

# 虚拟现实技术在乳腺癌术后康复训练中的应用进展

王丽娜, 来李鑫, 李慧林, 赵志慧, 刘珂, 孙淑卫

**摘要:** 阐述了虚拟现实技术概况, 虚拟现实技术在乳腺癌患者中的应用方式, 用于乳腺癌患者康复训练的效果; 总结了虚拟现实技术的优势与不足, 旨在为临床更好地应用虚拟现实技术进行乳腺癌术后患肢功能康复训练提供参考。

**关键词:** 乳腺癌; 虚拟现实技术; 虚拟游戏; 康复训练; 淋巴水肿; 康复护理; 综述文献

**中图分类号:** R473.6; R737.9 **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2023.06.015

**Application progress of virtual reality technology in rehabilitation training after breast cancer surgery** Wang Lina, Lai Lixin, Li Huilin, Zhao Zhihui, Liu Ke, Sun Shuwei. Nursing School of Xinxiang Medical University, Xinxiang 453003, China

**Abstract:** This paper introduces virtual reality technology, as well as its application and effect in postoperative rehabilitation training of breast cancer patients. The advantages and disadvantages of virtual reality technology are also summarized, so as to provide a reference for its better application in the future.

**Key words:** breast cancer; virtual reality technology; virtual game; functional exercise; lymphedema; rehabilitation nursing; review

乳腺癌是常见的恶性肿瘤之一, 严重危害女性身心健康。2020 年, 乳腺癌已超越肺癌成为全球癌症发病率最高的癌种, 全球乳腺癌新发病例高达 226 万例<sup>[1]</sup>。随着乳腺癌早期检测和医疗水平的不断进步, 我国乳腺癌患者 5 年相对生存率已上升到 83.2%<sup>[2]</sup>。但对于许多乳腺癌幸存者而言, 上肢功能障碍可能持续多年, 并影响生活质量。有效的康复训练能够提高患肢功能、减少术后并发症<sup>[3-4]</sup>。因此, 长期坚持康复训练对乳腺癌术后患者的上肢功能恢复有着重要意义。近年来虚拟现实(Virtual Reality, VR)技术被广泛应用于不同疾病的康复护理中, 且都取得了较好的效果。本文介绍 VR 技术在乳腺癌术后康复训练中的应用现状, 以期 VR 技术更好地应用于临床提供参考。

## 1 VR 技术概况

VR 技术也被称为计算机模拟现实或沉浸式多媒体, 是一种可以创建和体验虚拟世界的计算机仿真系统<sup>[5]</sup>。VR 系统一般由以下几部分组成: 用来获取用户动作等信息的传感器, 使人产生立体视觉、听觉和触觉等各种感觉的印象器, 以及能进行数据处理的高性能计算机系统<sup>[6]</sup>。用户使用数据手套、头盔显示器及数据衣等设备与虚拟世界中的物体进行自然交互<sup>[7]</sup>, 高度逼真地模拟人在自然环境中的行为, 使用户获得身临其境的感受。VR 的特征分为交互性、沉浸性、想象性、多感知性, 即使用者借助 VR 设备对虚拟环境进行移动、旋转、缩放或其他功能性指令, 与虚拟世界进行互动, 并通过视觉、听觉、嗅觉、触觉等多方面感知虚拟场景, 从而“身临其

境”。同时, VR 技术为使用者提供了广阔的可想象空间, 用户充分发挥自己的想象, 不仅能再现真实存在的环境, 也可以随意构想客观不存在甚至不可能发生的场景。VR 根据概念分为虚拟现实、增强现实、混合现实; 根据沉浸性角度分为: 非沉浸式、部分沉浸式、完全沉浸式。目前临床上乳腺癌患者常用的 VR 属于沉浸式<sup>[8]</sup>。根据系统特性分为桌面虚拟现实系统、沉浸式虚拟现实系统、分布式虚拟现实系统、遥感式虚拟现实系统<sup>[9]</sup>。随着人工智能领域逐渐取得突破性进展, VR 技术在医疗、教育、军事、商业等多个领域应用越来越广泛<sup>[10]</sup>。VR 产品也与临床护理紧密结合, 成为有效的临床辅助治疗手段。

