

可穿戴式无线肌电仪在运动处方领域的应用趋势

石磊*, 梁辰雨, 张斌南, 李宝成

西安交通大学体育中心, 陕西 西安

收稿日期: 2022年7月26日; 录用日期: 2022年8月26日; 发布日期: 2022年9月5日

摘要

健身市场的需求推动了智能穿戴设备在运动健身领域的发展, 在运动处方的运动强度监控和数据收集等应用层面独具优势。表面肌电图可以将骨骼肌兴奋时发生的电位变化进行引导与数据, 可穿戴式无线肌电仪能够为运动处方实施的前、中、后三个时期, 对肌肉活动的生理状态提供有效的即时反映, 反应做出及时的评价, 从而为科学健身提供重要而专业的指导性评估与建议, 其应用更有针对性且不会给受试者带来肌肉上的创伤和感染, 操作相对简单, 容易被受试者接受, 具有广阔的研究前景。

关键词

可穿戴式, 无线肌电仪, 运动处方, 应用

Application Trend of Wearable Wireless Electromyography in the Field of Exercise Prescription

Lei Shi*, Chenyu Liang, Binnan Zhang, Baocheng Li

Sports Center of Xi'an Jiaotong University, Xi'an Shaanxi

Received: Jul. 26th, 2022; accepted: Aug. 26th, 2022; published: Sep. 5th, 2022

Abstract

The demand of the fitness market has promoted the development of smart wearable devices in the field of sports and fitness, which has unique advantages in the application level of exercise inten-

*通讯作者。

sity monitoring and data collection of exercise prescriptions. Surface electromyography can guide and data the potential changes that occur when skeletal muscles are excited, and the wearable wireless electromyography can provide effective information on the physiological state of muscle activity in the three periods before, during, and after the implementation of exercise prescriptions. Immediate response, timely evaluation of the response, so as to provide important and professional guiding evaluation and advice for scientific fitness, its application is more targeted and will not cause muscle trauma and infection to the subject, and the operation is relatively simple, easily accepted by subjects, and has broad research prospects.

Keywords

Wearable, Wireless Electromyography, Exercise Prescription, Application

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

李克强总理在政府工作报告中提到,到2025年要实现从制造大国向强国转变的战略。现在,国家在积极培育支持信息技术等新兴战略行业的发展,其中包括可穿戴技术的发展。中国现今对于智能制造业的注重,促进了可穿戴产品的蓬勃发展。可穿戴设备的可持续性地记录人体的各项生理参数,这些记录和智能化数据分析对机体健康状态的判断至关重要。目前,可穿戴设备与体育运动相结合的构想已然成型,越来越多的与体育项目相结合的应用推广也正在进行之中。近年来得益于计算机技术以及其他嵌入式低功耗、微型化技术的发展,可穿戴设备陆续出现在人民大众生活中,不仅给用户带来前所未有的体验,更带动了相关科研的发展。世界范围内可穿戴智能产品行业的崛起同时带动了我国可穿戴产品行业的持续升温,而且日益呈现出世界制造核心的有利趋势。随着材料技术和传感技术的进步(例如碳纳米管、石墨烯和有机电子等新材料,制作柔性、可拉伸的穿戴式器械),穿戴式设备将朝着更小、更轻和更好的用户体验的方向发展。

互联网经济催生了大量的办公室一族和宅男宅女一族,这些人群每天大部分时间处于久坐状态,长期缺乏合理的运动锻炼。另外,我国在校学生体能测试结果大面积不合格,在校学生严重缺少合理的身体素质锻炼。运动促进健康的理念日益得到大众接受,健身市场的需求推动了智能穿戴设备在运动健身领域的发展,像华为、NIKE、小米等电子或运动设备巨头纷纷推出自主品牌的可穿戴运动设备,应用在健康监测和运动数据收集等领域。在未来,运动处方实施中最为重要的环节将是运动监控部份,其目的在于对运动前、运动中、运动后三个时期的生理反应做出及时的评价[1],从而为科学健身提供重要而专业的指导性建议。表面肌电图(sEMG)是用特定的方法将骨骼肌兴奋时发生的电位变化引导、记录所得到的图形,其应用更有针对性且不会给受试者带来肌肉上的创伤和感染,操作相对简单,容易被受试者接受,具有广阔的研究前景。

2. 可穿戴式技术的发展趋势

可穿戴设备是伴随科技发展诞生的新生事物,是利用各种识别设备、传感器件、连接云平台等交互与储存技术,来替代需要把持的设备产品,实现用户与产品及其他用户的情感、娱乐、信息监测的交流。该技术可以通过媒介把多媒体、无线传感器和无线通信技术精确交融,也称人机交互(Human-Computer

