

可穿戴技术在中医领域的应用前景分析

侯爱娟¹, 于长禾², 杨洋³, 何丽云^{2*}

(1. 陕西中医药大学基础医学院, 陕西省咸阳市秦都区世纪大道中段, 712046; 2. 中国中医科学院中医临床基础医学研究所; 3. 中国中医科学院西苑医院)

摘要 随着电子科技与移动互联网的迅猛发展, 可穿戴技术已广泛应用于医疗行业。结合中医理论对可穿戴技术在中医领域应用的必要性与可行性进行分析, 对可穿戴技术在中医领域的应用前景进行展望, 认为可穿戴技术在中医诊断、疗效评价、养生、治未病等方面均有较大的发展空间, 尤其是在中医四诊信息采集与传输、脏腑辨证及经络辨证等方面, 为可穿戴技术在中医领域的发展提供思路。

关键词 可穿戴技术; 中医诊断; 信息辅助诊断; 健康管理

可穿戴技术是通过信号检测和处理、信号特征提取及数据传输等功能非介入地对人体状态进行监测的技术, 具有低生理负荷、低心理负荷、可移动操作、使用简便、异常生理状况报警、支持长时间连续工作和无线数据传输等特点, 目前已广泛用于生理信息监测、医疗救护和康复治疗等与人类健康息息相关的领域^[1-2]。随着老龄化社会的来临, 患病人数多, 医疗成本高, 患病时间长和服务需求量大, 健康和医疗领域已成为可穿戴技术最具应用价值的领域。目前, 可穿戴设备在中医学领域的应用报道较少, 本文对可穿戴技术在中医领域中的应用前景进行分析, 为其在中医领域的发展提供思路。

1 可穿戴技术在现代医学领域的应用

2003 年美国堪萨斯州立大学电子与计算机工程学院医学元器件设计实验室研制出一个穿戴式、即插即用的健康监测系统^[3], 自此可穿戴技术开始真正应用于医疗行业。医疗领域的可穿戴设备形式较为多样, 如医疗腕表、手机附件等, 主要实现血压、心率等体征的检测和处理。近几年可穿戴式传感器的不断开发和利用, 已能可靠地记录运动和其他与康复相关的生理数据, 且可有效地从收集的数据中提取分析出与临床相关的信息, 使可穿戴技术在医疗行业有了更广泛的应用。

1.1 监测一般生命体征

美国医疗保健系统应用可穿戴设备和远程监测

系统远程监控偏远地区的患者或老人的生理状态, 通过各种传感器采集数据并通过无线通信技术传输到远程中心数据库, 经分析处理后若达到危险指标会自动紧急报警, 急救中心会根据定位系统跟踪的结果向患者提供紧急援助^[4]。美信公司推出的一种嵌有多种传感器并能够监测生命体征数据的 T 恤, 可测量心电图、体温及活动量等数据, 可供医疗机构连续监测患者的生命体征。

1.2 监测关节运动功能

可穿戴技术可利用加速度与肌电传感器捕捉运动及运动肌的活动模式, 监测运动肌的功能^[5], 如可以监测帕金森或中风患者的不自主运动, 对步态进行测量追踪分析, 捕捉步幅和步态特征, 对其运动功能进行测试评估。联合应用微型传感器、无线通信技术和位置服务系统及各种跌倒检测方法的可穿戴监测装置可用于远程监测老年人是否跌倒^[6]。还有研究者将导电纤维嵌入到舒适有弹性的面料内, 制成带有导电纤维传感器的裤子, 监测髋关节和膝关节的联合运动, 精确量化患者的日常关节运动, 评价残疾者或受伤患者的下肢关节功能和生活质量^[7]。

1.3 监测睡眠质量

张政波等^[8]将生命信息检测技术与可穿戴技术相结合, 设计了穿戴式呼吸感应体积描记系统 (respiratory inductive plethysmography, RIP) 并已成功应用于睡眠医学研究。与单纯采用心率变异性提取的睡眠结构信息进行睡眠分期相比, 将采用背心式 RIP 系统获得的胸、腹呼吸波加入睡眠结构分

基金项目: 国家自然科学基金 (81230086)

