

跳高、排球运动员膝关节屈伸肌群生物力学的特征

夏联富¹, 王晓东²

(1.西南科技大学 体育学科部, 四川 绵阳 621010; 2.华中师范大学 体育学院, 湖北 武汉 430079)

摘 要: 通过应用 Cybex-6000 等速测试系统对 22 名排球运动员和 28 名跳高运动员膝关节肌力进行等速向心肌力测试, 以探讨排球、跳高两个不同项目运动员膝关节屈伸等速肌力特征及差别。测试结果表明: 跳高运动员优势腿、非优势腿股四头肌相对峰力矩在 $360^{\circ}/s$ 和 $90^{\circ}/s$ 上均大于排球运动员; 而排球运动员腘绳肌相对峰力矩与跳高运动员无明显差异, 排球运动员双侧腘绳肌峰力矩($90^{\circ}/s$)差异程度显著小于跳高运动员; 排球运动员在 $90^{\circ}/s$ 的速度下测得的股四头肌与腘绳肌峰力矩比值(H/Q)要显著低于跳高运动员, 随着角速度的变化($90^{\circ}\sim 360^{\circ}/s$), 排球运动员和跳高运动员股四头肌与腘绳肌峰力矩比值(H/Q)均随之增大。

关键词: 运动生物力学; 膝关节; 等速向心收缩; 跳高; 排球

中图分类号: G804.66 文献标识码: A 文章编号: 1006-7116(2009)03-0105-03

Biomechanical characteristics of bending and stretching muscle groups of the knee joint of high jumpers and volleyball players

XIA Lian-fu¹, WANG Xiao-dong²

(1. Department of Physical Education, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China;

2. School of Physical Education, Huazhong Normal University, Wuhan 430079, China)

Abstract: By applying the Cybex-6000 constant velocity test system, the authors did a constant velocity centripetal muscle strength test on muscle groups of the knee joint of 22 volleyball players and 28 high jumpers in order to probe into the characteristics and differences of constant velocity muscle strength of the knee joint of athletes in such two different events as volleyball and high jump, and revealed the following findings: the relative peak moment of quadriceps of thigh of the advantageous leg and non-advantageous leg of the high jumpers is greater than the same of volleyball player both at $360^{\circ}/s$ and $90^{\circ}/s$; there is no significant difference in relative peak moment of hamstring between the volleyball players and high jumpers, and the degree of difference between peak moment ($90^{\circ}/s$) of hamstring at both sides of the volleyball players is significantly lower than the same of the high jumpers; the ratio of peak moment of quadriceps of thigh and hamstring of the volleyball players, as measured at the speed of $90^{\circ}/s$, is significantly lower than the same of the high jumpers; with the change of angular velocity ($90^{\circ}\sim 360^{\circ}/s$), the ratio of peak moment of quadriceps of thigh and hamstring of the volleyball players and high jumpers increases.

Key words: kinetic biomechanics; knee joint; constant velocity centripetal contraction; high jump; volleyball

膝关节作为人体运动的主要关节, 其工作能力和效率往往制约着许多项目的运动水平和良好运动成绩的获得, 掌握不同项目运动员膝关节的力学特征, 探索在不同速度下肌肉活动的规律, 对科学指导力量训练、提高运动员的训练水平等具有非常重要的意义。本文旨在通过应用等速技术对跳高、排球运动员膝关节肌力的

测试, 找出其主要差异和各自的肌力特征, 以了解不同运动项目运动员同一肌群的肌肉工作特点, 从而为运动员的选拔及辅助训练手段的使用提供科学依据。

1 实验对象及方法

1.1 实验对象

成都体育学院 22 名排球运动员和 28 名跳高运动员, 均为一级运动员。

1.2 实验仪器

采用美国 Lumex 公司的 Cybex-6000 测力系统进行膝关节屈、伸肌力测试, 此测力系统由等速动力仪 (Dynamometer)、测试条凳 (U.B.X.T)、数据处理计算机、打印机等组成。测试前对测试系统进行常规校正。

