

# 表面肌电图在神经肌肉功能评定中的应用

郑洁皎, 胡佑红, 俞卓伟

[摘要] 表面肌电图(sEMG)是一种无创功能测评方法,通过记录运动时肌肉肌电图的振幅、频率等指标的变化,反映肌肉功能的水平。笔者对脑卒中患者运动时 sEMG 信号的研究进行综述,旨在为选择脑卒中后神经肌肉康复训练的方法提供科学依据。

[关键词] 表面肌电图;肌肉疲劳;脑卒中;综述

**Application of Surface Electromyography in the Estimate of Neural muscle Function (review)** ZHENG Jie-jiao, HU You-hong, YU Zhuo-wei. The Rehabilitation Department of Huadong Hospital, Shanghai 200040, China

**Abstract:** The surface electromyography (sEMG) is the noninvasive method which can record and measure the changes of local muscle activities. The sEMGs amplitude and frequency signal will change with muscular movement. sEMG application in present study on muscle fatigue is a reliable predictor of muscle functional level. The researches on the sEMG signals changes of limb muscles of hemiplegic patients will take a important role in providing scientific evidence for the neural rehabilitation training after stroke.

**Key words:** surface electromyography (sEMG); muscle fatigue; stroke; review

[中图分类号] R741.044 [文献标识码] A [文章编号] 1006-9771(2007)08-0741-02

[本文著录格式] 郑洁皎,胡佑红,俞卓伟. 表面肌电图在神经肌肉功能评定中的应用[J]. 中国康复理论与实践, 2007, 13(8): 741-742.

表面肌电图(surface electromyography, sEMG)是从肌肉表面记录的神经肌肉系统活动时生物电变化的一维时间序列信号,能够反映神经肌肉的活动状态,在康复医学中的神经肌肉功能评定<sup>[14]</sup>、体育科学中的疲劳判定<sup>[2]</sup>等方面具有重要的实用价值。

## 1 sEMG的基本问题

**1.1 肌电信号源** sEMG的信号是通过表面电极从被检测肌肉的皮肤表面引导而获得的神经肌肉系统活动时的生物电时间序列信号。该信号源自大脑皮质运动区,形成于众多外周肌肉运动单位电位的总和,即运动单位电位(motor unit action potential, MUAP)。大量的运动单位同时兴奋则电位募集(motor unit recruitment)。电流通过人体组织到达皮肤,再通过记录电极、放大器显示。

**1.2 sEMG常用的分析指标** sEMG分析主要包括时域分析和频域分析。常用的时域分析指标包括肌电积分值(integrated electromyography, IEMG)、平均肌电值(average EMG, AEMG)、均方根值(root mean square, RMS)等;频域分析指标包括平均功率频率(mean power frequency, MPF)、中位频率(media frequency, MF)等。其中 IEMG 是指在一定时间内肌肉中参与活动的运动单位放电总量,在时间不变的前提下该值可反映运动单位的数量多少和每个运动单位的放电大小<sup>[1]</sup>; AEMG 是反映 sEMG 信号振幅变化的特征性指标,其变化主要反映肌肉活动时运动单位激活的数量、参与活动的运动单位类型以及其同步化程度,与不同肌肉负荷强度条件下的中枢控制功能有关; MPF 是反映信号频率特征的生物物理指标,其高低与外周运动

单位动作电位的传导速度、参与活动的运动单位类型以及其同步化程度有关<sup>[1]</sup>; MF 是指骨骼肌收缩过程中肌纤维放电频率的中间值,在正常情况下人体不同部位骨骼肌之间的 MF 值高低差异较大,主要受肌肉组织中的快肌纤维和慢肌纤维的组成比例的影响,即快肌纤维兴奋主要表现高频放电,慢肌纤维则以低频电位活动为主<sup>[5]</sup>。

## 1.3 影响 sEMG 的因素

**1.3.1 噪音干扰** sEMG 受到的干扰主要来自电源和心电信号。电源干扰可以通过增大受试者与仪器之间的距离而减少。而心电信号比肌电信号强,且持续存在,由于其对身体左侧的影响大,所以在正常受试者常见放松时 sEMG 信号左右不对称的现象。心电干扰可以通过缩小两个记录电极之间的距离而减少<sup>[7]</sup>。

