

可穿戴设备在中医药健康管理中的应用与展望*

郑思思¹, 郭华玲², 张夏天³, 王俊文^{4, 5**}

(1. 北京中医药大学第三临床医学院 北京 100029; 2. 中北大学电器与控制工程学院 太原 030051; 3. 英国南安普顿大学社会科学院数学系 英国 SO17 1BJ; 4. 中国中医科学院中医药信息研究所 北京 100700; 5. 中国中医科学院中医基础理论研究所 北京 100700)

摘要: 中医药健康管理主要体现在“治未病”思想上。本文通过在“治未病”三个层次: 未病先防、既病防变、病后康复综述可穿戴设备的应用情况, 并提倡加强既病防变及病后康复方面的研究, 以更好地进行中医健康管理。

关键词: 可穿戴设备 健康管理 柔性传感器 中医 治未病

doi: 10.11842/wst.20181202001 中图分类号: R33 文献标识码: A

中医药提倡“治未病”, 与源自于美国的健康管理(population health management, PHM)^[1]颇为一致, “是一种持续的、积极的、讲究成本效益比的预防策略。它通过采用健康促进、风险因素管理、需求管理、疾病管理和残疾管理等策略对个人、社会团体、亚人群或全人群进行健康风险评估和健康干预, 从而改善人群健康状况, 提高个人卫生服务利用率, 减少和控制疾病经济负担”^[2]。2001年我国第一家健康管理公司成立^[2], 近年来越发受到重视, 中华医学会健康管理学分会提出的概念是: “以现代健康概念(生理、心理和社会适应能力)和新的医学模式(生理—心理—社会)以及中医治未病为指导, 通过采用现代医学和现代管理学的理论、技术、方法和手段, 对个体或群体的整体健康状况及其影响健康的危险因素进行全面检测、评估、有效干预与连续跟踪服务的医学行为及过程。其目的是以最小的投入获取最大的健康效益”^[4]。二者定义都涉及到健康的概念, 以及提倡监测、评估、干预与随访, 并且需要考虑到一定的经济效应, 其中较为

重要的环节即是亚健康状态的监测。

现有多种中医药健康管理模式, 如KY3H模式^[5-6], 心身整合健康模式^[7], “多环节切入+状态调整+线性干预”的“治未病”新模式^[8]及中西医结合管理干预新模式^[9-10]等, 几种模式各有优劣, 但基本上都是基于“治未病”思想上的具体延续。这些健康管理模式, 大多是在体检或患者来院就诊时进行, 具有一定的偶然性, 同时, 病情以患者或来访者叙述为主, 往往具有主观性, 同时, 患者因缺乏一定的医学知识, 往往容易表述不清, 对于医生的经验性要求较高, 且虽有家庭医生存在, 仍不可能时时监测具体的情况。而随着信息技术的发展, 通过可穿戴设备监测社区人员的身心健康状况, 可以为健康管理提供持续客观的数据, 更有利于掌握社区人员的具体健康状况, 从而提供个性化的健康指导, 有助于健康管理。

可穿戴设备常以用柔性材料制作而成的柔性智能传感器作为核心检测源, 对人体的基本生理参数、能耗、体位、运动状态等进行监测, 并逐步向智能化、

收稿日期: 2018-12-02

修回日期: 2019-10-10

* 国家自然科学基金委员会青年基金项目(81503501): 基于项目反应理论和混合值差度量的中医个体化诊疗疗效评价方法研究, 负责人: 王俊文; 中国中医科学院基本科研业务费自主选题项目(ZZ120302): 老年智能健康数据采集技术研究, 负责人: 王俊文; 北京市自然科学基金委员会项目(7192140): 基于便携式设备的多源四诊信息采集及融合模型, 负责人: 王俊文; 中国中医科学院优秀青年科技人才(传承类)培养专项(ZZ13-YQ-110): 仪器测量信号的中医理论匹配方法研究, 负责人: 王俊文。

** 通讯作者: 王俊文, 副研究员, 主要研究方向: 中医健康管理、智能设备与大数据。

微型化、穿戴舒适、贴合度高的方向发展。在健康医疗、环境监测等方面发挥着越来越重要的作用。现就可穿戴设备在中医健康管理中的应用情况从中医“未病先防,既病防变,病后康复”三个方面综述如下。

