

# 腰痛羽毛球运动员的功能评估

李 男,檀志宗,叶晶龙,刘新宇,任 雪

**摘要:** 研究目的:对腰痛羽毛球运动员的部分功能进行测试,观察其活动范围、肌肉力量、肌电活动以及相应对称性。为了解羽毛球运动员损伤机制发生提供科学依据。研究对象:6名腰痛羽毛球运动员(男运动员4名,女运动员2名)。研究方法:对研究对象分别进行日本矫正外科协会(JOA)评分量表、躯干旋转、胸椎旋转、髋关节内外旋活动度、躯干等速旋转力量、等长背伸活动的肌电活动测试,并观察两侧差异比的平均值。研究结果:(1)腰痛运动员的躯干旋转、胸椎旋转以及髋关节外旋活动度平均差异比为 $(31.98\pm 21.53)\%$ , $(19.8\pm 17.08)\%$ , $(13.81\pm 4.43)\%$ 大于10%,仅髋关节内旋活动度平均差异比为 $(5.62\pm 5.63)\%$ 小于10%。胸椎和髋关节旋转动度有减小的趋势;(2)等速躯干旋转两侧峰力矩和平均功率差异没有显著性意义,峰力矩平均差异比为 $(5.45\pm 1.78)\%$ 小于10%,而平均功率平均差异比为 $(12.78\pm 11.40)\%$ 大于10%;(3)在等长背伸活动中,竖脊肌肌电活动的平均两侧差异比为 $(14.18\pm 9.84)\%$ 大于10%,而多裂肌肌电活动的平均两侧差异比 $(9.90\pm 7.92)\%$ 接近10%;竖脊肌和多裂肌的中位频率斜率(Median Frequency slope, MFs)均出现下降的趋势,但两侧差异比为 $(4.68\pm 3.17)\%$ , $(5.35\pm 5.40)\%$ 小于10%。结论:(1)腰痛羽毛球运动员躯干旋转、胸椎旋转、髋关节外旋活动范围存在对称性问题,且胸椎旋转、髋关节旋转有减少趋势;(2)躯干等速旋转平均功率存在对称性问题;(3)等长背伸任务中,竖脊肌和多裂肌出现疲劳,肌电活动存在对称性问题。

**关键词:** 羽毛球;腰痛;活动范围;等速;肌电

中图分类号:G804.5 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2017)06-0082-05  
DOI:10.12064/ssr.20170612

## Functional Evaluation of the Badminton Players with Low Back Pain

LI Nan, TAN Zhizhong, YE Jinglong, LIU Xinyu, REN Xue

(Shanghai Research Institute of Sports Science, Shanghai 200030, China)

**Abstract:** Objective: To measure part of the functions of the badminton players with low back pain in order to observe the scope of activities, muscle strength, myoelectricity activity and corresponding symmetry for the purpose of providing scientific basis for understanding the injury mechanism of badminton players. Subject: 6 badminton players with low back pain (4 males and 2 females). Method: Muscle activity tests were arranged for JOA rating scale, body rotation, thoracic spinal rotation, internal and external rotation of hip joint, constant speed rotation strength and isometric back stretch activity. To observe the average value of the bilateral difference ratio. Result: The mean difference ratios of body rotation, thoracic spinal rotation and internal and external rotation of hip joint ( $31.98\% \pm 21.53\%$ ,  $19.8\% \pm 17.08\%$ ,  $13.81\% \pm 4.43\%$ ) are over 10% and only the mean difference ratio of the internal rotation of hip joint ( $5.62\% \pm 5.63\%$ ) is smaller than 10%. And the rotation activity of the thoracic spinal and hip joint tends to decrease. There is no significant difference between the bilateral peak torque of constant speed body rotation and mean power. The mean peak torque difference ( $5.45\% \pm 1.78\%$ ) is smaller than 10%. And the mean difference ratio of the aver-

