

体感游戏康复运动对社区老年人衰弱及平衡能力的影响

徐婉莹^{1,2}, 王霄², 岳跃学², 王秀红^{2,3}, 汪俊华⁴, 杨春琼⁵, 邓罗义⁶, 李雪², 郭庆娇², 罗倩²

摘要:目的 探讨体感游戏康复运动对社区衰弱前期老年人衰弱水平及平衡能力的影响。方法 2022 年 6—9 月,便利选取贵阳市 4 个社区衰弱前期老年人 46 人作为研究对象,随机分为对照组和干预组各 23 人。对照组维持日常活动锻炼并接受健康教育,干预组在对照组基础上增加体感游戏康复运动干预,每周 3 次,干预实施 12 周。分别于干预前、干预 12 周末对两组老年人进行衰弱水平及平衡能力的评估。结果 干预组脱落 2 人。干预 12 周末,干预组衰弱得分显著低于对照组,干预组静态平衡能力、动态平衡能力、反应性平衡能力和综合平衡能力得分显著优于对照组(均 $P < 0.05$)。结论 体感游戏康复运动可有效改善社区衰弱前期老年人的衰弱水平,提高其平衡能力。

关键词:社区; 老年人; 衰弱前期; 体感游戏; 康复运动; 衰弱; 平衡能力

中图分类号:R473.2;R161.7 **DOI:**10.3870/j.issn.1001-4152.2024.14.001

Effects of somatosensory game rehabilitation exercise on frailty and balance ability in community-dwelling older adults

Xu Wanying, Wang Xiao, Yue Yuexue, Wang Xiuhong, Wang Junhua, Yang Chunqiong, Deng Luoyi, Li Xue, Guo Qingjiao, Luo Qian, Department of Neurology, The Affiliated Hospital of Guizhou Medical University, Guiyang 550004, China

Abstract: **Objective** To explore the effects of somatosensory game rehabilitation exercise on the frailty level and balance ability in community-dwelling pre-frail older adults. **Methods** From June to September 2022, a total of 46 community-dwelling pre-frail older adults from four communities of Guiyang city were selected conveniently and randomized into a control group and an intervention group, with 23 cases in each group. The control group maintained their daily exercise and received health education, while the intervention group additionally received somatosensory game rehabilitation exercise intervention for 12 weeks, three times per week. The frailty level and balance ability of the two groups were assessed before the intervention and at the end of the 12-weeks intervention. **Results** There were 2 dropouts in the intervention group. At the end of the 12-weeks intervention, the frailty score in the intervention group was significantly lower than that of the control group, and the static balance ability, dynamic balance ability, reactive balance ability, and comprehensive balance ability in the intervention group were significantly better than those of the control group (all $P < 0.05$). **Conclusion** Somatosensory game rehabilitation exercise can alleviate the frailty level of community-dwelling pre-frail older adults, and improve their balance ability.

Keywords: community; older adults; pre-frail; somatosensory game; rehabilitation exercise; frailty; balance ability

衰弱是常见的老年综合征之一,其会增加老年人住院、跌倒、死亡的风险^[1],严重降低老年人的生活质量。衰弱前期是指老年人机体生理功能进行性下降,为健康与衰弱之间的过渡阶段^[2]。研究表明,衰弱可防可逆,衰弱前期老年人及早采取康复运动干预能改善其肌肉力量、平衡能力、步速等躯体功能,以此延缓衰弱进程,避免衰弱前期进展为衰弱^[3-4]。尽管多数传统的康复运动方式可促进老年人功能恢复,但其存在

枯燥单一、过程较单调^[5]等缺点,老年人接受度及依从性难免受到影响。随着科技的不断发展,虚拟现实技术和康复机器人等智能康复技术在医学领域得到广泛应用,并取得了显著的效果^[6]。体感游戏(Somatosensory Game)是指在传统视频基础上借助人机交互、运动传感、虚拟现实等高科技技术实现运动性娱乐的一类游戏^[7],具有便捷性、真实性、趣味性等特点。体感游戏康复运动的干预效果已在脑卒中^[8]、帕金森病^[9]等老年患者的康复护理中得到证实,但目前国内针对衰弱前期老年人运动干预多停留在传统的运动方式上,暂未见体感游戏在衰弱前期老年人群的应用研究。因此,本研究探索体感游戏康复运动锻炼方式对改善衰弱前期老年人衰弱水平、平衡能力的影响,旨在为拓展社区老年人健康运动方式提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 2022 年 6—9 月,采用便利抽样法,

