



射箭技术评价指标的综合研究

Research on Technical Movement Evaluation Index of Archery

张秀丽¹, 刘 卉², 刘学贞²

ZHANG Xiu-li¹, LIU hui², LIU Xue-zhen²

摘 要:方法:运用 Qualisys 红外光点测试系统、Footscan 足底压力测试系统、Noraxon 肌电遥测系统等对国家队射箭队运动员进行测试,对运动员的射箭动作技术进行分析。结论:1) 姿态角、肌肉用力激活程度、举弓阶段主要用力肌肉激活顺序、举弓、开弓时间等的一致性可作为射箭技术评价指标;2) 各动作阶段所用时间的长短不能作为技术评价指标,但开举弓时间比与中国国家队射箭成绩正相关;3) 基础平衡的足底压力中心指标可作为身体素质、选材及成绩预测的参考依据;4) 射箭运动员实射时身体在前、后方向上的稳定性较差,主要与腹背肌力量的不均衡及没有专业运动鞋有关;5) 运动学及肌电学都表明,中国射箭训练对举弓、开弓阶段的重视不够,背部肌肉用力特征不明显,撒放技术合理性不高。建议:1) 快节奏只是个别运动员的特点,不能因为团体比赛时限缩短而过多强调快节奏。2) 采用振动法或不稳定支撑面的力量训练方法进行力量训练。因为这两种训练方法不仅可增加肌肉力量,而且可使神经肌肉的协调性、本体感受器得到训练,从而增强对射箭动作的感觉能力;3) 为射箭运动员定制或选择有防滑块鞋底、前后上翘程度符合运动员脚型特点的射箭专用鞋。

关键词:射箭;动作技术;评价指标

Abstract: Based on the literature review and expert interview, this paper finds out that the main reason of the unsuccessful achievement in China's archery is the low mastery of the technical movement. So the author, on the basis of testing the archery athletes in national team with the Qualisys infrared photoelectric testing system, Footscan sole pressure testing system, Noraxon myoelectricity remote testing system, etc., analyzes comprehensively the technical movement of the athletes in national team from the posture, body motion characteristics, body posture equilibrium and stability, distribution of centre sole pressure, myoelectricity characteristics, etc., with the methods of relative software and data statistics. The conclusions and the suggestions are as follows: Conclusion: Firstly, the communality of posture angle, muscle strength, the activation order of main muscle during raising the bow, raising the bow and the timing of the raising could be used as the evaluation index of technique action in archery; Secondly, the length of the time needed in the different periods couldn't be used as technical evaluation index. But the time of raising and pulling back the row has a positive relation with the archery achievement of the national team in China. Thirdly, the central index of the sole pressure could be used as the reference criterion of selecting athletes and forecasting achievement. Fourthly, there is low stability of the archery athletes in the front and back direction during the action, caused by the athletes' posture disequilibrium of dorsal abdominal muscle and non-professional sport shoes. Fifthly, kinematics and electromyography shows that the people on archery in China haven't taken the raising and pulling back the row seriously. And there is no absolute character in the back muscle and low rationality in the action technique. Suggestion: Firstly, we should make or choose special archery shoes which have slip-resistant sole and suitable degree of bend in the front and back. Secondly, the athletes should adopt the vibration training method or the strength training method with unstable supporting surface. Because these two methods can not only activate motion element which couldn't be activated in most of time, but also add up the harmonization of the nerve muscle and make the proprioceptor trained. Thirdly, fast rhythm is the character of only some individual; therefore, we should put the emphasis on the action quality. We shouldn't emphasize too much about the fast rhythm because of the shortened time for the preparation for the team competition.

Key words: archery; sole pressure centre; surface myoelectricity; stability

中图分类号: G804.6

文献标识码: A

1 问题的提出

许多的历史记载从不同的角度证明中国射箭历史悠久,技术高超,2008 年北京奥运会上,中国射箭女子实现金牌零的突破,男子冲击铜牌成功是众望所归。然而,自 1984 年中国参加第 23 届奥运会至 2008 年奥运会前,中国运动员一直与奥运射箭金牌无缘,让人百思不得其解。

如果说中国某些体育项目的落后可从种族、体制、经济方面找到原因,但无法解释中、韩射箭的差距。第一,韩国开展射箭运动并不比中国早,论经验不比中国丰富;第二,中国是人口大国,韩国人口没中国多,具有天赋的射箭运动员也不会比中国多;第三,中、韩同属于亚洲国家,地理位置相近,运动员的体型、素质相似;第四,中、韩两国的训练、比赛体制也相似,运动员都是长年训练,经常参加国内各种级别的比赛;第五,近年来,我国运动员训练的负荷与强度显著超过其他国家(包括射箭强国韩国)的运动员。但韩国一直以不可撼动的优势走在世界的最前列,中国一直未能如愿折桂,不可思议。

资料查阅及专家访谈结果表明,动作技术不过硬是射箭成绩徘徊不前的主要因素。本研究结合运动生物力学仪器优点及射箭项目的特性,选用 Qualisys 红外光点测试系统、Footscan 足底压力平衡板测试系统、Noraxon 肌电遥测系统 etc 对国家队射箭队运动员进行多方位的测试,运用数理统计方法,对运动员的射箭动作技术进行综合分析,揭示射箭过程中的人体及弓的运动学特点、肌电特性、平衡稳定性规律,筛选出选材及动作技术评价指标。

2 研究对象与方法

2.1 测试对象

2006—2008 年参加国家队集训的男、女运动员,主要测试对象有:国际健将 12 人,健将 15 人,参加“好运北京”国际射箭邀请赛排名赛前 20 名的各国运动员为拍摄分析对象。所有测试研究对象均为左手持弓。

2.2 测试仪器

2.2.1 运动学参数测试仪器



图 1 Qualisys 红外光点高速拍摄调试场景(攀枝花)

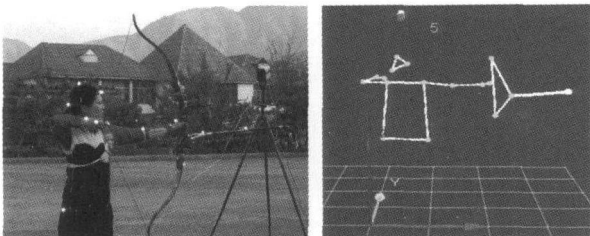


图 2 Qualisys 红外光点高速拍摄及效果图

由于射箭运动的幅度较小,尤其是在靠弦至撒放阶段,运动员肢体的运动幅度是以 0.1 mm 来计算的,运用普通的摄像机拍摄进行手工解析的方法根本不能满足需要,因此,本研究运用 Qualisys 红外光点高速摄像。Qualisys 红外光点高速测试系统,主要由可自由架设的 6 个红外光点摄像镜头、专用手提电脑、连接镜头及电脑的专用数据线、用于标定的框架、若干个可贴于测试对象身体各部位的反光球等组成,拍摄频率可根据需要进行调整,本研究拍摄频率为 200 Hz。

2.2.2 足底压力中心平衡稳定性指标的测试仪器

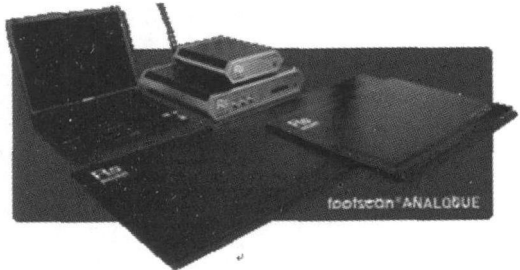


图 3 Footscan 足底压力平衡测试系统图

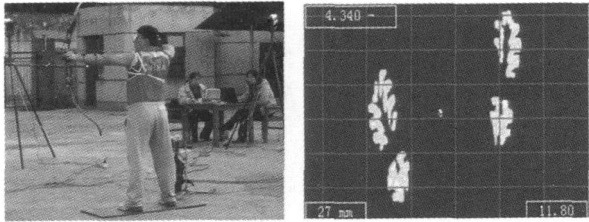


图 4 足底压力测试场景及效果图

比利时产 Footscan 足底压力平衡测试系统由长 1 m,宽 0.4 m 的压力平板(传感器密度为 4 个/cm²,传感器总数 8 192 个)、数据采集盒和笔记本手提电脑组成。足底压力平板测出的足底压力中心的晃动轨迹,实际上反映的是压力板对人体的垂直反作用力中心点的变化,它并非人体的重心轨迹的移动,但对于直立姿势的静力性平衡来说,由于人体受沿水平面方向的力很小,因此,可以把足底压力中心轨迹等同于人体的重心晃动轨迹在压力板上(水平面上)的投影(高伟,2000)。

2.2.3 肌电测试仪器

肌电仪的选择是结合表面肌电的优良、测试对象的特点、研究的重点、Noraxon 遥测肌电仪特点等多个因素,进行全面考虑确定的。

收稿日期:2008-09-16; 修订日期:2008-11-14

基金项目:国家体育总局射击射箭运动管理中心奥运会攻关课题(07068)。

作者简介:张秀丽(1968-),女,河北故城人,副教授,博士,主要研究方向为运动生物力学,E-mail:zhangxl@senu.edu.cn。

作者单位:1. 华南师范大学 体育学院,广东 广州 510631;2. 北京体育大学 运动人体科学学院,北京 100084

1. South China Normal University, Guangzhou 510631, China; 2. Beijing Sport University, Beijing 100084, China.

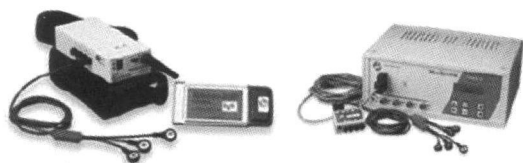


图5 Noraxon MyoSystem多通道表面肌电遥测系统图

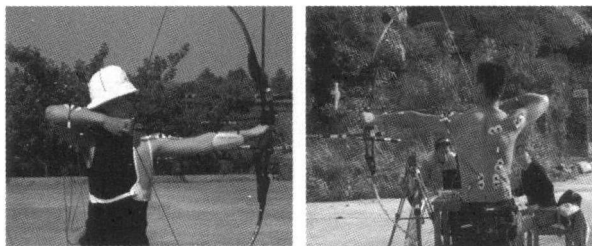


图6 表面肌电现场测试图

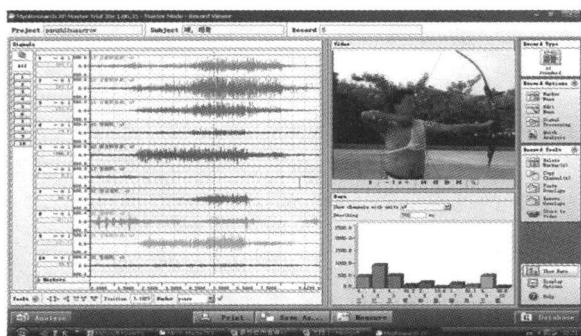


图7 肌电现场测试电脑截图之一

第一,表面肌电既有优点也存在不足之处。优点:1)方便易行,不会造成损伤,容易被受试者接受;2)所测得的肌电变化可以反应整块肌肉的机能变化;3)适用于测量运动时的肌电变化。缺点:1)引导出的肌电信号是许多运动单位的综合电位,波形复杂,不便分析;2)不能较细致地反映肌肉内部某部位或某一运动单位的肌电变化情况;3)由于皮肤的电阻较大,用表面电极所记录到的肌电会有所减弱。

第二,测试对象的特点:测试对象是备战奥运会的国家射箭运动员,必须首先保证运动训练的正常进行,且测试过程不能对运动员造成损伤。

第三,射箭动作研究的重点:对射箭动作肌电的研究重点不是具体的某块肌肉、肌纤维精细微观的肌电特性,而是完成动作过程中肌肉的配合方式,多支箭间肌肉用力的一致性相对宏观的肌电特性。每个动作都不是一块肌肉独立完成的,而是以一、两块肌肉为主,多块肌肉的协调配合完成的。因此,选取动作中位于身体表面的浅层主动肌就可以达到研究的目的。

第四,表面遥测肌电仪主要用于运动医学、运动运动生物力学研究。在被测试者的身上佩带无线发送器,可将测量和处理过的表面肌电信号,通过无线电波传送至100 m以内与电脑相连的接收器,可以最大程度地减少对测试者行动的干扰,而且通过电脑屏幕可适时观察肌电信号

的正常与否,确保肌电测试的有效性及准确性。

综合以上分析,选用美国 Noraxon 公司的 MyoSystem 1400多通道表面肌电遥测系统,采样频率为1000 Hz,同步摄像机采样频率为25 Hz。

2.3 测试程序

2.3.1 训练场综合测试

测试操作人员是经专门培训的运动人体科学教师、博士(硕士研究生)、实验员等。

步骤1:测试前,先选定合适的测试场地,架设红外光点高速摄像机、连接足底压力板、肌电仪,进行调试,校准。

步骤2:仪器调试完毕,运动员准备活动后,按要求规范贴电极、反光标志球。贴电极:首先用医用酒精对贴电极片部位进行擦洗,晾干后按电极间距2 cm的标准将电极贴在相应的肌腹位置;贴17个反光标志:弓上4个点分别是弓上、弓下、弓前、弓后,头上2个点分别是头前、头后,躯干及四肢10个点分别是两侧手中指掌指关节、腕关节、肘关节、肩关节、髋关节;箭杆上用3M反光贴标记,以判断撒放时刻。

步骤3:正式测试前,要求运动员配带电极、反光标志球站在足底压力板上先进行3~5支箭的适应练习。

步骤4:对测试对象实射时12支箭的动作同时进行运动学、肌电、足底压力的测试。所有运动员都按相同的程序依次进行测试。

第1次测试:2006年7月10日于北京大兴芦城运动学校射箭训练场,阴天,无风;第2次测试:2007年1月7—10日于攀枝花国家射箭队训练基地,多晴天、无风,下午或中午比较合适测试的条件下;第3次测试:2008年1月2—4日于广州黄村训练基地,由于晴天,气温低等客观条件影响,没能完成红外光点及肌电测试。

2.3.2 足底压力中心基础平衡测试

足底压力中心指标的测试除与红外光点高速摄影、肌电同时测试外,还于2007年1月10日下午至晚上,在运动员训练结束后,用同样 footscan 足底压力平板测试系统进行了基础平衡的测试。运动员双脚站在平板上,先做几次单脚站立,适应后以优势脚单足站立1 min,从第2个10 s开始采集,每间隔10 s采集一次,共采集1 min内3个10 s的数据,取3次测试的平均值。在所测24名国家队射箭运动员中,只有10人完成了睁、闭眼两种状态的单足1 min平衡测试,而其他14人未能完成闭眼1 min的基础平衡测试。

