

旋转推铅球单支撑阶段关节角度变化特征研究

陈建民¹, 钱 锋²

(1. 集美大学继续教育学院, 福建 厦门 361021; 2. 浙江经贸职业技术学院, 浙江 杭州 310018)

摘 要:采用文献法、访谈法、观察法、数理统计法等研究方法,对我国优秀男子铅球运动员张竣旋转推铅球单支撑阶段主要关节角度的变化特征进行了研究,研究表明:与铅球运动成绩显著相关的关节角度指标是左髋关节角度、右膝关节角度、右肩关节角度等。在旋转推铅球的单支撑阶段,张竣的主要关节角度呈现以下变化特征:右肩关节角度开始时刻为 84.31° ,中间时刻达到最小值 69.66° ,结束时刻为 89.55° ;左髋关节角度在开始时刻为 121.17° ,在单支撑的四分之三阶段增大到 168.57° ,结束时刻为 143.5° ;右膝关节角度开始时刻为 102° 左右,也是整个阶段的最小值,结束阶段为 159.58° 。

关键词:旋转推铅球;单支撑阶段;关节角度

中图分类号:G824.1

文献标识码:A

文章编号:1007-7413(2016)05-0051-10

Research on the Change Characteristic of the Angle of the Main Joints During One-leg Supporting Phase of Rotational Man's Shot Put Athletes

CHEN Jian-min¹, QIAN Feng²

(1. College of Continuing Education, Jimei University, Xiamen, 361021, China

2. ZheJiang Economic & Trade Polytechnic, Hangzhou, 310018, China)

Abstract: Using documentary method, interview method, observational method, mathematical statistical method to investigate an elite male shot-putter, Zhang Jun during one-leg supporting and body rotating phase. The variety characteristics of dominant joint angle were evaluated in this study. The results were as follows: 1) The shot movement performance was significant correlation with joint angle index that is left hip angle, right knee angle, right shoulder angle. 2) During one-leg supporting and body rotating phase, Zhang Jun's main joint angle were changed as follows: at the beginning, the right shoulder angle was 84.31° . In the middle the right shoulder angle was minimum 69.66° . At the end the right shoulder angle was 89.5° ; at the beginning, left hip angle was 84.31° and then increase to 168.7° at the three-quarters phase of one leg supporting, in the end was 143.5° ; at the beginning the right knee angle was 102° which was the minimum of whole phase, and at the end was 159.58° .

Key words: Rotating Shot Put; one foot support phase; joint angle

旋转推铅球是一项技术复杂、但发展潜力很大的投掷运动项目,国外专家根据人体运动学参数预测,采用旋转推铅球技术,铅球成绩可达到26.82 m,再加上合理的运动训练甚至可以达到30 m^[1]。目前,国外优秀铅球运动员采用旋转推铅球技术的较多,如在第26~29届奥运会男子铅球决赛的前八名运动员中,有50%以上运动员采用旋转推铅球技术,男子铅球的世界纪录(23.12 m)也是由采用旋转推铅球技术的美国选手巴恩斯(Barnes)创造的。但在我国优秀铅球运动员中,采用旋转推铅球技术的较少,在第十届全运会的男子铅球比赛中,只有3名运动员中使用了该项技术,在第十一届全运会的男子铅球决赛8

人中,仅有1人采用该项技术。因而,我国田径学术界对旋转推铅球技术的研究非常有限,综观已有研究,我们发现,定性研究居多,比如,历史演变研究、可行性分析、教学与训练方法研究等;相对而言,采用影像解析进行运动学分析的定量研究较少。在旋转推铅球技术的定量研究中还发现,研究者对研究指标的选取比较随意,运用数理统计方法严格筛选指标的研究尚未见到,另外,现有的运动学研究,以静态指标的分析比较居多,而揭示规律性的动态研究较少。

本研究以我国优秀男子铅球运动员张竣为研究对象,在找出单支撑阶段影响其铅球成绩的主要关节角度指标的基础上,从运动学的角度,揭示这些指标

在该阶段的变化特征,为改进其旋转推铅球技术、提高运动成绩提供理论依据,也为同类研究提供借鉴。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

上海市田径队男子铅球运动员张竣,1983 年 4 月 11 日出生,身高 1.86 m,体重 95 kg,男子铅球全国纪录(20.41 m)保持者。

1.2 研究方法

1.2.1 文献法

通过检索华东师范大学图书馆数据库(包括中国学术期刊全文数据库、维普中文期刊数据库、万方数字化期刊、超星数字图书馆、中国优秀博士学位论文数据库、EBSCOhost 平台系列数据库、Springer Link 平台等),查阅国内外旋转推铅球研究的文献 40 余篇,专著 10 余本,了解当前国内外旋转推铅球的研究现状。