Interaction, HCI), 主要是探索人与计算机之间相互配合、影响的技术, 其最终目的是利用计算机系统和无线传感技术之间相互调和与影响, 能够更高效和安全地完成用户指令(图 1)。

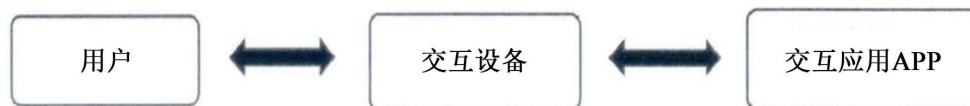


Figure 1. Flow chart of wearable technology

图 1. 可穿戴技术流程简图

早期的可穿戴设备只是一种概念性质的产品。追溯历史, 美国麻省理工大学在二十世纪 60 年代提出了可穿戴技术这一创新概念。1975 年, Hamilton watch 推出了 Pulsar 计算机手表, 这才开启了智能可穿戴的先河, 但未能被大范围地推广。直到 2012 年 Sony 发布了 smart watch 一代, 这才使得智能穿戴技术走进大众视野。随着科技的进步和创新意识的增强, 可穿戴设备也迎来了产品发展的井喷期, 由于其功能越来越全面, 应用也越来越广泛。从初期的运动监测, 到如今的日常生活服务(心率、睡眠质量、智能来电、智能唤醒等), 这也从侧面反映出进入新世纪以来可穿戴技术正在蓬勃迅猛的发展。

目前, 随着健身市场对可穿戴式健康监护设备日益增长的需求, 众多科研机构与相关公司不断进行着对于可穿戴式产品的研发与推广, 陆续推出了层出不穷的相关产品以及研究成果。关于可穿戴智能产品的分类: 以产品功能为标准可分为运动健康类、信息资讯类、健康管理类以及体感控制类; 按穿戴位置可分为头部、上肢和下肢; 按设备与人的关系可分为增强现实、增强记忆、介入现实、人工智能、情感计算、环境感知和非键盘输入等等。关于可穿戴智能产品的技术环节主要有: 传感器、低功耗互联技术、语音识别、眼球追踪、高速互联网和云计算、意念控制技术等等。至此, 国内外有许多研究者对可穿戴式的健康监测设备开展了诸多的研究领域并取得了大量的研究成果。

3. 表面肌电技术在运动处方领域的应用前景

运动处方是在体适能评估的基础上, 按照科学健身的规律, 以生理学为理论依据, 针对身体特定状况制定运动的频率、强度、时间、性质和进度, 为锻炼者提供了一种科学的、量化的、指导性的健身方案[2]。通过制定科学的运动处方, 实施针对性自我管理与发展发展的健身模式, 不仅有利于大众体质健康的正向发展, 更是提高未来国民整体身体素质的核心要素。运动处方依据划分标准不同可以分为以下种类: 1) 根据运动处方对象可分为竞技训练、预防健身和康复治疗运动处方; 2) 根据运动处方锻炼作用可分为耐力、力量和柔韧性运动处方; 3) 根据运动处方锻炼器官又可分为心脏体疗锻炼运动处方和器官体疗锻炼运动处方。

我国对于运动处方的研究要晚于西方发达国家, 80 年代末随着《体育学通讯》(中国高等教育协会主办)对国外相关领域信息的持续推广介绍, 国内学者对运动处方价值与作用逐渐积累了更深一步的认识和研究。哈尔滨医科大学在 1980 年就把运动处方模式应用到医疗康复与保健实践领域。随后出现了一些关于体育医疗康复的运动处方方面的论文, 主要以肥胖人群, 老年人以及癌症方面的医疗运动处方为重点, 但主要集中在医疗的应用与实践。进入二十一世纪以来, 对于运动处方的理论与应用探索得到了快速的起步, 研发成果显著增加, 涉及的领域从康复保健逐渐扩展至预防疾病、大众健身、运动训练和学校体育等不同的层面。我们通过对中国期刊全文数据库中主题为“运动处方”进行检索, 自 2004 年至 2021 年所发表各类文章共计 1635 篇, 研究结果表明运动处方的针对性、实效性以及科学性在实施过程中得到了更为充分地体现, 在推动健身方面起到了重要作用, 开拓了科学健身的新观念。随着我国各领域科学研究的快速发展, 针对健康的考虑更加多元化和科学化, 关于运动处方的研究方向更加广阔。目前,

