

·竞赛与训练·

优秀女子铅球运动员滑步阶段下肢技术的运动学分析

杨瑞鹏¹, 李金刚², 陈小龙¹

(1. 咸阳师范学院 体育系, 陕西 咸阳 712000; 2. 瑞泉中学, 陕西 渭南 714000)

摘 要: 以我国优秀女子铅球运动员李梅菊、李玲、刘向荣和巩立娇为研究对象, 运用文献资料、三维摄像和录像解析等, 结合运动技术诊断原理从运动学角度对其滑步阶段左侧和右侧下肢技术特征、左右下肢配合状况及动量传递特征进行分析。结果发现: (1) 右离时, 李梅菊和刘向荣的蹬摆配合时机不理想, 臀部后移幅度不够; (2) 这 4 名队员在右离时左腿间动作链不同程度遭到破坏, 不符合人体运动链的原理; (3) 除李梅菊之外的其他运动员, 右离时右腿间的动量传递效果较好, 符合人体运动链的原理; (4) 巩立娇右着时右髋速度明显偏小; (5) 在滑步阶段结束时 4 名运动员的重心过高, 尤其是李玲。

关 键 词: 人体运动学; 女子铅球; 滑步阶段; 下肢技术; 运动学分析

中图分类号: G804.6 文献标识码: A 文章编号: 1006-7116(2011)05-0102-04

Kinematical analysis of the lower limb moving techniques of excellent female short putters at the gliding stage

YANG Rui-peng¹, LI Jin-gang², CHEN Xiao-long¹

(1. Department of Physical Education, Xianyang Normal University, Xianyang 712000, China;

2. Ruiquan Junior High School, Weinan 714000, China)

Abstract: By basing their study subjects on excellent Chinese female shot putters LI Mei-ju, LI Ling, LIU Xiang-rong and GONG Li-jiao, by means of literature data, 3D photography and video analysis, coupled with the principle of technical diagnosis of sport, the author performed a comprehensive analysis on the technical characteristics, mutual assistance conditions and momentum transfer characteristics of their left and right lower limb movement from the perspective of kinematics. Main conclusions: 1) when the right leg lifted off, the timing for kicking and swinging by LI Mei-ju and LIU Xiang-rong was not ideal, and the amplitude of their buttock moving backward was insufficient; 2) when the right leg lifted off, the left leg movement chain of these four players was damaged to different extents, not in conformity with the principle of the human movement chain; 3) when the right leg lifted off, the effect of right leg momentum transfer of other players except LI Mei-ju was good, in conformity with the principle of the human movement chain; 4) when the right leg stood, the right hip speed of GONG Li-jiao was significantly on the low side; 5) at the end of the gliding stage, these four players, especially LI Ling, had a too high center of gravity.

Key words: kinesiology; women's shot put; gliding stage; lower limb moving technique; kinematical analysis

我国女子铅球虽然在第 29 届奥运会上取得了第 5、8 名的成绩, 但是与第 1、2 名的成绩还有较大差距。造成这一情况的原因是多方面的, 但是从技术的角度来看, 滑步阶段技术是主要影响因素之一。它是投掷技术的开始, 其左侧和右侧下肢技术完成情况和其配合状况对于运动技术水平和成绩的提高至关重

要。研究表明: 左侧肢体的运动形式是整个投掷技术的前提, 右侧用力是各个阶段的用力的开始, 右侧技术的好坏决定着成绩的好坏^[1-2]。因此, 有必要对滑步阶段左、右两侧技术和它们之间配合状况进行分析。另外, 通过文献分析, 以往对滑步阶段技术的研究多以右侧技术为主, 很少涉及左侧下肢技术和左、右两

收稿日期: 2010-12-12

作者简介: 杨瑞鹏(1980-), 男, 讲师, 硕士, 研究方向: 体育教学与训练。

侧下肢技术的配合状况的研究。所以,对滑步阶段左、右侧下肢技术和它们之间的配合状况进行研究非常必要,对我国优秀铅球运动员滑步阶段技术的全面认识有重要意义。

1 研究对象

以2008年杭州萧山举行的中国田径大奖赛女子铅球比赛前4名运动员李梅菊、李玲、刘向荣和巩立娇为研究对象。以“从左脚后摆开始——右脚着地”阶段的下肢技术为研究内容。