作者单位:贵州医科大学附属医院 1. 神经内科 3. 护理部 5. 老年医学科 6. 康复医学科(贵州 贵阳, 550004);2. 贵州医科大学护理学院;4. 贵州医科大学公共卫生学院;

徐婉莹:女,硕士,主管护师,949161449@qq.com

通信作者:王秀红, wangxiuhong@gmc.edu.cn

科研项目:贵州医科大学护理学科教研与科研项目立项课题(YJ20058);贵州省护理学会科研课题(GZHLKY202107)

收稿:2024-03-02;修回:2024-04-20

在贵阳市主城区(南明区、云岩区)中抽取 4 个社区,从社区老年人中筛选出符合本研究纳入及排除标准的衰弱前期老年人作为研究对象。纳入标准:根据 Fried 衰弱表型^[2]评分(1~2 分)确定为衰弱前期;年龄 ≥ 60 岁;在贵阳市居住时间 ≥ 1 年;能自由活动并能配合完成干预;告知相关注意事项后理解并自愿参与本研究,签署知情同意书。排除标准:并存重要脏器功能严重障碍;并存不适宜进行运动的基础疾病;各种疾病急性期、慢性疾病的急性发作期;家中已有体感游戏设备。脱落或剔除标准:对运动不耐受者;中途退出者;资料不全者;研究对象入组后发生严重不良事件者;失访者。本研究采用两样本均数比较的

样本含量估计方法: $n_1 = n_2 = 2[(t_{\alpha} + t_{\beta})\sigma/(\mu_1 - \mu_2)]^2$,参考以往研究^[10]中对照组和干预组衰弱得分的均数分别为 0.68 和 1.39 分,取两组中最大标准差 0.74,取 $\alpha = 0.05, \beta = 0.20$,则 $t_{0.05/2} = 1.960, t_{0.20} = 0.842$,将数据代入公式计算可得 $n_1 = n_2 = 17$,考虑 20% 的失访率,干预组和对照组至少需要样本量各为 22,最终本研究共纳入 46 人。根据居住社区分为干预组和对照组各 23 人。两组老年人一般资料比较,见表 1。本研究已通过贵州医科大学附属医院医院伦理委员会审批[2022 伦审第(002)号],并在中国临床试验注册中心注册(注册号:ChiCTR2200057207)。

表 1 两组一般资料比较

组别	人数	性别(人)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	文化程度(人)			BMI(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	近 1 年内 跌倒史(人)	高血压 (人)	糖尿病 (人)	心血管 疾病(人)	脑血管 疾病(人)
		男	女		小学及以下	初中	高中及以上						
对照组	23	10	13	71.22 \pm 5.23	4	13	6	23.41 \pm 3.27	6	11	5	2	0
干预组	23	9	14	72.00 \pm 6.02	9	9	5	25.30 \pm 3.20	5	12	3	0	1
统计量		$\chi^2=0.090$		$t=0.471$	$Z=-1.236$			$t=1.976$	$\chi^2=0.119$	$\chi^2=0.087$	$\chi^2=0.151$		
P		0.765		0.640	0.217			0.054	0.730	0.768	0.697	0.489	1.000

1.2 干预方法

对照组老年人维持原有日常活动,平均每周散步 6 h,做家务活动 10 h,均为中低强度的活动,同时在干预的第 4 周和第 8 周各开展 1 次健康教育讲座,邀请三甲医院专科护士进行授课。内容包括老年人衰弱相关知识、居家运动锻炼方法和常见慢性病的预防及护理等,并免费发放健康知识宣传资料。基于伦理要求中的公平性原则,在研究结束后,对照组研究对象可自愿参与体感游戏康复运动训练。干预组在对照组的基础上实施体感游戏康复运动干预,具体如下。

1.2.1 成立体感游戏康复运动干预团队 团队由 1 名副主任护师、1 名康复医学科主治医师、1 名老年专科护士、2 名社区卫生服务中心及居委会负责人、研究者本人、4 名在读护理研究生和 2 名在读本科生,共 12 人组成。副主任护师为课题指导老师,负责监督干预实施和质量控制;康复医学科医生和老年医学科专科护士负责对体感游戏康复运动方案可行性进行评估,参与运动方案的讨论及修改;社区卫生服务中心及居委会负责人协助提供场地和参与协调工作;研究者本人全程负责干预的实施和管理;4 名在读护理研究生协助开展体感游戏康复运动,2 名不知道具体分组和干预情况的在读本科生负责收集资料。