1 未病先防

未病先防思想主要包括未病防病及欲病先治两个方面。

1.1 未病防病

未病防病指的是在疾病未形成之前,针对可能的病因或危险因素,采取针对性预防措施,主要提倡以养生为主。《素问·上古天真论》提倡:“法于阴阳,和于术数,饮食有节,起居有常,不妄作劳”。主要可以概括为运动、饮食、作息方面。

运动方面,多项研究集中于监测老年人日常生活状态(activities of daily living, ADL)以评估老年人的活动可行性,如 Mathie 等^[11]使用加速度计, Sazonov 等^[12]使用鞋内压力和加速度传感器系统,对坐、立、行走等活动进行分类,甚至可以检测是否同时进行手臂伸展动作。Guan 等^[13]利用可穿戴柔性传感器识别老年人的动作,实现运动能力的评估和预防。对于非老年人而言,运动时控制体重是非常重要的指标,而 BMI 超标是多项慢性疾病的危险因素,故而对肥胖人员进行监测十分必要。现已有对肥胖儿童的体力活动、心率以及评估活动量是否达标的监测^[14],还有其他各种对于肥胖人群的监测^[15-16]。

饮食方面,当荤素均匀,而对具体营养物质的监测尚较为困难,现有监测主要是针对酒精^[17]。《柳叶刀》的一项研究显示,大约 3% 的痴呆病例酒精可归因于酒精相关的脑损伤;近 5% 的病例存在其他酒精使用障碍,这项研究结果表明,酒精使用障碍所致的痴呆比之前所认为的要严重的多,酒精具有一定的成瘾性,故而对酒精进行监测十分必要^[18]。

作息方面,作为劳作,息为休息,现阶段监测睡眠活动可穿戴设备较多。各有优劣。有学者对三种可穿戴设备监测结果进行了比较,显示与总体睡眠时间相当的跟踪器 Jawbone UP3 和 Fitbit Charge 心率(效应量分别为 0.09 和 0.23)。SenseWear 袖标, Garmin Vivomart 和 Jawbone UP3(效应量分别为 0.09, 0.16 和 0.07)可以看出床与时间的最大对应关系^[19]。一些可穿戴追踪器比以前的睡眠研究级装置更接近于自我

报告的睡眠结果,这些追踪器为追踪健康人群的睡眠提供了一种低成本的替代方案。亦有学者开发了消费级可穿戴设备的手机 APP 开源框架,并成功记录了整夜睡眠,足以检测身体运动、心率、打鼾和亮度(brightness),并且得到了专业医疗人员的认可^[20]。

对于老人,还需要注意安全监测,尤其是监测老年人摔倒情况^[21-22],利用 Zig Bee 通信技术,发现摔倒并且迅速联系医护人员^[23]。配合现在的智能手机技术,让跌倒检测更加方便。如 Yavuz^[24]基于 Android 系统开发的先进的信号处理技术,进行高精度监测,并可借助谷歌地图定位,利用通讯工具向护理人员或家庭成员发送跌倒和位置的提醒信息。

1.2 欲病先治

欲病先治,主要是在疾病早期症状较少且又较轻的阶段,如《素问·刺热论》所言“病虽未发,见赤色者刺之,名曰治未病”,即“刺其未盛者”(《灵枢·顺逆篇》),还有如《千金要方》所言:“凡人有不少苦似不如平常,即须早道,弱隐忍不治,希望自差,须臾之间,以成痼疾。”指的是疾病早期发现,只有初期症状,而无明显体征之时,与现代之“亚健康”颇为相似,提倡“消未起之患,治未病之疾,医之于无事之前。”

亚健康状态时,无明显病理性体征,主要是心理健康的监测。现阶段主要通过眼动追踪^[25]、呼吸、脉搏、心电图及智能手机上的社交行为等^[26-27]进行监测。近期 Max-Marcel Theilig 等^[28]提出一个应用框架,较为全面地概括了心理健康监测情况。图 1 为根据其论文所翻译的框架图。值得高兴的是,现阶段研究已开始注重既保护隐私,又能够进行自动评估,如 Yang 等^[29]设计程序自动分析音频而不保留音频数据以保护患者隐私。