## 2 VR 技术在乳腺癌患者中的应用方式

VR 技术已广泛应用于乳腺癌症状管理<sup>[8]</sup>和术后康复训练<sup>[11]</sup>, 有效改善患者焦虑抑郁情绪、减轻疲乏症状、缓解疼痛、改善认知功能障碍、提高肩关节活动度、减少并发症。其应用方式主要包括虚拟场景、虚拟游戏。①虚拟场景。VR 技术可提供虚拟场景, 用于患者健康教育, 使教育更直观、生动, 患者更容易理解。如 Jimenez 等<sup>[12]</sup>为乳腺癌放疗患者提供了 18 周的 VR 教育计划, 患者通过显示器能够直观地观察到治疗室的环境、治疗机如何工作、辐射束的治疗路径、肿瘤的体内定位以及患者乳房、心脏、肺和周围组织解剖结构。使用 3D 视觉来辅助解释辐射剂量和影响, 将辐射的深度和肿瘤覆盖范围可视化, 从而增强患者对放疗的理解, 提高患者对疾病的认知和癌症治疗的总体满意度。另一方面, 虚拟场景可使患者获得全新的体验, 减少负性情绪。如 Chirico 等<sup>[13]</sup>将 94 例乳腺癌患者随机分成 VR 治疗组、音乐治疗组和标准治疗组。VR 治疗组患者借助 VR 设备通过穿越森林、观察动物、爬山和游泳

作者单位: 新乡医学院护理学院(河南 新乡, 453003)

王丽娜, 女, 硕士, 主任护师, 1296714956@qq.com

收稿: 2022-10-14; 修回: 2022-12-21

来探索岛屿,体验不同的虚拟场景。结果表明,VR在缓解焦虑、抑郁和疲劳方面比音乐治疗和标准治疗更有效。②虚拟游戏。虚拟游戏在乳腺癌患者中应用较为广泛,与虚拟场景相比,患者可全程参与,达到康复锻炼的目的。如House等<sup>[14]</sup>为乳腺癌患者开发了虚拟机器人康复系统平台BrightArm Duo,将康复训练动作游戏化。受试者在“3D突破”游戏中需要操纵桨叶将虚拟球弹向板条箱,“音乐鼓”要求受试者使用由手和手臂动作控制鼓棒,敲击鼓面重复提示的音符。通过虚拟游戏来训练肩部外展、内收,增加了肩关节的活动范围,并改善了外侧三角肌的力量。

### 3 VR技术在乳腺癌患者术后康复训练中的应用效果

**3.1 提高患者康复训练自主性及依从性** 术后患侧上肢循序渐进康复训练能有效促进患肢功能的恢复<sup>[15]</sup>。乳腺癌术后患者肢体康复训练依从性不高,完全依从者仅为28%<sup>[16]</sup>。传统的康复训练受时间、空间及环境等因素限制,训练方案枯燥重复,患者易产生倦怠感,使得患者康复训练依从性降低。多样的虚拟环境能够刺激神经重塑,加强动作学习。以任务为导向的VR游戏为患者提供了互动的训练环境,让患者更容易完成大量重复性的动作训练,有效提高患者康复训练的自主性和依从性。金艾香等<sup>[11]</sup>将乳腺癌术后康复患者分为四期,设计出一款基于体感设备运动捕捉的VR系统。该系统包括乳腺癌康复操视频学习模块、动作采集模块和动作评分模块。试验组患者通过显示器观看3D康复操,并根据康复训练分期和身体状况选择视频的难易程度,体感设备实时收集患者的运动数据与标准数据进行对比,并上传评分。对照组由护士发放上肢康复锻炼视频,并进行示范。为期3个月的干预后,试验组康复训练依从性达100%,显著高于对照组。朱柳梅等<sup>[17]</sup>对80例乳腺癌患者进行随机对照研究,VR组患者使用VR康复锻炼系统,患者在医护人员的指导下选择适合的康复内容,并根据自我评估等级和肌力等级调整系统参数。在VR锻炼过程中,运动强度递增,并根据患者耐受程度及时调整。结果显示,VR组康复锻炼依从性显著高于对照组。Zhou等<sup>[18]</sup>招募了15例女性乳腺癌患者,将康复训练分为康复训练模块和益智游戏模块。康复训练动作包括握拳、旋腕、屈肘和绕肩、触摸耳朵、爬墙、背手和手臂外展。益智游戏模块让患者“置身”果园中,通过VR手柄控制虚拟角色的动作,摘下32个苹果即为完成游戏。结果显示,多数患者表示更喜欢使用VR设备,系统可用性量表平均得分超过90分。

