

# 椎旁肌表面肌电图在慢性腰痛诊断和疗效评价中的应用进展

程渊<sup>1</sup>, 殷继超<sup>2</sup>, 胡兴律<sup>3</sup>, 王磊磊<sup>1</sup>, 徐周<sup>1</sup>, 刘诗若<sup>3</sup>, 王墉琦<sup>3</sup>

(1. 陕西中医药大学第一临床医学院, 陕西 咸阳 712046;

2. 西安市卫生学校, 陕西 西安 710054;

3. 西安市中医医院, 陕西 西安 710021)

**摘要** 慢性腰痛是临床上常见的肌肉骨骼疾病之一, 以腰部疼痛、僵硬、活动受限为主要症状, 严重影响患者的生活和工作。椎旁肌是维持腰椎结构稳定和功能正常的重要肌群, 其功能障碍可能是导致慢性腰痛的重要原因之一。椎旁肌表面肌电图能够记录椎旁肌的生物电信号, 进而反映椎旁肌的状态和功能, 为临床上慢性腰痛的诊断和疗效评价提供参考。本文就椎旁肌表面肌电图在慢性腰痛诊断和疗效评价中的应用进展进行了综述。

**关键词** 腰痛; 椎旁肌; 肌电描记术; 诊断; 治疗结果; 综述

慢性腰痛是临床上常见的肌肉骨骼疾病之一<sup>[1]</sup>, 以腰部疼痛、僵硬、活动受限为主要症状, 可导致患者睡眠障碍, 严重影响患者的生活和工作<sup>[2-3]</sup>。多数慢性腰痛患者的病因尚不能明确<sup>[4]</sup>。椎旁肌是维持腰椎结构稳定和功能正常的重要肌群<sup>[5]</sup>, 其功能障碍可能是导致慢性腰痛的重要原因之一<sup>[6]</sup>。超声、MRI 等检查难以捕捉到肌肉生理改变产生的异常生物电信号, 对于肌肉状态和功能的检查缺乏特异性<sup>[7-8]</sup>, 检查结果可能与临床症状不符<sup>[9]</sup>。表面肌电图能够记录肌肉活动时的生物电信号, 经过标准化处理的肌电图指标能够客观地反映肌肉的状态和功能, 进而为临床上疾病的诊断和疗效评价提供参考<sup>[10-11]</sup>。本文就椎旁肌表面肌电图在慢性腰痛诊断和疗效评价中的应用进展进行了综述。

## 1 表面肌电图的概述

生物反馈治疗是将患者意识不到的体内功能活动所产生的信息通过特殊的仪器设备收集、放大后转换为可视信号, 进而使患者了解自身机体的状态, 并通过患者自我调节控制达到治疗疾病的方法<sup>[12]</sup>。表面肌电图检查是生物反馈治疗中常用的检测机体肌肉生理活动的方法。表面肌电图仪能够测量肌肉运动或静止时产生的电位活动, 并以肌电图的形式展现出来, 可用于评估肌肉的状态和功能<sup>[13]</sup>。表面肌电

图中常用的评价指标有积分肌电 (integrated electromyography, IEMG)、平均肌电 (averaged electromyography, AEMG)、均方根值 (root mean square value, RMS)、平均功率频率 (mean power frequency, MPF) 和中值频率 (median frequency, MF) 等; IEMG、AEMG、RMS 属于时域指标, MPF、MF 属于频域指标<sup>[14]</sup>。时域指标主要用于评价运动过程中的肌肉力量和肌肉之间的协调方式, 频域指标主要用于评价肌肉的疲劳程度<sup>[15]</sup>。肌电图的不同指标能够反映肌肉状态和功能, 为临床诊断和治疗肌肉功能障碍提供依据<sup>[16]</sup>。目前, 表面肌电图已在神经病学、理疗学、生物力学和康复运动学等诸多领域得到广泛的应用<sup>[17]</sup>。

## 2 椎旁肌表面肌电图在慢性腰痛诊断中的应用

椎旁肌生理功能改变是导致慢性腰痛的重要原因之一<sup>[18]</sup>。竖脊肌和多裂肌是最为重要的椎旁肌, 采用表面肌电图评估其肌肉状态能够辅助临床医师诊断慢性腰痛。

