

可穿戴式无线肌电仪评测健身成效的应用概述

石磊*, 任志甜, 贺智裕, 何黛

西安交通大学体育中心, 陕西 西安

收稿日期: 2022年8月18日; 录用日期: 2022年9月16日; 发布日期: 2022年9月26日

摘要

应用可穿戴式无线肌电仪对健身成效进行评测, 可以及时地反映健身时局部的肌肉状态, 为实现实时监护与远程检测提供解决方案, 这些特点迎合了广大人民群众进行科学健身的普遍要求。可穿戴式无线肌电仪评测手段在运动训练领域已经得到一定范围的应用, 但是其在大众健身领域的实施以及实践较为少见。本文对可穿戴式无线肌电仪评测健身成效的应用进行概述, 主要包括sEMG信息采集与WSN传输的技术特征与要求、佩戴要求、操作要求、应用领域等分析内容, 目的是把先进的可穿戴式无线肌电仪评测手段介绍、推广给大众健身领域, 为科学健身的实施过程提供更为及时有效的监控服务。

关键词

可穿戴式无线肌电仪, 健身成效, 评测, 应用概述

An Overview of the Application of Wearable Wireless Electromyography to Evaluate Fitness Results

Lei Shi*, Zhitian Ren, Zhiyu He, Dai He

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

Received: Aug. 18th, 2022; accepted: Sep. 16th, 2022; published: Sep. 26th, 2022

Abstract

The use of wearable wireless electromyography to evaluate fitness results can reflect the local muscle state during exercise in a timely manner, and provide solutions for real-time monitoring and remote detection. These features cater to the general public for scientific fitness requirement.

*通讯作者。

The wearable wireless EMG evaluation method has been applied to a certain extent in the field of sports training, but its implementation and practice in the field of mass fitness are relatively rare. This paper discusses and analyzes the application scheme of wearable wireless EMG for evaluating fitness results, mainly including the technical characteristics and requirements of sEMG information acquisition and WSN transmission, wearing requirements, operation requirements, application fields and other analysis contents. The wearable wireless EMG evaluation method is introduced and promoted to the public fitness field, providing more timely and effective monitoring services for the implementation process of scientific fitness.

Keywords

Wearable Wireless Electromyography, Fitness Effect, Evaluation, Application Overview

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. 前言

目前可穿戴式无线肌电仪评测手段在运动训练领域已经得到一定范围的应用并形成了某些成果,但是其在大众健身领域的实施以及实践较为少见。本文所要探讨的可穿戴式无线肌电仪评测健身成效的应用方案,主要包括 sEMG 信息采集与 WSN 传输的技术特征与要求、佩戴要求、操作要求、应用领域等分析内容,目的是把先进的可穿戴式无线肌电仪评测手段介绍、推广给大众健身领域,规避以往有线肌电健身监控仪器导线易缠绕、距离短、易断等缺点,从而为科学健身的实施过程提供更为及时有效的监控服务。

2. 可穿戴式无线肌电仪的技术特征与要求

人体肌肉的运动受高级中枢支配,中枢发出信号后,兴奋向下级传递。在源于突触的刺激之下,运动神经元树突和胞体产生电位变化,即动作电位(或称电脉冲),其沿着轴突传导至终板,刺激神经—肌肉接头释放神经递质乙酰胆碱(Ach), Ach 增加了细胞膜对某些离子的通透性,促进细胞膜去极化过程从而产生终板电位。肌电信号从生物机理上来讲,是由诸多参与动作的运动单元组合所产生的动作电位总和。所产生的动作电位沿着肌纤维而传播,引发肌冲动,随之产生肌肉收缩,同时在软组织中形成电流场,因此正在工作的肌肉就是产生肌电信号的源泉[1]。

