



对男子铁饼运动员黄东祎投掷技术第二圈旋转动作的运动学分析

隋新梅¹, 何俊良²

摘要: 研究目的: 通过对黄东祎技术动作最后用力环节的运动学分析, 得出其动作的优化途径, 为今后训练突破提供理论依据和数据支持。研究方法: 使用三维红外运动捕捉系统, 对采集成功(无犯规)的3次技术动作进行解析, 并使用 Visual3D 软件计算出受试者的运动学相关参数。研究结果: 黄东祎与国内外男子优秀铁饼运动员相比, 其投掷铁饼最后用力阶段铁饼的运动距离均显示较短; 在单支撑阶段及双支撑阶段, 黄东祎投掷动作的铁饼运行距离都小于国内外优秀运动员。研究结论: 黄东祎投掷铁饼第二圈旋转动作中, 下肢用力顺序基本符合训练要求, 手臂与躯干的扭紧程度尚可; 存在整体动作幅度较小, 躯干扭紧程度不够, 右髋关节活动度较左髋关节小。建议在今后的训练中应加强黄东祎在第二圈旋转动作中髋横轴旋转能力; 同时注重加强右髋关节用力的积极性, 从而优化双支撑阶段的身体扭转, 增加动作的幅度。

关键词: 男子铁饼; 运动学分析; 运动生物力学

中图分类号: G808 文献标志码: A 文章编号: 1006-1207(2016)04-0095-05

Kinematic Analysis of the 2nd Turning Movement of Huang Dongyi, a Male Discus Thrower

SUI Xinmei¹, HE Junliang²

(1. Shanghai Technical Sports Institute, Shanghai 201100, China; 2. Shanghai Research Institute of Sports Science, Shanghai 200030, China)

Abstract: Objective: This study attempts to make a kinematic analysis of Huang Dongyi's final force-exertion movement so as to find ways for optimizing his movement and provide theoretical base and data for the future breakthrough in training. Method: The three technical movements captured successfully (without fouls) will be analyzed by the 3D motion capture system and Visual 3D will be used to calculate the related kinematic parameters of the subject. Result: Compared to other domestic and foreign male discus throwers, the moving distance of the discus thrown by Huang Dongyi in the last exertion phase is shorter. Similar phenomena can be seen in the single support and double support phases. Conclusion: In the 2nd round turning movement, the sequence of his lower leg exertion basically conforms to the training requirements. The strain of his arms and body is relatively OK. The deficiencies of his movements lie in the small range of the whole motion, the lower strain degree of the body and the smaller movement range of the right hip joint compared to that of the left hip joint. The paper suggests that the turning ability of Huang Dongyi's hip transverse in the second round of the turning movement should be improved in future training. The positiveness of the exertion of the right hip joint should be strengthened. As a result, the turning of the body in the double support phase can be optimized and the motion range can be enlarged.

Key Words: men's discus throw; kinematic analysis; sports biomechanics

投掷铁饼项目是奥运会的竞技项目之一, 同时也是一项专项技术较为复杂的田径运动。投掷铁饼技术经历过原地投、侧向原地投、侧向旋转投、背向旋转投几个发展过程, 在背向投掷的基础上, 现在又出现了宽站立、低重心、大幅度背向旋转投掷的投掷铁饼技术。

整个投掷铁饼技术动作可分为握饼、预备姿势和预摆、旋转、最后用力和维持身体平衡几个技术环节^[1]。

而投掷铁饼技术的最后用力时期是决定铁饼活动速度的最为重要时期, 根据 Steve Leigh 和 Bing Yu 的研究^[2], 至少 62%~73% 的铁饼出手速度是在投掷铁饼最后用力阶段获得的。投掷铁饼最后用力阶段的优劣直接关系到投掷铁饼的成绩好坏。其中旋转第二圈动作是指投掷铁饼技术旋转结束后左足着地始直至铁饼出手。

