

·述评·

康复医学领域的表面肌电应用研究

王 健¹ 金德闻²

王 健 教授

浙江大学体育科学与技术研究所

副所长

本期特约执行编委

表面肌电(surface electromyography, sEMG)信号是神经肌肉系统在进行随意性和非随意性活动时的生物电变化经表面电极引导、放大、显示和记录所获得的一维电压时间序列信号,其振幅约为 0—5000 μ V,频率 30—350Hz,信号形态具有较强的随机性和不稳定性。与传统的针式肌电图(needle electromyography, NEMG)相比,sEMG 的空间分辨率相对较低,但是探测空间较大,重复性较好^[1-2]。基础研究表明,sEMG 信号源于大脑运动皮层控制之下的脊髓 α 运动神经元的生物电活动,形成于众多外周运动单位电位在时间和空间上的总和,信号的振幅和频率特征变化取决于不同肌肉活动水平和功能状态下的运动单位活动同步化、肌纤维募集,以及和肌纤维兴奋传导速度下降等生理性因素以及探测电极位置、信号串线(cross talk)、皮肤温度、肌肉长度,以及肌肉收缩方式等测量性因素的共同作用。在控制良好的条件下,上述 sEMG 信号活动的变化在很大程度上能够定量反映肌肉活动的局部疲劳程度、肌力水平、肌肉激活模式、运动单位兴奋传导速度、多肌群协调性等肌肉活动和中枢控制特征的变化规律^[3-4],因而对于康复医学临床和基础研究等具有重要的学术价值和应用意义。

1 sEMG 在慢性非特异性腰痛诊治中的应用

慢性非特异性腰痛(chronic non-specific low back pain,CNLBP)的致病原因较多,病理机制复杂,但是各种原因的 CNLBP 均在不同程度上与维持脊柱稳定的腰部肌肉,尤其是多裂肌萎缩和收缩能力下降有着互为因果的关系。目前,sEMG 在此领域的应用研究主要涉及 CNLBP 患者的腰部肌肉功能和康复疗效评价。研究发现,在基于 Biering-Sorensen 运动试验及其类似的腰部等长运动负荷试验中,由于存在双侧竖脊肌与臀部肌肉的负荷共享效应,因此难以准确反映其信号活动的真实情况,从而形成多种不同的研究结果。相反,若以能够精确控制腰部肌肉活动范围且进行等惯性力运动的动态运动负荷试验进行研究,则发现 CNLBP 患者与正常人之间在 sEMG 信号的频率、复杂度和有序性等多种线性和非线性特征指标上存在明显差异,由此决定的有效诊断率高达近 80%。此外,在此运动负荷条件下,研究人员还发现主动运动康复治疗较之以往的被动康复治疗具有更好的疗效^[5-7]。

2 sEMG 在脊柱侧凸诊治中的应用

椎旁肌病理改变及其与脊柱侧凸,尤其是特发性脊柱侧凸发病与康复治疗的关系是几年来临床医学和康复医学领域关注的重大课题,其中,椎旁肌本体感觉神经支配缺陷,以及由此引起的肌肉发育不良、肌纤维类型百分构成改变和功能不对称是备受关注的主要理论假设之一。sEMG 因其具有良好的探测局部性,以及对局部肌肉运动单位活动的功能水平和状态相对较高的敏感性而成为该领域研究主要工具。目前,sEMG 用于脊柱侧弯患者椎旁肌功能不对称性评价研究的主要分析指标包括:均方根值(root mean square, RMS)、IEMG(integrated electromyography)或平均肌电值(averaged electromyography, AEMG)(反映局部肌肉运动单位动员或者募集),中位频率(media frequency, MF)或者平均功率频率(mean power frequency, MPF)下降率(反映局部肌肉疲劳),RMS/force、IEMG/force 或者 AEMG/force 比值(反映神经肌肉效率),MF/force 或者 MPF/force 比值(反映局部肌肉肌纤维百分构成)等。研究发现,脊柱侧弯患者在弯曲的凸侧和凹侧,以及与正常对照之间在信号活动的振幅等多项指标上有明显差异^[8-10]。

3 sEMG 在脑卒中患者神经肌肉功能状态及其康复效应评价中的应用

脑卒中患者神经肌肉功能状态及其康复效应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价、肌肉力量检测和肌肉痉挛度检测等方法,由于检测效度的主观性、检测结果难以精确定量,以及检测仪器昂贵等而普遍受到置疑和限制。而 sEMG 信号分析因其能够在一定的程度上反映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状态下机体上位神经控制功能障碍密切相关,故采用 sEMG 信号分

1 中国-芬兰表面肌电合作研究中心,浙江大学体育科学与技术研究所,杭州,310028

2 清华大学精密仪器系与机械学系,智能与生物机械研究分室

作者简介:王健,工学博士,教授,博士生导师,浙江大学中国-芬兰肌电图合作研究中心主任,浙江大学体育科学与技术研究所副所长

收稿日期:2005-09-12

析技术评价脑卒中患者神经肌肉系统功能状态成为近年来康复医学研究的一个重要领域。国内外学者的研究发现,就短时肌肉活动的 sEMG 信号活动而言,与健肢肌肉相比,患侧上肢肱二头肌在静息状态下的 RMS 明显增高,患侧下肢股外肌 RMS 明显降低;而在对抗重力收缩条件下,无论上肢还是下肢肌肉的 RMS 均明显低于健侧^[11-12]。此外,根据运动负荷诱发肌肉疲劳过程中 sEMG 信号 MPF 线性下降的事实,研究还发现疲劳运动试验过程中脑卒中患者患侧胫骨前肌的 MPF 无论初试值还是平均值均明显低于健侧;另外,健侧肌肉 MPF 的下降速度快于患侧;患肢拮抗肌的拮抗收缩度明显高于健肢。以上研究虽发现了脑卒中患者 sEMG 信号活动的一般振幅和频率特征,但就脑卒中患者不同部位肌肉在对抗外力活动时的基本活动规律,以及康复治疗效应等尚缺乏必要的认识。