1.2.2 访谈法

在研究设计、现场影像拍摄、影像解析,以及了解张竣旋转推铅球技术训练中存在的问题等方面,走访、电话咨询了上海体育学院旋转推铅球研究专家王卫国教授、上海市田径队高级教练员隋新梅、上海体育科学研究所许以诚研究员和上海体育学院伍颢博士。

1.2.3 实验法

使用四台日本产索尼(SONY)HVR-HD1000C 高清摄像机,采用外同步方法进行拍摄,拍摄频率为 50 帧/s。摄像机放置位置:左前方 45°、右前方 45°、左后方 45°、右后方 45°,距离投掷圈中心点 15 m 处,机身高 1.2 m(如图 1 所示)。在测试前,用由 17 根黑色金属杆子及 25 个白色小球组成的三维框架对拍摄范围进行标定。

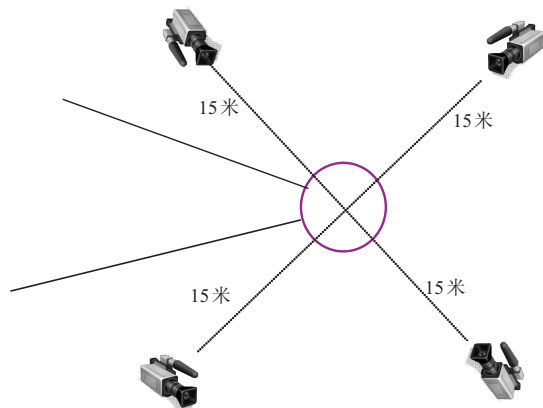


图 1 摄像机放置位置示意图

关节角的选取:通过对旋转推铅球相关文献分析,初选了关节角度指标 12 项;经专家筛选,并听取了教练员和运动员意见,最终选取 6 项关节角度指标,即左膝关节角度(X1)、右膝关节角度(X2)、左髋关节角度(X3)、右髋关节角度(X4)、左肩关节角度(X5)、右肩关节角度(X6)等进行分析。

数据处理:采用 Ariel 运动图像解析系统,对单支撑阶段的图片进行分析,采用 Hanavan 人体模型,使用 DLT 法计算得到解析点的三维空间坐标,对所得每个标志点的三维坐标,使用巴特沃兹二阶低通滤波法进行平滑处理,截断频率为 6。

1.2.4 数理统计法

运用 SPSS11.5 软件,对部分关节角度与运动成绩进行多元回归分析,找出张竣旋转推铅球单支撑阶段影响运动成绩的主要关节角度指标。

2 结果与分析

2.1 相关概念界定

根据文献资料以及专家意见,现将各研究指标定义如下:

2.1.1 肩关节角度

肩关节至同侧肘关节之间的连线与肩关节至同侧髋关节之间的连线在冠状面上形成的夹角。单位为“度”(文世林.我国两名优秀男子铅球运动员旋转推铅球技术的三维运动学分析[D].硕士学位论文,首都体育学院,2009)。

2.1.2 髋关节角度

髋关节至同侧肩关节之间的连线与髋关节至同侧膝关节之间的连线在矢状面上形成的夹角。单位为“度”(文世林.我国两名优秀男子铅球运动员旋转推铅球技术的三维运动学分析[D].硕士学位论文,首都体育学院,2009)。

2.1.3 膝关节角度

膝关节至同侧髋关节之间的连线与膝关节至同侧踝关节之间的连线在矢状面上形成的夹角。单位为“度”(文世林.我国两名优秀男子铅球运动员旋转推铅球技术的三维运动学分析[D].硕士学位论文,首都体育学院,2009)。

2.1.4 单支撑阶段

是指双脚支撑阶段后,右脚离地至左脚离地,形成以左脚为轴旋转的这一阶段。这一阶段的主要任务就是把人体和铅球从投掷圈的后半圈推至前半圈,

逐渐加大人和铅球的旋转速度,为最后用力阶段做充分的准备。



图 2 张竣旋转推铅球单支撑阶段影像截图

2.2 关节角度与运动成绩的回归分析

选取张竣旋转推铅球单支撑阶段开始和结束两个时刻的关节角度与运动成绩进行多元线性回归分析。因变量为铅球运动成绩(Y);自变量为左膝关节角度(X_1)、右膝关节角度(X_2)、左髋关节角度(X_3)、右髋关节角度(X_4)、左肩关节角度(X_5)、右肩关节角

度(X_6)。
2.2.1 开始时刻关节角度与运动成绩的回归分析
表 1 列出了模型的筛选过程,模型 1 用逐步法引入了左髋关节角度,然后模型 2 用逐步法引入了右膝关节角度,左髋关节角度仍然保留在模型 2 中。另外 4 个变量没有达到引入标准,最终没有被引入。