* 通讯作者: hely3699@163.com

析更为准确,且在呼吸用力相关性微觉醒的判别上有优势^[9-14],可用于社区和家庭环境下的睡眠呼吸事件检测与睡眠结构分析。ActiGraph 活动记录仪是一种可穿戴在身体上的智能化的电子设备,可自动识别佩戴时间和入睡时间,用以诊断睡眠错觉、睡眠中断性失眠以及生物节律紊乱,其报告的数据具有良好的信度和效度,在正常人和患者人群中都与多导睡眠监测的报告具有一致性^[15]。哈佛大学医学院的睡眠中心与交叉医学团队提出的心肺耦合分析(cardiopulmonary coupling, CPC),基于睡眠期间体表心电图评价睡眠质量与呼吸紊乱程度,将心率变异性与心电图来源的呼吸信号有机结合起来,用二者的耦联强度量化评价睡眠期间的呼吸运动,成为便携式评估睡眠的方法之一^[16-17]。郭丹等^[18]同时应用传统睡眠监测、整夜血氧监测和 CPC 监测失眠儿童的睡眠,经过比较得出 CPC 与前两者的相关性与其一致性较好,且 CPC 分析技术具备睡眠呼吸紊乱诊断的临床价值,在重度睡眠呼吸紊乱筛查、疗效评价、随访等方面优势突出。

2 可穿戴技术在中医学领域的应用展望

整体观念是中医理论体系的主要特点之一,认为人体是一个由多层次结构构成的有机整体,构成人体的各部分、各脏腑形体官窍之间,结构上不可分割,功能上相互协调、相互为用,病理上相互影响。人体的局部与整体是辩证统一的,各脏腑、经络、形体、官窍在生理与病理上是相互联系、相互影响的,“有诸内者,必形诸外”,疾病内在脏腑的病理本质都会在体表表现出来。因而在诊察疾病时,可通过观察分析形体、官窍、色脉等外在的病理表现,推测内在脏腑的病理变化,即“思外揣内”,从而作出正确诊断,为治疗提供可靠依据,如《灵枢·本藏》说“视其外应,以知其内脏,则知所病矣”。“治未病”理论是中医学的重要思想,早在《黄帝内经》就提出了“不治已病治未病”,包含未病先防、已病防变、已变防渐等多个方面的内容,贯穿在疾病发生发展的各个环节,其重点是未病先防。疾病在发生器质性病变之前就已经产生某些功能异常,以天人合一、形神一体的整体观念为指导,以人为中心,从人外在的表象和内在的精气神整体出发,利用可穿戴技术采集与人体身体健康息息相关的整体信息,观察外部异常表现,推测内脏变化,从而了解疾病发生(或即将发生)的部位、性质。结合中医藏象学说理论与经络理论,综合判断中医病证,进行整体干预,提

升人的整体功能状态,达到预防疾病的发生发展和驱除病邪以治愈疾病的目的。故可穿戴技术在中医学诊断、预防保健等方面的应用与中医整体观念不谋而合,与“思外揣内”诊断原理相互吻合,同时能更好地发挥中医“治未病”理论的优势。

中医诊断疾病多基于某一时刻的静态体征数据,即望、闻、问、切的过程,对于患者的疾病信息采集、分析多取决于医生的主观认识和经验,诊断结果容易受医师个人经验和对中医理论的理解等因素影响,导致不同的中医师的诊断结果有时会有不一致的问题,操作起来重复性差,严重阻碍中医四诊的进一步发展。随着现代医学的引进,中医四诊客观化已受到普遍重视。智能眼镜的监测分析系统中的空间显示技术已可以实现显示设备与人体分离^[19],为远程识别人体中医四诊信息提供相应的技术支持。实时数据的便利获取和积累有助于推动基于动态体征数据诊断、治疗和疗效评价的医学研究,对于病情诊断和评估意义重大,对中医诊断、疗效判断具有重要的参考价值。同时,可穿戴技术的便携性和无创性使其在预防、保健、养生、体质判断等方面的适用性更为突出,甚至可把各种症状及证候要素具体量化,使中医在信息采集方面变得更为精确客观,更有利于疾病的诊断和治疗,为其在中医临床及研究中更为广泛的应用提供了可能。

