

· 心力衰竭专题研究 ·

基于增强现实技术的体感互动游戏在慢性心力衰竭患者康复训练中的应用效果研究



扫描二维码
查看原文

刘丽华, 王芳, 张燕华, 刘旭东

【摘要】 目的 探讨基于增强现实(AR)技术的体感互动游戏在慢性心力衰竭(CHF)患者康复训练中的应用效果。方法 选取2019年2月至2021年5月山西省心血管病医院收治的CHF患者112例为研究对象。采用抛硬币方式将患者分为观察组(接受基于AR技术的体感互动游戏干预+常规康复训练, 56例)和对照组(接受常规康复训练, 56例), 两组患者共干预4周。比较两组患者干预前后心功能指标[左心室射血分数(LVEF)、心脏指数(CI)、左心室舒张末期内径(LVEDD)及血清心型脂肪酸结合蛋白(H-FABP)、N末端脑钠肽前体(NT-proBNP)]、运动功能指标[6 min步行距离(6MWD)、最长运动时间(Tmax)]、一般自我效能感量表(GSES)评分、明尼苏达心力衰竭生活质量问卷(MLHFQ)评分。结果 干预后, 两组患者LVEF、CI分别高于本组干预前, LVEDD及血清H-FABP、NT-proBNP分别低于本组干预前, 且观察组患者LVEF、CI高于对照组, LVEDD及血清H-FABP、NT-proBNP低于对照组($P < 0.05$)。干预后, 两组患者6MWD、Tmax分别长于本组干预前, 且观察组长于对照组($P < 0.05$)。干预后, 两组患者GSES评分分别高于本组干预前、MLHFQ评分分别低于本组干预前, 且观察组患者GSES评分高于对照组、MLHFQ评分低于对照组($P < 0.05$)。结论 与常规康复训练相比, 基于AR技术的体感互动游戏可更好地改善CHF患者的心功能、运动功能、自我效能及生活质量。

【关键词】 心力衰竭; 增强现实; 体感互动游戏; 运动疗法; 康复训练

【中图分类号】 R 541.62 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2022.00.118

刘丽华, 王芳, 张燕华, 等. 基于增强现实技术的体感互动游戏在慢性心力衰竭患者康复训练中的应用效果研究[J]. 实用心脑血管病杂志, 2022, 30(5): 15-19. [www.syxnf.net]

LIU L H, WANG F, ZHANG Y H, et al. Application effect of somatosensory interactive game based on augmented reality technology in rehabilitation training of patients with chronic heart failure [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2022, 30(5): 15-19.

Application Effect of Somatosensory Interactive Game Based on Augmented Reality Technology in Rehabilitation Training of Patients with Chronic Heart Failure

LIU Lihua, WANG Fang, ZHANG Yanhua, LIU Xudong

Operating Room, Shanxi Provincial Cardiovascular Diseases Hospital, Taiyuan 030027, China

Corresponding author: LIU Lihua, E-mail: 2540247347@qq.com

【Abstract】 **Objective** To explore the application effect of somatosensory interactive game based on augmented reality (AR) technology in rehabilitation training of patients with chronic heart failure (CHF). **Methods** A total of 112 CHF patients admitted to Shanxi Provincial Cardiovascular Diseases Hospital from February 2019 to May 2021 were selected and divided into the observation group (received somatosensory interactive game based on AR technology intervention+routine rehabilitation training, $n=56$) and the control group (received routine rehabilitation training, $n=56$) by coin flipping. The cardiac function indexes [left ventricular ejection fraction (LVEF), cardiac index (CI), left ventricular end diastolic diameter (LVEDD) and serum heart-type fatty acid-binding protein (H-FABP) and N-terminal pro-brain natriuretic peptide (NT-proBNP)], motor function indexes [6-min walking distance (6MWD), longest exercise time (Tmax)], General Self-Efficacy Scale (GSES) score, and Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire (MLHFQ) score were compared between the two groups before and after the intervention. **Results** After the intervention, the LVEF and CI of the two groups were higher than those before the intervention, the LVEDD and serum H-FABP and NT-proBNP were lower than those before the intervention, respectively, and the LVEF and CI of the observation group were higher than those of the control group, the LVEDD and serum H-FABP and NT-proBNP were lower than those of the control group ($P < 0.05$). After the intervention, the 6MWD and Tmax of the two groups