1.2.2 实施体感游戏康复运动干预 参考衰弱老年人运动的相关文献^[11-13],同时结合社区衰弱前期老年人运动耐受力等情况,选择 Nintendo Switch 体感游戏机(日本任天堂公司生产)进行干预。在团队成员自行体验运动游戏项目后,初步选出适合本研究运动锻炼的游戏项目。通过召开课题组会议及咨询专家,针对游戏项目的有效性、可行性及趣味性等方面进行讨论,选出 6 种运动游戏项目(棒球炸弹、抖鱼、水果

击剑、敲打地鼠、动力浇水、跟着节拍举手)。对 6 名符合纳入及排除标准的衰弱前期老年人进行为期半个月的预试验,调查分析衰弱前期老年人对体感游戏项目的运动感受,依据调查对象的反馈,经由研究团队多次讨论确定除跟着节拍举手外的 5 个游戏项目,并拟定体感游戏康复运动方案。运动地点:社区卫生服务中心健康教育室或小区活动室。运动流程:①热身运动。扩胸运动、体转运动、体侧运动、膝关节环绕、下蹲运动、弓步压腿、腕关节运动、踝关节运动。5 min。②体感游戏运动。a. 棒球炸弹,操作者双脚距离与肩同宽,膝关节稍微弯曲,游戏内虚拟人物发球后,操作者用力挥动手柄接球;b. 抖鱼,操作者半蹲姿势,当游戏场景中的鱼进入渔网中,操作者双手快速用力上抬,同时身体站直,进行网鱼动作;c. 敲打地鼠,操作者配合地鼠的出现进行单脚原地踏步动作,以此敲打地鼠;d. 水果击剑,操作者前脚尖向前,后脚跟垂直于前脚跟的延长线,两脚间距离同肩宽,两膝微成半蹲,小臂向上伸用力刺向游戏场景内抛出的水果;e. 动力浇水,操作者同侧手脚配合,快速上下移动手,同时同侧脚快速进行原地踏步动作,使游戏场景中的水柱升高,直至浇花成功。共 20~30 min。③放松运动。伸展运动、全身体整运动。5 min。上述运动 3 次/周,共 12 周。安全性保障:①活动场地铺泡沫地垫;②嘱老年人着宽松运动服及软底运动鞋;③运动前后需进行热身运动及放松运动;④不同运动游戏项目需间隔 2 min 用于休息;⑤干预过程中结合老年人的心率(采用鱼跃手指夹式血氧仪测量)及主观感受调节运动量,以老年人运动后心率不超过 170-一年龄为宜,若出现不适立即停止;⑥干预过程中团队成员在旁对老年人一对一进行保护。效果反馈:①采用体

感游戏记录表记录每次运动的游戏项目得分、是否发生不良事件及运动感受等；②根据老年人身体情况及运动感受适量调节游戏频次及难度，前 4 周每个运动游戏项目开展 3 轮，待老年人充分掌握体感游戏锻炼方法后增加至 5 轮/项；③干预期间给予老年人及时正性反馈，在干预的第 4 周末和第 8 周末进行衰弱水平及平衡能力的评估。

1.3 评价方法

研究前对 2 名在读本科生进行统一培训并考核，分别在基线(干预前)及干预 12 周末(干预后)时按照统一标准评估两组老年人的衰弱水平、静态平衡能力、动态平衡能力、反应性平衡能力、综合平衡能力。

1.3.1 衰弱表型(Frailty Phenotype, FP) 用于评估社区老年人衰弱水平，包括自然体质量下降、步速下降、握力下降、疲乏、躯体活动量低 5 项内容^[2]。符合 1 项计 1 分，共计 5 分，0 分为健康，1~2 分为衰弱前期，≥3 分为衰弱。该量表在不同国家及不同语言人群中得到了广泛的认可，是目前应用最广泛的衰弱评估方法^[14]。

1.3.2 闭目单脚站立测试(Closed-eyed Standing Test, CST) 用于评估老年人的静态平衡能力^[15]。方法：用秒表计时，测试时，受试者自然站立，当听到“开始”口令后(同时测试员开表计时)，闭上双眼，使用优势腿单脚站立，非优势腿抬离地面，且不能靠于支撑腿，两臂自然垂于身体两侧。当受试者支撑脚移动或抬起脚着地时，测试员停表，测试 2 次，取最好成绩。