2.3.3 比赛录像

2007年8月20—26日,用SONY DSR-PD190P 常速摄像机对“好运北京”国际射箭比赛进行了全程拍摄,进行了定性及部分定量分析。

2.4 术语界定及有关说明

2.4.1 运动学分析说明

2.4.1.1 坐标方向

指向箭靶的方向为X轴正向,垂直身体向后为Y轴正

向, 竖直向上为 Z 轴正向。

2.4.1.2 基本部分动作阶段划分

射箭的基本动作部分划分为举弓、开弓、靠弦、持续用力、瞄准、撒放几个阶段。但在研究的过程中发现, 阶段的划分不便于射箭技术的研究, 有不合理之处, 因为动作阶段的描述采用了不同的标准。以上几个阶段, 除瞄准外, 都是根据弓、弦移动的特点进行划分的, 在动作分析时可明显地找到某个阶段、某个时刻, 但瞄准则是根据某一时间段的具体任务提出来的, 它们并列在一起显然不合理, 况且瞄准不是在靠弦以后才进行, 而是在开弓过程中就开始了。因此, 为了研究方便, 把靠弦、持续用力、瞄准合并为一个阶段, 称为固势。靠弦为固势的起始标志, 瞄准是此阶段的主要任务, 不停顿的持续用力则是此阶段的用力特点, 撒放则为固势终止的标志。

举弓阶段: 举弓动作的起点以弓前点在 Z 轴方向上的位移有明显变化为标准。具体标准是连续 5 帧以上画面在 Z 轴上的位移变化超过 0.5 mm 的首帧为标志点; 举弓动作止点的划分标准有两个。举弓动作有两种姿态, 一种是高位举弓, 一种是平位举弓。在视频上能够明显看出举弓超过两肩水平面的为高位举弓; 与之相对, 举弓至与两肩齐平的, 在视频上没有明显最高点的为平位举弓。所有高位举弓的运动员, 其举弓动作都有一特点: 在垂直轴上, 弓有一最高点时刻, 而且开弓动作都是在这一刻开始; 而平位举弓动作运动员则表现出不同的规律, 在举弓过程中并不是所有的运动员都有明显的最高点时刻。因此, 在划分举弓和开弓动作阶段时, 具体标准如下: 在 Qualisys 红外光点摄像机拍摄频率为 200 Hz 所得的数据中, 有明显最高点的以最高点为标志点, 没有最高点的以弓前点连续 5 帧不超过 0.5 mm 的首帧作为举弓的结束, 亦即开弓的始点。在攀枝花所测的 23 名运动员中, 11 名为高位举弓, 12 名为平位举弓, 其中有 4 人的举弓在垂直轴上没有最高点。

开弓阶段: 由于红外光点高速摄影看到的只是标志点, 看不到人的具体动作, 因此, 以举弓动作的止点为开弓动作的起点, 以拉弓臂肘在 X 轴方向上的位移没有明显变化为止点(靠弦), 即拉弓臂肘在 X 轴方向上至少连续 5 帧画面的位移变化不超过 0.5 mm 的首帧。

固势阶段: 在动作上是以靠弦为标志, 因此, 以开弓动作的止点为固势阶段的起点, 以撒放动作为固势阶段的止点。

撒放动作: 通过普通摄像机的录像和 Qualisys 红外光点高速摄影反复对比观察及分析, 撒放时拉弓手在 X 方向上的位移变化先于弓上标志点的变化, 因此, 以右手标志点在 X 轴的负方向上的位移明显变化为撒放时刻, 具体判断标准为位移变化超过 2 mm 的首帧。

2.4.1.3 各关节角度定义

身体及四肢各环节分别用数字表示, “1”代表持弓臂, “2”为拉弓臂, “3”指躯干, “5”是弓, 由于习惯上一般只用

三个字母表示角度, 头、肩、髋均用“4”代表; 各处不同角度用不同希腊字母及第二个下脚标表示, 具体如下:

持弓臂肘角 α_1 : 持弓臂肘关节俯视夹角(左腕、肘、肩连线夹角在 XOY 面上的投影)。

持弓臂肩角 β_1 : 持弓臂肩关节俯视夹角(左肘、肩、右肩连线夹角在 XOY 面上的投影)。

持弓臂肩角 β_2 : 持弓臂肩关节前视夹角(左肘、肩、右肩连线夹角在 ZOX 面上的投影)。

拉弓臂肘角 α_1 : 拉弓臂肘关节俯视夹角(右肩、右肘、右腕连线夹角在 XOY 面上的投影)。

拉弓臂肩角 β_1 : 拉弓臂肩关节俯视夹角(左肩、右肩、右肘连线夹角在 XOY 面上的投影)。

拉弓臂肩角 β_2 : 拉弓臂肩关节前视夹角(左肩、右肩、右肘连线夹角在 ZOX 面上的投影)。

躯干扭转角 α : 左右肩连线与左右髋连线在 XOY 面上投影的夹角。

躯干前屈角 β : 左右两髋中点连线与左右两肩中点连线在 YOZ 面的投影与 Y 轴的夹角。

躯干侧屈角 θ : 左右两髋中点与左右两肩中点连线在 ZOX 面上的投影与 Z 轴的夹角。

头姿态角 α : 前视头姿态角(头前、头后两点连线中点和两肩中点的连线与两肩连线的夹角在 ZOX 面上的投影)。

肩姿态角 β : 两肩连线与射箭面的夹角(两肩连线在 XOY 面上的投影与 X 轴的夹角)。

髋姿态角 θ : 两髋连线与射箭面的夹角(两髋连线在 XOY 面上的投影与 X 轴的夹角)。

弓角 α : 弓在左右方向的转动角(弓上弓下两点连线在 YOZ 平面上的投影与 Z 轴的夹角)。

弓角 β : 弓在上下方向的转动角(弓前弓后两点连线在 ZOX 平面上的投影与 X 轴的夹角)。

弓角 θ : 弓在水平面的姿态角(弓前弓后两点连线在 XOY 面上的投影与 X 轴的夹角)。

投影角的正负方向是指从垂直于平面的坐标轴正方向看, 以终边到始边逆时针旋转为正, 顺时针为负, 超过 180°的夹角, 用小于 180°的负数表示; 与各坐标轴的夹角正负方向规定: 与坐标轴正向夹角为正, 与坐标轴负方向夹角为负, 数值小于 90°。

2.4.2 足底压力中心指标说明

1. 基础平衡测试: 对国家射箭队 24 名队员进行睁眼和闭眼状态下单足站立 1 分钟的身体平衡稳定性测试, 对足底压力中心晃动的前后幅度、左右幅度、轨迹总长度、晃动面积及 1 个派生指标——单位面积的轨迹长 5 个指标进行分析。为了便于理解, 足底压力结果的“前后”、“左右”均以人体解剖位进行界定的。

2. 对备战奥运会的国家集训队员进行实射时身体平衡稳定性的测试, 取撒放前 1.5 s, 撒放后 0.5 s, 共计 2 s 时间内的以下 10 个指标进行分析, 体重(kg)为参考指标。

- 3. 前后、左右晃动幅度:基础平衡与实射时,足底压力中心在前后、左右方向上晃动的最大幅度,单位:mm。
- 4. 轨迹总长度:基础平衡与实射时,足底压力中心晃动轨迹的总长度,单位:mm。
- 5. 晃动面积:基础平衡与实射时,足底压力中心晃动的椭圆面积,单位:mm²。
- 6. 单位面积轨迹:基础平衡与实射时的派生指标,其值大小为轨迹总长度与晃动面积的比值。
- 7. 平均晃动速度:实射时,所选撒放前后 2 s 内足底压力中心晃动的平均速度,单位:mm/s。
- 8. 最大晃动速度:实射时,所选撒放前后 2 s 内足底压力中心晃动的最大速度,出现在撒放时刻,单位:mm/s。
- 9. 平均压力差:实射时,所选撒放前后 2 s 内左足与右足的平均压力差占总压力的百分比,单位:%。
- 10. 最大压力差:实射时,所选撒放前后 2 s 内左足与右足的最大压力差的占总压力的百分比,出现在撒放时刻,单位:%。
- 11. 两压力差值:实射时的派生指标,其值为最大压力差与平均压力差的差值,单位:%。

2.4.3 肌电评价指标说明

2.4.3.1 肌电测试肌肉名称

运用 Noraxon 表面肌电遥测系统,对运动员实射时的主要肌肉进行测试。测试肌肉名称:女子运动员 8 块肌肉分别为拉弓臂三角肌后部、指浅屈肌、指总伸肌、背阔肌、斜方肌中部、持弓臂三角肌前、中、后部。男子运动员 10 块肌肉,以上 8 块,另加左、右竖棘肌。测试及计算指标:肌电图整流、滤波、平滑后各动作阶段的振幅、举弓阶段肌肉激活的顺序,VR 等。

2.4.3.2 肌电信号的处理

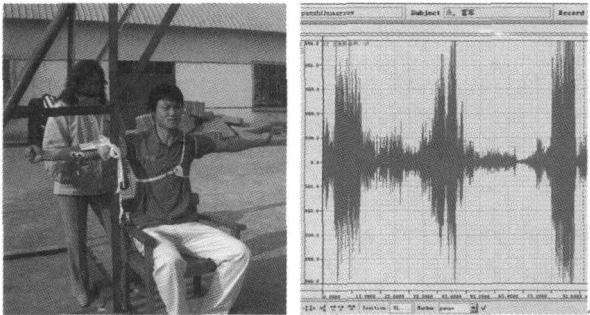


图 8 拉弓臂三角肌后部肌肉 MVC 测试场景及肌电图

所测肌肉的所有肌电信号均经 Noraxon 表面肌电的专用软件进行整流、平滑、滤波、标准化,再进行相应的计算分析。平滑方式采用最常用的肌电幅值的 RMS(均方根),时间窗(time window)为 50 ms,带通滤波范围 20~500 Hz;肌电幅值的标准化采用 MVC 法,参照《ABC of EMG - A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography》中肌肉 MVC 的测试方法,在准备活动后,连续采集 3 次某块肌肉 MVC 动作的肌电信号,每次 1 s,间隔 1 min。对 MVC 肌电信号进行整流、滤波、平滑处理后,用 3 次动

作肌电中 500 ms 时间段内平均肌电幅值最大的一次作为 MVC 值,计算相应肌肉肌电幅值百分比。

2.4.3.3 肌电肌肉用力百分比

某块肌肉百分比 = $\frac{\text{某块肌肉肌电 MVC 标准化值}}{\text{所有肌肉肌电 MVC 标准化值之和}} \times 100\%$

射箭动作主要用力肌肉判别标准:几块肌肉百分比的累计贡献率达到 86%。

2.4.3.4 肌肉激活程度一致性的评定方法

各动作阶段每块肌肉激活程度的一致性采用一组箭每块肌肉肌电幅值的变异系数 VR 来描述,VR 值大表明一致性差,公式为:

$VR_i = \frac{\text{第 } i \text{ 块肌肉一组箭肌电幅值的标准差}}{\text{第 } i \text{ 块肌肉一组箭肌电幅值的平均值}} \times 100\%$

2.4.3.5 举弓阶段肌肉激活顺序

肌肉激活顺序运用 Noraxon 公司提供的 MRXP1.06 Master Edition 软件中的 Standard Timing 获得,激活标准是肌电幅值达到此阶段。先被激活的排在第一位,再次被激活的排在第 2 位,依次累推。

2.5 数据处理方法

运动学参数主要采用与 Qualisys 红外光点系统配套使用的 Qtools 进行计算;足底压力平衡的晃动幅度、轨迹总长度、晃动面积数据采用 RScan 公司的 Newbalance 系统软件直接获得,其他派生指标由 Excel 2003 运用公式计算产生;肌电数据的处理用 Noraxon 公司提供的 MRXP1.06 Master Edition 中的 Standard Amplitude、Standard Timing 等进行处理。平滑方式采用最常用的肌电幅值的 RMS(均方根),时间窗(time window)为 50 ms,带通滤波范围 20~500 Hz;肌电幅值的标准化采用 MVC 法;文中的 T 检验、相关分析、回归方程等均运用 SPSS 11.0 完成。

3 结果与分析

本研究分析从基本部分的举弓开始,至撒放结束后暂留阶段。射箭动作的基本部分分为举弓、开弓、靠弦、继续用力、瞄准、撒放 6 个阶段,但无论是从动作阶段划分逻辑角度,还是从便于研究的角度考虑,把靠弦、继续用力及瞄准的过程作为一个阶段分析较合理,即固势阶段。因此,结果分析举弓、开弓、固势、动作暂留阶段及撒放时刻的动作特点。

3.1 运动学研究结果与分析

3.1.1 射箭运动员姿态角的一致

每个运动员解剖结构特点、力量特性因人而异,所采取的举弓方式不同,其举弓、开弓、靠弦、撒放姿态自然有差异,某些角度不能一概而论,运动员之间不能相互比较。但运动员多支箭各姿态角的一致性是针对个体运动员的评价指标,运动员之间可进行比较。以每个运动员一组箭每个特征画面姿态角的标准差描述姿态的一致性,22 名运动员各时刻姿态角标准差的均值统计结果如图 9 所示,从总体的统计结果来看,有以下几个特点:

第一,15 个姿态角一致性有规律性,即在举弓、开弓、

靠弦、撒放 4 个特征时刻,某个姿态角在一个特征时刻的标准差小,在其他的特征时刻也小,在一个特征画面标准差大,在其他特征画面也大。其中一致性最好的是两髋、弓及持弓臂姿态角,除举弓外,3 个阶段的标准差均小于 1°,而最差的是头姿态角 α_1 ,在所有阶段其标准差均大于 3°;其次为拉弓臂肩角 β_{22} ,标准差均超过 2°,此姿态角度与前臂与大臂的长度比有关,运动员之间个体差异性大是合理的,但具体到每个运动员箭与箭之间的差异性大,是姿态不稳定的表现,这是大多数运动员普遍存在的现象,说明运动员拉弓臂肘在 Z 方向上的感觉、控制能力较差。

