

· 临床研究 ·

膝关节骨关节炎患者膝屈伸肌的表面肌电信号研究

俞晓杰 吴毅 胡永善 白玉龙 李美萍 沈健

【摘要】目的 评价单侧膝关节骨关节炎(OA)患者在不同运动状态下的健、患侧膝屈伸肌的肌肉功能和协调活动差异,为临床制定康复方案提供依据。方法 用 Noraxon Myosystem1200 型表面肌电图仪对 26 例单侧膝关节骨关节炎患者的等长肌肉收缩功能和下蹲运动进行表面肌电信号的测试。结果 患侧股外侧肌和股二头肌在最大等长收缩和下蹲运动时的肌电振幅均值小于健侧($P < 0.05$)。在最大等长收缩过程中,患侧的拮抗肌协同收缩率较健侧增高($P < 0.05$);在下蹲运动过程中,患侧的腓绳肌共同活动比率高于检测($P < 0.05$)。结论 表面肌电图测试可用于量化评价膝 OA 患者在不同运动过程中肌肉功能。膝 OA 患肢在不同运动状态下均可能存在肌肉功能降低和肌力平衡异常。康复治疗不仅应重视股四头肌肌力增强而且应重视改善膝关节的肌力平衡。

【关键词】 骨关节炎; 表面肌电图; 膝关节; 协同活动

Surface electromyography of patients with knee osteoarthritis YU Xiao-jie*, WU Yi, HU Yong-shan, BAI Yu-long, LI Mei-ping, SHEN Jian. *Department of Rehabilitation Medicine, Huashan Hospital, Fudan University, 200040, China

【Abstract】 Objective To evaluate muscular function and the coactivity of the knee flexors and extensors in patients with unilateral osteoarthritic knees. Methods Muscle function and coactivity were tested in 26 patients with unilateral osteoarthritic knees during maximal voluntary contraction and during squats, using a Noraxon Myosystem 12000 surface electromyography (sEMG) system. Results The mean amplitude of the electromyograms of the vastus lateralis and biceps femoris in diseased knees were significantly lower during maximal voluntary contraction and squat than those of the non-diseased knees. The antagonistic coactivity ratios in diseased knees were higher than in the non-diseased during isometric contraction, and hamstring coactivity ratios were also higher. Patients with knee osteoarthritis demonstrated impaired muscular function and altered muscle balance. Conclusions SEMG can be used to quantitatively evaluate muscle function in patients with osteoarthritic knees. Therapeutic interventions should focus not only on quadriceps strengthening, but also on improving muscle balance at the knee.

【Key words】 Osteoarthritis; Surface electromyography; Knee; Coactivity

骨关节炎(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 65 岁以上老年人残疾的一个主要原因。随着社会人口的老龄化,OA 的社会经济负担已被认为是一个重要的世界性卫生问题^[1],因此进一步研究与 OA 的发生和发展相关的危险因素和干预措施是非常重要的。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。O'Conner 等^[2]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。本研究采用 Noraxon Myosystem1200 型表面肌电图(surface electromyography, sEMG)并结合 Biodex System-3 型等速系统对 26 例单侧膝关节 OA 患者的股外侧肌和股二头肌功能进行评价,研究膝 OA 在不同运动方式下的肌肉功能和协调性,探讨膝关节 OA 的病理机制,同时为指导临床康复治疗提供依据。

对象与方法

一、研究对象

单侧膝关节 OA 患者 26 例,其中男 9 例,女 17 例;左膝 10 例,右膝 16 例;年龄为 48 ~ 71 岁,平均 58 岁;体重为 46 ~ 78 kg,平均 62.75 kg;病程为 2 ~ 120 个月,平均 27.5 个月。

诊断标准(参照美国风湿病学会 1995 年对膝关节骨关节炎的诊断标准)^[3]:①膝关节疼痛;②年龄

作者单位:200040 上海,复旦大学附属华山医院康复医学科(俞晓杰、吴毅、胡永善、白玉龙、沈健);上海市残疾人康复职业培训中心(李美萍)

