

# 功能性训练在康复体能训练中的应用

杨 时

**摘 要:** 通过步态分析、等速力量、功能性动作(FMS)和十字韧带功能测试等综合手段,对运动员进行前交叉韧带(ACL)损伤后的评估,根据得到的结果分析并对进行相应的康复体能训练(包括本体感觉训练、柔韧性训练、平衡训练、核心力量训练和下肢离心力量训练和plyometric爆发力训练)。发现通过针对性的功能性训练,可有效降低运动员ACL损伤的再发生、缩短损伤后竞技能力与运动表现恢复周期,体现了其在康复体能训练方面的价值。

**关键词:** 功能性训练; ACL损伤; 康复体能

中图分类号: G804.5 文献标志码: A 文章编号: 1006-1207(2012)04-0085-04

Application of Functional Training in Physical Rehabilitation Training

YANG Shi

(Shanghai Sports Institute, Shanghai 200237 China)

**Abstract:** Through gait analysis, test with isokinetic dynamometer and the measurement of FMS and cruciate ligament function, the author made an ACL injury assessment for the athletes. The results were analyzed and the relative physical rehabilitation training were arranged (including proprioceptive training, flexibility training, balance training, core power training, lower-limb centrifugal strength training and plyometric explosive force training). The result shows that appropriate functional training may effectively decrease the possibility of reoccurrence of athletes' ACL injuries and shorten the recovery time for performance ability after injury. This shows the value of physical rehabilitation training.

**Key words:** functional training; ACL injury; physical rehabilitation

功能性训练是根据运动员的不同专项要求,结合运动生理学、解剖学、生物力学等多学科的知识,利用多种合理的、有效的、与专项结合更加紧密的方法来使运动员获得比赛中最需要的各种身体运动素质、预防运动损伤的重要手段。功能性训练研究主要集中在肌力平衡、核心稳定性力量、功能性动作评价等方面,是康复体能训练研究的重要内容。本文以前交叉韧带(ACL)损伤运动员的功能性力量训练为例,介绍功能性训练在康复体能训练中的作用。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

国家击剑队运动员仲\*\*,国际健将。该对象于2011年3月因比赛造成左膝ACL40%撕裂、伴外侧半月板损伤,并于2011年5月进行部分半月板切除手术、同时保留剩余ACL韧带,未进行韧带重建。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 步态分析

功能训练前采用Zebris Gait步态分析跑台系统,对左右下肢进行静态平衡和运动(4.0 km/h和7.5 km/h)时的动态压力分布测试。

#### 1.2.2 关节肌肉力量

功能训练前后采用Biodex 2等速测试系统,进行膝关节角速度 $60^{\circ}/s$ 与 $180^{\circ}/s$ 屈伸力量测试和髋关节角速度 $60^{\circ}/s$ 与

$300^{\circ}/s$ 屈伸力量测试。

#### 1.2.3 功能性动作分析

功能训练前使用功能性动作测试(Functional Movement Screen,简称FMS)标准测试套件,根据FMS程序和评分标准进行评分。

#### 1.2.4 十字韧带功能测试

功能训练前后采用星形偏移平衡测试(Star excursion balance test)、单次跳跃测试(single hop)和3次连续跳跃测试(triple hop)3种测试方法对十字韧带功能进行测试。

#### 1.2.5 训练干预手段

根据获得的对象测试结果,在损伤发生2个月后进行功能性训练。包括:本体感觉训练、柔韧性训练、平衡训练、核心力量训练和下肢离心力量训练;当研究对象的伤侧下肢力量达到健侧的80%以上后,为预防残余ACL发生再次损伤、甚至完全撕裂可能,根据Michael Boyle设计的ACL损伤预防力量训练计划进行plyometric爆发力训练。以上训练安排以循序渐进为原则,每周10次训练课、每次训练课2h,持续3个月(见表1)。

## 2 结果分析

### 2.1 步态分析

#### 2.1.1 静态平衡能力

从表2可以看出,仲\*\*单足站立时右足的平均压力中线

收稿日期: 2012-05-20

基金项目: 上海市体育局科研攻关与科研服务课题(10JT-024)

作者简介: 杨 时,男,副研究员. 主要研究方向: 运动康复和功能性训练.