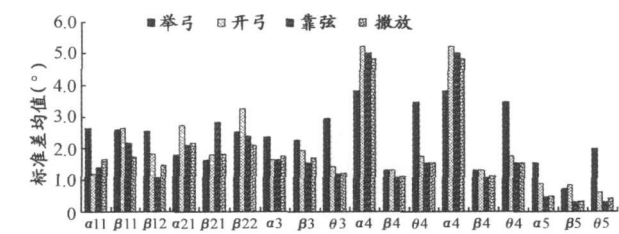


图 9 22 名运动员主要时刻姿态角标准差的均值统计结果图

第二,4 个特征画面中,相对来说,举弓时刻姿态角的一致性最差,开弓次之,靠弦、撒放时刻一致性较好,不分伯仲。基本上符合预期结果,因为在训练中,教练员和运动员认为在射箭整个过程中各技术的重要顺序与动作完成顺序是相反的,撒放—固势—开弓—举弓,形成了越到最后越关键的概念,由此在训练过程中的重视程度也明显有区别。

举弓是在审靶、选位、调整身体姿态后才进行的,运动员此刻的姿态是根据自身解剖结构特点及用力感觉在射箭运动过程中反复调试确定的,固定后就不会轻易改变,也不能随意改变,一致性越好,说明其审靶、定位的能力越强,感觉越细致。统计结果显示,除弓角 β_5 标准差小于 1°外,举弓阶段其他姿态角的标准差均大于 1°,在选择的 15 个角度中,12 个角度超过 2°,尤其是头部及两肩的姿态角,个别运动员的标准差竟然达到 10°以上,这对差之毫厘,失之千里的射箭项目是大忌。

撒放应在固势阶段后自然流畅地完成,其姿态角的大小应与靠弦时一致,每组箭的一致性水平不能低于靠弦时刻。统计结果显示,国家队射箭运动员撒放时的躯干、头部、弓的姿态角一致性程度与靠弦时刻相当,但两肘及两肩关节在各平面上的投影角差异性较大。撒放是射箭的关键环节,倍受教练员及运动员的重视,但撒放时刻的一致性优势并没体现出来,说明虽然重视撒放技术训练,但没收到预期的效果,训练方法及手段有待改善;同时也说明,撒放技术不仅是关键的技术,而且是较难突破的环节,是研究的重点。

3.1.2 开弓与固势两主要阶段运动幅度的特点

3.1.2.1 开弓阶段各环节移动特点分析

1. 持弓臂移动特点:第一,在开弓过程中持弓臂及弓

向靶方向移动的运动员占只 50%;从时间序列曲线来看,即使持弓臂向靶方向移的运动员也不是平稳的前移,而是忽前忽后,表现出躯干不稳定,肌肉力量不均衡(图 1)。开弓的过程是持弓臂尽量形成一条直线积极前撑推弓,拉弓臂利用后背肌群的力带动大臂、前臂、手主动往后拉弦的过程。因此,在开弓阶段持弓臂及弓应同步小幅度向靶的方向移动(X 正方向),而拉弓臂的腕、肘则应向相反的方向(X 负方向)移动,尤其是持弓臂整体与弓的同步性移动表明前撑积极,用力合理,持弓臂稳固性好。第二,开弓初期,持弓臂及弓一致性的前移程度较好,但在开弓中后期部分运动员持弓臂与弓向靶方向移动的同步性较差,出现臂停弓移的现象(图 10)。这种现象说明开弓中后期,弓的移动不是靠整个手臂的前撑,而是手臂的末端环节小肌肉群用力前撑。

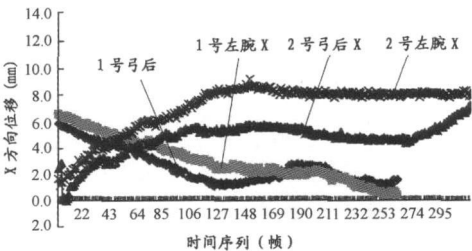


图 10 两名运动员开弓阶段弓及左腕的运动趋势图

2. 躯干移动特点:第一,在开弓阶段,每个运动员两髋连线中点及两肩连线中点的移动趋势及特点均不相同,即使是同一运动员不同箭支之间也有较大的差异性;第二,多数运动员两肩及两髋连线中点在 X 方向上向拉弓臂一侧移,在 Y 方向上向前移;第三,中国射箭队运动员躯干的移动幅度较大,尤其是两肩中点,在 3 个方向的移动幅度均小于 10mm 的只有 4 人。

开弓阶段,人体借助弓、弦、使弓、弦、箭、人形成了一个整体,从运动生物力学角度讲,开弓时持弓臂前撑,拉弓臂后拉是一个相向运动的过程,形式上是两臂用力,但其主要力源应来自躯干背肌,从理论上讲,躯干稳固不仅可使开弓动作更加省力,而且可提高技术动作的稳定性。因此,两髋连线的中点及两肩连线的移动幅度应尽量小,尤其是两髋连线的中点,无论是向哪个方向移动都是下肢肌肉群或腰腹部肌肉力量比例不合理的表现。开弓阶段两肩中点及两髋中点移动的幅度与成绩进行相关的结果也支持了理论分析结论(表 1)。两肩连线中点在 X 方向上的移动幅度与成绩负相关达到非常显著性。由此可知,中国射箭队员躯干不稳定是造成成绩不理想的主要原因之一。

3. 弓的移动特点:从理论上讲,开弓阶段弓在 3 个方向上的移动幅度主要与运动员的开弓方式(平位或高位)及瞄准的方式有关(从哪个方位进入黄心),与成绩的相关不大。但数据分析结果与理论不一致:弓在 X、Z 方向上的移动幅度与成绩的负弱相关达到非常显著性(表 1),其根本原因有待进一步分析。

表 1 开弓阶段各点位移与成绩的相关分析一览表(n=172)

	成 绩
两肩中点在 X 方向	-0.248 * *
两腕中点在 X 方向	0.111
弓在 X 方向	-0.220 * *
弓在 Y 方向	0.123
弓在 Z 方向	-0.223 * *

注: * 表示在 0.05 水平上相关, * * 表示在 0.01 水平上相关(下同)。

4. 拉弓臂腕、肘关节运动特点:开弓阶段的主要目的是使拉距不断增加,把弓拉开,因此,拉弓臂的手肘的运动虽然是三维的,但以向 X 轴负方向运动为主。因为一段时间内弓是固定不变的,所以开弓阶段拉弓臂手、肘的运动幅度也是一定的,但速度的大小及变化规律则是由运动员力量控制的。开弓阶段拉弓臂手、肘的速度特点在以往的研究中尚未提到,测试结果显示:

第一,开弓阶段,拉弓臂腕、肘关节的平均速度大小在 60 mm/s~200 mm/s 之间,个体性差异较大,平位开弓的速度大,高位开弓的速度小。

第二,运动并非匀加速或匀速,有的有一个波峰,表现为开弓前段匀加速度,后段匀减速(图 11),有的有两个波峰(由于速度向 X 负向,表现在图上是波谷),几秒的时间内加速减速两次(图 12)。从经济性原则来说,使物体保持匀速运动最省力。开弓是對抗弓弹力的过程,而弓的弹力随着拉距的增加而增加,前期研究表明,国内、外不同类型、材质的弓,其弓弦拉距—弹力变化规律是相似的,如果要达到省力的目的,则要求运动员的“弓感”好,即肌肉对弓弦拉距—弹力变化规律的感觉要细腻,尽量做到拉弓力与其变化一致,使开弓动作经济流畅。对照弓弦拉力与拉距的曲线可知(图 13),拉弓臂的手、肘速度有一个波峰是较好的。

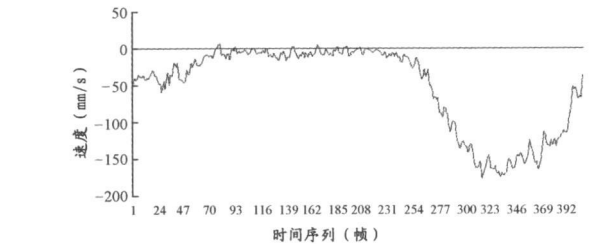


图 11 开弓阶段拉弓臂手、肘在 X 方向移动速度特征之一曲线图

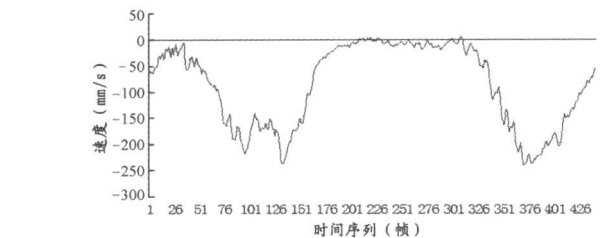


图 12 开弓阶段拉弓臂手、肘在 X 方向移动速度特征之二曲线图

3.1.2.2 固势阶段各环节移动特点分析

固势阶段是在保持一定姿态的情况下适时撒放,因

此,各环节应在一定的晃动范围内有规律的振荡,或以个人固定的规律平稳地向一个方向移动,以寻找合适的机会撒放。国家射箭队员测试结果有以下几个方面的特征:

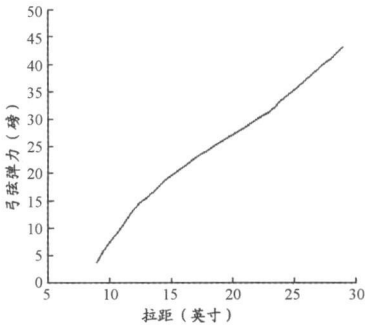


图 13 弓的弹力随拉距的变化曲线图

图注:数据来源于《射箭》第 17 页(徐开才,2001)

1. 拉弓臂移动特点:国家射箭队 70%运动员持弓臂腕、弓后点、拉弓臂肘、腕均一致性地向 X 负方向移动,而这最主要的根源还在于躯干(两肩连线中点)的移动方向,躯干向 X 负方向移动,持弓臂及弓跟随着同步移动。固势阶段,弓的拉距还要持续地、慢速增大,直到拉响响片撒放为止,从运动生物力学角度看,借助于弓弦持弓臂与拉弓臂形成了一个运动整体,其运动形式应该是一个相向运动的过程,持弓臂向 X 正方向移动,拉弓臂向 X 的负方向移动有利于肌力的发挥,是最好的模式,或持弓臂保持小幅度的前后振荡,拉弓臂向 X 负方向持续地移动也是比较理想的方式;但如果持弓臂与拉弓臂都同时向 X 的负方向移动,无形中增加了拉弓臂的负担,导致拉响响片的时间延长,稳定性下降,影响成绩。

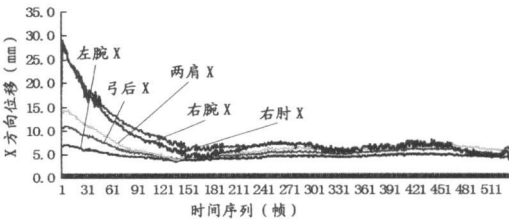


图 14 左右侧及躯干在 X 方向运动趋势对照曲线图

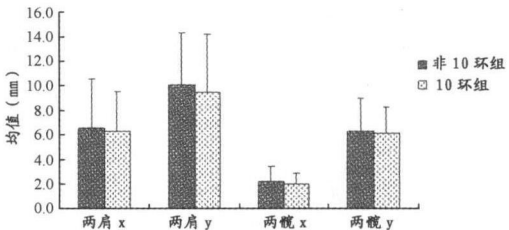


图 15 固势阶段躯干均值成绩组别对比曲线图

2. 躯干移动特点:第一,躯干向 X 负方向移动的占到近 80%,向 Y 正向移动的也近 40%。如果躯干(两肩连线中点)稍向 X 正方向(箭飞行方向)移动,或前后振荡,就说明运动员持弓臂的前撑意识较强,躯干的稳固性较好,而且力量也相当;相反,如果躯干连续向 X 负方向移动,则表明运动员脊柱左右两侧的肌肉力量悬殊较大,持弓臂前撑

没有着力点。在 Y 方向上,如果躯干前后摇摆,或稍向身体解剖位前方移动,说明运动员尽量保持躯干的姿态,而且力量也基本相当,但如果持续向身体解剖位后方移动,则说明运动员腹肌较差,或全身肌肉用力不协调,不能维持躯干稍前倾的姿态,从而影响背部肌力发挥。第二,统计结果显示,无论是两肩中点还是两髋中点,10 环组的移动幅度较非 10 环组小(图 15),但 *t* 检验表明不具显著性差异。两肩中点与两髋中点进行对比,两肩连线中点的移动幅度均较两髋连线中点大得多,因此,两肩中点的移动幅度更能体现身体的稳定性。第三,运动员在身体解剖位前后方向上的晃动幅度较左右大(图 14),这不仅与腰腹肌力量有关,而且与运动员的站位姿态有关。

3. 弓的移动特点:固势阶段,弓在 X 方向上的移动主要与躯干的移动有关,而且对成绩没有直接影响,在前面已经讨论过,而弓在 Y、Z 方向上的位移对箭的着靶点有直接影响。两个方向的移动幅度相比,大多数运动员在 Y 方向上移动幅度大于 Z 轴方向。为了进一步研究弓的移动幅度与成绩的关系,对弓在 Y、Z 两个方向上的位移与成绩进行相关分析,结果显示,成绩与弓在 Y 方向上移动幅度负弱相关达到显著性水平,而与 Z 方向上的幅度相关没有显著性(表 2)。这说明弓在 Y 方向上的较大位移是影响成绩的主要因素,进一步相关分析显示(表 3),弓在 Y 方向上较大幅度的移动主要来自于持弓臂(因为弓在 Y 方向上的移动幅度与持弓臂腕在 Y 方向上的移动幅度高度正相关达到非常显著性水平)。因此,建议运动员加强三角肌前后可控力量的训练。弓在 Z 方向上的稳定情况主要与持弓臂的肩部肌肉力量有关,肩部肌肉的配布规律决定了持弓臂在 Z 轴方向上的稳定性大于 Y 轴方向,因为三角肌中部肌肉强而有力,控制能力较强。

表 2 固势阶段弓位移与成绩的相关分析一览表(n=172)

	成 绩
弓在 Y 方向	-0.154 *
弓在 Z 方向	-0.073

表 3 弓与躯干移动幅度的相关分析一览表(n=172)