收稿日期:2017-08-10

基金项目:上海市体育局2015年重点备战项目攻坚保障研究课题(J007)。

第一作者简介:李男,女,助理研究员。主要研究方向:运动人体科学。E-mail:linan1118316@163.com。

作者单位:上海体育科学研究所,上海 200030。



age power ( $12.78\% \pm 11.40\%$ ) is over 10%. In the activity of isometric back stretch, the mean bilateral difference ratio of the myoelectricity activity of erector spinae ( $14.18\% \pm 9.84\%$ ) is over 10%. While the mean bilateral difference ratio of the myoelectricity activity of multifidus muscle ( $9.90\% \pm 7.92\%$ ) is close to 10%. The median frequency slope (MFs) of erector spinae and multifidus muscle tends to decrease, but the bilateral difference ratio ( $4.68\% \pm 3.17\%$ ,  $5.35\% \pm 5.40\%$ ) is smaller than 10%. Conclusion: (1) There is a problem of symmetry in the body rotation, thoracic spinal rotation and external rotation of hip joint of the badminton players with low back pain. And the rotation of thoracic spinal and hip joint tends to decrease. (2) There is a problem of symmetry in the mean power of constant speed body rotation. (3) During the test of isometric back stretch, the fatigue of erector spinae and multifidus muscle is observed. So there is a problem of symmetry in myoelectricity activity.

**Key Words:** badminton; low back pain; activity scope; constant speed; myoelectricity

腰痛是困扰羽毛球运动员常见的伤病,腰痛的发生率高达 31.64%,为伤病率最高的部位<sup>[1]</sup>。羽毛球运动员腰部的伤病问题较为复杂,常见原因包括:腰椎横突综合症、脊柱小关节紊乱、腰部肌肉筋膜炎、腰椎间盘突出等。羽毛球运动员的腰部损伤与羽毛球项目的技术特点有着很大的关系<sup>[2]</sup>。腰痛运动员究竟哪些功能发生了改变值得进行研究。

腰痛形成原因较多,已有研究证实,躯干肌肉力量变化、肌肉肌电活动异常、核心力量不足和神经肌肉不平衡等功能异常存在于腰痛患者中<sup>[3]</sup>。对腰痛羽毛球运动员进行活动范围、肌肉力量、肌电活动、日本矫正外科协会(JOA)功能量表进行测试,观察腰痛羽毛球运动员发生的功能改变。

## 1 研究对象

羽毛球队报告有腰痛的运动员 6 名,其中男子运动员 4 名,女子运动员 2 名。入选要求:存在下腰痛大于 3 个月的时间,且目前基本能完成正常训练。其基本信息见表 1。

表 1 腰痛羽毛球运动员的基本信息

Table I Basic Information of the Badminton Players with Low Back Pain

性别	个数	身高/cm	体重/kg	年龄/岁
男	4	180.75±2.06	72.00±8.29	18.50±4.36
女	2	166.00±2.83	52.00±5.66	16.00±0.00

其中,两名运动员存在椎间盘引起的神经症状,其余 4 名以骨骼肌肉系统问题为主。

## 2 研究方法

研究方法主要包括实验法和问卷法。运动员进行简单热身,分别进行躯干旋转、胸椎旋转、髋关节内外旋活动度的测试,躯干旋转等速力量测试,等

长背伸的表面肌电测试,以及《腰椎 JOA 评分表》。

### 2.1 关节活动度测试

#### 2.1.1 躯干旋转活动范围测试

受试者屈髋屈膝 90° 坐位,骨盆以下保持固定不变,颈部上放一根长杆,双手握住长杆两端,分别完成向左右两侧的旋转,旋转时长杆同肩关节保持平行。测试采用角度器进行。

#### 2.1.2 胸椎旋转活动范围测试

肘膝跪位,臀部坐于脚跟上,膝关节可同肘关节保持接触,一侧手抬起放置于枕部,该侧胸椎旋转至极限,同时身体其他环节保持不变。记录两侧肩胛旋转的角度。测试采用倾斜仪进行。

#### 2.1.3 髋关节内外旋活动范围测试

受试者坐位,屈髋屈膝 90°,分别完成髋关节内外旋活动,保持大腿不离开床面,用倾斜仪记录活动的角度。

### 2.2 等速躯干旋转力量测试

测试采用德国 Isomed2000 等速测试训练系统。按照操作规程,让受试者坐在测试椅上将骨盆固定,髋膝踝三关节保持在屈曲 90° 位置,将旋转臂调整至适当高度,使受试者枕部、胸椎和骶骨保持良好的接触。运动员上肢放松,肘关节屈曲,双手握住胸前把手。运动员先在旋转角速度为 60°/s 条件下,尽自己最大努力连续做 5 次躯干左右旋转动作。

