

可穿戴设备在骨科康复护理领域中的应用综述^{*}

卢雯 陈湘玉 史冬泉 史婷奇 李昕华

(南京大学医学院附属鼓楼医院 南京 210008)

〔摘要〕 在相关文献分析基础上, 阐述可穿戴设备定义和关键技术、基本结构以及在骨科康复护理领域中的应用情况、特征、优势, 提出相关建议, 为可穿戴设备在骨科临床护理中的应用提供有益借鉴。

〔关键词〕 可穿戴设备; 骨科康复; 康复护理

〔中图分类号〕 R-058 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2022.03.007

Review on the Application of Wearable Devices in Orthopaedic Rehabilitation Nursing LU Wen, CHEN Xiangyu, SHI Dongquan, SHI Tingqi, LI Xinhua, The Drum Tower Hospital Affiliated to Nanjing University Medical College, Nanjing 210008, China

〔Abstract〕 Based on the analysis of relevant research literature, the paper expounds the definition, key technology and basic structure of wearable devices and its applications, characteristics and advantages in the field of orthopedic rehabilitation nursing, puts forward relevant suggestions, and provides useful references for the application of wearable devices in clinical nursing of orthopedics.

〔Keywords〕 wearable devices; orthopedic rehabilitation; rehabilitation nursing

1 引言

当前我国逐渐步入老龄化社会, 骨质疏松、脆性骨折、骨关节炎等疾病严重影响老年人健康和生活质量。大多数患者因病痛不能进行有效而持久的肌力训练及关节活动度锻炼^[1]。现有康复护理方案无法有效跟踪患者康复锻炼依从性及康复效果, 难

以完整提取患者术后锻炼数据。在实时数据不足的情况下, 如何为骨科患者提供精准远程康复护理, 建立适合国情的骨科康复护理工作模式成为当下亟待解决的问题。5G 通信、物联网、大数据及人工智能等信息技术快速发展, 推动可穿戴设备技术迅速兴起。可穿戴设备因其便于携带的特点, 通过数据赋能实施远程健康监护, 提供优质护理服务, 可满足患者及其家庭在骨科康复护理方面的需求^[2]。本文通过总结近年来可穿戴设备在骨科康复护理领域中的应用并分析不足之处, 为可穿戴设备的应用提供借鉴。

2 资料与方法

〔修回日期〕 2022-02-25

〔作者简介〕 卢雯, 主管护师, 发表论文 3 篇; 通讯作者: 陈湘玉, 主任护师。

〔基金项目〕 南京鼓楼医院护理重点课题(项目编号: ZSB947-3); 南京鼓楼医院临床研究专项资金资助培育项目(项目编号: HB9470202101)。

检索中国知网、维普数据库、万方医学、

PubMed 数据库, 搜索可穿戴设备在骨科护理康复领域应用相关文献共 368 篇。其中英文 279 篇, 中文 89 篇。使用主题词和关键词检索, 中文检索词为: 可穿戴设备/康复/骨科康复/康复护理/康复训练; 英文检索词为: Wearable devices/ rehabilitation/ orthopedic/rehabilitation/rehabilitation nursing/rehabilitation training。检索方式为主题词检索; 时间限制为自建库起至 2021 年。纳入与可穿戴设备在骨科康复医学中的应用相关文献; 排除标准是与可穿戴设备相关度不高的文献、重复发表的研究、总结报告、通讯报道、知识介绍、非中英文文献。对所检索文献遵照纳入与排除标准进行筛选, 筛选后共获得文献 368 篇, 阅读标题和摘要后共纳入 113 篇, 逐篇阅读全文, 最终纳入文献 52 篇。对纳入的 52 篇文章详细阅读, 选取有代表性的研究成果进行介绍。

3 可穿戴设备

3.1 定义与相关技术

3.1.1 定义 指采用穿戴技术对日常设备进行智能化设计, 用特定算法进行技术运行, 附着或穿在用户身上的一类产品, 监测范围包括运动、环境、生理、医疗、护理等数据信息。根据我国《医疗器械监督管理条例》规定, 以疾病诊断、监测等作为预期目标的可穿戴设备才可作为医疗器械进行管理。可穿戴设备通过软件支持、数据交互及云端交互实现强大功能^[3]。

3.1.2 可穿戴技术 (Wearable Technology, WT) 融合无线电、多媒体及传感器等技术, 在此基础上制造出通过手势、眼球运动等动作即可操控并能随身携带的设备。可穿戴设备是可以穿戴在人体上的设备总称, 其形式已由最初的智能手环发展到四肢外骨骼机器人等。其在骨科应用由简单的记录心率、体温等生命体征, 逐步扩展到四肢活动度和步态分析、力学静态稳定计算及分析等^[4]。随着蓝牙、WIFI、计算机技术、人体通信技术的发展, WT 应用更加精准化和个体化, 其在骨科康复护理领域的应用越来越广泛。