	弓在 Y 方向
两肩中点在 Y 方向	0.403 **
两髋中点在 Y 方向	0.490 **
左腕在 Y 方向	0.811 **

4. 拉弓臂手、肘的运动特点:固势阶段拉弓臂手、肘的运动表面上看好象是静止的,其实拉弓臂持续不断的用力,继续向 X 轴负向移动,只不过位移小,速度小。测试结果显示:第一,此阶段拉弓臂手、肘的平均移动速度仅为 3 mm/s~10 mm/s,与开弓阶段相差 10 倍以上;第二,所有运动员拉弓臂手、肘速度不是匀速或匀变速,而是在-20 mm/s~+10 mm/s 内振荡,有的振荡小,有的振荡大。固势阶段,运动员拉距一般为 25~30 in.,在弓弦弹力变化较稳定的阶段,拉弓臂手、肘匀速运动直至拉响响片最理

想的,这依赖于运动员对弓的感觉能力,“弓感”好的运动员,速度振荡小,轻松自然拉响响片,顺势撒放。

3.1.2.3 开弓与固势阶段运动一致性分析

以各环节多支箭移动的标准差作为运动幅度一致性的评价,统计结果显示:第一,开弓阶段的一致性程度较固势差,是所有运动员普遍存在的现象;第二,10 环、非 10 环两组相比,在所选择的 6 个标志点 18 个参数中,开弓阶段有 13 个参数,固势阶段有 17 个参数呈现 10 环组一致性好于非 10 环组,进一步 *t* 检验,开弓阶段两个组别不具显著性,而固势阶段右腕 Y、右肘 Z、两肩中点 Z(主要与右肩的上下移动有关)参数具有显著性差异(表 4、表 5)。因此可以说,运动幅度的一致性为运动员技术规范化的标志,一致性好射中 10 环的可能性大,提高运动幅度的一致性可提高射 10 环的稳定性,尤其是右腕、肘及两肩中点移动幅度的一致性。

表 4 开弓阶段 10 环与非 10 环组各点运动幅度一致性配对 *t* 检验一览表 (n=17)

	非 10 环组	10 环组	<i>P</i>
弓后 X	3.1±1.7	3.5±2.6	0.664
弓后 Y	5.4±2.6	4.3±2.2	0.153
弓后 Z	11.3±6.7	9.4±6.2	0.382
拉弓臂腕 X	10.6±8.8	10.8±10.0	0.931
拉弓臂腕 Y	6.2±5.1	5.1±4.2	0.481
拉弓臂腕 Z	3.9±2.3	3.0±1.6	0.190
拉弓臂肘 X	9.0±8.7	7.9±6.6	0.664
拉弓臂肘 Y	7.9±4.9	6.6±3.7	0.352
拉弓臂肘 Z	3.6±1.6	2.7±1.9	0.128
持弓臂腕 X	3.8±2.3	4.1±2.9	0.711
持弓臂腕 Y	4.2±1.8	4.0±2.3	0.753
持弓臂腕 Z	9.4±6.6	7.1±4.8	0.233
两肩中点 X	2.6±1.5	2.1±1.6	0.331
两肩中点 Y	3.7±2.4	3.9±3.2	0.909
两肩中点 Z	4.6±6.6	4.0±6.6	0.794
两髋中点 X	1.1±0.9	1.1±0.8	0.729
两髋中点 Y	2.4±1.4	2.6±1.8	0.636
两髋中点 Z	0.5±0.5	0.4±0.3	0.539

表 5 固势阶段运动幅度 10 环组与非 10 环组一致性配对 *t* 检验一览表 (n=17)

	非 10 环组	10 环组	<i>P</i>
弓后 X	1.5±0.6	1.2±0.7	0.145
弓后 Y	4.0±2.1	3.7±1.8	0.666
弓后 Z	2.1±1.3	1.8±1.0	0.388
拉弓臂腕 X	3.9±1.7	3.5±1.8	0.546
拉弓臂腕 Y	5.4±3.0	3.7±1.8	0.050 *
拉弓臂腕 Z	3.4±1.8	2.4±1.2	0.101
拉弓臂肘 X	3.7±2.4	3.9±2.2	0.758
拉弓臂肘 Y	7.3±4.6	5.3±2.4	0.108
拉弓臂肘 Z	3.9±2.3	2.8±1.2	0.048 *
持弓臂腕 X	1.4±0.8	1.2±0.9	0.470
持弓臂腕 Y	3.7±2.2	3.6±1.7	0.915
持弓臂腕 Z	2.3±1.1	1.9±0.8	0.138
两肩中点 X	1.9±1.2	1.6±1.1	0.406
两肩中点 Y	4.5±2.7	3.4±1.8	0.141
两肩中点 Z	1.3±0.9	0.8±0.6	0.033 *
两髋中点 X	0.8±0.6	0.6±0.4	0.169
两髋中点 Y	2.5±1.0	2.2±1.1	0.485
两髋中点 Z	0.4±0.9	0.3±0.2	0.684

3.1.2.4 撒放时刻拉弓臂手的运动特点

本研究中,反向动作是以撒放前拉弓臂手在 X 轴上反向移动为标志,移动 3~4 mm 为明显,1~2 mm 为轻微,1 mm 以下为没有反向动作。统计结果表明,没有反向动作的只占 1/4,另有 1/4 存在明显的反向动作,其他较轻微或有无规律的抖动现象。综合国际高水平运动员的技术特点来看,其在各个阶段的特点具有明显的个性,唯独在撒放时的特点是共同的:滑弦撒放,拉弓臂手指放松彻底,脱弦利索(徐开才,吴保良,2001)。撒放时刻的技术是射箭的重中之重,这一环节不过关,前面各环节所有的努力将功亏一篑。早期的研究发现,中国运动员的拉弓臂手在撒放前有“反向动作”,不利于箭的准确着靶,从研究结果来看,这种现象在国家射箭队员还存在。

3.1.3 射箭运动员各阶段时间节奏分析

2007 年 8 月 20 日至 26 日“好运北京”国际射箭邀请赛在北京奥林匹克公园射箭场举行,参赛运动员来自世界各国,男 60 名,女 53 名共 113 名。为了获得尽量多的国外运动员的技术信息,运动生物力学科技服务队用 SONY DSR-PD190P 常速摄像机对比赛进行了全程拍摄。从全程比赛的录像中剪辑出此次比赛排名前 20 的运动员的录像进行分析,其中,男 13 名、女 13 名,来自韩国、马来西亚、波兰、法国、俄罗斯、英国、日本、墨西哥、意大利、美国及中国台北等 10 多个国家和地区。

3.1.3.1 “好运北京”运动员与中国射箭队成绩及动作阶段时间分析

分别对 23 名中国国家射箭队运动员训练时的 245 支有效箭,“好运北京”26 名运动员 312 支有效箭各阶段的时间及成绩进行统计,结果如表 6 所示:“好运北京”运动员比赛与中国国家队运动员训练在平均成绩、固势阶段时间及总时间 3 个方面具有非常显著性。“好运北京”运动员的平均成绩好,固势时间长,总时间长,与预期结果不一致,即与目前射箭界认同的“节奏越快成绩越好”的观点相悖。那是否意味着成绩与固势时间及总时间正相关呢?

表 6 “好运北京”运动员与中国运动员
时间节奏对比一览表(独立 t 检验)

	中国运动员 (n=23)	“好运北京”运动员 (n=26)	P
成绩(环)	8.56±1.18	8.95±0.98	0.000**
举弓时间(s)	1.11±0.22	1.13±0.31	0.356
开弓时间(s)	2.01±0.58	1.99±0.65	0.494
固势时间(s)	3.18±1.20	4.13±1.70	0.000**
总时间(s)	6.23±1.34	7.25±1.84	0.000**

进一步对两组数据进行相关分析如表 7、表 8 所示:对于每个群体来说成绩与固势时间及总时间有负相关的趋势,但相关性均未达到显著性,中国队成绩与举弓时间相关达到显著性,但也是负相关。以上是从纵横不同角度进行分析,貌似矛盾的两个结果只能说明:在一定的范围内,各动作阶段时间的长短不能作为动作技术优劣及成绩

好坏的评价指标。

表 7 中国运动员成绩与各阶段时间的偏相关分析一览表

	成 绩
举弓时间(n=17)	-0.337*
开弓时间(n=26)	0.145
固势时间(n=26)	-0.010
总时间(n=17)	-0.048

表 8 “好运北京”运动员成绩与各阶段时间的偏相关分析一览表

	成 绩
举弓时间(n=22)	0.087
开弓时间(n=26)	-0.012
固势时间(n=26)	-0.070
总时间(n=22)	-0.064

3.1.3.2 射箭时间节奏的性别差异分析

以上的分析都是不分性别的,既然射箭比赛同多数体育项目一样,是按性别分别进行的,那男、女运动员在动作时间节奏上有无差异呢?对两组数据分别进行性别的独立样本 t 检验(表 9 和表 10),中国队在成绩及时间节奏上性别差异均无显著性,而所测“好运北京”比赛运动员在成绩、举弓时间、开弓时间 3 个参数具有显著性差异,而且举弓、开弓时间达到非常显著性。“好运北京”运动员是来自不同国家及地区,其数据统计结果反映的是射箭时间节奏的普遍规律,有性别差异表明各国的训练具有针对性,而中国国家队运动员在时间节奏是没有性别差异的结果则从一个侧面反映了中国射箭界对时间节奏的认识是统一的,训练针对性不强。

表 9 中国国家射箭队成绩及时间节奏的性别独立 t 检验一览表

	男(12 人)	女(11 人)	P
成绩(环)	8.60±1.19	8.51±1.18	0.121
举弓时间(s)	1.08±0.16	1.15±0.29	0.409
开弓时间(s)	2.04±0.52	1.98±0.64	0.140
固势时间(s)	3.28±1.16	3.05±1.24	0.231
总时间(s)	6.43±1.10	5.86±1.66	0.081

表 10 “好运北京”运动员成绩及时间节奏的性别独立 t 检验一览表

	男(13 人)	女(13 人)	P
成绩(环)	9.07±0.84	8.86±1.05	0.035*
举弓时间(s)	1.03±0.22	1.23±0.37	0.000**
开弓时间(s)	1.78±0.60	2.22±0.64	0.000**
固势时间(s)	4.21±1.68	3.96±1.68	0.182
总时间(s)	7.03±1.93	7.41±1.70	0.056

3.1.3.3 举弓、开弓、固势 3 个动作阶段的时间相关分析

射箭 3 个阶段时间进行比较,总体上来讲,从举弓—开弓—固势,各阶段时间依次增加是一个不争的事实,那么 3 个阶段时间是否存在一定的关系?考虑到性别及中外运动员差异,表 11~13 是分组别进行偏相关分析的结果(控制变量为性别及阶段时间);不同的群体表现出了不同的规律,这些规律表面上看似似乎无道理可言,但仔细分

析可以从射箭的规则和目的上得到解释,显然是无意识的一种潜在规律。

第一,举弓与开弓时间正相关。高水平射箭运动员天天举的是同一张弓,举弓的动作和速度也基本上固定,因此,每个运动员箭与箭之间的差异较小,举弓动作及速度的一致性从某种程度上可反映运动员水平的高低。而运动员之间由于力量大小不同,所用弓的磅数不同,肌肉类型不同,举弓的动作及速度差异性相对较大,从统计数据来看,少的用 0.7 s 左右,多则用 1.5 s 左右,多数在 0.8~1.3 s 之间。因此,射箭运动员举弓的动作及速度与臂绝对力量的大小关系不大,更主要的与神经、肌肉类型有关,而神经肌肉类型在一段时间内是稳定的。举弓以持弓臂为主,时间的长短主要在于持弓臂向上移动的速度,而开弓以持弓臂与拉弓臂共同用力完成的,完成动作时间主要在于拉弓臂向后的速度,举弓与开弓动作在速度上会有较高的一致性。即在无意识的状态下,举弓时间长,开弓时间相应较长,举弓时间短,开弓时间也较短的规律是符合生物力学原理的。这一点在中国女队员身上体现较明显。

表 11 举弓与开弓阶段时间的偏相关分析一览表

	n	举弓与开弓
中国队男	9	0.049
中国队女	8	0.428 *
好运赛男	11	0.136
好运赛女	11	-0.017

表 12 开弓与固势阶段时间的偏相关分析一览表

	n	开弓与固势
中国队男	12	-0.404 *
中国队女	11	0.082
好运赛男	13	0.122
好运赛女	13	-0.177 *

表 13 举弓与固势阶段时间的偏相关分析一览表

	n	举弓与固势
中国队男	9	0.112
中国队女	8	0.051
好运赛男	11	0.184 *
好运赛女	11	-0.074

第二,开弓与固势时间负相关。固势阶段时间的长短基本上与运动员力量的大小没关系,而主要与撒放时机的把握程度有关。因此,其时间的长短不仅受开弓及瞄准动作质量的影响,受心理因素影响也较大。理论及实践证明固势阶段的瞄准的稳定性可分为 3 个阶段,即稳定阶段、相对稳定阶段(也称最佳稳定阶段)和稳定消失阶段。靠弦动作结束的同时即瞄准动作的开始,瞄准动作开始是个很不稳定的阶段,要获得稳定需要一个过程,这个过程一般需要 1~2 s,到了相对稳定阶段,也就进入了精确瞄准阶段,这个时间大约在 1.5~3.5 s,此时间段为最佳撒放

时机,如果在这个时间范围内不能完成瞄准与拉响信号片进行撒放,就进入了一个新的不稳定阶段,人的生理和心理特征决定,经过控制和调整还可以进入一个新的相对稳定的阶段,但由于人的肌肉松弛特性,与第一个稳定阶段相比,此时在动作质量上、在感觉上已发生了变化,影响运动成绩的发挥。现代射箭运动提倡,无论在哪个射程上均应采取一次瞄准的方法,一般不进行第二次移动瞄准。一次瞄准的要求是在靠弦的同时,准星应进入瞄准区,然后直接进入精确瞄准阶段;所谓第二次移动瞄准,是在靠弦后,准星不在瞄准区里而是在另外的地方,这样必然有一个先往瞄准区移动的过程,再在瞄准区进行第二次瞄准,这样在技术上无形中增加了一个动作程序,必然延长瞄准时间,打乱了动作节奏(徐开才,吴保良,2001)。如果开弓是在有意识的减慢速度的情况下完成的,说明其控制能力较强,边开边瞄,动作做得比较充分、到位,在靠弦的同时直接进入瞄准区,固势阶段就比较从容,适时撒放,固势时间也不会无故延长。正好应了古人对射箭“慢开弓,紧放箭”的谚语。另一方面,射箭是以在有限的时间内箭射中的环数决定成绩的,如果在规定的时间内,箭未离弦则判为零环,而且对时间的要求有越来越短的趋势。在这种情况下,如果运动员在开弓阶段所用的时间较长,在最后固势的阶段,潜意识中就会有所减少。因此,在举弓时间一定的情况下,如果开弓时间长,固势时间就会相应缩短,此规律在中国男运动员及“好运北京”女运动员均有体现。

