



三维红外运动捕捉系统在田径技术诊断中的应用

——以女子 100m 栏运动员王丽为例

何俊良,许以诚,李广凯

摘要: 利用三维红外运动捕捉系统对运动员王丽的跨栏动作进行影像捕捉、分析,揭示其现有技术动作的特点。研究发现王丽跨栏技术的特点:(1)跨栏步幅大,主要体现在起跨步幅大,这可能对其腾空时间有影响;着地距离较短,比较合理。(2)起跨腿支撑时间和摆动腿支撑时间较短,说明其下肢肌肉较为有力,能够快速支撑其身体质量。(3)腾空时间较长。

关键词: 三维红外运动捕捉系统;运动生物力学;跨栏

中图分类号: G804.6 文献标志码: A 文章编号: 1006-1207(2014)06-0070-04

Application of 3D Infrared Motion Capture System to Track & Field Technical Diagnosis--Taking Wang LI, 100m Female Hurdler, as an Example

HE Junliang, XU Yicheng, LI Guangkai

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

Abstract: 3D infrared motion capture system was used to capture and analyze the image of Wang Li's hurdling action so as to reveal the characteristics of her technical movements. The study has discovered her technical characteristics as follows, (1) Her hurdling start stride is big. This may affect her air time. Her short landing distance is reasonable. (2) Both the supporting time of her hurdling start leg and swinging leg is short. This means she has strong lower limb muscles which is able to support her weight quickly. (3) The time in the air is relatively long.

Key Words: 3D infrared motion capture system; sports biomechanics; hurdle race

在田径运动技术分析中,数据的精细化一直是研究者的最高追求。随着科学技术的进步,大量的精密仪器已经在实验室里得以应用,但由于田径竞技运动的特殊性,这些大型的精密仪器并没有在田径竞技场上得以应用。从现有文献来看,三维红外运动捕捉技术已经越来越成熟,但应用于赛场训练中并不多见。

如何将实验室已经成熟使用的三维红外运动捕捉系统与赛场训练相结合,应用于田径竞技项目,这是未来田径技术诊断中的一个新的研究领域。

女子跨栏项目是我国田径的传统优势项目,在亚洲一直保持较高的水平。技术与素质密不可分,良好的技术需要相应的运动专项素质作保证,同样通过对技术动作的分析诊断也能发现运动员存在的运动专项素质缺陷。跨栏技术对于跨栏运动员来说是至关重要的基本技术,一个跨栏运动员跨栏技术的好坏,直接影响到运动成绩的优劣。

本研究利用三维红外运动捕捉系统在田径运动场上对运动员王丽的跨栏动作进行影像捕捉、分析,从而揭示其现有技术动作的特点,将之与其他优秀运动员进行对比参照,发现其技术动作的不足,为我国女子 100 m 栏项目积累数据,为教练员和运动员提供参考性建议。

1 研究方法

1.1 实验环境

本次研究的受试者为上海女子 100 m 跨栏专业运动员王丽,最好成绩为 13.27 s,运动等级为健将,训练年限为 12 年。本次实验的地点为上海田径中心莘庄基地室内田径场。

由于三维红外运动捕捉系统依靠捕捉身体上 Mark 点的反射光,从而对外界环境的光线稳定性具有较高的要求,因此本次研究选择光线较为稳定的室内环境。与实验室环境不同,室内田径场环境是依据真实的训练环境进行摄像头布置,这也限制了摄像头自由摆放,对高速完整捕捉全身 Mark 点是一个挑战。

1.2 实验方法

本研究使用的三维红外运动捕捉系统由 8 台瑞典 QUALISYS 公司生产的 OQUS400 红外摄像头组成,本次研究中采样频率为 120 Hz,采集软件为 QUALISYS 自带软件 QTM (Qualisys Track Manager),软件版本为 QTM

