

表面肌电图在腰背痛临床研究中的应用

卫杰¹, 赵平¹, 周卫²

(1. 空军总医院中西医结合正骨科, 北京 100036 2. 中国中医科学院望京医院)

【摘要】 腰背痛发病率高, 与肌肉骨关节功能紊乱等病变有关系, 目前应用的影像学检查, 不能动态反映病情变化情况, 临床诊治过程中缺乏客观评价指标。表面肌电图作为一种无创动态检测手段, 可以动态定量检测椎旁肌生理病理状态。对腰背痛的诊断灵敏度和特异性达到 70% ~ 80%, 诊断效能可在 0.5 以上。椎旁肌表面肌电测量是客观评价腰背痛椎旁肌功能的一种可靠的检测手段。

【关键词】 表面肌电图; 腰背痛; 关节功能紊乱; 综述文献

Application of surface electromyography in clinical study of low back pain WEI Jie^{*}, ZHAO Ping, ZHOU Wei^{*} Department of Orthopaedics of Integrated Traditional and Western Medicine, the Air Force General Hospital Beijing 100036 China

ABSTRACT High incidence of low back pain (LBP) has appeared in recent years. Musculoskeletal dysfunctions have been identified as a cause of LBP, tests such as X-ray, CT and MRI are not specific to patients with LBP, there is no objective evaluating standard in clinical work. Surface electromyography (sEMG) is non-invasive and simple method to evaluate physiological and pathological state of paraspinal muscle. The average sensitivity and specificity are 70% ~ 80%, efficacy of diagnosis more than 0.5. sEMG of paraspinal muscle is a reliable and objective method to evaluate low back pain.

Key words Surface electromyography; Low back pain; Joint function disorder; Review literature

Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma 2007, 20(10): 723-725 www.zggsczz.com

腰背痛 (low back pain, LBP) 是一种常见病和多发病, 其基本特点就是腰背疼痛和运动功能障碍, 肌肉骨骼系统功能紊乱是其病因之一。目前 LBP 的诊断主要依靠患者自诉、物理检查、影像学检查。而腰背肌功能特别是动态功能的评价缺少客观指标。近年来, 许多学者选用表面肌电图对 LBP 患者进行研究, 取得一定的成果。表面肌电图^[1] (surface electromyography, sEMG) 又称动态肌电图 (dynamic electromyography), 是从被检测肌肉皮肤表面, 引导和记录到的肌肉活动时神经肌肉系统生物电变化的一维时间序列信号。sEMG 技术是一种无创检查, 能动态监测肌肉收缩时电生理活动; 定量分析肌肉功能状态。本文回顾了近年来应用 sEMG 研究 LBP 的相关文献, 对常用指标及意义、相关研究成果及测量方法的评价等几方面进行综述。

1 LBP 临床研究中常用的 sEMG 指标及生理意义

sEMG 指标和针极肌电图指标类似, 主要有时域分析指标和频域分析指标。常用的时域分析指标有积分肌电值 (integrated electromyogram, iEMG) 和均方根值 (root mean square, RMS)。这些指标将肌电信号看作时间的函数, 计算信号均值、幅值直方图等统计指标来反映信号振幅在时间维度的变化。Onish 等^[2]的研究认为, 肌肉随意静力收缩时, 用 sEMG 测定的肌电积分值与肌力和肌张力呈正相关。

频域分析指标主要有平均功率频率 (mean power frequency, MPF) 和中位频率 (median frequency, MF) 及中位频率斜率 (median frequency slope, MFS)。是通过自相关函数做快速傅立叶变换, 据功率谱密度 (power density spectrum, PDS) 确定 sEMG 中不同频段信号分布情况。频域指标在疲劳分析研究中应用较多。