1.3 测试方法

测试前对等速测力系统进行常规标定, 受试者测试前进行常规 10 min 热身, 测试部位为双侧膝关节的股四头肌和腘绳肌, 测试时, 受试者坐在测试椅上, 双手环抱胸前, 上体及大腿均用宽带固定, 坐位的角度约为 110° , 膝关节的轴心与动力臂的轴心一致, 动力臂末端的阻力垫固定在踝关节内踝上缘 3 cm 处, 设置关节活动范围 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。测试前仪器系统校准。股四头肌、腘绳肌等速向心收缩测试方案: 屈 $90^\circ/s \times$

5, 伸 $90^\circ/s \times 5$; 屈 $360^\circ/s \times 30$, 伸 $360^\circ/s \times 30$ 。每组测试间隔 2.5 min。测试时先进行 3 次练习, 然后进行 5 次正式测试。

相对峰力矩 (PT/BM), 即峰力矩与体重的比值、股四头肌与腘绳肌峰力矩比值 (H/Q) 等。

采用 SPSS11.5 软件对测试数据进行处理, 应用独立样本 *t* 检验进行不同组之间测试结果比较。

2 结果及分析

2.1 排球、跳高运动员膝关节屈肌和伸肌相对峰力矩

从表 1 可知, 跳高运动员优势腿、非优势腿股四头肌相对峰力矩在 $360^\circ/s$ 和 $90^\circ/s$ 上均大于排球运动员 ($P < 0.05$), 而排球运动员腘绳肌相对峰力矩与跳高运动员无明显差异 ($P > 0.05$)。随着测试速度的变化 ($90^\circ \sim 360^\circ/s$), 相对峰力矩测试值呈下降趋势。

表 1 排球、跳高运动员膝关节屈肌和伸肌相对峰力矩 ($\bar{x} \pm s$) 测试结果

| 项目 | 角速度/ $(^\circ \cdot s^{-1})$ | 股四头肌 | | 腘绳肌 | |
|----|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | 优势腿 | 非优势腿 | 优势腿 | 非优势腿 |
| 排球 | 360 | 2.9±0.6 ¹⁾ | 2.3±0.7 ¹⁾ | 2.2±0.2 ²⁾ | 2.1±0.7 ²⁾ |
| | 90 | 3.2±0.5 ¹⁾ | 2.9±0.3 ¹⁾ | 2.5±0.4 ²⁾ | 2.2±0.5 ²⁾ |
| 跳高 | 360 | 3.4±0.3 | 2.8±0.7 | 2.1±0.4 | 2.3±0.2 |
| | 90 | 3.6±0.2 | 3.3±0.3 | 2.4±0.3 | 2.4±0.6 |

1) 与跳高运动员比较, $P < 0.05$; 2) 与跳高运动员比较, $P > 0.05$

2.2 排球、跳高运动员双侧膝关节肌力差异比较

每次测试中的峰力矩将作为计算双侧肌力差异的参数, 双侧肌力差异计算公式: (优势腿峰力矩-非优势腿峰力矩)/优势腿峰力矩 $\times 100\%$, 从表 2 可知, 排球运动员双侧股四头肌峰力矩差异程度与跳高运动员相近 ($P > 0.05$), 排球运动员双侧腘绳肌峰力矩 ($360^\circ/s$) 差异程度与跳高运动员相近 ($P > 0.05$), 而排球运动员双侧腘绳肌峰力矩 ($90^\circ/s$) 差异程度显著小于跳高运动员 ($P < 0.05$)。

表 2 排球、跳高运动员双侧肌力差异 ($\bar{x} \pm s$) 比较 %

| 项目 | 角速度/ $(^\circ \cdot s^{-1})$ | 股四头肌 | 腘绳肌 |
|----|------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 排球 | 360 | 7.2±5.8 ²⁾ | 11.2±12.4 ²⁾ |
| | 90 | 8.1±6.9 ²⁾ | 6.9±5.5 ¹⁾ |
| 跳高 | 360 | 7.1±5.8 | 12.3±8.4 |
| | 90 | 7.3±6.5 | 10.6±8.0 |

