

·临床研究·

膝关节骨性关节炎等速离心收缩肌力的研究

俞晓杰¹ 吴毅¹ 王颖² 白玉龙¹ 罗娟¹ 沈健¹

摘要 目的:评价单侧膝关节骨性关节炎(OA)患者患侧和健侧膝关节股四头肌和腘绳肌的向心收缩和离心收缩肌力的变化,重点研究膝 OA 股四头肌和腘绳肌离心收缩功能的变化。**方法:**应用 Biodex System-3 型等速测试系统对 42 例单侧膝关节骨性关节炎患者进行患侧和健侧的股四头肌及腘绳肌的向心和离心收缩功能测试。**结果:**患侧和健侧股四头肌及健侧腘绳肌向心收缩时,当速度增加,峰力矩值显著减小;离心收缩时,随着角速度增加峰力矩未见下降;相同速度下,患侧和健侧股四头肌和腘绳肌离心收缩肌力明显大于向心收缩;膝 OA 患者存在股四头肌向心收缩和离心收缩肌力的下降($P<0.05$),肌力缺失百分比 $>10\%$,以及腘绳肌低速向心肌力下降($P<0.05$),肌力缺失百分比为 14.33%。膝 OA 股四头肌的离心/向心肌力比值(E/C 比值)低于腘绳肌,随运动速度增加,股四头肌的 E/C 比值明显增大。患侧股四头肌 60°/s 角速度下的 E/C 比值较健侧有显著增高($P<0.05$)。**结论:**膝 OA 患者股四头肌存在向心和离心收缩功能异常,提示膝 OA 患者的肌肉功能测试应增加离心测试,并注意加强膝 OA 患者股四头肌的离心收缩训练。

关键词 骨性关节炎;等速测试;离心收缩

中图分类号:R684,R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2006)-07-0610-04

A research on the eccentric strength of patients with knee osteoarthritis/YU Xiaojie, WU Yi, WANG Ying, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2006, 21(7):610—613

Abstract Objective: To evaluate the functional change of concentric and eccentric contraction of quadriceps and hamstrings in patients with knee osteoarthritis. The special attention was paid to the function of eccentric contraction. **Method:** Biodex System-3 isokinetic test system was used to assess concentric and eccentric contraction of quadriceps and hamstring of involved and uninvolved limbs in 42 cases suffered from osteoarthritis. **Result:** In concentric contraction of both sides' quadriceps and uninvolved sides' hamstring, the peak torque tended to diminish as the angle velocity increasing, while peak torque leveled off in eccentric contraction. The eccentric contraction of both sides' quadriceps and hamstring produced significantly higher torques than concentric contraction did in same speed. The significant deficits in muscle strength of quadriceps were seen in involved limbs during maximal voluntary concentric and eccentric contraction ($P>0.05$), percentage deficits were greater than 10%, while significant deficits of hamstring were seen during low velocity concentric contraction ($P>0.05$), percentage deficits were 14.33%. Eccentric/concentric ratio of quadriceps in patients with knee osteoarthritis was lower than that of hamstring. Eccentric/concentric ratio of quadriceps significantly increased as the angle velocity increased. Eccentric/concentric ratio of 60°/s of quadriceps of involved limbs was significantly higher than that of uninvolved limbs. **Conclusion:** Patients with knee OA have deficits in concentric and eccentric strength of quadriceps, which suggests that the muscle function test of patients with knee OA should include eccentric contraction test, and that patients with knee OA should enhance eccentric exercise of quadriceps.

Author's address Huashan Hospital, Fudan University, Shanghai, 200040

Key words osteoarthritis; isokinetic testing; eccentric contraction

膝关节骨性关节炎(osteoarthritis, OA)是临床上常见的骨关节疾病,多发生于中老年人,且发病率高。膝 OA 通常表现为膝部疼痛、关节僵硬和肌肉功能障碍。肌肉功能障碍,特别是股四头肌软弱是膝 OA 的一个特征性症状^[1]。目前的研究发现,膝 OA 患者的股四头肌肌力存在 10%—60% 的下降^[2-4]。股四头肌软弱通常以最大等长和等速向心肌力下降来定量。然而,在日常功能活动中,向心及离心收缩常伴随发生^[5]。以最大离心肌力来表示膝 OA 股四头肌软弱是否也达到相同程度目前还不清楚^[2]。利用等速离

