”三位一体的训练模式,可使患者平衡功能和跌倒效能明显提升,改

善步态功能,从而降低跌倒发生率。本研究尚存在一些缺陷,如仅纳入 1 所医院的卒中病例进行 6 周观察,不足以了解本研究训练策略的普适性和长期效果。故未来考虑扩大招募病例的范围进行更长期的研究,以保证所得结论具有可靠性和更广的适用性。

参考文献:

[1] Shen J, Ma L J, Gu X D, et al. The effects of dynamic motion instability system training on motor function and balance after stroke:a randomized trial[J]. Neuro Rehabilitation,2023,53(1):121-130.

[2] 郑旺,周煜达,邱纪方. 认知双重任务对脑卒中后平衡及步行功能的影响[J]. 中国康复,2024,39(4):237-240.

[3] Ghrouz A, Guillen-Sola A, Morgado-Perez A, et al. The effect of a motor relearning on balance and postural control in patients after stroke: an open-label randomized controlled trial[J]. Eur Stroke J,2024,9(2):303-311.

[4] 段林茹,郑洁皎,陈茜,等. 脑卒中患者跌倒风险的相关因素研究[J]. 中国康复理论与实践,2024,30(7):811-817.

[5] Wei L, Shang W, Nan Y, et al. Evidence map of clinical practice guideline recommendations on stroke rehabilitation[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2025, 104 (2): 193-201.

[6] Rungseethanakul S, Tretriluxana J, Piriyaprasarth P, et al. Task oriented training activities post stroke will produce measurable alterations in brain plasticity concurrent with skill improvement[J]. Top Stroke Rehabil,2022,29(4):241-254.

[7] 李爽,杨学婧,张晓颖. 虚拟现实训练系统联合平衡训练对脑卒中偏瘫患者肢体和平衡功能及生活能力的影响[J]. 中国实用神经疾病杂志,2023,26(7):848-852.

[8] 谢拉,程晶,刘湘萍,等. 沉浸式虚拟现实创伤急救护理培训系统的开发及应用[J]. 护理学杂志,2024,39(8):85-88.

[9] Gunduz M S, Mustafaoglu R, Ural I H. Effects of robot-assisted gait training on balance and fear of falling in patients with stroke:a randomized controlled clinical trial [J]. Am J Phys Med Rehabil,2025,104(6):558-566.

[10] Afridi A, Malik A N, Rathore F A. Task oriented training for stroke rehabilitation: a mini review[J]. J Pak Med Assoc,2023,73(11):2295-2297.

[11] Gao L S, Jin Q M, Zhou C J, et al. Effect of task-oriented biomechanical perception-balance training on motor gait in stroke patients with hemiplegia[J]. Altern Ther Health Med,2024,30(8):290-294.

[12] 中华医学会神经病学分会,中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国各类主要脑血管病诊断要点 2019[J]. 中华神经科杂志,2019,52(9):710-715.

[13] 李月,唐迪,田伟,等. 自适应平衡康复训练装置对老年脑卒中患者平衡功能及害怕跌倒的影响[J]. 中国疗养医学,2022,31(2):113-115.

[14] 金冬梅,燕铁斌,曾海辉. Berg 平衡量表的效度和信度研究[J]. 中国康复医学杂志,2003,18(1):25-27.

中的应用进展[J]. 护理学杂志, 2024, 39(20): 120-123.

[4] Toma A, Diller G P, Lawler P R. Deep learning in medicine [J]. JACC Adv, 2022, 1(1): 100017.

[5] Matsuo Y, LeCun Y, Sahani M, et al. Deep learning, reinforcement learning, and world models [J]. Neural Netw, 2022, 152: 267-275.

[6] Qin Z, Wu D, Zang Z, et al. Building an intelligent diabetes Q&A system with knowledge graphs and large language models [J]. Front Public Health, 2025, 13: 1540946.

[7] 李冉, 任高, 晏峻峰, 等. 基于 BSG 深度学习模型的中医药智能问答系统研究: 以方剂和中药为例[J]. 数字中医药(英文版), 2024, 7(1): 47-55.

[8] 吴云, 汪玉雯, 陈红, 等. 麻醉重症监护室是践行围术期医学的重要平台[J]. 临床麻醉学杂志, 2024, 40(4): 429-432.

[9] 汤璘瑞, 吴利平, 张学兵, 等. 虚拟漫游在日间手术患儿术前健康教育中的应用[J]. 护理学杂志, 2025, 40(8): 46-50, 55.

[10] Wang Y, Ren X, Gao K, et al. Ontology of clinical practice guidelines for Integrated Traditional Chinese and Western Medicine[J]. J Evid Based Med, 2024, 17(3): 604-614.

[11] Noy N F, McGuinness D L. Ontology development 101: a guide to creating your first ontology[EB/OL]. (2001) [2025-05-07]. <https://protegewiki.stanford.edu/wiki/Ontology101>.