4 sEMG 在帕金森病诊治中的应用

帕金森病是一种常见于老年人的中枢神经系统变性疾病,以震颤、肌僵直和运动减少为主要临床表现,主要病理改变为黑质-纹状体多巴胺神经元进行性变性和死亡,同时伴有嗜酸性的 Lewy 小体出现,纹状体多巴胺含量减少,引起大脑运动控制功能紊乱。多年来帕金森病的诊断主要依靠临床症状,这对诊断中晚期病例具有较高的敏感度,但早期临床诊断往往非常困难。为此,国内外学者一直在寻找早期确诊该病的客观依据,以达到早期和亚临床期诊断,提前进行神经保护和治疗。

sEMG 信号分析是目前神经科学研究神经肌肉控制的基本手段之一。临床研究发现,帕金森病患者肌肉活动时具有不同于正常人的 sEMG 信号活动特征,主要表现为:相同强度的肌肉活动时 sEMG 信号活动水平明显降低;持续性运动负荷试验过程中 sEMG 信号的平均功率频率下降速度明显减慢;簇状放电现象(burst discharge)和 40Hz 频率缺失现象(loss of 40Hz oscillation)^[13-15]。以上研究结果表明,发生在大脑基底神经结的病理改变能够在 sEMG 信号活动上得以有效反映,这一改变为建立帕金森病早期诊断和疗效评价方法提供了重要的线索。然而,sEMG 信号是结构复杂和功能精细的神经肌肉系统活动时众多 MUAP 总合形成的,信号本身具有较强的非线性特点,故仅以传统的线性变化尚不足以刻画帕金森病患者 sEMG 信号变化的全部特征和本质特征。采用当代 sEMG 信号线性和非线性分析技术,结合脑 SPET、PET 成像和传统临床检查方法,研究帕金森病患者肌肉活动的 sEMG 信号特征及其与患者大脑基底神经节多巴胺能神经元变性,以及各种临床表现和临床治疗作用之间的关系是目前该领域研究的主要发展趋势。

参考文献

- [1] Pullman SL, Goodin DS, Marquinez AI, et al. Clinical utility of surface EMG[J]. Neurology, 2000,55:171—177.
- [2] Farina D, Merletti R, Enoka RM. The extraction of neural strategies from the surface EMG[J]. J Appl Physiol, 2004,96:1486—1495.
- [3] Duchêne J, Hogrel JY. A model of EMG generation[J]. IEEE Transactions on biomedical engineering, 2000,47(2):192—201.
- [4] Hagg GM. Interpretation of EMG spectral alterations and alteration indexes at sustained contraction [J]. J Appl Physiol, 1992,73(4):1211—1217.
- [5] Peach JP, McGill SM. Classification of low back pain with the use of spectral electromyogram parameters[J]. Spine, 1998,23(10):1117—1123.
- [6] Kankaanpää M, Taimela S, Webber CL Jr, et al. Lumbar paraspinal muscle fatigability in repetitive isoinertial loading: EMG spectral indices, Borg scale and endurance time[J]. Eur J Appl Physiol, 1997,76(3):236—242.
- [7] 王健, 方红光, Kankaanpää M. 基于腰部肌电信号变化的慢性下腰痛诊断和康复疗效评价[J]. 航天医学与医学工程, 2005,18(4):287—292.
- [8] Cheung J, Halbertsma JP, Veldhuizen AG, et al. A preliminary study on electromyographic analysis of the paraspinal musculature in idiopathic scoliosis[J]. Eur Spine J, 2005,14(2):130—137.
- [9] Odermatt D, Mathieu PA, Beausejour M, et al. Electromyography of scoliotic patients treated with a brace [J]. J Orthop Res, 2003,21(5):931—936.
- [10] Zetterberg C, Björk R, Örtengren R, et al. Electromyography of the paravertebral muscles in idiopathic scoliosis. Measurements of amplitude and spectral changes under load[J]. Acta Orthop Scand, 1984,55(3):304—309.
- [11] 郑玉慧, 詹瑞棋, 江宁, 等. 脑卒中病人肌肉痉挛状态之肌电评价[J]. 中华复健杂志, 1994,22(2):91—97.
- [12] Dalla TE, Sparafalione D, Pistorio A, et al. Myoelectric manifestations of muscle changes in stroke patients [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2001,82:661—665.
- [13] Lukhanina EP, Kapoustina MT, Karaban IN. A quantitative surface electromyogram analysis for diagnosis and therapy control in Parkinson's disease[J]. Parkinsonism Rel Disord, 2000,6:77—86.
- [14] Strambi S, Rossi B, De Michele G, et al. Effect of medication in Parkinson's disease: a wavelet analysis of EMG signals [J]. Med Eng Phys, 2004, 26:279—290.
- [15] Sturman MM, Vaillancourt DE, Metman LV, et al. Effects of subthalamic nucleus stimulation and medication on resting and postural tremor in Parkinson's disease[J]. Brain, 2004, 127:2131—2143.