

• 综 述 •

表面肌电及其生物反馈在下腰痛中的应用进展



李佩芳, 聂涌, 陈佳丽, 宁宁

四川大学华西医院骨科(成都 610041)

【摘要】 目的 总结表面肌电(surface electromyography, sEMG)及表面肌电生物反馈(surface electromyographic biofeedback, sEMGBF)在下腰痛的诊断和治疗中的应用进展。方法 广泛查阅sEMG及sEMGBF在下腰痛中应用的相关文献,对其在下腰痛诊断和治疗方面的应用进行总结分析。结果 sEMG作为一种辅助诊断手段,发现下腰痛患者存在腰椎旁肌疲劳、躯干肌活动失调、屈曲放松现象缺失和椎旁肌肌电活动不对称等现象;在治疗方面,sEMG结合sEMGBF技术形成sEMGBF训练(包括sEMGBF训练和sEMGBF伸展训练),sEMGBF训练可改善腰背肌肌电异常活动,从而重塑腰背肌功能和缓解腰痛。结论 sEMG是一种监测肌电信号的手段,同时sEMGBF具有通过反馈信息控制肌肉训练使肌肉放松或力量增强的作用,对于下腰痛的辅助诊断和治疗有重要意义。

【关键词】 表面肌电;表面肌电生物反馈;下腰痛;反馈训练

Application progress of surface electromyography and surface electromyographic biofeedback in low back pain

LI Peifang, NIE Yong, CHEN Jiali, NING Ning

Department of Orthopaedics, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu Sichuan, 610041, P.R.China

Corresponding author: NING Ning, Email: gkningning@126.com

【Abstract】 Objective To summarize the application progress of surface electromyography (sEMG) and surface electromyographic biofeedback (sEMGBF) in low back pain (LBP). **Methods** The related literature about the application of sEMG and sEMGBF in diagnosis and therapy of LBP was summarized and analyzed. **Results** As an auxiliary diagnostic technique, lumbar muscle fatigue, lumbar muscle activity disorder, flexion-relaxation phenomenon, and asymmetry of the paravertebral muscle electromyographic activity were found in patients with LBP by sEMG. For treatment, sEMG combined with sEMGBF technology to form sEMGBF training. sEMGBF training include sEMGBF training and sEMGBF stretching exercise. sEMGBF training can improve lumbar muscle activity disorder, recover muscle function, and relieve back pain. **Conclusion** sEMG can monitor the electromyographic signal and sEMGBF biofeedback information can relax or strengthen the muscle. It is very meaningful for diagnosis and therapy of LBP.

【Key words】 Surface electromyography; surface electromyographic biofeedback; low back pain; biofeedback training

Foundation items: Science & Technology Plan Project of Sichuan Province (2014SZ0197)

下腰痛是以腰背部疼痛为主的一组症状综合征,具体指背部胸第12肋下缘至臀纹之间的疼痛和不适,伴或不伴下肢疼痛^[1]。作为一种高发病率的症候群,其涉及人群广泛,已成为影响人们身体健康、职业活动能力和生活质量的重要疾患^[2-4]。基础研究发现,下腰痛的致病原因较多,病理机制复

杂,但各种原因导致的下腰痛均在不同程度上与慢性腰部肌肉疲劳和收缩能力下降有着互为因果的关系^[5]。表面肌电(surface electromyography, sEMG)监测患者躯干肌群肌肉活动的整体功能和状态时,具有无痛无创、操作方便、信号可储存等特点^[6]。近年来,生物反馈被引入sEMG技术形成表面肌电生物反馈(surface electromyographic biofeedback, sEMGBF),sEMGBF是指把微弱的肌电信号加以放大,以声或光的形式反馈给被试者,被试者根据这

种反馈信号操纵肌肉活动,从而使肌肉放松或增强的一种反馈方式^[7]。基于 sEMG 及 sEMGBF 的特性,其广泛应用于下腰痛诊治的相关研究中。现回顾 sEMG 及 sEMGBF 在下腰痛中应用的相关研究,并对其在下腰痛诊断和治疗中的应用现状进行总结。