2.1 在中医四诊方面的应用

2.1.1 面诊 面部为全身经络血脉汇聚之处,面部的颜色、光泽及口唇状态等特征表现可以直接反映人体内部气血的运行状态及脏腑机能状况。图像分析技术已被应用于面诊和舌诊客观化^[20-21],面诊的图像采集已可以在开放环境下进行^[22]。蔡光先^[23]应用日本产 CP6R100IDP 型便携式色差计测量了 508 例各类疾病患者的左右颧部和额部颜色,然后计算 3 点平均值,从而得出面色测定结果,通过与人工面色判读结果的比较分析,证明该结果与临床肉眼观察结果基本一致。人脸图像分割方法和面部特征提取与分析方法都已逐渐成熟,并成功应用在临床和科研工作中,董梦青等^[24]应用上海中医药大学设计研发的中医面诊数字化检测设备采集分析了 232 例慢性乙型肝炎患者、256 例慢性肾功能衰竭患者和 128 例冠心病患者的面部信息,通过对这些患者面色分布情况的统计分析,证明不同脏腑疾病的面色及其参数的变化具有一定的规律可循,中医面诊数字化检测设备可以用于中医临床的辅助诊断。

2.1.2 舌诊 舌象的获取和分析技术已经可以精

确到舌图像的彩色校正、舌体区域分割、舌质与舌苔特征分析、舌象裂纹分析以及对齿痕轮廓线的提取与分析等,并通过临床应用证明了该技术的有效性^[25]。有研究者运用色度学、近代光学技术、数字图像处理技术以及计算机硬件技术研制出了中医舌象自动识别系统^[26-27],孙祥栋^[28]将中医舌诊、移动互联网、移动终端三者相结合,初步研制了一款基于移动终端的中医舌象数据挖掘系统,利用 MIT app inventor 2 移动软件开发了客户端软件,实现了舌图片采集、个人基本信息的采集、舌象医典界面、舌象介绍等功能,为可穿戴技术用于远端舌象采集,进行中医舌象辨证和舌象数据分析挖掘服务奠定了基础。

2.1.3 脉诊 传统脉诊医师使用手指感受桡动脉寸、关、尺三点的压力等变化进行诊断。目前的技术可将桡动脉处压力变化转化为电阻或者电容变化,或将桡动脉处皮肤形变转化为磁场变化或者液柱的高度变化,再通过一定的装置将这些变化的物理量转化为电信号并放大传入计算机,组成脉搏信号采集系统^[29]。现在除了压力脉搏信号采集系统外,还有超声及光电等脉搏信号采集系统,将采集到的脉搏信号经过去除噪声、伪峰、基线漂移等一系列的预处理,采用基于单个周期的特征提取算法或基于信号整体的特征提取算法提取出脉搏信号特征,并对提取的脉搏信号特征进行进一步的分类分析^[30],得出脉搏信号所属的中医脉型或者疾病属性,成功地模拟中医学中脉诊的原理。胡家宁等^[31]将神经网络脉搏信号模式引入弦、滑、沉脉识别,证明了采用人工神经网络识别脉搏信号的可行性。

2.2 应用于脏腑辨证及经络辨证

疾病在出现解剖学形态变化之前,患病组织及其周围会发生生理、生化及分子生物学变化,从而引起局部温度发生变化,因此,人体某些脏腑发生器质性病变或功能性变化,其所在部位的皮肤表面温度的高低及分布状况会发生显著变化,与之相关的穴位周围也会出现温度的异常升高或降低^[32],利用红外成像技术可以清晰、准确、及时地观测出体表或体内病变组织对应的体表处的温度分布变化及其幅度^[33]。石玉清^[33]运用该技术观察了 27 位青年志愿者在正常环境状态下手太阴肺经针刺前后体表温度变化情况,发现对穴位针灸之后皮温会升高,并沿经络走行出现一条高温线。另有研究观察到针刺手阳明大肠经合谷穴后,可引起受试者面部与阳明经循行部位有关区域的皮温升高,而针刺手厥阴心包经内关等穴,在面部产生的升温效应较

弱^[34]。今后可以开发一种将医用热像仪功能的热源芯片嵌入某种装置或衣服的设备,监测记录各脏腑及经络对应的皮肤温度,为中医诊断及疗效评价收集更多客观性指标。

在上述应用基础上,还可将可穿戴设备获取的舌象、面象、脉象及体表温度等信号通过手机 APP 上传到指定的医疗平台,开发合适的算法进行处理,向医生反馈有助于中医四诊和脏腑辨证及经络辨证的信息。这样医生可以随时关注与观察患者病情的变化,以便随时给出相应的医疗建议和医疗方案,又可为糖尿病、高血压病等慢性疾病患者就医途径提供多种选择。