第三,举弓与固势时间的正相关是通过开弓这样一个承前启后的阶段时间间接体现出来的。这是“好运北京”男运动员的时间节奏特征。

3.1.3.4 开举弓时间比例分析

由上述分析可知,举弓与开弓时间有一定的相关性,举弓与开弓,基本上不受外界客观因素影响,受运动员本身的力量、神经肌肉类型及主观影响较多,在某一时间段内具有较大的稳定性,更能体现技术上的合理性。那么,开举弓时间比例是否会影响成绩的好坏呢?能否作为技术动作的评价指标呢?尤其是中国国家队运动员时间节奏没有性别差异,分别对国家队运动员及好运北京运动员的数据进行成绩与开举弓比例的相关分析结果如表 14 所示;此指标对于参加“好运北京”比赛的运动员没有鉴别能力,主要是因为数据来自各国及地区的顶尖运动员,他们的整体水平高,时间节奏已不是影响他们成绩的主要因素;而中国国家队运动员开举弓时间比例与成绩正弱相关达到显著性,开举弓比例越大,成绩越好。为了更明确的目标,分别把两组运动员的成绩分为 10 环与非 10 环组,进行独立样本 t 检验的结果如表 15 所示,也证实了好运北京的各国高水平运动员 10 环与非 10 环的节奏没有显著性差异,而中国队运动员两组的差异具有显著性。但是开举弓比例的值应该多大才合理,则不能用群体的统计值来代替,需要针对个体运动员进行多支箭的测试,长期追踪,找出个体运动员自己的规律来确定。

表 14 成绩与开举弓时间比的偏相关分析一览表

开举时间比	成 绩	
	中国运动员(n=17)	“好运北京”运动员(n=22)
	0.319*	-0.043

表 15 10 环组与非 10 环组开举弓时间比配对 t 检验一览表

	10 环组	非 10 环组	P
好运赛运动员(n=22)	1.83±0.69	1.86±0.72	0.509
中国运动员(n=17)	2.14±0.67	1.81±0.57*	0.048*

3.1.3.5 各动作阶段时间一致性分析

各动作阶段持续时间的一致性程度可以用每个运动员一组箭各阶段所有时间的标准差来描述。对比好运北京运动员与中国国家队运动员动作阶段时间的一致性,结果如表 26 所示。固势阶段受外界干扰较大,其持续的时间长短波动较大。

第一,在举弓与开弓阶段,好运北京运动员的一致性均小于中国国家队运动员,但没有显著性差异。由上述分析可知,运动员举弓、开弓时间相对稳定,标准差小说明动作一致程度高,统计结果说明,中国运动员对举弓、开弓节奏的把握水平与国际水平相当,但个别较差的运动员有待于提高。

第二,固势阶段的一致性均较差,相比较而言,中国国家队运动员的标准差小,一致性较强(表 16)。固势阶段受外界干扰较大,其持续的时间长短波动较大,因此,时间一致性好并非说明技术好。因为撒放时机的把握不是依据时间的长短,而是见机行事,适时撒放,所以固势时间标准差小,说明运动员的注意力没有集中在靶上,而是怕超时限,有追求快节奏的潜意识;相反固势时间标准差异大,说明运动员调整节奏的能力较强,注意力集中在瞄准动作上,该撒就撒,该撒才撒,根据外界环境的变化适时撒放。

表 16 各动作阶段时间一致性对比一览表

	好运北京运动员 (n=26)	中国运动员 (n=23)	P
举弓阶段(s)	0.08±0.06	0.09±0.07	0.882
开弓阶段(s)	0.17±0.11	0.20±0.16	0.846
固势阶段(s)	1.32±0.43	0.91±0.31	0.000**

3.2 足底压力平衡研究结果与分析

3.2.1 基础平衡足底压力中心指标结果与分析

足底压力平板测出的足底压力中心的晃动轨迹,实际上反映的是压力板对人体的垂直反作用力中心点的变化,它并非人体的重心轨迹的移动。但对于直立姿势的静力性平衡来说,由于人体受沿水平面方向的力很小,因此可以把足底压力中心轨迹等同于人体的重心晃动轨迹在压力板上(水平面上)的投影。

前后、左右晃动幅度、晃动面积是身体平衡稳定性的基本指标,单从平衡稳定性方面考虑,其值越小,表明身体的平衡稳定性越好,因此,睁闭眼状态下单足站立时,其值

越小表明平衡稳定性越强。但人毕竟不是刚体,不可能保持绝对静止,即人晃动的幅度及面积不可能为零;而且高水平射箭的特点强调小范围内有规律的晃动,在有规律的晃动中撒放,因此,实射时身体的晃动幅度应该在一定范围内越小越好,超过一定范围,再追求稳定性可能会适得其反。也就是说射箭运动员平衡稳定性指标不是越小越好,而应该有一个最佳值。

轨迹总长度本身没有生物学意义,需要与面积或时间构成派生指标才有意义。本文选用了单位面积轨迹长。目前,对单位面积轨迹长度的理解还有争议。有人认为单位面积轨迹长表示本体感受器姿势控制机能,认为其值大,身体晃动快,稳定性差;也有人认为其值越大越好,但目前没有充分的数据支持(林嘉,2006;Alain Martin,2006等)。综合运动生物力学原理及运动生理学的知识,笔者支持后者,其值越大越好,反应快,面积一定时,其值大,身体姿态调节能力强(张秀丽,2007)。

为了进一步验证足底压力中心指标与射箭成绩的相关性,用 24 名国家射箭队运动员参加以往正式比赛 12 支箭、144 支箭的最好成绩与足底压力中心指标进行相关分析(表 17),结果与理论假设基本一致;144 支箭的最好成绩与闭眼状态下足底压力中心指标的前后晃动幅度、左右晃动幅度、晃动轨迹长度、晃动面积中等程度负相关,与单位面积轨迹长成正弱相关均达到显著性。144 支箭的最好成绩是实力的表现,不具偶然性,与闭眼状态下的单位面积轨迹弱相关,身体晃动幅度达到中等程度相关,足以说明身体平衡稳定性对射箭成绩的重要性。

表 17 最好成绩与足底压力中心指标的相关分析一览表(n=24)

	12 支箭最好成绩		144 支箭最好成绩	
	闭眼状态	睁眼状态	闭眼状态	睁眼状态
前后幅度(mm)	-0.254	-0.089	-0.567*	0.136
左右幅度(mm)	-0.276	-0.276	-0.578*	-0.106
轨迹长(mm)	-0.309	-0.113	-0.595*	-0.113
面积(mm ²)	-0.248	-0.158	-0.624*	0.118
单位面积轨迹长	0.172	0.258	0.226*	0.060

静力性身体平衡稳定性指处于相对静止状态下,控制身体重心的能力。人体的姿势平衡依赖于中枢系统对视觉、本体感觉和前庭觉信息的协调和对运动效应器的控制,视觉系统提供周围环境的信息以及身体运动和运动方向的信息;本体感觉传递肌肉、关节、肌腱等有关效应器官状态的信息;前庭觉是维持平衡、感知机体与周围环境相关的主要结构,它向中枢传递加速度信息,感觉头部在空间的位置再由前庭运动系统调节眼位保持清晰的视觉,调节有关骨骼肌张力,保持头位及正确姿势。由此可知,闭眼与睁眼状态下身体平衡稳定能力的主要区别在于睁眼状态下有视觉的辅助作用,而闭眼状态下主要是依靠本体感觉及前庭觉,从以上相关分析来看,说明射箭运动员的本体感觉及前庭觉越好,取得好成绩的可能性越大,与视

觉的相关不大。因此,提高国家队射箭运动员基础平衡的整体水平有助于射箭整体水平的提高,而且提高闭眼状态下基础平衡的能力可提高运动员的绝对实力,增强自信心。同时,此结果也支持了“单位面积轨迹越大,本体感觉越灵敏,身体姿态调节能力越强”的观点。

为了更精确地探讨基础平衡足底压力中心指标与成绩的关系,对以上 5 个指标分别进行曲线回归,结果只有单位面积轨迹长与成绩的二次曲线回归方程比较理想($R=0.005$, $\text{Sig.}=0.05$),回归方程如(1)所示:

$$y=1223+94.7x-17.6x^2$$

其中 y 代表 144 支箭最好成绩, x 代表闭眼状态单足站立单位面积轨迹长。

3.2.2 实射时足底压力中心结果与分析

多次测试结果表明,实射时,在举弓、开弓、固势前期足底压力中心的变化甚微,而且教练员、运动员的实践经验证明,射箭的准确性在很大程度上取决于撒放时运动员的稳定性。基于以上考虑,选择实射时撒放前后 2 s 时间内(撒放前 1.5 s,撒放后 0.5 s)的足底压力中心指标进行分析。除了以上基础平衡所用的指标外,结合射箭动作技术及身体平衡调节能力方面特点,又增加了 5 个指标,共选择了足底压力中心的 10 个指标对射箭技术动作进行相关性分析与诊断。分别是:前后晃动幅度、左右晃动幅度、晃动面积、轨迹总长度、单位面积轨迹长、平均晃动速度、最大晃动速度、两脚左右平均压力差、两脚左右最大压力差、两压力差差值。

平均晃动速度与最大晃动速度是人体主动调节姿态过程中产生的,单独讲其值大小没有意义,同样应与晃动面积一起分析。但本文分析的最大晃动速度出现在撒放后即刻,对箭飞行的影响具有两面性。一方面,撒放时刻人、弓、箭系统的力出现暂时的失衡,瞬间出现整体的晃动是被动的;另一个方面,为了保持弓的稳定、使箭的飞行不受影响,需要最快的调节身体姿势及肌肉用力,是主动的。如果最大晃动速度出现在被动晃动时刻,则最大晃动速度越大,偏离平衡位置越远,对箭的着靶准确性有不利的影响,相反,如果最大晃动速度出现在主动调整时刻,值大说明撒放后即刻的身体姿态调节能力强,调节用的时间短,对箭的飞行影响小。由于最大晃动速度出现在被动时段还是主动时段与运动员的反应时有关,与运动员各关节肌肉力量有关,而且这两个时段是以毫秒来计算的,目前研究仪器及手段尚不能准确判断最大晃动速度出现在哪个时段。因此,最大速度与成绩的相关具有很大的变数。

两脚的平均压力差及最大压力差表示身体重心位于两脚的位置,受体重影响较大,一般来说体重越大,弓箭的重量对身体重心的影响越小,平均及最大压力差越小,身体重心越接近两脚的中间位置。从本质上说,平均压力差主要体现身体的姿态,最大压力差对成绩的影响主要是在撒放时刻身体偏离平衡位置的幅度,因此,两压力差值(最大压力差-平均压力差)这个派生指标更能体现撒放时身

体的平衡稳定性,其值应越小越好。

由于国家队训练的时间安排,足底压力中心的指标测试男子 3 次,女子 2 次。由于 3 次的测试时间、地点、对象、条件、环境都有差异,因此把三次测试结果分开进行统计学处理。测试结果,第 1 次男子国际健将 5 人,健将 8 人;第 2 次测试,男子国际健将 4 人,健将 8 人,女子国际健将 5 人,健将 8 人;第 3 次测试,男子国际健将 4 人,健将 6 人,女子国际健将 6 人,健将 6 人。

3.2.2.1 运动员实射时稳定性特点

三次测试结果显示射箭运动员实射时的稳定性有一共同的规律(表略):无论是男运动员还是女运动员,也不管是国际健将还是健将级,其左右方向的稳定性优于前后方向。从运动生物力学角度分析,这种现象与以下几个方面的因素有关。

第一,与支撑面的特点有关。一方面,射箭运动员在实射时双脚站立,无论采用哪种站立方式,其两脚形成的支撑面都是在前后方向上的距离小于左右方向,在前后方向上更不易控制;另一方面,射箭运动员没有专业的射箭训练鞋,而是普通的运动鞋,测试时运动员足底压力图直观反映在电脑屏幕上,有的运动员前脚掌呈内凹的“月牙”形,说明运动员前脚掌几乎不接触地面,这样就使本来不大的支撑面积亦变得更小,使身体在撒放时前后方向上的稳定性受到影响。

第二,与身体结构形态及肌肉配布规律有关。身体在前后方向上的晃动主要来自躯干相对于下肢屈伸和小腿在踝关节相对于足的屈伸,而在左右方向上则主要是躯干相对于下肢的侧屈和两条小腿在踝关节相对于足的内外翻,躯干、髋及小腿屈伸的肌肉力量大于侧屈的肌肉,使人体做前后的屈伸易,左右的侧屈难。踝关节虽然很灵活,尤其是内外翻,但双足站立,两个踝关节连成一条线,弥补了这一缺点,使左右平衡稳定性加强。

3.2.2.2 实射时足底压力中心指标的筛选

考虑到某些足底压力中心指标有较大的相关性,为了建立简洁、有效的射箭技术评价指标体系,运用 SPSS 11.5 对所测运动员的足底压力中心指标进行分层样本聚类,结合运动生物力学特点及性别差异特点,最后认为聚为 6 类比较合理。根据教练在实际训练中各指标的使用习惯,符合容易测量计算,快速反馈等要求,取具有代表性的指标为:代表身体平衡稳定性的 2 个指标:足底压力中心前后、左右晃动幅度,代表身体姿态调节能力的 1 个指标:单位面积轨迹长,代表撒放时刻身体稳定度的 2 个指标:最大晃动速度、两压力差差值(两脚最大压力差减平均压力差),代表射箭姿态的 1 个指标:平均压力差。

3.2.2.3 实射时足底压力中心指标与成绩的相关分析

足底压力中心指标不仅存在性别差异,而且具有阶段性差异。因此,按组别对第 2 次及第 3 次的实射成绩与足底压力中心指标进行相关分析结果(表 18)。

第一,从晃动的幅度来说,男子运动员两次的测试结

果均显示成绩与前后、左右身体晃动幅度有负相关的趋势,而女子两次测试的结果不一致,但都不具显著性。不具显著性可能与测试对象都是高水平运动员有关。相反,不具显著性的统计结果从一个角度证实了“实射时身体晃动幅度并非越小越好,也并非越大越好,而有一个最佳范围”的理论分析观点。结合实际数据说明国家队射箭运动员有时身体晃动幅度偏大影响成绩,有时晃动幅度偏小影响成绩,但都在合理的范围内,对成绩的影响没有显著性。