### 2.3 等长背伸肌电测试

#### 2.3.1 等长背伸活动

利用空调机把实验室温度维持在 25~28℃。测试参考 Biering-Sorensen 测试,受试者俯卧在 90 cm 的



治疗床边缘,髂棘以下与床接触,骨盆、踝关节同治疗床进行固定,双手抱于胸前,躯干悬空与地面平行保持 90 s 等长收缩或至无法维持标准姿势。测试过程中,脊柱保持中立位,避免过伸。当躯干角度下降 5~10°,或者躯干失去控制大于 10 s,则计时停止<sup>[4]</sup>。

### 2.3.2 sEMG 信号采集

充分暴露背部皮肤,电极安装前去除相应皮肤的毛发,以 75% 的酒精对皮肤进行摩擦处理,以减少皮肤电阻。采用双电极法记录 sEMG 信号,两组电极(上海仁和医疗设备有限公司)分别放置在 L4-5 腰椎水平多裂肌上和 L2-3 腰椎水平的竖脊肌隆起处,与脊柱平行,参考电极放至于附近髂骨上电极直径 1 cm,间距 2 cm,按照要求放置参考电极。测试使用美国 Noraxon 公司生产的 Telemetry 2400T G2 型号表面肌电图遥测仪,软件版本为 MyoResearch XP Basic edition1.07。肌电信号记录和分析系统采集 sEMG 信号,采样频率为 1 000 Hz,输入抗阻 > 100 mΩ,共抑制比 > 100 dB,A/D 转换值 16 bit。

### 2.3.3 sEMG 信号处理与分析

采集的原始表面肌电信号利用系统自带的信号处理软件中的全波整流及平滑功能处理,平滑采用均方根公式计算,时间窗设置为 100 ms。利用系统自带的分析软件中“Symmetry Report”、“Frequency Fatigue Report”进行分析。

## 2.4 问卷调查

采用《腰椎 JOA 评分表》对实验对象进行问卷调查,对腰痛运动员的功能进行评估。

## 2.5 数据处理

用 SPSS24 统计学软件包对测得数据进行统计学处理,统计结果以平均值±标准差表示,两侧数据进行配对 T 检验比较,P < 0.05 为差异具有显著性意义。其中差异比 = |1 - 较小测数值/较大测数值| × 100%,平均差异比为所有差异比的均值。

## 3 研究结果

### 3.1 JOA 腰椎评分

JOA 评分标准为:满分 29 分,差:<10 分;中度:10~15 分;良好:16~24 分;优:25~29 分。从 JOA 评分结果看,除了一名运动员为 13 分属于中度以外,大部分运动员位于 17~21 分符合良好的标准。其中,存在椎间盘源性的神经问题两名运动员得分相对较低,分别为 13、17。

## 3.2 关节活动范围

腰痛运动员活动范围结果(见表 2)。

表 2 腰痛运动员活动范围测试结果

Table II Test Result of the Activity Scope of the Players with Low Back Pain

项目	左侧平均 活动度/°	右侧平均 活动度/°	平均 差异比
躯干旋转活动范围	31.44±16.01	27.72±11.41	31.98%±21.53%
胸椎旋转活动范围	32.50±9.57	33.53±10.23	19.83%±17.08%
髋关节内旋活动范围	24.5±3.29	26±3.43	5.62%±5.63%
髋关节外旋活动范围	34.11±20.77	31.78±14.63	13.81%±4.43%

## 3.3 等速躯干旋转力量测试结果

参与测试的腰痛羽毛球运动员等速躯干旋转相对峰力矩和平均功率见表 3。

表 3 腰痛运动员等速躯干旋转力量

Table III Constant Speed Body Rotation Strength of the Players with Low Back Pain

项目	左侧	右侧	平均差异比
躯干旋转相对峰力矩 (PT/BW)	1.75±0.81	1.74±0.82	5.45%±1.78%
躯干旋转平均功率/P	50.67±30.47	48.67±25.13	12.78%±11.40%