疾病早期发现方面,仅通过可穿戴设备较为困难,现主要集中在痴呆症方面的监测。痴呆症主要为认知功能受损,现主要是监测识别轻度认知障碍,多采用远程监测。使用计算机软件,如游戏进行早期的认知障碍监测^[30],主要通过评估监控整个游戏中设计重大战略规划任务的自然表现,以及使用鼠标移动间的数据对用户思考过程建模等,还有诸如直接进行量表或者任务评测的方法,此类技术较为成熟,科研临床均有应用,但是在可穿戴设备方面,欠缺较为直接的方式进行评估认知水平,现阶段的方法如睡眠监测,使用被动红外技术和床压传感器^[31];为了做到不引

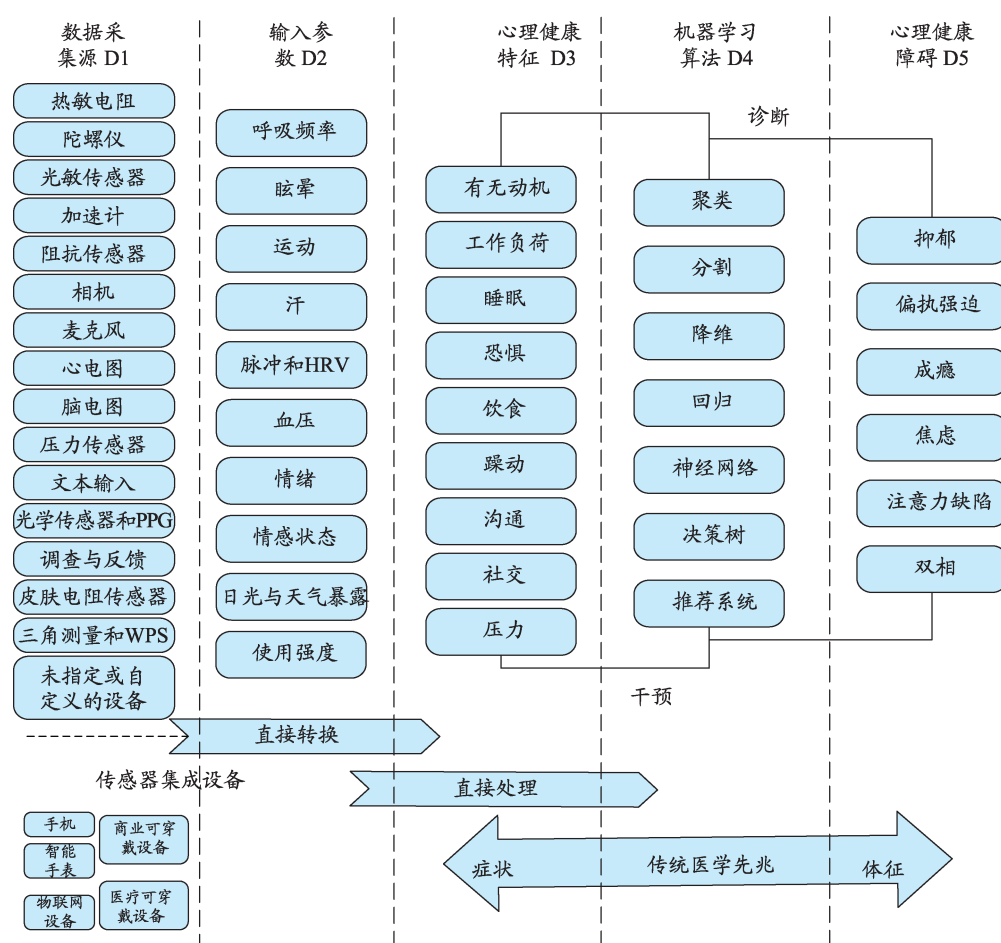


图1 心理健康可穿戴设备框架图(引自[28])

起人注意而收集数据,可以使用分布式红外和接触传感器^[32]进行家庭活动情况监测。

2 既病防变

既病防变指的是在疾病状态时要进行早期治疗,防止疾病转变殃及其他未病脏腑或危及生命。如《黄帝内经八十一难》“见肝之病,则知肝当传脾,故先实其脾,故先实其脾,无令得受肝之邪,故曰治未病”。主要是强调早期治疗。