表 18 实射成绩与足底压力中心指标的偏相关分析一览表

	实射成绩			
	第 2 次(n=23)		第 3 次(n=22)	
	女子(11)	男子(12)	女子(12)	男子(10)
前后幅度(mm)	0.014	-0.024	-0.031	-0.102
左右幅度(mm)	0.072	-0.091	0.020	-0.146
单位面积轨迹长	0.079	0.021	0.026	0.027
最大晃动速度(mm/s)	0.104	0.176**	0.029	-0.169*
平均压力差(%)	-0.017	-0.085	-0.156*	0.240**
两压力差值(%)	-0.027	-0.005	-0.016	-0.011

第二,几次测试数据的相关分析有一共性规律:单位面积轨迹长与实射成绩均是正相关的趋势,与两压力差值成负相关的趋势,但相关同样均未达到显著性。说明高水平运动员实射时的身体调节能力都较强,单位面积轨迹长及两压力差值对其动作技术及成绩同样没有达到显著性。

第三,两次结果不一致的是最大晃动速度、平均压力差与成绩的相关性。男子运动员的实射成绩与最大晃动速度两次的相关都具有显著性,不同的是第二次为正相关,第三次为负相关,这可能由于第二次测试时多数运动员的最大晃动速度出现在主动时段,而第三次测试的最大晃动速度出现在被动时段;平均压力差主要与射箭的姿态有关,由于弓的存在,整个系统的重心偏左较合理,但偏左的比例每个人不同,从第三次的测试结果来看,整体偏左程度不够影响了成绩的发挥。

以上说明实射成绩与所选足底压力中心指标有一定的相关,但相关关系不是固定的,而是由运动员训练时段的实际状态决定的。因此,足底压力中心指标更适合于对个体运动员多支箭的评价,因为一个运动员在某段时间的平衡稳定性有一定的特点,运用多支箭的数据可判断是哪些足底压力中心指标影响了其成绩。遗憾的是由于测试对象都是备战奥运会的运动员,为了保证其顺利实施正常的训练计划,没能对每个人进行一次多组箭的测试,有待于后继研究。

3.3 肌电研究结果与分析

本研究对射箭的举弓、开弓、固势、撒放时刻及撒放后 2 s 内动作暂留阶段的肌电特点进行分析,各动作阶段的划分借助与肌电同步的视频实现。

3.3.1 射箭运动员主要动作阶段的肌肉用力特点

本研究以所测每块肌肉肌电幅值占所有肌肉肌电幅值总和的百分比作为主要用力肌肉分析指标。以每个运

动员 12 支箭肌肉百分比均值表示其肌肉用力情况,具体情况如图 16、图 17 所示。

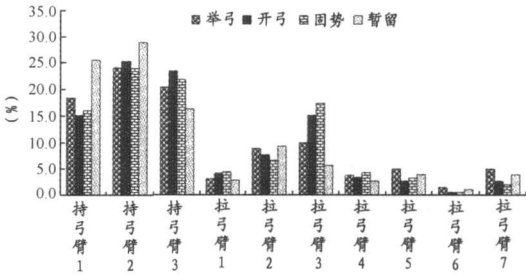


图 16 12 名男子运动员各动作阶段肌肉用力情况直方图

图注:持弓臂侧三角肌前部、中部、后部分别以持弓臂 1~3 代替,拉弓臂侧背阔肌、斜方肌中部、三角肌后部、指浅屈肌、指总伸肌、左竖棘肌、右竖棘肌分别以拉弓臂 1~7 代替,以下同。

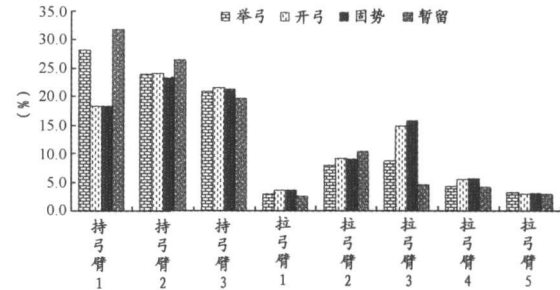


图 17 11 名女子运动员各动作阶段肌肉用力情况直方图

3.3.1.1 举弓阶段的肌肉用力特点与分析

第一,在举弓动作阶段,虽然所有拉弓臂肌肉也被不同程度地激活,但其肌电信号与持弓臂相差悬殊,持弓臂三角肌肌电幅值的比例超过 70%,即运动员举弓阶段均以持弓臂三角肌为主。举弓是持弓臂在保持伸直状态下手臂外展的动作。举弓时由于手臂及弓的重力作用,肩胛骨有下降及下回旋的趋势,相应的肌肉加固性收缩协助动作的完成。比如腕关节、肘关节肌肉的加固性收缩使腕、肘保持伸直状态;肩胛提肌及菱形肌的收缩,抵抗肩胛骨的下降趋势,而斜方肌肌肉的上部收缩,抑制肩胛骨的下回旋活动。但这些肌肉在举弓动作过程中都是协同肌,主动肌是三角肌,举弓阶段,持弓臂三角肌肌肉用力所占比例最大是合理的。

第二,女子运动员明显地显示出持弓臂三角肌前部的比例大于后部,而男子运动员则相反,这一现象说明男女运动员举弓动作有较大的性别差异。结合射箭各时刻的持弓臂肩俯视角可知,从解剖学角度分析,女子运动员的肌肉用力更合理,因为三角肌前部用力使上臂在肩关节处于稍水平屈的位置,刚好与肱盂关节的功能解剖位相符,此种状态下不仅省力,且肩关节处于较易稳固状态,对后继阶段弓稳定性的保持起重要作用。但从直线用力角度讲,男子运动员的肌肉用力特征更合理,这样可以使持弓臂及两肩连线接近直线,有利于后继开弓、固势及撒放动作的直线用力。即男女运动员均有不甚合理之处。

第三,在举弓阶段,拉弓臂侧以三角肌后部或斜方肌中部为主辅助持弓臂举弓,说明运动员在举弓阶段不同

程度地注意运用拉弓臂的背部肌肉。但仔细对比发现,多数运动员尤其是女运动员,持弓臂三角肌所占的比例更大,有的超过 80%,个别达 90%。这种现象一方面与女子弓重量较轻有关,与女子运动员举弓动作的特点有关,稍内合,使举弓动作更经济实用,不用拉弓臂肌肉较大比例的参与就可完成,另一方面也可能与女运动员少测 2 块肌肉的肌电信号有关。

第四,从 12 名男运动员的肌电测试结果看,此阶段只有 1 名运动员的左竖脊肌被动员,其他运动员左右竖脊肌均未被动员。一方面说明,举弓是射箭中最省力的一个环节,无需要动用躯干肌肉。另一方面也表明个别运动员在举弓时的肌肉用力不协调。因为从肌肉用力角度讲,此阶段无论是那种站位,左竖脊肌被动员而右侧没有都是不合理的现象。由于弓的重力矩的作用,在整个射箭过程中,运动员躯干都有失去平衡的趋势,为了保持身体姿态的稳定性,拉弓臂一侧的躯干肌(竖棘肌)用力幅度较对侧大(大多数运动员肌电信号也证实了这一点),只是差异程度有区别。

3.3.1.2 举弓动作肌肉激活顺序一致性分析

为了便于分析,把一组箭肌肉激活顺序的一致性分为优、中、差三个等级,界定如下:12 支箭中有 4 支以上箭的激活顺序基本相同为“优”,12 支箭的肌肉激活顺序虽然不同,但明显能看出肌肉激活基本顺序的为“中”,12 支箭的肌肉激活顺序杂乱无章无规可循的为“差”。肌电激活顺序结果显示:第一,国家射箭队运动员举弓动作肌肉激活顺序的一致性程度并不理想,优、中、差各占 1/3。第二,女子运动员举弓动作肌肉激活顺序的个体差异性较大。从先后顺序来看,所有男子运动员都是持弓臂三角肌先被激活,而且三角肌后部先被激活的占到了 66.7%;女子运动员只 72.7%是持弓臂三角肌先被动员,而其他女运动员首先动员的拉弓臂肌肉,有的是拉弓臂斜方肌中部,有的是指浅屈肌,还有的是指总伸肌。第三,虽然女子运动员肌肉激活顺序的个体性较大,但每组箭的一致性高于男子,女子优占 50%,而男子只有 33.3%,差却占了 50%。表明女子训练的个性化突出,个人动作的一致性较强。运动员肌肉激活顺序一致性优,举弓动作的一致性就好;另一方面,不同运动员首先被激活的肌肉不同,不仅说明举弓动作的特点有差异,而且说明潜意识中对某块肌肉的重视程度不同。从以上结果看,女运动员更注重拉弓臂背部肌肉的配合用力,这也是女运动员举弓动作一致性较男子强的原因之一。

3.3.1.3 开弓阶段持弓臂侧肌肉用力特点

在视频上,以举弓动作结束时刻为开弓动作的起始标志点,以拉弓臂肘在水平方向上没有位移为终止点。此时弓开满,靠弦到位。从结果来看,国家队运动员的持弓臂肌肉用力特点是,无论男、女,普遍的规律是:整个的开弓动作过程中,持三角肌前、中、后肌电幅值均逐渐增加;三角肌中部占的比例最大,三角肌后部的作用大于前部。

开弓动作表面上是拉弓臂用力向后拉,拉弓臂侧肌肉应该用力最大,其实不然。一方面,开弓动作主要是通过两臂肌肉同时用力,抵抗和克服弓的弹性力的作用,使弓的拉距不断扩大。在此阶段,两臂用力形式与弓的弹力是作用力和反作用力的关系,随着拉距的增大,弦的弹力增加,两臂拉弓的力量增加才能保证开弓动作的顺利完成。持弓臂三角肌肌电幅值逐渐增加表明力量持续增加,曲线的形状可表明肌肉用力的流畅性。研究表明,如果在开弓过程中用力出现停顿,则需要不停顿时 5 倍的于力才能将弓拉开(徐开才,吴保良,2001)。整个开弓过程中,持弓臂三角肌肌电幅值增加是正常现象,也是合理的,而且大多数运动员的用力状态较好,是持续性地递增。三角肌中部的力量比例最大说明其不仅在举弓阶段是主要的,在开弓阶段同样起重要作用。另一方面,由于身体的结构特点,在完成动作的过程中,虽然弓尽量靠近身体,但弓的弹性力对持弓臂产生的不仅是压力,还有使持弓臂产生水平屈的内合力,因此,在整个过程中,持弓臂只有产生相应的推力与抗内合力,才能顺利的完成任务。抗内合力是通过持弓臂肩关节的三角肌后部的收缩力,使持弓臂产生水平伸的动作趋势,产生抗内合力,将持弓臂固定在合理的持弓位置。由此可知:持弓臂三角肌后部、前部除共同协助三角肌中部维持外展的状态外,三角肌后部肌肉还需要产生抗内合力以达到稳定弓的目的,弓的弹力越大,需要持弓臂三角肌后部的力量越大,即持弓臂三角肌后部在此阶段的作用大于三角肌前部也是合理的。

3.3.1.4 开弓阶段拉弓臂侧肌肉用力特点

第一,按举弓结束的高度,开弓动作可分为两种,一种是高位开弓,一种是平位开弓。高位开弓拉弓臂肘高于肩,开弓时最大限度地利用背阔肌的力量带动肘,手自上而下向后将弓弦拉到靠弦点,使开弓的动作较易完成;水平开弓属力量型,适合臂部力量较大的运动员。所测 22 名运动员,高、平开弓队员各占 50%,分别对高、平开弓运动员的拉弓臂三角肌后部、背阔肌及斜方肌的肌电幅值进行分析,结果如图 18 所示:与理论分析结果一样,高位开弓较平位更多地利用背部肌肉。

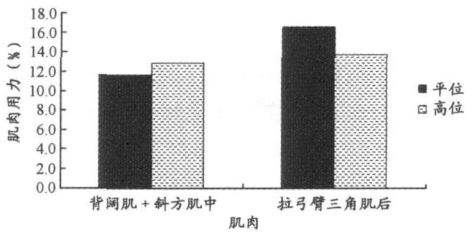


图 18 开弓方式与肌肉用力特性示意图

第二,国家队射箭运动员拉弓臂肌肉用力表现出 5 种搭配方式。测试结果以持弓臂侧及拉弓臂侧肌肉累计贡献率达到 86%为判别标准,说明拉弓臂侧主要用力肌肉的搭配方式。

1. 仅以三角肌后部逐渐加力开弓;此方式明显现出三

角肌后部肌电幅值波动较大,体现了用力不稳定的特点。

2. 以三角肌后和斜方肌中部共同完成,其中部分以三角肌后部的比例大于斜方肌中部,部分相反。

3. 三角肌后部、斜方肌中及背阔肌用力程度相近,3块肌肉同时协调用力完成。

4. 以三角肌后部和背阔肌为主共同完成。

5. 以斜方肌中部为主。此种方式为女子运动员特有。

以上5种,男、女没有性别差异,50%的运动员是第1种方式。

从运动生物力学和解剖学角度分析,拉弓动作不仅是上臂的内旋后伸,同时伴随着肩胛骨的内收(靠近脊柱)。背阔肌的作用是在近固定时使上臂内旋、后伸,斜方肌中部近固定时使肩胛骨向脊柱靠近,按理论分析只用背阔肌和斜方肌中部就可完成拉弓动作,但由于背阔肌和斜方肌都是扁肌,产生的力量不够大,而三角肌后部在近固定时也可使上臂后伸,又是单羽肌,相对斜方肌和背阔肌来说,可产生较大的力量。因此,以三角肌为主,斜方肌、背阔肌协助是最好的工作方式,各自完成不同的功能,可达到逐渐均匀加力的目的。如果几块主要肌肉同时被激活,充分利用每块肌肉的功能,共同完成拉弓的动作,稳定程度较高。说明运动员在开弓阶段拉弓臂三角肌后部的负荷较大,背部用力特点不明显,应注意发展斜方肌与背阔肌的力量,进一步增加开弓动作的稳定性和一致性。

