

# 我国女子铁饼优秀运动员投掷技术肌肉用力的 iEMG 特征

董海军<sup>1, 2</sup>, 苏明理<sup>1</sup>, 王琨<sup>1</sup>

(1.西安体育学院, 陕西 西安 710068; 2.华南师范大学 体育科学学院, 广东 广州 510006)

**摘 要:** 通过运用 MEGAWIN 12 导肌电测试仪, 对现阶段我国 3 名优秀女子铁饼运动员的整个投掷技术过程中左右对称的 8 块肌肉进行了生物电测试, 结果发现, 孙太凤下肢肌肉力量好, 腰腹肌力量差; 宋爱民整个肌肉力量小, 特别是腰腹肌力量, 但肌肉积分速率较快, 肌肉之间的协同用力程度高; 李艳凤肌肉力量大, 放电速率慢, 各块肌肉之间的协同用力程度差。

**关 键 词:** 运动生物力学; 优秀女子铁饼运动员; 投掷技术; 肌肉用力特征

中图分类号: G804.2 文献标识码: A 文章编号: 1006-7116(2010)12-0101-06

## Study of iEMG characteristics of muscle power exertion in throwing techniques of excellent female discus throwers in China

DONG Hai-jun<sup>1, 2</sup>, SU Ming-li<sup>1</sup>, WANG Kun<sup>1</sup>

(1.Xi'an University of Physical Education, Xi'an 710068, China;

2.School of Physical Education, South China Normal University, Guangzhou 510006, China)

**Abstract:** By using MEGAWIN 12 myoelectricity tester, the authors did a bioelectricity test on 8 left-right symmetrical muscles in the entire technical process throwing by 3 excellent female discus throwers in China today, and revealed the following findings: SUN Tia-feng had good lower limb muscle strength, but poor lumbar and abdominal muscle strength; SONG Ai-min had weak overall muscle strength, especially lumbar and abdominal muscle strength, but a faster muscle integration rate, and a high degree of coordinated power exertion between muscles; LI Yan-feng had powerful muscle strength, but a low discharge rate, and a poor degree of coordinated power exertion between various muscles.

**Key words:** sports biomechanics; excellent discus thrower; throwing technique; characteristics of muscle power exertion

掷铁饼是一个复杂、完整、连续的过程, 迄今为止, 我国学者对于掷铁饼技术的运动学特征研究较多, 而对投掷过程的肌肉用力特征还没有涉及, 笔者通过研究我国高水平女子铁饼运动员整个投掷过程主要肌肉的肌电变化规律, 了解掷铁饼肌肉用力特点, 从肌肉用力情况找出各自技术存在的问题, 并提出了改进的建议, 为教练员、运动员更好地认识掷铁饼技术动作和进行科学训练提供理论依据和实践参考。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

3 名选手都达到 2008 年北京奥运会的 A 标, 其中

宋爱民取得北京奥运会第 4 名, 李艳凤取得第 7 名, 实现了我国该项目历史性的突破。孙太凤年龄比较小, 身体条件好, 在 2007 年世界田径锦标赛上以 64.98 m 的成绩获得第 4 名, 是我国现阶段最优秀的选手之一。

### 1.2 研究方法

在备战 2008 年北京奥运会的期间, 利用 2007 年 12 月国家集训队在国家体育总局训练局集训期间, 运用 MEGAWIN12 导肌电测试仪对 3 名女子铁饼选手的投掷技术进行了生物电测试。分析采用芬兰产的 MEGAWIN6000 肌电软件对所测得肌肉活动情况分析, 经过对原始 EMG 信号进行积分肌电的处理, 得出相关的数据和图形资料。