表 1 引入/剔除变量表^{a,b}

模型	引入的变量	剔除的变量	方 法
1	左髋关节角度	.	逐步回归法(标准: $P < = 0.050$ 引入, $P > = 0.100$ 剔除)。
2	右膝关节角度	.	逐步回归法(标准: $P < = 0.050$ 引入, $P > = 0.100$ 剔除)。

a. 因变量:成绩;b. 通过原点的线性回归。

表 2 是对拟合的两个模型的方差分析检验结果。由结果(P 值均为 0.000,小于 0.050)可知,拟合的两个模型均有统计学意义。

表 3 是用 t 检验对两个模型中各个回归系数检验的结果。从结果($P_{x3} = 0.000, P_{x2} = 0.048$ 都小于 0.050)中可以看出,模型 2 中的两个自变量的系数都

有统计学意义。左髋关节角度的偏回归系数为 0.110,标准化回归系数为 0.688;右膝关节角度偏回归系数为 0.057,标准回归系数为 0.312。通过比较两个变量的标准回归系数,我们发现,左髋关节角度对运动成绩的贡献更大一些。

表 2 方差分析表^{d,e}

模型		平方和	自由度	均方	F 值	概率 p 值
1	回归	4 503.248	1	4 503.248	13 405.855	0.000 ^a
	残差	4.031	12	0.336		
	总计	4507.279 ^b	13			
2	回归	4 504.497	2	2 252.249	8 907.207	0.000 ^c
	残差	2.781	11	0.253		
	总计	4 507.279b	13			

a. 预测变量:左髋关节角度;b. 因为通过原点的回归的常量为零,所以对于该常量此总平方和是不正确的。
c. 预测变量:左髋关节角度,右膝关节角度;d. 因变量:成绩;e. 通过原点的线性回归。

表 3 回归系数检验表^{a,b}

模型		非标准化系数		标准系数		
		偏回归系数	标准 误差	Beta	t 值	概率 p 值
1	左髋关节角度	0.160	0.001	1.000	115.784	0.000
2	左髋关节角度	0.110	0.022	0.688	4.898	0.000
	右膝关节角度	0.057	0.026	0.312	2.223	0.048

a. 因变量:成绩。
b. 通过原点的线性回归。

表 4 反映的是多重线性回归拟合模型过程中没有进入模型的变量的检验结果。由结果可见,在模型 1 中,未进入模型的候选变量右膝关节角度还符合引入标准($P < = 0.05$),可能需要引入;而在模型 2 中,未进入的四个变量均大于引入标准($P > = 0.100$),无须再进行分析了。

上述多元回归分析结果显示:开始时刻,张竣各关节角度与运动成绩的“最优”函数关系为: $Y = 0.11X_3 + 0.057X_2$,经方差分析,该回归方程具有统计学意义,经 t 检验,各回归系数也具有统计学意义

($PX_3 = 0.000, PX_2 = 0.048$ 都小于 0.050)。该方程说明了单支撑阶段开始时刻,左髋关节角度、右膝关节角度的增大与运动成绩提高的正向线性关系。由投掷理论和实践可知,增大左髋关节角度,有利于身体重心与身体旋转轴尽可能重合,从而减小地面反作用力对旋转轴的作用,便于“人-球系统”更快、更平稳地旋转;而增加右膝关节角度,可以加大身体旋转半径,提高投掷方向的铅球线速度,进而增加铅球出手的初速度,达到提高铅球运动成绩的效果。

表 4 模型外的变量检验表^{c,d}

模型		Beta In	t 值	概率 p 值	偏相关
1	左膝关节角度	0.312 ^a	0.784	0.450	0.230
	右膝关节角度	0.312 ^a	2.223	0.048	0.557
	右髋关节角度	0.288 ^a	0.930	0.372	0.270
	左肩关节角度	0.182 ^a	1.362	0.200	0.380
	右肩关节角度	0.211 ^a	1.023	0.328	0.295
	左膝关节角度	0.003 ^b	0.007	0.994	0.002
2	右髋关节角度	-0.204 ^b	-0.545	0.598	-0.170
	左肩关节角度	-0.044 ^b	-0.230	0.823	-0.073
	右肩关节角度	0.012 ^b	0.056	0.956	0.018

a. 模型中的预测变量:左髋关节角度。
b. 模型中的预测变量:左髋关节角度,右膝关节角度。
c. 因变量:成绩。
d. 通过原点的线性回归。

2.2.2 结束时刻关节角度与运动成绩的回归分析

表 5 结果列出了模型的筛选过程,模型 1 用逐步法引入了右膝关节角度,然后模型 2 用逐步法引入了

右肩关节角度,右膝关节角度仍然保留在模型 2 中。另 4 个变量没有达到引入标准,最终没有进入。

表 5 引入/剔除变量表^{a,b}

模型	引入的变量	剔除的变量	方 法
1	右膝关节角度	.	逐步回归法(标准: $P < = 0.050$ 引入, $P > = 0.100$ 剔除)。
2	右肩关节角度	.	逐步回归法(标准: $P < = 0.050$ 引入, $P > = 0.100$ 剔除)。