黄东祎是上海市田径队备战第十三届全国运动会的

收稿日期: 2016-06-07

基金项目: 上海市体育局科研公关与科技服务课题(14JT008)。

第一作者简介: 隋新梅, 女, 硕士, 高级教练员。主要研究方向: 运动训练。E-mail: heh2h3@163.com。

作者单位: 1. 上海体育职业学院, 上海 200237; 2. 上海体育科学研究所, 上海 200030。



重点运动员,成绩在 60 m 这一关口上迟迟没有突破。其技术动作节奏、旋转有效性、用力顺序等方面问题都需要通过研究来解决,尤其是黄东祎第二圈旋转动作存在明显不足,影响其专项成绩的提高。

本研究试图通过对黄东祎技术动作最后用力环节的运动学分析,得出其动作的优化途径,为今后训练突破提供理论依据和数据支持。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

上海市男子铁饼项目运动员黄东祎(见表 1)。

表 1 受试运动员基本情况

Table 1 Basic Information of the Subject

姓名	年龄/岁	身高/cm	体重/kg	专项训练年限/年	运动等级
黄东祎	27	190	118	13	健将

整个测试的地点在上海市田径运动中心室外田径场,时间为 2015 年 9 月 22 日。

1.2 研究方法

使用的三维红外运动捕捉系统为由 6 台瑞典 QUALISYS 公司生产的 OQUS400 红外摄像头组成,采样频率为 200 Hz,采集软件为 QUALISYS 自带软件 QTM(Qualisys Track Manager),软件版本为 QTM 2.7。所有摄像头由其自带的同步装置进行同步采集。本次研究中,三维红外运动捕捉系统摄像头布局如图 1 所示。

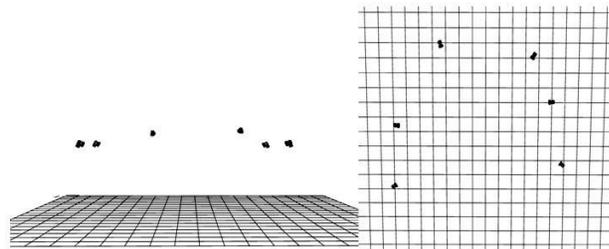


图 1 三维红外运动捕捉系统镜头构成图

Figure 1 Lens Structure of the Three-dimensional Motion Capture System

本次测试要求受试者依据自身的技术特点和动作节奏进行投掷铁饼专项动作,采集成功的(无犯规)技术动作 3 次进行解析。本研究使用 Visual3D 软件计算受试者的运动学相关参数,进行分析研究。

1.3 测试指标

针对研究对象投掷铁饼技术旋转第二圈动作进行研究,即右足着地(R↓)—左足着地(L↓)—铁饼出手(♂)^[3],包括单腿支撑阶段和双腿支撑阶段。主要选取受试运动员下述指标参数进行分析讨论。

