

可穿戴设备用于家庭心脏康复运动的研究进展

于天卓, 高瑞桐, 许林琪, 李峰

Application of wearable electronic devices in home-based cardiac rehabilitation exercise: a review Yu Tianzhuo, Gao Ruitong, Xu Linqi, Li Feng

摘要:介绍可穿戴设备具备的功能,包括运动指导、运动记录、远程监管和危险预警;阐述可穿戴设备对家庭心脏康复的效果,即可指导运动训练,提高康复运动有效性;增加身体活动,改善康复运动依从性;实现远程监管,增加康复运动专业性;监测心电活动,保障康复运动安全性。提出需保护患者隐私权益,优化干预措施设计,聚焦老年群体特征等,以改善心脏康复质量,促进心脏康复的实施。

关键词:心血管疾病; 心脏康复; 可穿戴设备; 移动医疗; 运动指导; 运动记录; 远程监管; 危险预警; 综述文献

中图分类号:R473.2;R197.39 **文献标识码:**A **DOI:**10.3870/j.issn.1001-4152.2022.02.018

心脏康复是心血管疾病二级预防的ⅠA级推荐项目^[1],已被公认可以改善心血管疾病患者的运动能力、生活质量和心理健康,还可以降低病死率、发病率和意外住院率^[2]。基于家庭的心脏康复近年来因其灵活方便和能融入常规家庭生活等优势而逐渐受到重视,其可在各种环境中进行,包括家庭或其他非临床环境,如社区中心、健康俱乐部和公园^[3];相较基于医学中心的心脏康复,家庭心脏康复可帮助患者摆脱交通障碍,减少日程安排与康复计划不协调等限制^[4];且最近一项针对获得心脏康复转诊资格患者的研究发现,当可以选择家庭或医学中心方式接受心脏康复时,近一半的患者倾向基于家庭的方式^[5]。已有证据表明,家庭心脏康复对心血管疾病危险因素控制方面的短期改善效果较好,且依从性较好^[6]。但基于运动的心脏康复在没有医护人员监督的家庭环境中进行,会存在诸如运动强度达不到康复要求、缺乏与医护人员面对面的监控与交流、高风险患者易出现安全问题等挑战^[3]。日渐兴起的可穿戴设备为解决这些挑战带来了新思路^[7]。本文对可穿戴设备用于家庭心脏康复运动的相关研究进行综述,以期为我国心血管疾病患者的生命全程护理提供参考。

1 可穿戴设备概述

移动医疗是居家康复的重要媒介,其作为数字健康的分支,包括用于健康服务的可穿戴设备^[6]。健康领域可穿戴设备被定义为能够直接穿戴在身上的便携式医疗或健康电子设备,可以在软件支持下感知、记录、分析、调控或干预,甚至治疗疾病或维护健康状态^[8],具有可移动性、可穿戴性、可持续性、简单操作性和可交互性的特征。近年来随着云服务和大数据的发展,应用于心脏康复领域的可穿戴设备应运而生,它的兴起一方面在于人们对量化自我的需求长期存在;另一方面在于随着心血管疾病负担加重和人口老龄化加剧,人们对于能够实现远程监测的医疗可穿戴设备需求量不断增加^[9]。

2 可穿戴设备类型及主要功能

根据不同的功能侧重,与家庭心脏康复运动相关的可穿戴设备主要分为运动指导、运动记录、远程监管和危险预警4种类型。运动指导可穿戴设备主要是通过测量心率来评估运动强度,继而利用声音或光信号对患者的运动训练给予指导和提示,以此提高心脏康复运动有效性。运动记录可穿戴设备则是通过记录身体活动并结合目标设定和行为反馈等行为改变技术来帮助患者改变行为,养成更好的健康行为习惯,从而促进心脏康复运动持久性。而远程监管可穿戴设备主要是作为远程患者监测系统的关键环节,通过采集患者生理参数数据,为监测中心的医护人员提供供其分析、评估和监管的数据信息,来增加心脏康复运动的专业性。危险预警可穿戴设备主要是通过监控患者的心电情况,对于出现的心律失常等危险情况进行报警,保障了心脏康复运动的安全性。