心测试进行膝关节骨性关节炎的肌肉功能特性的研究还未见国内报道。本文的目的是运用 Biodex 等速测试系统,对单侧膝关节骨性关节炎患者的双侧膝关节股四头肌和腘绳肌进行向心及离心测试,以进一步深入分析其单侧肌肉功能改变情况,为临床康复提供基本依据。

1 复旦大学附属华山医院康复医学科, 200040

2 上海交通大学医学院附属仁济医院康复医学科

作者简介:俞晓杰,男,住院医师,硕士研究生

收稿日期:2005-12-26

1 对象与方法

1.1 研究对象

单侧膝关节 OA 患者 42 例, 其中男 14 例, 女 28 例; 左膝 17 例, 右膝 25 例。平均年龄为 56 岁 (45—71 岁), 平均体重为 62.75kg (46—78kg), 病程平均为 17.5 个月 (2—60 个月)。

诊断标准 (参照美国风湿病学会 1995 年对膝关节骨性关节炎的诊断标准): 主要包括: ①膝关节疼痛; ②年龄; 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。并结合病史、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。本研究在入选研究对象时要求所有膝 OA 患者均为单侧膝 OA 患者, 且都需有影像学诊断, Kellgren 分级至少 II 级, 伴有疼痛病史, 能独立行走。如果双侧肢体均患有膝 OA, 则要求一侧症状较轻, 且不进行干预性治疗。

1.2 测试方法

1.2.1 测试程序: 采用 Biodex System-3 型等速肌力测试训练系统, 常规校准、肢体称重后进行。受试者坐位, 测试顺序为, 先健侧, 后患侧; 先股四头肌, 后腘绳肌; 先离心收缩、后向心收缩。

1.2.2 测试内容: 等速力矩峰值: 运动速度向心与离心测试均为慢速运动 60°/s 和快速运动 180°/s, 关节活动范围设为膝关节屈曲 10°—90°, 分别测定股四头肌和腘绳肌的向心收缩 (concentric, CON) 和离心收缩 (eccentric, ECC) 力矩峰值, 每次收缩重复 5 次, 记录最高值。

1.3 统计学分析

使用 Stata7.0 统计软件, 所有数值均以均数±标准差表示, 以 *t* 检验进行统计学分析, 显著性水平为 $P<0.05$ 。

2 结果

2.1 患侧与健侧股四头肌肌力测试结果

见表 1。结果表明, 健侧和患侧股四头肌等速向心收缩时, 随着角速度增加峰力矩值下降; 在等速离心收缩时, 随着角速度增加峰力矩未见下降。健侧和患侧股四头肌相同运动速度下离心收缩产生的肌力明显大于向心收缩。患侧股四头肌 60°/s、180°/s 角速度下向心收缩、离心收缩肌力均较健侧显著下降 ($P<0.05$), 缺失百分比为 11.27%—26.25%, 最大缺失百分比见于低速向心收缩。

2.2 患侧与健侧腘绳肌肌力测试结果

见表 2。结果表明, 健侧腘绳肌等速向心收缩

时, 随着角速度增加峰力矩值下降; 在等速离心收缩时, 随着角速度增加未见下降。健侧和患侧腘绳肌相同运动速度下离心收缩产生的肌力明显大于向心收缩。患侧腘绳肌 60°/s 等速向心收缩肌力较健侧显著下降 ($P<0.05$), 缺失百分比为 14.33%。180°/s 等速向心收缩和离心收缩肌力改变不明显 ($P>0.05$), 缺失百分比为 3.55%—6.87%。

2.3 患侧与健侧膝关节离心/向心肌力比值 (E/C)

见表 3。结果表明, 膝 OA 股四头肌的 E/C 比值低于腘绳肌, 随运动速度增加, 股四头肌的 E/C 比值明显增大。患侧股四头肌 60°/s 角速度下的 E/C 比值较健侧有显著性增高 ($P<0.05$), 其余情况下股四头肌和腘绳肌的 E/C 比值均较健侧略有增高, 但无显著性差异 ($P>0.05$)。