1) 与跳高运动员比较, $P < 0.05$; 2) 与跳高运动员比较, $P > 0.05$

2.3 排球、跳高运动员膝关节股四头肌与腘绳肌峰力矩比值 (H/Q) 比较

从表 3 可知, 排球运动员在 $90^\circ/s$ 的速度下测得的股四头肌与腘绳肌峰力矩比值 (H/Q) 要显著低于跳高

运动员 ($P < 0.05$), 而 $360^\circ/s$ 的速度下测得的股四头肌与腘绳肌峰力矩比值 (H/Q) 与跳高运动员无明显差异 ($P > 0.05$)。随着角速度的变化 ($90^\circ \sim 360^\circ/s$), 排球运动员和跳高运动员股四头肌与腘绳肌峰力矩比值 (H/Q) 均随之增大 ($P < 0.05$)。

表 3 排球、跳高运动员膝关节股四头肌与腘绳肌峰力矩比值 (H/Q) ($\bar{x} \pm s$)

| 项目 | 角速度/ $(^\circ \cdot s^{-1})$ | 优势腿 | 非优势腿 |
|----|------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 排球 | 360 | 78.3±12.7 ²⁾ | 82.0±11.9 ²⁾ |
| | 90 | 50.4±7.2 ¹⁾ | 50.5±6.4 ¹⁾ |
| 跳高 | 360 | 80.2±13.3 ²⁾ | 82.5±13.3 ²⁾ |
| | 90 | 57.4±6.7 | 56.1±8.2 |

1) 与跳高运动员比较, $P < 0.05$; 2) 与 $90^\circ/s$ 比较, $P < 0.05$

3 讨论

等速技术的发展始于 20 世纪 60 年代后期, 首先由 Hislop 和 Perrine^[1] 提出等速运动的概念, 被认为是肌力测试和训练的一项革命。目前, 国外已普遍将等速测力结果用来作为评价被试者肌肉系统的机能状态的指标。在运动生理学研究中, 主要用来评价不同专项运动员完成主要技术动作所需肌肉的功能状况以及

受伤肢体的康复状况。等速测试评价指标较多,实际上最常用的是峰力矩(peak torque, PT),峰力矩指肌肉收缩产生的最大力矩输出,即力矩曲线上最高点处的力矩值。在等速测试中,PT值具有较高的准确性和可重复性,被视为等速肌力测试的黄金指标和参考值^[2]。

本研究中跳高运动员优势腿、非优势腿股四头肌相对峰力矩在 $360^{\circ}/s$ 和 $90^{\circ}/s$ 上均大于排球运动员,而排球运动员腘绳肌峰力矩与跳高运动员无明显差异,这提示:跳高运动员伸肌快速和慢速收缩时,其最大肌力均好于排球运动员,分析认为,跳高项目对股四头肌向心收缩肌力要求更高。随着测试速度的增快,跳高、排球运动员的膝关节屈伸肌峰力矩呈下降趋势,原因可能是收缩元中的横桥断开时损失肌力,在收缩过程中再形成横桥时也要损失肌力;而速度的增加造成收缩元和结缔组织中的黏滞阻力增加也会影响屈伸峰力矩的大小。