sEMG 指标变化与骨骼肌组织学和生理学关系: 人体骨骼肌纤维主要有 2 种成分, I 型肌纤维和 II 型肌纤维。I 型肌纤维是慢收缩纤维, 以低频电位活动为主, 主要作用为保持耐力, 维持机体的生理姿势和完成某些精细活动^[3-4]。II 型肌纤维是快收缩纤维, 兴奋主要表现为高频放电, 特点为快速反应, 产生力量快、工作时间短, 完成机体快速粗大的运动, 在较短的时间内易产生乳酸堆积。正常情况下, 人体不同部位骨骼肌肌肉组织中的 II 型和 I 型肌纤维组成比例不同, 低强度运动, 即小于 20% 最大自主收缩状态 (maximum voluntary contraction, MVC) 时, 以 I 型肌纤维活动为主, 随运动时间的持续或运动强度增加, 肌纤维募集形式也会逐渐过渡到以 II 型肌纤维为主; 高强度运动 (大于 50% MVC) 时, 肌肉由无氧供能过渡到有氧供能的时间也越短, I 型肌纤维被募集比例也会越来越大, MF 逐步降低。这就使同一个体不同肌肉疲劳过程中, MPF 和 MF 的变化有特异性。杨丹^[5]发现, 肱二头肌和腰部竖脊肌疲劳发生、发展过程中, 以 I 型肌纤维为主要成分的竖脊肌, 其疲劳过程的 sEMG 表现为功率谱的带宽随时间延长逐渐向低频方向缩减; 而 II 型肌纤维比例较多的肱二头

肌则表现为功率在各个频段上的分量值均随时间延长逐渐增大,但在整个运动负荷过程中以低频部分的分量变化更加明显。

2 应用 sEMG 进行 LBP 临床研究的成果

目前 LBP 椎旁肌 sEMG 研究,主要对等长收缩状态、运动状态、静态体位状态下椎旁肌 sEMG 进行研究。

2.1 椎旁肌等长收缩研究成果 Mohamm ad 等^[6]对髂肋肌和多裂肌 sEMG 进行了研究。进行无支撑姿势维持试验。测量 15 名受试者 MF 和 MF_s 进行 3 次测量,前 2 次测量间隔 5 min 以研究同一天内测量结果的可靠性,第 3 次测量在第 7 天完成以研究不同天测量结果的可靠性。用组内相关系数 (intraclass correlation coefficients ICC) 评价一天内和不同天之间测量结果的可靠性。结果发现椎旁肌 sEMG 检查的可靠性佳。Dankaerts 等^[7]研究了健康对照者和慢性 LBP 患者,同一天内和不同天之间最大和亚最大收缩运动时,躯干肌 sEMG 测量的可靠性,结果发现健康对照者和慢性 LBP 患者同一天内的最大和亚最大收缩的可靠性极佳;不同天之间亚最大收缩可靠性均极佳;不同天之间两组最大收缩可靠性略有下降。认为评价不同天之间的躯干肌肉的 sEMG 信号时,亚最大收缩幅值标准化更可取。

吴文等^[1]采用 sEMG 检测技术,对 37 例腰椎间盘突出症患者治疗前后竖脊肌和多裂肌 sEMG 进行检查。患者行腰背肌等长收缩测试。测量双侧 sEMG,计算 MF_s 平均肌电波幅 2 项指标。发现治疗后,29 例症状缓解者 MF_s 降低,与治疗前比较差异显著 ($P < 0.05$),健侧 MF_s 无显著改变;平均 sEMG 波幅健侧无显著改变,患侧有增高趋势,但差异无显著性。8 例症状无缓解者,治疗前健、患侧差异显著,治疗前后 MF_s 及平均 sEMG 波幅差异不显著。认为 sEMG 可用作腰椎间盘突出症临床疗效评定的客观指标之一,有较好的临床应用价值。余洪俊等^[8]对正常人诱发急性下腰痛前后等长收缩状态下的 sEMG 进行研究。检测不同用力程度和屈曲角度条件下躯干背伸肌、臀大肌等长收缩运动时 sEMG。24 h 后用 1 ml 蒸馏水在 L₄ 棘突间隙注射诱发急性 LBP,注射 5 min 后重复测量 sEMG。结果发现诱发急性下腰痛后,等长收缩运动开始后 30 s 内 MPF 值均增高,以双侧臀大肌升高明显;MPF 斜率无明显变化。L₅S₁ 水平竖脊肌和臀大肌 RMS 值下降,以双侧臀大肌下降最为明显。认为急性下腰痛患者在等长收缩运动早期竖脊肌和臀大肌 MPF 斜率值较正常时上升,而 RMS 下降,可能与 I 型纤维的募集增加有关。

