

虚拟现实技术在神经康复治疗中的应用与效果评估

孙健哲

四平市中心人民医院, 中国·吉林 四平 136000

摘要: 虚拟现实 (VR) 技术通过构建沉浸式数字环境, 为神经康复领域带来革命性突破。神经康复作为医疗领域中常见的康复类型, 主要通过刺激病人的身体神经, 恢复其正常机体功能。论文主要分析了虚拟现实技术类型及其特点, 论述了虚拟现实技术在神经康复治疗中面临的困难, 指出虚拟现实技术在神经康复治疗中的具体应用与效果评估, 希望能够充分发挥虚拟现实技术的优势, 提高神经康复治疗效果。

关键词: 虚拟现实; 神经康复; 治疗; 效果评估

Application and Effect Evaluation of Virtual Reality Technology in Neurological Rehabilitation

Jianzhe Sun

Siping Central People's Hospital, Siping, Jilin, 136000, China

Abstract: Virtual reality (VR) technology has brought revolutionary breakthroughs to the field of neurorehabilitation by building immersive digital environments. As a common type of rehabilitation in the medical field, neurological rehabilitation mainly stimulates the patient's body nerves to restore his or her normal body functions. This paper mainly analyzes the types and characteristics of virtual reality technology, discusses the difficulties faced by virtual reality technology in neurorehabilitation treatment, and points out the specific application and effect evaluation of virtual reality technology in neurorehabilitation treatment, hoping to give full play to the advantages of virtual reality technology and improve the effect of neurorehabilitation treatment.

Keywords: virtual reality; neurological rehabilitation; treat; evaluation of effectiveness

0 前言

虚拟现实通过计算机技术模拟真实环境, 具有交互性、沉浸式使用体验, 能够最大程度将现实虚拟, 带给人身临其境的感觉。目前, 虚拟现实技术在神经康复治疗中应用广泛, 不仅在患者的平衡功能训练中发挥了显著作用, 还对患者的认知与思维锻炼提升明显。近年来, 虚拟现实技术能够帮助大脑增强神经系统活跃度, 给患者带来更加丰富的感官刺激, 获得患者的欢迎与接受, 但是虚拟现实技术在神经康复治疗中也存在一定的问题, 需要结合临床效果, 评估其使用体验, 从而更好利用虚拟现实技术带来的技术进步, 提升神经康复水平。

1 虚拟现实技术类型及特点

虚拟现实 (VR) 技术根据沉浸程度、交互方式和应用场景的不同, 可分为多种类型, 每种类型在技术实现和用户体验上具有独特特点。以下是主要分类及其核心特征。

1.1 按沉浸程度分类

虚拟现实技术, 按照沉浸程度不同, 可以分为非沉浸式、半沉浸式、全沉浸式三种, 每一种技术成熟度不同, 使用场景也不同。非沉浸式虚拟现实, 主要采用普通显示设备, 依赖鼠标与键盘进行交互, 具有技术难度低、投入成本小的优势, 主要用在医学教育与建筑设计效果预览上。非沉浸式主

要满足大众对立体空间的感知, 适合于大型公共场合, 但是缺乏多感官刺激能力, 主要通过视觉与听觉完成。半沉浸式又被称为增强现实型 VR, 主要以头戴显示器为标志, 结合现实环境叠加虚拟元素, 在应用场景上适合工业维修指导、服装零售等场合, 能够帮助用户保留空间感知能力。半沉浸式设备普遍存在重量大、移动不方便等缺点, 更适合于固定场合。全沉浸式 VR 又被称为头显式 VR, 能够实现大广角与高精度压力反馈, 能够给用户提供更逼真的虚拟现实体验, 主要用于飞行模拟、心理治疗等方面。全沉浸式 VR 设备成本高, 同时部分人群在使用过程中会产生空间眩晕, 需要进行适应才能满足需求。

1.2 按交互模式分类

按照交互模式, 可以分为手势交互 VR、触觉反馈 VR、脑机接口 VR。目前手势交互 VR 通过捕捉手部关节来实现精准识别, 普遍应用在艺术创作领域。触觉反馈 VR 通过电刺激触觉来实现反馈, 主要应用在远程机器人控制上, 在应用中也根据残疾人需求, 帮助残疾人实现触觉重建。目前最有发展前景的是脑机接口 VR, 通过将脑神经与电脑连接, 实现人的意念控制机器的目标。但是在实际应用中, 脑机接口 VR 不仅涉及大脑研究, 还需要硬件设备与软件辅助, 目前的技术还未能实现脑机接口 VR 的应用, 更多停留在技术与理论上。