早期治疗方面,可穿戴设备能发挥的作用十分有限,有针对帕金森病之特殊步态(freezing of gait, FOG),Bachlin等^[33]通过为患者提供节奏型听觉信号,在检测到FOG时刺激患者恢复。在临床评估上,麻省理工学院媒体实验室开发的用于测量三维加速度、心电图、肌电图和皮肤电导率的系统,可评估监测帕金森病症状和检测癫痫发作^[34]。

亦有针对心梗后使用的可穿戴除颤器,对于心梗

患者心律失常猝死率极高,尤其是低射血分数的,植入式心律转复除颤器在心梗后40-90天是禁忌的,可穿戴式心律转复除颤器是一个研究热门,但是尚未发现较好的临床试验证明其有效性,反而有一个样本量为2 302人的随机对照研究显示^[35],较之对照组,可穿戴式除颤器并没有显著降低死亡率,可见其仍需要进一步研究。

因可穿戴设备的特性,可以通过保护措施以达到防变的作用。对于运动障碍的人,比一般老人需要更加具体的监测,如很多系统已经^[36-37]通过利用气囊技术开发,来预防跌倒相关的伤害。主要是通过可穿戴加速度计和陀螺仪检测到跌倒,并同时触发安全气囊的膨胀。

从广义上讲,既病防变还包括监测疾病进展情况,实现恶化的早期监测,如慢性阻塞性非疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)。对于COPD患者,临床管理主要目标是控制其病情发展,即

实现恶化的早期检测。现阶段可穿戴设备比较接近实现早期检测恶化监测主要是通过监测 COPD 患者体力活动的水平进行评估,并且默认活动水平降低作为恶化的指标。

现主要通过三轴加速传感器(triaxial movement sensor)、使用较多的是美国 Reinning 公司所研发的一 the Tritrac R3D,该传感器分别记录了 x 轴(前后方向, anteroposterior), y 轴(垂直方向, vertical), z 轴(内外方向, mediolateral)等三轴向量数据,计算最大向量(vector magnitude units),转换成每单位实践之净活能量,从而实现对患者活动水平的监测。早在 2000 年, Steele 等^[38]使用三轴运动传感器,该试验共有 47 位 COPD 患者(44 位男性,3 位女性)进行测量,使用组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC),结果显示具有较好的信度,且稳定性较好;2001 年, Belza 等^[39]做了类似的试验(样本量为 63 人),亦得出相似结论。而 2009 年即有学者开发出一种基于使用单个单元记录的数据对患者活动水平按照分钟进行分析的算法,从而实现长期、高分辨率活动监测,该课题组测量了 22 名受试者 14 天的数据,结果显示能促进监测较长活动估计精度^[40]。该课题组亦研发了相关算法能监测患者是否佩戴该设备,从而实现更好的数据处理与监测;值得一提的是,其试验研究显示在对患者监测的前几天倾向于增加他们的活动水平,即对于定期监测情况,当考虑到患者心理因素对数据结果的影响时,进行一定的校正。

虽三轴加速传感器重量仅 168 g,大小如扑克牌,但是大多佩戴在腰间,仍可能造成一定的不适感,而此容易让佩戴者的监测数据受心理影响,从而增加其活动量,故有学者使用耳戴式传感器,并且通过使用机器学习算法,能够从单个耳戴式传感器中识别出几种不同类型的身体活动和这些活动的强度,其试验共有 9 名患者[年龄在 (63 ± 9.8) 岁, FEV_1 为 $(34.73 \pm 10.78)\%$ 预测],结果显示该算法能够较为成功预测其活动水平;并且患者无明显佩戴不适感,亦为监测提供了很好的开端^[41]。