2 研究方法

用两台高速摄影机对比赛现场进行录像。高速录像光学镜头为美国PULNIX公司生产的CCD高速扫描摄像头(TM-6710CL),拍摄频率为120 p/s;高速采集卡为METEORII-CAMERA-LINK,主光轴高度1.2 m,两摄像头距离拍摄点为10 m,主光轴间夹角约为90°。另外,赛前和赛后均对“艾捷”三维立体框架坐标进行拍摄。

使用美国Ariel公司的APAS运动分析系统对录像(影片)进行解析,选用松井秀治模型,依据人体模型

的标准和研究的需要选取20个关节点,对图像数字化处理,用低通数字滤波法对原始数据进行平滑处理(平滑系数为6),获取本研究所需要的原始数据。

对原始数据用Microsoft Excel 2003汇总,并计算其平均数和标准差,即用 $(\bar{x} \pm s)$ 表示。

3 结果与分析

滑步是由臀部主动后移,左腿积极后摆,充分利用“移、摆”产生的动力开始的,使身体和铅球摆脱静止状态,获得一定的向投掷方向运动的速度,为顺利完成后续动作做好准备。它要求身体重心的移动和铅球运动的轨迹低、平、快。低是指铅球和身体重心要低,平是指铅球和身体重心起伏要小,快是指摆动腿摆动迅速,蹬地腿蹬伸有力、收拉快^[3]。

3.1 我国运动员滑步阶段右侧下肢肢体特征

从表1可知,我国运动员在滑步开始右脚离地瞬间平均蹬地角为 $(57.065 \pm 2.803)^\circ$,除李玲蹬地角较小外,其他运动员与世界优秀运动员斯卢皮亚内克相比 $(21.41 \text{ m}, \text{蹬地角为 } 58^\circ)$ ^[4],蹬地角差别不大。

表1 铅球运动员滑步阶段右侧肢体运动学参数测定结果

运动员	右蹬地角 _{右离} (°)	右踝角/(°)		右膝角/(°)		差值	大腿最大夹角及出现时机	
		右离	右着	右离	右着		夹角 _{max} (°)	出现时机
李梅菊	60.906	109.110	115.759	165.128	108.273	56.855	104.628	右离后
李玲	54.213	126.033	117.333	169.919	122.520	47.399	110.628	右离前
刘向荣	56.878	114.151	112.651	164.167	108.058	56.009	93.523	右离后
巩立娇	56.261	157.893	128.166	172.000	117.223	54.777	102.060	离瞬间
$\bar{x} \pm s$	57.065 ± 2.803	126.790 ± 21.911	118.477 ± 6.746	167.802 ± 3.764	114.019 ± 7.097		102.710 ± 7.099	
运动员	右髌角/(°)			重心腾起角/(°)	重心高度/m			滑步距离/m
	右离	右着	差值		右离	右着	差值	
李梅菊	80.280	87.080	7.028	18.000	0.720	0.834	0.114	0.756
李玲	92.857	71.558	-21.299	30.382	0.883	0.950	0.067	0.927
刘向荣	90.225	88.574	-1.651	18.490	0.775	0.881	0.106	0.670
巩立娇	68.480	78.945	10.465	21.210	0.852	0.882	0.030	0.777
$\bar{x} \pm s$	82.961 ± 11.091	81.596 ± 7.940		21.669 ± 6.726				

他们的重心腾起角度差异较大,李玲的最大 (30.382°) ,巩立娇的次大 (21.210°) ,李梅菊最小 (18.000°) ,但是李玲的蹬地角较小只有 54.213° ,这主要是由于右脚蹬离地面时蹬伸比较充分造成的。腾起角的大小决定着滑步过程中运动员身体重心上下起伏的大小,腾起角小可使重心上下起伏小、速度损失小,因而容易达到滑步低、平、快的要求,并为过渡阶段打下良好的基础。结合两者数据分析,李梅菊滑步时重心相对比较平稳,李玲的起伏较大。