1.3.3 计时起立行走测试(Timed Up and Go Test, TUG) 用于评估老年人的动态平衡能力^[16]。方法：受试者从有扶手的靠背椅上起身，站稳后，按照平时走路的速度和步态，向前走 3 m 后，转身走回到椅子前，再转身坐下，测试者记录受试者背部离开椅背到再次坐下(靠到椅背)所用的时间。测试 3 次，取 3 次的平均值。

1.3.4 反应训练灯 该测试用于评估老年人的反应性平衡能力，即反应时间(Reaction Time, RT)，是指从接受刺激到机体做出反应动作所需要的时间^[17]。方法：当任一反应训练灯发出信号时(声、光同时发出)，测试者以最快速度按下训练灯，等待下一个信号

发出，共发出 5 次信号。测试 2 次，取最好成绩，时间越短，反应能力越灵敏，则反应性平衡能力越好^[18]。

1.3.5 Berg 平衡量表(Berg Balance Scale, BBS) 该量表用于评估老年人的综合平衡能力^[19]。共 14 项评估内容，每项 0~4 分，总分 0~56 分，0~20 分提示平衡能力差，21~40 分提示有一定平衡能力，41~56 分提示平衡能力较好。BBS 分数越高，综合平衡能力越强^[20]。

1.4 质量控制 由非本课题组成员在 Research Randomizer 网站上生成一套随机数字序列，随后将这些随机数字分别装入按顺序编码、密封、不透光的信封中妥善保管。研究者通过筛选并确定纳入研究对象后，通过电话询问随机数字保管员 4 个社区分组情况，随机数字保管员按顺序拆开信封并告知分组情况。干预前对 4 名干预实施人员进行统一的培训，要求掌握每个体感游戏康复运动项目的操作方法和注意事项。采用 Epidata3.1 的逻辑纠错命令进行数据的录入，并采取单人双录入的方式核对数据。

1.5 统计学方法 采用 SPSS25.0 软件进行统计分析。计量资料服从正态分布选用($\bar{x} \pm s$)描述，不服从正态分布则选用中位数和四分位数描述；计数资料采用频数、百分比(%)描述。计量资料服从正态分布且方差齐，采用两独立样本 *t* 检验进行组间比较；不服从正态分布采用 Mann-Whitney *U* 秩和检验；计数资料则选用 χ^2 检验和 Fisher 确切概率法。计量资料服从正态分布，采用配对 *t* 检验比较组内干预前后差异；不服从正态分布采用 Wilcoxon 符号秩和检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 两组干预前后衰弱情况比较 研究过程中干预组共有 2 人退出研究(1 人不愿继续参与，1 人因关节炎复发选择退出)；对照组无脱落。两组老年人均未发生运动相关损伤及不良事件。Fried 衰弱表型中的第 1 个条目“过去一年无明显诱因体质量下降超过 5 kg 或丢失 ≥5% 体质量”，干预前后两组研究对象均无体质量下降，两组干预前后衰弱情况比较，见表 2。

2.2 两组干预前后各项平衡能力评分比较 见表 3。

表 2 干预前后两组衰弱情况比较

组别	人数	衰弱得分[M(P ₂₅ , P ₇₅)]		步速下降[人(%)]		握力下降[人(%)]		躯体活动量低[人(%)]		疲乏[人(%)]	
		干预前	干预后	干预前	干预后	干预前	干预后	干预前	干预后	干预前	干预后
对照组	23	1.0(1.0, 2.0)	1.0(1.0, 1.0)	1(4.3)	1(4.3)	13(56.5)	9(39.1)	4(17.4)	1(4.3)	11(47.8)	10(43.5)
干预组	21	1.0(1.0, 1.5)	0(0, 1.1)	2(9.5)	0(0)	8(38.1)	2(9.5)	3(14.3)	0(0)	13(61.9)	5(23.8)
统计量		Z = -0.487	Z = -3.719			$\chi^2 = 1.494$	$\chi^2 = 5.132$			$\chi^2 = 0.878$	$\chi^2 = 1.890$
P		0.626	<0.001	0.599	1.000	0.222	0.023	1.000	1.000	0.349	0.169