收稿日期: 2010-03-25

基金项目: 国家体育总局部分田径项目(训练局田径队)备战 2008 奥运会科研攻关与科技服务(06012)。

作者简介: 董海军(1978-), 男, 讲师, 博士, 华南师范大学博士后, 研究方向: 田径技术理论与实践。

对所获数据用 office2003 中的 Microsoft-Excel 进行整理, 并绘制出相应的图表。

## 2 结果与分析

为了便于分析, 将完整的掷铁饼技术分为 5 个阶段, 1)起转阶段(预摆结束-右脚离地瞬间); 2)单腿支撑旋转阶段(右脚离地瞬间-左脚离地瞬间); 3)腾空阶段(左脚离地瞬间-右脚着地瞬间); 4)过渡阶段(右脚着地瞬间-左脚着地瞬间); 5)用力阶段(左脚着地瞬间-铁饼出手瞬间)<sup>[1]</sup>。

表面积分肌电图(iEMG)是指一定时间内肌肉中参与活动的运动单位放电总量, 肌电图上的肌电变化曲线与时间横轴之间所包围面积的积分, 即在时间不变的前提下, 其值的大小在一定程度上反映了参加工作的运动单位的数量多少和每个运动单位的放电大小, 表示一段时间内肌肉活动强弱<sup>[2-3]</sup>。3 名运动员左右侧表面积分肌电图见图 1~6。

