

· 临床研究 ·

表面肌电图在评定髌股疼痛综合征患者
髌骨动态稳定中的应用

郑光新 蒋长亮 黄迅悟 王海山 孙继桐

【摘要】目的 利用自建表面肌电图的标准化测试分析髌股疼痛综合征(PFPS)患者股内侧肌(VM)与股外侧肌(VL)在控制髌骨运动中的变化特征。**方法** 选取 PFPS 患者 7 例(13 个膝)作为病例组,另选健康志愿者 10 例(20 个膝)作为对照组,并分别进行表面肌电图检查,测量蹲起运动 VM 和 VL 的平均波幅和峰值时限(TBP)。**结果** PFPS 组和对对照组 VM:VL 平均振幅比值分别为(0.97 ± 0.31)和(1.09 ± 0.36),2 组差异无统计学意义($P > 0.05$),2 组下蹲时的平均比值(1.00 ± 0.16)明显高于起立时的平均比值(0.83 ± 0.15)($P < 0.05$)。在蹲起时 PFPS 组的 TBP_{VM} 较 TBP_{VL} 延迟($8.77\% \pm 5.12\%$)与对照组($-1.45\% \pm 4.02\%$)的比较有统计学意义($P < 0.01$)。**结论** 所用表面肌电图的标准化测试能发现本组 PFPS 患者下蹲时 VM 的峰值时限明显滞后于 VL,可用于评定局部型 PFPS 患者术后或康复治疗前后的变化。

【关键词】 表面肌电图; 髌股疼痛综合征; 膝前痛; 股内侧肌; 股外侧肌

The dynamic stability of the patella in persons with patellofemoral pain Zheng Guangxin*, Jiang Changliang, Huang Xunwu, Wang Haishan, Sun Jitong. *Department of Rehabilitation Medicine, Orthopedic Center, The 309th Hospital of the PLA, Beijing 100091, China

Corresponding author: Sun Jitong, Email: Sunjitongdym@163.com

【Abstract】 Objective To analyze the activity of the vastus medialis (VM) and vastus lateralis (VL) muscles in the dynamic stabilization of the patella in patients with patellofemoral pain (PFPS) using standard surface electromyographic (sEMG) tests. **Methods** This comparative study involved 7 patients with PFPS (13 knees) and 10 healthy subjects (20 knees). They performed weight-bearing squat movements, and sEMG was employed to measure the mean amplitude and the time before peak (TBP) of their VM and VL muscles. **Results** There was no significant difference between the two groups in the ratio of the mean amplitudes of the VM and VL muscles. However, the ratio in both groups in squatting was significantly higher than when simply standing. In the PFPS group the average TBP delay of the VM relative to the TBP of the VL was significantly longer than in the control group during squat movements. **Conclusions** The delay in the TBP of the VM relative to the VL during squat movements could serve as a standardized test for assessing treatment effect in patients with local factor PFPS.

【Key words】 Surface electromyography; Patellofemoral pain; Knee pain; Vastus medialis; Vastus lateralis

髌股疼痛综合征(Patellofemoral pain syndrome, PFPS)是多种原因所致髌股关节生理或生物力学上改变而引起的以膝前痛为主要表现的一类疾病^[1]。这类疾病包括髌骨软化症、髌骨外侧高压综合征、因高位髌骨、低位髌骨、髌骨发育或股骨髁发育所致髌骨力线异常、髌骨失稳、髌骨半脱位、股四头肌肌腱炎、髌腱炎、髌上滑囊炎和髌下脂肪垫炎等^[2]。目前认为,导致 PFPS 有内在和外在的危险因素,内在危险因素包括股四头肌肌力减弱、腘绳肌、髂腰肌、腓肠肌和髌胫束紧张以及髌外旋肌力减弱、足过度旋前、下肢不等