收稿日期: 2014-08-20

基金项目: 运动康复及体能类项目训练支撑体系研究(12231203000)。

第一作者简介: 何俊良,男,研究实习员,硕士。研究方向:运动人体科学。

作者单位: 上海体育科学研究所,上海 200030



2.7. 所有摄像头由其自带的同步装置进行同步捕捉。

一般来说,三维成像算法需要两台摄像机同时捕捉到一个 Mark 点,才能还原计算出其三维空间位置,基于室

内田径场真实环境限制以及完整捕捉全身 Mark 点的需要,本次研究中,三维红外运动捕捉系统摄像头布局如图 1、2 所示。

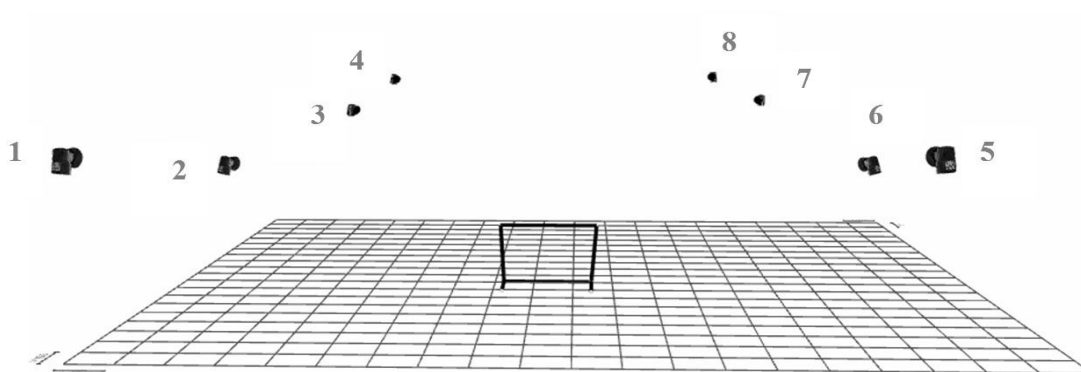


图 1 三维运动捕捉系统摄像头布局正面

Figure 1 Positive of the Camera Layout of the 3D Motion Capture System



图 2 三维运动捕捉系统摄像头布局侧面

Figure 2 Side of the Camera Layout of the 3D Motion Capture System

室内田径跑道由 3 条正规宽度约 60 m 长的跑道组成,为一狭长空间,对栏架近处捕捉摄像头限制较大,因此,本研究中适当调整了栏架近处摄像头的位置,以适应实际需要。

本次研究利用一堂训练课时间,首先告知受试者测试内容,并进行实验仪器和场地的布置与整理(拍摄的栏为第四栏,场地按照正常比较栏间距布置);与此同时,受试者进行充分热身;之后受试者进行预跑;在正式测试之前,进行受试者运动学数据预采集并检查;受试者进行正常的全力跨栏跑,采集完整的 3 次跨栏动作。

Marker 标记点:在受试者全身贴放 72 处 Mark 反光点(头部 4 点,双侧上肢共 24 点,双侧下肢共 34 点,骨盆 6 点,躯干 4 点),成功收集 3 次数据。使用 Visual3D 软件计算出受试者的运动学相关参数。

为了便于分析和描述,本次研究定义跨栏过程为受试者起跨腿着地至摆动腿下栏后再次离地这个范围。参考前人文献^[1,2],将跨栏过程分为起跨阶段(起跨腿着地时刻至起跨腿离地时刻)、腾空阶段(起跨腿离地时刻至摆动腿着地时刻)和着地阶段(摆动腿着地时刻至摆动腿离地时刻)。

2 结果与分析

表 1 为王丽的跨栏时间。前期研究认为,跨栏运动员支撑时间差异性不大,跨栏技术的优劣主要体现在腾空过栏时间的长短上。腾空时间越短,说明跨栏步技术越合理。根据以往数据^[2,3],国内优秀组的平均腾空时间为 0.304 s,运动员孙雅薇的腾空时间达到 0.274 s。与之相比,王丽的腾空时间则明显较长,其跨栏技术还需要进一步针对腾空时间进行强化。