2.2 运动状态下 sEMG 研究成果 Neblett 等^[9]应用 sEMG 和 ROM (运动范围) 测量评价腰椎屈曲松弛现象。对 12 例正常受试者和 34 例完成康复锻炼的慢性 sEMG 患者进行研究。记录健康人平均 sEMG 信号、总 sEMG 信号和腰骶运动范围作为标准化数据。发现所有正常受试者都有屈曲松弛现象 (即腰椎最大屈曲时腰伸肌肌电活动与静息状态下相似)。大多数慢性 LBP 患者不存在屈曲松弛现象。王健等^[10]应用 sEMG 技术,分析研究慢性非特异性 LBP 患者腰部肌肉活动的 sEMG 信号特征及主动运动治疗对 sEMG 信号特征的影响效应。测量正常对照组和非特异性 LBP 患者各 19 例,主动运动治疗前后在“等惯性力腰部肌肉测试与训练系统”上依

次完成“等长-动态-等长”运动负荷试验,采集双侧 L₅S₁ sEMG 信号,计算比较平均肌电值 (AEMG)、MPF 等指标变化情况。发现动态运动负荷过程中 LBP 患者 MPF 均值明显低于正常人,主动运动治疗前后患者 MPF 值均增高。认为运动负荷试验过程中 LBP 患者腰部肌肉 sEMG 指标有多种不同于正常人的信号特征,这些特征有望成为 LBP 诊断和疗效评定的有效指标。

2.3 静态体位下椎旁肌 sEMG 研究成果 Hubbard 等^[11]用 sEMG 技术对静息状态下椎旁肌触痛处的电活动进行初步研究。16 名健康志愿者由有经验的临床治疗师触诊 T₃-T₁₀ 范围椎旁肌,标记最明显的触痛区及对称区。受试者屏气 14 s 记录触痛区及对称区 sEMG。交换测试电极重复测量。用积分肌电值计算非对称百分数,即 $Asymmetry\% = (high - low) / high \times 100\%$ 。进行独立样本 *t* 检验,发现双侧非对称百分数差异不显著 ($P > 0.05$),认为静息状态下背部椎旁肌触痛区表面肌电活动与对侧差异无统计学意义。

3 LBP 临床研究中 sEMG 测量方法评价

LBP 发生发展与病理、生理状态及疼痛认知心理等因素均有关系。现有的影像学检查如 X 线、CT、MRI 等不能动态客观反映其病理状态。sEMG 可动态、无创观察腰椎旁肌不同病理、生理及心理水平下电生理活动情况。由于 sEMG 与受试者性别^[3]、年龄^[4]、皮下脂肪厚度^[12]、皮肤电阻、电极及电极放置策略^[13-15] 等因素有关,动态 sEMG 检查与受试者心理因素^[16] 也有一定关系。