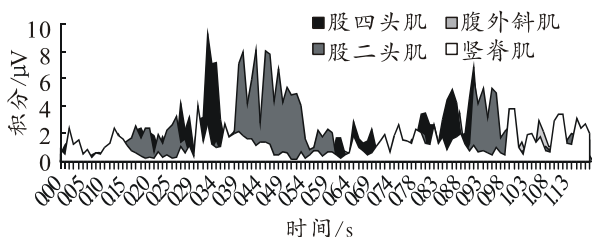


图 1 孙太凤掷铁饼过程左侧肌肉 iEMG 图

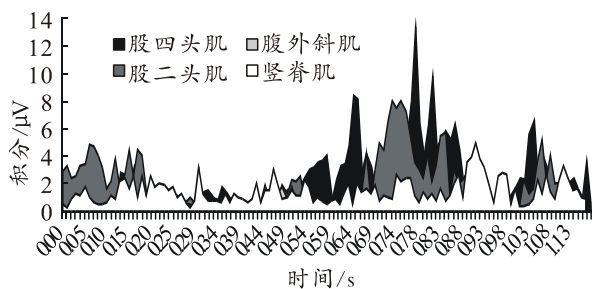


图 2 孙太凤掷铁饼过程右侧肌肉 iEMG 图

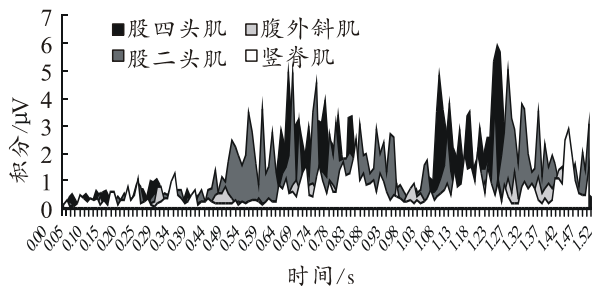


图 3 宋爱民掷铁饼过程左侧肌肉 iEMG 图

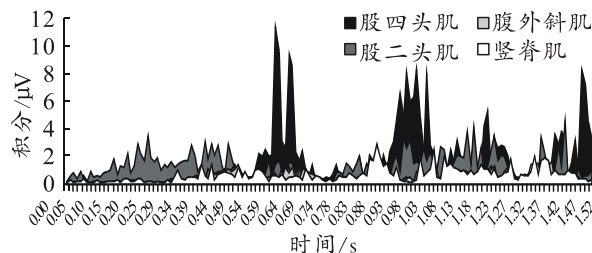


图 4 宋爱民掷铁饼过程右侧肌肉 iEMG 图

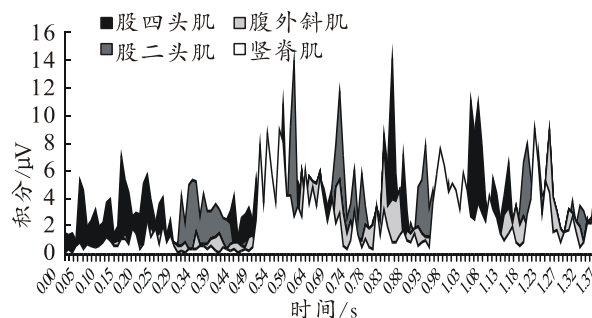


图 5 李艳凤掷铁饼过程左侧肌肉 iEMG 图

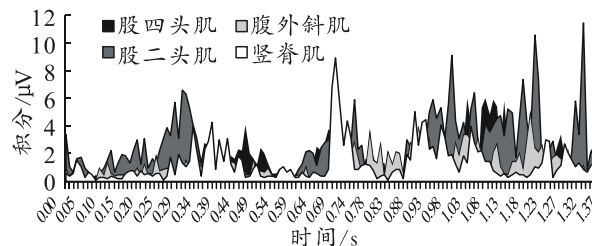


图 6 李艳凤掷铁饼过程右侧肌肉 iEMG 图

### 2.1 预摆起转阶段两侧肌肉用力 iEMG 特征

这一阶段的技术要求是, 预摆结束瞬间, 降低身体重心压到右腿上, 屈右膝压紧右腿, 随后蹬伸右腿使身体重心逐渐移到左腿上, 当重心全部移到左腿上时, 慢慢抬起右脚, 把器械留于身后<sup>[1]</sup>。

由表 1 可知, 起转阶段右侧肌肉中股二头肌积分面积最大, 其次是竖脊肌、股四头肌、腹外斜肌。股二头肌积分主要集中在起转前半段, 主要使右腿在膝关节处压紧, 到起转后半段放电已经很少。可以看出, 李艳凤和宋爱民右腿压紧效果较好, 相反孙太凤右腿压紧效果最差。宋爱民右竖脊肌积分面积小, 主要集中在 0.20~0.44 s, 李艳凤集中在 0.29~0.49 s, 孙太凤右竖脊肌积分面积较大, 说明孙太凤和李艳凤右侧上体右倾程度大, 宋爱民右倾程度小。孙太凤右股四头肌积分最大, 积分时机早, 宋爱民和李艳凤右股四头肌积分少, 时机也比较晚。从积分的时间段看(图 2、4、6), 孙太凤股四头肌积分集中在 0.10~0.20 s, 宋爱民集中在 0.59~0.64 s, 也就是右脚离地瞬间前, 表明了

孙太凤右腿发力时机早,而李艳凤和宋爱民重心在右腿上向左推动时机晚,右腹外斜肌李艳凤积分面积最

多,宋爱民积分最少,说明了李艳凤上肢向右转动幅度大,扭紧效果好,而宋爱民右侧上肢扭紧效果差。

表 1 起转阶段两侧肌肉积分

 $\mu V \cdot s$ 

运动员	左侧肌肉				右侧肌肉			
	股四头肌	股二头肌	腹外斜肌	竖脊肌	股四头肌	股二头肌	腹外斜肌	竖脊肌
孙太凤	89	81	29	55	42	79	28	55
宋爱民	14	9	5	9	11	34	3	6
李艳凤	124	55	38	34	26	93	39	52

起转阶段左侧肌肉中股四头肌积分最大,特别是李艳凤和孙太凤,股四头肌积分集中这一技术阶段的后半段,相反李艳凤集中在前半段,宋爱民股四头肌在这一阶段的积分很小,说明李艳凤左侧上肢在髌关节处压的较紧,宋爱民左侧上肢压紧效果差,上体在髌关节处抬起的幅度较大。从左股二头肌的积分情况看,孙太凤集中在预摆结束,李艳凤集中在 0.34~0.47 s,宋爱民股二头肌积分最小,集中在右脚离地瞬间。李艳凤左腹外斜肌积分面积最大,集中在 0.15~0.54 s,宋爱民集中在 0.29~0.54 s,孙太凤集中在 0.25~0.39 s。说明在预摆结束后李艳凤左侧上肢向右侧转动幅度大,扭转效果好,相反宋爱民和孙太凤左侧上肢转动幅度小,效果差。孙太凤左竖脊肌积分面积大,主要在 0.01~0.25 s,李艳凤积分主要在起转的开始阶段,宋爱民主要在 0.15~0.44 s,表明李艳凤左侧上肢右倾幅度大,超越器械效果好。