右脚离地瞬间,右踝角度平均为 $(126.790 \pm 21.911)^\circ$,

在滑步结束时右脚着地瞬间平均为 $(118.477 \pm 6.746)^\circ$,比上一个瞬间减小约 8.3° 。但是横向比较,只有李梅菊的角度略有增加。右踝角的大小反映了运动员在着地瞬间右踝积极着地程度以及右脚内转的积极程度。横向比较后发现4名运动员只有李梅菊是增大的,其他运动员都不同程度减小了,巩立娇减小的最多,这主要是由于她右离时的右踝角过大造成。右脚离地瞬间右膝角的大小直接反映运动员在离地瞬间右腿蹬伸积极的程度^[1]。表1显示,我国选手平均为 $(167.802 \pm 3.764)^\circ$,巩立娇的最大为 172.000° 。右着之后的右

膝角大小反映了右膝的收拉程度,她们右着时候右膝角的平均值是 $(114.019 \pm 7.097)^\circ$ 。相对于右离时的角度,说明他们右膝收拉的程度大,为形成良好的超越器械姿势奠定了基础。右着和右离时右膝关节角度的差值越大说明收拉越积极。同样表 1 横向比较,李玲的差值最小只有 47.399° ,说明其在右着之前的右小腿回拉不够积极。

右髋角是上体躯干和右大腿在右髋部所形成的夹角^[4]。我国优秀运动员右离时右髋角平均为 $(82.961 \pm 11.091)^\circ$,和世界优秀运动员斯卢皮亚内克的 84° 相比,差别不大,但是巩立娇的右髋角只有 68.480° ,明显偏小。而李玲和刘向荣右离时的右髋角偏大,均达到 90° 以上,说明他们的上体抬起较早。右着时,平均角度李玲和刘向荣外都是有所增加,说明他们的身体在逐渐的抬起,符合投掷原理;李玲和刘向荣的右髋角不同程度减小了,尤其是李玲,说明其在右离时上体抬起较高,为了弥补不足,右着时上体主动地前倾,减小了右髋角,以利于超越器械姿势的形成。因此,容易造成滑步阶段身体重心起伏过大问题出现。

两大腿最大夹角反映了运动员在滑步过程中左腿向投掷方向摆动的积极程度^[5]。两大腿最大夹角出现时机可以反映蹬摆配合的理想程度。表 1 显示我国优秀运动员两大腿之间的最大夹角平均为 $(102.710 \pm 7.099)^\circ$,而世界优秀运动员斯卢皮亚内克是 122° ,说明我国运动员两大腿最大夹角偏小,尤其是刘向荣,只有 93.523° ,而且最大夹角是出现在右离前,所以其蹬摆配合不是很好,右腿发力较早,左腿摆动的浮动较小(右离时左脚离地高度只有 0.256 m),不利于适当延长滑步距离。而李梅菊和李玲及巩立娇相对来说比较积极,其两大腿夹角分别达到了 104.628° 、 110.628° 和 102.060° 。分析表明:只有李梅菊的两大腿夹角出现在右蹬离地面之后,所以只有巩立娇和李玲的蹬摆配合比较理想。

当两大腿最大夹角出现在右离之后容易造成滑步距离较短,她们的滑步距离同样可以反映上述问题。因此在滑步阶段要注意蹬摆配合,尽量使两大腿最大夹角出现在右离瞬间。

重心的高度间接可以反映身体最后的超越器械姿势前的预备动作的评价标准^[6]。如果过高会造成滑步阶段铅球的运行距离缩短。右离和右着时的重心高度差可以评定滑步技术阶段上体的控制程度,其差值越小,说明其上体控制能力越好。对表 1 横向对比发现:李梅菊的高度差较大(达到 0.114 m),其次为刘向荣(为 0.106 m)。因此他们的上体控制能力不是很好,但是除李梅菊外的李玲、巩立娇和刘向荣在右着时重心的高度都较大,尤其是李玲(0.950 m)。所以在滑步结束时他们的上体抬起较高,尤其是李玲。如果在滑步阶段结束时重心过高,则在整个投掷过程中铅球的运行距离将会缩短。

