

对巩立姣伦敦奥运会最好成绩的 推铅球滑步技术的运动学分析

崔冬雪¹, 李梅素², 巩立姣², 段 斌³

- (1. 河北师范大学 体育学院, 石家庄 050024;
2. 河北省体育局 田径运动管理中心, 石家庄 050000;
3. 河北体育学院, 石家庄 050041)

摘 要:采用 Dartfish 解析法, 选取角度、高度、距离等指标, 对巩立姣在 2012 年伦敦奥运会上最好成绩 20.22 m 的推铅球滑步技术进行运动学分析, 并与新西兰选手 ADAMS Valerie 进行比较, 指出: 巩立姣在团身动作阶段, 右腿屈膝程度小, 呈现躯干下潜、臀高肩低的姿态; 在背向滑步右脚离地瞬间, 左腿摆动过高, 重心向投掷方向移动不充分、躯干起伏较大; 在右脚着地瞬间, 滑步距离较短、左侧肢体的回扣松散, 超越器械幅度小; 在左脚着地瞬间, 左脚落于投掷中线上, 两脚间左右距离过小、前后距离过大, 超越器械不充分。针对以上问题, 提出改善建议, 为其今后技术训练和水平提升提供参考。

关键词: 巩立姣; 铅球; 滑步技术; 运动学; 屈膝; 重心移动; 滑步距离; 两脚间距

中图分类号: G824.1

文献标志码: A

文章编号: 1008-3596 (2018) 03-0080-07

女子推铅球项目是我国田径运动的优势项目之一, 也是河北省竞技体育重点发展的运动项目。巩立姣是我国著名的女子铅球运动员, 分别在 2008 年北京奥运会和 2009 年柏林世界锦标赛上获得铜牌; 在 2009 年第十一届全国运动会投出了 20.35 m 的好成绩, 并在 2012 年伦敦奥运会上以 20.22 m 的成绩获得银牌。吕雪松等对参加第二十九届北京奥运会的现役世界优秀女子铅球运动员取得优异成绩的年龄进行研究发现, 女子推铅球运动员创造优异成绩的年龄偏大, 平均为 27—29 岁^[1]。而对于有着奥运作战经验、处在创造优异成绩最佳年龄的巩立姣来说, 如果

在运动技术上有所突破, 在将来的奥运赛场上会有更精彩的表现。因此, 对巩立姣推铅球技术进行研究、诊断具有较大的现实意义, 有利其在后续的比赛进一步创造优异成绩, 为我国田径运动水平的发展和提高做出更大的贡献。本研究运用运动生物力学的原理, 分析巩立姣推铅球滑步技术中的不足, 为其今后制订更具针对性和实效性的训练计划提供有价值的技术参考。

1 研究对象与研究方法

1.1 研究对象

以巩立姣在 2012 年伦敦奥运会比赛中第五

收稿日期: 2018-01-16

基金项目: 河北省体育局体育科技研究项目“优秀运动员巩立姣的推铅球技术分析及专项体能训练”(20141020)

作者简介: 崔冬雪 (1974—), 女, 河北蠡县人, 副教授, 博士, 研究方向为田径教学训练理论与方法。

文本信息: 崔冬雪, 李梅素, 巩立姣, 等. 对巩立姣伦敦奥运会最好成绩的推铅球滑步技术的运动学分析[J]. 河北体育学院学报, 2018, 32 (3): 80-86.

次试投（20.22 m）的技术动作作为研究对象，以本届奥运会该项目冠军、新西兰选手 ADAMS Valerie 的 20.70 m 一投的滑步技术作为对照对象，探讨巩立姣推铅球的滑步技术中的不足。两名运动员的基本信息见表 1。

表 1 巩立姣与 ADAMS Valerie 的基本情况表

姓名	国家	性别	身高/m	体重/kg	伦敦奥运会最好成绩/m
ADAMS Valerie	新西兰	女	1.96	120	20.70
巩立姣	中国	女	1.74	110	20.22

1.2 研究方法

1.2.1 文献资料法

搜集我国女子铅球技术与训练方面的文献资料进行分析，研读现阶段人们对巩立姣推铅球技术研究的成果，作为进一步准确分析诊断其推铅球滑步技术的理论基础和参考依据。

1.2.2 Dartfish 解析法

从视频资料中截取巩立姣和 ADAMS Valerie 从准备姿势开始至滑步动作完成后双脚落地为止的技术阶段。利用 Dartfish 软件对视频中推铅球场地的标志点进行标定，获得角度、高度和距离等相关指标，利用运动学原理分析巩立姣推铅球滑步技术中的不足。由于视频是从网络上获得的，本研究不对速度指标进行分析。