长、髌骨偏斜或过度运动等^[1,3]。Davis 等^[4]根据不同危险因素将 PFPS 分为近端型(髌和骨盆)、局部型(髌骨和膝部)和远端型(踝足)三个亚型。这些危险因素可致髌骨的运动轨迹不良,如髌骨相对股骨滑车过度外移、外倾或外旋,特别是引起中青年女性的 Q 角增大,髌股关节软骨退变或骨关节炎的发生。为阻断 PFPS 患者因髌骨运动轨迹不良引起膝关节退行性改变的恶性循环,临床除应用肌内效胶布贴、髌骨带或护膝、足垫、康复训练纠正力线和增加髌骨稳定性等保守治疗外,还可通过外科手术消除引起髌骨不稳的病理因素,改善髌股关节力线和恢复髌骨的稳定性。本院关节外科对以髌骨外侧高压综合征为主要表现的 PFPS 患者行关节镜下手术治疗,为评价 PFPS 患者手术前后髌骨动态稳定的变化,用自建表面肌电图(sur-

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2014.09.005

作者单位:100091 北京,解放军第 309 医院康复医学科(郑光新),关节外科(蒋长亮、黄迅悟、王海山、孙继桐)

通信作者:孙继桐,Email:sunjitongdym@163.com

face electromyography, sEMG) 测试的程序, 观察 PFPS 患者股内侧肌 (vastus medialis, VM) 与股外侧肌 (vastus lateralis, VL) 的变化特征。

已有较多研究表明, sEMG 能客观、敏感地反映 PFPS 患者 VM 和 VL 的电生理学变化^[5], VM 参与控制髌股关节的动态稳定^[6]和调控髌股关节的压力^[7], 正常情况下 VM 与 VL 肌电活动的比值 (VM:VL) 为 1^[8], 而 PFPS 患者的 VM:VL 降低^[6,9], 或激发 VM 收缩较 VL 延迟^[10-11]。但也有研究认为, PFPS 患者 VM:VL 无明显变化^[12], VM 无延迟收缩^[13]。本研究拟通过分析以髌骨外侧高压综合征为主的局部型 PFPS 患者 VM 与 VL 在控制髌骨运动中的变化特征, 旨在确立自建 sEMG 测试 PFPS 患者的标准化程序和确定观察指标, 为评价手术治疗效果和术后早期康复治疗奠定基础。

对象与方法

一、研究对象

选取 2011 年 7 月至 2011 年 12 月本院关节外科收治的 PFPS 患者 7 例 (13 个膝) 作为病例组, 其中男 2 例, 女 5 例; 年龄 20 ~ 59 岁, 平均 (40.13 ± 13.58) 岁, 体重指数 (body mass index, BMI) 为 (24.79 ± 3.36) kg/m², 平均病程 (14.71 ± 9.01) 个月。所有患者主要表现为上下阶梯或蹲起运动出现膝前痛, 膝关节轴面 X 线片和 MRI 检查提示髌股关节匹配不良、髌骨不同程度外倾或/和外移和髌股关节软骨面改变, 均为以髌骨外侧高压综合征为主的局部型 PFPS 患者, 且经膝关节镜检证实髌骨外侧或股骨滑车关节软骨面有不同程度磨损。另选健康者志愿者 10 例 (20 个膝) 为对照组, 其中男 5 例, 女 5 例; 年龄 28 ~ 45 岁, 平均 (36.80 ± 8.23) 岁, BMI 为 (22.99 ± 3.01) kg/m²。所有受试者均排除有膝或下肢急性损伤史、骨骼肌肉系统疾病、膝关节手术史、腰椎间盘突出症或神经系统异常影响正常步态者。由同 1 位康复医学科医生进行 sEMG 测试和信号处理, 受试者对本研究知情同意并签署相关文件。

2 组性别、年龄和 BMI 等一般临床资料经统计学分析比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 具有可比性, 详见表 1。

表 1 2 组受试者临床一般资料比较

组别	例数	性别 (例)		平均年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	BMI ($\bar{x} \pm s$)
		男	女		
对照组	10	5	5	36.80 ± 13.81	22.99 ± 3.01
病例组	7	2	5	40.13 ± 8.23	24.79 ± 3.36