表 1 股四头肌肌力缺失结果 ($\bar{x}\pm s$)

测试速度	患侧 (N·m)	健侧 (N·m)	缺失百分比 (%)
60°/s CON	58.43±24.89 ^{①②}	81.45±35.35 ^②	26.25±20.96
180°/s CON	45.79±20.85 ^①	56.34±22.41	18.9±17.24
60°/s ECC	96.54±37.33 ^①	115.81±36.67	15.32±25.45
180°/s ECC	102.68±32.73 ^①	116.91±31.25	11.27±18.23

①与健侧比较, $P<0.05$; ②与 180°/s CON 相比 $P<0.05$, 缺失百分比 = (健侧-患侧)/健侧×100%

表 2 腘绳肌肌力缺失结果 ($\bar{x}\pm s$)

测试速度	患侧 (N·m)	健侧 (N·m)	缺失百分比 (%)
60°/s CON	32.46±13.85 ^①	39.58±18.27 ^②	14.33±21.35
180°/s CON	31.05±12.35	32.85±13.44	3.63±20.94
60°/s ECC	72.58±27.5	78.16±24.24	6.87±21.91
180°/s ECC	71.85±20.75	75.2±19.08	3.55±20.23

①与健侧比较, $P<0.05$; ②与 180°/s CON 相比 $P<0.05$, 缺失百分比 = (健侧-患侧)/健侧×100%

表 3 患侧与健侧膝关节离心/向心肌力比值结果 ($\bar{x}\pm s$)

肌群	测试速度	患侧 (N·m)	健侧 (N·m)	<i>P</i> 值
股四头肌	60°/s	1.71±0.7	1.5±0.58	<0.05
	180°/s	2.27±0.66	2.22±0.62	>0.05
腘绳肌	60°/s	2.54±1.36	2.33±1.23	>0.05
	180°/s	2.55±1.17	2.41±0.73	>0.05

3 讨论

3.1 等速离心测试的应用

等速测力法根据事先设定的运动速度, 保持运动中速度不变, 而阻力为顺应性阻力, 其大小与肌肉输出的拉力相匹配, 可测知整个运动范围内任何一点上肌群的最大力矩输出。在等速测力中, 根据肌肉收缩方式不同又分为向心测试和离心测试^[9]。离心收缩是指那些肌肉被牵张的收缩, 例如停止下蹲屈膝的运动, 是股四头肌的离心收缩活动。在日常功能活动中, 向心收缩肌力与离心收缩肌力皆起很重要的作用, 向心收缩肌力主要使肢体产生动作, 离心收缩肌力主要是控制肢体动作及吸收接触物体时的外力

震动^[7-8]。特别是膝关节在日常活动中, 需要适应静止和运动之间的快速变化, 具有推动和制动的作用, 是机体各种活动稳定的基础^[9]。因此对于膝关节向心收缩和离心收缩肌力的研究就特别重要。等速测力仪除了能够进行精确的向心收缩肌力测量外, 还能够进行离心收缩运动和测量。肌肉离心收缩是一种能量消耗最小, 而产生张力最大的一种收缩方法^[10]。肌肉离心收缩测试及离心收缩训练在肌肉功能评价及功能康复方面有一定价值, 其意义与肌肉向心收缩测试及向心收缩训练同样重要^[11]。

3.2 膝 OA 等速向心收缩和离心收缩肌力的改变

已有大量文献报道膝 OA 患者存在股四头肌等长和等速向心收缩肌力缺陷^[12-14]。本研究对 42 例单侧膝 OA 患者等速向心收缩和离心收缩测试的研究发现: 健、患侧股四头肌和健侧腘绳肌向心收缩时, 当速度增加, 峰力矩值显著减小; 离心收缩时, 随着角速度增加峰力矩未见下降; 相同速度下, 健、患侧股四头肌和腘绳肌离心收缩肌力明显大于向心收缩; 膝 OA 患者存在股四头肌向心收缩和离心收缩肌力的下降, 肌力缺失百分比为 11.27%—26.25%, 以及腘绳肌低速向心收缩肌力下降, 肌力缺失百分比为 14.33%。