3 应用可穿戴设备对家庭心脏康复运动的影响

3.1 指导运动训练,提高家庭心脏康复运动有效性

达到一定运动强度的运动训练是心脏康复的基石^[10],运动强度是决定最佳运动水平和运动效果的重要因素^[11]。但是运动强度对于患者来说往往很难把控,如果运动强度过低则无法达到改善心肺适应能力的目的,如果运动强度过高则会增加心血管事件发生的风险^[12]。对于参加家庭心脏康复计划的患者,在运动训练过程中保持适当的运动强度是提高心脏康复有效性的关键。心率是监测患者运动强度的最重要指标,如何使患者运动强度达到靶心率水平是心脏康复的核心环节^[13]。可穿戴设备可通过实时测量心率使患者的运动强度保持在适当水平,以此提高家庭心脏康复运动有效性。Lee等^[14]自行开发的专用心脏康复腕表式可穿戴传感器(Dedicated Cardiac Rehabilitation Wearable sensor,DCRW),通过比较实时测量的运动心率和运动前预先设定的目标心率区域自动向患者推荐运动强度,可有效指导心脏康复运动。Li等^[15]使用便携可穿戴式心电图监护仪Inticare-MC-06(济宁中科大象医疗科技股份有限公司研发产品),在进行家庭心脏康复运动时粘贴于心力衰竭患者胸部,其可根据心率评估运动强度,并及时提醒患者,确保运动强度在预设范

作者单位:吉林大学护理学院(吉林 长春,130021)

于天卓:女,硕士在读,学生

通信作者:李峰,flili@jlu.edu.cn

收稿:2021-08-27;修回:2021-10-08

围内。余滨宾等^[13]采用的 uCare RG10 动态心电记录仪,可根据患者自身情况设定康复训练时的目标心率区域,当其监测到患者运动时心率高于或低于目标心率区域时,便会发出语音提示,从而保证患者在家进行心脏康复运动的有效性。医疗保健提供者需每 3~6 个月根据患者病情开具包括最大心率、目标心率区域、运动类型及运动持续时间等在内的最新心脏康复运动处方,并指导、帮助患者将运动参数录入可穿戴设备,确保参数存储完好,以便患者的院外心脏康复得以顺利进行。护理人员应妥善记录并保管患者的心率及运动数据,可在未来的研究与开发公司合作,研发基于运动趋势轨迹自动推荐运动参数的可穿戴设备系统。

3.2 增加身体活动,改善家庭心脏康复运动依从性

身体活动是减少心血管疾病风险,延缓心血管疾病进展,降低心血管疾病病死率的最佳方式之一^[16],提高身体活动水平已成为心血管疾病患者延续性护理不可分割的组成部分^[17]。可一旦 I 期院内和 II 期门诊心脏康复结束,患者运动依从性便会降低^[18]。因此,在 III 期院外家庭心脏康复过程中增加患者身体活动,改善运动依从性是必不可少的。加速度计、计步器等是被称为“量化自我”的可穿戴设备,是简单且理想的自我监测工具,通过记录和反馈有关身体活动等行为信息来激励患者养成更好的习惯,并提供行为强化,从而改善健康状况^[19],并被证实能够显著增加和促进身体活动^[20],特别是在基于行为改变理论来提供诸如短信、电话和个性化服务等额外支持的情况下,其能够改善患者的运动依从性,促进院外长期家庭心脏康复运动的持久性^[21]。Guiraud 等^[22]让 I 期院内心脏康复结束后身体活动依从性不佳的患者佩戴 MyWellness Key 加速度计记录身体活动,并每隔 15 d 通过电话采访给予反馈和支持,研究结束时发现,加速度计记录联合电话支持是改善患者身体活动依从性的有效策略。Butler 等^[23]研究发现,以计步器 Yamax Digiwalker 700B 为基础,联合电话指导进行行为咨询、目标设定和提供额外身体活动建议的干预方式,可提高 I 期院内心脏康复结束后患者的身体活动水平。Frederix 等^[24]招募完成 II 期门诊心脏康复患者,要求干预组患者佩戴可读取并可记录每日有氧步数、常规步数和总步数的三轴加速度计,当患者将每周运动数据上传至在线患者账户后,便会通过短信或电子邮件获得有关身体活动的个性化自动反馈和新步数目标设定,而对照组患者仅在研究节点为测量目的佩戴不可读加速度计,结果发现与每日有氧步数相关的峰值摄氧量在干预组患者中显著增加。相对便捷且便宜的加速度计或计步器等可穿戴设备除了能够增加身体活动,改善运动依从性之外,与采用自我报告的身体活动监测方式相比,还具有避免回忆偏倚和由于社会期望而夸大身体活动的优点,且监测值准确,可以获得关于身体活动的详细类型、强度和量