基金项目: 山西省心血管病医院科研激励计划项目 (XYS20190302)

030027山西省太原市, 山西省心血管病医院手术室

通信作者: 刘丽华, E-mail: 2540247347@qq.com

were longer than those before the intervention, respectively, and the observation group was longer than the control group ($P < 0.05$). After the intervention, the GSES score of the two groups was higher than that before the intervention, the MLHFQ score was lower than that before the intervention, respectively, and the GSES score of the observation group was higher than that of the control group, the MLHFQ score was lower than that of the control group ($P < 0.05$). **Conclusion** Compared with routine rehabilitation training, somatosensory interactive games based on AR technology can better improve the cardiac function, motor function, self-efficacy and quality of life of CHF patients.

【Key words】 Heart failure; Augmented reality; Somatosensory interactive game; Exercise therapy; Rehabilitation exercise

数据显示, 65岁以上人群中慢性心力衰竭 (chronic heart failure, CHF) 发生率可达6%~10%, 且CHF患者5年病死率高达37%^[1]。据有关资料预测, 未来死于CHF的人群将逐渐增多, 这不仅对医疗保健系统造成重大负担, 还会对患者的生活质量产生负面影响^[2]。康复训练是为CHF、冠心病等心血管疾病患者设计的一套三级预防策略, 但目前CHF患者心脏康复治疗参与度并不高。已有研究表明, 基于增强现实 (augmented reality, AR) 技术的体感互动游戏可提高脑梗死患者的运动功能^[3], 但目前尚未见将基于AR技术的体感互动游戏应用于CHF患者的相关研究。基于此, 本研究旨在分析基于AR技术的体感互动游戏在CHF患者康复训练中的应用效果, 以为CHF患者的康复训练方案提供借鉴。

1 对象与方法

1.1 研究对象 选取2019年2月至2021年5月山西省心血管病医院收治的CHF患者112例为研究对象。纳入标准: (1) 符合CHF的诊断标准^[4]; (2) 对本研究知情同意, 有能力 (视力、听力、精神状态均正常) 配合完成本研究。排除标准: (1) 伴有骨折者; (2) 有癫痫发作风险者; (3) 有高血压或贫血者。采用抛硬币方式将患者分为观察组 (接受基于AR技术的体感互动游戏干预+常规康复训练, 56例) 和对照组 (接受常规康复训练, 56例)。两组患者性别、年龄、病程、NYHA分级、原发病比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表1。本研究经山西省心血管病医院伦理委员会审批通过 (伦理编号: KYLL-20222-033)。

1.2 干预方法 对照组接受常规康复训练, 即住院期间由心血管内科护理人员指导患者进行床边伸展运动, 病情稳定后进行步行训练: 患者独自站立1 min以上, 双膝能始终保持伸直状态, 嘱其将双手自然放松置于身体两侧开始步行训练; 行走过程中护理人员站在患者前方, 必要时用手抵住患者肩膀以避免其摔倒; 行走过程中不允许患者用手抓扶任何物件, 嘱咐家属在非训练时间也不让患者使用拐杖。入院第1~2