综上所述,可穿戴技术的优点在于其便捷性、即时性和整合性,还可跟踪患者的位置,按需采集有效数据进行分析,并可以完成自动化的反馈和记录。目前可穿戴技术在医疗行业已有广泛的应用,但在中医领域中的应用较少,认为今后可穿戴技术在中医诊断、疗效评价、养生、治未病等方面均有较大的发展空间,尤其是在中医四诊信息采集与传输、脏腑辨证及经络辨证方面。但中医的诊疗过程多受个人经验及等主观因素影响,难以完全用客观化指标去衡量。此外,目前可穿戴设备检测信号的能力和精度还有待提高,从庞大数据中提取有用信息并分析处理的能力仍有欠缺。随着新型传感技术、芯片低功耗技术、信号处理技术和电池供电技术等各方面的创新,可穿戴技术会更广泛、有效地应用于中医学领域。

参考文献

- [1] 滕晓菲,张元亭. 移动医疗: 穿戴式医疗仪器的发展趋势 [J]. 中国医疗器械杂志, 2006, 30(5): 29-31.
- [2] 张金榜,吴荣春,何骞,等. 可穿戴的生理监测系统设计 [J]. 微型机与应用, 2013, 32(20): 29-31.
- [3] 刘骅. 基于可穿戴计算平台的医疗监护系统研究与开发 [D]. 西安: 西北大学, 2005: 2.
- [4] PATEL S, PARK H, BONATO P, et al. A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation [J]. J Neuroeng Rehabil, 2012, 9: 21. doi: 10.1186/1743-0003-9-21.
- [5] BONATO P. Advances in wearable technology and applications in physical medicine and rehabilitation [J]. J Neuroeng Rehabil, 2005, 2(1): 2.
- [6] WU F, ZHAO H, ZHAO Y, et al. Development of a wearable-sensor-based fall detection system [J]. Int J Telemed Appl, 2015, 16. doi: 10.1155/2015/576364.
- [7] GIBBS PT, ASADA HH. Wearable conductive fiber sensors for multi-axis human joint angle measurements [J]. J Neu-

roengineering Rehabil, 2005, 2(1) : 7.

