

# Application Value of Surface Electromyography Signal in Rowing Research

Yiming Wang, Lei Shi, Hao Hu, Zhiyu He, Donhua Deng

Sports Department of Xi'an Jiaotong University, Xi'an Shaanxi  
Email: shilei@xjtu.edu.cn

Received: Feb. 13<sup>th</sup>, 2019; accepted: Feb. 27<sup>th</sup>, 2019; published: Mar. 7<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

The scientific training level reflects the scientific level of special training. The surface electromyography (sEMG) signal can directly reflect the real-time state of the nerves and muscles during the movement of the body by recording the electrophysiological activity of the body muscle tissue. The application of sEMG in the field of sports has achieved certain results, and there are few studies in the training practice of rowing. The EMG measurement system based on wireless network can realize wireless transmission and analysis under the condition that the EMG signal is accurately, conveniently and quickly collected, because it has non-invasive, targeted and real-time monitoring characteristics in the human body. The research has broad application value.

---

## Keywords

Rowing, Scientific Training, Surface Electromyography, Application Value

---

# 表面肌电信号在赛艇运动研究中的应用价值

汪一鸣, 石磊, 胡浩, 贺智裕, 邓东华

西安交通大学体育部, 陕西 西安  
Email: shilei@xjtu.edu.cn

收稿日期: 2019年2月13日; 录用日期: 2019年2月27日; 发布日期: 2019年3月7日

---

## 摘要

科学化的训练监控水平体现着专项训练的科学化水平, 表面肌电(sEMG)信号可以通过记录机体肌肉组织

**文章引用:** 汪一鸣, 石磊, 胡浩, 贺智裕, 邓东华. 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. DOI: 10.12677/aps.2019.71002

的电生理活动而直接反映着机体运动时神经和肌肉的实时状态。**sEMG**在体育领域中的应用已有一定成果,而在赛艇运动训练实践中的研究较少。基于无线网络的肌电测量系统能够在保证肌电信号在被准确、便捷、快速采集的情况下实现无线传输并加以分析,因其具备无损伤性、针对性和实时性的监测特征而在人体研究中具备广阔的应用价值。

## 关键词

赛艇, 科学化训练, 表面肌电, 应用价值

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

## 1. 前言

随着社会科学技术的迅猛发展和国家科技软实力的快速提升,竞技体育、大众体育以及全民健身等科学化训练水平得到了不断地提高。赛艇运动是奥运会的金牌大户,近年来我国赛艇运动有了很大发展,取得了显著的成绩。目前关于赛艇运动训练的科学水平进步明显,但是从整体而言仍旧落后于其本身运动的技术发展水平。竞技水平的提高在很大程度上依赖于训练的科学化水平,而训练的科学化水平则取决于对运动训练的监控是否及时、准确和有效[1]。运动训练监控通过记录信息和描述训练状态,进而实现对训练计划的调整和控制作用。在计算机技术和神经生理学的发展带动下,肌电图的定量分析在运动医学领域得到了迅速推广。表面肌电(Surface Electromyography, sEMG)信号可以通过记录机体肌肉组织的电生理活动而直接反映着机体运动时神经和肌肉的实时状态(局部的机体状态、参与运动的贡献率和顺序、收缩速度和力量、疲劳程度、运动技术合理性分析、无损伤性预测等),因其无损伤性的监测特征而在人体研究中具备广阔的应用前景。

## 2. sEMG 的作用与在运动领域的相关研究

**sEMG 的采集原理及特点:** sEMG 是通过表面电极而采集到的神经肌肉系统活动时的生物电信号,是多个运动单元的动作电位在时间和空间上叠加的综合结果,肌电信号的产生机理如图 1 所示。表面肌电信号是一种稳定性很差而随机性很强的信号,其特征表现有:微弱性(一般只有 0~5 mV, 20~300 μV)、交变性(是乱序的交流电压,其幅值与产生的张力基本成正比)、对称性(由正弦波叠加形成)和低频性(频谱在 0~1000 Hz, 主要集中在 200 Hz 以下)。sEMG 的分析指标可分为时域分析与频域分析,时域分析参数包括振幅(AMP)、积分肌电值(iEMG)、均方根值(RMS)、时程(DUR)等,频域分析参数包括平均功率频率(MPF)、中位频率(MF)、中心频率(CF)等。sEMG 测试因其具有无创性和操作简便等特点在临床医学、人机工效学、康复医学和运动医学等领域而备受重视。