### 3.2 减少疼痛及运动恐惧 乳腺癌术后持续性疼

痛发生率为2%~78%,主要由乳腺癌或其治疗中的手术、化疗、放疗或激素疗法引起<sup>[19]</sup>。运动恐惧是指患者对疼痛或伤害产生过度恐惧心理<sup>[20]</sup>。患者将疼痛的感知扩大及疼痛信念灾难化,对肢体运动产生抗拒心理,尽量避免进行肢体活动,逐渐形成恶性循环,最终可导致肢体功能处于失能或废用状态。运动恐惧会增加乳腺癌患者上肢功能下降的风险<sup>[21]</sup>。研究表明,VR可以针对认知和情感疼痛通路,并通过改变中枢神经系统处理疼痛信号的方式来降低疼痛强度<sup>[22]</sup>。House等<sup>[14]</sup>开发了“雪崩”“风险搜寻”“音乐鼓”等9款定制VR游戏,每一场比赛分为不同的难度等级,且难度逐渐提高。受试者在“雪崩”中使用抓握和手臂动作来控制镐和铲子,打破冰墙,解救被困在房间里的人。在“风险搜寻”中,需要受试者控制铲子清理沙土,挖出埋藏的宝藏。8周的VR治疗后,数字评分法测评患者疼痛严重程度降低了20%。Feyzioglu等<sup>[23]</sup>将40例乳腺癌女性随机分为基于Kinect的康复组和标准化物理治疗组。康复组使用Kinect视频游戏,前3周安排运动游戏飞镖、保龄球、拳击,在最后3周,运动游戏改为关节活动幅度更大的沙滩排球、乒乓球和水果忍者。治疗6周后进行评估,康复组疼痛和运动恐惧评分显著低于物理治疗组。Bani Mohammad等<sup>[24]</sup>纳入80例女性乳腺癌患者(每组40例),比较接受标准治疗(包括单纯的药物口服或静脉注射吗啡)患者与接受标准治疗加VR干预的女性乳腺癌慢性疼痛患者的疼痛评分,干预后VR组疼痛评分显著低于标准治疗组。VR康复训练系统为患者提供了丰富且更具娱乐性和竞争性的环境,分散患者注意力,打破了运动恐惧的障碍,提高运动康复依从性,促进患者患侧肢体的康复。阿片类药物被广泛用于减轻癌症患者的疼痛,但也可能导致药物成瘾及其他不良反应,包括恶心、头痛、头晕、便秘和虚弱等。VR的使用相比药物治疗更安全,特别是对于因害怕药物不良反应而不愿使用药物的患者,能提高患者的接受程度。

**3.3 减少术后并发症** 淋巴水肿是乳腺癌术后常见的并发症,乳腺癌患者术后存在罹患乳腺癌相关淋巴水肿的终生风险,其发生率高达43.33%<sup>[25]</sup>,也是乳腺癌患者上肢功能障碍的主要原因之一,严重影响患者的日常生活<sup>[26]</sup>。淋巴水肿可导致肢体持续水肿和慢性炎症,肌肉柔韧性丧失和关节活动受限。BMI较高、淋巴结清扫较多、某些化疗药物的使用(如紫杉烷类方案)、手术范围较大(如全乳切除术)和不良生活方式(如久坐不动)都与淋巴水肿密切相关<sup>[27]</sup>。手术或放疗后淋巴系统的破坏也会导致淋巴液积聚发生淋巴水肿。研究证实,对淋巴水肿患者进行抗阻运动可以明显改善症状<sup>[28]</sup>。Atef