(多见于 50 岁左右的中老年人群);③骨摩擦音;④晨僵;⑤X 线表现(一般为骨赘形成,软骨下骨硬化和关节间隙狭窄)。同时结合病史、物理检查和辅助检查排除风湿、类风湿性关节炎等其他膝部伤病。入选对象要求均为单侧膝关节 OA 患者(如有双侧膝关节 OA 患者,则要求一侧症状较轻,不要求进行干预性治疗),Kellgren 分级 $\geq$ II 级^[4],伴有疼痛病史,能独立行走。

二、研究方法

1. sEMG 信号采集方法:采用 MyoSystem 1200 肌电图仪(Noraxon Inc., Scottsdale, AZ, USA)记录 sEMG 信号。将电极固定于受试者大腿股外侧肌(vastus lateralis, VL)和股二头肌(biceps femoris, BF)皮肤表面,固定电极前局部皮肤用酒精脱脂,电极置于所测肌肉的肌腹部位最隆起处。VL 参考位置为股骨大转子到髌骨外缘连线下 1/3 处;BF 参考位置为坐骨结节到腓骨头连线中点。参考电极贴于腓骨头皮肤表面。采样频率为 1 000 Hz,带通滤波 20 ~ 500 Hz,电极间距 2.5 cm,噪声水平 $< 5 \mu\text{V}$ 。在进行膝屈伸肌最大等长收缩和下蹲运动的同时记录 sEMG 信号。采集到的 sEMG 信号存入计算机,通过 MyoResearch 软件处理。原始 EMG 信号经整流(Rectification)和平滑(Smoothing)处理。平滑采用均方根(RMS)公式计算,时间窗设为 50 ms。分析指标为 VL 和 BF 的 sEMG 振幅均值(Mean 值)。

2. 最大等长收缩方法:采用 Biodex System-3 型等速肌力测试训练(Biodex, 美国)系统为膝 OA 患者提供标准化的检测环境。健侧和患侧采用随机的测试顺序。测试时膝关节 OA 患者取坐位,上身和测试侧股部用保护带固定,双手紧握测试椅两侧的把手,连接动力仪的阻力垫固定在受试侧小腿内踝上 3 cm 处,动力仪的旋转轴与受试侧股骨外髁相一致。采用 Biodex 系统自带的 Advantage 软件设定运动程序。使患者膝关节固定于屈曲 75°位下进行 3 次膝关节屈伸肌最大等长收缩,每次最大等长收缩持续 6 s,每次伸和屈之间间隔 60 s。在最大等长收缩的同时记录 sEMG 信号。取等长收缩的中间 3 s 进行 sEMG 信号分析,3 次最大等长收缩的 sEMG 信号取均值分析。

3. 下蹲运动方法:先在膝 OA 患者的双侧 VL 和 BF 贴好电极,连接好连接线。告知患者测试程序并训

练 2 次,使患者熟悉测试过程。测试时,患者先取站立放松位开始记录 sEMG 信号,尽量将身体重心落在两足当中,两足间距保持与肩同宽。听到口令后开始以中速做下蹲动作(用时约 2 s),尽量屈曲膝关节致最大限度,然后保持 2 s,再以中速站起(用时约 2 s),连续做 5 次。记录整个下蹲和站起过程中的 sEMG 信号,并同步进行摄像记录,以确定动作起始点,保证测试过程中双侧肢体的同步运动。取中间的 3 次下蹲运动(包括蹲下和站起)的 sEMG 信号进行分析。

三、统计学分析

使用 Stata 7.0 统计分析软件,所有数据均以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,双侧肢体测量参数差异的显著性检验用自身配对 t 检验, $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

结 果

一、最大等长收缩过程中的 sEMG 变化

膝 OA 患者的健侧和患侧膝关节屈伸肌在最大等长伸展和屈曲收缩时的 VL 和 BF 的 sEMG 振幅均值(Mean 值)和拮抗肌/主动肌协同收缩率结果见表 1。

表 1 结果表明:膝 OA 患者的膝关节屈伸肌在最大等长收缩时,主动肌的 sEMG 振幅均值(Mean 值)在健侧和患侧之间的差异有统计学意义($P < 0.05$),说明患侧膝关节屈伸肌等长收缩时主动肌的最大 sEMG 振幅均值低于健侧。但拮抗肌的 sEMG 振幅均值健侧和患侧之间未见明显差异。而且,在最大等长伸展和屈曲收缩过程中,拮抗肌和主动肌之间的协同收缩比率(伸展 BF/VL, 屈曲 VL/BF)在健侧和患侧之间差异存在统计学意义($P < 0.05$),可以认为患侧在最大等长收缩过程中的协同收缩比率高于健侧。