**2.1 竖脊肌表面肌电图** 多项研究发现, 慢性腰痛患者竖脊肌的肌电信号呈现异常改变。Ansari 等<sup>[19]</sup>研究发现, 慢性腰痛患者竖脊肌的肌电振幅大于健康人。Koumantakis 等<sup>[20]</sup>的研究结果表明, 慢性腰痛患者竖脊肌的初始中值频率 (initial median frequency, IMF)、MF 及 RMS 等均与健康人有明显差异。Saiklang 等<sup>[21]</sup>测定了慢性腰痛患者静坐时竖脊肌的表面肌电图, 结果显示慢性腰痛患者竖脊肌 MPF、MF 等显著增大, 提示竖脊肌的肌肉疲劳程度增加。

Varrecchia 等<sup>[22]</sup>测定了慢性腰痛患者与健康人在举重运动时竖脊肌的表面肌电图,并综合表面肌电图的多个时域指标计算获得时变多肌肉共激活功能 (Time-varying multi-muscle coactivation function, TMCf) 指标,结果显示慢性腰痛患者竖脊肌 TMCf 指标高于健康人。Hao 等<sup>[23]</sup>测定了健康士兵和慢性腰痛士兵持续收缩腰部肌肉时的表面肌电图,结果显示慢性腰痛士兵竖脊肌的疲劳度更高。Arvanitidis 等<sup>[24]</sup>使受试者在等速测力仪上循环进行腰部屈伸运动,并实时测定受试者竖脊肌的表面肌电图,结果显示有慢性腰痛的受试者腰椎竖脊肌的 RMS 高于健康受试者, MF 低于健康受试者。Shigetoh 等<sup>[25]</sup>测定了 24 例慢性腰痛患者在屈伸活动时腰椎两侧竖脊肌的表面肌电图,结果显示慢性腰痛患者竖脊肌的 RMS 和屈曲-松弛率 (flexion relaxation rate, FRR) 下降,且慢性腰痛患者竖脊肌 RMS 和 FRR 的改变与疼痛程度之间有密切关系。因此,竖脊肌表面肌电信号的改变可作为诊断慢性腰痛的重要依据。

**2.2 多裂肌表面肌电图** 多裂肌作为椎旁肌的重要组成部分,对于维持腰椎稳定至关重要。多项研究通过表面肌电图分析了慢性腰痛患者多裂肌肌电信号改变。Balasch-Bernat 等<sup>[26]</sup>采用表面肌电图记录了 75 例慢性腰痛患者在做改良版 Biering Sorenson 运动时多裂肌的肌电信号,结果显示慢性腰痛患者在做向心运动时,多裂肌的肌电信号会持续增强;认为多裂肌的异常活动可能是慢性腰痛的重要原因。Hofste 等<sup>[27]</sup>测定了慢性腰痛患者与健康人在做背部最大等长收缩运动时多裂肌的肌电信号变化,结果显示慢性腰痛患者多裂肌的肌电信号高于健康人。Shah 等<sup>[28]</sup>采用表面肌电图记录了慢性腰痛患者进行站立位直腿抬高时腰椎多裂肌的肌电活动,结果显示慢性腰痛患者在直腿抬高时,随着腰椎前凸的增加,多裂肌的 MF 增加了 9.7%。Winder 等<sup>[29]</sup>测定了 9 例慢性腰痛患者在以站立位进行 10 次腰椎稳定练习时多裂肌的表面肌电图,结果显示多裂肌 MF 明显增加,提示慢性腰痛患者深部多裂肌形态和功能可能已发生改变。赵焯等<sup>[30]</sup>研究发现慢性腰痛患者多裂肌平均肌电振幅低于健康人。Da Silva 等<sup>[31]</sup>测定了健康人和慢性腰痛患者在静止站立时多裂肌的表面肌电图,结果显示慢性腰痛患者多裂肌肌电信号更强、肌肉的激活比率更高。Yuan 等<sup>[32]</sup>采用表面肌电图测量了慢性

腰痛女性患者和健康女性椎旁肌的电位活动,结果显示慢性腰痛女性患者多裂肌的 RMS 大于健康女性。Hofste 等<sup>[33]</sup>采用表面肌电图测量慢性腰痛患者多裂肌的 MF 和 RMS,结果显示慢性腰痛患者多裂肌 MF 和 RMS 均显著下降。上述研究结果表明,对于慢性腰痛患者,多裂肌的多项表面肌电图指标均会发生改变,临床诊断慢性腰痛应关注多裂肌的肌电信号改变。