2 结果与分析

2.1 对巩立姣团身结束瞬间的技术分析

推铅球的滑步动作始于团身动作结束后臀部向投掷方向平移、身体重心移离支撑点的即刻。团身技术的姿势对于滑步动作的幅度、速度乃至对最后用力超越器械姿势的形成都有着重要影响。因此，有必要对滑步动作的初始状态进行分析。

从图 1、图 2 巩立姣和 ADAMS Valerie 团身的姿态及表 2 的数据来看，巩立姣在团身结束瞬间躯干前倾程度较大（肩部位置低于水平面，夹角为 -30°），右膝角为 150°，右踝角为 90°，由此可以看出，其团身主要是通过躯干的前倾压缩来完成的，形成了臀高肩低的状态，这种状态直接导致团身结束瞬间身体重心位置较高不在右

脚支撑点上，右腿负荷较大，不利于左腿流畅摆动和右腿蹬伸发力。



图 1 巩立姣团身结束瞬间



图 2 ADAMS Valerie 团身结束瞬间

表 2 巩立姣和 ADAMS Valerie 团身结束瞬间的技术参数

指标	巩立姣	ADAMS Valerie	差值
右膝角/（°）	150	131	19
右踝角/（°）	90	80	10
团身高度/cm	98	98	0
躯干与水平面夹角/（°）	-30	0	30
持球肩臂夹角/（°）	65	52	13

臀高肩低的团身姿势使得头部处于较低位置，下肢状态是一个以髋部为稳定点的自平衡状态，头部越低，与之相关联的左腿会越高。由此也导致二人左脚位置的不同：巩立姣的左脚距离右脚约一脚长，而 ADAMS Valerie 的左脚回收至右脚脚掌中部，摆动腿的摆动初始位置不同，

相应地会影响摆动速度。

从表2可以看出,两人持球臂的肩角角度也存在着较大的不同:巩立姣的持球臂肩角角度为 65° ,这在一定程度上增加了投掷臂对铅球施加的横向作用力,增大了滑步时的动作难度,影响了滑步动作的流畅性和滑动速度。ADAMS Valerie比巩立姣身高高出22 cm,该运动员团身结束时肩与髋基本保持在同一高度,臀肩的连线与地面平行,头部处于一种较高的位置,且持球臂的肩角为 52° ,是从下向前上方的用力状态控制铅球的,可以轻松地控球,不会对后续的滑步动作产生较大的影响,从运动生物力学的原理来看,是比较合理的。

同时,ADAMS Valerie的团身主要以加大右腿膝关节、踝关节的弯屈程度的方式来完成:右膝角为 131° ,右踝角为 80° ,躯干基本保持水平位,身体重心距离右脚支撑点较近。由两者团身后身体最高点(巩立姣的臀部、ADAMS Valerie的背部)距地面都是98 cm可以看出,ADAMS Valerie团身更加紧凑而稳定,身体重心较低且在支撑点上方,对于右脚的壓力更大,这更有利于ADAMS Valerie发挥脚跟蹬地用力滑步的技术特点。

依据运动生物力学的原理分析,团身动作是为滑步做好准备,创造一个有利的发力姿势,并且团身后的动作是以臀部向投掷方向移动为滑步动作的开始,左右腿随着身体重心的移动开始进行摆蹬动作^[2]。以左腿的摆动为牵引,带动右腿的蹬伸;右腿的蹬伸又会加速左腿的摆动,这种以摆带蹬、以蹬促摆的摆蹬配合动作即是滑步动作的动力源,同时又引领着滑步的方向,所以左右腿的摆蹬动作决定了滑步技术的效果。然而,团身动作中右侧下肢关节的角度及身体重心的位置为左右腿的摆蹬配合提供了初始条件。在右腿的用力过程中,右膝、右踝关节角度的大小、人体的重心位置直接影响到肌肉做功距离、动员肌纤维的数量、肌纤维弹性能的利用以及蹬伸的方向,最终影响滑步效果。从数据来看,巩立姣的团身动作中右膝、右踝关节角度较大,大腿参与用力的肌群的肌肉被预先拉长的程度不足,肌肉收缩力量小、速度慢,同时身体重心没有在支撑

点上,对于右脚的壓力较小,且重心的移动空间较小,预先加速不足,影响到了滑步时的蹬地力量、滑步距离和速度。同时由于巩立姣的团身动作是臀高肩低的状态,易导致重心的移动向着投掷方向的前上方移动,而不是向抵趾板方向摆插,也会导致左脚的落地速度慢、用时长。