周均进行步行训练, 20 min/次, 1次/d。在常规康复训练期间同时监测患者血流情况、心率、血压等, 并根据监测结果实时调整训练强度和频率。

观察组接受基于AR技术的体感互动游戏干预+常规康复训练, 其中常规康复训练方案与对照组相同, 基于AR技术的体感互动游戏干预所需设备为AR体感互动仪 (广州峰巅计算机技术有限公司生产), 结合使用Microsoft XBOX® One控制台 (Microsoft中国分公司生产) 及Kinect 2® 外围设备 (Microsoft中国分公司生产), 仪器具备ATI Xenos图形处理单元、红外传感器、RGB摄像头及多阵列麦克风。AR体感互动仪可生成视野中接收到图像的3D地图, 并创建一个数字骨架或化身, 以便患者可以与设备交互, 使其能够捕捉整个身体的3D运动, 患者可将自己的身体用作游戏的遥控器。按照说明书、在专业人员指导下安装及操作AR体感互动仪。具体干预内容为: (1) 呼吸肌训练: 利用AR体感互动仪构建静谧的大自然环境, 通过语音指导患者进行腹式呼吸训练及缩唇呼吸训练, 于入院第1周开始, 20 min/次, 2~3次/周; (2) 自行车及跑步机训练: 选择固定自行车, 并模拟道路、建筑等相关环境, 使患者骑行“固定的静止”自行车转变为“运动的行走”自行车; 将跑步机调整为适宜的速度后, 同样模拟道路、建筑等相关环境, 使患者能在“道路”上进行慢跑训练, 于入院第2周开始训练, 20~30 min/次, 1次/周。(3) 互动游戏: 利用现有现实物资, 并结合模拟的游戏环境, 简化运动游戏规则, 使患者能做出与真实生活运动相同的动作, 如挥动网球拍、丢掷保龄球等, 于入院第2周开始训练, 20~30 min/次, 2次/周。基于AR技术的体感互动游戏干预过程中, 根据患者耐受情况决定其是否继续进行干预, 如患者出现明显的呼吸困难、胸闷眩晕, 或自觉辛苦, 或心率加快至160次/min、收缩压>180 mm Hg (1 mm Hg=0.133 kPa), 必须停止干预。在保证训练效果的同时确保患者可耐受。

出院后向患者分发本院制定的康复手册, 同时将本院录

表1 两组患者一般资料比较
Table 1 Comparison of general data between the two groups

组别	例数	性别 (男/女)	年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	病程 ($\bar{x} \pm s$, 年)	NYHA分级 [n (%)]			原发病 [n (%)]				
					Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级	扩张型心肌病	老年退行性心脏瓣膜病	冠心病	风湿性心脏病	急性心膜炎
对照组	56	29/27	58.8 ± 12.2	8.8 ± 2.0	26 (46.4)	24 (42.9)	6 (10.7)	7 (12.5)	12 (21.4)	30 (53.6)	3 (5.4)	4 (7.1)
观察组	56	31/25	57.6 ± 12.0	8.4 ± 2.0	25 (44.6)	26 (46.4)	5 (8.9)	8 (14.3)	10 (17.9)	27 (48.2)	6 (10.7)	5 (8.9)
$\chi^2 (t)$ 值		0.144	0.501 ^a	0.915 ^a		0.191				1.518		
P值		0.705	0.617	0.362		0.909				0.823		

注: ^a表示t值

制好的关于康复训练的小视频(步行训练、慢跑、太极拳)发放给患者,并通过电话随访方式对患者常规康复训练情况进行跟踪反馈。同时观察组定期返回医院接受基于AR技术的体感互动游戏干预。共随访2周,即所有患者共干预4周。

1.3 观察指标 (1)心功能指标:分别于干预前、干预后检测患者心功能指标,包括左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)、心脏指数(cardiac index, CI)、左心室舒张末期内径(left ventricular end diastolic diameter, LVEDD)及血清心型脂肪酸结合蛋白(heart-fatty acid binding protein, H-FABP)、N末端脑钠肽前体(N-terminal pro-brain natriuretic peptide, NT-proBNP),其中LVEF、CI、LVEDD测定仪器为超声心动图(型号:西门子Acuson Sequoia 512),为避免误差,取3个心动周期测量值的均值;血清H-FABP、NT-proBNP检测方法分别为双向侧流免疫法〔仪器供应商:瑞莱生物工程(深圳)有限公司〕和电化学发光免疫法(仪器供应商:上海碧云天生物技术有限公司)。(2)运动功能指标:分别于干预前、干预后测定患者6 min步行距离(6 minute walking distance, 6MWD)和最长运动时间(maximum activity time, Tmax),分别利用6 min步行试验和心肺运动试验(脚踏车式运动心肺测试仪)测定。(3)一般自我效能感量表(General Self-Efficacy Scale, GSES)、明尼苏达心力衰竭生活质量问卷(Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire, MLHFQ)评分:分别于干预前、干预后采用GSES^[5]和MLHFQ^[6]评估患者自我效能和生活质量,GSES评分越高表示患者自我效能越高,MLHFQ评分越高表示患者生活质量越差。