为了科学评价 sEMG 在 LBP 临床诊断研究中的地位,Michael 等^[17]对正常人和 LBP 患者间 sEMG 相关文献进行了系统评价,并进行 Meta 定量分析。文献 LBP 诊断标准为:疼痛多由骨骼肌肉系统病变或先天原因引起,病程大于 3 个月;疼痛持续存在,非转移性病变,无神经系统损害或其他脊髓畸形。用 Medline 检索,所检文献的参考文献用于补充分析资料。定量分析除敏感度和特异度外,还包括每个研究的效应量,其值为 LBP 组 sEMG 均值减去正常组均值,效应量为正数表示 LBP 患者 sEMG 指标大,负数表示 LBP 患者 sEMG 指标小。对静止、运动和等长收缩状态 3 种体位进行定量分析,效应量 < 0.2 为效应量小,0.2~0.5 为中等效应量, > 0.8 为效应量大。结果发现 10 个静态体位 sEMG 研究中:站立时 sEMG 效应量大,俯卧位和有支撑坐位效应量中等,无支撑坐位效应量小;sEMG 平均特异度为 90.8%,平均敏感度为 39.6%。11 个运动状态 sEMG 研究中:腰部屈曲后伸动作时效应量大,躯干旋转动作时效应量中到大,坐位站起动作和弯腰动作效应量中到小;平均特异度为 88.8%,平均敏感度 83.1%。14 个等长收缩状态 sEMG 研究中:3 个选用 EMG 作为判别指标的研究效应量大,7 个选用 MF 作为判别指标的研究平均效应量较小,Lu 等^[18]用 30% MVC 双侧椎旁肌对称性坐位判别指标其效应量大;平均特异度 89.8%,平均敏感度 84.4%。

总之 sEMG 检测有客观、定量、无创等特点。在目前 LBP 发病率不断增加的情况下,有广泛的应用前景。但是这种检查手段尚处在不断完善的过程中,还未形成标准的诊断规范。需要统一的实验规范下,大规模多中心临床随机对照实验结

果来确定各项指标范围, 精确判别 LBP 患者椎旁肌功能状态, 为疗效评价提供客观指标。

参考文献

- 1 吴文, 黄国志, 刘湘江. 表面肌电图用于腰椎间盘突出疗效评定研究. 中华物理医学和康复杂志, 2002, 4(9): 551-553
- 2 Onishi H, Yagi H, Akasaba K, et al Relationship between EMG signals and force in human vastus lateralis muscle using multiple bipolar wire electrodes. J Electromyogr Kinesiol 2000, 10(1): 59-67.
- 3 Moore BD, Drouin J, Gansseder BM, et al The differential effects of fatigue on reflex response timing and amplitude in males and females. J Electromyogr Kinesiol 2002, 12(5): 351-360.
- 4 Macaluso A, DeVito G, Felici F, et al Electromyogram changes during sustained contraction after resistance training in women in their 3rd and 8th decades. Eur J Appl Physiol 2000, 82(5-6): 418-424.
- 5 杨丹, 等. 长负荷诱发肱二头肌疲劳过程中 sEMG 信号变化. 体育与科学, 2000, 9: 27-28.
- 6 Thompson DA, Bedem AH. J Electromyographic power spectral analysis of the paraspinal muscles. Spine 1993, 18(15): 2310-2313.
- 7 Dankaerts W, O'Sullivan PB, Bumett AF, et al Reliability of EMG measurements for trunk muscles during maximal and submaximal voluntary isometric contractions in healthy controls and CLBP patients. J Electromyogr Kinesiol 2004, 14(3): 333-342.
- 8 余洪俊, 吴宗耀, 刘宏亮. 急性下腰痛者竖脊肌和臀大肌功能变化的研究. 中国康复医学杂志, 2003, 18(6): 342-344
- 9 Neblett R, Tom G, Mayer J, et al Quantifying lumbar flexion/relaxation phenomenon: theory and clinical applications. Spine 2003, 28(13): 1435-1446.
- 10 王健, 方红光, Kankaampaa M. 基于表面肌电图信号变化的慢性下背痛诊断和运动疗效评价. 航天医学与医学工程, 2005, 18(4): 287-292.
- 11 Hubbard A, Fryer G, Ball K. An investigation into the electrical activity of tender resting paraspinal muscles using surface electromyography: a pilot study. Inter J Osteo Med 2002, 5(2): 59-64.
- 12 Nordander C, Wilner J, Hansson GA, et al Influence of the subcutaneous fat layer as measured by ultrasound, skin fold calipers and BMI on the EMG amplitude. Eur J Appl Physiol 2003, 89(6): 514-519.
- 13 Lapaki BG, Van Dijk JP, Jonas IE, et al A thin flexible multielectrode grid for high density surface EMG. J Appl Physiol 2004, 96(1): 327-336.
- 14 Falla D, Dal'Aba P, Rainoldi A, et al Location of innervation zones of sternocleidomastoid and scalene muscles - a basis for clinical and research electromyography applications. Clin Neurophysiol 2002, 113(1): 57-63.
- 15 Mekku A, Kumar DK, Bradley A. The influence of inter-electrode distance on the RMS of the SEMG signal. Electromyogr Clin Neurophysiol 2001, 41(7): 437-442.
- 16 Haig AJ, Gelblum JB, Rechten JJ, et al Technology assessment: the use of surface EMG in the diagnosis and treatment of nerve and muscle disorders. Muscle Nerve 1996, 19: 392-395.
- 17 Michael E, Geisser M, Mohammed R, et al A Meta-Analytic review of surface electromyography among persons with low back pain and normal healthy controls. J Pain 2005, 6(11): 711-726.
- 18 Lu WW, Luk KD, Cheung KM, et al Back muscle contraction patterns of patients with low back pain before and after rehabilitation treatment: an electromyographic evaluation. J Spinal Disord 2001, 14: 277-282.