的信息。因此,护理人员应利用可穿戴设备对 III 期院外家庭心脏康复患者进行干预,维持在 I 期院内和 II 期门诊心脏康复中所获得的健康和身体活动水平,康复护士也应熟悉并掌握这些可穿戴设备的操作与维护方法,便于指导患者使用。

3.3 实现远程监管,增加家庭心脏康复运动专业性

可穿戴设备通过采集心电图等生理数据,能够实现医疗护理专业人员对患者的远程健康监管,解决家庭心脏康复缺少面对面监控与交流这一问题,使家庭心脏康复运动更具专业性。王昭昭等^[25]运用小米运动手环,获取 II 期院外心脏康复患者的运动心率、运动步数和运动时间等数据,并指导患者将数据同步上传至小米应用程序云端,以便心脏康复小组(由责任护士与主管医生等组成)收集数据,并根据数据制订患者下一周的康复计划。Li 等^[15]采用的远程心电监测系统要求患者在运动训练时将便携可穿戴式心电图监护仪粘贴在胸部,所记录的心电图数据便会通过蓝牙传输到智能手机应用程序中,云服务平台会采用独特的算法实时分析数据,供医生、护士检查和诊断,提供监测报告。Piotrowicz 等^[26]使用基于家庭的远程监控心脏康复系统 EHO3,该系统为每例患者预先设定了训练课程,患者在进行运动训练时可佩戴 EHO3 所包括的微型设备来记录心电图数据,还可在运动训练开始前、结束后或任何时候,如出现心悸、胸痛等症状时将心电图数据上传至监测中心,监测中心的医生、护士会对数据进行分析,达到判断与反馈该患者有无运动训练禁忌和评估特定患者康复计划安全性、有效性和准确性的目的。Middison 等^[27]应用 REMOTE-CR 平台对冠心病患者进行远程心脏康复监测和指导,在运动训练过程中由可记录心率、呼吸频率及单导联心电图的可穿戴传感器将生理数据通过 4G 或 Wifi 上传至网络应用程序,患者可通过耳机接收运动心脏康复专家实时的个性化音频指导、反馈和社会支持,并在需要时作出回应。由可穿戴设备引领的远程心脏康复计划在临床实践中可以作为现有康复服务的补充,其能够通过增加心脏康复覆盖范围、克服可获得性障碍,并满足患者独特偏好来提高总体利用率。我国护理人员应借鉴国外先进经验并借助日益强大的移动技术,大力研发更具成本效益,更加灵活、交互性强且内容更丰富的远程心脏康复监测系统,使家庭心脏康复运动更具有专业指导性,并惠及更多需要心脏康复的患者。

3.4 监测心电活动,保障家庭心脏康复运动安全性

心血管疾病患者在心脏康复过程中可能出现心律失常或心肌缺血等意外事件,如何有效地监测患者心电情况,防止运动训练时不良心血管事件的发生至关重要。可穿戴设备具有提供关键监测的潜力^[28],且易于穿戴、操作与维护^[29],其可预防和治疗心血管不良事件,保障家庭心脏康复运动的安全性。Li 等^[15]

