



优秀田径运动员腓绳肌拉伤后的肌力特征分析

檀志宗, 李男, 刘新宇, 任雪

摘要: 运用CYBEX-Norm型等速肌力测试与康复系统, 以上海市优秀田径运动员为研究对象, 探讨腓绳肌拉伤后的等速参数变化, 分析伤后的恢复情况。结果显示: 受伤运动员伤侧腓绳肌峰力矩角度明显增大, 表明拉伤腓绳肌达到最大力量的时间明显延长, 最大收缩长度发生了改变。建议: 在运动实践中, 合理运用等速测试的峰力矩角指标作为腓绳肌拉伤后恢复效果的监控指标, 并结合适当比例的离心训练, 将有助于减少运动中腓绳肌的拉伤。

关键词: 腓绳肌; 拉伤; 峰力矩角; 峰力矩; 爆发力指数; 离心训练

中图分类号: G804.5 文献标志码: A 文章编号: 1006-1207(2014)01-0066-04

Analysis of the Muscle Strength Characteristics after the Injury of Hamstring of Elite Athletes

TAN Zhizong, LI Nan, LIU Xinyu, REN Xue

(shanghai research institute of sports science, shanghai 200030, China)

Abstract: Using CYBEX-Norm isokinetic muscle strength test and rehabilitation system and taking the elite athletes of Shanghai as the subjects, the author tries to uncover the changes of isokinetic parameters after the injury of hamstring and evaluate the rehabilitation. The result shows that the peak torque angle of the injured hamstring increases obviously. This proves that the time for the injured hamstring to reach the maximum strength extends apparently and the maximum contract length changes. The paper suggests that the peak torque angle indexes be used appropriately as the indicators for monitoring the rehabilitation effects after the injury of hamstring. And centrifugal training of rational proportion will help reduce the injury of hamstring in exercise.

Key words: injury of hamstring; peak torque angle; peak torque; explosive index; centrifugal training

现代竞技体育的竞争越来越激烈, 伴随着运动性伤病的大量出现, 严重影响到运动员的正常训练和比赛, 成为教练员、运动员十分关心的问题。其中肌肉拉伤, 尤以腓绳肌拉伤在某些运动项目中最为普遍。有学者曾对澳大利亚 91 家足球俱乐部进行调查^[1], 发现腓绳肌拉伤在所有运动性损伤中占首位, 为 12%, 其中有 34% 的人发生了重复损伤, 成为足球运动中最常见的损伤部位。同样, 在田径运动中, 尤其速度型项目, 腓绳肌拉伤也十分常见。

鉴于某些运动员容易发生大腿后侧腓绳肌拉伤的特点, 我们通过对优秀田径运动员膝关节前后肌群进行等速肌力测试, 分析受伤运动员腓绳肌肌力异常的参数, 以及容易发生腓绳肌拉伤运动员的肌肉特性, 为进一步探讨腓绳肌拉伤的机制提供理论依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

我国优秀的田径男子运动员共 8 人, 年龄 22~28 岁, 专项训练年限 7~15 年, 均为健将级运动员, 运动项目涉及跨栏、200 m 跑、标枪、撑杆跳和跳高。在 5 年的训练周期内, 我们先后对其膝关节前后肌群进行了 2~4 次的等速力量测试, 其中 3 名健康运动员测试 9 人次, 5 名受伤运动员测试 12 人次, 共测试 21 人次。受伤运动员每次腓绳肌拉伤后至少休息 1 周, 其中 1 人出现多次两侧腓绳肌重复拉伤,

并进行过局部的封闭治疗 2 次, 所有损伤均发生在高强度的冲刺阶段, 受伤前后部分运动员感到伤侧肢体肌肉有“发紧感”, 伤后均进行了常规的处理和治疗, 如冰敷、按摩、超声波, 以及被动牵拉和无负重练习。

1.2 测试仪器与测试指标

所用等速肌力测试仪器为 CYBEX-Norm 型等速肌力测试与康复系统 (CYBEX International, Inc. Ronkonkoma, New York), 测试结果数据均由计算机自动处理和打印。测试指标选择峰力矩和峰力矩角, 分别代表了特定运动速度下的肌力峰值和达到峰值时的关节角度。

