

心脏活动监测智能服饰的应用与发展趋势

蒋思琪, 邓咏梅*

(西安工程大学 服装与艺术设计学院, 陕西 西安 710048)

摘要:心脏活动指标作为衡量人体健康水平最关键的特征量,在可穿戴服饰中得到广泛开发和应用。介绍心脏活动监测的方式与工作原理;重点阐述心脏活动监测智能服饰在医疗监护、运动健身、日常监测方面的相关产品与应用现状;从元件柔性化与微型化、服装专业化、产品市场化、体系标准化4个方向进行展望,总结智能服饰的发展趋势。

关键词:心脏活动监测;智能服饰;电子器件;智能纤维

中图分类号:TS 941

文献标志码:A

文章编号:1673-0356(2023)04-0006-04

随着传感器技术发展以及人们生活水平的提高,可监测生理参数的智能服饰受到人们的广泛关注。其中心脏活动指标作为衡量人体健康水平最关键的特征量,在可穿戴服饰中得到广泛开发和应用。智能服饰是科技与服饰的结合体,它将电子技术、计算机技术等高新技术通过集成的智能系统融合到服装或配饰^[1](针对头、颈、腕部等人体部位进行设计的可穿戴产品)中,使得服饰品除了满足日常穿着的需要,还能通过感知监测指标的变化,对这种变化做出响应与反馈^[2],它的大部分功能由智能系统中相关的微型传感器完成。

1 心脏活动监测方式

心脏活动包括心脏电活动与机械活动,常用的监测指标包括心脏电信号、心率、心率变异性、血压等(表1),这些指标是生命体征健康评判的重要特征量。将心脏活动监测与智能服饰结合是当前可穿戴服饰发展的主流方向。目前通过服饰实现心脏活动监测的方式主要有电子器件与智能纤维两种方式。

1.1 电子器件

通过外加的电子器件装置与服饰相结合,在满足服饰穿戴需求的同时实现心脏活动监测功能。依据监测方式分类,可分为光电法、心电法、压电法(谐振法)。

光电法采用的是光电容积脉搏波描记法,该方法依赖于人体体表血液中的组织成分对不同光源的灵敏度差异进行监测。根据比尔-朗伯定律^[4],发射光的吸收取决于所使用的波长,因为各种波长的组织吸收系数不同,传感器接收光束透射或反射体表组织得到的

光信号随心脏的搏动呈现周期性变化,将该光信号转化成电信号,从中得出心率、血压等信息。

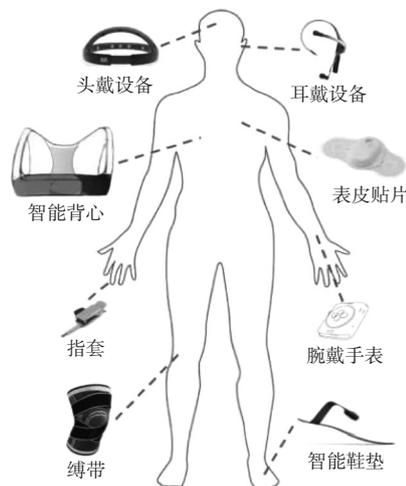


图1 智能服饰局域示意图^[3]

表1 智能服饰心脏活动监测常用指标

监测指标	含义
心率	心脏每分钟的搏动次数
心率变异性	逐次心脏搏动周期差异的变化情况
心脏电信号	心肌收缩所导致各心电位的电信号变化
血压	血液从左心室射到主动脉产生的能量对血管壁造成的侧压力

心电法是医疗级别常用的最准确的监测心脏活动的方法,心脏节律性收缩和放松过程由生物电势在整个心脏组织中传播控制,最终形成复杂的电模式^[5]。身体各部位在每一心脏搏动周期中也都会发生有规律的生物电变化,即心电位。通过将多个接触电极放置体表不同位置,与心电采集设备构成回路,测量心肌收缩所导致各心电位的电信号变化,测量体表电极间的电位差获取心脏电信号。