3.2 我国运动员滑步阶段左侧下肢肢体特征

根据表 2 参数评价和动作链原理都可以证明,摆动腿摆动不论是右离还是右着时,都是左髋角>左膝角>左踝角,符合投掷原理和相邻环节之间动量传递原理。其夹角的大小不仅可以反映其环节运动幅度的大小,同时也可以反映其用力的大小。

右离时,左脚离地高度不仅可以间接反映重心的起伏状况也可以反映蹬地角或腾起角的大小^[7]。离地过高会使右脚的蹬地角或身体的腾起角偏大,右离时李梅菊左脚离地高度为 0.572 m 、李玲为 0.489 m ,结合她们各自的腾起角或蹬地角(李梅菊蹬地角为 60.906° 、李玲的腾起角为 30.795°)同样反映上述问题。

右离时,左髋到支点的距离和右着时左髋到支点的距离的差值大小,可以间接反映其腿部后移的幅度^[1]。表 2 显示,李梅菊的差值最小(0.032 m),其次是刘向荣(0.175 m)。因此,他们在蹬摆时臀部后移幅度不够。所以,建议在以后的训练中加强此环节的训练。

表 2 铅球运动员滑步阶段左侧肢体参数测定结果

运动员	左踝角/ $^\circ$		左膝角/ $^\circ$		左髋角/ $^\circ$		左脚离地高度/m	左髋到支点距离/m		
	右离	右着	右离	右着	右离	右着		右离	右着	差值
李梅菊	137.482	100.781	111.231	108.980	177.777	156.078	0.572	1.070	0.938	0.032
李玲	152.595	108.975	154.908	141.508	157.018	163.704	0.489	1.223	1.030	0.193
刘向荣	119.726	114.456	140.306	165.681	172.810	161.628	0.256	1.127	0.942	0.175
巩立娇	124.778	107.772	157.619	161.975	167.541	157.348	0.187	1.170	0.970	0.200
$\bar{x} \pm s$	133.645 ± 14.676	107.996 ± 5.621	141.061 ± 21.262	144.536 ± 25.978	167.787 ± 8.889	159.690 ± 3.578				

3.3 我国运动员左右下肢配合及动量传递特征

右离时两大腿最大夹角及出现的时机可以评定其

两腿蹬摆技术配合状况。当最大角度处在右离瞬间说明其摆动腿的动量传递好;出现在右离之前或之后,

说明由左腿摆动获得的动量没有充分利用。表1显示,巩立娇在右离瞬间两大腿夹角最大,李玲在右离前达到最大角度,然而只有李梅菊和刘向荣在右离后才出现最大角度,所以他们的蹬摆配合技术需要加强练习。

根据人体各环节在用力时符合人体运动链的原理和大环节带动小环节加速的原理,同时结合投掷原理,可以对左右腿之间的动量传递情况进行评价。理论上可以认为,右离时属于远端固定,因此右髋速度>右膝速度>右踝速度;右着时近端固定,因此是右踝速度>右膝速度>右髋速度;左摆时左髋速度<左膝速度<左踝速度;蹬摆时(即右离时)左髋速度>右髋速度;右着时右髋速度>左髋速度。

同样,表3显示:刘向荣右离时的右踝速度大于其右膝速度和右髋速度,说明其在右离时右脚的蹬地积极主动;李玲和巩立娇的速度是右髋>右膝>右踝,充分发挥了左腿的摆动作用;李梅菊右腿各环节之间动量传递效果不是很好,传递链遭到破坏,建议其在以后的训练中加强左腿的积极摆动或右腿的积极蹬伸间