二、sEMG 检查

用 sEMG 仪 (Noraxon 1400A, 美国产), 取 4 个导

联同步记录肌电信号, 连接摄像头同步记录膝关节运动。采集肌电信号频率 1000 Hz, 带宽 20 ~ 500 Hz, 显示器每屏扫描 20 s。

所有受试者的检查部位经剃毛、磨砂膏和 95% 酒精处理, 以降低皮肤电阻。用 4 对表面粘附电极 (Ag-AgCl, 上海 3M 公司), 直径 15 mm, 粘贴每对电极的中心间距 20 mm, 连线分别与 VM 和 VL 肌纤维平行。定位 VM 电极: 受试者坐位屈膝 30°, 抗阻等长伸膝确定 VM 肌腹中点, 沿髌骨内上缘及其上 40 mm、向内 30 mm 处两点连线方向固定一对电极; 定位 VL 电极: 伸膝位, 在髌前上棘与股骨外上髁连线下 1/4 处的两端, 沿髌骨外上缘及其上 100 mm 向外 60 mm 两点连线方向固定一对电极^[14]。地极置于优势侧股骨内上髁处。sEMG 仪的导线借助纽扣电极分别与靶肌表面电极相连, 用网状弹力带加固电极和固定导线, 避免运动中电极与皮肤间的电阻变化。

用表面肌电图仪自带软件 (MyoResearch 1.03) 编辑蹲起运动的流程和口令 (节拍器)。检查流程: “放松” 2 s (采集基线); “下蹲” 1.5 s、“起立” 1.5 s, 重复 3 次, 每次间隔 2 s, 最后以“鼓掌声” 2 s 结束 (采集基线), 连续采集肌电信号共 13 s。

检查过程: 受试者取站立位, 双足站在间距 20 cm 的处于中立位的一对足印上, 上臂自然下垂。摄像头距左膝 1.5 m, 正对左侧股骨外上髁, 同步记录膝关节在矢状面的屈伸运动。热身运动: 由表面肌电系统播放一遍测试流程, 受试者随口令试着“下蹲-起立”, 熟悉运动流程和节律。正式测试时要求受试者尽可能下蹲, 患者则在可耐受疼痛的范围下蹲, 双臂可屈伸摆动协调控制躯干的平衡, 双手不能触下肢。同步显示和记录正式测试所采集的电信号, 包括口令的标记、基线、靶肌电活动和下肢蹲起动作的视频。肌电图检查结束时立即用视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS) 法评定患者蹲起运动中的疼痛程度, 满分为 10 分。

信号处理: 对记录的肌电信号进行基线校正 (消除基线干扰)、全波整流和均方根 (root mean square, RMS) 平滑处理。根据视频同步记录的动作微调“下蹲”和“起立”口令标记的起始点。

用 MyoResearch 软件分析每块靶肌重复 3 次蹲起运动的肌电信号。为消除下蹲屈膝范围的个体差异, 选择角度标准化处理程序, 分析指标包括重复 3 次蹲起、下蹲和起立时靶肌的平均波幅和达峰值的时限 (time before peak, TBP)。计算每侧 VM 与 VL 的平均波幅比值 (VM:VL)、VM 与 VL 的 TBP 差值 ($\Delta TBP = TBP_{VM} - TBP_{VL}$), 当 $\Delta TBP > 0$ 提示 TBP_{VM} 滞后于 TBP_{VL} 。

三、统计学方法

使用 SPSS 19.0 版统计软件进行统计学分析处理,2 组蹲起、下蹲和起立三个运动周期 VM:VL 平均波幅比值和 Δ TBP 的数据及患者运动测试时膝前痛的 VAS 评分均以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示。用单因素方差分析比较 2 组间的 VM:VL 比值和 Δ TBP。 $P < 0.05$ 认为差异有统计学意义。

结 果

一、2 组受试者蹲起时的 VM:VL 比较

蹲起、下蹲和起立时 VM:VL 的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$);2 组下蹲时的 VM:VL 比值均高于组内起立时的比值,且差异均有统计学意义(对照组 $P < 0.01$,病例组 $P < 0.05$)。详见表 2。