1 sEMG 及 sEMGBF 在下腰痛诊断中的应用进展

下腰痛的形成原因非常复杂,躯干肌结构功能改变是其发生的重要原因^[2]。Laasonen^[8]对单侧疼痛的下腰痛患者研究发现,疼痛侧椎旁肌较非疼痛侧椎旁肌体积小 10%~30%。同时,下腰痛患者的椎旁肌还具有微观解剖异常。Zhao 等^[9]发现在下腰痛患者中,患侧多裂肌 I 型和 II 型纤维明显小于健侧,某些病理变化(纤维类型组合异常、虫蚀样外观、成群萎缩、小角状纤维、内部出现细胞核等)比健侧更为明显。肌电信号对于反映肌肉功能状态、肌肉水平、多肌群协调性具有较高的敏感性^[2]。故 sEMG 作为下腰痛的一种辅助诊断手段应用于很多相关研究中。同时,研究发现下腰痛患者存在腰椎旁肌疲劳、躯干肌活动失调、屈曲放松现象缺失和椎旁肌肌电活动不对称等现象,而这些神经肌肉活动的异常被证实与下腰痛发生具有相关性^[10]。

1.1 腰椎旁肌疲劳

下腰痛患者通常表现为腰椎旁肌耐力下降,即椎旁肌更易疲劳。在肌电测试的众多指标中,平均功率频率(mean power frequency, MPF)和中位频率(median frequency slope, MFs)被认为是反映肌肉疲劳最可靠的研究指标^[11],研究者通过对下腰痛患者椎旁肌耐力的评价来反映椎旁肌的疲劳程度^[2]。Takahashi 等^[12]将下腰痛患者和正常对照者在受力状态下维持正直站立姿势的能力进行对比,结果发现下腰痛患者竖脊肌 MPF 显著下降,并认为腰肌疲劳可能是引起腰痛的原因。Oddsson 等^[13]研究了下腰痛患者与正常对照组的椎旁肌疲劳程度,认为 40% 和 80% 最大等长收缩时,下腰痛组的 MFs 小于正常对照组,提示在相应负荷水平上下腰痛组较正常对照组的椎旁肌疲劳程度更高。

1.2 躯干肌活动失调

下腰痛患者另一个主要的肌电特征是躯干肌活动失调。Silfies 等^[14]通过比较慢性下腰痛患者与无症状对照组的躯干肌肌电活动,发现慢性下腰痛患者腹直肌和腹外斜肌的肌电活动较高,腹直肌、腹外斜肌的协同比则较低。Wilder 等^[15]则发现对下

腰痛患者突然施加负荷时,其竖脊肌活动的反应时间较正常对照者长。同样,刘邦忠等^[16]通过表面肌电图对正常对照者与下腰痛患者进行了脊柱突然失稳时躯干肌反应的对比研究,发现在正常对照者椎旁肌群中,多裂肌较髂肋肌、竖脊肌等反应最快、最先起作用;而在下腰痛患者中,各椎旁肌几乎同时收缩,多裂肌较正常对照者收缩延迟,功能减退。就躯干肌的总体反应而言,Radebold 等^[17]对 12 块躯干肌在各向活动时对突然负荷的反应进行了研究,发现正常对照者先关闭主动肌再开启拮抗肌,而下腰痛患者则采取联合收缩的方式,先保持主动肌的活化再开启拮抗肌;另外,下腰痛患者肌肉的启动和关闭时间都较正常对照者长,个体间的肌反应时间也有较大差异。

1.3 屈曲放松现象缺失

上世纪 50 年代,研究者们研究不同姿势和动作下的躯干肌肌电活动时,发现了屈曲放松现象^[18-19]。屈曲放松现象是指躯干完全屈曲时观察到腰椎旁肌电活动静止的一种现象^[20-21]。它是躯干肌表面肌电活动研究中最常使用的一种类型,广泛存在于正常人群的躯干肌肌电活动中,但在下腰痛患者中存在屈曲放松现象缺失^[22-24]。一项关于躯干肌表面肌电活动的 meta 分析表明,下腰痛患者和正常对照者的屈曲放松现象存在明显差异^[25]。Watson 等^[26]证实屈曲放松现象可明确区分下腰痛患者和健康人群。下腰痛患者存在屈曲放松现象缺失可能是由于疼痛、有意识地避免疼痛或肌肉对疼痛的适应,致使躯干活动范围受限,达不到腰椎旁肌放松的范围^[27-29]。