**1.3.2 电阻影响** 皮肤表面的分泌物等增加了皮肤的电阻,使 sEMG 信噪比下降,因此在做 sEMG 检测时需尽量降低皮肤的电阻。常采用的方法是用 75% 的酒精脱脂,让酒精挥发后再粘贴记录电极,牢固固定,同时尽量缩短导线的长度。

**1.3.3 脂肪组织** 皮下脂肪组织越厚, sEMG 信噪比越低,且脂肪层厚度对等长收缩的影响大于等张收缩和等速收缩。脂肪组织对 sEMG 的影响在肌肉放松时较肌肉运动时大,但不影响双侧对称性。

**1.3.4 采样时的姿势** 无论是等长收缩时采样还是运动过程中采样, sEMG 的结果均会受到姿势的影响。因此,采样应建立在解剖中立位的基础上。

**1.3.5 电极移动** 进行 sEMG 检测时,应按肌肉的走行安放电极,两记录电极的连接尽量与肌纤维平行。但在患者运动过程中,电极很容易发生微小的移位,并在电极局部产生电位。这种电极移位所产生的干扰只有在原始信号墨迹图中才能和肌电图信号区分。可以使用漂浮电极减少这种干扰。

**1.3.6 容积传导** 容积传导是指记录目标肌肉肌电波的同时记录到距离电极很远的肌肉运动所产生的肌电波。故 sEMG

基金项目:上海市科委重点项目:脑卒中致残机理及防治的基础研究(No. 06JC14027)

作者单位:复旦大学附属华东医院,上海市 200040。作者简介:郑洁皎(1953-),女,上海市人,主任医师,教授,硕士研究生导师,主要研究方向:老年病康复、脑卒中康复。

检测应多点采样,检测前应仔细分析与目标肌肉运动有关的其他肌肉,将原动肌、拮抗肌、协同肌作为一个运动单元来考虑,这样可以防止结果的片面性。

1.3.7 性别与年龄 在动态采样过程中,肌电信号的募集水平随年龄的增大而降低,但静态采样时这种差别消失。而肌肉放松时的肌电情况与性别有关。

## 2 sEMG 的临床应用

由于 sEMG 检测具有非损伤性,特别是信号的变化与中枢控制以及肌肉本身的生理过程有必然的联系,因此临床上多用于检测肌肉的疲劳度和评价脑卒中患者神经肌肉系统的功能状态,也用于其他相关疾病的诊断和疗效评定<sup>[7-10]</sup>。

2.1 疲劳评定 sEMG 目前最常用于疲劳评定。临床上常用肌力等评价疲劳,但疲劳与许多主观因素有关。sEMG 分析肌肉的 IEMG、MPF 和 MF 等指标,较肌力更加科学、客观。肌肉疲劳时 IEMG 或 RMS 随运动时间延长而增加,但这种增加是否呈线性关系,却有不同结果<sup>[11]</sup>。sEMG 频域指标反映肌肉疲劳的效果优于时域指标<sup>[12]</sup>。不论是静态运动还是动态运动,肌肉疲劳时频谱皆左移,MPF 和 MF 值下降。王健通过对 32 名青年男性大学生进行竖脊肌等长运动负荷试验和肱二头肌等长负荷试验发现,MPF 和 MF 时间序列曲线均呈线性递减变化规律,MPF 和 MF 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性<sup>[13]</sup>。但到目前为止,还没有建立一个用于疲劳程度客观量化和比较的指标。

2.2 脑卒中患者神经肌肉系统功能评定 脑卒中患者神经肌肉功能状态及其康复效果评价是目前康复医学基础研究和临床应用的重要问题。长期以来,一直使用的肌力分级评定和肌肉痉挛度评定等方法,由于检测效度的主观性和检测结果难以精确定量而受到限制。sEMG 信号的振幅、频率等特征的特异性变化取决于运动单位募集和同步化等中枢控制因素以及肌肉兴奋传导速度等外周因素的共同作用。由于这些因素与脑卒中偏瘫状态机体中枢神经控制功能障碍密切相关,故采用 sEMG 信号分析技术研究脑卒中偏瘫患者神经控制机制、患肢肌肉痉挛度评价以及康复疗效评价等,近年来已经成为康复医学研究的一个重要领域。

以往的研究发现,脑卒中患者因高位神经控制中枢损害以及外周肌肉废用性萎缩等原因,导致患肢肌肉的 II 型肌纤维大量萎缩, I 型肌纤维比例相对增加,肌肉无氧代谢能力下降,因而将 II 型运动单位活动相对减少和 I 型肌纤维活动相对加强视为 AEMG 和 MPF 特异性变化的原因<sup>[5]</sup>。齐瑞等发现,轻偏瘫或处于恢复期的脑卒中患者进行肘关节屈、伸最大等长收缩时,屈肘时 IEMG 主动肌肱二头肌健侧明显大于患侧,肱三头肌健侧差异无统计学意义;而伸肘时 IEMG 拮抗肌肱二头肌患侧明显大于健侧,肱三头肌健侧大于患侧<sup>[15]</sup>。该研究为解释脑卒中患者容易出现肘屈肌群痉挛提供了肌电证据,也提示脑卒中偏瘫患者康复训练应以增强肘伸肌的肌力和抑制拮抗肌同时收缩为重点。另有研究表明,恢复期脑卒中患者的健侧上肢也存在肌电信号异常<sup>[16]</sup>。戴慧寒等通过对脑卒中患者和正常对照组利用静态运动负荷诱发上肢肘关节屈肌和下肢膝关节伸肌收缩的研究,分别检测四肢肌肉 AEMG 和 MPF 信号,通过比较脑卒中患者患肢、健肢和正常对照组有关运动肌肉肌电信号分析指标对不同负荷重量的反应,发现观测肌肉分组和