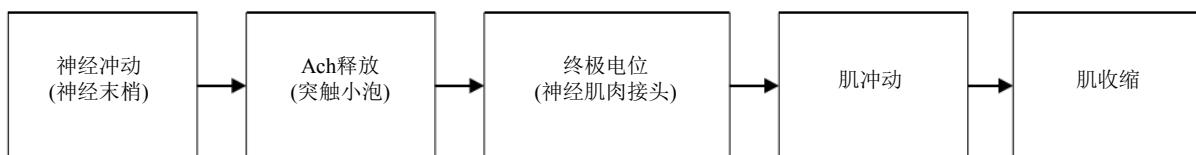


Figure 1. Schematic diagram of the mechanism of EMG signal generation

图 1. 肌电信号的产生机理示意图

**sEMG 在评价运动性肌肉疲劳中的应用研究[2]:** 很多研究发现，在静力性运动至力竭的过程中，sEMG 的振幅有所提升，MPF 和 MF 的时间序列曲线出现线性的递减趋势，其斜率值和等长收缩的延续时间具有相关性。sEMG 在动力性运动疲劳中的变化与静力性运动对比相对复杂，其相关的研究结果也不尽相同。张非若和丁嘉顺等人在上肢肌肉动力性运动疲劳的 sEMG 研究中发现[3]，肱二头肌和斜方肌的最大自主收缩百分比在比动力性运动疲劳过程中有上升现象，而 MF 和 MPF 则有所下降。张海红和王健等人在上肢活动主动肌与拮抗肌的 sEMG 观察中发现[4]，在向心屈肘关节运动过程中，主动肌的 AEMG 随肌肉收缩次数的升高而升高的变化，而拮抗肌并未出现显著升高的趋势。总而言之，sEMG 在评价运动性疲劳方面应用愈加广泛，但远未全面和统一地解释在疲劳过程中的一切肌电变化和深层机理。

**sEMG 在肌力与肌电关系方面的研究:** 应用 sEMG 观察肌肉张力与肌电振幅两者的关系早已广泛开展，大多学者发现了肌肉收缩力增加而致使肌电图幅值升高的现象。然而一些具体的肌电指标变化和肌肉力量的联系一直以来存在争论。有些学者的发现 iEMG 与肌力之间的相关性很高(如在人体股四头肌收缩的研究中发现肌力和肌电参数呈现了线性关系)，而也有学者的研究认为肌力和 iEMG 之间的定量测量和分析存有较大误差，其线性关系证据不足。

**sEMG 在肌纤维类型方面的研究:** 上述对运动疲劳的研究同时也涉及了对肌纤维类型的研究，比如运动至力竭时比目鱼(典型的以慢肌纤维为主的肌肉) iEMG 的变化不明显，而腓肠肌(典型的以快肌纤维为主的肌肉)iEMG 的变化则非常明显；以快肌纤维为主的肌肉，其 MPF 值较大，随运动疲劳而显著减少，以快肌纤维为主的肌肉其 MPF 值没有显著减少。

**sEMG 在运动技术的合理性与运动选材方面的研究:** 从训练的角度而言，参与某个技术环节的肌肉协调关系是运动技术的关键因素。非专业者或是初学者在完成某个专业技术动作时，由于有多余用力的现象，参与运动的肌肉放电活动表现为不统一、不协调。相反，训练水平很高的专业选手在完成相同的技术环节过程中，参与运动的肌肉放电活动则表现为放电比较规律、统一协调，而与运动无关的肌肉放电现象则明显减少。因此，sEMG 在技术环节中肌肉被激活的先后顺序和贡献率方面具有很强的应用价值，这对肌肉工作的机制分析、训练水平和效率评价非常重要。另外，sEMG 还可以通过观察机体运动时的电 - 力延迟等指标在运动选材方面体现着应用价值，如在赛艇的多人搭配中为选材提供科学的数据资料。

**sEMG 的市场产品现状:** 目前国外产品在 sEMG 的应用中占据着主导位置，经过了长期的发展较为全面地解决了对原始肌电信号的放大和采集分析。Thought Technology 公司(加拿大)是 sEMG 应用测试产品的全球领跑者，其肌电信号的采集和分析放大技术已经为行业标准。Noraxon 公司(美国)研发了 Myo System 系统，可以用于测定肌肉运动电位的多个参数数据，其产品在低噪声方面独具优势。Bio Semi 公司(荷兰)研制的 Active Two system 产品拥有 80 个通道和 24 位的解析度，在数据采集的全面程度方面优势明显。伴随着信息技术的发展，我国的 sEMG 技术也获得了进一步发展的机会，最新的产品是 Pclab 系统，其软件分析和硬件采集两个体系均达到国际的先进水平构成的。

### 3. sEMG 在赛艇运动应用中的相关研究

赛艇是一项周期性运动，一个划桨周期包括提桨入水、水中拉桨、按桨出水与空中推桨四个节段。赛艇运动划桨的动作技术指标主要有频率、节奏距离和速度等。关于赛艇运动的传统研究手段有：录像系统的研究方式、实船系统的研究方式和测功仪系统的研究方式等。作为一种新兴的研究手段，sEMG 将先进的无线传输网络应用于赛艇运动，摆脱有线信号传输的困扰(导线易缠绕、易断、距离短)，在对促进赛艇运动训练监控更准确和及时有效方面具备独特的应用价值。因此，虽然目前 sEMG 在赛艇运动训练实践中的研究较少，但有越来越多的学者在此方面做出了一些有价值的探索性的应用研究。