1.4 椎旁肌肌电活动不对称

许多研究发现下腰痛患者存在椎旁肌肌电活动不对称的现象。Renkawitz 等^[30]对下腰痛患者和正常对照者在等长躯干伸展时的竖脊肌肌电活动进行了测试,结果显示下腰痛患者存在竖脊肌肌电活动不对称的现象,正常对照者则无此现象。Lu 等^[31]观察了下腰痛患者抬举动作时肌肉的 sEMG 信号,发现椎旁肌两侧肌电活动存在不对称性;此外,在治疗过程中,尽管肌肉力量有所增长,但不对称性依旧存在。故该作者提出,椎旁肌肉活动不对称性的存在可能导致下腰痛较高的复发率。

2 sEMG 及 sEMGBF 在下腰痛治疗中的应用进展

2.1 国内应用进展

在国内,sEMG 及 sEMGBF 更多地应用于脑卒

中、偏瘫等患者的功能康复,在下腰痛领域未见其作为一种治疗手段用于缓解下腰痛和躯干肌异常情况的文献报道,而主要是 sEMG 用于其他干预措施(主要包括理筋疗法和放血疗法)缓解下腰痛的效果监测。乔杰^[32]使用理筋疗法治疗下腰痛,治疗前下腰痛组完全屈曲平均肌电值(averaged electromyography, AEMG)大于正常对照组,背伸 AEMG 小于正常对照组,屈曲伸直比(flexion extension ratio, FER)高于正常对照组;理筋疗法干预后,下腰痛组症状明显侧与治疗前比较,完全屈曲 AEMG、FER 减小,但背伸 AEMG 无明显差异。另外,吕俊玲^[33]观察委中穴不同放血量治疗下腰痛对腰背部表面肌电的影响,发现放血量为 5~18 mL 组前屈位腰背部表面肌电波幅及中位频率优于放血量<3 mL 组,故放血量 5~18 mL 组即刻镇痛效果明显优于放血量<3 mL 组。sEMG 应用于其他干预措施缓解下腰痛的治疗效果监测,监测了该干预措施对下腰痛患者躯干肌肉肌电活动所产生的效果,有利于对比干预措施的效果及其持续改进。

2.2 国外应用现状

在国外, sEMG 除应用于其他干预措施的治疗效果监测,还联合生物反馈形成 sEMGBF,作为一种治疗手段,缓解下腰痛患者的疼痛和躯干肌异常情况。主要包括 sEMGBF 训练及由此衍生出的 sEMGBF 伸展训练。

2.2.1 sEMGBF 训练 sEMGBF 训练是使用 sEMGBF 仪器改善肌肉肌电异常活动,如减弱过强的肌肉肌电活动或增强过弱的肌肉肌电活动^[34],从而使肌力、躯干肌活动失衡得到改善,以达到缓解下腰痛的目的。Flor 等^[35]使用 sEMGBF 训练、行为放松训练(无生物反馈)及常规干预方法对 3 组中度下腰痛患者进行对比干预,结果发现 sEMGBF 训练效果明显优于其他两种方式。另一个研究对伴多种功能障碍的下腰痛患者进行干预效果的对比研究发现,综合的干预手段(包括 sEMGBF 训练)将取得更好效果。

2.2.2 sEMGBF 伸展训练 sEMGBF 伸展训练的机制与 sEMGBF 训练大致相同,但 sEMGBF 伸展训练专门为解决下腰痛患者屈曲放松现象缺失的问题而产生^[36]。sEMGBF 伸展训练主要用于躯干肌的功能恢复,有利于改善躯干活动范围,从而缓解下腰痛患者的疼痛。Mayer 等^[29]研究发现,下腰痛患者存在屈曲放松现象缺失和不正常的屈曲活动范围,经过完整的 sEMGBF 伸展训练干预后,患者的屈曲放松缺失现象和躯干肌屈曲活动范围得到改善。