等<sup>[29]</sup>对 30 例单侧乳房切除术后淋巴水肿患者进行随机对照研究,15 例患者进行 VR 运动计划以及物理治疗和家庭计划,其他 15 例患者仅进行物理治疗和家庭计划。VR 组患者热身后,使用 VR 设备进行网球、三头肌屈伸、节奏拳击游戏。患者被要求每周参加 2 次,共 4 周。治疗前与治疗 8 次后评估健侧和患侧肢体之间的多余手臂体积。结果显示,VR 组淋巴水肿状态和上肢功能改善显著优于物理治疗组。Basha 等<sup>[30]</sup>将诊断为单侧淋巴水肿的乳腺癌患者随机分为两组各 30 例,试验组在舞蹈热身后进行 VR 游戏(飞镖、保龄球、拳击、乒乓球、水果忍者和沙滩排球),阻力运动组接受阻力训练。结果两组都能降低淋巴水肿症状的严重程度,但 VR 组更优于阻力训练组。VR 训练可减轻淋巴水肿症状严重程度、改善肢体功能。有研究指出,肥胖患者有更严重的上肢功能残疾,并建议临床医生不仅应减少水肿肢体的体积,还应关注患者的 BMI<sup>[31]</sup>。传统的康复训练主要以上肢局部运动为主,运动量较小,VR 视频游戏需要患者不断与虚拟世界进行互动,所需消耗的体力更多,更能有效地减轻患肢水肿。

**3.4 改善患肢功能,提高患者生活质量** 乳腺癌患者术后一些部位肌肉出现缺损或损伤,切口出现瘢痕挛缩,导致患者肩关节活动度、肌力下降,上肢活动严重受限,严重影响患者生活质量。且乳腺癌患者存在不同的康复问题<sup>[32]</sup>,医护人员需根据患者的疾病特征和康复需求,通过个体化的多学科合作来开展上肢功能康复管理<sup>[33]</sup>。金艾香等<sup>[34]</sup>借助奥巴马标准化语言开发了乳腺癌术后康复锻炼 VR 系统,使用奥巴马系统对患者进行需求评估,将患者反馈的数据纳入到康复管理平台,结合专家咨询,针对患者各种现存问题及康复需求,有针对性地制订康复训练方案。使用 VR 构建 3D 虚拟人物,患者模仿虚拟人物的动作,并在训练中穿插医生康复指导的画面,以督促患者康复训练。结果显示,观察组生活质量评分显著高于对照组。朱柳梅等<sup>[17]</sup>构建的 VR 系统通过评估为患者制订个性化运动方案,体感设备对患者的康复状况、康复轨迹进行监测,捕捉患者的三维运动影像,与标准动作的数据信息进行对比,以此判断患者康复情况,并根据反馈的运动数据及时进行调整。VR 康复锻炼后,观察组肩关节内旋、前屈、外展、后伸、外旋、内收角度均大于对照组,手指爬墙高度显著高于对照组,并发症发生率显著低于对照组。Basha 等<sup>[30]</sup>的研究也表明,与对照组相比,VR 组患者肩关节活动度、握力、日常生活活动和生活质量得到了显著改善,并激发了更多的社交和活动互动。乳腺癌功能康复患者存在诸多不同的问题和需求,且因人而异,统一化康复训练导致患者康复质量不佳。而基于 VR 系统的康复模式可以对

患者进行个体化的配置,根据患者运动障碍的特点,采用灵活、个性化的康复设计,提供分步康复治疗。将运动传感器与 VR 系统结合使用,可以对患者进行功能评估和数字跟踪,及时跟进训练方案,使患者的康复计划更全面、更具有针对性,有效提高患肢活动度和患者生活质量。