### 3 椎旁肌表面肌电图在慢性腰痛疗效评价中的应用

临床上对于慢性腰痛治疗效果的评价多采用主观评价量表,缺少客观的评价指标。表面肌电图能够准确记录肌肉的肌电变化,进而反映肌肉状态的改变。因此,表面肌电图逐渐被用于慢性腰痛治疗效果的评价中。Dal Farra 等<sup>[18]</sup>通过测定竖脊肌的柔韧性和肌电变化评价肌筋膜松解术治疗慢性腰痛的疗效,结果显示肌筋膜松解术能够增加竖脊肌的柔韧性,但竖脊肌的肌电信号无显著变化。Arguisuelas 等<sup>[34]</sup>研究了肌筋膜释放技术对慢性腰痛患者竖脊肌肌电活动和腰椎运动学的影响,结果显示慢性腰痛患者治疗后竖脊肌会出现肌电屈曲-松弛反应。Qiao 等<sup>[35]</sup>采用表面肌电图评价按摩治疗慢性腰痛的疗效,结果显示慢性腰痛患者在接受 1 周按摩治疗后,椎旁肌肌电活动恢复正常。Ozóg 等<sup>[36]</sup>研究发现,慢性腰痛患者胸腰筋膜区域的肌肉静息电位活动会异常增加,而采用筋膜松解术治疗后,慢性腰痛患者竖脊肌和多裂肌的肌电活动信号明显下降。林慧娟等<sup>[37]</sup>采用表面肌电图评价悬吊运动训练治疗慢性腰痛疗效,结果显示治疗结束后,慢性腰痛患者竖脊肌、多裂肌等肌肉的 RMS 与 MF 均下降,提示悬吊运动训练治疗慢性腰痛能够改善椎旁肌状态。胡兴律等<sup>[38]</sup>采用理筋手法治疗慢性腰痛患者,并测定治疗前后患者多裂肌和竖脊肌的表面肌电图,结果显示治疗后患者竖脊肌的平均振幅与最大振幅均大于治疗前。上述研究结果表明,测定椎旁肌表面肌电图能够客观地评价不同疗法对慢性腰痛的治疗效果。

### 4 小 结

表面肌电图能够通过收集与底层肌肉相连的皮肤表面的生物电信号来直接评估相应肌肉的功能。作为一种客观的测量工具,在遵循正确的测量程序、排除信号干扰的情况下,表面肌电图能够有效记录肌

肉活动时的生物电信号,进而反映肌肉的状态和功能。椎旁肌功能障碍是导致慢性腰痛的重要原因之一,而竖脊肌和多裂肌是最为重要的椎旁肌。慢性腰痛患者竖脊肌和多裂肌的表面肌电图与健康人存在显著差异,标准化处理的肌电图指标能够作为诊断慢性腰痛的依据;而通过检测治疗过程中慢性腰痛患者表面肌电图指标的变化,能够客观地评价不同疗法对慢性腰痛的治疗效果。随着表面肌电图在临床上的应用日趋广泛,椎旁肌表面肌电图检查对于临床上慢性腰痛的诊断和疗效评价具有重要意义。