第三,拉弓臂主要肌肉肌电幅值逐渐增加的特点较明显。拉弓臂的力可以分解为沿着拉弓臂上臂的纵轴,背向肩关节的一个分力,以抵抗弓的弹性力的压力的作用,主要由前锯肌收缩力产生;另一个分力与上臂纵轴垂直,它是克服和抵抗内合作用,其作用是使弓的拉距不断地增大,主要由三角肌后部、斜方肌中部及背阔肌肱三头肌向心收缩产生。其收缩形式不同于持弓臂侧的静力性收缩,为动力性收缩。一方面随着拉距的增大,弓的弹力增加,若使弓拉距进一步加大,需要更大的力才能完成;另一方面,忽大忽小的用力会造成肢体的不稳定,从而导致弓的不稳定。因此要求在完成动作的过程中持续性地均匀加力。各个运动员的肌电图显示(图略),开弓过程中拉弓臂主要用力肌肉肌电幅值逐渐增加的特点还是比较明显的。

3.3.1.5 固势阶段肌肉用力特点

固势阶段则是开弓靠弦后继续用力的过程。在与肌电同步的视频上以开弓的结束为固势的起始点,以撒放时刻为终止点。肌电分析结果显示,其肌肉用力特性与开弓阶段相似,不同的是持弓臂三角肌3个部位的作用略有减小,而拉弓臂三角肌后的作用增加。固势就是在开满弓的基础上,保持身体及弓的稳定情况下,继续用力使拉距缓慢增大,寻找合适的机会撒放,持弓臂为静力性,而拉弓臂肌肉的工作性质仍是动力性的,虽然幅度很小。因此出现以上结果是合理的。但从统计数据来看,此阶段不仅存在性别差异,还存在级别差异,具体如下:

第一,相对于开弓阶段来讲,男、女拉弓臂侧三角肌后

部的用力比例均增加,不同的是女子在此阶段背阔肌的比例没有变化,斜方肌中部用力比例增加,而男子则相反,斜方肌的用力比例稍有下降,而背阔肌的比例增加,因此,女子倾向于动用斜方肌来保持姿态的稳定性,而男子更习惯用背阔肌。

第二,把男、女国际健将与健将进行对比发现,国际健将运动员背阔肌与斜方肌用力比例较健将级大,背部用力特征明显,更合理。

3.3.1.6 撒放时肌肉的用力特点

撒放是射箭的关键技术,主要体现在指浅屈肌和指总伸肌的配合方式。

从指浅屈肌和指总伸肌的肌电信号分析,目前国家队男子射箭运动员的撒放技术3种并存。第一,50%的运动员是指浅屈肌和指总伸肌同时加强向心收缩。这种技术公认的是不合理的,容易造成动作僵硬,使箭的飞行受到影响。第二,指浅屈肌肌电信号保持原状,指总伸肌向心收缩加强,使手指伸从而使弓弦弹出去。第三,指浅屈肌和指总伸肌同时放松,让弦借助弹力从手指滑出去。

射箭动作,由于要克服弓弦产生的弹力,一般是拉弦手的指浅屈肌及指深屈肌向心收缩产生足够大的力使中指远、近指关节钩弦处于屈位,掌指关节自始至终处于伸展位,由于此种状态下指伸肌没有伸展指间关节的作用,撒放时刻如果指总伸肌有肌电信号产生,说明产生伸展的不是指关节而是腕关节。此时如果要阻止其伸腕的动作,屈腕肌将协同收缩来保持腕的原位,这样就会出现指浅屈肌的肌电信号增强。因此,撒放动作中无论是指总伸肌肌电信号增加,还是指浅屈肌与指总伸肌信号同时增强都是技术不合理的现象,违背了撒放动作的宗旨。

另外,高速摄影的影片资料研究结果表明:运动员经常用的有两种技术,一种是伸指肌主动收缩的分离式,一种是指屈肌肉退让式收缩的滑弦式。但无论哪种技术,由于弓弦向前运动速度极快,远大于拉弦手屈指肌的放松速度,所以,在整个撒放动作过程中,屈指肌仍处于紧张的收缩状态,迫使弓弦沿着屈曲的拉弦手指指面向侧前方移动脱离手指。因此,在指伸肌保持的情况下放松拉弦手屈指肌的滑弦方式是比较理想的,此种技术简单,易于做到稳定一致。从本研究的肌肉来说,合理的技术应该是指浅屈肌做退让式收缩,放松,指总伸肌稍有放松或保持,让弦借助弓弦的弹力,自动平稳地从手指上滑出,目前认为这是比较理想的方式。

从以上的结果来看,男运动员没有一个人的撒放技术是比较理想的,女运动员也只有3人。另外,从个人的撒放技术来看,还出现运动员12支箭的撒放技术形式不固定的现象,这对于高水平运动员来说是大忌。由此可知,国家射箭队运动员的整体撒放技术有待于提高。

3.3.1.7 撒放后2s阶段的肌肉用力特点

撒放后动作暂留时间的确定主要有两个方面的因素。第一,比赛中高水平运动员箭的速度女子多在60 m/s左

右,男子更高,撒放后 1 s 的时间箭基本已着靶;在看到箭着靶之前,运动员的姿态一直处于保持状态。第二,通过对所测运动员肌电图的仔细观察,撒放后 2 s 几乎所有的肌肉肌电信号都大幅度下降。因此,取撒放后 2s 时间为动作暂留阶段,对其用力特点进行分析足矣。研究结果显示:第一,多数运动员此阶段拉弓臂侧的肌肉放松较快,仅以持弓臂侧三角肌保持弓的稳定,出现“松散”的错误动作,只有少数运动员拉弓臂的斜方肌中部或三角肌后部还不同程度地保持用力。第二,撒放后动作的保持,男运动员持弓臂以三角肌中部为主,而女运动员以三角肌前部为主。这与举弓阶段时的特征相同,是一种前后呼应的现象。

一般认为,相对于开弓、固势瞄准、撒放来说,动作暂留阶段不太重要,可有可无,其实不然,撒放后的短暂动作姿态是撒放动作力用的延续,从中可以判断撒放动作的质量。

在比赛过程中,经常看到两个现象,一个是运动员撒放后左、右甩弓的现象,一个是运动员每支箭撒放后用拉弓手轻擦脖子的现象。从现象上来看,持弓臂左右甩弓现象,主要是想弥补前面动作不到位造成的缺憾,但这个动作完成的同时箭已着靶,甚至动作晚于箭着靶,因此,多数人认为此时的动作只是一个形式的问题,与箭的飞行没有什么关系,固势瞄准过程中撒放时机没把握好,此时做什么动作也于事无补。此时的动作确实于事无补,这是无可非议的,但从运动生物力学及运动生理学的原理来看,肌肉被激活程度、用力大小及形式受人的意识控制,是受神经支配的。肌肉用力在前,动作在后,肌肉用力通过肢体作用于弓,但由于箭的质量较弓及持弓臂小,产生动作潜伏期小,加速度快,从位移上看箭早于肢体及弓的运动。向前推弓说明运动员感觉撒放动作把握得好,不用调整,而出现左右甩弓说明撒放时机没掌控好,运动员就有意识的稍偏左或右调整肌肉用力,以尽量弥补缺憾,肌肉用力的效果早在肢体及弓的移动发生前作用于箭上影响箭的飞行。因此,撒放后持弓臂及弓的运动方向反映的是撒放时刻肌肉用力方向,左右甩弓对箭的飞行不是没影响,而是有很大影响。

同样的,对于拉弓臂来说,在实际训练中,要求运动员撒放后拉弦手轻擦脖子,这也是因为正确的撒放动作的原动力应在后背肌群,特别是菱形肌和斜方肌中部,而背部肌肉是否用力,如不借助测试仪器,从表面上很难观察到,而目前又没有随身带的仪器可供判断肌肉用力,教练员和运动员在长期的实践中总结出宝贵的经验:只有背部用力才能做到拉弓手轻擦脖子,因此,教练员要求运动员在撒放后拉弓手轻擦脖子,表面上强调的是现象,实质上强调的是背部用力的技术特征。而运动员在比赛中经常做此动作,主要是临场体会正确的技术动作。因此,动作暂留阶段不仅不能忽视,而且应引起重视。

3.3.2 多支箭动作一致性的评价

肌电信号的强弱受许多因素的影响,不仅有运动员的个体差异,也存在肌肉之间的差异,运动员之间肌电 RMS 幅值标准差大小不能说明肌肉用力一致性的程度,因此,本文采用每块肌肉、每个阶段肌电 RSM 幅值的标准差与平均值的比值,即变异系数(VR)作为评价射箭动作用力一致性的指标(以%表示)。变异系数值小,说明多支箭肌肉动作的一致性高。

射箭成绩是以环数来表示,变异系数是根据多支箭的肌电幅值进行计算的结果,为了探讨多支箭肌电幅值的变异系数与成绩的关系,本研究把每个运动员实射时的成绩分为两组,一组为 10 环组(包括内 10 环),一组为非 10 环组,对两个成绩组分别进行统计分析如表 19~22 所示。

表 19 举弓阶段肌肉激活程度一致性
成绩组别配对 t 检验一览表 (%)

		非 10 环组 (n=17)	10 环组 (n=17)	P
持弓臂	三角肌前部	8.84±4.53	7.21±3.61	0.230
	三角肌中部	11.78±7.43	6.27±4.46	0.012**
	三角肌后部	15.05±10.04	7.53±6.65	0.011**
拉弓臂	背阔肌	9.21±6.50	5.97±3.48	0.071
	斜方肌中	16.38±8.71	9.04±5.06	0.004**
	三角肌后部	15.93±8.68	9.18±6.12	0.006**
	指浅屈肌	13.63±12.84	6.56±3.75	0.037*
	指总伸肌	11.50±6.69	6.39±4.32	0.008**

表 20 开弓阶段肌肉激活程度一致性
成绩组别配对 t 检验一览表 (%)

		非 10 环组 (n=17)	10 环组 (n=17)	P
持弓臂	三角肌前部	15.40±13.36	7.25±5.20	0.020*
	三角肌中部	7.43±4.53	3.45±1.94	0.012*
	三角肌后部	7.30±2.49	3.88±3.63	0.002**
拉弓臂	背阔肌	7.61±5.31	5.33±4.77	0.001**
	斜方肌中	10.04±13.60	4.35±2.61	0.269
	三角肌后部	11.26±13.26	5.97±3.92	0.068
	指浅屈肌	9.66±6.14	5.93±4.25	0.120
	指总伸肌	9.20±5.30	5.47±5.25	0.048*

第一,10 环组的肌肉激活一致性均在 10% 以下,而非 10 环组没有达到这一水平;而且 4 个阶段 8 块肌肉的 32 个变异系数,除动作暂留阶段持弓臂三角肌前部外,其他的都是 10 环组的一致性系数小,而且变异系数的标准差也小。进一步 t 检验表明,举弓阶段的大多数肌肉、开弓阶段的持弓臂三角肌、固势阶段持弓臂三角肌后部及动作暂留阶段拉弓臂背阔肌和斜方肌中部存在显著性差异。统计结果充分说明 10 环组的肌肉激活程度一致性好。

第二,总体看来,所有运动员开弓及固势两个阶段的肌肉激活程度一致性较其他两个阶段高。举弓阶段均是拉弓臂三角肌后部的激活程度一致性最差,近 20%,说明运动员对拉弓臂在举弓中的辅助作用完全没有意识,随意性很强;撒放后 2 s 阶段均是指浅屈肌的激活程度一致性最差,结合撒放时刻的肌电特点进行分析,这可能与我国

运动员撒放技术的不稳定、不合理有关。

表 21 固势阶段肌肉激活程度一致性
成绩组别配对 t 检验一览表 (%)

		非 10 环组 (n=17)	10 环组 (n=17)	P
持弓臂	三角肌前部	10.29±6.04	6.71±5.45	0.036*
	三角肌中部	7.42±5.12	5.95±3.44	0.058
	三角肌后部	8.42±4.25	5.67±3.29	0.326
拉弓臂	背阔肌	5.97±3.59	4.97±3.39	0.033*
	斜方肌中	9.11±6.81	7.46±10.87	0.479
	三角肌后部	8.01±6.34	4.82±3.88	0.569
	指浅屈肌	10.54±13.72	7.08±6.25	0.084
	指总伸肌	11.11±15.71	6.20±5.47	0.331

表 22 动作暂留阶段肌肉激活程度一致性
成绩组别配对 t 检验一览表 (%)

		非 10 环组 (n=17)	10 环组 (n=17)	P
持弓臂	三角肌前部	7.29±4.56	6.46±3.84	0.226
	三角肌中部	6.86±2.78	6.57±3.62	0.548
	三角肌后部	10.37±6.98	8.18±6.24	0.780
拉弓臂	背阔肌	7.93±3.33	5.41±3.85	0.312
	斜方肌中	9.28±4.32	6.02±3.58	0.033*
	三角肌后部	9.49±7.27	6.95±5.95	0.016*
	指浅屈肌	15.50±13.05	9.44±4.77	0.247
	指总伸肌	8.12±4.44	5.76±3.65	0.076

变异系数的这一特点在意料之中。因为相对而言,开弓、固势阶段是射箭的核心部分,训练过程中对这两个阶段动作的要求相对较高,较精细,久而久之,这两个阶段肌肉的自动化程度较高,肌肉激活程度较高是必然的。因此,如果想进一步提高 10 环的命中率,应重视前后两个阶段肌肉激活一致性的训练,也就是应该对举弓及撒放后的动作引起重视。

举弓之前为心理的调整期,应尽量做到“气定神闲”,举弓则是整个射箭动作的开始,俗话说“好的开始是成功的一半”,统计结果也证明这个阶段的动作质量确实会影响到最后的成绩,其实这一点不难理解。第一,各动作都是连续的,如果最初动作质量不好,则需要后续动作进行调整,射箭本身是幅度较小的技术动作,有“失之毫厘,差之千里”的现象;第二,进行动作调整无形中增加了技术环节,使动作变得更加复杂,掌控难度加大;第三,从心理因素角度讲,初始动作不到位,对心理也会产生影响,造成精力不集中,也会影响后续动作的进一步发挥。所有这些都不利于取得满意的成绩。

另外,对男、女国际健将与健将运动员进行统计分析,两级别没有一块肌肉的激活程度存在显著性差异,进一步说明,这是每个高水平运动员普遍的现象,是训练观念所致。

3.4 射箭站位姿态

射箭运动员两脚站立姿态可分为两种基本类型:一种是平行站立,两脚连线与射箭方向平行、与起射线垂直;另一种是交叉站立,两脚连线与起射线交叉,与射箭方向有

一定的夹角。也有人把射箭的站姿分为三种:平行式、暴露式、隐蔽式,其实暴露式和隐蔽式都可归为交叉式,持弓侧脚在后为暴露式,持弓侧脚在前为隐蔽式。《射箭》(徐开才等,2001)对站位从解剖学及生物力学等角度进行了分析,站位不仅是形式上的差异,而且在姿态的稳定性及肌肉用力方面也各具特点。