铁饼运行轨迹:指在投掷铁饼整个技术动作中,铁饼运行轨迹在水平面上的投影,一般呈两个圆或椭圆。

旋转第二圈动作各阶段时间:本研究中的旋转第二圈

动作时间是指受试运动员从右足着地至铁饼出手止的这段时间。包括单腿支撑阶段时间和双腿支撑时间。

单腿支撑阶段时间:指受试运动员旋转第二圈动作中,右足着地至左足着地这一阶段的时间。

双腿支撑阶段时间:指受试运动员旋转第二圈动作中,左足着地至铁饼出手这一阶段的时间。

肩髋扭转角:指受试者左右肩关节中心点虚拟连线和左右髋关节中心点虚拟连线分别投影于水平面上的横轴所形成的夹角。

拉引角:拉引角是左右肩的连线与右肩和铁饼的连线在躯干后形成的夹角,反映肩、胸、臂的拉伸程度。

髋关节角:本研究将人体简化为十二刚体模型,髋关节角是指躯干与大腿之间的夹角。

膝关节角:是指大腿与小腿之间的夹角。

踝关节角:是指足与小腿之间的夹角。

下肢三关节(髋、膝、踝)角速度:下肢三关节(髋、膝、踝)角度的变化快慢。

2 研究结果

2.1 投掷动作中铁饼的运行轨迹

铁饼运行轨迹在一定程度上能够表现出运动员投掷技术的流畅性。如图 2 所示,黄东祎投掷铁饼动作中的铁饼运行轨迹为两个相离的椭圆状。

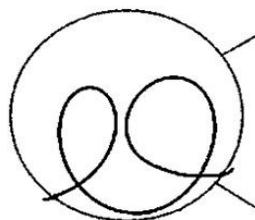


图 2 黄东祎投掷铁饼技术动作过程中铁饼轨迹

Figure 2 Disc Trajectory of Huang Dongyi's Throw

可以通过铁饼的运行距离来表示运动员的技术动作幅度。黄东祎和国内、外优秀男子铁饼运动员最后用力阶段铁饼运行距离见表 2。

表 2 男子铁饼运动员最后用力阶段铁饼运行距离

Table 2 Moving Distance of Discus in the Final Throwing Phase of the Men's Discus Throwers

运动员	单支撑阶段/m	双支撑阶段/m	总长/m
黄东祎	1.143	2.287	3.430
李少杰	1.360	2.810	4.170
巴加尔	1.710	2.510	4.220

通过表 2 可以发现,黄东祎无论与国内还是国外男子顶尖铁饼运动员相比,其投掷铁饼最后用力阶段铁饼的运动距离较短;同样,无论是在单支撑阶段还是双支撑阶段,黄东祎投掷动作的铁饼运行距离都小于国内外优秀运动员。

2.2 第二圈旋转动作的各阶段所用时间

铁饼运动员在最后用力阶段所用时间的长短意味着

运动员在最后旋转结束时,进入最后用力的下肢加速节奏的快慢^[4]。铁饼运动员投掷技术各阶段时间,尤其是过渡阶段和最后用力阶段时间应当存在一个最佳比值,这个比值应当是“个性化”的,适合自身动作节奏需要的。

黄东伟在本次研究中所表现出来的投掷技术节奏基本为其固有的投掷节奏。其中单支撑阶段用时 0.150 s,双支撑阶段用时 0.175 s。黄东伟与国内、外优秀运动员的各阶段时间如表 3 所示。

表 3 投掷铁饼第二圈旋转动作各阶段的时间

Table III Time of the Different Phases of the 2nd Round Turning Motion

运动员	单支撑阶段/s	双支撑阶段/s
黄东伟	0.150	0.175
吴健	0.092	0.167
李少杰	0.180	0.200
RIEDEL	0.200	0.160
SCHULT	0.230	0.160

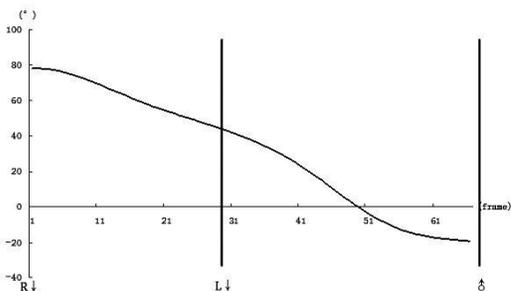
通过表 3,可以发现黄东伟投掷铁饼技术旋转第二圈动作中,单支撑时间稍短于国外顶尖运动员,但较国内顶尖运动员吴健稍长;而双支撑阶段时间则长于国内、外顶尖运动员。

2.3 第二圈旋转动作中肩髋扭转角与拉引角的变化

通常肩髋扭转角与拉引角一起评价铁饼运动员旋转投掷技术中身体扭转储蓄动能过程以及超越器械动作的好坏,在一定范围内肩髋扭转角越大、拉伸角越小,表明动作效果越好^[3]。

在投掷铁饼技术肩髋扭转角中,髋横轴领先于肩横轴则肩髋扭转角为正值,反映出躯干的扭紧程度。

如图 3 所示,在整个投掷铁饼技术动作最后用力阶段,黄东伟的肩髋扭转角一时间曲线呈现出从躯干极度扭紧(右足着地时刻为 78.477°),然后髋轴与肩轴共同旋转,并且髋轴旋转领先于肩轴,但肩轴旋转速度略大于髋轴,使得躯干慢慢打开,直至肩轴与髋轴平行,最后肩轴领先于髋轴后,铁饼出手。



注:R↓:右足着地;L↓:左足着地;♂:铁饼出手

图 3 黄东伟投掷铁饼第二圈旋转动作肩髋扭转角一时间变化图

Figure 3 Changes of Torsion Angle-Time of Huang Dongyi in the 2nd Round Turning Motion