### 参考文献

- [1] GEORGE S Z, FRITZ J M, SILFIES S P, et al. Interventions for the management of acute and chronic low back pain: revision 2021[J]. J Orthop Sports Phys Ther, 2021, 51(11): CPG1 – CPG60.
- [2] DENG R, HUANG Z, LI X, et al. The effectiveness and safety of acupuncture in the treatment of lumbar disc herniation: protocol for a systematic review and meta-analysis[J]. Medicine (Baltimore), 2020, 99(12): e18930.
- [3] D'ANTONI F, RUSSO F, AMBROSIO L, et al. Artificial intelligence and computer aided diagnosis in chronic low back pain: a systematic review[J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19(10): 5971.
- [4] BARAN T M, LIN F V, GEHA P. Functional brain mapping in patients with chronic back pain shows age-related differences[J]. Pain, 2022, 163(8): e917 – e926.
- [5] HIDA T, EASTLACK R K, KANEMURA T, et al. Effect of race, age, and gender on lumbar muscle volume and fat infiltration in the degenerative spine[J]. J Orthop Sci, 2021, 26(1): 69 – 74.
- [6] GABEL C P, MOKHTARINIA H R, MELLOH M. The politics of chronic LBP: can we rely on a proxy-vote? Linking multifidus intra-myocellular lipid (IMCL) fatty infiltration with arthrogenic muscle inhibition (AMI)-induced chronic nonspecific low back pain[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2021, 46(2): 129 – 130.
- [7] FEITOSA A A, AMARO JUNIOR E, SANCHES L G, et al. Chronic low back pain and sick-leave: a functional magnetic resonance study[J]. Adv Rheumatol, 2020, 60(1): 46.
- [8] HAYDEN J A, ELLIS J, OGILVIE R, et al. Some types of exercise are more effective than others in people with chronic low back pain: a network meta-analysis[J]. J Physiother, 2021, 67(4): 252 – 262.
- [9] TRAEGER A C, QASEEM A, MCAULEY J H. Low back pain[J]. Jama, 2021, 326(3): 286.
- [10] PAPAGIANNIS G I, TRIANTAFYLLOU A I, ROUMPELAKIS I M, et al. Methodology of surface electromyography in gait analysis: review of the literature[J]. J Med Eng Technol, 2019, 43(1): 59 – 65.
- [11] SZYSZKA-SOMMERFELD L, LIPSKI M, WOZNIAK K. Surface electromyography as a method for diagnosing muscle function in patients with congenital maxillofacial abnormalities[J]. J Healthc Eng, 2020, 2020: 8846920.
- [12] WU X, ZHENG X, YI X, et al. Electromyographic biofeedback for stress urinary incontinence or pelvic floor dysfunction in women: a systematic review and meta-analysis[J]. Adv Ther, 2021, 38(8): 4163 – 4177.
- [13] VALENTIN S, ZSOLDOS R R. Surface electromyography in animal biomechanics: a systematic review[J]. J Electromyogr Kinesiol, 2016, 28: 167 – 183.
- [14] DISSELHORST-KLUG C, SCHMITZ-RODE T, RAU G. Surface electromyography and muscle force: limits in sEMG-force relationship and new approaches for applications[J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2009, 24(3): 225 – 235.
- [15] MONIRI A, TERRACINA D, RODRIGUEZ-MANZANO J, et al. Real-time forecasting of sEMG features for trunk muscle fatigue using machine learning[J]. IEEE Trans Biomed Eng, 2021, 68(2): 718 – 727.
- [16] XU L, GU H, ZHANG Y. Research hotspots of the rehabilitation medicine use of sEMG in recent 12 years: a bibliometric analysis[J]. J Pain Res, 2022, 15: 1365 – 1377.
- [17] MEDVED V, MEDVED S, KOVA? I. Critical appraisal of surface electromyography (sEMG) as a taught subject and clinical tool in medicine and kinesiology[J]. Front Neurol, 2020, 11: 560363.
- [18] DAL FARRA F, RISIO R G, VISMARA L, et al. Effectiveness of osteopathic interventions in chronic non-specific low back pain: a systematic review and meta-analysis[J]. Complement Ther Med, 2021, 56: 102616.
- [19] ANSARI B, BHATI P, SINGLA D, et al. Lumbar muscle activation pattern during forward and backward walking in participants with and without chronic low back pain: an electromyographic study[J]. J Chiropr Med, 2018, 17(4): 217 – 225.
- [20] KOUMANTAKIS G A, OLDHAM J A. Paraspinal strength and electromyographic fatigue in patients with sub-acute back pain and controls: reliability, clinical applicability and between-group differences[J]. World J Orthop, 2021, 12(11): 816 – 832.
- [21] SAIKLANG P, PUNTUMETAKUL R, SELFE J, et al. An evaluation of an innovative exercise to relieve chronic low

