

·综述·

表面肌电技术在风湿系统疾病康复评估与训练中的应用*

崔永建¹

肌电信号(electromyography, EMG)是产生肌肉力的电信号根源,它是肌肉中许多运动单元动作电位在时间和空间上的叠加,反映了神经、肌肉的功能状态,在基础医学研究、临床诊断和康复工程中有广泛的应用。目前,临床肌电图检查多采用针电极插入肌肉检测肌电图,其优点是干扰小,定位性好,易识别。但由于它是一种有创的检测方法,使用范围受到一定限制。表面肌电则是从人体皮肤表面通过电极记录下来的神经肌肉活动时发放的生物电信号,属无创性,操作简单,患者易接受,有着广阔的应用前景。在控制良好的条件下,表面肌电信号(surface EMG)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,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。随着sEMG技术的日益成熟,sEMG及其信号分析技术由于具有良好的特异性、可靠性和局部性,成为近几十年来评价肌肉功能,特别是评价肌肉疲劳方面有效的方法之一^[1]。

1 表面肌电在强直性脊柱炎中的应用

强直性脊柱炎(ankylosing spondylitis, AS)是一种慢性进行性疾病,主要侵犯骶髂关节、脊柱骨突、脊柱旁软组织及外周关节,并可伴发关节外表现^[2]。强直性脊柱炎改变了脊柱的力线和生物力学结构,在很小的外力作用下就可引起脊柱的骨折。这种骨折常累及脊神经,其预后在很大程度上依靠早期对它的认识和适当的护理。轻微的神经功能不全早期的脊神经受损的临床表现之一,因为不易察觉微小的神经受损和在普通的颈椎放射片上显影欠佳,其结果就低估了脊神经受损对人体的影响^[3]。因此,恢复强直性脊柱炎患者的生物力学结构至关重要。目前,AS尚无根治的治疗方法,但是患者如能及时得到治疗是可以控制症状并改善预后的。目前对AS治疗效果的评价主要是根据国际通用的Bath强直性脊柱炎功能指数(Bath AS function index, BASFI)表来计算患者的病情活动指数和功能指数。然而,BASFI评分表存在着很大的主观性,可信度不高。如何客观评价AS的治疗效果,有待研究。O'Sullivan等^[4]通过表面肌电信号分析,发现在无痛组和慢性非特异下腰痛组之间有明显的信号差异,并还发现椎旁肌肉的稳定性在腰椎屈曲时有放松现象。谢秋萍等^[5]研究肌电图检查结果提示,AS患者腰背肌有肌源性损害。检查中还发现疼痛和棘旁肌肌电指标与脊柱活动功能明显相关,说明AS患者出现疼痛和脊柱功能活动时脊旁肌肌电指标发生改变。AS患者中腰背部肌肉可能也存在着这样的病理改变。目前,多数学者认为患者腰部活动度下降的原因可能为疼痛和腰部肌肉的病变。疼痛可不同程度地限制腰部肌肉的活动强度和范围,患者因疼痛而惧动造成肌肉萎缩和功能退化,导致脊柱关节活动度下降;而肌肉收缩能力下降

又可直接影响腰部脊柱的结构稳定性,造成椎间小关节及其周围韧带组织和椎间盘损伤,从而加重疼痛,进一步导致腰部活动度的下降,形成恶性循环^[6-7]。这种肌肉骨骼补偿的持续或重复发生可以导致肌肉组织在结构和功能上的快速改变。这种功能失调则导致特定的生理上的适应性改变,如肌纤维萎缩,一块肌肉中不同类型肌纤维比例发生改变等。不同类型腰痛的病因各不相同,但它们的共同点是都会造成腰肌损伤(原发性肌肉损伤或继发性肌肉损伤)。如果能够通过对局部软组织、疼痛的治疗,打断恶性循环,阻止病情发展,是否会改善肌肉的激活模式,恢复相应的肌电节律。王福根等^[8]的研究证实了这一观点,他们应用银质针治疗椎间盘源性疼痛所致的痛性肌痉挛和椎管外腰部软组织损害的疾病,结果发现治疗前患者肌电图检查为短时限的肌源性损害,通过银质针对腰部肌肉的松解,治疗后患者运动单位平均时限恢复了正常。运动对关节炎的作用已在动物试验及临床实践中得到肯定^[9],通过正确地指导患者运动及疾病知识的指导,增强患者的颈椎、肩关节、腰椎、髋关节、膝关节等全身关节的活动,增进肌肉的收缩与舒张,改善血液循环,进而缓解肌肉痉挛或紧张引起的疼痛有助于患者日常功能的恢复。