因此,通过各指标的比较与运动生物力学的分析,建议巩立姣在团身动作过程中减小右膝、右踝关节角度,增大右腿屈膝程度,保持躯干与地面平行或肩部稍高于臀部,使身体重心充分移至作为支撑点的右脚前脚掌部位,注意左腿的回收幅度和位置,这也更符合巩立姣以脚掌用力蹬地的滑步技术特点。

2.2 对巩立姣滑步过程中右脚蹬离地面瞬间的技术分析

依据动作进程,在滑步推铅球技术的起滑阶段,是以摆动腿为引领,以摆动带动蹬伸的,故在此先讨论两名选手的摆动腿技术。从图3、图4和表3中可以看到,两名选手左脚所处的位置距离地面的高度不同,巩立姣左脚脚尖距离地面为30 cm、左小腿内侧与地面夹角为 30° ,而ADAMS Valerie左脚脚尖距离地面为15 cm、左小腿内侧与地面夹角为 60° ,说明巩立姣的摆动方向向上的成分较多^[3],致使摆动高度过高,由此可以推测出两名选手左腿运动的方向和路线是不一样的,巩立姣的左腿运行路线长于ADAMS Valerie,由于左脚的位置高会影响后续左脚的着地方式、速度以及躯干的姿态。在巩立姣的滑步过程中,左腿踝关节的角度基本保持在 110° 左右,左脚处于背伸状态,这种状态在摆动过程中会加长摆动半径,影响摆动速度,同时在摆动过程中力点较远、降低效果。反观ADAMS Valerie的左踝关节在滑步过程中的情况,在团身结束瞬间到右脚离地瞬间,其左踝关节的角度保持在 80° — 90° ,左脚处于脚尖勾起状态。可见,ADAMS Valerie的左腿摆动是以脚跟为力点进行摆动的,摆动半径较巩立姣短,摆动效果更好。

巩立姣由开始站位到滑步结束右脚着地的过程中,始终保持右脚内扣并与投掷中线成 135° 夹角,右脚离地瞬间主要是通过右膝、右踝关节的伸展和右脚前脚掌内侧作用于地面进行滑动

的。此种技术减少了滑步过程中右脚的內转动作,做功距离长、参与肌肉多,利于滑动且省能。但是,由于巩立姣在团身结束瞬间右膝关节角较大,弯屈程度较小,在右脚离地瞬间右膝关节的伸展幅度不足,所以主要是以右踝关节的伸展发挥作用,大肌群用力效果差,影响了滑步距离。而 ADAMS Valerie 在准备滑步阶段右脚的站位与投掷中线重合,在滑步过程中,右脚以脚跟发力蹬离地面,并以脚跟为轴向內扣转,转换成前脚掌着地,与投掷中线形成 135° 的夹角。ADAMS Valerie 右腿蹬离地面瞬间是以主动伸展右膝关节的大肌群发力为主,右脚掌未参与发力。由于大肌群收缩力量大、速度快、距离长,所以滑步效果好。右小腿与地面的夹角越小说明身体重心与支撑点的距离越远,从两名运动员对比中可以看出,巩立姣的角度偏大 (65°),说明身体重心向投掷方向移动不够^[4]。



图3 巩立姣右脚离地瞬间



图4 ADAMS Valerie 右脚离地瞬间

表3 巩立姣和 ADAMS Valerie
右脚蹬离地面瞬间的技术参数

指标	巩立姣	ADAMS Valerie	差值
左脚尖与地面的距离/cm	30	15	15
左小腿内侧与地面夹角/ (°)	30	60	-30
左踝脚/ (°)	110	90	20
右脚内侧与投掷中线夹角/ (°)	135	135	0
右踝脚/ (°)	141	90	51
右膝角/ (°)	160	160	0
右小腿与地面夹角/ (°)	65	60	5
躯干前倾角/ (°)	30	28	2
左肩前角/ (°)	115	105	10
右肩前角/ (°)	145	135	10
铅球距地面的高度/cm	106	98	8

从表3 躯干前倾角度来看, 巩立姣的前倾角度虽然比 ADAMS Valerie 略大, 但是从开始滑步之前的角度由水平面下上升到水平面上, 躯干起伏波动较大。同时, 右肩前角比 ADAMS Valerie 大 10°, 而左肩前角则小 10°, 说明巩立姣的左侧回扣不紧, 右侧紧张。铅球距离地面的高度高于 ADAMS Valerie, 不利于保持滑步过程“低”“平”的技术要求。因此, 通过各指标的比较与运动生物力学的分析, 建议巩立姣在滑步开始阶段积极主动向投掷方向移动重心, 控制左腿的摆动方向并将左脚尖勾起, 缩短摆动半径, 提高滑步速度, 增大左臂回扣幅度, 维持身体的平衡, 控制身体的后倒动作, 为超越器械做好准备。