表 1 王丽跨栏时间分析表

Table 1 Analysis of Wang Li's Hurdle Clearing Time

	起跨支撑时间/s	腾空时间/s	摆动腿支撑时间/s
王丽	0.142	0.317	0.100

跨栏速度是影响 100 m 栏成绩的重要因素,提高跨栏技术的合理有效性对提高跨栏速度至关重要。从运动生物学角度来看,起跨距离较长时,运动员可以更为有力地蹬离地面去攻栏,减小起跨角度,使身体重心的运行轨迹



压低到几乎碰到栏架。摆动腿在栏前屈膝高摆,过栏后积极下摆,加快了下栏的速度,缩短了下栏的距离,水平速度的损失就比较小。

优秀女子 100 m 跨栏的起跨距离为 1.90~2.10 m^[2]。我国运动员普遍存在的问题是起跨距离近,过栏后落地距离较远^[3]。但前期研究发现^[4],王丽的起跨距离平均达到 2.174 m,其起跨技术特点在跨栏步距离上表现为起跨距离偏长,导致其腾空时间较长。本次研究发现,王丽的起跨距离、着地距离有了显著调整,起跨距离在合理范围之内,着地距离也较之前有了缩短(见表 2)。在跨栏步距离方面,王丽与世界优秀运动员并无明显差异,这样的起跨距离和着地距离

是适宜的。

表 2 王丽跨栏步距离分析表

Table II Analysis of Wang Li's Hurdling Step Distance

	起跨距离/m	着地距离/m	跨栏步距离/m
王丽	2.012	1.046	3.058

2.1 起跨技术分析

起跨技术直接影响过栏时身体重心移动的轨迹和过栏速度,而且还会影响到下栏后的平稳和继续跑进,因此,起跨技术好坏直接影响着跨栏步技术的优劣,如图 3。

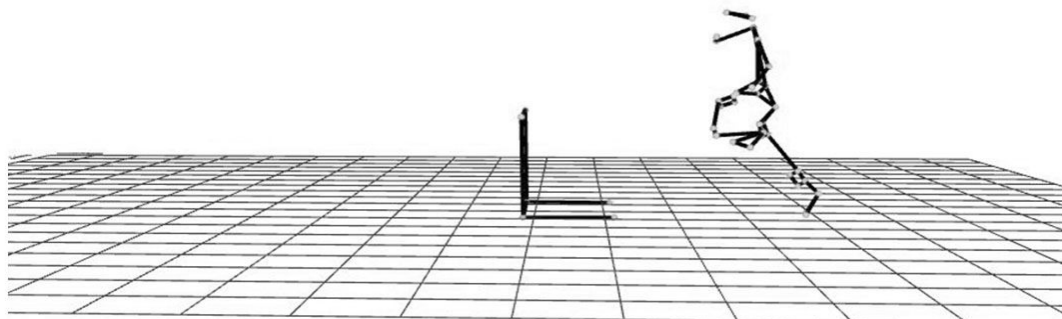


图 3 起跨动作示意图

Figure 3 Schematic Diagram of the Hurdling Start Actions

如表 3 所示,王丽的起跨角度为 66.078°,大于世界优秀运动员的起跨角度 63°^[5]。起跨角太大,将导致过栏时身体重心的腾空高度增加,腾空时间延长^[1],可能是王丽腾空时间较长的原因之一。王丽起跨腿离地时刻的膝关节角度和髋关节角度均在合理的范围内,而重心水平速度与垂直速度的比值大小是反映运动员起跨技术质量的重要指标^[1],王丽在蹬离地面瞬间身体重心移动的水平垂直速度之比为:6.848/1.211=5.654,较之前的比值(3.309)有了明显改善,但对比国内优秀运动员孙雅薇的比值(8.215)还是有一定的差距,需要继续加强该方面的针对性训练。