3.2 国外骨科康复护理中的应用现状

3.2.1 概述 随着全球家庭康复需求不断增长, 创新型可穿戴设备在国外长期发展中走向成熟, 帮助患者远程康复, 通过外力辅助患者进行肢体活动, 对缺失行走能力的人群开展训练, 帮助有需求的人群提高康复能力。

3.2.2 远程健康监测 可穿戴式心率监测仪、健康监测仪、3D 追踪器等可穿戴设备可提供远程健康监测功能, 使不同地域患者共享优质医疗及护理资源。Mehta S J、Hume E 和 Troxel A B 等^[5]利用可穿戴监视器, 对髋关节及膝关节置换术患者进行术后跟踪步数、术后康复锻炼、疼痛评分等, 评估患者出院率, 结果显示干预组再住院率显著降低。Chughtai M、Kelly J J 和 Newman J M 等^[6]评估远程康复平台在全膝或单膝关节置换术患者中的康复应用, 评价虚拟康复平台可用性、患者物理治疗时间及临床结局, 降低康复成本, 提升便利性, 最终提高患者依从性和满意度。可穿戴设备不仅能监测生命体征, 还能将监测和收集到的数据反馈给用户端, 打破地区限制, 为偏远地区提供远程监测。

3.2.3 功能康复 通过运动神经元获取大脑神经信号, 探测皮肤表面微弱的信号, 再通过动力装置控制肌肉和骨骼移动。例如可穿戴式智能鞋可显著改善下肢骨折和髋关节置换术后患者的异常康复模式; 可穿戴踝关节机器人辅助下肢运动障碍者进行踝部功能锻炼, 避免足下垂和外翻, 改善步态生物力学, 减少对辅助设备的依赖。Eichler S、Rabe S 和 Salzwedel A 等^[7]开展关节置换患者术后运动治疗相关研究, 对全髋关节或膝关节置换术后患者进行交互式远程康复干预, 患者在身体机能、功能活动、生活质量和疼痛方面均优于常规组。Tousignant M、Moffet H 和 Nadeau S 等^[8]提供全膝关节置换术患者出院后的连续护理服务, 为家庭远程康复有效性提供可靠数据。Villafañe J H、Taveggia G 和 Galeri S 等^[9]评估机器人辅助活动对手部麻痹中风患者的有效性。可穿戴设备远程采集生物特征数据用以开发定制更为合适的康复护理方案, 促进患者早日康复。

3.2.4 老年骨科患者中的应用 可穿戴设备在老年骨科患者康复领域应用成效显著。日本制造的可穿戴机器人 HAL 是一款针对脑血管患者等或高龄造成的腿力变差的外骨骼机器人,用于患者基础训练以及因脊椎损伤、脑溢血而瘫痪患者的康复。在 HAL 的帮助下老年患者不仅可以进行正常生活,还可以完成站立、步行、攀爬、抓握、举重物等高难度动作。可穿戴式老年人跌倒预警仪则可通过传感器捕捉到患者姿势并进行分析,如果出现异常可以快速反映到佩戴者的手机终端等,通过震动预警患者,预防老年患者跌倒。

3.3 我国骨科康复护理领域的应用现状

近年来我国重视医疗器械设备领域发展,针对各类患病群体的治疗器械开发与研究持续推进。可穿戴设备作为智慧医疗的重要组成部分已应用于骨科康复护理领域。可穿戴设备便于携带,针对患者日常穿戴进行智能化配置,打破了传统康复护理的限制,可实时采集、分析、传输人体信息数据,实现对患者健康状态的多元化监测,提高患者自我管理积极性。国内康复机器人、智能穿戴等康复医疗器械领域相关研究不断发展。如马可^[10]介绍一种应用于膝关节康复患者的可穿戴设备;钱欢、洪洋和潘钢^[11]基于传感器技术设计一款下肢骨折康复护理监护仪;周聪^[12]介绍了一款穿戴式髌关节康复训练机器人。未来我国骨科远程会诊、骨科康复医疗及护理大数据平台等新载体的建立需要可穿戴设备作为基础支撑。

4 可穿戴设备基本结构

4.1 结构及特点

可穿戴设备主要由传感、通信、数据处理组件构成,涉及传感器、显示器、无线通信、数据交互、数据安全等方面。其主要由 4 个基础单元组成,即传感单元、通信单元、处理单元及显示单元。具有可移动性、可穿戴性、可持续性、可交互性及简单操作性等特点^[13]。

4.2 传感单元

可穿戴设备是利用传感器或蓝牙等连接进行实时数据跟踪、展示及数据传输的人机交互智能技术,可通过主机内置倾斜传感器追踪患者步行时小腿前后摆动的位置角度和速度,在辅助患者行走过程中为其设计个性化康复训练。