作者单位: 上海体育职业学院, 上海 200237



表1 Michael Boyle 设计的ACL损伤预防计划\*  
Table I ACL Injury Prevention Program Designed by Michael Boyle

| 训练课 1        | 训练课 2               | 训练课 3        |
|--------------|---------------------|--------------|
| 前向超等长台阶跳 3*5 | 侧向超等长滑雪跳 3*5 (左右单腿) | 前向超等长台阶跳 3*5 |
| 弓步跨 3*8      | 台阶 3*8 左右单腿         | 弓步跨 3*8      |
| 侧向弓步跨 3*8    | 单腿直腿硬拉 3*8          | 侧向弓步跨 3*8    |
| 库克提髋 3*8     | 竖棘肌背伸 3*8           | 库克提髋 3*8     |

\* Michael Boyle 设计的ACL损伤预防计划每周3次,隔天交替进行。

基本平稳,主要应力处于足前部,中心压力分布集中性好;而损伤的左足平均压力中线则有波动,主要应力5%处于足后部,中心压力分布较分散,尤其是处于闭眼状态下,身体重心偏移幅度大。

表2 仲\*\* 下肢静态平衡测试  
Table II Lower-limb Static Balance Test for Zhong

|          |            | 左足     |        | 右足     |        |
|----------|------------|--------|--------|--------|--------|
|          |            | 闭眼状态   | 睁眼状态   | 闭眼状态   | 睁眼状态   |
| 95% 置信区间 | 短轴距/mm     | 23.7   | 9.2    | 17.3   | 12.4   |
|          | 长轴距/mm     | 25.5   | 14.3   | 32.4   | 29.3   |
|          | Y与长轴间角度/°  | 52.6左  | 6.7右   | 7.8左   | 13.5右  |
|          | 区域面积/mm*mm | 475.1  | 103.9  | 438.9  | 285.1  |
| 中心压力测试   | 压力长度/mm    | 841.5  | 305.1  | 727.5  | 357.2  |
|          | 标准偏差X/mm   | 30.0右  | 32.8右  | 52.5左  | 54.2左  |
|          | 标准偏差Y/mm   | 182.6上 | 188.4上 | 165.3上 | 177.8上 |

### 2.1.2 动态步态分析

在4.0 km/h和7.5 km/h两个速度下进行步态分析。从表3结果可以看到,ACL损伤后仲\*\*运动过程中损伤左足可承受应力范围较右足小,尤其是速度快的情况下,仲\*\*损伤左腿步幅比右腿平均小3 cm,同时左足着地时间也比右足为少。

表3 仲\*\* 动态步态分析结果  
Table III Result of Zhong's Dynamic Gait Analysis

|          | 7.5km/h 跑步  |             | 4.0km/h 步行  |             |
|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|          | 左           | 右           | 左           | 右           |
| 足长/mm    | 98+/-8      | 120+/-5     | 157+/-4     | 178+/-4     |
| 单侧支撑长/mm | 101+/-3     | 122+/-6     | 97+/-2      | 90+/-18     |
| 前/后位置/mm | 106         |             | 112         |             |
| 前/后变化/mm | 53          |             | 1           |             |
| 侧向一致/mm  | 56          |             | 54          |             |
| 侧向变化/mm  | 2           |             | 1           |             |
| 足偏程度/°   | 8.9+/-1.3   | 13.6+/-0.9  | 8.1+/-0.5   | 11.0+/-2.1  |
| 步长/cm    | 65+/-1      | 68+/-2      | 59+/-0      | 62+/-1      |
| 步频/s     | 0.38+/-0.00 | 0.37+/-0.01 | 0.59+/-0.01 | 0.57+/-0.01 |
| 支撑期/%    | 40.8+/-0.6  | 44.7+/-1.1  | 60.0        | 63.4+/-0.3  |
| 承重时间     | 0.0         | 0.3+/-0.5   | 12.2+/-0.0  | 11.2+/-0.6  |
| 单侧支撑/%   | 41.1+/-0.4  | 44.7+/-1.1  | 36.5+/-0.9  | 39.8+/-0.9  |
| 腾空前期/%   | 0.3+/-0.5   | 0.0         | 11.3+/-0.9  | 12.4+/-0.3  |
| 腾空期/%    | 59.2+/-0.6  | 55.3+/-1.1  | 40.0        | 36.6+/-0.3  |