1.3 按应用领域分类

目前,虚拟现实技术已经开始在一些行业中得到应用,虽然受到技术限制,还存在各种问题,但是从已有的应用案例看,虚拟现实技术在未来生产与生活中将带动各行业高速发展。例如,虚拟现实技术已经广泛应用在消费市场中,通过制作游戏类 VR 设备,带给人们更真实的游戏体验。在企业层面,虚拟现实技术则能够代替一些危险性高、技术难度大的训练,如部分国家民航业在对飞行员培训时,采用虚拟现实设备,能够大大降低飞行员的培训成本,对于一些危险性工作岗位,如石油钻井平台工作人员的培训,采用虚拟现实技术可以提高培训的安全环保性。此外,在医学领域,虚拟现实技术可以帮助一些受损部位进行康复,实现运动功能的重建。

2 虚拟现实技术在神经康复治疗中遇到的困难

尽管虚拟现实技术在神经康复中取得了一定的成果,为神经康复治疗提供了新的治疗方法与思路,但是现有的虚拟现实技术并未完全成熟,在应用与使用效果上也面临一些问题,需要我们正视其中的困难,并根据技术发展,及时更新康复指导理论与方法。

2.1 现有技术存在瓶颈,治疗效果有限

虚拟现实技术从提出到实际应用不过短短数年,受到现有硬件设备的限制,虚拟现实在神经康复治疗中,存在技术瓶颈问题。在对运动捕捉精度方面,多数商用设备精度仅 $\pm 2^\circ$ (临床要求需 $< 0.5^\circ$),导致步态分析数据可信度降低,一些虚拟现实设备受到衣物或者表面皮肤汗液的影响,存在信号丢失的问题,导致信息反馈准确性降低。在使用体验上,虚拟现实技术反馈延迟时,会导致患者的不适感增加,对于一些复杂场景的物理模拟效果不佳,无法提升患者的场景训练。此外,还存在生物信号整合困难,部分虚拟现实设备生理数据受到干扰,心率/呼吸等信号受运动伪影影响,情绪状态识别准确率仅 68%。

2.2 临床适配性问题突出

虚拟现实技术在使用工程中,还出现临床适配性差的缺点,导致部分患者在康复训练中出现由于脱离现实世界,引发头晕头痛、恶心、干呕、方向感缺失、心率上升等问题,导致部分患者无法分清现实世界与虚拟世界。对于一些神经重症患者,VR 任务完成率仅 18%(传统疗法为 35%)。对于一些精神脆弱的患者,在使用虚拟现实设备中,容易出现沉迷虚拟世界,逃避现实生活的问题,需要对一些患者慎用。相比于传统神经康复方案,虚拟现实技术在使用中缺乏个性化方案,在参数调节中,仅仅能够按照难度进行三至五个档位的区分,不能满足多重患者的精细调节。在反馈模式上,虚拟现实技术反馈方式单一,仅仅能够进行力度的控制,不能综合调节多重感官反馈。现有的虚拟现实技术在长期治疗中并未显示出明确的优势,仅仅能够在一定程度上帮助神经

患者康复,长期疗效还需要继续观察实验。

2.3 投入资金巨大,操作成本高昂

虚拟现实技术在神经康复治疗中,需要在硬件设备上投入进行巨大资金投入,这给神经康复机构带来巨大的成本压力。例如,一些高端虚拟设备,如力反馈手套+头显套装约 12000 美元,是传统康复设备的 6 倍。在设备维护方面,每年需要对硬件设备进行维护,还需要定期进行软件升级,一些虚拟现实设备年维护费用可以占到初始投入的五分之一。在操作上,神经康复治疗不仅需要传统的康复知识,还需要设备操作人员具有计算机视觉、人机交互经验等复合型人才。对于没有相关经验的操作人员,需要投入长期的培训才能熟练掌握该设备,对于医疗机构带来了沉重的资金压力。

2.4 标准化体系尚未建立

虚拟现实技术用到神经康复治疗中,目前处于理论向实操转变过程中,还未形成完善的标准,更多是依据神经康复机构的经验展开。现有的神经康复评估更多是基于传统康复方法,根据 VR 设备的专用量表不足,现有的 Fugl-Meyer 评估工具并未能考虑到虚拟现实技术在神经康复治疗中的任务特异性。一些虚拟现实设备厂商没有建立统一的数据格式,不同厂商的设备缺乏兼容。在治疗参数设定上,没有进行统一,而是按照各家设备的需求自我定义。在治疗时间上,现有的虚拟现实设备更多是根据神经康复主治医生的评估,对于最佳的干预时间没有明确的标准。

3 虚拟现实技术在神经康复治疗中的应用与效果评估

3.1 脑卒中康复

脑卒中是临床中一种发病率与致死率较高的疾病,在病发后导致病人运动功能受损,无法正常运动。虚拟现实技术在脑卒中康复治疗中,为患者提供一个高度仿真的虚拟现实环境。对于多数脑卒中患者来说,在康复治疗中,需要为其提供一个安全的现实环境,但是这显然不现实。虚拟现实技术能够给患者提供一个热门的运动功能康复训练环境。在效果评估方面,采用虚拟现实技术对脑卒中患者康复治疗,经过连续一个月的治疗,患者的 Fugl-Meyer 上肢评分和功能独立性评分较对照组改善。相比传统康复训练方法,采用虚拟现实的康复治疗方案,可以更有效地促进患者上肢运动功能及日常生活能力的恢复。从对患者的参与积极性与体验感方面,虚拟现实技术显然更具优势。但是也需要认识到,虚拟现实技术在脑卒中康复方面,患者的 Fugl-Meyer 评分并未与传统康复治疗方案有明显差距,可能是治疗设备、疗程、介入时机不同,具体影响还需进一步探讨。