进一步研究表明,通过完成 sEMGBF 伸展训练,不仅可使下腰痛患者躯干肌的功能恢复,而且可重获屈曲放松现象^[37]。

3 小结

sEMG 可以直接了解患者目前肌肉活动状况,联合 sEMGBF 技术还可通过反馈信息控制肌肉训练。总之, sEMG 用于下腰痛患者椎旁肌肌电活动评估具有良好的信度,下腰痛患者存在腰椎旁肌疲劳、躯干肌活动失调、屈曲放松现象缺失;但对于椎旁肌肌电活动对称性差这一现象,不同研究存在争议,有待进一步研究明确。就 sEMG 及 sEMGBF 在下腰痛治疗中的应用而言,国外将 sEMGBF 应用于下腰痛的治疗中,有利于纠正椎旁肌活动异常,从而缓解患者下腰痛;而国内则更多地将其应用于下腰痛治疗效果的监测。

参考文献

- 1 陈佳丽,白阳静,宁宁.护理人员下腰痛的影响因素研究进展.护理学报,2012,19(7A):13-16.
- 2 李男.下腰痛患者肌肉力量和神经-肌肉活动研究现状.体育科研,2014,35(2):42-47.
- 3 安晶晶,宁宁.下腰痛的流行病学研究进展.中国现代护理杂志,2008,14(27):2934-2935.
- 4 Deyo RA, Weinstein JN. Low back pain. N Eng J Med, 2001, 344(5):363-370.
- 5 Glanata KP, Wilson SE. Trunk posture and spinal stability. Clin Biomech, 2001, 16(8):650-659.
- 6 Hägg GM. Interpretation of EMG spectral alternations and alternation indexes at sustained contraction. J Appl Physiol (1985), 1992, 73(4):1211-1217.
- 7 王健,金德闻.康复医学领域的表面肌电应用研究.中国康复理论与实践,2006,21(1):6-7.
- 8 Laasonen EM. Atrophy of sacrospinal muscle groups in patients with chronic, diffusely radiating lumbar back pain. Neuroradiology, 1984, 26(1):9-13.
- 9 Zhao WP, Kawaguchi Y, Matsui H, et al. Histochemistry and morphology of the multifidus muscle in lumbar disc herniation: comparative study between diseased and normal sides. Spine (Phila Pa 1976), 2000, 25(17):2191-2199.
- 10 Solomonow M, Zhou B, Harris M, et al. The ligamento-muscular stabilizing system of the spine. Spine (Phila Pa 1976), 1988, 23(23):2552-2662.
- 11 Kupa EJ, Roy SH, Kandarian SC, et al. Effects of muscle fiber type and size on EMG median frequency and conduction velocity. J Appl Physiol (1985), 1995, 79(1):23-32.
- 12 Takahashi I, Kikuchi S, Sato K, et al. Effects of the mechanical load on forward bending motion of the trunk: comparison between pain and healthy subjects. Spine (Phila Pa 1976), 2007, 32(2):E73-78.
- 13 Oddsson LI, De Luca CJ. Activation imbalances in lumbar spine muscles in the presence of chronic low back pain. J Appl Physiol (1985), 2003, 94(4):1410-1420.
- 14 Silfies SP, Squillante D, Maurer P, et al. Trunk muscle recruitment