由于缺乏仲\*\*损伤前的步态分析资料,我们不能确定上述异常步态分析结果是仲\*\*ACL损伤导致的结果还是造成ACL

损伤的原因,但提示我们在功能性训练过程中的侧重点。

### 2.2 等速力量测试与评价

大量研究证明了力量与损伤之间的相关性,尤其是主动肌与拮抗肌力的比值更是影响损伤的发生。表4中仲\*\*左膝关节等速屈、伸峰力矩及屈伸比均处于较低水平,而康复后上述指标接近正常水平。髌关节肌肉是运动中重要的动力来源,等速测试发现无论是在慢速、还是快速情况下,仲\*\*两侧髌关节的等速屈、伸峰力矩拮抗比均处于非正常水平,使其髌关节周围肌肉在运动中无法发挥正常功能。在进行针对性训练后,其拮抗比得到改善。

表4 仲\*\* 膝关节等速屈、伸峰力矩及屈伸比

Table IV Constant Bend and Stretch Peak Torque and Bend-stretch Proportion of Zhong's Knee

|            |         | 左侧  |     | 右侧 |     |     |    |    |
|------------|---------|-----|-----|----|-----|-----|----|----|
|            |         | 伸肌  | 屈肌  | 伸肌 | 屈肌  |     |    |    |
| 膝关节 60° /s | 训练前     | 87  | 41  | 47 | 102 | 73  | 72 |    |
|            | 训练后     | 162 | 122 | 75 | 166 | 130 | 78 |    |
|            | 180° /s | 训练前 | 68  | 37 | 54  | 73  | 54 | 74 |
|            |         | 训练后 | 109 | 87 | 80  | 120 | 90 | 75 |
| 髌关节 60° /s | 训练前     | 135 | 78  | 58 | 142 | 86  | 61 |    |
|            | 训练后     | 163 | 114 | 70 | 170 | 127 | 75 |    |
|            | 300° /s | 训练前 | 85  | 51 | 60  | 90  | 56 | 62 |
|            |         | 训练后 | 115 | 82 | 72  | 120 | 85 | 71 |

### 2.3 功能性动作分析

仲\*\*完成FMS测试时表现出以下代偿:(1)动作过程中髌关节外旋,骨盆移位;(2)屈髌明显,动作过程



中身体晃动；(3) 上下体脱节，腰部滞后（见表5）。FMS 测试结果提示仲\*\*存在以下问题：(1) 髋关节灵活性不足；(2) 髂肌柔韧性及髋关节稳定性不足；(3) 深层肌肉稳定性缺陷。以上在稳定性和灵活性方面存在的缺陷和不对称，直接影响动作完成和动力传递的有效性、流畅性，产生代偿性动作。根据功能性训练理论，这是造成仲\*\*运动损伤的重要隐患，通过功能性训练，改善了仲\*\*在稳定性和灵活性方面存在的缺陷和不对称。

表5 仲\*\*功能性动作测试结果与分析

Table V Result and Analysis of Zhong's Functional Movement est

| 测试动作    |   | 训练前 | 训练前 |
|---------|---|-----|-----|
| 深蹲      |   | 2   | 2   |
| 上踏步     | 左 | 2   | 3   |
|         | 右 | 1   | 3   |
| 直线蹲     | 左 | 2   | 2   |
|         | 右 | 1   | 2   |
| 肩部灵活性   | 左 | 2   | 3   |
|         | 右 | 2   | 3   |
| 仰卧上举腿   | 左 | 3   | 3   |
|         | 右 | 3   | 3   |
| 脊柱稳定性俯撑 |   | 2   | 2   |
| 旋转稳定性   | 左 | 2   | 3   |
|         | 右 | 2   | 3   |

### 2.4 十字韧带功能测试

表6中十字韧带功能测试结果，反映了功能性训练前后十字韧带功能的变化，通过功能训练，使仲\*\*十字韧带功能达到了恢复专项训练的水平。

综合上述，仲\*\*在功能性力量训练测试中表现出的步态分析中左右下肢不对称、等速肌力下降、身体稳定性方面存在缺陷和不对称、ACL 功能测试障碍，这既反映了本体感觉缺失、关节制动后肌肉萎缩与肌力下降等ACL 损伤产生的结果；也提示了仲\*\*的动力链中存在弱链环节是造成ACL 损伤的重要原因。通过功能性训练，可以从动力链和动作模式角度预防仲\*\* ACL 剩余部分的再次损伤。