## 2.2 单支撑阶段两侧肌肉用力 iEMG 特征

单支撑阶段为真正旋转开始阶段,从右脚离地瞬间开始就进入单腿支撑阶段,在这一阶段技术要求在左侧压紧的情况下以左侧带动右侧继续转动,当右脚蹬离地面后,左膝关节弯曲,整个身体左侧在压紧的情况下,带动右侧继续向投掷方向转动,当脚尖转至与投掷方向约 45° 时,右侧迅速以髌关节为轴沿投掷圈外延画弧线摆动,当右侧超过支撑点瞬间,左腿迅速向投掷方向蹬伸,右腿向投掷方向跨出,左脚蹬离地面,形成腾空动作<sup>[1-4]</sup>。

由表 2 可知,右侧肌肉中,宋爱民股四头肌积分最多,积分集中在这一技术环节的开始阶段,右脚离地前被激活,在右脚离地后右腿的以髌关节为轴开始摆动时开始急剧放电,摆动时机早、速度快。孙太凤右股四头肌积分也比较多。李艳凤右股四头肌积分主要集中在单支撑阶段的中间阶段,说明她右腿在单支

撑阶段摆动的速度最慢,时机也比较晚,进一步反映了她右腿后留程度大的特点。李艳凤右腹外斜肌积分面积最大,孙太凤最小,李艳凤右竖脊肌积分面积最多,孙太凤虽然积分面积最少,但占总面积的比例最多,更进一步说明了在单支撑阶段李艳凤右腿后留程度大,右侧上肢向右倾斜和扭转的幅度较大,相反孙太凤右侧上肢向右扭转的幅度小。3 名选手右竖脊肌的积分从右脚离地开始到左脚离地这一技术阶段一直处于变动状态(见图 2、4、6),但积分的面积都不大,只有李艳凤在 0.70~0.83 s 比较活跃,积分较大。

由表 2 可知,孙太凤和宋爱民左侧肌肉的积分面积小于右侧肌肉,李艳凤左侧肌肉大于右侧肌肉的积分。其中李艳凤左股四头肌积分面积最大,积分主要集中在技术环节的后半段,孙太凤左股四头肌积分面积最小,主要在左脚蹬离地面前,说明了她左腿蹬转的幅度大,但相比时机偏晚。宋爱民积分主要在这一技术环节的前半段,右脚离开地面后,蹬伸时机早,但幅度小。右股二头肌积分宋爱民和李艳凤相差不多,孙太凤比较小。其中孙太凤的股二头肌积分主要在右脚离地后的这一段时间。宋爱民股二头肌积分主要在这一技术环节的前半段,后一部分虽然也有积分,但比较小,左侧上体在髌关节处压的不紧。李艳凤左股二头肌积分持续时间长,左腿压紧程度大,左腹外斜肌李艳凤积分面积最大,左侧上肢扭紧效果好,孙太凤左腹外斜肌在整个技术环节都在参与运动,但积分面积小,左侧上肢扭转幅度小。宋爱民左腹外斜肌的积分主要在 0.70~0.80 s。右竖脊肌李艳凤积分较大,孙太凤竖脊肌积分主要在右脚离地后。宋爱民右竖脊肌在这一技术环节一直很活跃,主要集中在 0.64~0.10 s。李艳凤主要在 0.55~0.77 s,在右脚离地瞬间前就被激活,右脚离地后开始大幅度放电。

表 2 单支撑阶段两侧肌肉积分

 $\mu V \cdot s$ 

运动员	左侧肌肉				右侧肌肉			
	股四头肌	股二头肌	腹外斜肌	竖脊肌	股四头肌	股二头肌	腹外斜肌	竖脊肌
孙太凤	30	67	14	22	79	49	17	36
宋爱民	90	124	32	49	173	107	41	58
李艳凤	166	127	122	135	52	63	49	65