压电法是根据人体在每次心脏活动过程中,因力

收稿日期:2022-11-03

第一作者:蒋思琪(1997—),女,硕士研究生,主要研究方向为可穿戴生理监测服饰。

*通信作者:邓咏梅(1969—),女,教授,博士,主要研究方向为智能化可穿戴设备关键技术,E-mail:454802955@qq.com。

的作用使身体产生周期性振动^[6],通过高精度的压力传感器捕捉人体产生的振动信号,将压力振动信号转换为电信号,经过信号放大与滤波等手段得到心脏活动信息。

1.2 智能纤维

智能纤维是指能够感知环境变化刺激(温度、机械、光、化学等)或内部状态发生的变化,并能做出智能响应的纤维^[7]。与普通纤维相比,智能纤维具有感知、处理的功能。智能纤维主要包括相变纤维、变色纤维、形状记忆纤维、导电纤维^[8]等,将智能纤维与普通纤维混合制成织物,使织物具备纺织特性的同时具备电子功能,起到智能监测与数据传输的目的。如纤维工业公司 MITSUFUJI 研制的“AGposs T1”纤维具备高导电性和耐久性,可监测人体心率、血压等体征信息^[9]。美国莱斯大学研究人员使用导电碳纳米纤维制成的智能衬衫,能够持续收集心电数据。麻省理工学院(MIT)研发的 E-TeCS 衬衫通过在衣服内编织柔性传感器来测量诸如心电信号与呼吸等生命体征信息^[8]。目前由于开发技术有限,智能纤维的开发与制备是智能服饰研究中的重难点^[7]。

2 心脏活动监测在智能服饰中的应用

依据不同领域与不同群体的需求,心脏活动监测相关的智能服饰在医疗监护、运动健身、日常监测等领域为用户提供了产品服务。

2.1 医疗监护

人们健康意识的日益加强推动着医疗模式从“症状治疗”模式到“预防为主”的模式转变。医疗检测设备也开始由大型医疗设备转向适用于个人化的小型穿戴式装置^[10]。斯坦福临床研究中心利用 Apple Watch 智能手表进行房颤识别的大规模评估,准确率达 84%^[11]。Fukuma 等研发的内嵌 Hitoe 高导材料的 T 恤型可穿戴式监护系统可识别年轻人的隐匿性房颤^[12](图 2)。Noble Biomaterials 公司开发的智能背心,监测心律异常患者的心脏情况并提供除颤功能^[13]。Antonio Lanata 等研发的 PSYCHE 系统^[14],通过监测心率变异性与呼吸活动,对双相精神障碍患者不同的病理情绪状态进行区分与表征,有利于评估症状严重的双相精神障碍患者的治疗反应,帮助临床医生进行诊断和预防复发。中国科学院王中林院士与重庆大学杨进教授团队将导电纱线与锦纶纱线作为传感织物材料,制备出的织物传感器可编织成护腕、袜子等服饰品,用于心率、脉搏的监测,实现对患者睡眠呼

吸暂停综合征的监测^[15]。De Marchi 等开发了一款由感应衬衫与腕带集成的可穿戴血压监测设备,实现对高血压患者血压的连续测量^[16](图 3)。於凌等采用心电与超声传感器的智能服装实现对高血压患者血压的实时监测,并通过无线数据传输让患者与医护人员形成互动,使患者得到更好的监护^[17]。

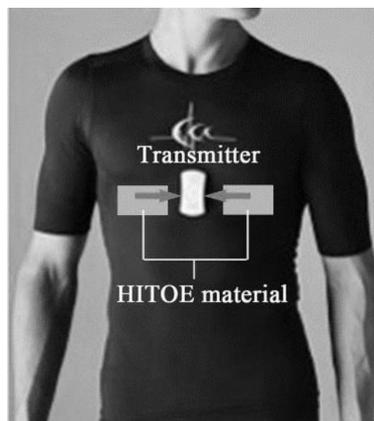


图 2 内嵌 Hitoe 高导材料的 T 恤

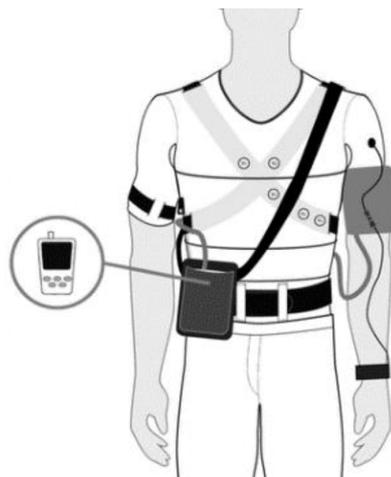


图 3 De Marchi 等开发可穿戴血压监测设备

2.2 运动健身

心率是体现运动强度高低的客观指标。在运动健身中实时监测心率可以对健身爱好者、运动员的训练安排起到指导作用。Chromat 公司于 2016 春夏时装周推出智能运动内衣,监测运动者的心率、体温数据,当心率过快、体温升高时,内衣后面会自动打开一个通风口,而当心率与体温数据恢复正常时,通风口也会自动关闭。Cardiosport SMART BioVest 公司依据专业自行车队的要求开发了一款有氧运动智能自行车运动衫,在长赛段骑行挑战比赛中记录实时心率数据,对运动员的实时运动状态进行评估。加拿大的 OMsignal 公司推出的智能运动内衣^[18]、Hexoskin 公司研发的智