尽管肌肉和腰痛之间的内在必然联系尚未完全阐明,但是越来越多的证据表明肌肉损伤和腰痛之间有着明显的联系。这无论是肌肉源性腰痛,还是神经源腰痛总不可避免的引发神经肌肉和行为上的反应。在大多数情况下,为了避免或减小进一步的疼痛或损伤,在患者身上往往出现肌肉痉挛、肌肉正常张力改变,并以此来达到“稳定”脊柱关节的目的,以减轻神经或其他敏感组织上所受到的机械冲击。肌电信号直接提供的关于肌肉电学方面的信息,具有其他方法无法比拟的优越性^[10]。在腰部肌肉功能评价中,表面肌电信号分析被广泛应用。谢秋萍等研究结果表明腰部活动度与脊旁肌肌电指标之间有显著相关性,腰部活动受限程度越严重其脊旁肌肌电表现就越异常,说明肌电指标可以对腰部活动度做出评价。可见,肌电图检查有助于更全面地了解AS病变的特点,能够反映病变程度,可以作为AS治疗效果的评价指标之一,在临床中值得推广应用^[5]。

2 表面肌电在骨性关节炎中的应用

膝关节骨性关节炎(osteoarthritis, OA)是一种慢性退行性关节疾病,是最常见的关节炎类型,并且是中老年人的常见病、多发病,以膝关节疼痛、活动受限、关节肿胀及畸形为主要

* 审校:魏丽(新疆医科大学第一附属医院骨内科)

1 新疆医科大学第一附属医院骨内科,新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市鲤鱼山南路137号,830054

作者简介:崔永建,男,硕士研究生

收稿日期:2008-07-30

临床表现, 治疗方法甚多, 除手术外, 基本上都是以消除症状, 缓解关节疼痛, 改善膝关节活动功能为主。以往研究表明, 神经肌肉因素在活动性膝关节稳定中发挥着重要作用。这些神经肌肉因素包括肌力、本体感觉和肌肉的协调性等。虽然以前的研究方向主要集中在对肌力的研究, 但是肌肉收缩的不协调也可能是膝关节 OA 患者的发病机制之一。Baker K 等提出, 如果肌肉收缩不协调, 关节将可能超过其正常的移动极限, 并且加大软骨的负荷。因此, 需要进一步研究膝关节 OA 患者膝关节的肌肉控制功能和协调性。肌力和肌肉的协调性是膝关节的主要动力性稳定因素, 应用 sEMG 可以提供各肌肉协调性和肌力水平的变化, 为膝关节病变的康复提供重要依据^[12]。

膝关节 OA 患者存在屈伸肌力下降, 这已在许多研究中得到证实^[13]。但目前有关膝关节 OA 患者在不同运动状态下, 特别是功能活动状态下肌肉功能的 sEMG 信号特征的研究仍较少。俞晓杰等^[14]研究选用骨外侧肌和股二头肌作为股四头肌和腘绳肌的代表, 运用表面肌电图检测它们在最大等长收缩和下蹲运动过程中的肌电信号, 以研究股外侧肌和股二头肌在不同运动状态下的功能状态以及其之间的相互关系。在进行 sEMG 信号分析时, 通过表面肌电对协同收缩率的分析, 提示协同收缩能增加关节的僵硬。国外学者通过对拮抗肌多通道的表面肌电监测和实时分析表面肌电结果, 得出表面肌电的波幅和复合频率, 发现拮抗肌的协同收缩率增加^[15]。这可能是主动肌肌电振幅下降的结果, 能间接反映了肌力平衡和膝关节稳定性的异常。下蹲运动在膝关节 OA 患者的日常生活活动和康复中具有重要意义。俞晓杰等^[16]研究结果显示在下蹲运动过程中, 膝关节 OA 患肢的腘绳肌共同活动比率是增加的, 这可能是股四头肌功能受损和腘绳肌活动增强共同作用的结果, 说明了膝关节 OA 患者存在肌肉平衡神经控制异常的内在改变。因为腘绳肌是双关节肌肉, 其在膝关节作为屈肌, 而在髋关节作为伸肌。腘绳肌共同活动增加可能在膝关节 OA 患者下蹲运动过程中对增加整个膝关节的稳定性起着重要的作用。采用腘绳肌共同活动比率反映腘绳肌在下蹲运动过程中相对股四头肌的共同活动情况。Yanagawa 等^[17]认为, 膝关节 ACL 缺陷的患者在伸膝过程中腘绳肌的协同收缩非常重要, 有利于膝关节的稳定。应用 sEMG 测试腘绳肌和股四头肌的肌电比值可反映 H/Q 比值和腘绳肌在伸膝过程中的协同收缩活动。戴慧寒等^[18]研究脑卒中患者不同强度随意运动时的 sEMG 结果发现, 患侧下肢股外侧肌、股直肌和股内侧肌的平均 AEMG、%DET 标准化值大于健侧, 拮抗比小于健侧。应用 sEMG 可对膝关节康复手段的机理进行研究, Barak Y 等^[19-20]的研究即发现, 小范围的关节活动度(ROM) 条件下的等速训练时, 股内侧肌的运动单位募集反应有明显提高, 并且小范围的 ROM 训练可取得正常 ROM 训练同样的效果, 这对于那些禁忌大范围 ROM 训练的阶段, 将给患者的康复带来很大益处。Mika 等^[21]利用 sEMG 实验表明, 在主动肌疲劳之后, 适当的、积极的锻炼是最合适和最有效的康复模式, 例如, 小阻力的循环锻炼。而这种康复模式还可以促进肌肉的收缩速率。MF 和 MPF 为频域参数, MF 是中位频率, MPF 是平均功率频率。肌电信号能有