表 2 2 组受试者蹲起运动时 VM 与 VL 的平均振幅比值比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	膝	蹲起	下蹲	起立
对照组	10	20	1.09 $\pm$ 0.36	1.16 $\pm$ 0.39	0.85 $\pm$ 0.36 ^a
病例组	7	13	0.97 $\pm$ 0.31	0.93 $\pm$ 0.18	0.81 $\pm$ 0.15 ^b

注:与组内下蹲时比较,^a $P < 0.01$,^b $P < 0.05$

二、2 组受试者蹲起时的 Δ TBP 比较

对照组在蹲起、下蹲和起立时 Δ TBP 的均值在 $-1.30\% \sim -1.60\%$ 。病例组在蹲起和下蹲时的 Δ TBP 分别为 8.77% 和 6.85%,与对照组比较,差异有统计学意义 ($P < 0.01$);起立时 Δ TBP 虽大于 0,但与对照组比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$),详见表 3。

表 3 2 组受试者蹲起运动时的 Δ TBP 比较 ($\%, \bar{x} \pm s$)

组别	例数	膝	蹲起	下蹲	起立
对照组	10	20	-1.45 $\pm$ 4.02	-1.60 $\pm$ 4.35	-1.30 $\pm$ 3.10
病例组	7	13	8.77 $\pm$ 5.12 ^a	6.85 $\pm$ 6.63 ^a	1.77 $\pm$ 3.17

注:与对照组比较,^a $P < 0.01$

病例组患者 VAS 评定平均为 (3.09 ± 1.14) 分。

讨 论

本组 PFPS 患者以中青年为主,经髌骨轴面 X 线片和膝关节 MRI 检查证实有明显髌骨外移和/或外倾,并在表面肌电图检查后经膝关节镜下手术探查证实,手术发现髌骨和/或股骨滑车软骨面已有不同程度的病理改变,均为膝局部型的 PFPS 患者。sEMG 的研究可因 PFPS 患者的类型、评定时标准化测试过程、运动方式、肌电信号平滑处理和记录 VM 和 VL 激发时间的方法不同而结果各异^[5,15-16]。本研究设置的 sEMG 标准化测试程序和观察指标能敏感地检出此类型 PFPS 患者的 VM 峰值时限滞后于 VL,而 VM:VL 比值则不受手术后的相对制动或疼痛所致废用性肌肉萎

缩的影响。本研究选择蹲起运动比上下阶梯更易控制,按足印站立可避免髌关节旋转和控制双足间距相对恒定。有研究发现,PFPS 患者负重下蹲屈膝范围 $0^\circ \sim 20^\circ$ 时髌骨出现外倾,屈膝 $0^\circ \sim 50^\circ$ 时髌骨易发生外移^[17],下蹲运动辅助诊断 PFPS 的敏感度达 91%^[18],说明蹲起运动能有效诱发髌骨在冠状面上的运动轨迹发生改变,有助于观察 VM 和 VL 的变化。本研究利用表面肌电系统对运动口令进行模式化、动作节律标准化和口令视频记录同步化,能通过视频校正靶肌活动电位“下蹲”、“起立”的起止点,最大限度减少受试者因运动较口令延迟或提前对肌电信号处理和分析的影响。为消除受试者下蹲屈膝角度个体差异的影响,用表面肌电系统自带软件 MyoResearch 对蹲起运动的肌电信号进行时间标准化处理,即把蹲起动作不同观察窗转化为 100%,将平均波幅和达峰值的时间转换为相对值再行比较分析。

本研究发现,病例组患者的 VM:VL 比值与对照组健康人的基本一致,不同于张琦等^[9]的研究报道(PFPS 患者比值明显小于健康人)。其原因可能是研究对象 PFPS 的病因、类型、表面肌电测试中的运动方式和肌电信号的处理不同,也可能是患者蹲起运动范围在可控的疼痛范围内,VAS 平均约为 3.1 分,避免了因疼痛所致 VM 的神经性肌肉抑制,也说明 PFPS 患者髌骨运动轨迹异常与 VM:VL 比值无关联。但本研究还发现,病例组同侧的 VM 峰值时限较 VL 显著延长,提示 VM 达最大收缩较 VL 明显滞后,可能因 VM 肌张力提升和募集最大肌肉收缩的速度较 VL 慢;也可能因髌骨不同程度的外移或外倾致 VM 初始长度延长,募集最大肌肉收缩延迟,导致髌骨外移或外倾。VM 的延迟收缩与 PFPS 的发生发展可能互为因果。