使用的远程心电监测系统可以检测出有风险的心律失常,并为患者和监测中心的医护人员提供早期预警,可以使家庭心脏康复患者克服恐惧、坚持运动。Klein 等^[30]研发的可穿戴式心脏复律除颤器 LifeVest 4000,可以使用胸衣将长期心电图监测系统与自动体外除颤仪结合在一起。当 LifeVest 4000 检测到危及生命的心律失常,如室性心动过速或心室颤动时便会启动一系列警报并进行电击除颤,其用于监测家庭心脏康复患者运动过程的心电活动,防治紧急情况是安全有效的。余滨宾等^[13]采用的可穿戴式设备 uCare RG10 动态心电记录仪,可以实时记录并监控家庭心脏康复患者的心电活动,当患者出现心率过慢或过快、严重心律失常、心肌缺血性改变或跌倒时,记录仪便会发出语音警报,并将异常心电情况通过短信方式发送给患者亲属,从而保证患者在心血管意外发生时能够得到及时诊治。这些可穿戴设备在保障安全方面起到了举足轻重的作用,但为了确保佩戴依从性,康复护士或护理人员在指导患者使用时,应考虑到持续佩戴是否舒适的问题,并注意收集患者的诉求,以研发更加小巧、便携和舒适的可穿戴设备,如将心电图监测加入生物医学衬衫中,通过穿着衬衫的舒适性来确保适当的依从性。

4 不足与展望

4.1 关注数据信息安全,保护患者隐私权益 心脏康复可穿戴设备能够存储患者信息、监测并记录心电和身体活动情况,将所获取数据通过蓝牙、互联网等媒介传输至智能手机应用程序和云平台,这样多环节的数据流动增加了隐私保护的难度。Segura Anaya 等^[31]调查发现,可穿戴设备用户高度关注隐私问题;相关指南也指出,研究人员有责任采取合理措施保护用户身份和健康信息的隐私及机密性^[32]。在未来的研发中应更加关注可穿戴设备的数据安全性,康复护士在应用可穿戴设备对心脏康复患者进行干预时应提供知情同意书,并注重培训患者的信息安全技能,指导患者加强隐私维护意识^[33]。相关护理人员也应注意统筹协调,敦促智能手机 App 和云平台等第三方运营商注重数据安全,谨防隐私泄露,保障远程监测系统安全运行。

4.2 增加行为改变技术,优化干预措施设计 行为改变技术是设计包括心脏康复等复杂卫生干预服务措施不可或缺的一部分^[34],被证实可以成功改变身体活动的行为改变技术,包括目标设定、问题解决、行动计划、行为反馈、行为自我监控、社会支持、练习和奖励等^[35]。有研究表明,可穿戴设备采用不同数量或不同组合的行为改变技术,可能会影响其改善身体活动的效果,同时行为改变技术的有效性还受个人特征的影响^[36]。因此,在未来研发应用于心脏康复领域且涉及身体活动改变的可穿戴设备时,护理人员应着重优化针对心血管疾病预防的可穿戴设备干预措施设计,康复护士也应在日常护理工作中注意患者的健康需求反馈,根据

不同目标人群采用个性化的行为改变技术,促使干预效果更加有效。

4.3 需聚焦老年群体特征,开设可穿戴设备培训课程 心脏康复作为心血管疾病的二级预防措施,其在老年群体中的应用率却尤其低^[3],而且可穿戴监测设备等数字健康技术在老年人群中也未得到充分利用^[37]。可能的原因是在这些技术的发展阶段,缺乏对解决老年人具体需求的关注^[38]。因此,在未来可穿戴设备等数字技术的设计及研发过程中,护理研究人员应聚焦老年群体运动技能、手眼协调性和处理速度下降等特征,为其设计功能更加精简、操作更加便捷,能够满足老年人喜好,增加老年人接受度和改善用户体验的可穿戴设备^[39],并开展使用可穿戴设备的培训课程,关注老年群体的使用感受,确保老年人参与其中,从而应对人口老龄化所带来的挑战。

5 小结

日渐兴起的可穿戴设备用于家庭心脏康复,能够改善心脏康复质量,促进心脏康复实施。可穿戴设备通过实现运动指导、运动记录、远程监管和危险预警功能,可提高家庭心脏康复运动的有效性、依从性、专业性和安全性,给心血管疾病患者带来了诸多益处。但目前心脏康复可穿戴设备在数据信息安全、行为改变技术应用和聚焦老年群体特征等方面存在不足,且产品研发水平、公众认知度和接纳度均参差不齐,在家庭心脏康复运动中应用可穿戴设备的干预研究也缺乏报告,故仍需进一步探索与完善。