4.3 通信单元

通信单元用于建立移动端与可穿戴设备的连接,实现后台运行数据接收服务,同时通过电力 5G 无线专网可将接收到的数据(图片、视频等)上传至服务器和从服务器下载信息。

4.4 处理单元

可穿戴康复设备能远程记录康复数据。康复系统中所有功能还存在不同配置信息、业务数据、系统运行状态等信息,数据库能根据这些数据信息进行归档、快速查询并保持数据完整性、可靠性、一致性。

4.5 显示单元

可穿戴设备使患者足不出户便可实现对刺激器参数的实时远程调控和语音视频指导,可自动生成健康报告,实时保存患者康复数据并反馈给护理人员,及时调整康复护理方案。

5 可穿戴设备在骨科康复护理中的应用特征

5.1 设有预警机制

不正确的康复方式可能会导致骨关节和骨组织二次损伤。可穿戴设备的多种锻炼模式基于压力变化感知分析,对用户康复数据进行监测和预警。如果出现压力骤变等异常情况手机端 APP 将出现警示,提醒用户更正不正确的锻炼方式,避免组织关节损伤,将记录的压力数据反馈给康复护士,通过软件进行可视化数据分析。

5.2 便携性与可移动性

可穿戴设备便于携带,具有远程跟踪、实时监

护等功能,可用于骨科患者人体生理参数健康监护及康复运动监护。可穿戴设备主动协助患者进行关节康复运动,刺激肌肉活动,降低心肺代谢率,达到改善步态指标的目的;可进行人体步态分析、运动学分析,提出针对骨科患者术后康复的评价方法^[14]。

5.3 持续收集可视化数据

可穿戴设备利用算法生成可视化数据,帮助康复护士分析数据中的信息和规律,使用集成视图将康复相关所有信息集成显示,改进和完善现有骨科康复护理方案,促进康复护理领域科研及临床治疗发展,同时为计算机技术在医学领域中的应用开辟广阔空间。

5.4 具有反馈机制

在大部分骨科手术治疗中术后康复护理占据主导地位,需重视院外患者康复依从性和有效性。可穿戴设备能够辅助进行关节屈伸活动度训练以防止关节粘连,设有多传感器,可多关节、多角度、多方向监测患者术后锻炼,通过算法直观地将数据反馈给护士,护士通过观察患者锻炼角度达到预设目标情况以修正和调整康复护理方案。

6 在骨科康复护理中的优势

6.1 提高患者获得感,减少护患纠纷

可穿戴设备为帮助骨科患者康复提供客观数据,为骨科患者提供更加精准的院外康复护理方案,满足患者和家属在家庭康复护理方面的需求,提高康复护理质量,有助于减少护患纠纷,促进护患和谐。

6.2 远程获取骨科患者康复动态数据,提供精准康复护理

通过大数据护士可精准掌握病情变化,提供针对性康复服务,改进远程康复护理方案,优化康复护理流程,促进患者及早康复。可穿戴设备可提供患者关节运动频次、节律、角度的动态数据,帮助护士在保证安全前提下督促患者进行康复运动,提

高康复依从性,改善患者结局。

6.3 探索康复护理远程服务模型和机制,提供居家康复护理

可穿戴设备为患者提供出院后远程精准康复护理和居家护理,将骨科康复从院内延伸至院外,为患者提供更专业、科学、精准的个性化康复护理方案,使其足不出户就可以享受科学规范的护理康复指导,节省患者及家属时间及经济成本。

7 发展方向

7.1 需建立符合人体工程学要求的载体

可穿戴设备要长时间、高精度监测,需附着于人体皮肤但又不能使人产生不适感,否则将影响患者穿戴时长,因此应进一步提高穿戴舒适性。目前可穿戴设备存在真实应用场景中稳定性不高、抗环境干扰能力不强以及规模化生产困难等挑战。要解决这些问题应加强技术研究,其中性能优异、材料体系多功能以及器件结构合理等较为关键。

7.2 建立针对国民生命体征的健康数据库

目前医疗康复领域的基础数据大多来自发达国家建立的西方人种健康数据库,但不同人种、年龄、性别的人群生命体质特征数据存在差别。国内可穿戴医疗设备能监测的体征数据有上百种,缺乏针对我国公民的体征健康数据库^[15]。建立针对国民生命体征的健康数据库十分必要。

7.3 健全适合国情的健康数据保护法律法规

可穿戴医疗康复设备在智能手机 APP 使用上存在健康隐私数据泄露风险。部分可穿戴康复设备在健康数据收集类型、方式及用途均未明确告知用户且并未征得其同意的情况下,将隐私数据泄露出售。我国应建立全流程健康数据保护规范,保障个人健康信息隐私,完善健康数据安全保护体系,建立健康数据应急制度,以便发生泄露事件时及时采取补救措施。