1.3 测试前准备

所有被测试的运动员均能参与正常的训练和比赛。测试前, 要求受试运动员进行 15 min 的准备活动, 包括双侧膝关节屈伸活动和拉伸练习, 并在测试角速度下以亚极限强度运动 3 次, 以便熟悉掌握整个测试过程。

1.4 测试过程

测试前, 对等速测力系统机械常规标定。测试时, 受试者取坐位, 大腿与躯干呈 105°, 上身与大腿均用宽皮带束牢, 双手自然放于两侧的把手, 连接动力仪的阻力垫固定在受试者外踝上 3 cm 处, 动力头的旋转轴对准股骨外髌, 并和股骨内外髌连线在同一直线上。测试前进行仪器

收稿日期: 2013-10-28

第一作者简介: 檀志宗, 男, 副研究员。主要研究方向: 运动员体能康复与伤病防治。

作者单位: 上海体育科学研究所, 上海 200030



系统校准和调零, 设置关节活动范围, 要求各测试者关节范围相同, 均为0~100°。测试角速度为90°/s, 重复做5次。两侧膝关节的测试顺序随机, 两侧测试间隔2 min以上。在测试过程中, 给予每位受试者充分的口头鼓励。

1.5 统计学分析

采用SPSS11.5统计包进行统计学处理, 正常运动员两侧峰力矩和峰力矩角进行配对t检验, 受伤者伤侧与正常侧进行独立样本t检验, 所有数据均以均数±标准差来表示, 以P < 0.05为具有显著性差异。

2 结果

2.1 正常优秀田径运动员膝关节前后肌群等速测试情况

如表1所示, 在过去的5年内, 通过对3名正常优秀田径男运动员膝关节进行共9人次的等速肌力测试, 结果发现两侧膝关节前后肌群峰力矩和峰力矩角均没有差异(P>0.05), 两侧腘绳肌/股四头肌峰力矩比值均为0.74。峰力矩和峰力矩角在中间线两侧较小的范围内波动, 呈现一种动态的平衡(见图1、2)。

表1 8名优秀田径运动员等速测试的参数情况
Table 1 Isokinetic Test Parameters of 8 Elite Athletes

| | | 正常者 (N=9人次) | | 受伤者 (N=12人次) | |
|--------------|--------|-------------|------------|--------------|------------|
| | | 右侧 | 左侧 | 受伤侧 | 正常侧 |
| 腘绳肌 | 峰力矩/Nm | 148.1±25.0 | 144.9±34.7 | 151.9±19.7 | 146.3±24.4 |
| | 峰力矩角/° | 11.4±7.4 | 11.6±3.6 | 36.1±11.4** | 19.5±7.7 |
| 股四头肌 | 峰力矩/Nm | 200.8±30.7 | 197.8±30.7 | 226.3±30.1 | 227.8±46.0 |
| | 峰力矩角/° | 61.4±6.7 | 62.3±6.6 | 63.4±10.6 | 60.0±8.5 |
| 腘绳肌/股四头肌峰力矩比 | | 0.74±0.10 | 0.74±0.15 | 0.68±0.10 | 0.65±0.05 |

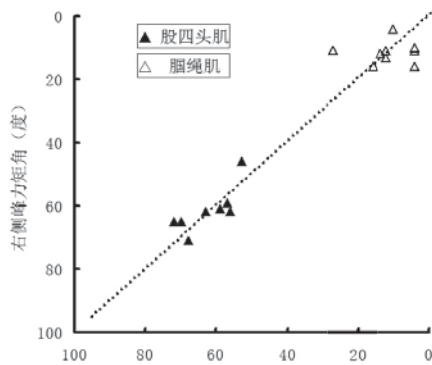


图1 正常运动员两侧腘绳肌和股四头肌峰力矩角点状图
Figure 1 Dot Figure of the Peak Torque Angles of Normal Athlete's Hamstring and Quadriceps of the Both Sides