## 3.4 肌电活动结果

所有受试运动员均完成了 90 s 的等长背伸活动。

### 3.4.1 对称性分析结果

参与测试的腰痛羽毛球运动员等长背伸活动多裂肌、竖脊肌平均肌电活动见表 4。

表 4 腰痛运动员等长背伸活动中多裂肌、竖脊肌平均肌电活动

Table IV Mean Myoelectricity Activities of the Erector Spinae and Multifidus Muscle in the Activity of Isometric Back Stretch of the Players with Low Back Pain

项目	左侧平均 肌电活动	右侧平均 肌电活动	平均 差异比
多裂肌	75.42±23.48	76.38±15.23	9.90%±7.92%
竖脊肌	79.07±13.52	80.22±16.86	14.18%±4.43%

### 3.4.2 疲劳性分析结果

参与测试的腰痛羽毛球运动等长背伸活动多裂肌和竖脊肌的 MFs 见表 5。

表 5 腰痛运动员等长背伸活动多裂肌和竖脊肌 MFs  
Table V MFs of the Erector Spinae and Multifidus Muscle in the Activity of Isometric Back Stretch of the Players with Low Back Pain

项目	左侧斜率	右侧斜率	平均差异比
多裂肌	-0.27±0.11	-0.27±0.08	4.68%±3.17%
竖脊肌	-0.20±0.09	-0.22±0.07	5.35%±5.41%



## 4 讨论

### 4.1 羽毛球运动员腰痛情况

JOA 评分系统自 1975 年开始应用,主要用于颈椎及腰椎疾患术后疗效的评价。该量表可以评价患者的功能状态,也可以计算治疗改善率(即治疗前后评分的差值占治疗前差值的百分比)<sup>[5]</sup>。本次研究中,除了一名运动员为 13 分属于中度以外,大部分运动员位于 17~21 分符合良好的标准。而两名存在神经症状的运动员得分较低,与预期相符,表明该量表基本可以反映运动员功能状态。本次问卷中,大部分运动员功能受限程度相对较低,这与所有运动员均能完成功能测试表明功能尚可的结果一致。此外,该量表可能对反应羽毛球运动员的伤病问题具有一定的局限性,需进一步结合其他量表对其损伤程度进行分析。由于样本较少,无法反映出男女运动员在 JOA 得分上是否存在差别。

### 4.2 腰痛与关节活动度

所有受试运动员躯干旋转活动度两侧都存在差异(>10%)。通常认为两侧差异大于 10%~15%时,受伤的风险会显著增加<sup>[6]</sup>。在本研究中,我们发现两侧活动范围的平均差异远远大于 10%,反映在腰痛羽毛球运动员中,躯干旋转两侧活动范围存在较明显的对称性问题。在对个案的观察中,发现症状越严重的运动员差异越大,如,两名症状较为严重的运动员差异比分别高达 32% 和 64%。

根据 SFMA (Selective Functional Movement Assessment) 评价标准,胸椎活动角度应该大于 50°,然而测试的所有腰痛运动员结果均低于此标准,反映腰痛羽毛球运动员存在胸椎活动范围受限。此外,发现两侧活动范围的平均差异也大于 10%,提示腰痛羽毛球运动员,胸椎旋转活动范围也存在对称性问题。

根据 SFMA (Selective Functional Movement Assessment) 评价标准,髋关节外旋角度应该达到 40°,而内旋角度应该达到 30°,而受试运动员髋关节内外旋活动范围的均值低于上述标准。之前已经有研究发现,在运动人群中,髋关节内旋活动以及旋转活动全范围的不足与腰痛的发生具有一定的关联<sup>[7,8]</sup>。目前尚未发现下腰痛患者外旋活动范围存在差异,但本研究中,两侧外旋活动范围的平均差异比大于 10%,且得分较低的运动员外旋活动范围差异较大,如其中一名症状较重的运动员差异比为 20%。外旋的活动范围不对称也可能同 LBP 的发生存在一定的关联,然而该结论尚需要进一步的证实。