1.4 统计学方法 选用SPSS 25.0进行数据的统计分析。计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用两独立样本 t 检验,组内比较采用配对 t 检验;计数资料以相对数表示,组间比较采用 χ^2 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 心功能指标 干预前,两组患者LVEF、CI、LVEDD及血清H-FABP、NT-proBNP比较,差异无统计学意义($P > 0.05$);干预后,两组患者LVEF、CI分别高于本组干预前,LVEDD及血清H-FABP、NT-proBNP分别低于本组干预前,且观察组患者LVEF、CI高于对照组,LVEDD及血清H-FABP、NT-proBNP低于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表2。

2.2 运动功能指标 干预前,两组患者6MWD、Tmax比较,差异无统计学意义($P > 0.05$);干预后,两组患者6MWD、Tmax分别长于本组干预前,且观察组长于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表3。

2.3 GSES、MLHFQ评分 干预前,两组患者GSES、MLHFQ评分比较,差异无统计学意义($P > 0.05$);干预后,两组患者GSES评分分别高于本组干预前、MLHFQ评分分别低于本组干预前,且观察组患者GSES评分高于对照组、MLHFQ评分低于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表4。

3 讨论

研究数据显示,中国成年人心力衰竭患病率约为0.9%,心力衰竭的患病群体已达450万例,心力衰竭已成为重大公共卫生问题^[7]。康复训练被认为是一种安全、有效的可改善CHF患者临床症状的干预策略,且有研究证实康复训练能作为内科治疗的一种辅助性治疗方式^[8]。一项系统综述表明,基于运动的康复训练能降低CHF患者再入院率,提高其生活质量,并可能降低其长期死亡率^[9]。心脏康复是心脏疾病发生后至关重要的治疗内容,但在实际临床实践中其并未得到充分利用,许多患者并没有完成推荐的康复训练次数或根本不参加心脏康复训练。有资料统计,仅有1/3的CHF患者参与心脏康复训练,众多社会、经济和文化因素(如缺乏动力、缺乏理解等)导致参与心脏康复训练的患者比例较低^[10],因而如何提高心脏康复训练的依从性是目前亟待解决的重要问题。近年来计算能力和成像技术的不断优化大幅改善了医疗系统的服务质量(诊断、护理等诸多方面),AR技术被推广应用于外科手术建模(以提高手术准确性、改善患者预后并减少并发症)及卒中后患者的平衡训练(以提高患者平衡能力和生活质量)^[11-12],但其很少与心脏康复训练结合使用。体感互动游戏最早应用于脑卒中患者的肢体功能恢复,其已被证实能提高脑卒中患者肢体康复治疗的参与度,并能有效改善患者的平衡能力和肢体功能^[3],但国内外目前对于将基于AR技术的体感互动游戏应用于CHF患者心脏康复治疗的相关研究欠缺,因而本研究将基于AR技术的体感互动游戏应用于CHF患者中,并取得不错效果。

LVEF是左心室在收缩时心腔内血量泵出的比例;CI即单位体表面积心脏的射血量;LVEDD与心室重建紧密相关,可据此判断患者心功能状况及远期预后状态;H-FABP和NT-proBNP均是反映心功能的敏感指标^[13-14]。本研究结果显示,

表2 两组患者干预前后心功能指标比较($\bar{x} \pm s$)
Table 2 Comparison of cardiac function indexes between the two groups before and after intervention

组别	例数	LVEF (%)		CI [$L \cdot \min^{-1} \cdot (m^2)^{-1}$]		LVEDD (mm)		H-FABP (ng/L)		NT-proBNP (ng/L)	
		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	56	47.1 ± 4.8	53.4 ± 3.8 ^a	2.10 ± 0.19	2.37 ± 0.22 ^a	56.1 ± 4.7	49.1 ± 6.2 ^a	6.5 ± 1.4	4.2 ± 1.2 ^a	4.1 ± 0.8	3.1 ± 0.8 ^a
观察组	56	47.6 ± 4.1	56.1 ± 4.1 ^a	2.10 ± 0.22	2.53 ± 0.16 ^a	55.4 ± 6.5	46.6 ± 5.1 ^a	6.2 ± 1.4	3.8 ± 0.6 ^a	4.1 ± 1.0	2.6 ± 0.6 ^a
t 值		0.595	3.628	0.027	4.623	-0.678	-2.362	-0.107	-2.071	0.155	-4.006
P 值		0.553	<0.001	0.978	<0.001	0.499	<0.001	0.285	0.042	0.877	<0.001