等速向心收缩时, 当速度增加, 峰力矩值显著减小, 这与大多数研究^[15-16]的结果相同。其原因可能是当速度增加时, 虽然此时仍要求进行最大自主收缩, 但主要募集 II b 型肌纤维, 在低速度下进行的最大收缩, 会募集更多肌纤维, 包括 I 型、II a 型和 II b 型肌纤维都可能被募集。与许多等速研究^[5, 16]结果相同, 膝 OA 患者的离心收缩肌力与速度的关系并没有同向心收缩肌力与速度那样的趋势。对于离心收缩, 峰力矩可能最初上升, 但在较高速度时仍保持稳定或甚至下降。目前对于这个现象比较认可的解释是可能存在一个包括外周和脊髓调节在内的负反馈环路, 以避免对肌肉本身的过高张力^[17]。因此, 中枢神经系统可能在肌肉收缩过程中监控着整个肌肉的张力, 从而限制了肌肉的最大离心收缩肌力, 而肌肉的生理最大离心肌力可能超过等长肌力约 100%。如果在活动肌受到突然和猛烈的牵拉时此环路不能正常工作, 就可能会发生肌腱单位的撕裂。此外, 与向心收缩相比, 离心收缩过程中的运动单位募集顺序是改变的^[18], 可能优先募集 II 型肌纤维^[19]。对于相同的速度, 膝 OA 患者的离心收缩肌力大于向心收缩肌力。这符合 Elftman 提出的原则, 即依赖于收缩模式的肌力大小顺序是: 离心收缩 > 等长收缩 > 向心收缩。

一般认为健康者优势下肢和非优势下肢股四头肌肌力无显著性差异^[20], 左、右同名肌群力矩缺失百分比 < 10%^[21]。因此, 可以认为本研究中的受试者存在患侧股四头肌肌力减退, 而腘绳肌肌力仅在低速等速向心收缩时有显著性下降, 其他测试状态下未发现显著改变。由此提示, 在判定膝关节骨性关节炎肌肉功能改变的测试方式上, 通常使用的向心测试结果表示缺陷的方法可能有必要增加离心测试的结果。本研究的向心收缩肌力减退结果与吴毅等^[22-23]的研究结果相似, 离心收缩肌力的结果与 Gur H 等^[24]的结果相似, 测试结果上的差异可能是由于受试对象、测试方法和对照设计方面的差异造成的。

膝 OA 离心收缩肌力软弱可能是中枢起源的。Slemenda 等^[3]报告了膝 OA 患者的股四头肌软弱独立于肌肉的大小。其他研究报告了膝 OA 患者在最大等长收缩过程中不能完全激活股四头肌^[4, 12]。事实上, 健康人在进行最大随意离心收缩过程中由于与高张力相关的神经抑制也存在完全激活肌肉的困难^[25]。研究指出, 与电刺激获得的 100% 最大肌力相比, 正常人最大离心收缩肌力不能达到生理最大肌力的 90% 水平^[26]。膝 OA 的离心收缩肌力下降可能是与离心收缩相关的非病理性抑制、运动单位募集顺序改变和膝 OA 特有的关节源性肌肉抑制的共同作用的结果。尽管在膝 OA 患者和正常人之间可能总的股四头肌大小是相似的, 但在膝 OA 患者的膝关节周围肌肉中已观察到存在选择性 II 型肌纤维萎缩^[27-28]。这可能部分解释了膝 OA 患者离心收缩肌力下降的原因。

3.3 膝 OA 离心收缩/向心收缩肌力比值 (ECC/CON) 的改变

ECC/CON 比值代表了同一组肌群对离心收缩肌力测试及向心收缩肌力测试的敏感性, 即反映了肌群离心收缩与向心收缩的能力。在等速研究中, ECC/CON 比值占有重要的位置。研究表明, 离心收缩肌力在一定程度上反映关节的稳定性, 相应的 ECC/CON 比值可进一步反映关节稳定性^[29]。通常这个比值是指相同的测试速度 (例如, 60°/s 或 180°/s 的 ECC/CON 比值)。这个比值所指的肌力可以是峰力矩或平均力矩。由于在正常最大收缩情况下, 离心肌力总是大于相应的向心肌力, 因此正常 ECC/CON 比值应该大于 1。