### 2.3 腾空阶段两侧肌肉用力 iEMG 特征

腾空时间短,重心起伏小,有利于右脚着地积极转动衔接,但也并非是越短越好,如果时间过短,会造成右脚的快速着地,不利于身体重心向投掷方向移动,减小工作距离<sup>[1]</sup>。这一阶段的技术要求是,右腿继续向投掷方向跨越,迅速带动身体向前运动,右脚迅速在投掷圈中心以前脚掌内侧着地,上体尽量保持扭紧,器械留于身体后面。重心压到弯曲的右腿上,整个身体形成以右侧为中心的转动轴。

由表 3 可知,3 名选手右股四头肌和股二头肌积分较多,孙太凤股四头肌积分面积最多,股四头肌和股二头肌在整个技术的完成中一直被激活,放电程度也较高。右侧四块肌肉中腹外斜肌相对比较平稳,竖脊肌在左脚离地后的腾空动作中放电比较明显(见图 2),上体在左脚离地后向投掷方向运动的同时有一定

的前倾,右竖脊肌在腾空阶段主要起到控制上体的作用。宋爱民右侧肌肉积分最小,股四头肌和股二头肌相对其它两块肌肉积分较大,且整个技术动作完成的过程中一直处于放电状态,集中在 1.03~1.13 s(见图 4),右腹外斜肌和竖脊肌积分比较少,腹外斜肌放电曲线比较平稳,竖脊肌在这一阶段的前半段放电比后半段明显,用于控制上肢向投掷方向运动。李艳凤右股四头肌和积分主要在这一技术环节的后半段,前半段相对比较平稳。股二头肌在整个技术环节中都比较活跃,但主要在 0.96~1.03 s,和股四头肌一起用于完成右腿边下落、边转动的动作。从右侧四块肌肉的积分看,李艳凤腹外斜肌和竖脊肌比较活跃,说明她右侧上体右倾和右转的幅度大,扭紧的效果好,增加了超越器械的效果。相反孙太凤和宋爱民上体右倾幅度小,扭转的幅度也比较小,不利于超越器械的完成。

表 3 腾空阶段两侧肌肉积分情况

运动员	左侧肌肉				右侧肌肉			
	股四头肌	股二头肌	腹外斜肌	竖脊肌	股四头肌	股二头肌	腹外斜肌	竖脊肌
孙太凤	12	9	5	15	43	44	7	13
宋爱民	36	14	4	11	23	25	6	13
李艳凤	20	38	16	54	28	58	28	31

$\mu V \cdot s$

腾空阶段,孙太凤和宋爱民左侧肌肉积分总面积要大于右侧,而李艳凤是右侧肌肉积分大于左侧。宋爱民左股四头肌积分面积最大,说明宋爱民左侧股四头肌这一阶段比较活跃,完成左脚离地后的膝关节从伸展状态到弯曲收拉的动作<sup>[5]</sup>,股二头肌积分主要在这一技术环节的后半段,和股四头肌一起完成膝关节的收拉动作,左腿收拉下放的动作时机早、速度快,但左腹外斜肌积分最小,主要在 1.03~1.08 s,竖脊肌在这一阶段是一个较低的波谷,说明在腾空这一技术阶段左竖脊肌参与的做功很小,整个身体的扭紧状态差,上体后倾幅度小。孙太凤左股四头肌积分较小,积分主要在这一技术环节的后半段。左腹外斜肌积分最小,由于这一技术阶段整个上体和下肢的扭紧状态在一定程度上减弱了,所以腹外斜肌没有进一步被拉长,而是缩短了。左竖脊肌在整个技术阶段都比较活跃(见图 1)完成控制上体的姿势向投掷方向运动。可见,孙太凤左侧上体转的过快,减小了上下肢扭紧的幅度,同时增加了上体抬起的幅度,减小了超越器械的效果。李艳凤左股四头肌和股二头肌在整个过程中比较活跃,完成膝关节的收拉动作,股二头肌积分较大,主要在这一阶段的后半段,左腹外斜肌积分是 3 名选手中最大,积分主要在 0.93~0.98 s,该块肌肉积分大,说明了她上肢的扭紧状态好。李艳凤左竖脊肌的积分