近 10 年来,用表面肌电图研究 PFPS 患者 VM 是否相对 VL 延迟收缩在国外成为物理治疗的研究热点^[3,5,12-13],大多数研究是比较的 VM 和 VL 收缩的起始时间是否同步,以及判断 VM 和 VL 起始转折点易受基线不稳或经均方根平滑处理而延迟。本研究与之不同的是用时间标准化处理原始肌电信号,靶肌峰值时限的起点按视频始动动作校正口令的标记,止点是募集最大肌肉收缩的峰值,避免误判靶肌收缩起点的影响,同时还包括募集靶肌达最大收缩的时间。本研究通过分段观察下蹲和起立时的肌电活动发现,2 组在下蹲和起立时 VM:VL 比值分别为 0.93 ~ 1.16 和 0.81 ~ 0.85,下蹲的比值明显大于起立时;而且 PFPS 患者 VM 峰值时限的延迟主要发生在下蹲时,进一步说明股四头肌在离心性收缩时因募集 VM 达最大收缩较 VL 延迟而影响髌骨的动态稳定,导致髌骨外移或/和外倾^[17]。这提示股四头肌下蹲离心性收缩时 VM

收缩的贡献率较起立向心性收缩时更大。此研究结果可解释 PFPS 患者在下阶梯或下蹲时较上阶梯更易导致膝痛的原因,同时也提示选择负重下闭链离心性收缩更易诱导 VM 的收缩和提高 VM 肌力。

综上所述,本研究设计的表面肌电图测试程序能发现 PFPS 患者下蹲时 VM 的峰值时限明显滞后于 VL,因此可用于评定局部型 PFPS 患者手术或康复治疗前后的变化。另外发现股四头肌在负重时下蹲 VM 的贡献率较起立时更大,提示离心性收缩较起向心性收缩更易激发 VM 收缩,选择离心性收缩训练 VM 的效果会更佳。