2.3 对巩立姣滑步过程中右脚着地瞬间的技术分析

滑步距离是检查滑步效果的重要指标, 合理适宜的滑步距离可使身体和铅球获得一个较大的运动速度, 通过这一指标可以评价滑步技术中的摆蹬配合效果, 滑步距离也影响着左脚着地后两脚间的距离及身体所处的形态、最后爆发用力的效果。通过图片展示和数据测量, 巩立姣推铅球的滑步距离为 80 cm, 与以往的研究较为接近^[6], 落点处于投掷圈圆心的后侧, 远离投掷方向, 而 ADAMS Valerie 滑动了 100 cm 的距离, 靠近圆心的位置, 因其身高比巩立姣高 22 cm,

考虑到在左脚着地后两脚间的距离及最后用力的需要，这种距离对其而言是合适的，但对巩立姣而言显然滑步距离过短，双支撑左右脚之间的距离过长，从而会影响左脚着地时身体的重心位置。

表 4 巩立姣和 ADAMS Valerie
右脚着地瞬间的技术参数

指标	巩立姣	ADAMS Valerie	差值
躯干后倾角/（°）	38	36	2
右脚滑步距离/cm	80	100	-20
铅球投影点至右脚支撑点的距离/cm	0	26	-26
右踝角/（°）	106	106	0
右膝角/（°）	125	125	0
左膝角/（°）	165	145	20
左踝角/（°）	105	100	5
右脚内侧与投掷中线夹角/（°）	135	135	0
右肩前角/（°）	145	135	10
左肩前角/（°）	90	90	0

从表 4 中两人右脚着地瞬间铅球投影点至右脚支撑点的距离、左膝角、左踝角和右肩前角等的差异中可以看出，巩立姣在右脚落地后身体的扭紧状态较 ADAMS Valerie 弱了些；由右肩前角可以看出，巩立姣的右侧肩胸过于后张，较为紧张。由于滑步之始摆动腿的方向导致在此瞬间左膝角与 ADAMS Valerie 相比偏大，不利于左脚的快速着地。同时，观察图 5、图 6 可以发现，两名运动员左手所处的位置不同，巩立姣的左侧较为放松，不利于左侧的控制，影响了右脚着地后良好超越器械的姿态。

因此，通过对比分析，建议巩立姣在改善起滑技术的同时，注重右髋、右腿的灵活性和左侧肢体的控制能力，增加滑步距离和超越器械的程度。

2.4 对巩立姣滑步过程中左脚着地瞬间的技术分析



图 5 巩立姣右脚着地瞬间



图 7 巩立姣左脚着地瞬间



图 6 ADAMS Valerie 右脚着地瞬间



图 8 ADAMS Valerie 左脚着地瞬间

表 5 巩立姣和 ADAMS Valerie
左脚着地瞬间的技术参数

指标	巩立姣	ADAMS Valerie	差值
两脚前后距离/cm	120	112	8
两脚左右距离/cm	10	40	-30
铅球投影点至右脚支撑点的距离/cm	0	40	-40
右踝角/（°）	118	118	0
右膝角/（°）	118	118	0
左膝角/（°）	160	140	20
左踝角/（°）	93	93	0
右脚内侧与投掷中线夹角/（°）	135	135	0
右肩前角/（°）	160	155	5
左肩前角/（°）	155	135	20

通过图 7、图 8 和表 5 相关数据来看，ADAMS Valerie 在左脚着地瞬间左脚所落位置靠近抵趾板左侧正对投掷落地区的左侧角度线，两脚间左右距离为 40 cm，前后间的距离为 112 cm。巩立姣的左脚落在靠近投掷中线的位置，两脚间的左右距离较短，没有形成右脚的脚跟对着左脚脚尖 的形态，但两脚前后距离较长，为 120 cm。对于身高 174 cm 的巩立姣来说，两脚前后 120 cm 的距离有些过大（ADAMS Valerie 身高 196 cm，而两脚前后距离为 112 cm），会影响到重心向投掷方向的移动速度。

