

可穿戴设备在压力性损伤预防中的研究进展

林淑洁¹,张立秀¹,陈香萍²,朱明月¹,金磊¹,王淑婵¹,柯欢¹,韩赞¹

(1.湖州师范学院 护理学院,浙江 湖州 313000;

2.浙江大学医学院附属邵逸夫医院 护理部,浙江 杭州 310000)

压力性损伤(pressure injures, PI)是护理质量和患者安全的关键监测指标,也被列为伤害患者的五大常见因素之一,其防治受到全球关注^[1]。2019版PI预防与实践指南^[2]指出,体位变换是预防PI的重要组成部分,然而在繁忙护理实践中实施定期体位变换具有挑战性,且体位变换质量不高^[3-4]。近年来,随着云计算和人工智能等前沿技术的发展^[5],可穿戴设备应运而生,为PI预防提供了新思路。本文将可穿戴设备在PI预防中的应用现状进行综述,以期为智能时代的PI预防提供参考。

1 可穿戴设备概述

可穿戴设备是指穿戴在身体或整合到其他可穿戴物品上的便捷式设备,可在相关软件支持下对数据进行实时监测和传输,广泛应用于疾病监测、康复护理等领域^[6]。常见的穿戴方式有接触式、外接式和植入式^[7],前两者因其便捷、无创的特点目前被应用于PI预防实践。接触式通过传感器贴片直接接触人体皮肤,具有较高的灵敏度。外接式本身无法穿戴,通过外接到衣服、袜子等可穿戴物品上实现可穿戴功能,具有较高的舒适度。根据传感方式分为化学传感器、光学传感器和机电传感器。PI预防多以机电传感器为主,主要通过检测身体表面电阻、电容或者导电性等信号以监测人体健康状况。可穿戴机电传感器常见的类型有压力传感器、应变式传感器等^[7],其中压力传感器可测量局部压力;应变式传感器可测量局部皮肤温度以及患者运动变化等。根据临床实践应用的PI预防可穿戴设备监测参数可分为基于单参数监测的可穿戴设备和基于多参数监测的可穿戴设备两种类型,而多参数监测又分为基础参数监测和位置参数监测。

2 可穿戴设备在压力性损伤预防中的应用现状

2.1 基于单参数监测的PI预防可穿戴设备

压力是PI发生发展的始动因素^[2],可作为PI预防可穿戴设备的主要监测参数。Kim等^[8]开发出无线可穿

戴足跟压力监测系统,将传感设备连接在袜子上,通过无线通信技术连续监测压力信号,测量躺下时施加到足跟和脚踝的压力,预防长期卧床或佩戴假肢时发生的PI,但该设备尚处于研发阶段,其临床效果值得进一步验证。Hickle等^[9]开发了无线压力传感器贴片,持续监测压力和时间数据并无线传输至基站或智能手机,当压力持续时间过长引发组织伤害时,立即发出警报以提醒护理人员进行PI干预,但该设备仅进行了动物试验,在人体中的安全性和有效性尚未验证。Chung等^[10]开发的基于可拆卸、一次性织物的压力传感器阵列,通过放置于PI高风险区域便可快速获取压力数据并通过蓝牙传输至电子设备,但该设备存在不防水、硬件过大、无数据储存功能等问题,需进一步完善。以上单参数监测仪获取压力数据,并不能获取局部温度数据以及患者的体位变换角度、组织减压时间等,因此不能全面评估患者的体位变换需求。

2.2 基于多参数监测的PI预防可穿戴设备

2.2.1 基础参数监测

随着对PI形成机制研究的不断深入,发现PI的发生与皮肤组织缺血性损伤、微循环及代谢障碍、再灌注损伤等机制密切相关^[11]。因此,基于多参数可穿戴设备应运而生,通过对PI各危险因素(如皮肤温湿度、皮肤阻抗、压力等基础参数)的持续监测,以多角度、多维度分析PI发生风险,为PI预警提供有效支持。McNeill等^[12]研发的可穿戴式柔性传感器贴片系统,该系统将压力传感器、温湿度传感器固定于柔性基板上,具有电气性能稳定、高机械性能和高生物相容性等特点,可贴附在局部皮肤上感知皮肤温湿度、承受压力,经过算法处理监测数据,当算法检测皮肤局部发生PI的可能性超过某个预先设定阈值的概率时,基站将警报无线传输到移动端设备,如电脑或智能手机上,由此提醒患者或医护人员及时采取干预措施,如体位变换预防PI的发生。Sen等^[13]开发了无线、自主定位的多功能传感器贴片系统,可将多个传感器贴片放置在患者PI风险区域,监测局部皮肤承受压力、温度、相对湿度等参数,数据经过机器学习算法处理后通过低功耗蓝牙传输至终端设备(如智能手