- back pain in sedentary workers[J]. *Hum Factors*, 2022, 64(5):820-834.
- [22] VARRECCHIA T, CONFORTO S, DE NUNZIO A M, et al. Trunk muscle coactivation in people with and without low back pain during fatiguing frequency-dependent lifting activities[J]. *Sensors (Basel)*, 2022, 22(4):1417.
- [23] HAO Z, XIE L, WANG J, et al. Spatial distribution and asymmetry of surface electromyography on lumbar muscles of soldiers with chronic low back pain[J]. *Pain Res Manag*, 2020, 2020:6946294.
- [24] ARVANITIDIS M, BIKINIS N, PETRAKIS S, et al. Spatial distribution of lumbar erector spinae muscle activity in individuals with and without chronic low back pain during a dynamic isokinetic fatiguing task[J]. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2021, 81:105214.
- [25] SHIGETO H, NISHI Y, OSUMI M, et al. Combined abnormal muscle activity and pain-related factors affect disability in patients with chronic low back pain: an association rule analysis[J]. *PLoS One*, 2020, 15(12):e0244111.
- [26] BALASCH-BERNAT M, WILLEMS T, DANNEELS L, et al. Differences in myoelectric activity of the lumbar muscles between recurrent and chronic low back pain: a cross-sectional study[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2021, 22(1):756.
- [27] HOFSTE A, SOER R, SALOMONS E, et al. Intramuscular EMG versus surface EMG of lumbar multifidus and erector spinae in healthy participants[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2020, 45(20):E1319-E1325.
- [28] SHAH J, TANWAR T, IRAM I, et al. Effect of increased lumbar lordosis on lumbar multifidus and longissimus thoracis activation during quadruped exercise in patients with chronic low back pain: an EMG study[J]. *J Appl Biomech*, 2020;1-8.
- [29] WINDER B, KERI P A, WEBER D E, et al. Postural cueing increases multifidus activation during stabilization exercise in participants with chronic and recurrent low back pain: an electromyographic study[J]. *J Electromyogr Kinesiol*, 2019, 46:28-34.
- [30] 赵焯, 胡零三, 张承哲, 等. 腰椎间盘突出症患者腰骶部多裂肌肌电的比较研究[J]. *中国骨伤*, 2020, 33(5):449-453.
- [31] DA SILVA R A, VIEIRA E R, LÉONARD G, et al. Age- and low back pain-related differences in trunk muscle activation during one-legged stance balance task[J]. *Gait Posture*, 2019, 69:25-30.
- [32] YUAN W, SHEN J, CHEN L, et al. Differences in nonspecific low back pain between young adult females with and without lumbar scoliosis[J]. *Pain Res Manag*, 2019, 2019:9758273.
- [33] HOFSTE A, SOER R, GROEN G J, et al. Functional and morphological lumbar multifidus characteristics in subgroups with low back pain in primary care[J]. *Musculoskelet Sci Pract*, 2021, 55:102429.
- [34] ARGUISUELAS M D, LISÓN J F, DOMÉNECH-FERNÁNDEZ J, et al. Effects of myofascial release in erector spinae myoelectric activity and lumbar spine kinematics in non-specific chronic low back pain: Randomized controlled trial[J]. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2019, 63:27-33.
- [35] QIAO J, ZHANG S L, ZHANG J, et al. A study on the paraspinal muscle surface electromyography in acute nonspecific lower back pain[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2019, 98(34):e16904.
- [36] OZÓG P, WEBER-RAJEK M, RADZIMINSKA A, et al. Analysis of muscle activity following the application of myofascial release techniques for low-back pain—a randomized-controlled trial[J]. *J Clin Med*, 2021, 10(18):4039.
- [37] 林慧娟, 王承荣, 王建斌, 等. 悬吊运动训练对非特异性下腰痛患者腰腹肌表面肌电的影响[J]. *中国医药导报*, 2021, 18(30):101-104.
- [38] 胡兴律, 杨光, 王向阳, 等. 基于表面肌电图评估理筋手法治疗慢性非特异性下腰痛患者肌肉功能恢复情况的价值[J]. *临床医学研究与实践*, 2021, 6(25):135-137.
- (收稿日期:2022-07-28 本文编辑:吕宁)

(上接第 45 页)

- [43] 杨伟清, 冯华杰. 关节造影结合弹性髓内针固定治疗儿童新鲜孟氏骨折[J]. *临床骨科杂志*, 2019, 22(3):343-344.
- [44] 宫伟, 王建嗣, 李炳钻, 等. 术中造影监测下闭合复位内固定治疗儿童肱骨髁间骨折[J]. *中国骨伤*, 2021, 34(9):856-860.
- [45] 姜海, 苗武胜, 吴革, 等. 肘关节造影在儿童陈旧性桡骨头脱位治疗中的应用价值[J]. *实用骨科杂志*, 2018, 24(4):302-305.
- [46] 贾国强, 孙军, 金斌, 等. 儿童 Jacob II 型肱骨外髁骨折关节造影临床应用[J]. *安徽医科大学学报*, 2022, 57(5):837-840.
- [47] 希伦, 王鹏, 秦志明, 等. 外侧入路关节造影辅助治疗儿童孟氏骨折[J]. *西部医学*, 2022, 34(8):1174-1177.
- [48] 戎帅, 滕勇, 郑冲, 等. 关节造影辅助复位单边外固定儿童新鲜孟氏骨折[J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30(16):1516-1518.
- (收稿日期:2022-08-25 本文编辑:时红磊)