从铅球投影点至右脚支撑点的距离、左膝角、左肩前角、右肩前角这些指标上的差距来看，ADAMS Valerie 左侧肢体回扣程度较紧，铅球远离右脚支撑点，表明铅球留在了人体后面，形成了较好的超越器械姿势。而巩立姣的数据则暴露了其在超越器械方面存在问题：未在双支撑用力给器械加力前形成良好的姿态基础，影响到各环节用力顺序及力的传递效果和速度叠加效应。

因此，建议巩立姣在左脚着地瞬间，缩短左右两脚前后的距离，增加两脚间的横向距离，为最后用力中髋部的运动留有合理适宜的空间，提高主动与被动控制的能力。

3 结论

巩立姣在团身动作阶段，右腿屈膝程度小，

呈现躯干下潜、臀高肩低的姿态；在背向滑步右脚离地瞬间，左腿摆动过高，重心向投掷方向移动不充分、躯干起伏较大；在右脚着地瞬间，滑步距离较短、左侧肢体的回扣松散，超越器械幅度小；在左脚着地瞬间，左脚落于投掷中线上，两脚间左右距离过小、前后距离过大，超越器械不充分。

4 建议

（1）巩立姣在团身动作过程中，应进一步减小右膝、右踝关节角度，增大右腿屈膝程度，保持躯干与地面平行或肩部稍高于臀部，使身体重心充分移至作为支撑点的右脚前脚掌部位，注意左腿的回收幅度和位置，这更符合巩立姣以脚掌用力蹬地的滑步技术特点，为优化滑步效果提供有力的技术支持。

（2）在起滑阶段应积极主动向投掷方向移动重心，控制左腿的摆动方向并将左脚尖勾起，缩短摆动半径，提高滑步速度。增大左臂回扣幅度，维持身体平衡，控制身体的后倒动作，为超越器械做好准备。

（3）在改善起滑技术的同时，注重右髋、右腿的灵活性和左侧肢体的控制能力，增加滑步距离和超越器械的程度。

（4）在左脚着地瞬间，缩短左右两脚的前后距离，而增加左右距离，为最后用力中髋部的运动留有合理适宜的空间，提高主动与被动控制的能力。

参考文献：

[1] 吕雪松,陈丽娟.世界优秀铅球运动员身体形态特征、年龄和最好成绩分析[J].西南师范大学学报:自然科学版,2011,36(5):203.

[2] 温杰,王艺.世界优秀女子铅球运动员背向滑步推铅球技术的生物力学分析[J].河北体育学院学报,2013,27(3):74.

[3] 王彩平,赵龙.我国优秀铅球运动员巩立姣技术特征研究[C]//中国体育科学学会运动训练学分会.第六届全国田径运动发展研究成果交流会论文集,2013.

[4] 杨瑞鹏,李金刚,陈小龙.优秀女子铅球运动员滑步阶段下肢技术的运动学分析[J].体育学刊,2011,18

- (5):102.
- 前 3 名运动员技术运动学特征[J]. 首都体育学院学报,2010,22(6):65.
- [5] 李厚林,苑廷刚,李爱东,等. 我国女子铅球全运会

Kinematical Analysis on Gong Lijiao’s Sliding Technique of the Best Throwing Result of Shot Put in London Olympic Games

CUI Dong-xue¹, LI Mei-su², GONG Li-jiao², DUAN Bin³

- (1. School of Physical Education, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024, China;
2. Administration Center of Athletics, Hebei Sports Bureau, Shijiazhuang 050000, China;
3. Hebei Sport University, Shijiazhuang 050041, China)

Abstract: By Dartfish analytical method, kinematic analysis of Gong Lijiao’s best result of 20.22 meters in the 2012 London Olympic Games is carried out by the indexes such as angle, height and distance, and after being compared with Adams Valerie from New Zealand, it is pointed out that Gong Lijiao’s right leg made relatively small flexion degree, showing torso submergence with a posture of high hip and low shoulder; at the right leg’s takeoff instant in backsliding, her left leg swung too high, the gravity center moved sufficiently to the throwing direction, torso fluctuates acutely; at the right leg’s landing instant, she made comparatively shorter sliding distance, her left limb possessed loose withdrawal toward her gravity center, her body made small degree surpassing the apparatus; at the left leg’s landing instant, her left foot landed on the throwing midline, the horizontal distance between both feet is too short, while the vertical distance is too long, her body insufficiently surpassed the apparatus. In view of the above issues, some suggestions are put forward for improvement and reference for her future technical training and improvement.

Key words: Gong Lijiao; shot put; sliding technique; kinematics; knee flexion; moves of gravity, sliding distance; distance between two feet