a. 因变量:成绩。
b. 通过原点的线性回归。

表 6 是对拟合的两个模型的方差分析检验结果。 均有统计学意义。
由结果(P 值均为 0.000,小于 0.05)可知,两个模型

表 6 方差分析表^{d,e}

模型		平方和	自由度	均方	F 值	概率 p 值
1	回归	4 501.591	1	4 501.591	9 497.157	0.000 ^a
	残差	5.688	12	0.474		
	总计	4 507.279 ^b	13			
2	回归	4 504.650	2	2 252.325	9 426.488	0.000 ^c
	残差	2.628	11	0.239		
	总计	4 507.279 ^b	13			

a. 预测变量:右膝关节角度。
b. 因为通过原点的回归的常量为零,所以对于该常量此总平方和是不正确的。
c. 预测变量:右膝关节角度,右肩关节角度。
d. 因变量:成绩。
e. 通过原点的线性回归。

表 7 是对两个模型中各个系数检验的结果,用的是 t 检验。从结果($P_{x_2} = 0.000, P_{x_6} = 0.004$,都小于 0.05)中可以看出,模型 2 中两个自变量的系数都有统计学意义。右膝关节角度的偏回归系数为 0.088, 标准化回归系数为 0.632;右肩关节角度偏回归系数为 0.074,标准回归系数为 0.368。通过比较两个变量的标准回归系数,可知右膝关节角度对运动成绩贡献大些。

表 7 回归系数检验表^{a,b}

模型		非标准化系数		标准系数		
		偏回归系数	标准 误差	Beta	t 值	概率 p 值
1	右膝关节角度	0.139	0.001	0.999	97.453	0.000
2	右膝关节角度	0.088	0.014	0.632	6.139	0.000
	右肩关节角度	0.074	0.021	0.368	3.578	0.004

a. 因变量:成绩。
b. 通过原点的线性回归。

表 8 反映的是多重线性回归拟合模型过程中没有进入模型的变量的检验结果。由结果可见,在模型 1 中,未进入模型的候选变量左肩关节角度、右肩关节角度还符合引入标准($P < = 0.05$),可能需要引

入;而在模型 2 中,未进入的四个变量均大于引入标准($P>=0.100$),无须再进行分析了。

表 8 模型外的变量检验表^{c,d}

模型		Beta In	t 值	概率 p 值	偏相关
1	左膝关节角度	0.375 ^a	1.353	0.203	0.378
	左髋关节角度	0.164 ^a	0.639	0.536	0.189
	右髋关节角度	0.089 ^a	0.412	0.689	0.123
	左肩关节角度	0.251 ^a	2.245	0.046	0.561
	右肩关节角度	0.368 ^a	3.578	0.004	0.733
2	左膝关节角度	0.158 ^b	0.720	0.488	0.222
	左髋关节角度	-0.226 ^b	-1.098	0.298	-0.328
	右髋关节角度	-0.116 ^b	-0.713	0.492	-0.220
	左肩关节角度	0.075 ^b	0.625	0.546	0.194

- a. 模型中的预测变量:右膝关节角度。
- b. 模型中的预测变量:右膝关节角度,右肩关节角度。
- c. 因变量:成绩。
- d. 通过原点的线性回归。

表 5—表 8 结果表明,张竣单支撑阶段结束时刻,其关节角度与运动成绩的回归方程是: $Y=0.088X_2+0.074X_6$,经方差分析,该回归方程具有统计学意义,经 t 检验,各回归系数也具有统计学意义($PX_2=0.000,PX_6=0.004$,都小于 0.050)。该方程说明:单支撑阶段结束时刻,右膝关节角度、右肩关节角度的增大与运动成绩提高存在线性关系。投掷原理和实践告诉我们,增加右膝关节角度可以加大身体旋转半径,提高投掷方向的铅球线速度,进而提高运动成绩。但右肩关节角度增大是有限制的,如果大于 90 度,会降低“人球合一”的稳定性,不利于铅球成绩的提高,符合旋转推铅球技术持握铅球的基本要求(持球臂的肘部向外展开与肩齐平,即右肩关节保持在 90 度左右)。

由上述回归分析可知,左髋角(X_3)、右膝角(X_2)、右肩角(X_6)等 3 个指标与铅球成绩有显著相关性。此结果符合旋转推铅球单支撑阶段的基本技术要求(右脚离地后右腿微屈,右脚靠近地面向圆心弧形摆动,左腿屈膝支撑继续向投掷方向蹬转,形成以左脚为轴旋转。左膝保持 90°~120°左右,右腿摆