- [9] 张政波, 俞梦孙, 赵显亮, 等. 穿戴式、多参数协同监测系统的设计 [J]. 航天医学与医学工程, 2008, 21(1) : 66-69.
- [10] SACKNER MA, WATSON H, BELSITO AS, et al. Calibration of respiratory inductive plethysmograph during natural breathing [J]. Appl Physiol, 1989, 66(1) : 410-420.
- [11] 张政波, 俞梦孙, 李若新, 等. 用背心式呼吸感应体积描记系统实现通气量无创测量 [J]. 生物医学工程研究, 2005, 24(4) : 203.
- [12] 张政波, 毕亚琼, 俞梦孙, 等. 穿戴式呼吸感应体积描记用于睡眠呼吸事件检测 [J]. 生物医学工程杂志, 2008, 25(2) : 318-322.
- [13] MASA JF, CORRAL J, MARTIN MJ, et al. Assessment of thoracoabdominal bands to detect respiratory effort-related arousal [J]. Eur Respir J, 2003, 22(4) : 661-667.
- [14] LOUBE DI, ANDRADA T, HOWARD RS. Accuracy of respiratory inductive plethysmography for the diagnosis of upper airway resistance syndrome [J]. Chest, 1999, 115(5) : 1333-1337.
- [15] KAPLAN V, ZHANG JN, RUSSI EW, et al. Detection of inspiratory flow limitation during sleep by computer assisted respiratory inductive plethysmography [J]. Eur Respir J, 2000, 15(3) : 570-578.
- [16] ACEBO C, LEBOURQEOIS MK. Actigraphy [J]. Respir Care Clin N Am, 2006, 12(1) : 23-30.
- [17] THOMAS RJ, MIETUS JE, PENG CK, et al. An electrocardiogram-based technique to assess cardiopulmonary coupling during sleep [J]. Sleep, 2005, 28(9) : 1151-1161.
- [18] THOMAS RJ, MIETUS JE, PENG CK, et al. Differentiating obstructive from central and complex sleep apnea using an automated electrocardiogram-based method [J]. Sleep, 2007, 30(12) : 1756-1769.
- [19] 郭丹, 马彦, PENG CK, 等. 心肺耦合(CPC) 分析在儿童睡眠中的应用 [J]. 世界睡眠医学杂志, 2014, 1(2) : 75-81.
- [20] 郭建. 基于智能眼镜的动态监测分析系统 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2015.
- [21] 李廷伟. 可穿戴技术在医疗健康领域的作用 [J]. 集成电路应用, 2014, 31(8) : 42.
- [22] 沈兰荪, 王爱民, 卫保国, 等. 图像分析技术在舌诊客观化中的应用 [J]. 电子学报, 2001, 29(12A) : 1762-1765.
- [23] 张红凯, 李福凤. 中医面诊信息采集与识别方法研究进展 [J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2015, 17(2) : 400-404.
- [24] 蔡光先. 508 例病理五色定量计测 [J]. 中国医药学报, 1996, 11(1) : 20-21.
- [25] 董梦青, 李福凤, 周睿, 等. 基于图像处理的不同脏腑疾病患者面部颜色特征分析 [J]. 中华中医药杂志, 2013, 28(4) : 959-963.
- [26] 姚建富. 舌诊客观化中若干图像分析技术研究 [D]. 杭州: 浙江理工大学, 2011.
- [27] 竺子民, 余兴龙, 金国藩, 等. 中医舌像自动识别系统的研究 [J]. 华中理工大学学报, 1995, 23(8) : 55-59.
- [28] 张志枫, 顾超, 王志国, 等. WZX 舌色分析系统在胃病患者舌像信息处理中的应用 [J]. 上海中医药大学学报, 2004, 18(3) : 52-55.
- [29] 孙祥栋. 基于移动终端的中医舌象数据挖掘系统研究与设计 [D]. 武汉: 江汉大学, 2015.
- [30] 王鹏. 脉搏信号获取与分析的研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2014.
- [31] 胡家宁, 阎述池. 脉象人工神经网络分析系统模型 [J]. 中国医科大学学报, 1997, 26(2) : 134-137.
- [32] 汪求精, 李铁林, 段传志, 等. 三维数字减影血管造影对颅内动脉瘤的诊断价值 [J]. 中华神经医学杂志, 2005, 4(2) : 152-154.
- [33] 丁晶, 周志尊, 李帅三. 医用红外线热成像技术的物理学原理探析 [J]. 中国医疗设备, 2010, 25(7) : 68-70.
- [34] 石玉清. 基于光电及红外技术的人体经络现象探索 [D]. 福州: 福建师范大学, 2008: 7-23.
- [35] 刘瑞庭, 庄鼎, 杨秀珍, 等. 循经感传现象客观显示的研究: 上肢经脉循行部位红外热像图的变化 [J]. 针刺研究, 1990(3) : 239-243.

Analysis of Application Prospect of Wearable Technology in Chinese Medicine Field

HOU Aijuan¹, YU Changhe², YANG Yang³, HE Liyun²

(1. Basic Medical School, Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang, 712046; 2. Institute of Basic Research in Clinical Medicine, China Academy of Chinese Medical Sciences; 3. Xiyuan Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences)

ABSTRACT With the rapid development of electronic technology and mobile internet, wearable technology has been widely used in medical industry. Combined with Chinese medicine theory, the authors analyze the necessity and feasibility of wearable technology application in Chinese medicine field, and look forward to the application prospect of wearable technology in Chinese medicine field. The authors think that wearable technology has large space for development on the aspects of Chinese medicine diagnosis, effect evaluation, health maintenance, preventive treatment of disease, etc. Especially on the aspects of Chinese medicine four diagnostic methods information acquisition and transmission, syndrome differentiation of Zang-fu viscera, and syndrome differentiation of channel theory, this article may provide ideas for the development of wearable technology.

Keywords wearable technology; Chinese medicine diagnosis; information-assisted diagnosis; health management

(收稿日期: 2016-08-30; 修回日期: 2016-12-16)

编辑: 焦爽