负荷重量对 AEMG 和 MPF 时间序列曲线的斜率变化均无明显作用,而对部分上下肢被检肌肉 AEMG 和 MPF 均值有显著作用<sup>[17]</sup>。这提示外周疲劳因素可能不是造成 AEMG 和 MPF 均值变化的原因,而中枢控制则是有待进一步研究的重要因素,并且该研究条件下获得的 AEMG 和 MPF 时间序列曲线斜率不能有效反映被检肌肉的功能状态,而 AEMG 和 MPF 均值则能对脑卒中患者患肢部分被检肌肉的功能状态进行有效评价。

以上研究虽初步探讨了脑卒中患者 sEMG 信号活动的一般振幅和频率特征,但脑卒中患者在不同负荷阻力条件下 sEMG 信号活动以及患者患侧、健侧之间联合反应的 sEMG 信号特征等有关问题仍值得深入研究。

## 3 sEMG 的局限性

sEMG 的出现为临床提供了一种安全无创的神经肌肉功能状况检查手段,可以指导患者进行神经、肌肉功能训练。但 sEMG 也存在自身无法解决的问题,如所用的电极较大,对形态较小的肌肉无法准确分析;目前采样仅局限在表层肌群,无法掌握深层肌肉的运动功能情况等。

## [参考文献]

- [1] 杨坚,张颖. 表面肌电图在神经肌肉病损功能评估中的应用[J]. 中国临床康复, 2004, 8(22): 4580—4581.
- [2] 杨晓晔,熊开宇. 积分肌电对青年男子股四头肌的疲劳评价[J]. 沈阳体育学院学报, 2004, 23(3): 384—386.
- [3] 崔玉鹏,洪峰. 表面肌电图在人体运动研究中的应用[J]. 首都体育学院学报, 2005, 17(1): 102—104.
- [4] 王健,金小刚. 表面肌电信号分析及其应用研究[J]. 中国体育科技, 2000, 36(8): 26—28.
- [5] 王国祥,刘殿玉. 等速运动中肌氧含量及其表面肌电图中位频率的变化特点[J]. 广州体育学院学报, 2004, 24(2): 38—40.
- [6] 余洪俊,刘宏亮,陈蕾. 表面肌电图的发展与应用[J]. 中国临床康复, 2002, 6(5): 720—721.
- [7] 吴文,黄国志,刘湘江. 表面肌电图用于腰椎间盘突出症疗效评定的研究[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2002, 24(9): 551—553.
- [8] 王湘,姚树桥,王晓晨. 表面肌电图在纤维肌痛综合征诊断及治疗中的应用[J]. 中国临床康复, 2002, 6(6): 846—847.
- [9] 张琦,吴贤发. 表面肌电仪对髌股疼痛综合征患者膝关节肌电活动的分析[J]. 中国康复理论与实践, 2006, 12(12): 1041—1042.
- [10] 罗盛飞. 慢性腰痛患者椎旁肌的表面肌电图变化[J]. 中国康复, 2006, 21(2): 142—143.
- [11] 罗小兵,马建. 肌电图在运动性肌肉疲劳研究中的应用现状[J]. 成都体育学院学报, 1999, 25(4): 66—70.
- [12] 扬丹. 等长负荷诱发肱二头肌疲劳过程中 sEMG 信号变化[J]. 体育与科学, 2000, 21(5): 27—28.
- [13] 王健. 静态负荷肌肉疲劳过程中表面肌电图功率谱转移特征[J]. 中国运动医学杂志, 2001, 20(2): 199—201.
- [14] Gerdle B, Hennksson-Larson K, Lorentzon R, et al. Dependence of the mean power frequency of the electromyogram on muscle force and fiber type[J]. Acta Physiol Scand, 1991, 142: 457—465.
- [15] 齐瑞,严隽陶,房敏,等. 脑卒中偏瘫患者肱二、三头肌表面肌电特征的研究[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2006, 28(6): 399—401.
- [16] 朱燕,齐瑞,张宏,等. 恢复期脑卒中患者肘屈伸肌群最大等长收缩的表面肌电图研究[J]. 中国康复, 2006, 21(5): 308—310.
- [17] 戴慧寒,王健,杨红春,等. 脑卒中患者四肢肌肉的表面肌电信号特征研究[J]. 中国康复医学杂志, 2004, 19(8): 581—587.

(收稿日期: 2007-02-25)