动时大腿不要摆得太高,使身体在平稳的旋转中向前,并且配合转髋。右腿摆向投掷圈中心时要低平内扣,右腿的内扣要与左脚的蹬转协调配合,这是形成“超越器械”和获得水平速度以及维持身体平衡的关键)^[12]。

2.3 主要关节角度的变化特征分析

通过以上研究,找出了张竣旋转推铅球单支撑阶段影响其运动成绩的主要角度标有左髋角、右膝角、右肩角等 3 个指标,分析这些指标在旋转推铅球单支撑阶段的变化特征,可以帮助张竣改进其技术动作,从而提高运动成绩。

表 9 和图 3 所示,为张竣旋转推铅球测试成绩与单支撑阶段持续时间的对应关系,经过 Excel 分析,我们得到运动成绩(Y)与单支撑阶段持续时间(t)的关系式为 $Y=22.17-9.032t$,通过该关系式我们发现,铅球运动成绩与单支撑阶段持续时间呈反比例关系,即单支撑阶段持续时间越短,张竣的铅球成绩越好。为了便于比较,我们选取张竣旋转推铅球单支撑阶段持续时间均为 0.36 s 的 4 次测试数据(19.17 m、18.37 m、19.12 m、19.74 m)进行分析。

表 9 单支撑阶段持续时间与运动成绩对照表

时间(s)	0.38	0.4	0.38	0.36	0.36	0.38
成绩(m)	18.33	19.08	18.73	19.17	18.37	18.14

时间(s)	0.4	0.38	0.38	0.36	0.36	
成绩(m)	18.76	17.86	19.18	19.12	19.74	

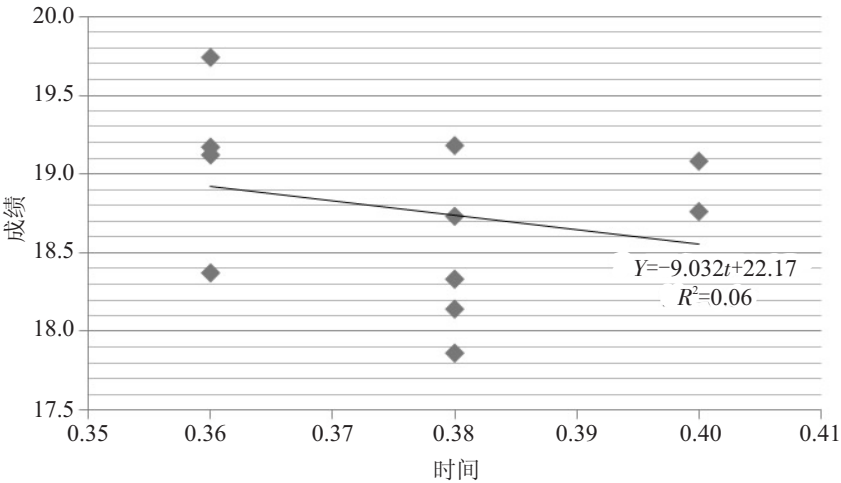


图 3 单支撑阶段持续时间与成绩关系图

2.3.1 右肩关节角度的变化特征分析

旋转推铅球的持球方法与背向滑步推铅球技术的右臂肘部动作略有不同。由于旋转推铅球的加速过程中离心力较大,因此,右手持球时需要抬肘,保持右肘在体侧与肩肘成一线的姿势,把铅球紧贴在锁骨窝处,对抗铅球的离心力并稳定地控制铅球。由此看来,在单支撑阶段,右手主要起到持球作用,右肩关节角度大小,反映了肘抬起高低以及铅球贴锁骨窝的松紧程度。同时,根据投掷基本原理可知,右手作为投掷臂应尽可能留在

后面,并保持相对固定的肩关节角度,有利于形成良好的“超越器械”动作,为提高最后用力效果作好准备。

由图 4 可以看出,张竣投掷成绩为 19.74 m 时,右肩关节在单支撑阶段的变化规律为:在开始时刻控制在 84°左右,然后慢慢内收至中间时刻收至尽可能小(不影响铅球固定),这样有利于提高旋转速度,之后再慢慢外展到 90°左右,单支撑后半阶段右肩关节角度的增大,能使铅球紧贴向内倾斜的人体锁骨窝,避免身体重心过早前移,维持人-球一体的旋转速度。