表 3 王丽起跨技术分析表

Table III Analysis of Wang Li's Hurdling Start Technique

	起跨角度/°	膝关节角度/°	髋关节角度/°	重心水平速度与垂直速度比值
起跨腿离地时刻	66.078	161.786	178.468	5.655

2.2 腾空阶段技术分析

腾空时间的长短受多方面影响,跨栏步技术中要求摆动腿主动下压,两腿成绞剪动作,这样可以缩短跨栏步腾空阶段的水平位移,由此减少腾空时间和水平速度的损失,为运动员更快地过渡到栏间跑提供有利的身体姿势,如图 4。

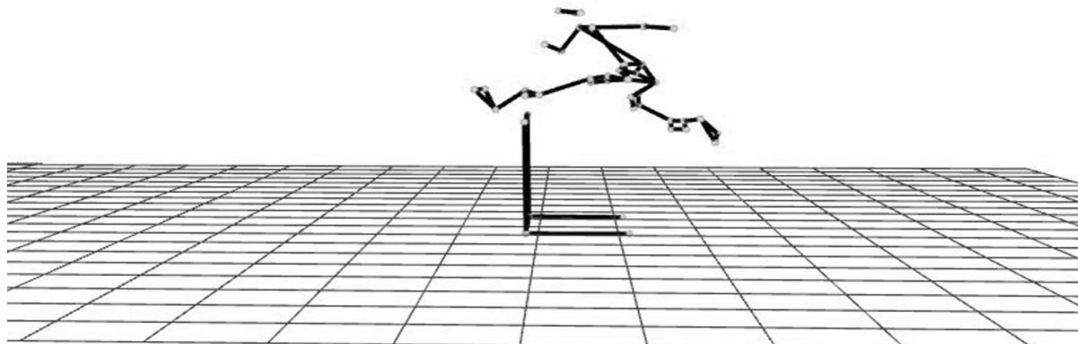


图 4 腾空动作示意图

Figure 4 Schematic Diagram of the Air Movements



根据表 4 显示,王丽的最小躯干前倾角达到 50.283°,而优秀运动员的最小躯干前倾角可达到 43°,躯干前倾角越小,运动员在栏上的重心高度就越低,身体重心的升降幅度就越小,从而有利于快速过栏,缩短腾空时间。而减小最小躯干前倾角与摆动腿迅速摆动有一定的关系,王丽起跨时的摆动腿前摆技术需要进一步加强。

表 4 王丽腾空阶段分析表

Table IV Analysis of Wang Li's Air Phase

腾空阶段	最小躯干前倾角/ $^{\circ}$	重心升高值/m	最大摆动腿大腿前摆角速度/ $(^{\circ}/s)$	最大摆动腿大腿下压角速度/ $(^{\circ}/s)$
	50.283	0.165	275.335	115.336

优秀运动员过栏时,重心腾起高度不超过 0.15 m^[1],而王丽的重心升高值却达到了 0.165 m 之多,这是造成她腾空时间相对过长的主要原因。王丽重心升高值较高

可能与起跨蹬地角度和躯干前倾角较大有关。在最大摆动大腿速度方面,前摆的速度明显高于下压的速度,这和大腿前群肌、大腿后群肌肌力大小差异、训练程度差异有关;而最大摆动腿大腿下压角速度则明显较小(孙雅薇 189.024°/s,郑雅容 126.247°/s),这说明王丽下栏是,摆动腿下压需要更为积极,这要求加强针对大腿后群肌的专项训练。

2.3 着地阶段技术分析

进入着地阶段,运动员需要从跨栏状态迅速转变为栏间跑状态。下栏着地时适宜的身体姿势和着地角度,能极大地影响栏间跑的节奏和成绩。着地瞬间着地角大小,直接影响着重心的移动速度,即对成绩的提高影响较大。如果着地角偏小,则着地点离身体重心的几何投影点较远,阻力增大,水平速度减小,不利于身体重心快速前移,如图 5。