3 讨论

3.1 体感游戏康复运动可以改善社区衰弱前期老年人衰弱水平 本研究结果显示，干预后干预组衰弱表型评分及握力下降发生率显著低于对照组(均 $P <$

0.05)，提示体感游戏康复运动能够改善老年人衰弱水平。分析其原因可能有：①干预组老年人在干预 12 周内，每周参与 3 次体感游戏康复运动，其身体活动相较干预前有所增加，身体活动的增加有利于减少衰

弱的发生,减缓衰弱的进展^[21]。②体感游戏是一种新的体力活动干预方式,属于有氧运动^[22]。从衰弱发病机制来看,衰弱与氧化应激密切相关。有氧运动不仅能够减少自由基的产生,增强老年人的抗氧化能力,还能改善氧化应激相关线粒体功能,促进肌肉的合成,并保持体内氧化应激与抗氧化状态的平衡,从而预防或延缓老年人衰弱的发生^[23]。③体感游戏中水果击剑项目的击剑动作能够锻炼上肢肘关节和腕关节的屈伸肌群、前臂旋前肌群的力量,从而有助于增加握力^[24]。④本研究中干预组老年人干预前后的疲乏有统计学意义($\chi^2=6.222, P=0.013$),可能原因是体感游戏中虚拟环境会对患者视、听、触觉产生刺激,使参与者产生更强烈的沉浸感和愉悦感^[5],加之运动能够促进新陈代谢,提高心输出量、增加血氧含量,提高身体器官功能,最终减轻疲乏感^[25]。此外,衰弱类型中疲乏是采用抑郁量表中的条目进行评估,抑郁是老年人常见的负性情绪,也是老年人衰弱的重要影响因素^[26]。已有研究证实体感游戏能对老年人的心理产生积极影响,从而改善老年人的抑郁情绪^[27]。由此可见,体感游戏康复运动可能会通过改善老年人的情绪状态减轻疲乏感,最终改善老年人的衰弱水平。干预后两组躯体活动量低及步速下降发生率比较差异无统计学意义(均 $P>0.05$),可能原因是基线调查时两组研究对象存在这两种情况较少,导致干预后改善不明显。

表 3 两组干预前后各项平衡能力评分比较

		$M(P_{25}, P_{75})/\bar{x} \pm s$				
组别	人数	干预前	干预后	Z/t	P	
CST(s)						
对照组	23	3.40(2.85,4.85)	2.78(2.04,4.34)	-1.512	0.131	
干预组	21	3.45(1.48,6.38)	6.74(3.75,11.40)	-3.563	<0.001	
Z		-0.024	-2.961			
P		0.981	0.003			
TUG(s)						
对照组	23	10.14±2.02	9.90±1.49	0.982	0.337	
干预组	21	10.15±2.57	8.91±1.70	4.937	<0.001	
t		0.007	-2.054			
P		0.995	0.046			
RT(s)						
对照组	23	2.70±0.59	2.64±0.50	1.028	0.315	
干预组	21	2.76±0.68	2.30±0.37	4.942	<0.001	
t		0.288	-2.572			
P		0.775	0.046			
BBS(分)						
对照组	23	51.96±3.02	51.96±3.31	0.000	1.000	
干预组	21	52.71±2.97	53.71±1.85	-2.958	0.008	
t		0.836	2.146			
P		0.408	0.038			

3.2 体感游戏康复运动可以提高社区衰弱前期老年人的平衡能力 平衡能力是人体的重要生理功能,具有增龄性改变。有研究显示,60岁后每10年平衡能力下降16%或更多^[28]。平衡能力的降低还是衰弱老