黄东伟投掷铁饼最后用力阶段重要时刻肩髋扭转角与拉引角大小如表 4 所示。

表 4 投掷铁饼第二圈旋转动作各时刻肩髋扭转角、拉引角、铁饼速度

Table IV The Shoulder and Hip Torsion Angles, Pull Angles and the Discus Velocity at the Different Moments of the 2nd Round Turning Motion

时刻	肩髋扭转角/°	拉引角/°
右足着地	78.477	136.351
左足着地	44.272	143.368
铁饼出手	-19.397	155.426

2.4 第二圈旋转动作下肢三关节(髋、膝、踝)角度变化

下肢三关节角度的组合,能够反映执行投掷铁饼技术的运动过程。黄东伟投掷铁饼最后用力阶段左、右侧下肢三关节角度如表 5 所示。

表 5 投掷铁饼第二圈旋转动作各时刻下肢三关节角度

Table V The Angles of Hip, Knee and Ankle at the Different Moments of the 2nd Round Turning Motion

	左侧/°			右侧/°		
	髋	膝	踝	髋	膝	踝
右足着地时刻	168.750	119.696	121.250	143.647	130.230	90.144
左足着地时刻	146.884	134.752	118.581	142.262	117.067	90.665
双足离地时刻	172.257	167.338	151.527	158.606	158.043	151.888
Δθ/°	25.373	47.642	32.946	16.344	40.976	61.744

黄东伟下肢三关节角速度则如图 4 所示。

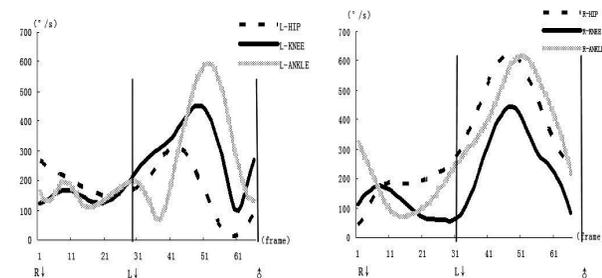


图 4 黄东伟投掷铁饼旋转第二圈动作下肢三关节角速度 Figure 4 Angle Velocity of the Hip, Knee and Ankle in the 2nd Round Turning Motion

3 讨论

投掷铁饼技术作为一项需要通过身体旋转动作来增加铁饼速度的技术,旋转的圆滑性能够在一定程度上表现动作技术的衔接和幅度。圆滑的投掷技术能够尽可能地减少旋转过程中速度(身体、铁饼)的损耗,也能保持动作技术较高的加速效率。

通过观察投掷铁饼技术过程中铁饼轨迹的俯视图,我们可以发现黄东伟动作中的铁饼轨迹为两个相离的连续不规则椭圆。一般认为,投掷铁饼技术过程中的铁饼轨迹所呈现出来的两个相离优于相切,相切优于相交,而相离程度远比近好^[5]。这表明身体重心的向前性较好,尤其是在同样的技术阶段,两圆间距越长,表明向前的速度越快,有利于最后铁饼出手速度的有效性。如图 5 所示,动作幅度是决定投掷铁饼技术优劣的一个关键因素。

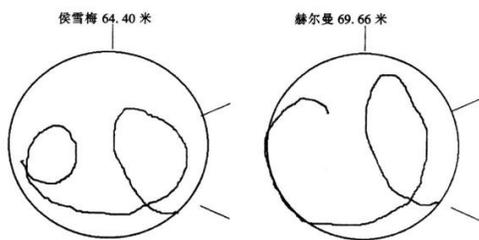
图5 不同运动员动作幅度示意图^[1]

Figure 5 Motion Ranges of the Different Throwers

通过表2发现,在黄东祎投掷动作旋转第二圈时期中,铁饼的运行距离只有3.430 m(李少杰4.170 m,巴加尔4.220 m),动作幅度较小,导致铁饼的加速距离较短。