随着传感器水平的发展,有多位学者提出增加生理传感器,从而同时识别活动类型及活动强度,如增加皮肤电反应,皮肤温度等参数^[42],从而测算更为精确

的能量消耗;亦有提倡增加如心率、呼吸、氧饱和度等^[43]参数,从而进行更全面的状态监测。

3 病后防复

病后防复,原意多指瘥后防复,但是对于大多慢性病,很难有完全意义上的“瘥”,现多用于病后康复。

南加州大学康复工程研究中心通过 VR 游戏来改善康复人员的运动技能,主要包括伸展、增强手部功能和走路^[44]。有医疗集团借助无限医疗监测系统,由中风康复训练师通过上传一系列运动训练给患者,并通过监测系统收集的生理和运动数据,分析数据与个人运动目标的偏差,从而得到训练反馈^[45]。

Giansatnti 等^[46]将可穿戴设备用于帕金森患者的计步, Aziz 等^[47]所设计的设备可以检测腹部手术后患者的恢复情况。有监测患者的心电图、血氧、肺音等改善慢阻肺疗效及乳腺癌化疗效果^[48],亦有心衰^[49]方面的康复。

现阶段可穿戴设备的主要发展目标在于促进家庭康复干预措施的实施,并且能够使价格合理、易于部署和维护,现阶段主要用于对运动技能的康复并可提供一定的反馈,从而实现更好的康复训练。

4 总结

随着新材料、新制造工艺的出现,柔性智能传感器使可穿戴设备更能满足人体实时信息的采集,并可应用于中医健康管理的各个方面,治未病的思想可以借助可穿戴设备更好地发挥。

不过,现阶段的可穿戴设备大多还是在于监测,主要是对一些客观参数,如心率、血氧、活动度等的监测,且大多是对老年病的监测,尤其是在痴呆方面,从运动饮食调控,到早期监测,到防护及康复均有相应的可穿戴设备。但仍欠缺对认知直接检测相关的可穿戴设备,此方面仍有待传感器的发展。

现阶段可穿戴设备的应用大多属于未病先防范畴,对于既病防变及病后防复方面,仍有待进一步研究,且单纯的中医可穿戴设备,如脉诊、舌诊方面并没有很好的消费级设备,大多仍在于各大实验室中,希望在未来能够有新的突破。