3.2 帕金森病康复

帕金森作为一种常见的神经系统疾病,主要常见于老年群体,在发病后,会造成患者的行动迟缓,全身肌肉震颤,

无法实现动作的平衡,认知能力下降,不能实现自我行动的控制。帕金森患者在神经康复治疗中,由于不能控制自己的动作,因此存在摔伤等风险,因此虚拟现实技术的应用,能够通过感官刺激,帮助患者适应多重复杂场景下的运动,为帕金森病的安全康复治疗提供了较大帮助。相较于传统康复治疗方

3.3 阿尔茨海默病康复

阿尔茨海默病是常见的老年性疾病之一,发病率在全球范围内呈上升趋势。临床表现为记忆力和日常生活活动能力的渐进性减退。研究表明,基于虚拟现实技术的康复治疗不仅可改善阿尔茨海默病患者的长期空间记忆能力,还能提高健康老年患者的行为执行能力。研究发现,通过基于虚拟现实技术的认知训练,可以增强阿尔茨海默病高危人群的认知功能和行为能力,有助于延迟甚至预防阿尔茨海默病的发生。除治疗外,虚拟现实技术对阿尔茨海默病的评估也有一定意义,借助功能性核磁共振技术,发现阿尔茨海默病高危人群与晚期阿尔茨海默病患者在虚拟环境中类似的神经反馈现象,提示将虚拟现实技术与功能性核磁共振相结合,可以为阿尔茨海默病的早期诊断提供依据。

3.4 在脑外伤康复中的应用

虚拟现实技术在脑外伤康复中也应用广泛,特别是对于恢复患者的动态平衡功能及姿态控制能力。虚拟现实技术可以为患者提供导向性训练,让患者在接受康复治疗过程中通过视觉、触觉、听觉的刺激,将信息反馈给大脑中枢,进行信息整合,优化大脑神经网络的信息调节机制,改善患者的脑神经运动模式,克服运动障碍。在虚拟现实应用中,可以将跑步机与虚拟现实 VR 设备与跑步机结合使用,减轻患者的动态平衡功能不协调的问题。在一些脑震荡人群康复治疗中,其应用效果显著,平衡功能与任务执行能力提升明显。虚拟现实技术在脑外伤治疗效果方面,对于认知能力与信息处理具有效果,能够在一定程度上提高患者的记忆力与

注意力。但是由于缺乏明显的对照试验,在应用案例方面也具有数量较少的问题,今后尚需更多的高质量研究予以证实。

3.5 在精神疾病康复中的应用

传统精神疾病康复主要通过药物治疗与心理疏导相结合的方式,通过与患者进行交流,影响患者的精神状态,从而使其能够适应社会,而虚拟现实技术则能够成为心理治理的优良媒介。应用虚拟现实技术治疗精神疾病,结果发现虚拟现实技术对恐高症有很好的治疗效果。将沉浸式虚拟现实交互疗法用于治疗精神分裂症患者,患者通过在情境中积极参与,改善其社交技能。对于患有自闭症的儿童,其精神世界往往封闭,采用虚拟现实技术,能够将患者的精神世界敞开,其大脑中关于社会理解的区域活跃度有所增强。另外有学者采用功能近红外光谱技术,对沉浸式虚拟现实暴露疗法干预的恐高症患者大脑活动进行监测,发现干预后患者外侧前额叶皮质和内侧前额叶皮质活动恢复到了正常水平。

4 结语

虚拟现实技术通过创建可控、量化的康复环境,显著提升神经康复的精准性与趣味性。现有证据表明其在改善运动功能、重建神经通路方面具有独特价值。未来需要通过技术迭代、临床验证和模式创新,构建覆盖“评估—治疗—随访”全链条的智能康复体系,推动神经康复进入数字化精准时代。

参考文献:

- [1] 刘蓓蓓,丁勤能,朱武生.虚拟现实技术在神经系统疾病康复中的应用进展[J].中国现代神经疾病杂志,2018,18(3):222-225.
- [2] 张松,袁媛,徐义君,等.虚拟现实技术在神经系统疾病功能康复中的应用现状[J].中华物理医学与康复杂志,2022,44(3):278-281.
- [3] 张晓丹,范伟女.虚拟现实技术在帕金森病康复中的应用进展[J].中华神经科杂志,2018,51(3):216-219.
- [4] 李冰洁,李芳.虚拟现实康复技术在脑卒中后上肢运动障碍中的应用进展[J].中国现代神经疾病杂志,2017,17(4):245-248.

作者简介:孙健哲(2001-),男,中国吉林四平人,康复师,从事医学康复治疗研究。