的节奏练习。因此,除李梅菊外的其他运动员,右离时右腿间的动量传递效果较好,符合人体运动链的原理。

右着时,右踝速度>右膝速度>右髋速度,说明右着时近端固定,各关节依次加速,并积极主动内收,符合投掷技术原理。

左腿摆动时左踝速度小于左膝速度(左踝:(1.935 ± 0.636) m/s);左膝:(2.583 ± 0.310) m/s),但是右着时左踝速度明显大于左膝速度。说明其右离和右着时左踝和左膝间的速度链遭到破坏,动量传递效果不好。

右离时左右髋间的速度比较,可以判断右髋在右脚着地后向投掷方向转动的积极性。左髋速度大于右髋速度,左髋平均速度(2.054 ± 0.191) m/s明显大于右髋的平均速度(1.670 ± 0.500) m/s,说明其左腿后插积极主动,有助于右髋部的侧移和双支撑阶段超越器械姿势的形成。因此我们认为,李梅菊和刘向荣右离时右髋速度偏小,影响其双支撑阶段右髋部的侧移和超越器械姿势的形成。

表3 铅球运动员左右侧下肢环节速度测定结果

运动员	m/s											
	右踝速度		右膝速度		右髋速度		左髋速度		左膝速度		左踝速度	
	右离	右着										
李梅菊	2.810	3.419	1.757	2.840	1.609	1.460	1.879	1.909	1.912	1.260	1.731	3.737
李玲	1.023	2.767	2.123	2.413	2.557	2.037	2.363	2.037	3.156	1.708	2.252	3.102
刘向荣	2.624	3.031	2.228	2.488	1.943	2.053	2.030	1.941	2.701	1.660	2.477	1.546
巩立娇	2.098	3.263	2.381	2.939	3.015	1.813	2.477	2.328	2.565	1.928	1.280	1.409
$\bar{x} \pm s$	2.139 ± 0.816	3.128 ± 0.233	2.122 ± 0.130	2.281 ± 0.538	2.281 ± 0.538	1.670 ± 0.500	2.187 ± 0.232	2.054 ± 0.191	2.583 ± 0.310	1.639 ± 0.642	1.935 ± 0.636	2.449 ± 0.440

4 结论

1)李玲在右离时上体抬起较早、右着时右小腿收拉不够积极,左腿间的动作链遭到破坏。

2)刘向荣在右离时上体抬起较早、预摆时臀部后移幅度不够、蹬摆配合时机不理想,右离时右髋速度较小,影响双支撑阶段右髋部的侧移和超越器械姿势的形成,同时左腿间的动作链遭到破坏。

3)李梅菊在右离时预摆臀部后移幅度不够,右髋速度偏小,蹬摆配合时机不理想,且左、右腿间的动量传递效果不好,动作链遭到破坏。

4)刘向荣右离时右髋速度偏小,影响其双支撑阶段右髋部的侧移和超越器械姿势的形成,同时左腿间的动作链遭到破坏。

5)除李梅菊之外的其他运动员,右离时右腿间的动量传递效果较好,符合人体运动链的原理。

6)在滑步阶段结束时她们的重心都过高,尤其是李玲。

参考文献:

- [1] 刘永科. 对4名女子铅球运动员右侧技术的运动学和动力学分析[D]. 石家庄: 河北师范大学, 2004.
- [2] 郭明. 对4名女子铅球运动员左侧技术的运动学和动力学分析[D]. 石家庄: 河北师范大学, 2004.
- [3] 文超. 田径运动高级教程[M]. 2版, 北京: 人民体育出版社, 2003: 540-553.
- [4] 李敬, 马相华. 我国现役优秀男子铅球运动员滑步技术的运动学研究[J]. 体育与科学, 2008, 29(4): 79-82.
- [5] 马志云, 许景朝, 李梅素, 等. 我国优秀男子铅球运动员滑步阶段技术的三维运动学分析[J]. 山东体育学院学报, 2006, 32(4): 75-79.