年人跌倒最直接、最重要的危险因素^[29]。因此早期干预对衰弱前期老年人延缓或逆转衰弱进程、防止跌倒的发生具有重要的意义。本研究结果显示,干预后干预组老年人的平衡能力各项指标优于对照组,表明体感游戏康复运动可以提高社区衰弱前期老年人的平衡能力。分析其可能原因有:①在本体感觉和视觉输入均不可靠的情况下结合虚拟现实技术的训练能够显著提高前庭觉信息的中枢组织和整合能力,从而提高患者的姿势稳定性^[30]。②本研究进行的运动游戏项目中,选取了动静态结合姿势控制活动,如水果击剑、敲打地鼠项目能对衰弱前期老年人进行躯干控制、重心转移等锻炼,有助于提高身体躯干的控制力^[31]。③体感游戏属于有氧运动,其能在一定程度上改善肌力,如本研究中的半蹲动作能够对下肢的屈伸肌、骨骼、韧带、关节及本体感觉等起到综合训练作用,可整体性提高股四头肌、臀肌及腘绳肌等步行肌群和下肢肌力^[32],下肢肌群力量的增加,下肢的稳定性也随之增加,从而增强了老年人的平衡能力。④本研究中的踏步动作可以提升老年人下肢肌肉力量和质量,有助于延缓老年人下肢肌力的下降^[33],还能不断改变老年人脚掌受力面积,从而训练老年人对于身体平衡的控制和相应动作的调整能力,以提高行走时的平衡掌控力。

3.3 体感游戏康复运动在衰弱前期老年人社区康复中的应用前景 随着我国人口老龄化的加剧,老年人的健康问题日益突出,其中衰弱是老龄化过程中最突出的健康问题^[34]。研究表明,老年人衰弱前期的发生率可高达71.6%^[35],且在自然状态下,衰弱前期的老年人在18个月内进一步发展为衰弱的风险是无衰弱老年人的5倍^[36],所以衰弱前期是预防衰弱和促进向健康状态过渡的理想机会窗口。体感游戏具有设备经济实惠、使用便捷、操作简单、趣味性强等优点,可作为社区康复运动中的智能康复技术之一,逐步在社区中进行推广及应用,以满足老年人多样化的康复锻炼需求,助力健康中国行动和健康老龄化的目标。

4 结论

本研究结果显示,体感游戏康复运动能够显著改善衰弱前期老年人的衰弱水平、提高平衡能力,促进老年人的健康。但本研究也存在一些局限性,如干预时长较短、样本量较小,且选用的衰弱评估工具中疲乏这一条目较为主观,未来可开发更客观的衰弱评估工具,同时开展大样本、多中心、长期随访的高质量研究,以提供更加全面可靠的证据,为实施有效的养老服务管理提供依据。

参考文献:

[1] Vermeiren S, Vella-Azzopardi R, Beckwée D, et al. Frailty and the prediction of negative health outcomes: a meta-analysis[J]. J Am Med Dir Assoc, 2016, 17(12): 1161-1163.
 [2] Fried L P, Tangen C M, Walston J, et al. Frailty in older