膝屈伸肌力量的平衡是保持关节稳定的主要因素。膝关节屈肌和伸肌峰力矩比值(H/Q)是评价膝关节屈伸肌力平衡的重要指标,对判断膝关节稳定性有重要意义^[3]。一般认为在膝关节康复过程中,除了肌力绝对值恢复外,H/Q值的重建可能是康复及预防再受伤的重要指标^[4]。国外学者认为H/Q的正常范围为60%~67%^[5-6],国内学者认为H/Q一般在50%~60%^[7],H/Q值具有一定的范围可能有以下两方面原因:首先从人类发育史角度来看,股四头肌在克服地心引力、承担肢体重量方面起着重要作用,因此,伸肌力量要大于屈肌力量;其次从膝关节稳定性角度来看,当膝关节伸直以及微屈时,体重作用于膝关节伸屈轴的后面,使膝关节趋向于进一步屈曲,此时便需要股四头肌的收缩来对抗此运动。另一方面,如果膝关节过度伸展,就会很快被膝后关节囊和有关韧带所限制,同时由于此时屈肌受到牵拉而引发肌牵张反射也会抑制膝关节的过度伸展。本研究中跳高运动员在 $90^{\circ}/s$ 的速度下测得的股四头肌与腘绳肌峰力矩比值(H/Q)要显著高于排球运动员($P<0.05$)。造成这种结果的原因可能是跳高运动员伸肌峰力矩显著大于排球运动员,而屈肌峰力矩与排球运动员无明显差异,所以股四头肌与腘绳肌峰力矩比值(H/Q)要低于跳高运动员。运动员在进行股四头肌力量训练的同时应加强腘绳肌力量训练以保持拮抗肌与主动肌力量的平衡,这对提高运动能力、防治运动创伤有重要作用。测试结果还表明,随着角速度的变化(90° ~ $360^{\circ}/s$),排球运动员和跳高运动员股四头肌与腘绳肌峰力矩比值(H/Q)均随之增大。这与吴毅等^[8]的研究结果一致。

由于惯用肢体的不同及个体之间本身存在差异,

正常个体的双侧膝关节屈伸肌之间存在着差异,这种差异除受肢体优势侧的影响外,对于其他人群而言,两侧肢体肌力差异是很小的,国外研究表明,这种差异在10%以内^[9]。国内有研究认为左右侧相差超过20%以上才有临床意义^[10]。谢光柏等^[9]研究结果表明:这种差异应在15%以内较为合理。本研究测试结果表明,排球运动员双侧腘绳肌峰力矩($90^{\circ}/s$)差异程度显著小于跳高运动员($P<0.05$)。这可能是因为两个运动项目技术特点的不同造成的,排球运动员大多采用双脚并步起跳,而跳高运动中,则单脚起跳。

虽然等速肌力测试具有较好的精确性和可重复性,但在测试中不可避免的存在诸多因素影响测试结果,在膝关节的等速运动中,角度和时间对力矩的影响是显著的,尤其以角度即关节的位置更为重要,因此测定时尤其应该注意包括起始角度、测定时的角度和关节的活动范围等因素,以最终得出客观结果^[11]。

参考文献:

- [1] Hislop H J, Perrine J J. The isokinetic concept of exercise[J]. Phys Ther, 1967, 47: 114-117.
- [2] 范振华. 骨科康复医学[M]. 上海: 上海医科大学出版社, 1999: 135-139.
- [3] 谢光柏, 陶新民, 姚文均, 等. 正常青壮年膝屈伸肌等速肌力测试研究[J]. 中国康复医学杂志, 1997, 12(4): 158-162.
- [4] 王晓东. 等速技术在膝关节伤病康复中的应用研究[D]. 成都: 成都体育学院运动医学系, 2003.
- [5] Gilliam W E. Isokinetic torque levels from high school football players[J]. Arch Phys Med Rehabil, 1979(6): 110.
- [6] Wyatt M P. Comparison of quadriceps and hamstring torque values during isokinetic exercise[J]. J Orthop Sports Phys Ther, 1981, 3: 481.
- [7] 马利华. 膝关节损伤运动员屈、伸肌力矩比值的研究[J]. 中国运动医学杂志, 1992, 11(11): 205-209.
- [8] 吴毅. 膝关节屈肌和伸肌等速向心和等速离心及等长收缩的研究[J]. 中国运动医学杂志, 1996, 15(3): 75-77.
- [9] Wilk K E. The reliability of the biodex B-220[J]. Phys Ther, 1988, 66: 792.
- [10] 成鹏. 青年男性膝关节等速向心收缩正常值研究[J]. 中国运动医学杂志, 1996, 15(1): 50-51.
- [11] 成鹏, 毕霞, 杨红. 膝关节等速测试中角度和时间的研究[J]. 中国运动医学杂志, 2001, 20(1): 64-65.

[编辑: 郑植友]