【收稿日期】 2023-08-02 【修回日期】 2023-10-27
【基金项目】 浙江省医药卫生科技计划科研项目(2022KY822)
【作者简介】 林淑洁,硕士在读,护士,电话:0571-86010267
【通信作者】 陈香萍,电话:0571-86010267

机),由此提醒护理人员及时实施预防PI的干预措施。Kim等^[14]开发了无线多功能织物传感器,这种集成在简单棉织物上的可穿戴传感器质地柔软、轻薄,可直接贴附在皮肤上,测量局部皮肤抗阻、温度、压力等参数。研究将该系统用于PI的小鼠动物模型,结果表明该系统可检测早期PI的关键时间,且PI的发生与局部皮肤抗阻、温度和压力具有相关性。林坚等^[15]开发一种基于压电弹性体的PI监测传感模块,将其放置于身体经常受压部位(如枕骨、肩胛骨、手肘、骶骨和足跟处)进行压力、温湿度参数采集,通过Wifi将数据上传云平台,并在QT开发框架开发的软件中进行实时显示和保存,医护人员和患者及其家属就可实时了解患者受压部位的情况,可降低PI发生率和减轻护理人员工作量。以上研究大多监测的是PI发生的基础参数,能够从多方面检测PI发生的危险因素,从而提高PI预测能力,但尚未大规模应用于临床,其预警效果值得进一步验证。

2.2.2 位置参数监测 位置参数主要通过监测患者体位变换过程(如体位变换角度、方向、时间等参数)以此来制订个性化体位变换策略。美国LEAF医疗公司开发了可穿戴式位置监测系统,该系统贴附于患者的胸骨区域,可评估患者在三维空间内的相对位置并提供视觉反馈以促进最佳体位变换策略^[3]。该系统设定3项位置参数:有效体位变换为角度达 20° 以上、至少有15 min组织减压时间以及保持每2 h体位频率。当传感器记录到翻身角度达 20° 并保持1 min以上即被归于已完成翻身,否则为无效体位变换。当传感器记录到无效体位变换时可将位置数据无线传送至手机、电脑等终端,通过显示患者实时位置和时长信息来提醒护士为患者进行体位变换。Pickham等^[3]在重症监护室开展的一项随机对照研究($n=1312$),干预组和对照组均佩戴LEAF穿戴式三维位置监测系统并接受标准PI预防护理,对照组记录位置数据但不进行数据反馈,干预组则将数据反馈至医护人员电脑;研究结果显示,干预组PI发生明显减少,并且两组的体位变换依从性总时间具有明显差异。同样采用LEAF穿戴式位置监测系统,Turmell等^[16]对54名有PI发生风险的重症监护室患者(Braden量表评分 ≤ 18)开展了为期3个月的连续性前后对照研究,结果显示,相比于护士不明确研究过程且不予数据反馈和视觉提示的对照组,干预组体位变换依从率明显增加,且平均体位变换时间间隔明显缩短;同时调查显示干预组的团队合作能力有所改善,这表明可穿戴设备提供的视觉反馈可提高工作效率及团队合作意识。

Bayram等^[17]设计了一款3D打印外壳内置加速度传感器和陀螺仪的可穿戴位置监测系统。该系统可穿戴在身体不同解剖区域(如胸骨、左右肩峰、距骨上方、髌骨下方),相比于仅穿戴在胸骨部位的位置监测系统,该系统使用体位不限,监测范围广泛,并且经济成本较低。但该研究仅对仿真模拟人进行试验,临床应用效果有待验证。可穿戴患者位置监测系统大多为接触式可穿戴设备,对于材料的选择有着极高的要求,且有皮肤过敏和增加PI发生的风险,为增加患者舒适度和减少医疗成本,Minteer等^[18]研制了可重复使用的、低成本的外接式可穿戴患者三维位置监测系统。该系统可附在专用病员服上,减少与皮肤直接接触从而增加舒适度,并能与临床电子病历相关联,自动、客观监测患者实时体位,从而提示护理人员为患者提供最佳体位变换。该系统由微处理器和多种传感器构成,包括加速度计传感器、陀螺仪、磁力计、光传感器等,可用于测量患者加速度、角度、方向等位置参数。该研究对10名活动受限的受试者进行5个月的临床试验,在受试者病房放置摄像机,以捕获实际体位变换情况,并与外接式可穿戴位置监测系统检测到的数据进行对比。研究表明,该系统能成功捕获患者体位变换情况,检测准确率高。但该研究为小样本临床试验,设备性能需进行进一步完善。因此,监测位置参数可以直观反映患者体位变化情况,有助于保证体位变换质量,提高体位变换依从性,缩短体位变换间隔时间,促进PI预防,从而降低PI发生风险。但是位置参数易受医疗操作、患者活动等影响,其监测准确性有待提高。