可穿戴式无线肌电仪的主要技术维度包含表面肌电(sEMG)信息采集技术与无线传感器网络(WSN)传输技术,sEMG 信息采集技术可以实时地反映机体在健身过程中肌肉活动的状态和水平,对肌肉的力量、发力顺序、工作时间、各肌群做功比例、运动性疲劳等指标做出即时的检测与评价,且在监控过程中不出现损伤。WSN 传输技术无需特定的网络基础,具有功耗低、体积小、组网快等优点,在运动训练以及医学等领域已然是当今国内外研究的热点。sEMG 是一种稳定性较差而随机性较强的信号,而且其参数受多方面因素的影响并与每个人的身体状况相关,其主要特征有:1) 微弱性。由于肌电信号是从人体皮肤表面提取的,一般只有 0~5 mV,肌肉收缩的情况下一般是 60~300 μ V,舒张时一般为 20~30 μ V;2) 交变性。sEMG 的幅值与产生的张力基本成正比(交流电压),其不同力量的骨骼肌运动时所产生的肌电信号的幅值也不尽相同;3) 对称性。前期研究发现,将采集到的肌电信号经计算(算术相加再除以总采样点数)显示其算术平均值总是趋向零,这是因为肌电信号是由很多正弦波叠加而成;4) 低频性 sEMG 的频

谱范围在 0~1000 Hz (低频信号), 虽然频谱主要分布于 20~500 Hz 之间, 但是主要能量(80%左右)还是集中在 200 Hz 以下。

正确有效地采集表面肌电信号, 是进行下一步信号分析研究的前提。根据 sEMG 信号的产生原理和特性, 肌电测量系统应该满足如下要求[2]: 1) 考虑到肌电信号的微弱性, 要求系统应对微弱的信号具有较好的拾取能力, 即合适地选取表面电极; 2) 肌电测量系统处于各种干扰与噪声的环境中, 所以测量系统应该具有屏蔽干扰、滤除噪声以及筛选有用信号的能力; 3) 因为信号属于微弱信号, 故要求系统应该可以改变放大增益, 根据采集的肌肉部位不同而调节相应的放大倍数, 同时应具备多通道采集的能力; 4) 系统应可以采集多种不同的信号, 可以同时应用不同的数据处理办法对肌电信号进行统计分析; 5) 系统应具备实时的较强的交互能力和信号显示能力; 6) 系统应具有强通用性、扩展性和重复性, 接口设计应方便使用以便今后的扩展。基于这些原理, 我们就可以进一步分析可穿戴式无线肌电仪评测健身成效的应用方案分析, 以及如何满足评测要求, 达到较好的测量和采集的效果。

3. 可穿戴式无线肌电仪的佩戴方式与要求

对可穿戴式无线肌电仪的佩戴方式、捆绑材料和外观尺寸的要求, 是实现人机交互(HCI)与更高效、安全地完成用户指令的重要一环。

佩戴方式: 可穿戴式产品的佩戴方式有两种选择: 粘贴法和绑定法。1) 粘贴法是使用医用胶带直接将设备粘贴在肌肉表面, 优点是位置精准牢固, 然而却存在重大的缺点: 粘贴的松紧度难以把握, 对运动会产生限制作用; 对皮肤的毛发有破坏性的牵拉; 难以重复使用。2) 绑定法是使用固定装置如扣带、魔法贴、绳子捆绑等将振动设备固定在肢体表面。优点是无化学作用、弹性好、不伤肤, 缺点是如果捆绑不结实, 准确性会降低。因此, 可穿戴式无线肌电仪的佩戴方案最好是采用粘贴法结合捆绑方式进行设备佩戴, 从而设计出不同肢体部位的最适宜的固定方式。

捆绑材料: 对于可穿戴设备而言, 产品的材质优化是构建产品服务系统的重要因素。可穿戴式无线肌电仪的穿戴对象是大众健身群体, 产品需要与穿戴对象的肌肤直接接触, 材料应该具备柔软和抗菌两种特性, 因此可穿戴式无线肌电仪的捆绑方案最好是以抗菌弹性纤维作为设备捆绑的主要材质。