注:LVEF=左心室射血分数,CI=心脏指数,LVEDD=左心室舒张末期内径,H-FABP=心型脂肪酸结合蛋白,NT-proBNP=N末端脑钠肽前体;^a表示与本组干预前比较, $P < 0.05$

表3 两组患者干预前后运动功能指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Comparison of motor function indexes between the two groups before and after intervention

组别	例数	6MWD (m)		Tmax (min)	
		干预前	干预后	干预前	干预后
对照组	56	317.4 ± 42.8	411.0 ± 41.3 ^a	6.0 ± 1.5	7.2 ± 1.4 ^a
观察组	56	322.2 ± 47.2	469.3 ± 50.6 ^a	6.3 ± 1.3	8.7 ± 1.8 ^a
t值		0.562	6.674	1.313	4.759
P值		0.575	<0.001	0.261	<0.001

注: 6MWD=6 min步行距离, Tmax=最长运动时间; ^a表示与本组干预前比较, P<0.05

表4 两组患者干预前后GSES、MLHFQ评分比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)

Table 4 Comparison of GSES and MLHFQ scores between the two groups before and after intervention

组别	例数	GSES评分		MLHFQ评分	
		干预前	干预后	干预前	干预后
对照组	56	18.2 ± 3.6	23.6 ± 3.3 ^a	54.7 ± 9.8	47.8 ± 11.6 ^a
观察组	56	17.5 ± 3.6	26.4 ± 4.2 ^a	51.6 ± 11.4	40.6 ± 10.9 ^a
t值		-1.024	3.973	1.543	-3.406
P值		0.308	<0.001	0.126	0.001

注: GSES=一般自我效能感量表, MLHFQ=明尼苏达心力衰竭生活质量问卷; ^a表示与本组干预前比较, P<0.05

干预后, 两组患者LVEF、CI分别高于本组干预前, LVEDD及血清H-FABP、NT-proBNP分别低于本组干预前, 且观察组患者LVEF、CI高于对照组, LVEDD及血清H-FABP、NT-proBNP低于对照组; 说明基于AR技术的体感互动游戏可更好地改善CHF患者的心功能。分析其原因: 基于AR技术的体感互动游戏可以向患者提供更为丰富的关于运动表现的多感官(视觉、音频等)反馈, 对增加患者参与康复训练的积极性具有促进作用^[15]。另外, 基于AR技术的体感互动游戏还可能以传导更加真实有趣的游戏环境这一方式来影响患者的代谢活动(神经调节、体液调节等), 并以此来促进心脏功能的恢复^[16]。本研究结果还显示, 干预后, 两组患者6MWD、Tmax分别长于本组干预前, 且观察组长于对照组, 提示基于AR技术的体感互动游戏能更好地增强CHF患者的运动功能。考虑到运动学习理论, 任务导向、强化(即更多的剂量和运动)和重复性训练对于改善运动功能至关重要^[17]。基于AR技术的体感互动游戏的优势之一在于其能够提供给患者比传统康复训练更大量的训练任务, 有利于延长CHF患者康复训练的持续时间及提高患者完成康复训练的频率。此外, 本研究结果显示, 干预后, 两组患者GSES评分分别高于本组干预前、MLHFQ评分分别低于本组干预前, 且观察组患者GSES评分高于对照组、MLHFQ评分低于对照组, 进一步说明基于AR技术的体感互动游戏能以一种更有趣味性的方式提高CHF患者的自我效能及生活质量, 原因可能在于基于AR技术的体感互动游戏能通过一些设计元素(如任务、情景等)来优化患者的体验感, 进而增强其参与康复训练的意愿。既往有学者发现, 基于AR技术的体感互动游戏能有效改善脑卒中患者

的平衡能力和肢体功能^[3], 但本研究发现其应用于CHF能提升患者心功能, 推测可能与患者参与康复训练的依从性提高有关。

综上所述, 与常规康复训练相比, 基于AR技术的体感互动游戏可更好地改善CHF患者的心功能、运动功能、自我效能及生活质量。由于本研究对象的选择仅局限于某一定点医院, 且样本量较小, 因此研究结论不能外推到所有CHF患者, 应谨慎解释本研究结论, 后续可通过多中心随机对照试验进一步验证基于AR技术的体感互动游戏在CHF患者康复训练中的应用效果。