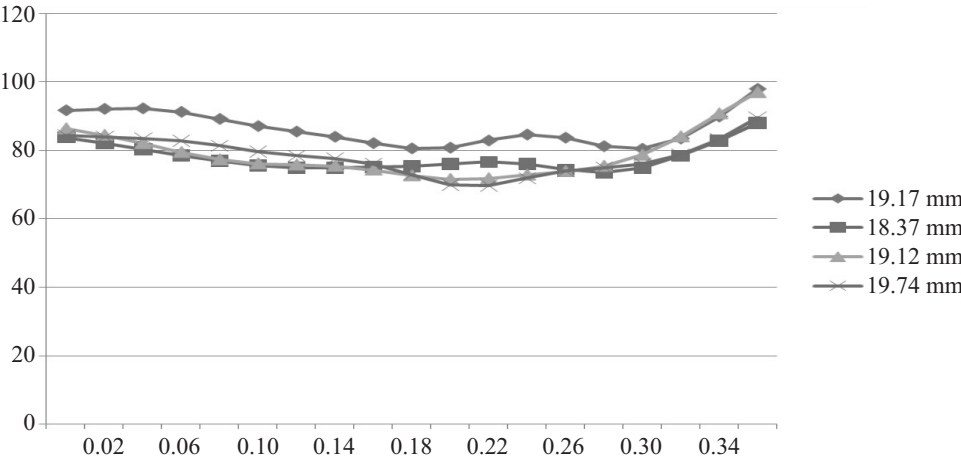


图 4 单支撑阶段右肩角变化曲线图

从图 4 我们可以得知,从单支撑阶段开始到结束,右肩关节角度整体变化趋势是先减小后增大,而且通过影像解析,我们得到 4 次试投单支撑阶段开始时刻、结束时刻和关节角度最小时刻的右肩关节角度(见表 10)。数据分析发现,在整个单支撑阶段,4 次试投的右肩关节角度变化差异不是非常明显,表明张竣右肩的技术动作表现出较好的稳定性。

成绩最好的(19.74 m)试投中,开始时刻的右肩关节角度为 84.31°,其他几次投掷中,右肩关节角度无论增大或减小,铅球成绩都不如这次好;右肩关节角度在 0.22 s 时达到最小值 69.66°,而此时,其他 3 次试投的右关节角度已经开始增大,且整个阶段的最小值都比此次试投的最小值要大;结束时刻的右肩关节角度为 89.55°,右大臂与躯干几乎垂直。

2.3.2 左髋关节角度的变化特征分析

在单支撑阶段,由于离心力的作用,身体向左倾

斜,形成一个左侧转动轴。同时,张竣为降低身体重心,身体稍向前倾并屈膝。左髋关节角度大小,反映了单支撑阶段身体前倾幅度。

由图 5 可见,从单支撑阶段开始到结束,左髋关节角度整体变化趋势为先增大后减小,表明躯干先稍稍抬起然后又向下弯曲,为下一腾空阶段做积极准备。4 次投掷都在 0.30 s 时刻(即接近单支撑阶段结束时刻)达到最大值,表明张竣技术动作符合旋转推铅球技术要求而且稳定性很高。同时根据图 5,我们发现,在单支撑阶段前半期即 0.18 s 之前,成绩最好(19.74 m)的那次投掷中左髋关节角度均大于其他 3 次投掷,而在单支撑阶段后半期即 0.18s 之后,均小于其他 3 次投掷,而且在第二个四分之一阶段,这一次投掷的左髋关节角度是减小的,而其他 3 次投掷都是在增大。

表 10 单支撑阶段右肩关节角度

成 绩	时 刻		
	开始时刻	结束时刻	最小时刻
19.74 m	84.31°	89.55°	69.66°
19.17 m	91.71°	97.98°	80.44°
19.12 m	86.32°	96.95°	71.53°
18.37 m	83.74°	87.98°	73.44°

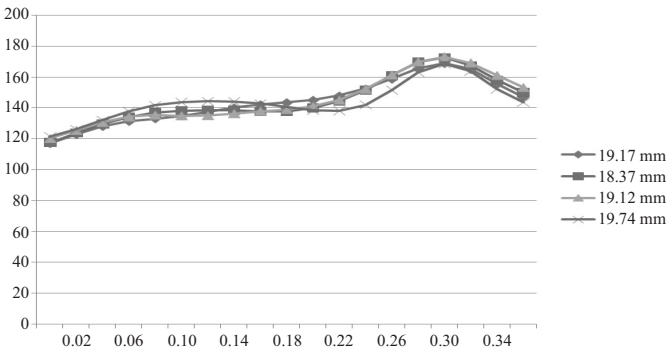


图 5 单支撑阶段左髋角变化曲线图

表 11 结果显示,在单支撑阶段结束时刻,左髋关节角度较开始时刻要大,成绩最好的 19.74 m 投掷中,开始时刻左髋关节角度均大于其他 3 次投掷,而结束时刻和最大左髋关节角度均小于其他 3 次投掷。我们试想,在开始时刻左髋关节角度控制在 120°以上,即身体不要过分前倾,在结束时刻左髋关节角度应控制在 143.5°以下,左髋角度小,有利于运动员快速进入下一个技术阶段,即身体稍向前倾,最大左髋关节角度不超过 168.6°,这样做也许会获得更好的运动成绩。