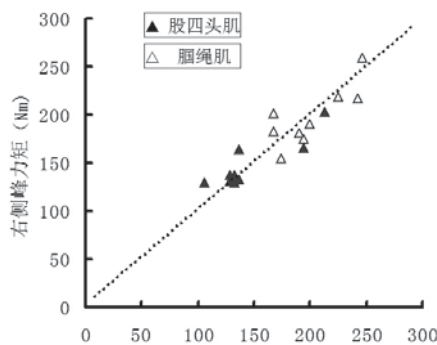


图2 正常运动员两侧腘绳肌和股四头肌峰力矩点状图
Figure 2 Dot Figure of the Peak Torque of Normal Athlete's Hamstring and Quadriceps of the Both Sides

2.2 腘绳肌拉伤运动员膝关节前后肌群等速测试情况

5名优秀田径男运动员发生了腘绳肌拉伤, 其中两人双侧腘绳肌拉伤, 1名400 m栏运动员在过去的5年内发生

了4次较严重的腘绳肌拉伤, 左侧封闭治疗2次, 进行了3次等速肌力测试, 腘绳肌的峰力矩没有因为肌肉拉伤而下降, 反而左侧还出现逐渐上升的趋势(131.5 Nm—151.9 Nm—166.8 Nm)。在总共12次测试中, 受伤侧腘绳肌平均峰力矩为151.9 Nm, 比受伤者正常侧和没有受伤的运动员均稍高, 而股四头肌峰力矩在受伤侧与正常侧之间没有差异, 但也均稍高于正常运动员(见表1)。

如图3、4所示, 受伤侧腘绳肌峰力矩角明显大于正常侧(P<0.01), 与正常运动员两侧腘绳肌峰力矩角相比, 差异非常明显(P<0.001)。但是, 受伤运动员和正常运动员股四头肌峰力矩角之间, 以及受伤运动员的受伤侧与非受伤侧股四头肌峰力矩角之间均不存在明显的差异(P>0.05)。受伤运动员的正常侧腘绳肌峰力矩角较正常运动员有增大的趋势, 如2名运动员受伤后, 正常侧均出现自我感觉“肌肉发紧”的现象, 测试的腘绳肌峰力矩角明显增大, 分别从7°或12°(正常时)增加到19°或29°(受伤后), 而股四头肌的峰力矩没有明显变化。

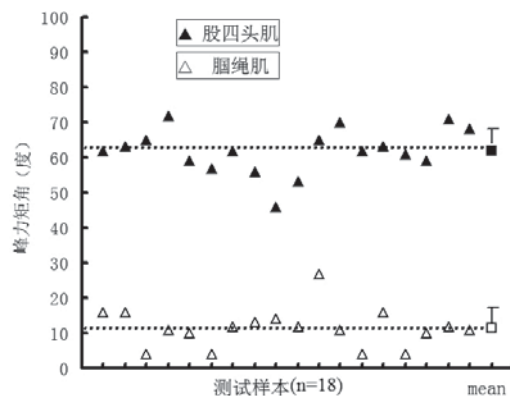


图3 正常运动员两侧腘绳肌和股四头肌峰力矩角点状图
Figure 3 Dot Figure of the Peak Torque Angles of Normal Athlete's Hamstring and Quadriceps of the Both Sides

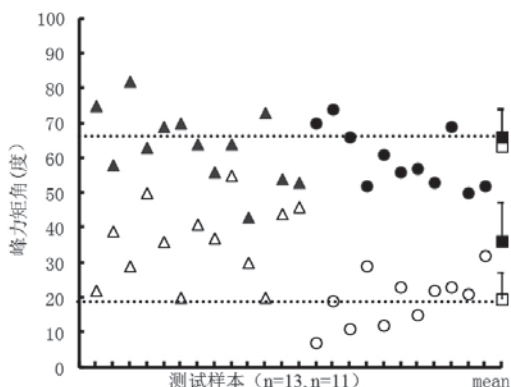


图4 受伤运动员受伤侧与正常侧峰力矩角点状图

Figure 4 Dot Figure of the Peak Torque Angles of the Injured Side and the Normal Side