要远远大于其他两人,积分集中这一技术环节的后半段,这说明她的身体重心向投掷方向移动的距离较远,上体后倾的幅度大,上下肢的扭紧程度较好,重心在右脚着地瞬间较低。

### 2.4 过渡阶段两侧肌肉用力 iEMG 特征

过渡阶段也称转换阶段,是旋转和最后用力的衔接阶段<sup>[11-6]</sup>。技术要求是,右脚在投掷圈中心点附近着地后,整个身体重心压到右腿上,右膝关节屈膝进行缓冲,上体尽量保持扭紧状态,使铁饼远远地留于体后,右脚提踵扣膝,推动右髋向投掷方向转动,左脚顺势靠近右腿膝关节向后下方插入,以前脚掌内侧在投掷圈附近着地。

由表 4 可知,过渡阶段孙太凤右侧肌肉中股四头肌的积分面积大,积分主要在这一技术环节的前半段,完成右脚提踵、扣膝、蹬伸,推动右髋向投掷方向移动等动作。股二头肌在右脚着地前就开始放电,在右脚着地后继续和股四头肌一起完成上述动作,积分时间段和股四头肌相差不大。孙太凤的右腹外斜肌积分小,说明她过渡阶段基本上没有动用这一块肌肉,上下肢扭转不紧,超越器械效果不好,竖脊肌积分较大,整个过渡阶段竖脊肌一直处于放电状态。宋爱民右股四头肌积分面积是右侧肌肉中最大的,积分主要在这一技术环节的前半段,后半段积分很小(见图 4),股二

头肌和股四头肌的积分时间在同一段时间,从右脚着地前被激活一直持续到右腿完成缓冲,腹外斜肌和竖脊肌整个过渡阶段一直处于放电状态,但积分效果不好。李艳凤右股四头肌积分主要在右脚着地后,股二头肌积分最大,参与了右腿的缓冲和蹬转动作,腹

外斜肌积分较大,说明她上下肢一直处于扭紧状态,这一点要好于其他两人。竖脊肌积分主要在 1.03~0.15 s,虽然这一环节的后一段时间也在积分,主要是起到了维持身体后倾姿势的作用,前一段时间是完成控制上下肢扭紧姿势的动作。

表 4 过渡阶段两侧肌肉积分情况

运动员	左侧肌肉				右侧肌肉			
	股四头肌	股二头肌	腹外斜肌	竖脊肌	股四头肌	股二头肌	腹外斜肌	竖脊肌
孙太凤	49	35	20	20	46	36	9	33
宋爱民	38	30	9	11	29	21	9	12
李艳凤	76	30	33	36	53	69	27	19

3 名选手左侧肌肉中股四头肌积分面积最大,其中李艳凤积分面积最大,孙太凤左侧肌肉积分小于右侧肌肉,而宋爱民和李艳凤左侧肌肉积分要大于右侧。孙太凤过渡阶段左股四头肌积分主要在 0.80~0.91 s,完成控制左腿向后插的动作,但在左脚着地后股四头肌积分已经很小了,股二头肌积分主要在这一技术环节的后半段。孙太凤左腹外斜肌和竖脊肌在整个过渡阶段一直在放电,主要完成身体扭转的姿势。宋爱民右股四头肌积分最大,在左脚着地后放电急剧减小,股二头肌主要在 1.13~1.22 s,后续的时间段也有积分,但不如前半段时间明显。左腹外斜肌积分面积较小,整个过渡阶段都比较平稳,说明她左脚着地的距离较短,落地的位置靠近右侧,左竖脊肌积分主要在 1.12~1.18 s,在右脚着地后,后续放电较弱是因为在左脚着地前上体没有压住,有一些放松。李艳凤左股四头肌主要积分在 1.10~1.19 s,整个过渡阶段都一直处于放电的状态(见图 5)。股二头肌积分主要在过渡阶段的结束部分,前一段时间比较平稳,在左脚着地前瞬间开始被激活,主要完成左脚的着地动作。左腹外斜肌的积分面积最大,整个过渡阶段一直在放电,参与了整个动作过程,相比,放电量大,持续时间长,这说明她在过渡阶段左肩注意回扣,加大了超越器械的程度,上下肢扭紧状态好。左竖脊肌积分主要在 1.03~1.18 s,说明她上体没有过高抬起。