关节活动范围是反应功能水平的重要指标。本次

测试中,躯干、胸椎、髋关节的活动范围存在一定的问题。运动员中腰椎旋转活动受限或者活动范围不对称往往由于单侧为主的运动导致双侧肌肉力量不均衡,以及放松不充分导致的肌肉紧张程度不同,也可能是与疼痛相关,如,早先肌肉损伤或者神经根症状引起。而相关运动环节活动范围出现异常,也会导致其他环节的异常,如,胸椎活动范围和髋关节活动范围一旦出现异常,特别是活动范围降低或者不对称,常常会导致腰椎活动的代偿,使腰部负荷加大。在人体结构中,腰部主要是负责稳定,一旦稳定性不足,加之过度的活动,容易引起损伤风险的增加。

### 4.3 腰痛与躯干等速旋转力量

等速力量测试被认为是力量测试的“金标准”。传统上躯干的测试速度选择范围为 30~150°/s,本次研究选择 60°/s 的测试速度,为慢速条件下反应力量素质常用的指标。研究证实不同的测试速度间没有显著的差异<sup>[9]</sup>。本研究中,由于疼痛因素的加入,未能发现两侧旋力量存在差异,且平均差异比也小于 10%。然而在本研究中,通过个案观察,得分较低的患者躯干旋转的力量要低于其他运动员,如,其中一名症状较为严重的运动员差异比高达 32%。这可能是由于疼痛抑制了力量的发挥,也有可能是因为机体保护机制,引起疼痛区域活动相对减少,从而导致肌肉力量下降。躯干旋转力量与腰痛的发作研究相对较少。尚学东对 16 名国家男子乒乓球运动员进行了躯干旋转力量的等速测试,发现优秀男子乒乓球运动员存在双侧旋力量失衡现象,提示躯干旋力量失衡可能是导致乒乓球运动员腰痛的原因之一<sup>[10]</sup>。平均功率是单位时间做功的值。两侧平均功率的平均差异比大于 10%,反映两侧旋力量做功的工作效率以及爆发力存在差异。这可能是运动员专项训练导致两侧做功能力差异造成的。

### 4.4 下腰痛与肌电活动

肌电图技术(EMG)对于诊断神经—肌肉系统具有较高的敏感性,特别是在腰痛的预防和诊断中具有重要的作用。研究发现,LBP 患者存在肌张力过高、肌电活动持续时间过长、屈曲放松反应缺失和肌力失衡等现象,而这些神经肌肉活动的异常被证实与腰痛发生具有相关性<sup>[3]</sup>。

#### 4.4.1 对称性结果分析

本次测试中,观察到竖脊肌两侧的肌电活动差异比大于 10%,然而多裂肌两侧肌电活动的差异比也接近 10%,反映在等长背伸活动中竖脊肌和多裂肌肌电活动存在不同程度的不对称。脊柱肌肉活动



提供稳定,肌肉的募集方式显著影响脊椎间所承受的压力。不平衡的肌肉活动理论上可以使得脊柱承受负荷出现异常,并导致出现下腰痛和肌肉骨骼系统的损伤。Renkawitz 对业余网球选手竖脊肌在等长躯干伸展时肌电活动进行测试,发现 LBP 的发生与竖脊肌神经肌肉活动不对称相关,而非 LBP 受试者则未存在不对称;在随后的测试中,腰背区域神经肌肉活动不对称现象随着 LBP 症状下降而减少。同时,疼痛症状未缓解的 LBP 患者神经肌肉活动不对称性依旧存在<sup>[11]</sup>。由此可见,LBP 的发作和神经肌肉不对称直接相关。Lu 比较了 LBP 患者举起最大重量 30% 时肌肉 sEMG,发现椎旁肌电活动存在不对称性,此外,在治疗过程中,尽管肌肉力量有所增长,但是不对称性依旧存在,故而,提出椎旁肌不对称肌肉活动可能导致慢性 LBP 较高的复发率<sup>[12]</sup>。由此可见,肌肉活动的不对称可能同腰痛的发生相关。