效地反映肌肉的疲劳状态。蔡奇芳等^[22]研究发现, 下肢肌肉病变患者经过康复治疗后的 MF 值较治疗前高, 说明治疗后的肌肉功能改善。

sEMG 的另一功能就是反馈治疗。其原理是将肌电信号引出放大, 可采用显示器及喇叭分别将图像信号、声音信号反馈给受试者, 实现双信号的反馈治疗。无论是针对骨骼肌过高活动还是过低活动, 以及不协调活动, 通过这种治疗, 都可以将患者的膝关节肌肉肌电情况即时反馈给患者和医师, 使患者更加良好地控制自己的肌肉, 以减轻患者因肌肉过度活动引起的疼痛和协调障碍, 增强训练效果, 对于提高肌力有很大帮助^[12]。利用 sEMG 可以对手术前后和康复治疗前后的关节功能进行评估, Lewek 等^[23]应用步态分析结合 sEMG 分析膝关节 OA 对患侧膝关节步态产生影响, 发现膝关节内侧肌肉协同收缩可减慢疾病的进程。孙栋等^[24]研究脑卒中恢复期患者膝关节的 sEMG 资料, 提示对膝关节伸肌群和屈肌群收缩的协调性训练, 尤其在膝关节屈曲运动时, 增强主动肌收缩, 抑制拮抗肌的协同收缩, 应是下肢康复的重要目标。

3 表面肌电在类风湿性关节炎中的应用

类风湿性关节炎(rheumatoid arthritis, RA)是以对称性多关节炎为主要临床表现的异质性、系统性疾病。病理发展过程中滑膜增殖形成血管翳, 造成骨关节侵袭破坏, 最后导致关节强直、畸形、功能丧失而有不同程度的残废。类风湿性关节炎常引起关节周围的肌肉病变, 国外学者研究证明, 类风湿时常见横纹肌损害, 表现为局灶性肌炎、肌萎缩和变性, 肌纤维束减少(与类风湿的肌无力和肌紧张度障碍有关), 肌膜松弛和血管狭窄。类风湿时的肌纤维损害与发生的血管炎有关。病变关节周围及肢体的肌萎缩, 是由多种因素引起的。关节炎症的刺激传到至脊髓前角引起支配肌肉的神经紊乱和脊髓前角细胞及周围神经萎缩。切断脊髓神经后跟可防止肌肉萎缩, 证明利这一点。由于自主神经功能紊乱引起的肌营养不良, 肌肉内血管炎与缺血性改变以及肉芽肿所致的肌纤维变性、束间纤维化与肌腱断裂, 以及因关节肿痛部活动所致的肌肉废用性变化等, 都在肌肉萎缩的发生中起着作用^[25]。