## 2.5 用力阶段两侧肌肉用力 iEMG 特征

用力阶段是对出手速度贡献率最大的加速阶段,技术要求是,左脚着地后右腿继续蹬转,在左侧强有力的支撑下,推动右髋继续向投掷方向运动,使胸部肌肉形成预先适宜的伸展拉长,并控制好上体不要过早的转动,整个身体处于极大的扭紧姿势。当重心移动到两腿之间时迅速蹬伸右腿和左腿,带动右侧上肢

向投掷方向鞭打,完成用力<sup>[7]</sup>。

由表 5 可知,用力阶段,孙太凤右侧肌肉积分面积大于左侧肌肉。右股四头肌积分最大,积分主要在右腿蹬伸瞬间。右股二头肌的积分主要在 1.07~1.13 s,股二头肌大量放电的时间比股四头肌晚,持续的时间长,说明器械出手瞬间股四头肌已经完成了收缩,而股二头肌还在继续参与工作。右腹外斜肌积分最小,基本上没有放电。右竖脊肌积分较大,主要在 0.93~0.10 s。宋爱民右侧肌肉的积分面积大于左侧肌肉,其中股四头肌积分最大,主要在最后用力阶段的后半段,完成左右腿的瞬间蹬伸动作。股二头肌的积分主要在 1.42~1.49 s,完成蹬伸工作。右腹外斜肌积分较小,整个最后用力过程曲线比较平坦,和孙太凤一样,由于在上一阶段上下肢的扭紧程度差,腹外斜肌没有被尽可能大的拉长,造成了最后用力阶段腰腹肌收缩程度减弱。宋爱民右竖脊肌积分较小,主要在 1.38~1.48 s,完成用力阶段快速向投掷方向移动上体的动作。李艳凤右侧肌肉的积分要小于左侧肌肉,其中股四头肌积分最小,主要在 1.30~1.35 s,完成右腿蹬伸动作。右股二头肌积分较大,在最后用力阶段非常活跃,积分主要在 1.19~1.31 s,由于她在左脚着地瞬间身体后倾角度比较大,在完成上体投掷方向转动动作时,重心比较靠后,在器械出手的瞬间上体还有一定程度的后倾,而孙太凤和宋爱民在器械出手瞬间上体已经直立,这也是李艳凤最后用力中股四头肌积分小,股二头肌积分大的主要原因。李艳凤右腹外斜肌积分大,主要在 1.28~1.34 s,积分明显要大于其他两人,这和她左脚着地瞬间上肢扭紧状态较好有直接的关系。右竖脊肌积分较小,主要在 1.26~1.32 s 之间,由于上体在用力动作中没有推上去,必然使她用力程度减小。

表 5 用力阶段两侧肌肉积分情况

 $\mu V \cdot s$ 

运动员	左侧肌肉				右侧肌肉			
	股四头肌	股二头肌	腹外斜肌	竖脊肌	股四头肌	股二头肌	腹外斜肌	竖脊肌
孙太凤	21	26	19	42	46	29	7	33
宋爱民	10	31	13	17	37	22	13	17
李艳凤	15	55	54	50	29	56	27	24