投掷动作幅度较小一直以来都是中国运动员的技术短板之一,但在动作节奏方面,中国运动员具有自己的技术特点。如表3所示,中国优秀男性铁饼运动员单腿支撑阶段时间均小于双腿支撑时间(黄东祎单腿支撑阶段0.150 s,双腿支撑时间0.175 s;吴健单腿支撑阶段0.092 s,双腿支撑阶段0.167 s;李少杰单腿支撑阶段0.180 s,双腿支撑阶段0.200 s),而国外优秀男性铁饼运动员单腿支撑阶段时间大于双腿支撑的时间(RIEDEL单腿支撑阶段0.200 s,双腿支撑0.160 s;SCHULT单腿支撑阶段0.230 s,双腿支撑阶段0.160 s)。

单腿支撑阶段是整个投掷铁饼动作旋转过渡到最后用力的重要时期,为最后用力做准备。中国男性运动员虽然单腿支撑时间较欧美运动员略短,但显现出双腿支撑阶段左、右足间距较欧美运动员小的现象(黄东祎0.69 m、吴健0.66 m、美国运动员1.03 m、德国运动员0.98 m)^[7]。

这说明在单腿支撑阶段,国内运动员普遍为了加快旋转速度而没有降低身体重心,导致在双腿支撑阶段肢动作幅度受到影响。较为合适的双腿支撑阶段左、右足间距能够使发力动作更有效、更充分,这也可能是中国男子铁饼运动员的技术动作劣势之一。

本研究发现,下肢动作幅度小是中国男子铁饼运动员的常见共同特征;就黄东祎而言,投掷铁饼旋转动作中更需要注重扭紧躯干的有效性。

肩髋扭转角反映躯体的扭转情况,躯体扭转程度越高,理论上来说更有利于躯体随后打开发力,将躯体扭转的弹性势能转化成动能。根据先前研究者对中外男子优秀铁饼运动员的研究发现,男子优秀铁饼运动员肩髋扭转角在左足着地时刻至右足着地时刻是在不断增大,至双腿支撑阶段开始达到最大^[8]。

黄东祎在右足着地时刻肩髋扭转角最大为78.477°,随后躯干开始展开,肩髋扭转角变小;至左足着地时刻,肩髋扭转角为44.272°。这说明黄东祎的躯干在左足着地的时刻扭紧程度最大,随后躯干慢慢展开,在双腿支撑阶段躯干并没有做到充分扭紧,身体的弹性势能转化并不是最佳。究其原因,这是在右足着地之后,髋轴转动不积极所造成。

拉引角同样也反映躯干和手臂的扭紧程度,拉引角越小说明扭紧程度越好,超越器械动作做得越充分。

如表6所示,国外优秀运动员平均拉引角为129.300°,

国内优秀运动员平均拉引角为142.300°,黄东祎此刻拉引角为143.368°,与国外高水平运动员相比仍有一定差距,基本达到国内优秀运动员的平均水平。同样说明黄东祎在旋转第二圈动作阶段,手臂相对躯干的扭紧程度尚可;但和国外优秀运动员相比仍有差距,这可能和黄东祎的肩部柔韧性较差有关^[7]。

表6 国内外优秀运动员在左足着地时平均拉引角

Table VI Average Pull Angles of the Domestic and Foreign Elite Athletes When Their Left Foot Touches the Ground

	平均拉引角/°
国外优秀运动员	129.300
国内优秀运动员	142.300
黄东祎	143.368

黄东祎投掷铁饼旋转第二圈动作中,髋轴的旋转不积极,影响躯干扭紧。通过研究分析,发现髋轴旋转不积极主要表现在右髋发力不足。髋关节是身体最为重要的发力部位,起到承上启下的作用,在投掷铁饼旋转第二圈动作的专项技术上,要求髋关节先发力,然后带动整个下肢膝、踝关节依次发力。

牛顿第二定律表明,外力使速度发生改变,也就是说速度发生变化说明开始有外力的参与。如图4所示,黄东祎投掷铁饼旋转第二圈动作中,左侧下肢三关节角速度变大的时机依次为髋、膝、踝;右侧下肢三关节角速度变大的时机也依次为髋、膝、踝,但髋、膝接近于同时发力。这说明右侧髋发力时机有些滞后。