8 结语

可穿戴设备可实施远程健康监控, 建立患者与环境之间远程联系, 未来将在骨科康复护理领域发挥更重要的作用。随着科技不断进步, 应不断发展具备持久续航能力、网络稳定、佩戴舒适的可穿戴设备, 同时完善数据安全与隐私管理, 以促进骨科患者远程护理、精准护理及居家护理的发展, 满足人民日益增长的健康需求。

参考文献

- 秦钦, 李潍, 朱松盛, 等. 可穿戴设备的现状及未来发展方向 [J]. 南京医科大学学报, 2017 (2): 149-153.
- 亓攀, 赵志昕, 贾斌, 等. 智能可穿戴康复系统在膝关节置换术后康复训练中的应用效果 [J]. 解剖与临床, 2019, 24 (6): 567-570.
- 魏奕星, 邓朝华. 可穿戴医疗设备在医疗健康领域的应用综述 [J]. 中国数字医学, 2019, 14 (12): 22-25.
- 范华雨, 曹向阳, 杨鑫. 可穿戴设备在骨科的应用与研究 [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2018, 11 (2): 154-156, 160.
- Mehta S J, Hume E, Troxel A B, et al. Effect of Remote Monitoring on Discharge to Home, Return to Activity, and Rehospitalization After Hip and Knee Arthroplasty: A Randomized Clinical Trial [J]. JAMA Netw Open, 2020, 3 (12): e2028328.
- Chughtai M, Kelly J J, Newman J M, et al. The Role of Virtual Rehabilitation in Total and Unicompartmental Knee Arthro-

- plasty [J]. J Knee Surg, 2019, 32 (1): 105-110.
- Eichler S, Rabe S, Salzwedel A, et al. Effectiveness of an Interactive Telerehabilitation System with Home-based Exercise Training in Patients after Total Hip or Knee Replacement: Study Protocol for a Multicenter, Superiority, No-blinded Randomized Controlled Trial [J]. Trials, 2017, 18 (1): 438.
- Tousignant M, Moffet H, Nadeau S, et al. Cost Analysis of in-home Telerehabilitation for Post-knee Arthroplasty [J]. J Med Internet Res, 2015, 17 (3): e83.
- Villafañe J H, Taveggia G, Galeri S, et al. Efficacy of Short-Term Robot-Assisted Rehabilitation in Patients With Hand Paralysis After Stroke: A Randomized Clinical Trial [J]. Hand (N Y), 2018, 13 (1): 95-102.
- 马可. 新型可穿戴柔性上肢康复训练机构的设计分析 [D]. 北京: 北京交通大学, 2020.
- 钱欢, 洪洋, 潘钢. 用于下肢骨折患者康复监护仪的设计 [J]. 微型电脑应用, 2017, 33 (6): 42-44.
- 周聪. 可穿戴式绳驱动踝关节康复机器人设计研究 [D]. 成都: 电子科技大学, 2020.
- Hsieh C J, DeJong G, Vita M, et al. Effect of Outpatient Rehabilitation on Functional Mobility After Single Total Knee Arthroplasty: A Randomized Clinical Trial [J]. JAMA Netw Open, 2020, 3 (9): e2016571.
- Bell K M, Onyeukwu C, Smith C N, et al. A Portable System for Remote Rehabilitation Following a Total Knee Replacement: A Pilot Randomized Controlled Clinical Study [J]. Sensors (Basel), 2020, 20 (21): 6118.
- 胡可慧, 陈校云, 张曙欣, 等. 可穿戴设备在发达国家康复医学中的研究与应用 [J]. 中国数字医学, 2018, 13 (8): 56-59.

(上接第 17 页)

参考文献

- 教育部. 普通高等学校本科专业目录 (2020 年版) [EB/OL]. [2022-02-14]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/moe_1034/s4930/202003/W020200303365403079451.pdf.
- 吴军, 潘志方. 医学院校医学信息专业现状与发展研究 [J]. 医学信息学杂志, 2017, 38 (1): 83-85, 89.
- 李后卿, 刘慧悦. 医学信息学专业教育十年回顾与未来展

- 望 [J]. 中华医学图书情报杂志, 2014, 23 (2): 1-6.
- 王伟, 许培扬, 曹锦丹, 等. 我国医学信息教育发展战略研究的总体设计与构想 [J]. 中华医学图书情报杂志, 2010, 19 (11): 1-3.
- 王伟. 我国医学信息教育改革与发展的回顾与展望 [J]. 医学信息学杂志, 2009, 30 (12): 1-5, 11.
- 胡芳, 黄田, 刘钰涵, 等. 医学信息专业学生数据分析与建模能力培养模式 [J]. 医学信息学杂志, 2016, 37 (10): 91-94, 90.