参考文献:

- [1] 刘裕文,李庆印. 数字技术在心脏康复患者中的应用进展[J]. 中华护理杂志,2020,55(11):1728-1732.
- [2] Dalal H M, Doherty P, Taylor R S. Cardiac rehabilitation[J]. BMJ,2015,351:h5000.
- [3] Thomas R J, Beatty A L, Beckie T M, et al. Home-based cardiac rehabilitation:a scientific statement from the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation, the American Heart Association, and the American College of Cardiology[J]. Circulation,2019,140(1):e69-e89.
- [4] Kuehn B M. Pandemic intensifies push for home-based cardiac rehabilitation options[J]. Circulation,2020,142(18):1781-1782.
- [5] Tang L H, Kikkenborg Berg S, Christensen J, et al. Patients' preference for exercise setting and its influence on the health benefits gained from exercise-based cardiac rehabilitation[J]. Int J Cardiol,2017,232:33-39.
- [6] Burke L E, Ma J, Azar K M, et al. Current science on consumer use of mobile health for cardiovascular disease prevention:a scientific statement from the American Heart Association[J]. Circulation,2015,132(12):1157-1213.
- [7] Redfern J. Can older adults benefit from smart devices, wearables, and other digital health options to enhance cardiac rehabilitation[J]. Clin Geriatr Med,2019,35(4):489-497.
- [8] 樊瑜波. 可穿戴医疗/健康技术——生物医学工程的机遇和挑战[J]. 生物医学工程学杂志,2016,33(1):1.
- [9] 陈曦,陈倩,薛琳,等. 医疗可穿戴设备发展迅速面临信息