外观尺寸: 可穿戴式无线肌电仪要传达给用户健康、安宁和希望的感觉, 因此在仪器外观选色上偏重冷色系或低饱和度的暖色系。人机工程学是一门交叉学科, 要将产品的造型与人机工程学相结合, 从而建立人与产品之间和谐的关系, 充分考虑人体尺寸因素, 提高产品使用效率。可穿戴式无线肌电仪尺寸方案的考虑重点主要有三个: 绑带的长度和可调节范围、屏幕尺寸、按钮(或旋钮)尺寸, 由于监测部位的不同, 产品尺寸会有较大的差异。

4. 可穿戴式无线肌电仪评测健身成效的操作要求

可穿戴式无线肌电仪的应用目的就是希望通过装置将人的肌电数据及时的收集和记录下来, 利用网络上传入云端并进行对比和分析, 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科学健身中的各个阶段掌握身体的状态变化。在评测健身成效的过程中所需要的附属设备及器材主要有: 功率自行车测功仪、蓝点电极、摄像机、剃须刀、75%酒精、医用胶布、脱脂棉、弹性绷带、防水创可贴、毛巾、秒表等。

根据健身运动的生物力学特点, 可穿戴式无线肌电仪电极一般选取的粘贴部位可以分为上肢、躯干、下肢三个部分的主要肌群(如肱二头肌、背阔肌、三角肌后束、股内侧肌、竖脊肌、胫骨前肌等等), 电极的位置依照相关参考在指定部位粘贴。贴电极前先对其局部剃毛并用 75%酒精反复擦洗, 以降低阻抗同时也增加电极的牢固性。两块记录电极修剪后分别贴在优势侧上述肌肉肌腹, 两电极中心连接线 with 肌纤

维走向一致,极间距离 2 cm,参考电极贴在附近,同时用弹性绷带对其缠绕固定但不能妨碍运动员运动。可穿戴式无线肌电仪的记录指标是各主要发力肌群积分肌电变化特征[3]。肌电信号的时域分析参数主要包括:积分肌电值、方差、标准差、均方根值、直方图、过零点数等。肌电信号的频域分析常用的指标有:中值频率、均值频率、频率范围、最高波峰频率、最高波峰幅值等[4]。时频分析的常用方法可以为:窗口傅里叶变换、Wigner-Ville 变换及连续小波变换,我们拟定选择使用小波变换对记录下的肌电信号进行分析。可穿戴式无线肌电仪的评测注意事项主要有:健身过程中尽量使用同一台仪器,从而避免因仪器使用带来的误差。对采集到的原始肌电数据、视频文件、记录的运动成绩等数据保存至电脑,进行初步整理分类并做好记录。

5. 可穿戴式无线肌电仪评测健身成效的应用领域

评测肌肉力量:肌肉收缩强度加大,肌电图的幅度增加,这个现象早已被人们认识到,但有关肌电参数尤其是肌电时域参数与肌力之间究竟是什么关系一直没有定论。许多学者的研究认为:EMG 与肌力之间存在高度相关关系。应用可穿戴式无线肌电仪可以结合最大肌肉力量和动作完成次数等指标观察肌肉收缩过程中肌电与肌肉力学参数的量化关系,从而证实肌电与肌力存在的线性关系。

评测运动性疲劳:应用 sEMG 信号分析评价肌肉疲劳的研究主要集中在时、频分析两个领域。动力性工作疲劳 SEMG 的变化与静力性工作相比较为复杂,研究结果大多不一致。大多数学者研究证实:在静力性工作时;由初始态到疲劳(或力竭)时,sEMG 的振幅值增加,功率谱向低频转移 MPF 和 MF 时间序列曲线均呈线性递减变化规律;MF、MPF 时间序列曲线下斜率值均与肌肉等长负荷持续时间有明显统计学相关。而在动力性工作疲劳时,在等长收缩中 MPF、MF 普遍下降的规律并不完全适用于动力性运动[5]。总的来看,sEMG 方法在评价运动性疲劳方面有很广泛的应用,有利于揭示肌电图特征的深层机理。