能T恤、北京博迪加科技公司推出的Bodyplus智能运动衣与运动背心(图4),都能实现记录运动训练中的心率、运动强度,这些数据可以协助运动教练对运动者的运动承受度做出客观评判,制定一系列运动计划,帮助运动者科学地进行体能提高。



图4 Bodyplus 智能运动衣与运动背心

2.3 日常监测

在日常生活场景中,心脏活动监测可满足使用者了解自身生理状况的需求,实现睡眠质量评估、疲劳检测以及对老年人与婴幼儿的健康管理等功能。张海军等^[16]将手持心电监测设备与服装相结合,设计研发了一款老年人智能服装,满足老年人健康监护的需求。Owlet公司生产的儿童智能袜可以实时监测宝宝的心率及血氧含量,并及时向用户手机推送信息。芬兰著名的Oura可穿戴公司联合意大利奢侈品牌Gucci推出的睡眠监测智能戒指,利用光电心率传感器来实时监测用户的睡眠情况,对睡眠周期进行划分,起到改善用户睡眠质量的目的。德国英戈尔施塔特工业技术大学的研究人员研发了一款可穿戴心率腕式传感器^[19],与机器学习技术相融合,用于司机疲劳驾驶的检测,能有效减少交通事故。



图5 智能戒指

3 发展趋势

目前心脏活动监测智能服饰的发展不够成熟,有较大的进步空间。未来智能服饰会朝着元件柔性化与

微型化、服装专业化、产品市场化、体系标准化方向发展。

3.1 元件柔性化与微型化

目前市场上的心脏活动监测智能服饰中采用的传感器大多都是电子器件的形式,与服装结合总是不能很完美。未来的研究将集中在柔性电子纺织技术、电子皮肤与新型纤维传感器的开发,使传感器更加微型化与柔性化,做到更好贴合人体表面,最大程度提高传感器与服装的贴合度,同时研发柔性化传感器与智能纤维,以实现服装自身的传感化。

3.2 服装专业化

安全性是所有智能服饰首要满足的条件。为满足监测要求,心脏活动监测智能服饰均为紧身形式产品并装有电子元件与导电线。防漏电与防电辐射等的服用安全性是首要考虑问题。同时由于大数据与互联网的发展,数据采集与传输过程中需加强防护,保障用户的隐私安全性;服饰材质的选择、电子元件与服饰的结合都需充分考虑舒适性与耐久性;产品需要具备针对性,满足不同人群在不同作业环境下的监测需求,确保监测的准确性并具有良好的抗干扰性。“以人为本”是智能服饰的开发原则,穿戴更安全、服装更专业、监测更准确是智能服饰的努力方向。

3.3 产品市场化

越来越多的新兴材料应用于心脏活动监测智能服饰中,但由于相关材料制备方法复杂、原材料价格高昂、研发周期长等问题造成智能服饰制造成本高,无法进行批量化生产进入市场。因此,在注重功能性与专业化的同时发展成熟技术,降低生产成本,满足产品市场化需求是发展趋势。

3.4 体系标准化

我国智能服饰标准体系与国外标准化进程相比,处于起步阶段。我国智能服饰的相关标准大多参照欧盟标准和ISO标准,国内智能服饰的评价标准和测试方法的研制滞后于开发速度^[20],导致智能服饰市场监管困难。2019年起,我国开始启动智能服饰相关的国家标准制定工作,对智能服饰领域标准体系的建立进行探索^[21]。因此,未来对智能服饰材料、产品测试与评价、产品安全与监管部分配套标准进行制定,不断完善标准,促进产业链健康发展是发展的必然趋势。

4 结束语

可穿戴技术的蓬勃发展为服装行业指明了新的发展方向,随着电子信息、互联网、人工智能等技术与服务

装的创新融合拓宽了人们对服装的想象,“智能+服饰”的模式是科技向服装制造领域渗透的必然,智能化逐渐成为服装行业发展的新趋势。心脏活动监测的智能服饰在医疗监护、运动健身、日常监测等领域承担着重要的角色。未来的智能服饰会朝着更深层次的方向发展,会有更广阔的发展空间,也会在人们生活中发挥更加重要的作用。