从左侧肌肉的积分情况看,孙太凤股四头肌积分大于其他两名选手,积分主要在左脚落地后。股二头肌积分主要在 0.93~1.03 s,完成左腿从缓冲到用力蹬伸的动作。腹外斜肌积分主要在 0.98~1.10 s,完成上肢向投掷方向转动动作的完成。左竖脊肌积分较大,对整个最后用力动作的贡献仅少于右股四头肌,积分主要在 1.00~1.13 s 之间,完成上体向投掷方向瞬间抬起发力的动作,从解析的图片上也可以看出,孙太凤器械出手瞬间左肩能很好的制动,上体抬起成直立,重心上到了左腿上,这也是她左竖脊肌积分比较大的原因。宋爱民左股四头肌积分最小,特别是蹬伸阶段放电很少,左脚着地后的重心没有在右腿上,这和她上体后倾程度小,上体抬起有直接的关系。左股二头肌积分较多,主要在用力的后半段。左股二头肌积分多,主要是因为到最后用力的整个过程中她的身体重心在两腿之间形成的捻转轴上,没有移动到左腿上。左腹外斜肌和竖脊肌积分都比较少,这和她最后用力中左侧回撤,左肩的制动不好有很大关系。李艳凤左股四头肌积分最小,主要在 1.2~1.23 s,左脚着地后,蹬伸阶段基本上没有放电。股二头肌的积分大,主要参与了左腿蹬伸用力动作的完成。股四头肌积分小股二头肌积分大主要还是上体在用力过程中后倾,器械出手瞬间身体重心没有顶上去的原因。左腹外斜肌积分较大,主要在 1.27~1.33 s,竖脊肌积分也比较大,主要在 1.25~1.32 s,李艳凤左侧制动较好,在前一个阶段上下肢的扭紧状态较好,使腹外斜肌和竖脊肌被充分拉长。

### 3 结论

1) 掷铁饼起转阶段,右股二头肌最先被激活,其次是股四头肌、竖脊肌和腹外斜肌。左侧的股二头肌最先被激活,随后是股四头肌、竖脊肌和腹外斜肌。

2) 单支撑阶段,孙太凤右侧肌群不能被拉紧,右腿摆动幅度小,宋爱民右股四头肌和股二头肌激活晚,李艳凤右股四头肌和股二头肌激活早,左侧肌肉放电

水平高。

3) 腾空阶段,孙太凤右侧下肢肌肉放电水平高,左股四头肌和腹外斜肌积分小。宋爱民右下肢肌肉积分大,腹外斜肌积分较小,左股四头肌活跃,腹外斜肌和竖脊肌积分小,身体扭紧状态差。李艳凤右股二头肌和左股四头肌、股二头肌活跃。

4) 过渡阶段,孙太凤右竖脊肌活跃,腹外斜肌积分小,扭紧状态差。宋爱民左右竖脊肌和腹外斜肌积分小,扭紧和上体后倾姿势差,李艳凤两侧竖脊肌和腹外斜肌积分较大,扭紧状态好。

5) 用力阶段,孙太凤右股四头肌和竖脊肌积分大,两侧腹外斜肌积分小,左竖脊肌较活跃,右腿蹬伸充分。宋爱民右股四头肌和股二头肌积分较大,左股四头肌积分小。李艳凤两侧腹外斜肌和竖脊肌积分较大,用力方式不正确。

### 参考文献:

- [1] 董海军,苏明理,严波涛,等.我国优秀女子铁饼运动员旋转节奏——结构特征的研究[J].天津体育学院学报,2009,24(2):128-132.
- [2] 罗炯,金季春.表面肌电的处理方法及在体育科研中的应用前景[J].山东体育学院学报,2005,21(2):56-59.
- [3] 王健.sEMG信号分析及其应用研究进展[J].体育科学,2000,20(4):56-60.
- [4] 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.
- [5] 李月玲,卢义锦,姚世硕.人体解剖学[M].北京:高等教育出版社,1997:182-223.
- [6] 文超.田径运动高级教程[M].北京:人民体育出版社,1994:533-538.
- [7] 宗华敬,刘建国,李建臣,等.国家田径集训队女子铁饼技术诊断[J].天津体育学院学报,2000,15(2):35-38.