#### 4 小结

目前,乳腺癌患者术后康复训练主要由医护人员以培训手册、音频和视频等方式对患者进行面对面培训及随访,医护人员的工作量相对较大,提供高质量的康复锻炼存在壁垒。相比传统锻炼方式,VR 在乳腺癌康复训练中成效更为显著,同时也减少了医护人员的工作量,平衡了培训需求和人力资源有限的矛盾。但 VR 与乳腺癌上肢康复训练的结合仍处于早期开发阶段,存在场景单一、动作种类单一、无实时反馈、缺少智能语音交互、智能程度有待提高、数据共享设备便携性差等问题,VR 设备还需不断完善,以期为患者带来全方位、更高效的康复体验。随着现代社会对个人计算机和智能手机的快速适应,VR 有望成为下一个重大的技术转折点。因此,亟需开发智能程度高、实用性能优、成本低的乳腺癌术后康复训练 VR 系统,进一步向社区和家庭推广使用,以提高康复效率和质量。另外,基于 VR 的乳腺癌康复锻炼干预性研究尚未有统一的干预时长、频率和内容,后续需要多中心、大样本、更长随访时间的研究提供合适的建议。

#### 参考文献:

- [1] Sung H, Ferlay J, Siegel R L, et al. Global cancer statistics 2020; GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. *CA Cancer J Clin*, 2021, 71(3):209-249.
- [2] 周昌明,莫森,袁磊,等.以医院登记为基础的 20 万例恶性肿瘤患者生存报告[J]. *中国癌症杂志*, 2020, 30(1):11-24.
- [3] 叶晓露,徐静娟,高雪娟,等.乳腺癌术后居家患者基于运动捕捉技术的康复训练[J]. *护理学杂志*, 2021, 36(13):86-90.
- [4] Allemani C, Matsuda T, Di Carlo V, et al. Global surveillance of trends in cancer survival 2000-14 (CONCORD-3): analysis of individual records for 37 513 025 patients diagnosed with one of 18 cancers from 322 population-based registries in 71 countries [J]. *Lancet*, 2018, 391(10125):1023-1075.
- [5] 张述林.基于 VR 技术的地理教学[J]. *地理教学*, 2018(7):43-46.
- [6] 徐越.沉浸式虚拟现实头盔显示器光学系统的研究[D].苏州:苏州科技大学,2019.
- [7] 郝粉娟,杨惠云,周西,等.虚拟现实技术在我国护理领域中的应用现状[J]. *护理学杂志*, 2015, 30(13):111-113.