表 3 所示, 膝 OA 患者股四头肌和腘绳肌在不同运动速度下, ECC/CON 比值不同, 腘绳肌的 E/C 比值高于股四头肌, 并随运动速度增加, ECC/CON 比值趋向增大。患侧 E/C 比值有较健侧增大的趋势,

但只有股四头肌 60°/s 的 ECC/CON 比值在健、患侧之间存在显著差异。由于在某些膝关节病理改变的情况下可发生 ECC/CON 比值倒置(即向心力矩值>离心力矩值, ECC/CON<1)的现象^[30], 而本研究结果显示 E/C 比值有显著增高, 未发现 ECC/CON 比值倒置。结合离心收缩肌力减退、缺失百分比>10%等研究结果, 股四头肌 60°/s 的 ECC/CON 比值患侧较健侧显著增高, 可能是膝关节稳定性较差, 疼痛性抑制和忧虑而故意限制了向心肌力的输出等共同作用的结果。

4 结论

本文通过对膝关节骨性关节炎患者进行等速向心收缩和离心收缩肌力测试的研究表明: ①膝 OA 患者股四头肌向心收缩峰力矩值随速度增加显著减小, 而离心收缩最大力矩值则并不一定。离心收缩最大肌力显著大于向心收缩最大肌力。②膝 OA 患者存在股四头肌向心收缩和离心收缩的肌力减退, 相应的肌力缺失百分比大于 10%, 离心收缩肌力在低速和高速情况下均存在显著下降。③膝 OA 患者的 ECC/CON 比值随速度增加而增加, 股四头肌 60°/s 的 ECC/CON 比值患侧较健侧显著增高。以上结果提示: ①通常用向心收缩肌力表示膝 OA 肌力改变的方式, 可能有必要增加离心收缩测试的结果。用向心收缩-离心收缩的方法表示可能更加合适。②由于离心收缩肌力在日常功能活动中起着很重要地位, 因此应注意加强股四头肌的离心收缩训练。