同样,黄东祎在投掷铁饼旋转第二圈动作中,右髋关节发力不积极也表现在其下肢各关节活动度方面。在整个旋转第二圈动作中,黄东祎的右髋关节角度活动范围只有16.344°,相比左侧髋关节的25.373°较小。这表明右髋关节的活动范围偏小,不仅影响了最后蹬伸动作的相关肌肉发力,也有可能是造成黄东祎单腿支撑阶段时间较长的原因之一。

总的来说,黄东祎投掷铁饼旋转第二圈动作中,整个下肢发力顺序符合训练要求;但相对于国内外优秀运动员来说,黄东祎投掷铁饼旋转第二圈动作幅度较小,也就造成铁饼的加速距离较短;在整个过程中右髋关节发力不积极,影响了身体相关环节扭紧的有效性,也影响了下肢的活动范围和单腿支撑阶段的完成时间。

4 结论与建议

4.1 结论

黄东祎投掷铁饼第二圈旋转动作中,下肢用力顺序基本符合训练要求,手臂与躯干的扭紧程度尚可,存在整体动作幅度较小、躯干扭紧程度不够、右髋关节活动度较左髋关节小等问题。这主要是黄东祎在投掷铁饼技术第二圈旋转动作中,右髋关节发力不够积极所造成的。黄东祎在第二圈旋转动作中右髋关节做到积极发力(右髋积极下压着地及着地后的积极蹬伸),将会提高其单腿支撑阶段的完成时间,优化身体相关环节扭紧的有效性以及自身整体



的动作幅度,对提升专项成绩有所帮助。

4.2 建议

在训练中应加强黄东祎在第二圈旋转动作中髌横轴旋转能力,以缩短单支撑阶段时间;同时加强右髌关节用力的积极性,从而优化双支撑阶段的身体扭转,增加整个动作的活动幅度。

参考文献:

[1] 文超. 田径运动高级教程[M]. 修订版. 北京:人民体育出版社, 2002:586-591.
 [2] Steve Leigh, Bing Yu. Effect of hip-shoulder and shoulder-arm separations on discus throwing performance[J]. Proceedings of the international conference of ISBS. 2005(1): 126-132.
 [3] 魏瑾琴,刘生杰. 第12届全运会女子铁饼运动员最后用力技

术的三维运动学研究[J].北京体育大学学报, 2014, 37(4): 141-144.

[4] 刘建国,崔冬雪,刘卫彬,等. 旋转掷铁饼技术中的肩、髌、铁饼及人体重心的时空特征研究[J].中国体育科技, 2004, 40(4):20-26.
 [5] Gunter Tidow. Model technique analysis sheets for the throws partIX: the discus throw[J].New studies in athletics 1995(3):45-63.
 [6] 李建臣,王新泽. 对李少杰掷铁饼技术的三维运动学分析[J].中国体育科技, 2001, 37(10):29-31.
 [7] 王贺.我国男子铁饼运动员吴健掷铁饼技术特征的运动学分析[J]. 安徽体育科技, 2014, 35(1):16-19.
 [8] 佟贵锋. 对我国优秀男子铁饼运动员投掷技术的运动学分析[J]. 体育科学, 2000, 20(1):47-54.

(责任编辑:何聪)

(上接第94页)

J Strength Cond Res, 2003, 17(4): 785-791.
 [31] Green HJ, Roy B, Grant S, et al. Increases in submaximal cycling efficiency mediated by altitude acclimatization[J]. J Appl Physiol, 2000, 89(3): 1189-1197.
 [32] Gore CJ, Hahn AG, Aughey RJ, et al. Live high:train low increases muscle buffer capacity and submaximal cycling efficiency[J]. Acta Physiol Scand, 2001, 173(3): 275-286.
 [33] Williams AD, Raj IS, Stucas KL, et al. Cycling efficiency and

performance following short-term training using uncoupled cranks [J]. Int J Sports Physiol Perform, 2009, 4(1): 18-28.

[34] Moseley L, Achten J, Martin JC, et al. No differences in cycling efficiency between world-class and recreational cyclists[J]. Int J Sports Med, 2004, 25(5): 374-379.

(责任编辑:何聪)