3 讨论

腓绳肌的主要作用是维持运动中膝关节的稳定性，防止膝关节过伸和髌关节过屈。依据受伤运动员的描述，腓绳肌拉伤均发生在强度较大的重复冲刺跑过程中，每个完整动作，腓绳肌经历了由伸膝过程的离心收缩到屈膝过程的向心收缩的转换，而肌肉微细损伤多发生在离心收缩时相，这与以前没有运动过的人进行离心训练后的第二天会出现肌肉发硬和酸痛相符，是肌纤维局部微细损伤引发炎症的结果，继而，炎症反应会使肌肉伤害感受器和机械性刺激感受器更加敏感。此时微细损伤的部位将会成为今后运动的薄弱点，容易引起肌肉的撕裂，而最终肌肉撕裂的时机可能出现在离心收缩时相也可能发生在向心收缩时相。本研究选用等速肌力测试的峰力矩角和峰力矩来评价拉伤腓绳肌的肌肉特性，分析受伤肌群最佳收缩时收缩单位长度的变化以及这种变化对肌肉拉伤的影响。

目前，有关腓绳肌拉伤原因的说法较多，如肌力较弱、肌肉缺乏柔韧性、疲劳、准备活动不充分和腰椎及肌群自身结构异常等^[2]。曾经一些学者利用等速测力系统对膝关节前后肌群进行肌力评价，认为较低的腓绳肌/股四头肌峰力矩比值和两侧峰力矩差异性过大与腓绳肌拉伤有关^[3]。但本研究结果显示，受伤运动员受伤侧与正常侧大腿前后肌群峰力矩没有明显差异，甚至受伤后峰力矩还有增加的趋势，这与以前的报道是一致的^[4]。分析其中的原因可能与测试的角速度有关，以前和本次研究的测试速度分别为 $60^{\circ}/s$ 和 $90^{\circ}/s$ ，远远低于实际的运动速度，因此不能准确地反映实际运动情况。正常运动员腓绳肌/股四头肌峰力矩比为0.74，似乎高于以前的报道结果^[5]，可能与测试角速度、测试仪器和运动项目不同有关。而受伤运动员的受伤侧与正常侧没有明显差异，分别为0.68和0.65，均稍低于正常运动员，真正的原因还不清楚，可能是试验的样本较少，或者运动员受伤后，股四头肌肌力增长幅度大于受伤腓绳肌肌力的增长。

峰力矩角是指在一定运动速度下，肌肉收缩产生最大力矩时的关节角度。与肌肉最佳收缩长度密切相关，肌肉收缩的峰力矩角增大，表明肌纤维最佳收缩长度会变短，

肌肉产生力量的能力会下降。本研究结果显示，受伤腓绳肌峰力矩角比没有受伤侧腓绳肌峰力矩角平均大 17° 以上，而比没有受伤的运动员平均高出3倍多，正常运动员两侧腓绳肌峰力矩角几乎没有差异。表明运动损伤后，甚至损伤前的肌纤维的微细损伤会改变肌纤维的最佳收缩长度，导致腓绳肌长时间段处在容易损伤的危险之中，随后出现部分肌纤维断裂、肌膜撕裂、局部钙离子释放，在重复收缩过程中，会进一步发展为肌肉的撕裂，此时，肌肉的张力大于肌纤维的承受能力，若是羽状肌可能会撕裂至腱膜。表明等速测试的峰力矩角是运动性肌肉拉伤较敏感的诊断指标。

运动员发生运动性腓绳肌拉伤之后，尤其较严重拉伤，出现峰力矩角增大的原因可能是，在肌肉修复过程中，会在受伤部位产生较大的疤痕组织，局部出现渗出液渗出和组织粘连，使得肌纤维的最佳收缩长度变短，即腓绳肌需要比正常情况下花费更多的时间来动员肌纤维的收缩，来达到最大的收缩力量。从本研究的结果看，受伤后的腓绳肌收缩达到峰力矩的时间是正常运动员达到峰力矩时间的3倍以上，较长的动员时间也可能是无论受伤侧还是正常侧腓绳肌的峰力矩没有明显差异，甚至受伤侧腓绳肌峰力矩均值比正常侧和正常运动员两侧腓绳肌峰力矩要稍高(3%~5%)的原因。因此，我们认为利用低速运动时峰力矩来评价是不准确的，同样也没有发现受伤运动员和正常运动员之间股四头肌峰力矩的差异。