### 3 讨论

20世纪90年代 Gray Cook 提出的动力链概念，认为运动员之所以受伤是由于肌肉紧张、协调性差、动力链存在薄弱环节以及忽视以上问题而采取代偿性动作所引起，在此基础上他发展了功能性动作训练，将其运用于运动损伤预防、恢复。1998-2006年他和 LEE Burton 建立并完善了功能性测试 (Functional Movement Screen FMS)，应用于物理治疗、康复训练和体能训练3个领域。Michael Boyle (2003) 在 Gray 的基础上进一步发展了功能性训练，通过纠正肌力平衡、提高核心力量和身体的稳定性，改善动作的效率，将其运用于运动损伤预防、恢复和运动表现提高。

表6 十字韧带功能测试

Table VI Zhong's Cruciate Ligament Function Test

|          | 体能康复后 |       |       | 体能康复前   |       |         |
|----------|-------|-------|-------|---------|-------|---------|
|          | 左/cm  | 左/cm  | 右/cm  | 左/右 (%) | 右/cm  | 左/右 (%) |
| 星形偏移平衡测试 | 前: 77 | 前: 65 | 前: 69 | 94      | 前: 78 | 99      |
|          | 下: 80 | 下: 67 | 下: 72 | 93      | 下: 79 | 100     |
|          | 后: 84 | 后: 71 | 后: 74 | 96      | 后: 85 | 99      |
| 单次跳跃测试   | 160   | 138.5 | 162   | 85      | 168   | 95      |
| 三次连续跳跃测试 | 424   | 335   | 557   | 60      | 439   | 97      |

人体各种复杂动作，包括竞技动作都是人体功能动作的组合，这些功能性动作由蹲、跨、弓箭步、伸、举以及躯干的前后倾与旋转组成。FMS 测试的7个基本测试动作正是模仿并测试这7个重要动作，它包括深蹲、跨栏、分蹲、肩部柔韧、下肢柔韧、俯撑和体旋。其中深蹲和俯撑是对称性动作，而跨栏、分蹲、肩部柔韧、下肢柔韧和体旋是非对称性动作。这些动作模式的完成，都是将身体置于一个特别设计的动作位置，以检测身体在灵活性和稳定性方面存在的缺陷和不对称，这些缺陷和不对称直接影响人体动作完成和动力传递的有效性、流畅性，并产生代偿性动作，这些代偿性动作破坏了动作的有效性，导致力量传递丧失和能量传递的损耗。而长期的代偿动作作为运动损伤的出现埋下隐患。FMS测试提供人们发现人体危险动作模式并且通过矫正训练排除。仲\*\*在第一次测试中得分低于14分，可以说明其身体在灵活性和稳定性方面存在的缺陷和不对称（在其步态分析结果中也得到验证），影响其运动动作完成和动力传递的有效

性、流畅性，并产生代偿性动作。这也许既是其 ACL 损伤后的症状，也是 ACL 损伤的重要原因，是对仲\*\*进行功能性力量训练的依据。

传统的 ACL 损伤康复强调膝关节周围的肌肉，尤其是股后肌群的力量强化。临床和运动实践证明，尽管传统的 ACL 损伤康复手段可以适应普通人群对日常生活的需求，但却无法满足竞技体育中 ACL 再损伤预防、缩短损伤后竞技能力与运动表现恢复周期的要求。究其原因，首先传统的 ACL 损伤康复方案中的力量训练（包括等速力量训练）大多属于针对单一肌肉的开放链练习 (open chain exercise)，但绝大多数运动员在场上所做的是闭合链动作 (close chain movement)；其次大多数膝关节练习只在屈 / 伸一维平面 (one plane: extension/flexion) 下运动，可是运动员在实际当中所做的都是三维平面 (three plane) 的复杂动作；第三，膝关节肌肉力量练习大多以向心 / 等张方式 (concentric/isotonic) 进行，而下肢肌群（尤其是股后肌群）在损伤



预防过程中主要是产生离心收缩(eccentric),并且需要具备高水平的爆发力能力(power)。总之,传统的ACL损伤恢复忽视了人体下肢运动的本质:动态平衡(非稳定)状态下,通过动力链整合后由多关节、多肌群参与的离心运动,因此ACL损伤康复研究始终是竞技体育和运动医学的难点和重点。