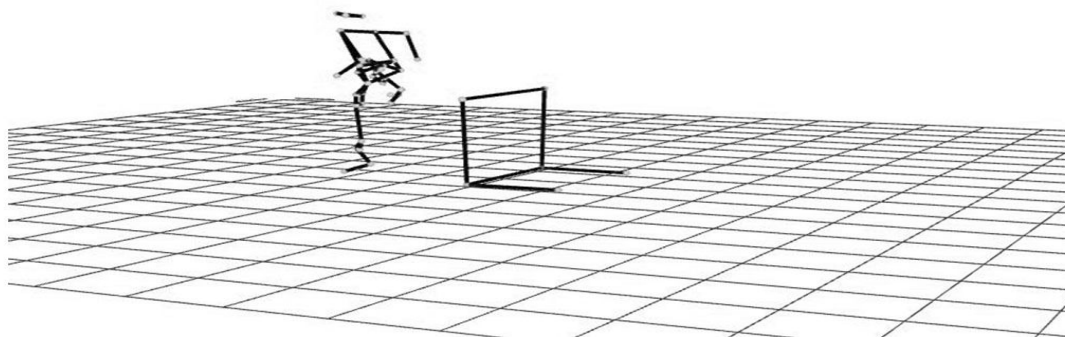


图 5 着地动作示意图

Figure 5 Schematic Diagram of the Landing Movements

王丽摆动腿着地时刻的着地角为 76.957°、着地距离为 1.046 m,与世界优秀运动员相比仍处于合理范围。

王丽的摆动腿支撑时间为 0.100 s,与世界优秀运动员的平均水平 0.092 s 相比,还是有一定的差距,但这一数值在国内已属于优秀水平。较短的摆动腿支撑时间,得益于良好的下栏着地技术,能够让她快速的进入栏架跑阶段。

3 结论与建议

尝试三维红外运动捕捉系统应用于日常光照条件下的室内田径跑道,实现了对跨栏技术动作的精细化诊断分析。发现,王丽跨栏技术的特点:(1)跨栏步幅大,主要体现在起跨步步幅较大,这可能对其腾空时间有影响;着地距离较短,比较合理。(2)起跨腿支撑时间和摆动腿支撑时间较短,说明其下肢肌肉较为有力,能够快速支撑其身体质量。(3)腾空时间较长,这依旧是王丽跨栏技术的短板,主要是王丽在腾空阶段身体重心上升高度比较大造成。这可能是由于起跨角度较大、重心水平速度与垂直速度比值较小、最大摆动腿大腿下压角速度较小引起。

王丽跨栏跑节奏较稳定,起跑及冲刺能力较好;栏间

3 步跑步频较快,较为稳定^[5]。跨栏技术在国内已经属于优秀水平,但仍需要加强针对起跨腿迅速蹬伸及大腿后群肌带动大腿迅速下压的专项练习。

参考文献:

- [1] 文超等. 田径运动高级教程[M]. 北京:人民体育出版社, 2003,6.
- [2] 周继和, 李晓峰, 倪仅仁. 我国优秀跨栏运动员刘静过栏技术动作的运动学分析[J]. 成都体育学院学报 2008, 11(34): 56-58.
- [3] 王巧玲, 张夏, 刘红斌. 对我国部分优秀女子 100m 跨栏运动员过栏动作某些运动学特征的分析[J]. 体育科技, 1991 (4).
- [4] 黄勇, 郭俊人, 虞玉华, 等. 我国女子 100m 栏优秀运动员技术分析[J]. 西安体育学院学报, 2003, (05).
- [5] 王淑玲. 我国部分优秀女子跨栏运动员的跨栏技术诊断[D]. 上海体育学院硕士论文, 2011.

(责任编辑:何聪)