3 局限性与研发展望

3.1 优化可穿戴设备产品设计 可穿戴设备日新月异,但在临床应用过程中存在局限性,其监测数据精准度、佩戴舒适度需要进一步优化和完善。首先,采用运动传感器监测的可穿戴设备在转运过程中或频繁进行护理操作时容易受到干扰,应根据患者不同状态改进信号识别和算法的设计,自动识别干扰,以提高监测的准确性。其次,可穿戴设备通过与皮肤直接接触来提高传感信噪比^[14],材料设计及选择应具有机械和化学稳定性,避免对人体造成危害甚至增加PI发生风险。目前,具有亲肤、透气、适应人体结构与形态变化特点的织物传感器在可穿戴设备领域显示出独特优势^[19],相较于传统刚性传感器更适用PI,未来研究可考虑研发柔性电子集成伤口敷料,使得PI预防可穿戴设备不仅能够实时监测、早期警示,还可发挥治疗作用。

3.2 集成化PI预防可穿戴设备 受限于佩戴方式

和位置,目前商售或已研发的可穿戴设备仅能获取某一种或几种信号,然而PI的发生机制复杂,需考虑多方面因素,未来研究可设计功能集成化的可穿戴设备,能够同时获取压力、温湿度、体位变换角度、组织减压时间等多维度客观数据,通过数据和图像信息的识别,为有PI风险患者的预防护理实践提供更为精准的信息^[20],以利于制订个性化体位变换策略。

3.3 构建基于可穿戴设备的智能化数据库 可穿戴设备的数据采集、分析、反馈模式能够显著降低潜在疾病发生。未来研究可构建基于可穿戴设备的智能化数据库,将可穿戴设备采集的多维度数据与电子病历中的信息对接融合,通过机器学习技术来建立PI风险预测模型,提高预测效能,推动PI管理由“制度管理”向“数据管理”转变^[21]。此外,将可穿戴设备获取的包括PI预防参数在内的各种健康数据上传至大数据库,实现各数据互通共享。从医疗用户角度,可实现个人的健康实时监控与提示,可提高患者依从性及健康管理积极性;从医疗机构角度,可动态监护住院患者病情,减轻医护人员工作负担,实现医疗资源合理配置,推进优质医疗服务。

4 小结

可穿戴设备能够多维度、多参数预警PI,为护理人员体位变换实践提供更为客观的数据支撑,同时也可助力远程医疗,推进互联网+护理服务,从而减少PI的发生,有助于实现优质化护理。但PI预防可穿戴设备作为新兴技术,未来需要更多大样本、多中心研究,可穿戴设备是否可应用于多种临床环境(如医院、养老机构、社区),以及在应用过程中如何提高数据准确性、减少人为因素造成的偏倚是今后研究的方向。

【关键词】 可穿戴设备;压力性损伤;体位变换;预防

doi:10.3969/j.issn.2097-1826.2023.12.023

【中图分类号】 R472 【文献标识码】 A

【文章编号】 2097-1826(2023)12-0093-03

【参考文献】

[1] DE ALMEIDA MEDEIROS A B, DA CONCEIÇÃO DIAS FERNANDES M I, DE SÁ TINÓCO J D, et al. Predictors of pressure ulcer risk in adult intensive care patients: a retrospective case-control study[J]. *Intensive Crit Care Nurs*, 2018(45): 6-10.

[2] KOTTNER J, CUDDIGAN J, CARVILLE K, et al. Prevention and treatment of pressure ulcers/injuries: the protocol for the second update of the international clinical practice guideline 2019 [J]. *J Tissue Viability*, 2019, 28(2): 51-58.