二、下蹲运动过程中的 sEMG 变化

膝 OA 患者在整个下蹲运动(包括蹲下和站起)过程中健侧和患侧的 VL 和 BF 的 sEMG 振幅均值(Mean 值)和腘绳肌共同活动比率(BF/VL)结果见表 2。

表 2 结果表明:膝 OA 患者在整个下蹲运动过程中,sEMG 振幅均值(Mean 值)和腘绳肌共同活动比率在健侧和患侧之间差异存在统计学意义($P < 0.05$),可以认为患侧 sEMG 振幅均值低于健侧。此外,腘绳肌共同活动比率在健侧和患侧之间差异存在统计学意义($P < 0.05$),可以认为患侧的腘绳肌共同活动比率高于健侧,说明 BF 的协同活动相对增强。

表 1 膝 OA 患者健侧与患侧屈伸肌最大等长收缩 sEMG 比较($n = 26, \bar{x} \pm s$)

肢体	伸展 Mean 值(μV)		屈曲 Mean 值(μV)		协同收缩比率(%)	
	VL	BF	BF	VL	伸展 BF/VL	屈曲 VL/BF
健侧	139.1 $\pm$ 56.9	38.9 $\pm$ 17.0	117.4 $\pm$ 57.1	24.8 $\pm$ 14.5	30.0 $\pm$ 11.3	21.2 $\pm$ 6.7
患侧	107.2 $\pm$ 44.8 *	41.3 $\pm$ 19.8	75.1 $\pm$ 35.8 *	25.9 $\pm$ 16.5	40.3 $\pm$ 13.4 *	35.7 $\pm$ 16.8 *

注:与健侧比较, * $P < 0.05$

表 2 膝 OA 患者下蹲运动过程中的 sEMG 比较
($n = 26, \bar{x} \pm s$)

肢体	VL Mean 值(μV)	BF Mean 值(μV)	BF/VL(%)
健侧	80.1 $\pm$ 27.9	29.5 $\pm$ 15.3	39.8 $\pm$ 20.2
患侧	50.1 $\pm$ 27.0 *	22.5 $\pm$ 11.0 *	52.8 $\pm$ 25.6 *

注:与健侧比较, * $P < 0.05$

讨 论

等长、等速肌力测试是临床评价肌肉功能的常用方法。通过等速肌力测试系统可以精确获得力矩、做功和功率等力学指标。而表面肌电(sEMG)信号是将神经肌肉系统活动时的生物电变化,在皮肤表面加以引导、放大、显示和记录所获得的一维时间序列信号。可用于量化工作肌肉的功能活动、估价肌肉疲劳度、间接评定工作肌肉的力量大小,配合等速仪器、摄像头等设备可获得更多运动学方面的测量结果。其检测具有非损伤性、实时性、多靶点测量等优点。因此,表面肌电图可用于客观评价特定肌肉在各种运动状态,包括静态、动态和功能活动状态下的神经肌肉活动情况,而且表面肌电图的多通道测量特性,可同步监测主动肌、拮抗肌和协同肌的功能特性和相互间的协调性。此外,信号的变化与肌肉本身生理过程以及运动控制之间存在着必然的联系。

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^[5-7]。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。在本研究中,我们参照 Hortobagyi 等^[8]的研究方法选用 VL 和 BF 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,我们选用 Noraxon MyoResearch 软件肌电分析结果中的 sEMG 振幅均值(Mean 值)作为分析指标。因为 sEMG 振幅均值对于分析周期的持续时间差异不敏感,较适用于比较分析。而且 sEMG 振幅均值能够较好地描述在一个特定运动中特定肌肉的总的神经支配量。采用拮抗肌/主动肌肌电比值反映等长运动过程中膝关节相对面两块肌肉的协同运动的方式^[9]。采用腘绳肌共同活动比率(BF/VL)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。

本研究结果显示,患侧膝关节屈伸肌在最大等长收缩状态下的 sEMG 振幅均值(Mean)较健侧下降,这与以往通过力学方法获得的结果一致^[10]。由于本研究所进行的是最大等长收缩,因此快收缩纤维运动单位的机能下降可能是造成 sEMG 振幅均值下降的主要