上述结果告诉我们,在平时训练时应强调张竣左髋角在单支撑阶段第一个四分之一阶段保持更大

(最小值不小于 121.17°),即重心垂直方向上移,在第二个四分之一阶段减小到最小,即重心垂直方向下移,在第三个四分之一阶段增大到最大(最大值不大于 168.57°),即重心再次垂直方向上移,最后一个四分之一阶段再减小,即重心垂直方向再次下移,可能会获得更好的运动成绩。

2.3.3 右膝关节角度的变化特征分析

在单支撑阶段,运动员通过肩横轴的转动带动铅球加速的过程,身体的重心落在左腿上,右腿远离左腿摆动,腿部技术是旋转技术的一个难点,因为铅球投掷圈的直径只有 2.135 m,右腿摆动的好坏直接影响了旋转速度以及身体姿势。

表 11 单支撑阶段左髋关节角度

成 绩	时 刻		
	开始时刻	结束时刻	最大时刻
19.74 m	121.17°	143.46°	168.57°
19.17 m	116.70°	146.77°	168.71°
19.12 m	120.10°	153.09°	172.98°
18.37 m	117.37°	149.86°	172.45°

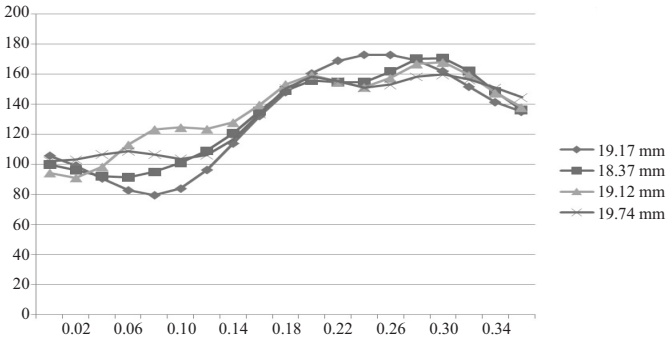


图 6 单支撑阶段右膝角变化曲线图

图 6 结果显示,张竣投掷成绩为 19.74 m 时,单支撑阶段右膝角度变化规律为:保持不变~增大(160°左右)即伸右膝关节增大旋转半径~减小(144°左右)即屈膝减小旋转半径,为下一技术阶段屈右膝向投掷圈圆心平稳落地做好准备。

在单支撑阶段开始到结束,右膝关节角度整体变化趋势为先增大再减小。前期右膝关节角度增大是为了增大旋转半径提高投掷方向的线速度,后期减小是为了下一腾空阶段的靠近圆心点平稳落地做好准备。同时我们发现,成绩最好(19.74 m)的那次试投中,右膝关节角度在 0~0.10 s 期间变化不大,而其他 3 次试投均有明显变化,中后期 4 次试投的右膝关

节角度变化趋势基本一致,说明单支撑阶段前期右膝关节的平稳外摆或许是影响运动成绩因素之一。

通过影像解析,我们得出开始时刻、结束时刻、关节角度最大时刻以及关节角度最小时刻的右膝关节角度(见表 12)。根据上述数据我们发现,在成绩最好的(19.74 m)试投中,单支撑阶段开始时刻,右膝关节角度在 102°左右,也是整个阶段的最小值,说明后阶段为了加大旋转半径,右膝关节是伸的,但是最大角度不超过 160°,否则会影响运动成绩,说明“外摆画弧动作”半径越大,越不利于下一阶段右腿向投掷圈圆心平稳落地。

表 12 单支撑阶段右膝关节角度

成 绩	时 刻			
	开始时刻	结束时刻	最大时刻	最小时刻
19.74 m	101.86°	144.35°	159.58°	101.86°
19.17 m	105.56°	134.75°	172.71°	79.25°
19.12 m	94.07°	137.70°	167.71°	90.82°
18.37 m	99.79°	136.08°	170.49°	91.14°

3 结论与建议

3.1 采用多元回归的统计方法,对部分关节角度与运动成绩进行多元回归分析,找出了张竣旋转推铅球单支撑阶段影响运动成绩的主要关节角度指标(右肩关节角度、左髋关节角度、右膝关节角度)。与同类研究相比,本研究在研究指标的选择方面更为严谨、科学和合理。

3.2 在旋转推铅球单支撑阶段,张竣表现最佳投掷

成绩时,主要关节角度变化呈现以下特征:右肩关节角度开始时刻为 84.31°,中间时刻达到最小值 69.66°,结束时刻为 89.55°;左髋关节角度在开始时刻为 121.17°,在单支撑的四分之三阶段增大到 168.57°,结束时刻为 143.5°;右膝关节角度开始时刻为 102°左右,也是整个阶段的最小值,结束阶段为 159.58°。对此关节角度变化规律的研究,为教练员指导张竣的技术训练,提供了客观、科学的参考意见。