参 考 文 献

- [1] Halabchi F, Mazaheri R, Seif-Barghi T. Patellofemoral pain syndrome and modifiable intrinsic risk factors: how to assess and address? [J]. Asian J Sports Med, 2013, 4(2): 85-100.
- [2] Johnson DH, Pedowitz RA. Practical orthopaedic sports medicine and arthroscopy [M]. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2006: 701-702.
- [3] Lankhorst NE, Bierma-Zeinstra SM, van Middelkoop M. Factors associated with patellofemoral pain syndrome: a systematic review [J]. Br J Sports Med, 2013, 47(4): 193-206.
- [4] Davis IS, Powers CM. Patellofemoral pain syndrome: proximal, distal, and local factors, an international retreat, April 30-May 2, 2009, Fells Point, Baltimore, MD [J/OL]. J Orthop Sports Phys Ther, 2010, 40(3): A1-A16. doi:10.2519/jospt.2010.0302.
- [5] Wong YM. Recording the vastii muscle onset timing as a diagnostic parameter for patellofemoral pain syndrome: fact or fad [J]. Phys Ther Sport, 2009, 10(2): 71-74.
- [6] Pal S, Besier TF, Draper CE, et al. Patellar tilt correlates with vastus lateralis: vastus medialis activation ratio in maltracking patellofemoral pain [J]. J Orthop Res, 2012, 30(6): 927-933.
- [7] 吴贤发, 钟绮雯. 髌股关节疼痛及其临床治疗的研究 [J]. 中国康复医学杂志, 2008, 23(10): 865-867.
- [8] Miller JP, Sedory D, Croce RV. Vastus medialis obliquus and vastus lateralis activity in patients with and without patellofemoral pain syndrome [J]. J Sports Rehabil, 1997, 16(1): 1-10.
- [9] 张琦, 吴贤发. 表面肌电仪对髌股疼痛综合征患者膝关节肌电活动的分析 [J]. 中国康复理论与实践, 2006, 12(12): 1041-1042.
- [10] Van Tiggelen D, Cowan S, Coorevits P, et al. Delayed vastus medialis obliquus to vastus lateralis onset timing contributes to the development of patellofemoral pain in previously healthy men: a prospective study [J]. Am J Sports Med, 2009, 37(6): 1099-1105.
- [11] Pal S, Draper CE, Fredericson M, et al. Patellar maltracking correlates with vastus medialis activation delay in patellofemoral pain patients [J]. Am J Sports Med, 2011, 39(3): 590-598.
- [12] Uliam Kuriki H, Micolis de Azevedo F, de Faria Negrão Filho R, et al. Comparison of different analysis techniques for the determination of muscle onset in individuals with patellofemoral pain syndrome [J]. J Electromyogr Kinesiol, 2011, 21(6): 982-987.
- [13] Liebensteiner MC, Szubski C, Raschner C, et al. Frontal plane leg alignment and muscular activity during maximum eccentric contractions in individuals with and without patellofemoral pain syndrome [J]. Knee, 2008, 15(3): 180-186.
- [14] Cowan SM, Hodges PW, Bennell KL. Anticipatory activity of the vastus lateralis and vastus medialis obliquus occurs simultaneously in voluntary heel and toe raises [J]. Phys Ther Sport, 2001, 2(2): 71-79.
- [15] 俞晓杰, 吴毅, 胡永善, 等. 膝关节骨关节炎患者膝屈伸肌的表面肌电信号研究 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2006, 28(6): 402-405.
- [16] Cavazzuti L, Merlo A, Orlandi F, et al. Delayed onset of electromyographic activity of vastus medialis obliquus relative to vastus lateralis in subjects with patellofemoral pain syndrome [J]. Gait Posture, 2010, 32(3): 290-295.
- [17] Draper CE, Besier TF, Santos JM, et al. Using real-time MRI to quantify altered joint kinematics in subjects with patellofemoral pain and to evaluate the effects of a patellar brace or sleeve on joint motion [J]. J Orthop Res, 2009, 27(5): 571-577.
- [18] Nunes GS, Stapait EL, Kirsten MH, et al. Clinical test for diagnosis of patellofemoral pain syndrome: Systematic review with meta-analysis [J]. Phys Ther Sport, 2013, 14(1): 54-59.

(修回日期: 2014-06-15)

(本文编辑: 汪 玲)

· 消息 ·

《中华物理医学与康复杂志》征订启事

《中华物理医学与康复杂志》是中华医学会主办的物理医学与康复(康复医学)专业的高水平学术期刊。本刊严格贯彻党和国家的卫生工作方针政策,本着理论与实践相结合、提高与普及相结合的原则,积极倡导百花齐放、百家争鸣;全面介绍物理治疗、物理医学与康复领域内领先的科研成果和新理论、新技术、新方法、新经验以及对物理因子治疗、康复临床、疗养等有指导作用,且与康复医学密切相关的基础理论研究,及时反映我国康复治疗、物理医学与康复、康复医学的重大进展;同时密切关注国际康复医学发展的新动向,促进国内外物理治疗、物理医学与康复的学术交流。

《中华物理医学与康复杂志》为月刊,大 16 开,内芯 80 页码,中国标准刊号:ISSN 0254-1424 CN 42-1666/R,邮发代号:38-391,每月 25 日出版;每册定价 20 元,全年 240 元整。热忱欢迎国内外物理治疗、物理医学与康复、康复医学领域以及神经内科、神经外科、骨科等相关科室的各级医务工作者踊跃订阅、投稿。订购办法:①邮局订阅:按照邮发代号 38-391,到全国各地邮局办理订阅手续。②直接订阅:通过邮局汇款至《中华物理医学与康复杂志》编辑部订购,各类订户汇款时请注明所需的杂志名称及年、卷、期、册数等。编辑部地址:430030 武汉市解放大道 1095 号同济医院内《中华物理医学与康复杂志》编辑部;电话:(027)83662874;传真:(027)83663264;E-mail:cjpmr@tjh.tjmu.edu.cn;杂志投稿网址:www.cjpmr.cn。