发生腓绳肌拉伤后，正常的情况下需要进行现场处理，包括冰敷、加压包扎、制动休息等，一天后进行理疗、按摩、超声波、红外线等常规治疗，并结合无负重下的功能锻炼，帮助尽快恢复。进行充分的康复治疗对腓绳肌拉伤的运动员是非常重要的，不充分的康复可能是导致重复出现腓绳肌拉伤的重要原因之一，因为受伤的肌肉最佳收缩长度变短，局部留下疤痕组织，使得肌群容易发硬、不协调，最终导致肌群再次发生损伤。同时，本研究发现当一侧出现腓绳肌的拉伤后，正常侧腓绳肌峰力矩角也发生了变化，与这些高水平运动员在训练和比赛过程中明显感到“肌肉发紧”相符，表明运动员训练比赛中有意识的保护受伤侧，使得正常侧容易疲劳所致。总之，腓绳肌重复发生拉伤受伤部位自身的修复过程和受伤后的康复训练计划密切相关，两个过程都应该引起教练员和医务人员的重视。

当然，仅仅根据等速测试的峰力矩角和腓绳肌拉伤的病史，还不能够说明离心收缩引起的微细损伤与重复肌肉拉伤有关。然而，如果我们通过适当的离心训练来增加参与收缩的收缩单位数量，增加最佳收缩肌纤维长度的活动范围，使得肌群达到一定的适应，这种适应性将在一定程度上降低发生损伤的危险，以前的动物试验证明了这一点^[5]。同样对运动员，进行一段时间的离心训练后，再进行训练时腓绳肌损伤的机率明显下降^[7-8]。这都表明在正常训练中加入适当的离心训练，将有助于降低腓绳肌重复拉伤的危险。因此，在进行离心训练过程中，结合等速测试中的峰力矩角来评价肌纤维最佳收缩长度变化情况，监控训练的合理性，将会使得腓绳肌拉伤的预防工作更加的科学有效。



4 结论

4.1 等速肌力测试中的峰力矩角可作为运动性腘绳肌拉伤的敏感性评价指标和是否完全恢复的可靠评价指标。

4.2 制定适当比例的离心训练计划,将有助于预防运动中腘绳肌拉伤。

参考文献:

[1] Woods C, Hawkins RD, Maltby S, et al. (2004). The football association medical research programme: an audit of injuries in professional football-analysis of hamstring injuries. *Br J Sports*, 38(1): 36-41.

[2] Heiderscheid BC, Sherry MA, Silder A, et al. (2010). Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. *J Orthop Sports Phys Ther*. 40(2):67-81.

[3] Orchard J, Marsden S.L and Garlick D. (1997). Preseason hamstring

muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballers. *AM.J.Sports Med*, 25(1): 81-85.

[4] Camilla L, David L and Uwe Proske. (2004). Predicting hamstring strain injury in elite athletes. *Med. Sci. Sports Exerc*, 36(3): 379-387.

[5] Bennell K, Wajswelner H, Lew P, et al. (1998). Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian Rules footballers. 32(7): 309-314.

[6] Lynn R. and Morgan D.L. (1991). Decline running produces more sarcomeres in rat vastus intermedius muscle fibres than does incline running. *J. Appl. Physiol.* 77(3):1439-1444.

[7] Brockett C.L., Morgan, D.L and Proske U. (1993). Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33(5): 783-790.

[8] Silder A, Sherry MA, Sanfilippo J, et al. (2013). Initial and morphological changes following 2 rehabilitation programs for acute hamstring strain injuries: a randomized clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther*. 43(5):284-99.

(责任编辑:何聪)

(上接第57页)

[9] 钱朋安,葛运建,唐毅,等.加速度计在人体运动检测中的应用[M].计算机技术与应用进展,合肥:中国科技大学出版社,2004.632-636.

[10] 郑伟涛,韩久瑞,葛新发,等.赛艇动力学测试系统的研制[J].武汉体育学院学报,2001,35(3):87-89.

[11] 钱朋安,吴仲城,葛运建.体育训练用加速度测量装置的研究[J].

传感技术学报,2003,(1):13-15.

[12] The Myotest unit is a small accelerometer that is slightly smaller than an mp3 player. <http://www.myotest.com/>

[13] Functional Assessment of Biomechanics (F.A.B.) system. <http://www.biosynsystems.net/>

(责任编辑:何聪)