类风湿所侵犯的关节多为有滑膜组织的可动关节, 最常被侵犯的关节依次为腕、掌指及近端指间关节, 还可侵犯肩、肘、髋、膝等关节, 疼痛明显时, 患者为减轻关节活动引起的疼痛常采取保护性制动, 长时间可引起关节周围的肌肉组织萎缩。因此, 需要及时、正确地进行关节康复训练, 增强肌力, 对关节稳定发挥着重要作用。而表面肌电信号对指导康复训练可以有针对性的训练特定的肌肉, 基于表面肌电目前的研究结果, Faul F、Hakkinen K 等^[26-27]通过对比肩关节的四块肌肉运动模式的表面肌电结果发现, 在肩关节水平外展不同的训练状态过程中, 四块肌肉有紧密的联系 sEMG(integrated, EMG, IEMG)呈单调递增、频谱分析的平均功率和中位频率呈单调下降趋势与肌肉的功能水平有关。IEMG 和肌力成线性正比关系, 可反映整个肌肉的大致活动, 因此, 可以用肌电积分评价肌力^[28]。王国祥等研究在不同负荷的肘关节等速运动状态下, 肘关节屈伸运动过程中, 离心性运动的力矩峰值下

降幅度大于向心性运动,表明离心性运动可能优先产生疲劳;工作肌群的肱二头肌和肱三头肌 sEMG 呈现出中位频率下降和 IEMG 上升的变化,但运动期间 IEMG 变化时间明显滞后于中位频率的变化。同时实验也证实了肘关节屈伸运动时力矩峰值变化与工作肌群肌电图的变化有一定的相关关系^[29]。国外学者发现表面肌电信号的幅值(%MVC)随着疲劳增强而升高,但表面肌电信号的中频随疲劳的增强而降低。利用该规律,牟洪雨等开发人体上肢表面肌电反馈康复训练系统,通过设定训练时的疲劳阈值(如 70%MVC 等),可以检测到疲劳的产生,并能根据此反馈信息对训练参数进行相应的调整,以此防止疲劳损伤,并对患者起到一定的保护作用^[30]。

4 问题与展望

sEMG 是分析神经肌肉功能的工具,如何正确地应用它至关重要。在分析时 sEMG,不应该单纯地观察肌电活动的空间状态,还要分析肌电活动的时间和时限情况,同时还要了解各肌肉在活动时的时间和空间的相互关系。sEMG 本身还存在一些局限,比如 sEMG 所用的电极较大,采样时采集的是某一动作有关的肌群的肌电情况,分析的也是肌群的肌电情况,而不是某一肌肉的放电,故对形态较小的肌肉无法准确分析。而且采样仅仅是局限的几个肌群,无法宏观掌握人体肌肉的运动情况。sEMG 测定的并不是肌肉的肌力,而是运动过程中肌肉的电活动,振幅的不同仅代表参与肌肉收缩的肌纤维的数量不同而非肌肉所产生的力量不同,也就是说 sEMG 只能间接量化肌肉收缩所产生的力量大小。尽管有以上问题,但 sEMG 为膝关节运动创伤康复提供了一种安全、简单、无创的有关肌肉功能状况的检查手段,可对关节周围肌肉的肌力和肌肉之间的协调性进行评估,为临床康复治疗提供反馈和依据,随着 sEMG 技术的发展,其在关节运动创伤康复领域的应用将有广阔的前景^[31]。

参考文献

- [1] 田强,黄力平,于诗情,等. 8h 驾驶工作对中年出租车驾驶员腰腿部肌肉 sEMG 变化的影响 [J]. 中国康复医学杂志,2008,23(1):19—22.
- [2] 施桂英. 强直性脊柱炎诊治指南[J]. 中华风湿病学杂志,2003, 7(10): 641—643.
- [3] Haswell K, Gilmour J, Moore B. Clinical decision rules for identification of low back pain patients with neurologic involvement in primary care [J]. Spine, 2008,33(1):68—73.
- [4] O'Sullivan P, Dankaerts W, Burnett A, et al. Altered patterns of superficial trunk muscle activation during sitting in nonspecific chronic low back pain patients: importance of subclassification [J]. Spine, 2006, 31(17):2017—2023.
- [5] 谢秋萍,叶勇光,汪青春,等.强直性脊柱炎患者脊旁肌肌电图研究[J]. 颈腰痛杂志, 2008, 29(1):36—38.
- [6] Paquet F, Malouin L, Richards CL. Hip-spine movement interaction and muscle activation patterns during sagittal trunk movements in low back pain patients [J]. Spine, 1994,19(5): 596—603.
- [7] Granata KP, Wilson SE. Trunk posture and spinal stability[J]. Clin Biomech, 2001,16(8):650—659.
- [8] 王福根,江亿平,王素平.银质针治疗腰椎间盘突出症的临床肌电图观察[J].中国疼痛医学杂志,1999,5(4):194—197.
- [9] 蒋明,朱立平,林孝义. 风湿病学 [M]. 北京: 科学技术出版社,

1995.2028—2030.