作者贡献: 刘丽华、王芳进行文章的构思与设计、数据整理, 负责文章的质量控制及审校; 刘丽华、张燕华、刘旭东进行研究的实施与可行性分析、论文的修订; 张燕华进行数据收集; 王芳、张燕华进行统计学处理; 刘丽华、王芳、张燕华、刘旭东进行结果的分析与解释; 刘丽华撰写论文, 对文章整体负责、监督管理。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] BRAKE R, JONES I D. Chronic heart failure part 2: treatment and management [J]. Nurs Stand, 2017, 31 (20): 53-63. DOI: 10.7748/ns.2017.e10762.
- [2] 邱伯雍. 慢性心力衰竭流行病学及防治研究进展 [J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2017, 31 (6): 619-621. DOI: 10.13507/j.issn.1674-3474.2017.06.032.
- [3] 刘淑英, 张焕华, 赵婷. 增强现实交互体感互动游戏在脑梗死患者康复训练的应用 [J]. 护理学杂志, 2020, 35 (24): 1-4. DOI: 10.3870/j.issn.1001-4152.2020.24.001.
- [4] 中华医学会心血管病学分会心力衰竭学组, 中国医师协会心力衰竭专业委员会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 中国心力衰竭诊断和治疗指南2018 [J]. 中华心血管病杂志, 2018, 46 (10): 760-789. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2018.10.004.
- [5] 申继亮, 唐丹. 一般自我效能感量表(GSES)在老年人中的使用 [J]. 中国临床心理学杂志, 2004, 12 (4): 342-344. DOI: 10.3969/j.issn.1005-3611.2004.04.004.
- [6] BILBAO A, ESCOBAR A, GARCÍA-PÉREZ L, et al. The Minnesota living with heart failure questionnaire: comparison of different factor structures [J]. Health Qual Life Outcomes, 2016, 14: 23. DOI: 10.1186/s12955-016-0425-7.
- [7] MA L Y, CHEN W W, GAO R L, et al. China cardiovascular diseases report 2018: an updated summary [J]. J Geriatr Cardiol, 2020, 17 (1): 1-8. DOI: 10.11909/j.issn.1671-5411.2020.01.001.
- [8] DA CRUZ M M A, RICCI-VITOR A L, BORGES G L B, et al. A randomized, controlled, crossover trial of virtual reality in maintenance cardiovascular rehabilitation in a low-resource setting: impact on adherence, motivation, and engagement [J]. Phys Ther, 2021, 101 (5): pzab071. DOI: 10.1093/ptj/pzab071.
- [9] PALMER K, BOWLES K A, PATON M, et al. Chronic heart failure

- and exercise rehabilitation: a systematic review and meta-analysis [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2018, 99 (12): 2570-2582. DOI: 10.1016/j.apmr.2018.03.015.
- [10] ADES P A, KETEYIAN S J, WRIGHT J S, et al. Increasing cardiac rehabilitation participation from 20% to 70%: a road map from the million hearts cardiac rehabilitation collaborative [J]. *Mayo Clin Proc*, 2017, 92 (2): 234-242. DOI: 10.1016/j.mayocp.2016.10.014.
- [11] VERHEY J T, HAGLIN J M, VERHEY E M, et al. Virtual, augmented, and mixed reality applications in orthopedic surgery [J]. *Int J Med Robot*, 2020, 16 (2): e2067. DOI: 10.1002/ics.2067.
- [12] 李冲, 田石榴, 刘向云, 等. 增强现实技术在卒中后上肢功能康复中的研究进展 [J]. *中国卒中杂志*, 2021, 16 (3): 240-245. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5765.2021.03.005.
- [13] 刘桂华, 王静, 吕俊, 等. 血清心型脂肪酸结合蛋白评估急性心肌梗死患者早期心功能的应用价值分析 [J]. *中国现代医学杂志*, 2015, 25 (19): 99-102.
- [14] 吕海珍, 吕云, 周荣, 等. 血清HCY、sST2和NT-proBNP联合检测对慢性心力衰竭诊断及心功能评价的价值 [J]. *中国实验诊断学*, 2019, 23 (6): 1002-1006. DOI: 10.3969/j.issn.1007-4287.2019.06.021.
- [15] MILLER M R, JUN H, HERRERA F, et al. Social interaction in augmented reality [J]. *PLoS One*, 2019, 14 (5): e0216290. DOI: 10.1371/journal.pone.0216290.
- [16] SZCZEPAŃSKA-GIERACHA J, JÓŹWIK S, CIEŚLIK B, et al. Immersive virtual reality therapy as a support for cardiac rehabilitation: a pilot randomized-controlled trial [J]. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*, 2021, 24 (8): 543-549. DOI: 10.1089/cyber.2020.0297.
- [17] BOND S, LADDU D R, OZEMEK C, et al. Exergaming and virtual reality for health: implications for cardiac rehabilitation [J]. *Curr Probl Cardiol*, 2021, 46 (3): 100472. DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2019.100472.
- (收稿日期: 2022-02-12; 修回日期: 2022-03-28)
(本文编辑: 崔丽红)