参考文献:

- [1] 张灏,周晓帆. 智能可穿戴服饰设计新技术及其应用[J]. 针织工业, 2022(1): 57-60.
- [2] 周艺颖, 王晓云, 李伟, 等. 用于健康监测的智能服装[J]. 上海纺织科技, 2019, 47(9): 1-4.
- [3] 麻琛彬, 徐浩然, 李德玉, 等. 穿戴式生理参数监测及其临床应用研究进展[J]. 生物医学工程学杂志, 2021, 38(3): 583-593.
- [4] KAO Y H. A new reflective PPG LED-PD sensor module for cuffless blood pressure measurement at wrist artery [C]. 2017 IEEE Sensors, 2017.
- [5] GALLI A, MONTREE R J H, QUE S, et al. An overview of the sensors for heart rate monitoring used in extramural applications[J]. Sensors, 2022, 22(11): 4035.
- [6] 王子民, 林向萌, 刘振丙, 等. 基于PVDF的BCG与脉搏信号采集与特征分析[J]. 物联网技术, 2018, 8(11): 66-69.
- [7] 沈雷, 洪文进. 智能纤维在智能安全服装设计中的应用研究[C]// 全国织造新产品开发学术研讨会暨2014织造年会论文集, 2014.
- [8] 张春媛, 王军. 智能纤维在服装中的应用与发展[J]. 纺织科技进展, 2017(7): 49-52.
- [9] 左键. “智能服装”渐行渐近[J]. 中国纤检, 2015(14): 50-51.
- [10] 李澍, 刘畅, 李佳戈, 等. 中医医疗装备质量评价思路探索[J]. 中国医疗设备, 2021, 36(9): 28-30.
- [11] PEREZ M V, MAHAFFEY K W, HEDLIN H, et al. Large-scale assessment of a smartwatch to identify atrial fibrillation[J]. New England Journal of Medicine, 2019, 381(20): 1909-1917.
- [12] FUKUMA N, HASUMI E, FUJII K, et al. Feasibility of a T-shirt-type wearable electrocardiography monitor for detection of covert atrial fibrillation in young healthy adults[J]. Scientific Reports, 2019, 9(1): 11768.
- [13] 庄娇. 智能纤维,令人惊奇的智能应用[J]. 中国纤检, 2021(1): 115-116.
- [14] LANATA A, VALENZA G, NARDELLI M, et al. Complexity index from a personalized wearable monitoring system for assessing remission in mental health[J]. IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, 2015, 19(1): 132-139.
- [15] 一款可监测心血管健康的智能服装,舒适性可媲美普通服装[J]. 纺织科技进展, 2020(6): 15.
- [16] DE MARCHI B, FRIGERIO M, DE NADAI S, et al. Blood pressure continuous measurement through a wearable device: Development and validation of a cuffless method[J]. Sensors, 2021, 21(21): 7334.
- [17] 於凌, 唐颖, 李琼. 面向高血压患者的智能服装设计[J]. 上海纺织科技, 2015, 43(7): 6-7.
- [18] 于静静, 邓咏梅. 基于生理监测的可穿戴智能服装应用与展望[J]. 纺织科技进展, 2021(2): 6-9.
- [19] KUNDINGER T, SOFRA N, RIENER A. Assessment of the potential of wrist-worn wearable sensors for driver drowsiness detection[J]. Sensors, 2020, 20(4): 1029.
- [20] 张惠芳, 曹丽勤, 龚芬, 等. 智能化服装生产体系与智能服装体系解读及对其标准制订的思考[J]. 丝绸, 2021, 58(12): 47-53.
- [21] 朱国庆, 周小进, 郭建峰. 智能服装标准化现状与标准体系的构建[J]. 棉纺织技术, 2022, 50(7): 74-78.

Application and Development Trend of Smart Clothing Based on Heart Activity Monitoring

JIANG Siqi, DENG Yongmei*

(School of Apparel and Art Design, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: As the most critical feature to measure the level of human health, cardiac activity indicators have been widely developed and applied in wearable clothing. The method and working principle of cardiac activity monitoring were introduced. The relevant products and applications of smart clothing for cardiac activity monitoring in medical monitoring, sports and fitness, and daily monitoring were elaborated. From the four directions of component flexibility and miniaturization, clothing specialization, product marketization, and system standardization, the development trend of intelligent clothing was summarized.

Key words: heart activity monitoring; smart clothing; electronic device; smart fiber