从肌肉用力角度讲,无论那种站立姿态,由于弓的重力矩的作用,在整个射箭过程中,运动员躯干都有失去平衡的趋势,为了保持身体姿态的稳定性,拉弓臂一侧的躯干肌(竖棘肌)用力幅度较对侧大(这在肌电的测试中得到证实),只是差异程度有区别。相比较而言,对同一个运动员来说,平行站立时,脊柱两侧肌肉用力更容易造成脊柱两侧用力不对称(肌电的测试结果也证实了这一点),如果运动员在举弓时躯干向拉弓臂一侧倾斜,使身体质量分布偏向拉弓臂,从而抵消一部分弓的重力矩的作用,可使脊柱两侧肌肉用力不对称程度减小,但这样的方式又容易导致躯干的不稳定;交叉站立时,运动员的躯干纵轴有一定程度的扭转,在躯干扭转时,除了脊柱两侧的肌肉参与工作外,躯干的其余部分,如背、腹侧的肌肉也参与工作,调动各部分肌肉用力,使躯干各部分肌肉用力相对较均衡,尤其是脊柱两侧肌肉用力差异性减小,不易导致局部肌肉疲劳及损伤。从整个射箭过程来看,平行站立姿态运动员的脊柱一直处于自然状态,而交叉站立时,由于躯干发生了扭转,尤其是开弓过程躯干的扭转程度进一步加大,至固势时,人体脊柱像拧麻花一样被“拧紧”了,脊柱的各椎间关节的活动度较小,身体各部位不易产生移动,维持平衡姿态较平行站立时容易。

本研究结合肌电与运动学综合分析,结果与理论分析有出入:第一,本研究对平行站位与交叉站位两组运动员的左右竖棘肌用力悬殊比例进行独立样本 t 检验,没有显著性差异;第二,开弓与固势阶段髋姿态角与左右竖棘肌用力悬殊程度的规律曲线显示:左右竖棘肌肌力差异性在髋姿态角为 3°~5°时出现最大值,超出这个范围左右竖棘肌的肌力差异性均有减小的趋势(图 19、图 20)。

结合以上两点,髋姿态角应在 5°~15°之间时比较合理,此时即避免了脊柱两侧肌肉用力悬殊,又不至于造成太大的躯干移动幅度。但是从表 2、表 3 可知,开弓、固势阶段髋姿态角介于 5°~15°之间的只有 6 人,即从这个角度讲,只有 1/4 左右运动员的站位较合理。

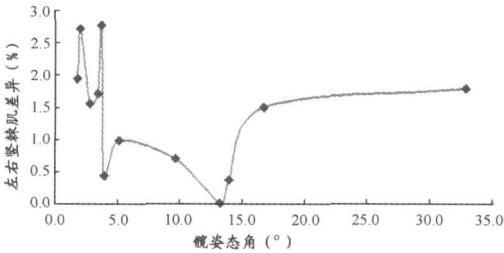


图 19 12 名男子运动员开弓阶段髋姿态角与左、右竖棘肌用力差异性对照曲线图

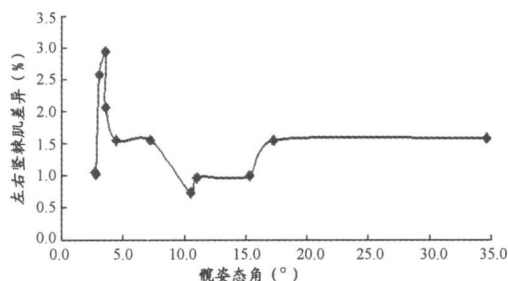


图 20 12 名男子运动员固势阶段腕姿态角与左、右竖脊肌用力差异性对对照曲线图

4 主要结论与建议

4.1 主要结论

- 1. 实射成绩与开弓阶段弓在 X、Z 方向位移负弱相关达到显著性,与固势阶段弓在 Y 方向位移负弱相关达到显著性。
- 2. 固势阶段右腕、右肘及两肩中点移动幅度的一致性可作为动作技术优劣的评价指标,一致性程度越高,命中 10 环的可能性越大。
- 3. 射箭的绝对实力与闭眼状态下足底压力中心指标相关显著。闭眼状态下单位面积轨迹长与 144 支箭最好成绩的二次曲线回归方程效果良好,可作为射箭运动员身体素质的评价指标,也可作射箭运动员选材及成绩预测的依据。
- 4. 研究结果支持了“单位面积轨迹长数值越大,表明本体感觉越灵敏,身体姿态调节能力越强”的观点。
- 5. 实射时的身体平衡稳定性与基础平衡不同,撒放前后 2 s 的足底压力中心的 6 个指标,与实射成绩有一定程度的相关性,但相关性程度不仅有性别差异、个体性差异而且还有阶段性差异,更适于对高水平个体运动员的长期追踪研究。

- 6. 肌肉激活程度的一致性与动作技术及成绩相关显著,可作为射箭技术动作评价指标。小于 10% 为优,10%~15% 为中,大于 15% 为差,以控制在 10% 以下为好。
- 7. 运动学参数与足底压力中心指标研究结果均表明,实射时运动员身体在前、后方向上的稳定性较左、右方向上差。

8. 射箭教材中的部分内容需要完善:《射箭》中国射箭运动员岗位培训教材中有关站位分类的描述不利于射箭的研究;动作技术阶段划分不合理。

9. 中国射箭训练中存在误区:射箭动作节奏越快越好;较多的力量训练会降低运动员对射箭动作的感觉。

4.2 主要建议

- 1. 将靠弦、持续用力及瞄准 3 个阶段归为 1 个阶段——固势。靠弦为固势的起始标志点,瞄准是此阶段的主要任务,继续不停顿的持续用力则是此阶段的用力特点,撒放则为固势终止的标志点。
- 2. 站位腕姿态角在 5°~15° 之间较合理,即可避免脊柱两侧肌肉用力悬殊,又不至于造成太大的躯干移动幅

度。

- 3. 快节奏只是个别运动员的特点,不能因为团体比赛时限缩短而过多强调快节奏,训练的重点还应放在动作的质量上。
- 4. 为射箭运动员定制或选择有防滑块鞋底、前后上翘程度符合运动员脚型特点的射箭专用鞋,既可以适合比赛地面特点又能增加稳定性。
- 5. 采用振动法或不稳定支撑的力量训练方法进行力量训练,这样不仅可通过神经肌肉协调性的提高达到肌肉力量增加的目的,而且可使本体感受器得到训练,从而提高射箭运动员对射箭动作的感觉。

主要参考文献:

[1] 陈小平. 力量训练的发展动向与趋势[J]. 山东体育科技, 2007, 29(2): 94.

[2] 陈小平. 论专项特征——当前我国运动训练存在的主要问题及对策[J]. 体育科学, 2007, 27(2): 72-78.

[3] 俸晓东, 田渝陵. 对我国高水平射箭运动员体能训练的研究[J]. 武汉体育学院学报, 2001, 35(3): 70-72.

[4] 高伟, 吴立文. 重心动摇检查对平衡功能的评价[J]. 国外医学·神经病学·神经外科学分册, 2000, 27(6): 284-286.

[5] 郭蓓, 姚颂平. 我国射箭运动训练现状的调查与分析[J]. 中国体育科技, 2005, 41(5): 108-111.

[6] 郭显德. 韩国和美国射箭运动科学化训练特点的研究[J]. 中国体育科技, 2001, 37(2): 39-41.

[7] 李良标. 射箭技术的研究与诊断[J]. 体育科学, 1992, 12(4): 25-32.

[8] 刘献祥, 尉禹, 王志彬, 等. 骨伤科生物力学研究[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 2000.

[9] 彭春政, 危小焰, 周瑞霞. 论机械性振动刺激对提高肌增长的机制和效应[J]. 上海体育学院学报, 2002, 26(2): 25-28.

[10] 彭春政, 危小焰. 全身振动刺激对肌肉力量和力学性能影响的实验研究[J]. 中国体育科技, 2003, 39(6): 26-29.

[11] 任满迎, 赵焕彬, 刘颖. 振动力量训练即时效应与结构性效应的研究进展[J]. 体育科学, 2006, 26(7): 63-66.

[12] 史和福. 射箭运动创伤的流行病学研究[J]. 中国射击射箭, 1996, 12(5): 15-20.

[13] 吴爽爽, 邓兴国, 杨永红, 等. 国家优秀射箭运动员个人撒放箭时间的研究[J]. 中国体育科技, 2006, 42(3): 134-136.

[14] 徐开才, 吴保良. 射箭——中国体育教练员岗位培训教材[M]. 北京: 人民体育出版社, 2001.

[15] 于清, 袁吉. 优秀射箭运动员专项体能训练的结构与分析[J]. 成都体育学院学报, 2005, 31(3): 70-72.

[16] 于晶. 动觉心理特征之探析[J]. 体育科学, 2006, 26(10): 91-93.

[17] 张秀丽, 刘学贞, 王向东. 国家队射击运动员足底压力中心指标特征[J]. 体育学刊, 2007, 14(2): 99-102.

[18] 赵芳, 周兴龙. 人体材料力学[M]. 北京: 北京体育大学出版社, 1998.

[19] DAVID A WINTER, AFTAB E PATLA, FRANCOIS P. Stiffness control of balance in quiet standing[J]. Am Physiol Socie-ty, 1998, (4): 1212-1221.

(下转第 80 页)

错方责任的主张中得到尊重和保障。

4 结论

1. 鉴于行政管控强度的不同,学校竞技体育中的伤害事故与一般的体育伤害事故在性质判定上也会有所不同。
2. 对竞技体育实效运作机制的选择与期待既折射出了我们工作中的薄弱环节,亦使业已发生的一些违法现象进入到相关法律的调整范围。
3. 从时空关系来看,行政管理运作与伤害事故之间存在着某种间接性,但这种间接性却充斥着主宰力和必然性。
4. 行政制约的失效使追寻经济利益和倚重功名的若渴心理在以运动员健康受损为代价的结果中得以实现或部分实现。
5. 失缺了运用综合条件和力量以及配套政策来予以支撑的竞技训练体系,便会较容易地造成运动员伤害事故发生的情形。
6. 错误的工作走向会使运动员在竞技体育过程中的情绪支配和机体强度难以达到一个与参赛目标相协调的状态,因此一旦遇到短时的激励情景和突发的被动性亢奋就极易造成伤害事故的发生。
7. 内部行政责任的归责办法所强调的给予直接负责的主管人员和其他直接责任人行政处分的观点既对督促相关领导及责任人重视工作规范起到重要作用,同时也扩大了除运动员本人以外对伤害事故承担责任的范围。
8. 参训者所经历的失却正确的舆论引导、科学的训练方法和应有的生活待遇及必要的医护保障情形无不有可能使他们的身体状况遭到损害,这类伤害事故的发生有时

恰恰可以视为是行政过失而造成的,因此以违法归责原则和危险责任原则来追究行为人的过失是比较可行的。

参考文献:

[1] [美]波斯纳. 法律的经济分析[M]. 蒋兆康, 林毅夫译, 北京: 中国大百科全书出版社, 1997; 231.

[2] 陈博. 学生伤害事故处理办法存在的问题分析[J]. 体育学刊, 2004, 11(3); 9-13.

[3] 陈真. 学生伤害事故索赔指南[M]. 北京: 中国法制出版社, 2005.

[4] 窦衍瑞. 行政补偿制度的理念与机制[M]. 济南: 山东大学出版社, 2007; 161.

[5] 廖宏明. 行政契约之研究[M]. 台北: 台湾司法院, 1995; 72.

[6] [美]庞德. 通过法律的社会控制—法律的任务[M]. 沈宗灵译. 北京: 商务印书馆, 1984; 81.

[7] [美]皮特·纽曼. 新帕尔格雷夫法经济学大词典[M]. 北京: 法律出版社, 2003; 397.

[8] 王村, 何志林. 我国普通高校竞技体育科技服务现状调查与分析[J]. 上海体育学院学报, 2008, 32(4); 57.

[9] 王利明. 民法. 侵权行为法[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1993; 81 .

[10] 王名扬. 法国行政法[M]. 北京: 中国政法大学出版社, 1988; 698.

[11] 杨解君. 论行政法理念的塑造—契约理念与权力理念的整合[J]. 法学评论, 2003, (1); 2-5.

[12] 杨解君. 行政法学[M]. 北京: 中国方正出版社, 2002; 413.

[13] 张维迎. 信息、信任与法律[M]. 北京: 生活、读书、新知三联书店, 2003; 72.

[14] 周汉华. 论国家赔偿的过错责任原则[J]. 法学研究, 1996, (3); 13-15.

(上接第 38 页)

[20] DILLMAN C J, DUFUK J S, CHEETHAM P J. Body stability and performance in archery[C]. Research Report. US Olympic Committee, Sports Medicine Division, 1981.

[21] G MOCHIZUKI, T D IVANOVA, S J GARLAND. Synchronization of motor units in human soleus muscle during standing postural tasks[J]. J Neurophysiol, 2005, (2); 94; 62-69.

[22] H ERTAN, A R SOYLU , F KORKUSUZ. Quantification the relationship between FIFA scores and EMG skill indexes in archery[J]. J Electromyography Kinesiology, 2005, (15); 222-227.

[23] H ERTAN, B KENTEL. Activation patterns in forearm muscles during archery shooting[J]. Human Movement Sci, 2003, (22); 37-45.

[24] J P CLARYS, J CABRI, E BOLLENS, *et al*. Muscular activity of different shooting distances, different release techniques, and different performance levels, with and without stabilizers, in target archery[J]. J Sport Sci, 1990, (8); 235-257.

[25] JONATHAN STUART, JOHN ATHA. Postural consistency in skilled archers[J]. J Sport Sci, 1990, (8); 223-234.

[26] LEROYER P, HOECKE V, HELAL N. Biomechanical study of the final push-pull in archery [J]. J Sport Sci, 1993, (11); 63-69.

[27] PHILIP E MARTIN, WILLIAM L. Electromyographic analysis of bow string release in highly skilled archers[J]. J Sport Sci, 1990, (8); 215-221.