对于运动处方的理论研究以及应用实践得到了更多的深入与完善,其发展趋势在研发广度层面上呈现出多学科交叉的发展特征。

伴随计算机技术与神经生理学研究的蓬勃与兴盛,肌电信号的定量分析愈加推动着有关肌肉生理学领域的各个分支研究,表面肌电技术更是以其独有优势迎来了高速发展的第二个春天,其发展成效枚不胜举:在体育科学领域的运动性疲劳评定、运动训练的技术分析、肌纤维类型和无氧阈值的无损伤性预测等;在临床医学领域的神经疾病诊断;在人机工效学领域的肌肉工效学分析、外骨骼构建;在康复医学领域的肌肉功能回复评估等。但是,肌电的实践潜力仍然极大,各研发领域仍有广阔的推广与普及前景。近年来,国外学者在可穿戴式健身产品的监测方法及应用仪器的研究方面取得了较大进步。例如,欧盟的 IST FPS 项目,是通过纺织传感器、信号处理技术和系统通讯技术相融合而实现了重要生理信息(心电、体温、呼吸等)的持续评测。国内方面,由于客观条件限制,目前对于可穿戴式健身监控系统的研发仍然处于起步阶段,但已经引起了很多研究机构的注意,基础理论方面的研究也已经取得了相应的成就,具备着非常大的发展空间和潜力。

4. 可穿戴式肌电仪的采集技术发展趋势

可穿戴式肌电仪就是可以直接穿在身上或放于衣服和配件中的一种便携式数字化产品,主要是利用多媒体、无线通信和传感器技术采集人体肌电信号以实现机体肌肉功能状态的评估。可穿戴式健身产品的监控服务系统主要依托“互联网+”的思维模式,把可穿戴技术作为该系统的硬件核心,用于各种生理信息的监测。软件部分以物联网为技术支撑[3]。把硬件部份收集监测的数据进行对比和整理,再发回给使用者。通过这样的方式,不仅可以对运动处方实施中的前、中、后期的各项生理信息进行实时监测,从而为用户提供科学依据并防止运动伤害,还可以帮助人们在日常了解身体的潜在的疾病和风险,及早发现做出相应的措施来预防和杜绝伤病[4]。目前在肌电信号采集与处理系统中,国外产品占据主导地位。加拿大的 Thought Technology 公司是世界表面肌电测试的领军者,他们对于表面肌电的采集、放大与分析技术已然为世界最优标准,其研发的 Pro Comp Infiniti 多媒体生物反馈监控仪,搭配上软件 Bio Graph Infiniti 可以检测心电、心率、脉搏、温度、血容量、脑电、呼吸、肌电等生理指标。美国 Noraxon 公司研究推广的 Myo System 系列产品,采用了先进的信号处理技术,与在电极端放置前置放大电路的传统方法相比较而言,具有低噪声等多个优点,该产品能够测定肌肉活动电位的频率、振幅、积分值和发生期等多个参数。荷兰的 Bio Semi 公司的产品 Active Two system 生理信号采集系统,具有 80 个通道,24 位的解析度,可以稳定有效地采集心电、肌电和脑电等多个生理信号,其应用程序可以与电脑直接相连。以上公司所研发的肌电采集设备可以比较高效地完成提取采集肌电信号的任务,并且在细节的方面设计良好,技术成熟。但是这些设备价格高昂,兼容性较差,便携性也较差,特别是这些系统离线存储的数据多为原始波形数据[5]。国内在电生理信号采集方面已经探索了几十年,并且自从 1970 年以来,随着世界信息技术的兴盛,中国的相关技术也遇到了进一步发展的时代良机,更多的学者与企业开始试探、入手并实施赶超国际研究水平多领域的重要课题。1983 年,随着计算机技术的推广应用,尤其是国产的价格低廉的控制采集接口产品的广泛应用,给国内生理医学工程的发展带来了生机[6]。在生理信号采集方面,国内最新的研究成果是 Pclab 实验室的生理信息采集与处理体系(由软件与硬件两个部分构成),其硬件部分的任务是完成对如肌电、心电、脑电等各类生理电信号以及血压、张力、呼吸等非生理电信号的采集、放大以及后续的 A/D 转换,然后再传送给计算机[7]。软件部分则用来对数字信号即 A/D 转换后的数字电生理信号显示并存储。因为此系统是基于计算机处理的生理信息采集体系,所以在应用过程中容易受到人员、环境、资金和技术等多方面的限制,并且不能用于采集一些运动过程中的肌电信号,这就使得其在肌电信号采集与处理方面的应用变得捉襟见肘。于是,引入无线网络的测量系统的概念很有研究价值。