功能性训练围绕动力链、以动作模式为依据,包括肌力、平衡、核心力量、稳定性等训练,而不是孤立的关节和肌肉。在仲\*\*的ACL损伤康复过程中,针对仲\*\*测试中所反映的核心力量不足、尤其是髌关节稳定肌肌肉能力缺乏,对康复方法做了创新,主要包括以下几点:(1)下肢力量训练主要以离心运动模式,采用闭合链训练;(2)在训练中充分运用非平衡条件,提高肌肉激活与运动参与程度,完成三维平面下的复杂动作;(3)鉴于臀中肌在下肢运动过程中的作用和仲\*\*运动过程中表现出的臀中肌激活程度不足、肌力弱,加强臀中肌激活和力量训练;(4)重视核心力量在运动过程中的作用,加强核心力量训练;(5)当研究对象的伤侧下肢力量达到健侧的80%以上后,为预防残余ACL发生再次损伤、甚至完全撕裂可能,进行plyometric爆发力训练;(6)重视柔韧性在损伤预防与运动表现改善方面的作用,训练前后充分进行拉伸训练。

通过为期3个月的功能性训练,仲\*\*无论在等速力量、FMS评价和十字韧带功能测试方面均获得改善,开始正常专项训练,并在损伤6个月所参加的全国锦标赛中获得亚军,竞技能力水平得到恢复。

#### 4 结论

通过功能性训练,可有效降低运动员ACL损伤的再发生、缩短损伤后竞技能力与运动表现恢复周期,体现了其在康复体能训练方面的价值。

#### 参考文献:

- [1] Cook Gray. (2003). Athletic body in balance. Human Kinetics.
- [2] Cook Gray, Lee Burton. (2010). Movement: Functional Movement Systems. Human Kinetics.
- [3] Micheal Boyle. (2003). Functional Training. Human Kinetics.
- [4] Micheal Boyle. (2003). A Joint-by-Joint Approach to Training.
- [5] 陈方灿. 康复性体能训练的理念和方法[J]. 中国体育教练员, 2006, 3:4-5.

(责任编辑:何聪)

(上接第84页)

- dynamic postural stability in individuals with functionally stable and unstable ankles[J].*Clin J Sport Med*.14 (6):332-338.
- [50] Ross SE,Guskiewicz KM, Yu B. (2005). Single-leg jump-landing stabilization times in subjects with functionally unstable ankle [J].*J Athl Train*.40(4):298-304.
  - [51] Brown C, Ross S, Mynark R et al. (2004). Assessing functional ankle instability with joint position ,time to stabilization, and electromyography[J].*J Sports Rehabil*, 13(2):122-134.
  - [52] Olmsted LC, Carcia CR, Hertel J et al. (2002). Efficacy of the star excursion balance test in detecting reach deficits in subjects with chronic ankle instability[J].*J Athl Train*. 37(4):501-506.
  - [53] Gribble RA, Hertel J, Denegar CR. (2004). The effects of fatigue and chronic ankle instability on dynamic postural control [J].*J Athl Train*.39(4):321-329.
  - [54] Verhagen E, Van der Beek AJ, Twisk JWR. (2004). The effect of a proprioceptive balance board training programme for the prevention of ankle sprains[J].*Am J Sports Med*. 32(6):1385-1393.
  - [55] Stasinopoulos D. (2004). Comparison of three preventive methods in order to reduce the incidence of ankle inversion sprains among female volleyball players[J]. *Br J Sports Med*.38 (2):182-185.
  - [56] Timothy A, Mc Cuine and James S. (2006). The effect of a balance Training Program on the risk of Ankle Sprains in High School Athletes[J].*Am J Sports Med*.34(7): 1103-1111.
  - [57] Elis E, Rosenbaum D. (2001). A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability[J].*Med Sci Sports Exerc*.33(2):1991- 1998.
  - [58] Clark VM, Burden AM. (2005). A 4-week wobble board exercise programme improved muscle onset latency and perceived stability in individuals with a functionally unstable ankle[J].*Phys Ther Sport*.6(4):181-187.
  - [59] Ross SE, Guskiewicz KM. (2006). Effect or coordination training with and without stochastic resonance stimulation on dynamic postural stability of subjects with functional ankle instability and subjects with stable ankle[J].*Clin J Sports Med*.16(4):323-328.
  - [60] Munn J, Sullivan SJ, Schneiders AG. (2010). Evidence of sensorimotor deficits in functional ankle instability: A systematic review with meta-analysis[J].*J Sci Med Sports*.2010,13(1):2-12.

(责任编辑:何聪)