原因。因为肌纤维募集的优先顺序是以肌肉收缩的强度而非收缩的速度为基础的。轻度亚极量收缩选择性募集慢收缩纤维(slow twitch fiber, STF, I 型)。中度亚剂量收缩募集 STF 以及快收缩纤维(fast-twitch, FTa, II a 型),而在极量收缩时纤维的募集类型是全或无的,即所有的纤维(STF、FT)都被募集。因此,本研究所发现的膝关节 OA 患者的患侧膝屈伸肌在最大等长收缩下 sEMG 振幅均值的显著下降可能是膝 OA 快收缩纤维萎缩和机能下降的反映。在下蹲运动过程中,虽然我们已让患者尽量将身体的重心落在两足的中间,但患者患侧的肌电振幅均值仍较健侧显著下降。这可能表明在日常生活活动中,除了可能存在关节源性肌肉抑制和肌肉萎缩外,患者会采用健侧代偿的方式进行功能活动。

关于主动肌和拮抗肌关系的研究结果表明,在最大等长收缩时,拮抗肌的协同收缩比率增加,这可能是主动肌肌电振幅下降的结果,可能间接反映了肌力平衡和膝关节稳定性的异常。因为主动肌力矩下降对膝关节总力矩作用的结果是导致膝关节稳定性的下降^[11]。正常情况下,当主动肌收缩时,中枢神经系统会控制拮抗肌协调地放松或作适当的离心收缩。在进行大负荷运动时,强烈的兴奋可能超过选择性抑制的能力,而引起拮抗肌和远处肌肉的收缩。表面肌电图的多通道优点可用于研究这些拮抗肌或协同肌的活动。在本研究中膝关节 OA 患者的膝屈伸肌在最大随意等长收缩过程中所显示的协同收缩比率增高,可能反映了膝 OA 患者的患肢的膝屈伸肌在最大等长收缩过程中股四头肌和腘绳肌选择性抑制能力的下降。在表面肌电图检测股四头肌的最大随意收缩(maximal voluntary contraction, MVC)时,推荐的测试体位是膝关节屈曲 70°~90°之间。本研究选用膝关节屈曲 75°,以使关节角度接近股四头肌最大肌力的关节角度范围,因此可能对于膝伸肌更具有代表性。

下蹲运动是一个包括股四头肌离心收缩(蹲下)和向心收缩(站起)的两相运动。当蹲下时,股四头肌以离心方式收缩控制身体的降低,然后抗重力减速身体部分。在站起过程中,股四头肌以向心方式起作用移动身体抗重力向上。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。本研究所观察的下蹲运动包括整个蹲下和站起过程,未将下蹲运动分为向心收缩相和离心收缩相,因为本研究所要观察的是在整个下蹲运动过程中腘绳肌在膝关节稳定中所起的作用。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。因为腓绳肌是双关节肌肉,其在膝关节作为屈肌,而在髋关节作为伸肌。在日常生活活动中要区分腓绳肌在髋关节和膝关节中的作用是困难的。在本研究中所选择的分析窗周期是受试者蹲下和站起整个过程的持续时间。此过程中的腓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^[12]。

本研究结果表明,膝关节 OA 患者的膝屈伸肌在最大等长收缩过程中存在协同收缩比率增高,在下蹲运动过程中存在腓绳肌共同活动比率增高,这反映了膝关节 OA 患者的患肢存在屈伸肌肌力平衡改变和腓绳肌协同活动增强等异常。这可能是对于疼痛、局部力学结构改变和股四头肌软弱的一种代偿性适应^[6]。因此,本研究结果的临床意义在于通常使用的股四头肌增强训练可能应该补充其他肌肉增强干预以减慢疾病的进展。由于膝关节 OA 患者准确控制力量的能力受损可能是肌肉平衡受损的基础^[13],因此膝关节 OA 患者的肌肉训练方案应该不仅改善最大股四头肌肌力,而且改善膝关节 OA 患者膝关节周围肌肉平滑和准确地产生力量的能力^[14]。膝关节肌肉功能异常会影响膝关节正常的应力负荷分布、易化疾病的发展。康复治疗不仅应重视股四头肌肌力增强,而且应重视改善膝关节屈伸肌力的平衡,并重视在日常生活活动中的正确应用。