3.3 相比现有的运动学研究,本研究采用了四台摄像机进行投掷场地的实地拍摄,观测视角多了两倍,

提高了音像解析结果的准确性。但是,由于条件限制,还无法完成俯视拍摄。因此,创造更好的研究条件,实现多角度拍摄,提高观测效果,取得更多的观测指标和数据,使研究更加科学、合理和有效,是旋转推铅球技术研究今后应努力的方向。

参考文献

- [1] GÜNTER T. Model Technique Analysis Sheet for The Throwing Events – The Shot Put[J]. New Studies in Athletics, 1990(1):44-60.
- [2] 刘北湘. 运动生物力学:运动技术与评价[M]. 成都:四川科学技术出版社,2008;21-29.
- [3] GUNTER, T. Shot Put[J]. Modern Athlete & Coach, 2008(2):24-31.
- [4] HSIENTE, P., CHENFU, H. & CHANNENG, K. Dynamics of The Shoulder and Elbow Joints of The Throwing Arm During Rotational Shot Putting - Case Study[EB/OL]. [2012-01-25] (2016-03-18). <http://www.ntnu.edu.tw/acad/docmeet/>.
- [5] KYRIAZIS, T. A., TERZIS, G., BOUDOLOS, K, et al. Muscular Power, Neuromuscular Activation, and Performance in Shot Put Athletes At Preseason and at Competition Period[J]. The Journal of Strength and Conditioning Research, 2009(6):1773-1779.
- [6] LAURENT, F., JAMES, S., JOHN, E., ALISON O'R., et al. Quality Control Procedure for Kinematic Analysis of Elite Seated Shot-Putters During World-Class Events[J]. The Sport Journal, 2008, 11(1):16-20.
- [7] MICHAEL, Y. Development and Application of an Optimization Model for Elite Level Shot Putting[D]. the degree of Doctor of Philosophy Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, 2009.
- [8] MILAN, ., MATEJ, S., STANKO, Š., et al. Biodynamic Analysis of the Rotational Shot Put Technique[J]. Track Coach, 181:5769-5775.
- [9] 高峰, 李晓芸. 中国铅球运动员运用旋转推铅球技术的优越性[J]. 浙江体育科学, 2005, 27(5):80-82.
- [10] 黄昌美, 刘刚, 李梦龙, 等. 背向旋转推铅球技术在田径普修中的实验研究[J]. 吉林体育学院学报, 2009, 25(4):45-46.
- [11] 黄健, 于军. 国内男子铅球运动员使用旋转技术的现状分析及研究[J]. 辽宁体育科技, 2007, 29(1):70-72.
- [12] 江涛. 在我国推行旋转式投掷铅球技术的设想[J]. 体育学刊, 1995(2):87-88.
- [13] 拉里·伍·贾吉, 刘曙, 刘兵, 程卫军译. 旋转式推铅球的教学法[J]. 安徽体育科技, 1994(4):40-43.
- [14] 李延军, 孙有平, 隋新梅, 等. 旋转推铅球过渡阶段肌肉用力特征的 sEMG 分析[J]. 北京体育大学学报, 2010(5):50-54.
- [15] 刘剑锋. 对旋转推铅球训练手段效果的实验研究[D]. 北京:北京体育大学, 2006.
- [16] 刘瑞江. 旋转推铅球技术之研究[D]. 济南:山东师范大学, 2000.
- [17] 毛永, 郑峰, 何明, 等. 推铅球技术的演变暨旋转式推铅球技术的要点和难点[J]. 山东体育科技, 2002, 24(1):1-4.
- [18] 申伟华. 英汉对照田径双语教材[M]. 湘潭:湘潭大学出版社, 2007;266-287.
- [19] 孙有平, 隋新梅, 钱风雷, 等. 基于 sEMG 的男子旋转推铅球运动员单支撑阶段肌肉用力特征研究[J]. 体育科学, 2010, 30(1):44-50.
- [20] 田鑫. 旋转推铅球的技术分析与训练[J]. 首都体育学院学报, 2003, 15(3):41-43.
- [21] 文世林. 我国两名优秀男子铅球运动员旋转推铅球技术的三维运动学分析[D]. 北京:首都体育学院, 2009.
- [22] 严海风. 我国部分优秀男子铅球运动员背向滑步推铅球技术三维运动学参数分析[D]. 苏州:苏州大学, 2006.
- [23] 闫永柱. 旋转式推铅球技术的优越性及其在我国适用性的探讨[J]. 山西体育科技, 2007, 27(4):30-34.
- [24] 张宝峰, 李风雷. 旋转推铅球技术优势的生物力学分析[J]. 首都体育学院学报, 2003, 18(2):76-78.
- [25] 张沁. 旋转推铅球技术优势与亚洲铅球运动发展[J]. 重庆文理学院学报(自然科学版), 2006, 5(3):34-36.

[责任编辑 魏 宁]