参考文献

- 1 黄振鑫, 张瑛. 国内外健康管理研究进展. 中国公共卫生管理, 2012, 28(3): 254-256.
- 2 吴之杰, 郭清. 大数据时代我国健康管理产业发展策略研究. 卫生经济研究, 2014(6): 14-16.
- 3 Chapman LS, Pelletier KR. Population health management as a strategy for creation of optimal healing environments in worksite and corporate settings. *J Altern Complement Med*, 2004, 10(1): 127-140.
- 4 中华健康管理学杂志编委会中华医学会健康管理学分会. 健康管理概念与学科体系的中国专家初步共识. 中华健康管理学杂志, 2009, 3(3): 141-147.
- 5 田文华, 陈立典, 高志刚, 等. KY3H 健康保障服务模式的建构. 世界科学技术-中医药现代化, 2017, 19(10): 1593-1600.
- 6 张勤海, 徐灶姆, 何永平, 等. 中医特色健康保障服务模式(KY3H 模式)防治中风的临床研究. 中国医学创新, 2010, 7(22): 61-63.
- 7 石建, 鲁新华. 中医治未病“心身整合健康管理模式”的探讨. 中国中医药现代远程教育, 2012, 10(7): 143-144.
- 8 倪红梅, 程羽, 郭盈盈, 等. 治未病思想与中医健康管理模式研究探索. 南京中医药大学学报(社会科学版), 2013, 14(1): 16-18.
- 9 陈宪泽. 基于“治未病”理论的健康管理模式研究. 广西中医药大学学报, 2012, 15(3): 121-123.
- 10 莫铁晖, 许友慧, 陈明达. 以中医治未病思想为核心的健康管理模式初探. 中国社区医师, 2015(4): 155-157.
- 11 Mathie MJ, Coster AC, Lovell NH, *et al.* A pilot study of long-term monitoring of human movements in the home using accelerometry. *J Telemed Telecare*, 2004, 10(3): 144-151.
- 12 Sazonov ES, Fulk G, Sazonova N, *et al.* Automatic recognition of postures and activities in stroke patients. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2009, 2009: 2200-2203.
- 13 Guan D, Ma T, Yuan W, *et al.* Review of sensor-based activity recognition systems. *IETE Tech Rev*, 2014; 28(5): 418.
- 14 Lee J M, Byun W, Keill A, *et al.* Comparison of wearable trackers' ability to estimate sleep. *Int J Environ Res Public Health*, 2018, 15(6): E1265.
- 15 Amft O, Troster G. Recognition of dietary activity events using on-body sensors. *Artif Intell Med* 2008, 42(2): 121-136.
- 16 Benedetti MG, Di Gioia A, Conti L, *et al.* Physical activity monitoring in obese people in the real life environment. *J Neuroeng Rehabil* 2009, 6: 47.
- 17 Wang Y, Fridberg DJ, Leeman RF, *et al.* Wrist-worn alcohol biosensors: strengths, limitations, and future directions. *Alcohol*, 2018. DOI: 10.1016/j.alcohol.2018.08.013
- 18 Schwarzwinger M, Pollock BG, Hasan OSM, *et al.* Contribution of alcohol use disorders to the burden of dementia in France 2008-13: a nationwide retrospective cohort study. *Lancet Public Health*, 2018, 3(3): e124-e132.
- 19 Xia Y, Wu Y, Zhang B, *et al.* Wireless falling detection system based on community. *J Nanosci Nanotechnol*, 2015, 15(6): 4367-4372.
- 20 Burgdorf A, Güthe I, Jovanovic M, *et al.* The mobile sleep lab app: An open-source framework for mobile sleep assessment based on consumer-grade wearable devices. *Comput Biol Med*, 2018, 103: 8-16.
- 21 Huang C, Chan C. A ZigBee-based location-aware fall detection system for improving elderly telecare. *Int J Environ Res Public Health*, 2014, 11(4): 4233-4248.
- 22 Atallah L, Wiik A, Jones GG, *et al.* Validation of an ear-worn sensor for gait monitoring using a force-plate instrumented treadmill. *Gait Posture*, 2012, 35(4): 674-676.
- 23 Jimison JB, Pavel M, Pavel J, *et al.* Home monitoring of computer interactions for the early detection of dementia. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2004, 6: 4533-4536.
- 24 Yavuz G, Kocak M, Ergun G, *et al.* A smart phone based fall detector with online location support. *International Workshop on Sensing for App Phones*, 2010.
- 25 Vidal ML, Turner J, Bulling A, *et al.* Wearable eye tracking for mental health monitoring. *Comput Commun*, 2012, 35(11): 1306-1311.
- 26 Patel S, Saunders KEA. Apps and wearables in the monitoring of mental health disorders. *Brit J Hosp Med*, 2018, 79(12): 672-675.
- 27 Wang R, Chen F, Chen Z, *et al.* StudentLife: assessing mental health, academic performance and behavioral trends of college students using smartphones. *The 2014 ACM international joint conference on pervasive and ubiquitous computing*, 2014.
- 28 Theilig MM, Blankenhagel KJ, Zarnekow R. A domains oriented framework of recent machine learning applications in mobile mental health. In information systems and neuroscience. *Switzerland: Springer, Cham*, 2019.
- 29 Yang, S, Gao B, Jiang L, *et al.* IoT structured Long-term wearable social sensing for mental wellbeing. *IEEE Internet Things*, 2019, 6(2): 3652-3662.
- 30 Jimison JB, Pavel M, Pavel J, *et al.* Home monitoring of computer interactions for the early detection of dementia. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2004, 6: 4533-4536.
- 31 Haiying W, Huiru Z, Augusto JC, *et al.* Monitoring and analysis of sleep pattern for people with early dementia. *Bioinformatics and Biomedicine Workshops (BIBMW)*, 2010 IEEE International Conference on IEEE, 2010.
- 32 Hayes TL, Abendroth F, Adami A, *et al.* Unobtrusive assessment of activity patterns associated with mild cognitive impairment. *Alzheimers Dement*, 2008, 4(6): 395-405.
- 33 Bachlin M, Plotnik M, Roggen D, *et al.* Wearable assistant for Parkinson's disease patients with the freezing of gait symptom. *IEEE Trans Inf Technol Biomed*, 2009, 14(2): 436-446.
- 34 Mathie MJ, Coster AC, Lovell NH, *et al.* A pilot study of long-term monitoring of human movements in the home using accelerometry. *J Telemed Telecare*, 2004, 10(3): 144-151.
- 35 Olgin JE, Pletcher MJ, Vittinghoff E, *et al.* Wearable Cardioverter-Defibrillator after Myocardial Infarction. *N Engl J Med*, 2018, 379(13): 1205-1215.
- 36 Fukaya K, Uchida M. Protection against impact with the ground using wearable airbags. *Ind Health*, 2008, 46(1): 59-65.