(上接第14页)

- [20] 赵新闻, 王梦娟, 荣媛媛, 等. 老年心力衰竭患者营养风险评估的临床意义 [J]. *中华保健医学杂志*, 2018, 20 (3): 184-187. DOI: 10.3969/j.issn.1674-3245.2018.03.003.
- [21] 潘巍巍, 董俊霞, 玛黎清. 营养风险筛查及个体化营养支持对老年慢性心力衰竭患者心功能的影响 [J]. *中国慢性病预防与控制*, 2017, 25 (11): 840-842. DOI: 10.16386/j.cjpcd.issn.1004-6194.2017.11.012.
- [22] 陈红丹. 中重度贫血对老年顽固性心力衰竭患者的影响 [J]. *实用心脑血管病杂志*, 2012, 20 (11): 1818-1819. DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2012.11.037.
- [23] 袁丽君, 孔一慧. 贫血或铁缺乏与慢性心力衰竭 [J]. *心血管病学进展*, 2018, 39 (3): 402-407. DOI: 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2018.03.025.
- [24] SHAH R, AGARWAL A K. Anemia associated with chronic heart failure: current concepts [J]. *Clin Interv Aging*, 2013, 8: 111-122. DOI: 10.2147/CIA.S27105.
- [25] 云娟娟. 1274例慢性心力衰竭患者病因及预后的调查分析 [D]. 昆明: 昆明医科大学, 2013.
- [26] CHOI E S, WISEMAN T, BETIHAVAS V. Biomedical, socioeconomic and demographic predictors of heart failure readmissions: a systematic review [J]. *Heart Lung Circ*, 2021, 30 (6): 817-836. DOI: 10.1016/j.hlc.2020.11.011.
- [27] SUZUKI S, YOSHIMURA M, NAKAYAMA M, et al. Plasma level of B-type natriuretic peptide as a prognostic marker after acute myocardial infarction: a long-term follow-up analysis [J]. *Circulation*, 2004, 110 (11): 1387-1391. DOI: 10.1161/01.CIR.0000141295.60857.30.
- [28] 李俐, 肖俊会, 毕健成, 等. 老年慢性心力衰竭患者血浆BNP、TNF- α 和血清cTnI水平与心室重构指标及心功能的相关性 [J]. *中国老年学杂志*, 2019, 39 (5): 1031-1034. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2019.05.003.
- [29] 彭杰文, 陶明, 徐元锂, 等. 慢性心力衰竭患者再入院风险因素的Meta分析 [J]. *中华现代护理杂志*, 2021, 27 (7): 857-864. DOI: 10.3760/cma.j.cn115682-20200728-04617.
- [30] GOYAL P, LOOP M, CHEN L G, et al. Causes and temporal patterns of 30-day readmission among older adults hospitalized with heart failure with preserved or reduced ejection fraction [J]. *J Am Heart Assoc*, 2018, 7 (9): e007785. DOI: 10.1161/JAHA.117.007785.
- (收稿日期: 2022-01-20; 修回日期: 2022-03-27)
(本文编辑: 陈素芳)