评测运动技术的合理性:研究参与某个动作肌肉的活动情况,即肌肉之间的协调关系,从训练的角度来说是运动技术的问题。肌电图可以很好的评定在某个动作中肌肉激活的先后顺序和肌肉发力的顺序和停止活动的先后顺序,这对分析运动技术是非常重要的。电-力延迟是指肌肉开始出现电活动后到人体开始产生机械运动这一段时间,主要体现在集体性需要同步配合的运动项目中。电-力延迟是一个比较重要的生理现象,它反映运动员快速动作的能力,一般来说快肌纤维的电-力延迟比慢肌纤维的要小,疲劳前要比疲劳后小。可穿戴式无线肌电仪可以通过选择一些常见的运动技术,观察在健身过程中肌肉工作的效率和肌肉的训练程度。

评测运动性损伤:健身过程中不可避免地附着着不同程度的运动性损伤,此部分讨论以关节运动性损伤为例。应用 sEMG 可以反映关节活动时各相关肌肉的参与程度和收缩能力,从而为关节运动性损伤的发生、发展和康复提供数据资料。运动性损伤后可导致关节疼痛、运动角度受限、关节囊肿大等症状。神经-肌肉因素(肌肉力量、本体感觉和肌肉的协调能力等)在关节的灵活性和稳定中发挥着重要作用。前期研究证明,肌肉收缩协调性差会使关节的活动范围超过极限而增加了软骨的负重。国外学者对蹲起动作的拮抗肌进行了 sEMG 信号监测与实时分析,结果显示拮抗肌的协同收缩率有所增加,而主动肌肌电振幅则有所下降,此结果可以间接提示膝关节周围肌力的平衡与稳定性是否异常,提示肌电信号的波幅和复合频率与肌力平衡和关节稳定性的异常具备较为显著的相关性。另外,sEMG 也是反馈治疗的常用手段,反馈治疗的原理就是把人体活动时的肌电信号经放大处理后反馈给患者和医师,从而使受试者更为有效地控制肌肉活动、强化运动效果、减少康复时间。应用可穿戴式无线肌电仪评测健身成效,可以增加在康复过程中对运动性疲劳的保护性,能够有效地规避二次损伤并加快患者的康复过程。例如,表面肌电图也是膝关节骨性关节炎恢复情况的常用评价指标,有学者发现标准化的肌电峰值可以反映膝

关节骨关节炎患者股四头肌的等长收缩能力,提示与健康人体相比膝关节骨关节炎患者有着显著的高股四头肌激活的现象[6]。有研究显示,在膝关节前交叉韧带运动性损伤后重建术中,表面肌电信号结合等速肌力测试可以准确反映股四头肌和腘绳肌的生理状态,可评价患者的康复程度和治疗成效[7]。

6. 结语

应用可穿戴式无线肌电仪进行健身成效的评测,可以及时地反映健身时局部的肌肉状态,能监测肌肉的发力顺序、肌肉的力量、肌肉的疲劳程度等,且监测过程中没有损伤性。可穿戴式无线肌电仪具备小型化、便携化特征,为实现实时监护与远程检测提供了解决方案,解决了传统肌电测量系统移动性差、易受到数据线的限制、使用维护不便等缺点[8]。这些特点迎合了广大人民群众进行科学健身的普遍要求。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,但是随着现代科学技术的进步以及大众对于个人健康管理的日趋关注,将在大众健身领域具有广阔的应用前景。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),可穿戴式无线肌电仪将朝着更小、更轻和更好的用户体验的方向发展。

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] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 李一洁.可穿戴健康医疗产品在服务设计中的应用研究[D]:[硕士学位论文].天津:天津理工大学,2017.
- [6] 邓莎莎.面向青少年运动损伤预防的膝关节保护器设计[D]:[硕士学位论文].秦皇岛:燕山大学,2021.
- [7] 李宝成,石磊,贺智裕,等.表面肌电信号在膝关节运动性损伤中的应用价值[J].体育科学进展,2020,8(1):12-16.
- [8] 李宝成,石磊,何黛,等.肌电信号在外骨骼助力机器人发展中的应用研究[J].体育科学进展,2020,8(1):1-6.