- adults:evidence for a phenotype[J]. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*,2001,56(3):M146-M156.
- [3] Dun Y, Hu P, Ripley-Gonzalez J W, et al. Effectiveness of a multicomponent exercise program to reverse pre-frailty in community-dwelling Chinese older adults:a randomised controlled trial[J]. *Age Ageing*, 2022, 51(3):afac026.
- [4] 魏胜敏,高前进,王二利.老年衰弱患者康复运动处方研究进展[J]. *中国老年学杂志*,2021,41(2):443-447.
- [5] 周婷满,张焱林,朱盈盈.基于体感互动游戏的运动方案在老年 COPD 稳定期患者中的应用[J]. *中华现代护理杂志*,2021,27(3):303-308.
- [6] 康晓宇,刘丽旭.智能技术在卒中康复中的应用进展[J]. *中国卒中杂志*,2022,17(6):658-663.
- [7] 王磊,蔡玉军,邹军.活动性视频游戏与身体健康促进相关研究进展[J]. *中国运动医学杂志*,2019,38(6):516-524.
- [8] Thielbar K O, Triandafilou K M, Barry A J, et al. Home-based upper extremity stroke therapy using a multiuser virtual reality environment;a randomized trial[J]. *Arch Phys Med Rehabil*,2020,101(2):196-203.
- [9] Lei C, Sunzi K, Dai F, et al. Effects of virtual reality rehabilitation training on gait and balance in patients with Parkinson's disease;a systematic review[J]. *PLoS One*, 2019,14(11):e224819.
- [10] 孙鑫.奥塔戈运动对社区衰弱前期老年人衰弱状态及生活质量影响的应用研究[D].南昌:南昌大学,2022.
- [11] 乔晓霞,季丽丽,司华新,等.社区衰弱老年人运动干预研究进展[J]. *中国老年学杂志*,2020,40(15):3346-3350.
- [12] de Labra C, Guimaraes-Pinheiro C, Maseda A, et al. Effects of physical exercise interventions in frail older adults;a systematic review of randomized controlled trials [J]. *BMC Geriatr*,2015,15:154.
- [13] Jadczyk A D, Makwana N, Luscombe-Marsh N, et al. Effectiveness of exercise interventions on physical function in community-dwelling frail older people: an umbrella review of systematic reviews[J]. *JBIC Database System Rev Implement Rep*,2018,16(3):752-775.
- [14] 应巧燕,刘华平,郭欣颖,等.老年人衰弱筛查和评估的证据总结[J]. *护理学杂志*,2017,32(1):95-98.
- [15] 袁金凤,张秋霞,陆阿明.闭眼单脚站立方法在体质测试中的应用[J]. *中国组织工程研究*,2013,17(33):6049-6054.
- [16] 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.
- [17] Crabtree D A, Antrim L R. Guidelines for measuring reaction time[J]. *Percept Mot Skills*,1988,66(2):363-370.
- [18] 李燕,黄丽华.老年人平衡能力评估及干预的研究进展[J]. *中华护理杂志*,2019,54(4):603-608.
- [19] Berg K, Wood-Dauphine S, Williams J I, et al. Measuring balance in the elderly:preliminary development of an instrument[J]. *Physiother Can*,1989,41(6):304-311.
- [20] 游永豪,温爱玲.人体平衡能力测评方法[J]. *中国康复医学杂志*,2014,29(11):1099-1104.
- [21] Kehler D S, Theou O. The impact of physical activity and sedentary behaviors on frailty levels[J]. *Mech Ageing Dev*, 2019,180:29-41.
- [22] 王俊杰,王培勇,徐坚,等.体力活动干预新方式:体感游戏的起源、发展及应用[J]. *西安体育学院学报*,2014,31(2):171-177.
- [23] 徐率轩,Wei H,孔二艳,等.氧化应激在衰弱发病机制中的作用[J]. *中华老年多器官疾病杂志*,2022,21(11):858-862.
- [24] 孟杰.我国部分优秀轮椅击剑运动员上肢三关节等速肌力研究[D].上海:上海体育学院,2017.
- [25] 朱虹玉,张云飞,柯熹,等.不同步行运动量对胃癌化疗患者癌因性疲乏影响的研究[J]. *中华护理杂志*,2021,56(5):652-658.
- [26] 周巧学,周建荣,库敏,等.社区高龄老年人衰弱状况及影响因素的研究[J]. *护理学杂志*,2019,34(21):68-72.
- [27] 郑佳映,陈雪萍.体感互动游戏在老年痴呆患者中的应用研究[J]. *护理学杂志*,2018,33(9):5-9.
- [28] King M B, Judge J O, Wolfson L. Functional base of support decreases with age[J]. *J Gerontol*,1994,49(6):M258-M263.
- [29] Álvarez Barbosa F, Del Pozo-Cruz B, Del Pozo-Cruz J, et al. Factors associated with the risk of falls of nursing home residents aged 80 or older[J]. *Rehabil Nurs*,2016,41(1):16-25.
- [30] Yen C Y, Lin K H, Hu M H, et al. Effects of virtual reality-augmented balance training on sensory organization and attentional demand for postural control in people with Parkinson disease;a randomized controlled trial[J]. *Phys Ther*, 2011,91(6):862-874.
- [31] 孙志成,王彤,王青,等.虚拟现实训练对养老院老年人跌倒相关危险因素的影响[J]. *中国康复医学杂志*,2018,33(6):687-692.
- [32] 刘万林,魏慧,怀娟,等.半蹲训练改善脑卒中患者膝过伸的疗效观察[J]. *中国康复*,2011,26(1):18-19.
- [33] 夏元浩.方块踏步对衰弱前期老年人下肢肌力、平衡及认知的影响[D].长春:吉林体育学院,2020.
- [34] 赵永军,王伟,白涛,等.老年衰弱综合征的运动干预策略[J]. *中国组织工程研究*,2023,27(26):4246-4253.
- [35] Siriwardhana D D, Hardoon S, Rait G, et al. Prevalence of frailty and prefrailty among community-dwelling older adults in low-income and middle-income countries:a systematic review and meta-analysis[J]. *BMJ Open*,2018,8(3):e18195.
- [36] Gill T M, Gahbauer E A, Allore H G, et al. Transitions between frailty states among community-living older persons[J]. *Arch Intern Med*,2006,166(4):418-423.