- patterns in specific chronic low back pain populations. *Clin Biomech* (Bristol, Avon), 2005, 20(5): 465-473.
- 15 Wilder DG, Aleksiev AR, Magnusson ML, *et al.* Muscular response to sudden load. A tool to evaluate fatigue and rehabilitation. *Spine* (Phila Pa 1976), 1996, 21(22): 2628-2639.
- 16 刘邦忠, 李泽兵, 何萍. 多裂肌在脊柱突然失平衡时的肌电表现. *中国临床康复*, 2003, 7(4): 544-545.
- 17 Radebold A, Cholewicki J, Panjabi MM, *et al.* Muscular response pattern to sudden trunk loading in healthy individuals and in patients with chronic low back pain. *Spine* (Phila Pa 1976), 2000, 25(8): 947-954.
- 18 Floyd WF, Silver PH. Function of erector spinae in flexion of the trunk. *Lancet*, 1951, 1(6647): 133-134.
- 19 Golding JS. Electromyography of the erector spinae in low back pain. *Postgrad Med J*, 1952, 28(321): 401-406.
- 20 Floyd WF, Silver PH. The function of the erector spinae muscles in certain movements and postures in man. *J Physiol*, 1955, 129(1): 184-203.
- 21 Morin F, Portnoy H. Electromyographic study of postural muscles in various positions and movements. *Am J Physiol*, 1956, 186(1): 122-126.
- 22 Ambroz C, Scott A, Ambroz A, *et al.* Chronic low back pain assessment using surface electromyography. *J Occup Environ Med*, 2000, 42(6): 660-669.
- 23 Paquet N, Malouin F, Richards CL. Hip-spine movement interaction and muscle activation patterns during sagittal trunk movements in low back pain patients. *Spine* (Phila Pa 1976), 1994, 19(5): 596-603.
- 24 Shirado O, Ito T, Kaneda K, *et al.* Flexion-relaxation phenomenon in the back muscles: A comparative study between healthy subjects and patients with chronic low back pain. *Am J Phys Med Rehabil*, 1995, 74(2): 139-144.
- 25 Flor H, Furst M, Birbaumer N. Deficient discrimination of EMG levels and overestimation of perceived tension in chronic pain patients. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 1999, 24(1): 55-66.
- 26 Watson PJ, Booker CK, Main CJ, *et al.* Surface electromyography in the identification of chronic low back pain patients: the development of flexion relaxation ratio. *Clin Biomech*, 1997, 12(3): 165-171.
- 27 Sihvonen T, Huttunen M, Makkonen M, *et al.* Functional changes in back muscle activity correlate with pain intensity and prediction of low back pain during pregnancy. *Arch Phys Med Rehabil*, 1998, 79(10): 1210-1212.
- 28 Geisser ME, Haig AJ, Wallbom AS, *et al.* Pain-related fear, lumbar flexion, and dynamic EMG among persons with chronic musculoskeletal low back pain. *Clin J Pain*, 2004, 20(2): 61-69.
- 29 Mayer TG, Neblett R, Brede E, *et al.* The quantified lumbar flexion-relaxation phenomenon is a useful measurement of improvement in a functional restoration program. *Spine* (Phila Pa 1976), 2009, 34(22): 2458-2465.
- 30 Renkawitz T, Boluki D, Grifka J. The association of low back pain neuromuscular imbalance, and trunk extension strength in athletes. *Spine J*, 2006, 6(6): 673-683.
- 31 Lu WW, Luke 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(4): 277-288.
- 32 乔杰. 理筋手法在非特异性下腰痛中椎旁肌力学效应研究. 北京: 中国中医科学院, 2014.
- 33 吕俊玲. 委中穴不同放血量治疗下腰痛的即刻疗效及对表面肌电影响的临床研究. 福州: 福建中医学院, 2008.
- 34 Giggins OM, Persson UM, Caulfield B. Biofeedback in rehabilitation. *J Neuro Eng Rehabil*, 2013, 10: 60.
- 35 Flor H, Birbaumer N. Comparison of the efficacy of electromyographic biofeedback, cognitive-behavioral therapy, and conservative medical interventions in the treatment of chronic musculoskeletal pain. *J Consult Clin Psychol*, 1993, 61(4): 653-658.
- 36 Neblett R. Surface Electromyographic (SEMG) Biofeedback for Chronic Low Back Pain. *Heathcare*, 2016, 4(2): pii: E27.
- 37 Neblett R, Mayer TG, Brede E, *et al.* Correcting abnormal flexion-relaxation in chronic low back pain: Responsiveness to a new biofeedback training protocol. *Clin J Pain*, 2010, 26(5): 403-409.

收稿日期: 2016-09-22 修回日期: 2017-02-16

本文编辑: 王雁