- 37 Tamura T, Yoshimura T, Sekine M, *et al.* A wearable airbag to prevent fall injuries. *IEEE Trans Inf Technol Biomed*, 2009, 13(6): 910–914.
- 38 Steele BG, Holt L, Belza B, *et al.* Quantitating physical activity in COPD using a triaxial accelerometer. *Chest*, 2000, 117(5): 1359–1367.
- 39 Belza B, Steele BG, Hunziker J, *et al.* Correlates of physical activity in chronic obstructive pulmonary disease. *Nurs Res*, 2001, 50(4): 195–202.
- 40 Hecht A, Ma S, Porszasz J, *et al.* Methodology for using long-term accelerometry monitoring to describe daily activity patterns in COPD. *COPD*, 2009, 6(2): 121–129.
- 41 Atallah L, Zhang JF, Lo BPL, *et al.* Validation of an ear worn sensor for activity monitoring in COPD. In *advances in pulmonary rehabilitation*. New York: American Thoracic Society, 2010.
- 42 Patel SA, Benzo RP, Slivka WA, *et al.* Activity monitoring and energy expenditure in COPD patients: a validation study. *COPD*, 2007, 4(2): 107–112.
- 43 Wu W, Bui A, Batalin M, *et al.* MEDIC: medical embedded device for individualized care. *Artif Intell Med*, 2008, 42(2): 137–152.
- 44 Rizzo A, Requejo P, Winstein CJ, *et al.* Virtual reality applications for addressing the needs of those aging with disability. *Stud Health Technol Inform*, 2011, 163: 510–516.
- 45 Lanfermann G, Te Vrugt J, Timmermans A, *et al.* Philips stroke rehabilitation exerciser. *Technical Aids for Rehabilitation–TAR* 2007: 25–26.
- 46 Giansanti D, Maccioni G, Morelli S. An experience of health technology assessment in new models of care for subjects with Parkinson's disease by means of a new wearable device. *Telemed J E Health*, 2008, 14(5): 467–472.
- 47 Aziz O, Atallah L, Lo B, *et al.* A pervasive body sensor network for measuring postoperative recovery at home. *Surg Innov*, 2007, 14(2): 83–90.
- 48 Luo X, Liu T, Liu J, *et al.* Design and implementation of a distributed fall detection system based on wireless sensor networks. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2012, 2012: 118.
- 49 Merilahti J, Parkka J, Antila K, *et al.* Compliance and technical feasibility of long-term health monitoring with wearable and ambient technologies. *J Telemed Telecare*, 2009, 15(6): 302–309.

Application and Prospect of Wearable Devices in Health Management of Traditional Chinese Medicine

Zheng Sisi¹, Guo Hualing², Zhang Xiatian¹, Wang Junwen³

(1. Beijing University of Chinese Medicine Third Affiliated Hospital, Beijing 100029, China; 2. Electrical and Control Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China; 3. School of Mathematics Sciences, Faculty of Social Sciences, University of Southampton, United Kingdom, Southampton SO17 1BJ; 4. Institute of Information on Traditional Chinese Medicine, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China; 5. Institute of Basic Theory for Chinese Medicine, China Academy of Chinese Medicine Science, Beijing 100700, China)

Abstract: The thought of "preventive treatment of disease" embodies the idea of the health management of Traditional Chinese Medicine (TCM). This study reviewed the application of wearable devices in three aspects of "preventive treatment of disease": pre-disease prevention, pre disease exacerbating prevention, post-disease recovery, and this paper advocated research on strengthening disease prevention of exacerbation and recrudescence in order to manage health in TCM better.

Keywords: Wearable device, population health management, flexible sensor, TCM, preventive treatment of disease

(责任编辑: 闫 群, 责任译审: 钱灵姝)