参 考 文 献

- 1 Baker K, McAlindon T. Exercise for knee osteoarthritis. *Curr Opin Rheumatol*, 2000,12:456-463.
- 2 O'Connor BL, Brandt KD. Neurogenic factors in the etiopathogenesis of osteoarthritis. *Rheum Dis Clin North Am*, 1993,19:581-605.
- 3 Altman R, Asch E, Bloch D, et al. Development of criteria for the classification and reporting of osteoarthritis. Classification of osteoarthritis of the knee. Diagnostic and Therapeutic Criteria Committee of the American Rheumatism Association. *Arthritis Rheum*, 1986, 29:1039-1049.
- 4 卓大宏, 主编. 中国康复医学. 北京:华夏出版社, 2003. 1205.
- 5 吴毅, 范振华, 李云霞, 等. 膝关节骨性关节炎等速肌力测试的研究. *中国康复医学杂志*, 1995,10: 145-148.
- 6 Hurley MV. Muscle dysfunction and effective rehabilitation of knee osteoarthritis: what we know and what we need to find out. *Arthritis Rheum*, 2003,49:444-452.
- 7 俞晓杰, 吴毅. 运动疗法在膝关节骨关节炎中的应用. *中华物理医学与康复杂志*, 2005,27:559-561.
- 8 Hortobagyi T, Westerkamp L, Beam S, et al. Altered hamstring-quadriceps muscle balance in patients with knee osteoarthritis. *Clin Biomech*, 2005,20:97-104.
- 9 Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, et al. Antagonist muscle coactivation during isokinetic knee extension. *Scand J Med Sci Sports*, 2000, 10:58-67.
- 10 Lewek MD, Rudolph KS, Snyder-Mackler L. Quadriceps femoris muscle weakness and activation failure in patients with symptomatic knee osteoarthritis. *J Orthop Res*, 2004,22:110-115.
- 11 Solomonow M, Baratta R, Zhou BH, et al. The synergistic action of the anterior cruciate ligament and thigh muscles in maintaining joint stability. *Am J Sports Med*, 1987,15:207-213.
- 12 Pai YC, Chang HJ, Chang RW, et al. Alteration in multijoint dynamics in patients with bilateral knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum*, 1994,37: 1297-1304.
- 13 Hortobagyi T, Garry J, Holbert D, et al. Aberrations in the control of quadriceps muscle force in patients with knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum*, 2004,51:562-569.
- 14 Sharma L, Dunlop DD, Cahue S, et al. Quadriceps strength and osteoarthritis progression in malaligned and lax knees. *Ann Intern Med*, 2003, 138:613-619.

(修回日期:2006-04-11)

(本文编辑:阮仕衡)

星状神经节阻滞配合推拿治疗椎动脉型颈椎病的临床研究

王俊华 徐远红 李海峰

椎动脉型颈椎病是颈椎病中较常见的一种类型,我科采用星状神经节阻滞配合推拿疗法治疗椎动脉型颈椎病患者 45 例,并与单纯采用推拿治疗的椎动脉型颈椎病患者 37 例进行临床对照观察,现报道如下。

资料与方法

一、一般资料

2004 年 8 月至 2005 年 9 月在我科门诊及住院的椎动脉型颈椎病患者 82 例,诊断均符合第二届颈椎病专题座谈会纪要所

制定的椎动脉型颈椎病诊断标准^[1]。将 82 例患者分成观察组和对照组。观察组 45 例中,男 20 例,女 25 例;年龄为 30 ~ 75 岁,平均 52 岁。对照组 37 例中,男 17 例,女 20 例;年龄为 32 ~ 70 岁,平均 51 岁。

二、治疗方法

观察组采用星状神经节阻滞配合推拿治疗,对照组单纯采用推拿治疗。

1. 星状神经节阻滞方法:所用阻滞药物为 1% 利多卡因注射液 5 ml 加曲安奈德注射液 20 mg。患者去枕仰卧,肩部垫一薄枕,操作者站在患者阻滞侧,皮肤常规消毒,戴无菌手套,采用气管旁入路,即在胸锁关节上方 2.5 cm、颈正中线外侧 1.5 cm 处,用左手食指和中指尖端将气管和食管推向内侧,胸锁乳突肌