[3] PICKHAM D, BERTE N, PIHULIC M, et al. Effect of a wearable patient sensor on care delivery for preventing pressure injuries in acutely ill adults: a pragmatic randomized clinical trial (LS-HAP I study)[J]. *Int J Nurs Stud*, 2018(80): 12-19.

[4] PICKHAM D, PIHULIC M, VALDEZ A, et al. Pressure injury prevention practices in the intensive care unit: real-world data captured

by a wearable patient sensor[J]. *Wounds*, 2018, 30(8): 229-234.

[5] 杨鑫鑫,郭清,王晓迪,等.近十年我国可穿戴设备在健康管理领域的研究现状及发展趋势[J]. *中国全科医学*, 2023, 26(12): 1513-1519.

[6] 刘丰,韩京龙,齐骥,等.智能可穿戴设备的研究和应用进展[J]. *分析化学*, 2021, 49(2): 159-171.

[7] 王瑞,吕蓉,梁涛.可穿戴设备在疾病管理中的应用进展[J]. *中华护理杂志*, 2018, 53(1): 114-116.

[8] KIM K, CHOI J, JEONG Y, et al. Highly sensitive and wearable liquid metal-based pressure sensor for health monitoring applications: integration of a 3D-printed microbump array with the microchannel [J/OL]. [2023-07-21]. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adhm.201900978>. DOI: 10.1002/adhm.201900978.

[9] HICKLE K, SLAMIN R, BAEZ A, et al. Wireless pressure ulcer sensor: validation in an animal model[J]. *Ann Plast Surg*, 2019, 82(4S Suppl 3): S215-S221.

[10] CHUNG P, ROWE A, ETEMADI M, et al. Fabric-based pressure sensor array for decubitus ulcer monitoring[J/OL]. [2023-07-21]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4606918/>. DOI: 10.1109/EMBC.2013.6611045.

[11] STERNAL D, WILCZYNSKI K, SZEWIECZEK J. Pressure ulcers in palliative ward patients: hyponatremia and low blood pressure as indicators of risk[J]. *Clin Interv Aging*, 2016(12): 37-44.

[12] MCNEILL J, SEN D, MENDELSON Y, et al. Wearable wireless sensor patch for continuous monitoring of skin temperature, pressure, and relative humidity[J/OL]. [2023-07-21]. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8050898>. DOI: 10.1109/ISCAS.2017.8050898.

[13] SEN D, MCNEILL J, MENDELSON Y, et al. A new vision for preventing pressure ulcers: wearable wireless devices could help solve a common and serious problem[J]. *IEEE Pulse*, 2018, 9(6): 28-31.

[14] KIM S R, LEE S, KIM J, et al. A fabric-based multifunctional sensor for the early detection of skin decubitus ulcers[J/OL]. [2023-07-21]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956566322005954?via%3Dihub>. DOI: 10.1016/j.bios.2022.114555.

[15] 林坚.基于压电弹性体的可穿戴压力性损伤监测系统的研究[D].广州:华南理工大学, 2022.

[16] TURMELL M, COOLEY A, YAP T L, et al. Improving pressure injury prevention by using wearable sensors to cue critical care patient repositioning[J]. *Am J Crit Care*, 2022, 31(4): 295-305.

[17] BAYRAM M B, KAYKAYOGLU C A. Evaluation of the optimum positioning for a multi-use and wearable pressure ulcer sensor[J/OL]. [2023-07-21]. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9871428>. DOI: 10.1109/EMBC48229.2022.9871428.

[18] MINTEER D M, SIMON P, TAYLOR D P, et al. Pressure ulcer monitoring platform—a prospective, human subject clinical study to validate patient repositioning monitoring device to prevent pressure ulcers[J]. *Adv Wound Care (New Rochelle)*, 2020, 9(1): 28-33.

[19] 张朋莉,刘皓,王探宇.织物基柔性传感器的研究进展[J]. *针织工业*, 2022(12): 81-85.

[20] 章洁,皮红英,霍春暖,等.体位检测装置的研制[J]. *医疗卫生装备*, 2020, 41(10): 105-108.

[21] 李萍,史婷奇,陆瑶,等.护士长决策护理质量指标管理系统的构建[J]. *中华护理杂志*, 2019, 54(10): 1540-1545.