(收稿日期: 2007-02-25 本文编辑: 王玉曼)

征订启事

《中国中西医结合影像学杂志》中国中西医结合学会和山东中医药大学附属医院主办的国家级中西医结合影像学学术期刊, 双月刊。本刊自 2004 年第 2 期, 在“继续教育园地”栏目中, 刊登继续教育选择题, 凡订阅本刊并参加答题者可授予国家级继续教育学分 6 分。本刊国内外公开发售, 中国标准连续出版物号: CN 11-4894/R; 国际连续出版物号: ISSN 1672-0512。国外代号: BM 176Q 邮发代号: 24-200。大 16 开, 80 页, 全部 105 g 铜版纸印刷, 定价 10 元, 全年 60 元。本刊可通过邮局征订, 也可直接汇款至杂志编辑部。联系地址: 山东省济南市文化西路 42 号《中国中西医结合影像学杂志》编辑部; 邮编: 250011; 电话: 0531-82950414-6689; 传真: 0531-82666651; E-mail: yxbj@163.com 或 lj@sdzdyf.com

《中华创伤杂志》创刊于 1985 年 9 月, 主要栏目有专家论坛、述评、论著、经验交流、新技术、病例报告、综述、讲座等。本刊以从事创伤医学和相关学科的各级临床医师和研究人员为读者对象。本刊为 80 页; 定价: 14.80 元/册, 全年共计 177.60 元。国内订阅: 全国各地邮局, 邮发代号 78-83。编辑部地址: 重庆市渝中区大坪长江支路 10 号 (400042); 电话: 023-68757458, 13638301490 传真: 023-68818654 E-mail: zhesz@163.com, gmach@public.cta.cq.cn 网址: http://zhes.chinajournal.net.cn 或 http://www.cmaph.com.cn

《中国骨与关节损伤杂志》设置的栏目有论著、实验研究、临床论著、临床研究、综述、短篇报道、器械革新等, 适合不同类型的论文刊登。本刊 2008 年仍从邮局发行, 铜版纸印刷, 彩图随文, 月刊, 每期定价 10 元, 全年 120 元, 邮发代号: 34-51 请及时到当地邮局订阅。编辑部可办理邮购, 另编辑部尚有历年的合订本, 欲购者可与编辑部联系。欢迎广大作者、读者踊跃投稿和订阅, 对于有省、部级以上基金项目的论文将优先刊登。地址: 福建省漳州市解放军第 175 医院内; 邮编: 363000; 电话: 0596-2989185 E-mail: gygjszszb@175@263.net