- [10] Mathieu PA, Sullivan SJ. Frequency characteristics of signal and instrumentation: implication for EMG biofeedback studies [J]. Biofeedback Self Regul, 1990, 15(4): 335—352.
- [11] Baker K, McAlindon T. Exercise for knee osteoarthritis [J]. Curr Opin Rheumatol, 2000, 12(5):456—463.
- [12] 郑荣强,王予彬,王惠芳. 表面肌电在膝关节运动创伤康复中的应用[J]. 中国康复医学杂志, 2008,23(1):81—83.
- [13] Hurley MV. Muscle dysfunction and effective rehabilitation of knee osteoarthritis; what we know and what we need to find out [J]. Arthritis Rheum, 2003, 49(3): 444—452.
- [14] Russell PJ, Croce RV, Swartz EE, et al. Knee-muscle activation during landings: developmental and gender comparisons [J]. Med Sci Sports Exerc, 2007, 39(1):159—170.
- [15] Liu X, Aziz TZ, Bain PG. Intraoperative monitoring of motor symptoms using surface electromyography during stereotactic surgery for movement disorders [J]. J Clin Neurophysiol, 2005, 22(3):183—191.
- [16] 俞晓杰,吴毅,王颖,等. 膝关节骨性关节炎等速离心收缩肌力的研究[J]. 中国康复医学杂志, 2006, 21(7), 610—613.
- [17] Yanagawa T, Shelburne K, Serpas F, et al. Effect of hamstring muscle action on stability of the ACL-deficient knee in isokinetic extension exercise [J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2002,17(9-10):705—712.
- [18] 戴慧寒,王健,杨红春,等. 脑卒中患者不同强度随意运动时的 sEMG 反应特点 [J]. 中国康复医学杂志, 2008, 23(1):23—25.
- [19] Barak Y, Ayalon M, Dvir Z. Spectral EMG changes in vastus medialis muscle following short range of motion isokinetic training [J]. Electromyogr Kinesiol, 2006, 16(5):403—412.
- [20] Barak Y, Ayalon M, Dvir Z. Transferability of strength gains from limited to full range of motion [J]. Med Sci Sports Exerc, 2004, 36(8):1413—1420.
- [21] Mika A, Mika P, Fernhall B, et al. Comparison of recovery strategies on muscle performance after fatiguing exercise [J]. Am J Phys Med Rehabil, 2007, 86(6):474—481.
- [22] 蔡奇芳,孙栋,谭炎全,等. 脑梗死后偏瘫患者康复治疗前后 sEMG 信号变化的研究 [J]. 中国康复医学杂志, 2008, 23(4): 347—348.
- [23] Lewek MD, Rudolph KS, Snyder-Mackler L. Control of frontal plane knee laxity during gait in patients with medial compartment knee osteoarthritis [J]. Osteoarthritis Cartilage, 2004,12(9):745—751.
- [24] 孙栋,戴慧寒,蔡奇芳,等. 脑卒中偏瘫患者股直肌和股二头肌的表面肌电信号特征 [J]. 中国康复医学杂志, 2008, 23(3): 256—257.
- [25] 张进玉主编. 类风湿性关节炎 [M]. 第 2 版. 北京: 人民卫生出版社, 1998. 192—193.
- [26] Yasojima T, Kizuka T, Noguchi H, et al. Differences in EMG activity in scapular plane abduction under variable arm positions and loading conditions [J]. Med Sci Sports Exerc, 2008, 40(4):716—721.
- [27] Faul F, Erdfelder E, Lang AG, et al. Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences [J]. Behav Res Methods, 2007, 39(2): 175—191.
- [28] Hakkinen K, Alen M, Kraemer WJ, et al. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training [J]. Eur J Appl Physiol, 2003, 89(1): 42—52.
- [29] 王国祥,李长宏. 肘关节等速运动过程中表面肌电图的变化特征 [J]. 中国临床康复, 2004, 8(12):2346—2348.
- [30] 牟洪雨,季林红,王人成,等. 人体上肢表面肌电反馈康复训练系统的研制 [J]. 中国康复医学杂志, 2003, 18(5): 291—292.