[12] Shim J W. Enhancing cross entropy with a linearly adaptive loss function for optimized classification performance[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 27405.

[13] Wang L, Cheng Y, Wang Z. Risk management in sustainable supply chain: a knowledge map towards intellectual structure, logic diagram, and conceptual model[J]. Environ Sci Pollut Res Int, 2022, 29(44): 66041-66067.

[14] Yu H, Wang Q, Wu W, et al. Therapeutic effects of melatonin on ocular diseases: knowledge map and perspective[J]. Front Pharmacol, 2021, 12: 721869.

[15] 王丽敏, 陈泓伯, 王琦, 等. 以公众健康教育与非药物干预为主的膝关节骨性关节炎疾病知识图谱的构建[J]. 中华护理杂志, 2022, 57(10): 1172-1177.

[16] Yin Y, Zhang L, Wang Y, et al. Question answering system based on knowledge graph in traditional Chinese medicine diagnosis and treatment of viral hepatitis B[J]. Biomed Res Int, 2022, 2022: 7139904.

[17] 姚元杰, 龚毅光, 刘佳, 等. 基于深度学习的智能问答系统综述[J]. 计算机系统应用, 2023, 32(4): 1-15.

[18] 王绍源, 杨东航, 任宇东. 大语言模型在护理领域的应用场景与伦理探讨[J]. 护理学杂志, 2025, 40(5): 108-113.

[19] Hashimoto D A, Witkowski E, Gao L, et al. Artificial intelligence in anesthesiology: current techniques, clinical applications, and limitations[J]. Anesthesiology, 2020, 132(2): 379-394.

[20] 茆福民, 李逗逗, 王艳丽, 等. 知识图谱在糖尿病患者健康管理中的应用进展[J]. 护理学杂志, 2025, 40(2): 126-129.

[21] Plass M, Kargl M, Kiehl T R, et al. Explainability and causability in digital pathology[J]. J Pathol Clin Res, 2023, 9(4): 251-260.

[22] Hughes H, Cornelis F H, Scaglione M, et al. Paranoid about androids: a review of robotics in radiology[J]. Can Assoc Radiol J, 2025, 76(2): 232-238.

[23] Daneshvar N, Pandita D, Erickson S, et al. Artificial intelligence in the provision of health care: an American College of Physicians Policy Position Paper[J]. Ann Intern Med, 2024, 177(7): 964-967.

(本文编辑 钱媛)

(上接第 5 页)

[15] 郝燕萍, 刘雪琴. 修订版跌倒效能量表在我国老年人群中的测试研究[J]. 中华护理杂志, 2007, 42(1): 19-21.

[16] 高静, 吴晨曦, 柏丁兮, 等. Tinetti 平衡与步态量表用于老年人跌倒风险评估的信效度研究[J]. 中国实用护理杂志, 2014, 30(5): 61-63.

[17] Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons[J]. J Am Geriatr Soc, 1991, 39(2): 142-148.

[18] 刘彦伶, 邹娇丽, 龙兴, 等. 互动达标理论下分阶段康复训练对脑梗死患者步行功能、负性情绪及依从性的影响[J]. 中国医药导报, 2024, 21(19): 175-178.

[19] 王丽娜, 来李鑫, 李慧林, 等. 虚拟现实技术在乳腺癌术后康复训练中的应用进展[J]. 护理学杂志, 2023, 38(6): 15-18.

[20] Ghous M, Masood Q, Nawaz Malik A, et al. Comparison of nonimmersive virtual reality and task-oriented circuit training on gait, balance, and cognition among elderly population: a single-blind randomized control trial [J]. Games Health J, 2024, 13(3): 164-171.

[21] Zhao J W, Zhang G H, Xu D S. The effect of reward on motor learning: different stage, different effect[J]. Front Hum Neurosci, 2024, 18: 1381935.

[22] 李晶晶, 王宇宁, 苗田雨, 等. 跌倒效能和步行能力在脑卒中足下垂患者平衡功能与活动能力的中介效应[J]. 中国医药导报, 2022, 19(32): 75-79.

[23] Almajid R, Alharbi N, Sharahili Z, et al. The clinical characteristics of men and women living with a stroke: influence of gender and fall self-efficacy[J]. Physiother Res Int, 2025, 30(2): 170-184.

[24] Kwon I H, Shin W S, Choi K S, et al. Effects of real-time feedback methods on static balance training in stroke patients: a randomized controlled trial[J]. Healthcare (Basel), 2024, 12(7): 767-776.

[25] 刘红, 包娟, 卢苇, 等. 视觉反馈平衡训练对脑卒中后平衡与步态康复的研究进展[J]. 中国医药导报, 2024, 21(2): 66-69.

[26] Oliver A, Munk N, Stanton-Nichols K A. Applying theory to overcome internal barriers for healthy behavior change in adults with intellectual disabilities[J]. J Intellect Disabil, 2022, 26(3): 718-731.

(本文编辑 钱媛)