- 采集、处理、流通等挑战[J]. 世界电信, 2015(7):73-78.
- [10] Mitchell B L, Lock M J, Davison K, et al. What is the effect of aerobic exercise intensity on cardiorespiratory fitness in those undergoing cardiac rehabilitation? A systematic review with meta-analysis[J]. Br J Sports Med, 2019, 53(21):1341-1351.
- [11] Fletcher G F, Ades P A, Kligfield P, et al. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association[J]. Circulation, 2013, 128(8):873-934.
- [12] 尤炎丽,赵杰刚,张弓,等. 基于可穿戴设备监测的经皮冠状动脉介入治疗术后患者心脏康复运动指导模式的效果评价[J]. 中国康复医学杂志, 2020, 35(4):453-458.
- [13] 余滨滨,郑瑜,温华聪,等. 可穿戴式设备 uCare 与动态心电图检测的临床对比研究[J]. 中国康复医学杂志, 2017, 32(1):39-43.
- [14] Lee H, Chung H, Ko H, et al. Dedicated cardiac rehabilitation wearable sensor and its clinical potential[J]. PLoS One, 2017, 12(10):e0187108.
- [15] Li J H, Yang P, Fu D L, et al. Effects of home-based cardiac exercise rehabilitation with remote electrocardiogram monitoring in patients with chronic heart failure: a study protocol for a randomised controlled trial[J]. BMJ Open, 2019, 9(3):e023923.
- [16] Piercy K L, Troiano R P. Physical activity guidelines for Americans from the US department of health and human services[J]. Circ Cardiovasc Qual Outcomes, 2018, 11(11):e005263.
- [17] Anderson L, Sharp G A, Norton R J, et al. Home-based versus centre-based cardiac rehabilitation[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2017, 6(6):CD007130.
- [18] Janssen V, Gucht V D, Exel H V, et al. Beyond resolutions? A randomized controlled trial of a self-regulation lifestyle programme for post-cardiac rehabilitation patients[J]. Eur J Prev Cardiol, 2013, 20(3):431-441.
- [19] Patel M S, Asch D A, Volpp K G. Wearable devices as facilitators, not drivers, of health behavior change[J]. JAMA, 2015, 313(5):459-460.
- [20] Bravata D M, Smith-Spangler C, Sundaram V, et al. Using pedometers to increase physical activity and improve health: a systematic review[J]. JAMA, 2007, 298(19):2296-2304.
- [21] Laranjo L, Ding D, Heleno B, et al. Do smartphone applications and activity trackers increase physical activity in adults? Systematic review, meta-analysis and metaregression[J]. Br J Sports Med, 2021, 55(8):422-432.
- [22] Guiraud T, Granger R, Gremeaux V, et al. Telephone support oriented by accelerometric measurements enhances adherence to physical activity recommendations in noncompliant patients after a cardiac rehabilitation program[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2012, 93(12):2141-2147.
- [23] Butler L, Furber S, Phongsavan P, et al. Effects of a pedometer-based intervention on physical activity levels after cardiac rehabilitation: a randomized controlled trial[J]. J Cardiopulm Rehabil Prev, 2009, 29(2):105-114.
- [24] Frederix I, Driessche N V, Hansen D, et al. Increasing the medium-term clinical benefits of hospital-based cardiac rehabilitation by physical activity telemonitoring in coronary artery disease patients[J]. Eur J Prev Cardiol, 2015, 22(2):150-158.
- [25] 王昭昭,沈小清,何细飞,等. 微信教育结合运动手环监测在心肌梗死患者康复运动的应用[J]. 护理学杂志, 2017, 32(15):8-10.
- [26] Piotrowicz E, Zielinski T, Bodalski R, et al. Home-based tele-monitored Nordic walking training is well accepted, safe, effective and has high adherence among heart failure patients, including those with cardiovascular implantable electronic devices: a randomised controlled study[J]. Eur J Prev Cardiol, 2015, 22(11):1368-1377.
- [27] Maddison R, Rawstorn J C, Stewart R A H, et al. Effects and costs of real-time cardiac telerehabilitation: randomised controlled non-inferiority trial[J]. Heart, 2019, 105(2):122-129.
- [28] Sana F, Isselbacher E M, Singh J P, et al. Wearable devices for ambulatory cardiac monitoring: JACC state-of-the-art review[J]. J Am Coll Cardiol, 2020, 75(13):1582-1592.
- [29] Kuehn B M. Telemedicine helps cardiologists extend their reach[J]. Circulation, 2016, 134(16):1189-1191.
- [30] Klein H U, Goldenberg I, Moss A J. Risk stratification for implantable cardioverter defibrillator therapy: the role of the wearable cardioverter-defibrillator[J]. Eur Heart J, 2013, 34(29):2230-2242.
- [31] Segura Anaya L H, Alsadoon A, Costadopoulos N, et al. Ethical implications of user perceptions of wearable devices[J]. Sci Eng Ethics, 2018, 24(1):1-28.
- [32] Agarwal S, LeFevre A E, Lee J, et al. Guidelines for reporting of health interventions using mobile phones: mobile health (mHealth) evidence reporting and assessment (mERA) checklist[J]. BMJ, 2016, 352:i1174.
- [33] 何晓琳,钱庆,吴思竹,等. 健康医疗可穿戴设备数据安全与隐私研究进展[J]. 中华医学图书情报杂志, 2016, 25(10):32-37.
- [34] Duff O M, Walsh D M, Furlong B A, et al. Behavior change techniques in physical activity eHealth interventions for people with cardiovascular disease: systematic review[J]. J Med Internet Res, 2017, 19(8):e281.
- [35] Olander E K, Fletcher H, Williams S, et al. What are the most effective techniques in changing obese individuals' physical activity self-efficacy and behaviour: a systematic review and meta-analysis[J]. Int J Behav Nutr Phys Act, 2013, 10:29-43.
- [36] Davis R, Campbell R, Hildon Z, et al. Theories of behaviour and behaviour change across the social and behavioural sciences: a scoping review[J]. Health Psychol Rev, 2015, 9(3):323-344.
- [37] Krishnaswami A, Beavers C, Dorsch M P, et al. Gerontechnology for older adults with cardiovascular diseases: JACC state-of-the-art review[J]. J Am Coll Cardiol, 2020, 76(22):2650-2670.
- [38] Kim B Y, Lee J. Smart devices for older adults managing chronic disease: a scoping review[J]. JMIR Mhealth Uhealth, 2017, 5(5):e69.
- [39] 洪佳静,王颖,毛海娟,等. 智能腕表在老年护理中的应用进展[J]. 护理学杂志, 2017, 32(24):97-99.

(本文编辑 李春华)