#### 4.4.2 疲劳性结果分析

MF 斜率(MF slope, MFs)表示时间与 MF 曲线,在肌肉产生疲劳时斜率为负值。本研究中,无论是竖脊肌还是多裂肌在等长背伸活动中,MFs 均为负值,但两侧肌肉 MFs 存在差异,没有显著性意义,且平均差异比小于 10%。竖脊肌是脊柱主要的伸肌,多裂肌是主要的稳定肌,对两组数据进行分析,可以观察到腰部重要肌肉耐力情况。90 s 的测试可以引起竖脊肌、多裂肌的疲劳。然而本研究中,症状严重的运动员似乎并没有表现出更容易疲劳的特性。而进一步观察起始频率,我们发现症状较重的运动员似乎起始肌电活动要低于其他人,这就可以解释为什么症状相对较重的运动员 MF 反而下降较慢。良好的腰背肌耐力被认为是避免腰背损伤的一个重要因素。Takahashi 等研究 LBP 患者和正常受试者在受力状态下维持正直站立的能力,结果显示腰痛患者竖脊肌 MPF 存在显著下降,并认为腰肌疲劳可能是引起腰痛的原因<sup>[13]</sup>。腰痛运动员 MFs 下降值得我们进一步关注。

#### 4.5 研究不足

本研究中,研究对象相对较少,入选门槛较低,没有设立无症状的对照组,导致研究结果具有一定局限性。此外,本次选取的 JOA 腰椎评分量表似乎在受试者中测试差别并不是很大,可能同运动员功能受限并不是很严重有关。

### 5 结论

5.1 腰痛羽毛球运动员躯干旋转、胸椎旋转、髋关节外旋活动范围存在对称性问题,且胸椎旋转、髋关节旋转有减少趋势。

5.2 躯干等速旋转平均功率存在对称性问题。

5.3 等长背伸任务中,竖脊肌和多裂肌出现疲劳,肌电活动存在对称性问题。

#### 参考文献:

- [1] 李擎,王人卫,李建平,等.优秀羽毛球运动员运动创伤的流行病学调查与分析[J].上海体育学院学报,2009,33(2):70-73,82.
- [2] 王明波.羽毛球运动员损伤及针对性体能训练[J].合肥学院学报,2015,25(3):93-96.
- [3] 李男.下腰痛患者肌肉力量和神经—肌肉活动研究现状[J].体育科研,2014,35(2):42-47.
- [4] Demoulin C., Vanderthommen M., Duysens C., et al. Spinal muscle evaluation using the Sorensen test: a critical appraisal of the literature[J]. Joint Bone Spine, 2006, 73(1):43-50.
- [5] 徐宏光,张敏,王弘,等.QLS-DSD 与 JOA 评分量表在脊柱退行性基本患者评分应用的比较[J].中国骨与关节外科,2013,6(6):482-486.
- [6] Hjelm N., Werner S., Renstrom P. Injury risk factors in junior tennis players: a prospective 2-year study[J]. Scand J. Med. Sci. Sports, 2012, 22(1):40-48.
- [7] Sadeghisani M., Manshadi F. D., Kalantari K. K., et al. Correlation between hip rotation range-of-motion impairment and low back pain. A Literature review[J]. Orthopedic Traumatologia Rehabilitacja, 2015, 17(5):455.
- [8] Vad V. B., Gebeh A., Dines D., et al. Hip and shoulder internal rotation range of motion deficits in professional tennis players[J]. J. Sci. Med. Sports Med., 2003, 6(1):71-75.
- [9] Lee E. Brown. Isokinetics in Human Performance[M]. United States: Human Kinetics, 2000, 262-263.
- [10] 尚学东,王安利,赵亮等.优秀男子乒乓球运动员躯干旋转力量及其与腰痛的关系探析[J].中国运动医学杂志.2015,34(9):901-902.
- [11] Renkawitz T., Boluki D., Grifka J. The association of low back pain neuromuscular imbalance, and trunk extension strength in athletes[J]. Spine J., 2006, 6(6):673-683.
- [12] Lu W., Luke K. D., Cheung K. M. Back muscle contraction pattern of patients with low back pain before and after rehabilitation treatment: an electromyographic evaluation[J]. J. Spinal Disorder, 2001, 14(4):277-282.
- [13] Takahashi I., Kikuchi S., Sato K. et al. Effects of the mechanical load on forward bending motion of the trunk: comparison between pain and Healthy subjects[J]. Spine, 2007, 32(2):73-78.

(责任编辑:何聪)