- [8] 卜晓繁, 湛永毅, 韦迪, 等. 虚拟现实技术在乳腺癌患者症状管理中的应用进展[J]. 中华护理杂志, 2020, 55(6): 868-871.
- [9] 陈迪. 虚拟现实训练模式研究[D]. 北京: 中国人民公安大学, 2019.
- [10] 杨春华. 基于肌电反馈和虚拟现实的康复系统设计[D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2017.
- [11] 金艾香, 陈肖敏, 章小飞, 等. 乳腺癌患者术后康复训练虚拟现实系统的设计及应用[J]. 中华护理杂志, 2018, 53(2): 168-172.
- [12] Jimenez Y A, Cumming S, Wang W, et al. Patient education using virtual reality increases knowledge and positive experience for breast cancer patients undergoing radiation therapy[J]. Support Care Cancer, 2018, 26(8): 2879-2888.
- [13] Chirico A, Maiorano P, Indovina P, et al. Virtual reality and music therapy as distraction interventions to alleviate anxiety and improve mood states in breast cancer patients during chemotherapy[J]. J Cell Physiol, 2020, 235(6): 5353-5362.
- [14] House G, Burdea G, Polistico K, et al. Integrative rehabilitation of residents chronic post-stroke in skilled nursing facilities: the design and evaluation of the Bright Arm Duo[J]. Disabil Rehabil Assist Technol, 2016, 11(8): 683-694.
- [15] 中国抗癌协会乳腺癌专业委员会. 中国抗癌协会乳腺癌诊治指南与规范(2021年版)[J]. 中国癌症杂志, 2021, 31(10): 954-1040.
- [16] 梁英, 刘华容, 蔚如. 乳腺癌患者术后患肢康复训练依从性的分析与对策[J]. 护理实践与研究, 2007, 4(5): 35-36.
- [17] 朱柳梅, 于佳佳, 李青. 康复训练虚拟现实系统在乳腺癌患者术后康复锻炼中的应用[J]. 齐鲁护理杂志, 2019, 25(18): 99-102.
- [18] Zhou Z, Li J, Wang H, et al. Upper limb rehabilitation system based on virtual reality for breast cancer patients: development and usability study[J]. PLoS One, 2021, 16(12): e0261220.
- [19] Stubblefield M D, Keole N. Upper body pain and functional disorders in patients with breast cancer[J]. PM R, 2014, 6(2): 170-183.
- [20] 王博, 吴琼, 张苹, 等. 全髋关节置换术患者恐动症的研究进展[J]. 护理学杂志, 2019, 34(7): 95-98.
- [21] Gencay Can A, Can S S, Eksioğlu E, et al. Is kinesiophobia associated with lymphedema, upper extremity function, and psychological morbidity in breast cancer survivors? [J]. Turk J Phys Med Rehabil, 2018, 65(2): 139-146.
- [22] Lambert V, Boylan P, Boran L, et al. Virtual reality distraction for acute pain in children[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2020, 10(10): CD010686.
- [23] Feyzioglu Ö, Dinçer S, Akan A, et al. Is Xbox 360 Kinect-based virtual reality training as effective as standard physiotherapy in patients undergoing breast cancer surgery? [J]. Support Care Cancer, 2020, 28(9): 4295-4303.
- [24] Bani Mohammad E, Ahmad M. Virtual reality as a distraction technique for pain and anxiety among patients with breast cancer: a randomized control trial[J]. Palliat Support Care, 2019, 17(1): 29-34.
- [25] 饶坤林, 陈健健. 乳腺癌患者术后发生上肢淋巴水肿的危险因素分析[J]. 中国临床医生杂志, 2021, 49(9): 1083-1085.
- [26] 王艺璇, 李惠萍, 丁晓彤, 等. 乳腺癌术后淋巴水肿风险预测模型的研究进展[J]. 中华护理杂志, 2018, 53(6): 740-743.
- [27] Byun H K, Chang J S, Im S H, et al. Risk of lymphedema following contemporary treatment for breast cancer: an analysis of 7617 consecutive patients from a multidisciplinary perspective[J]. Ann Surg, 2021, 274(1): 170-178.
- [28] Hasenoehrl T, Palma S, Ramazanov D, et al. Resistance exercise and breast cancer-related lymphedema—a systematic review update and meta-analysis[J]. Support Care Cancer, 2020, 28(8): 3593-3603.
- [29] Atef D, Elkeblawy M M, El-Sebaie A, et al. A quasi-randomized clinical trial: virtual reality versus proprioceptive neuromuscular facilitation for postmastectomy lymphedema[J]. J Egypt Natl Canc Inst, 2020, 32(1): 29.
- [30] Basha M A, Aboelnour N H, Alsharidah A S, et al. Effect of exercise mode on physical function and quality of life in breast cancer-related lymphedema: a randomized trial[J]. Support Care Cancer, 2022, 30(3): 2101-2110.
- [31] Tay M R J, Wong C J, Aw H Z. Prevalence and associations of axillary web syndrome in Asian women after breast cancer surgery undergoing a community-based cancer rehabilitation program[J]. BMC Cancer, 2021, 21(1): 1019.
- [32] 蔡英杰, 史铁英, 李艳娇, 等. 乳腺癌患者支持性照顾需求与生活质量的纵向研究[J]. 中国护理管理, 2018, 18(1): 134-139.
- [33] 李星凤, 李金花, 李旭英, 等. 信息化技术在乳腺癌术后患者上肢功能康复中的应用进展[J]. 解放军护理杂志, 2021, 38(3): 49-52.
- [34] 金艾香, 陈肖敏, 章小飞, 等. 基于奥马哈系统的乳腺癌患者康复管理虚拟现实技术平台构建与应用[J]. 中国全科医学, 2018, 21(24): 2987-2992.