参考文献

- [1] Hortobagyi T, Garry J, Holbert D, et al. Aberrations in the control of quadriceps muscle force in patients with knee osteoarthritis[J]. *Arthritis Rheum*, 2004, 51(4):562—569.
- [2] Jadelis K, Miller ME, Ettinger WH Jr, et al. Strength, balance, and the modifying effects of obesity and knee pain: results from the observational arthritis study in seniors (oasis) [J]. *J Am Geriatr Soc*, 2001, 49(7):884—891.
- [3] Slemenda C, Brandt KD, Heilman DK, et al. Quadriceps weakness and osteoarthritis of the knee [J]. *Ann Intern Med*, 1997, 127(2):97—104.
- [4] Hurley MV, Scott DL, Rees J, et al. Sensorimotor changes and functional performance in patients with knee osteoarthritis[J]. *Ann Rheum Dis*, 1997, 56(11):641—648.
- [5] 吴升光, 陈九州. 男性网球选手股四头等速向心及离心肌力分析[J]. *中国运动医学杂志*, 1994, 13(1):39—43.
- [6] 吴毅. 等速肌肉功能测试和训练技术的临床应用 [J]. *中国康复医学杂志*, 1999, 14(2):92—95.
- [7] Westing SH, Seger JY, Karlsson E, et al. Eccentric and concentric torque-velocity characteristics of the quadriceps femoris in man[J]. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1988, 58(1-2):100—104.
- [8] Westblad P, Tsai-Fellander L, Johansson C. Eccentric and concentric knee extensor muscle performance in professional ballet dancers[J]. *Clin J Sport Med*, 1995, 5(1):48—52.
- [9] 王颖. 从膝关节微屈伸运动的动态生物力学分析探讨其实用价值[J]. *现代康复*, 2001, 5(6):41—42.
- [10] Ellenbecker TS, Davies GJ, Rowinski MJ. Concentric versus eccentric isokinetic strengthening of the rotator cuff. Objective data versus functional test [J]. *Am J Sports Med*, 1988, 16(1):64—69.
- [11] Bast SC, Vangsness CT Jr, Takemura J, et al. The effects of concentric versus eccentric isokinetic strength training of the rotator cuff in the plane of the scapula at various speeds[J]. *Bull Hosp Jt Dis*, 1998, 57(3):139—144.
- [12] O'Reilly S, Jones A, Doherty M. Muscle weakness in osteoarthritis[J]. *Curr Opin Rheumatol*, 1997, 9(3):259—262.
- [13] Suter E, Herzog W. Does muscle inhibition after knee injury increase the risk of osteoarthritis? [J]. *Exerc Sport Sci Rev*, 2000, 28(1):15—18.
- [14] 俞晓杰, 吴毅. 膝关节骨关节炎肌肉功能障碍康复治疗[J]. *国外医学·骨科学分册*, 2005, 26(2):107—110.
- [15] Lord JP, Aitkens SG, McCrory MA, et al. Isometric and isokinetic measurement of hamstring and quadriceps strength [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1992, 73(4):324—330.
- [16] 吴毅, 杨晓冰. 膝关节屈肌和伸肌等速向心、等速离心及等长测试的研究[J]. *中国运动医学杂志*, 1996, 15(3):193—196, 199.
- [17] Stauber WT. Eccentric action of muscles: physiology, injury, and adaptation [J]. *Exercise & Sport Sciences*, 1989, 17:157—185.
- [18] Nardone A, Romano C, Schieppati M. Selective recruitment of high-threshold human motor units during voluntary isotonic lengthening of active muscles [J]. *Journal of Physiology*, 1989, 409:451—471.
- [19] Nardone A, Schieppati M. Shift of activity from slow to fast muscle during voluntary lengthening contractions of the triceps surae muscles in humans [J]. *Journal of Physiology*, 1988, 395:363—381.
- [20] Borges O. Isometric and isokinetic knee extension and flexion torque in men and women aged 20—70 [J]. *Scand J Rehabil Med*, 1989, 21(1):45—53.
- [21] 徐军, 汪玉萍, 于增志, 等. 膝关节损伤后远期肌力改变的分析[J]. *中国运动医学杂志*, 2003, 22(1):12.
- [22] 白玉龙, 胡永善, 吴毅. 膝关节骨关节炎患者屈伸膝肌群的等速肌力评价[J]. *现代康复*, 1998, 2(6):538—540.
- [23] 吴毅, 范振华. 膝关节骨性关节炎等速肌力测试的研究[J]. *中国康复医学杂志*, 1995, 10(4):145—148.
- [24] Gur H, Cakin N. Muscle mass, isokinetic torque, and functional capacity in women with osteoarthritis of the knee [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2003, 84(10):1534—1541.
- [25] Hortobagyi T, Katch FI. Eccentric and concentric torque-velocity relationships during arm flexion and extension. Influence of strength level[J]. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*, 1990, 60(5):395—401.
- [26] Westing SH, Seger JY, Thorstensson A. Effects of electrical stimulation on eccentric and concentric torque-velocity relationships during knee extension in man [J]. *Acta Physiologica Scandinavica*, 1990, 140(1):17—22.
- [27] Sirca A, Susec-Michieli M. Selective type II fibre muscular atrophy in patients with osteoarthritis of the hip [J]. *Journal of the Neurological Sciences*, 1980, 44(2-3):149—159.
- [28] Nakamura T, Suzuki K. Muscular changes in osteoarthritis of the hip and knee[J]. *Journal of the Japanese Orthopaedic Association*, 1992, 66(5):467—475.
- [29] 徐军, 黄美光. 应用等速测力方法对正常青壮年髋关节运动功能的初步评价[J]. *中国康复医学杂志*, 1996, 11(3):102—106.
- [30] Bennett JG, Stauber WT. Evaluation and treatment of anterior knee pain using eccentric exercise [J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1986, 18(5):526—530.