蔡凌丽等人在赛艇选手下肢运动的 sEMG 研究发现[5], 运动员开始蹬伸时最先被激活的是胫骨前肌, 其次是腓肠肌和股四头肌。随着运动时间的延长, 下肢各肌肉放电量差别变大; 右侧腿在蹬伸运动时所做功较左侧腿多, 胫骨前肌的平均 IEMG 值均比腓肠肌和股四头肌大(T2 段腓肠肌除外); IEMG 的值随着时间的延续基本呈上升趋势。MF 和 MPF 值均随着运动时间的延长而增大。刘建红等人在赛艇运动员积分肌电定量分析中发现[6], 运动员股直肌、肱二头肌及背阔肌的 iEMG 值随着运动强度的增加而增加, 且与运动强度均呈明显的正相关; 股直肌和背阔肌的神经肌电变化随着运动强度的增加, 出现明显的 iEMG 增加的拐点, 而肱二头肌则无明显拐点; 在赛艇训练中, 股直肌的 iEMG 随着运动强度的增加, 其所占股直肌、肱二头肌及背阔肌三者总 iEMG 值的比例增加; 而肱二头肌和背阔肌的比例则有所下降。麻文慧等人对赛艇运动的生物力学分析发现[7], 在一个动作周期中, 肱二头肌和三角肌用力比较大, 其次是股四头肌内侧头, 胫骨前肌最后是竖脊肌和背阔肌, 在整个动作中股四头肌内侧头放电持续时间最长; 一个完整的动作是从蹬伸脚(胫骨前肌)开始, 然后蹬伸膝关节(股四头肌), 之后是背伸(竖脊肌), 拉开上臂(背阔肌), 最后带动的是收上臂(三角肌后束), 屈肘(肱二)等一连串动作。形成由下向上、由远端到低端的动力链; 随着运动强度的增加和疲劳的出现 iEMG 值出现下降趋势, MF 和 MPF 也呈下降趋势, 但是在最后冲刺阶段 iEMG 值、MF 和 MPF 都有所上升, 在整个 2000 m 运动过程中背部肌肉背阔肌和竖脊肌疲劳最明显。

**赛艇肌电无线测量系统的总体要求:** sEMG 在运动训练的监控中能及时的反映运动员训练时局部肌肉状态, 且监测过程中没有损伤性。而无线传感器网络更是可以及时有效地检测机体的生命体征, 解决了传统肌电测量系统移动性差且易受到数据线的限制等缺点。基于无线网络的肌电测量系统在灵活性、实时性、远距离可操作性上使整个测量系统的性能大大提升。目前对无线传感器网络的研究已被国内外的研究机构和厂家列为主要科技攻关项目, 美国加州大学的 Smart Dust 系统在对无线传感器网络节点化的研制中独树一帜, 国内对无线传感器网络的研究也在逐步展开。因此, 今后赛艇肌电无线测量仪的研发, 将在极大程度上提高对赛艇训练监控的针对性、实时性和安全性。

## 4. 结论

综上所述, 科学化的训练监控水平体现着专项训练的科学化水平, 目前赛艇运动的常用指标(如心率、最大摄氧量、无氧阈、最大乳酸值、血清睾酮、血清肌酸激酶等)多为对整体的机能评价且具有一定的损伤性、延迟性和滞后性。sEMG 因其无创性和操作简单而易于被受试者接受, 基于无线网络的肌电测量系统能够在保证肌电信号在被准确、便捷、快速采集的情况下实现无线传输并加以分析, 可以反映整体和局部的肌电信号的变化。sEMG 在体育领域中的应用已有一定成果, 而在赛艇运动训练实践中的研究较少。赛艇肌电无线测量仪具备针对性、实时性和安全性的先进特征, 因此, 对赛艇肌电无线测量仪进行开发和研究, 具有很强的应用价值, 可以为科学训练的发展提供新的思路, 同时将会拥有较为深远的社会经济效益。

## 基金项目

陕西省重点研发计划项目(No. 2017KW-030)。

## 参考文献

- [1] 田野. 男子赛艇运动员常用训练手段测试时积分肌电特征的研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 首都体育学院, 2012: 3-7.
- [2] 唐桥. 男子赛艇运动员划桨技术表面肌电特征的研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 首都体育学院, 2012: 5-11.
- [3] 张非若, 丁嘉顺, 戴文涛. 重复作业上肢肌肉疲劳的表面肌电实验研究[J]. 工业卫生与职业病, 2007, 33(1): 5-8.

- [4] 张海红, 王健. 单侧肢体运动对对侧肌肉肌电频率的影响[J]. 体育科学, 2008, 10(28): 49-52.
- [5] 蔡凌丽. 运用测功仪测试赛艇运动员下肢 SEMG 特征之研究[J]. 辽宁体育科技, 2009, 6(31): 33-34.
- [6] 刘建红, 王奎, 周志宏. 赛艇运动员递增负荷运动中股直肌、肱二头肌和背阔肌积分肌电定量分析[J]. 中国运动医学杂志, 2007, 4(26): 472-475.
- [7] 麻文慧, 范家成, 周越. 赛艇运动员 2000 m 测功仪测试中主要用力肌群的表面肌电特征[J]. 研究湖北体育科技, 2014, 12(33): 1075-1078.

---

**Hans 汉斯**

知网检索的两种方式:

1. 打开知网首页 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2334-3400, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱: [aps@hanspub.org](mailto:aps@hanspub.org)