20 世纪 70 年代, 无线传感器网络的概念刚刚形成。而目前很多研究机构和大学都把对于无线传感器网络的研发作为了重点方向, 例如哈佛大学、麻省理工学院、加州大学等。美国加州大学的伯克利分校具有典型的代表性, 其设计的 Smart Dust 系统, 是对无线传感器网络节点化的成功尝试。国内对无线传感器网络的研发工作也日益受到极大关注, 国家自然科学基金组、国家 863 项目基金组对我国自主进行的无线传感器网络研发分别给予了重大支持。中国很多高校也在逐步探索无线网络的研究和应用, 但总体而言国内尚处于起步阶段, 还需要进一步的研究和努力。

可穿戴设备的发展就是希望通过某个装置将人的生理数据及时的收集和记录下来, 利用网络上传入云端, 专业人员会根据收集回来的数据进行对比和分析, 再通过网络将合理的建议和方案反馈给用户。通过这样的方式, 可以很好的帮助我们在运动处方实施中的各个阶段掌握身体的状态变化。目前运动处方常用的监控主要有心率、最大摄氧量、无氧阈、最大乳酸值等生理学指标, 这些指标对机体的整体层面机能水平可以给出总体评价, 但难于进行实时、准确、身体局部的功能监测, 不能把身体对健身中所反映的问题及时地反馈给处方师而准确地调整健身方案, 况且某些指标(血乳酸)检测起来还有一定的机体损伤性。

5. 结语

随着现代经济的发展以及科学技术的进步, 大众对于个人的健康管理日趋关注, 大家对于健康的社会服务需求除过医护救治, 同时也包含着对于科学健身的监护和自我健康管理, 对运动成效与安全也提出了更高的要求。可穿戴式技术从概念、人机关系、交互方式、功能、应用领域以及设计和开发方法等诸多方面都远远超出了传统移动技术的维度, 近年来得到了较为迅猛的起步, 在多个领域逐渐获得了诸多应用, 因其对人体非介入的检测以及远程诊疗优势而被寄予厚望。可穿戴式肌电仪是“以人为本, 人机合一”这一理念的必然产物, 体现着在科学健身过程中人机最佳的协同状态。

可穿戴式无线肌电仪的研发虽然目前仅限于实验室研究阶段, 但是其集传感器、计算机、网络通信、无线传输以及嵌入式技术于一体, 无需特定的网络基础, 具有功耗低、体积小、组网快等优点, 因此在运动处方领域具有广阔的前景, 这已然是当今国内外研究的热点。随着第四次工业革命推动技术的革新, 计算机的普及将互联网代入到各行各业中, 体育行业也不例外, 体育正在向多元化、灵活化和信息化相结合的方向逐步迈进。可以预见的是, 健身类智能产品正慢慢地融入大众的日常生活, 并潜移默化革新着我们健身习惯。在不远的未来, 可穿戴式无线肌电仪必将成为未来人们进行科学健身的重要选择。

基金项目

陕西省科技厅重点研发项目(2020GY-223); 陕西省体育局常规课题(2019005)。

参考文献

- [1] 石磊, 贺智裕, 彭习涛, 等. 生理学指标在运动处方中的应用分析[J]. 体育科学进展, 2020, 8(3): 103-110.
- [2] 徐文泉, 王向东, 周若夫. 无线表面肌电测试系统在射击技术诊断中的应用: 以手枪慢射运动员石兴隆为例[J]. 南京体育学院学报(自然科学版), 2013, 12(1): 15-20.
- [3] 刘金剑, 谢庆森. 3C 产品的穿戴式设计初探[J]. 艺术与设计(理论), 2010, 2(9): 237-241.
- [4] 张磊, 田泽懿, 唐春晖, 等. 生理参数监测技术及设备的研究进展[J]. 光学仪器, 2020, 42(2): 87-94.
- [5] 曲峰. 运动员表面肌电信号与分形[M]. 北京: 北京体育大学出版社, 2008.
- [6] 王国祥, 马胜. 骨骼肌神经调控与表面肌电图技术应用[M]. 北京: 北京体育大学出版社, 2016.
- [7] 汪一鸣, 石磊, 胡浩, 等. 表面肌电信号在赛艇运动研究中的应用价值[J]. 体育科学进展, 2019, 7(1): 16-20.