

女子跳马过程中运动员与器械垂直反作用力研究

吴成亮¹, 郝卫亚² (1. 重庆三峡学院体育学院; 2. 国家体育总局体育科学研究所)

关键词: 跳马; 器械; 垂直作用力

中图分类号: G804.6

文献标识码: A

文章编号: 1006-1207(2010)06-0019-02

Vertical Reaction Force of Gymnasts and Apparatus in Women's Vault

WU Cheng-liang (Chongqing Three Gorges University)

Key words: vault; apparatus; vertical reaction force

1 研究目的

通过运动学分析方法和生物力学建模与仿真方法, 揭示这类技术动作的动力学规律与技术特点, 为我国运动员发展该类型动作提供理论依据和技术参考。

2 研究对象与方法

2.1 研究对象

(1) 程菲, 中国女子体操运动员, 1988年5月出生, 身高1.52 m, 体重41 kg。

(2) 洪淑贞, 朝鲜女子体操运动员, 1986年3月出生, 身高1.54 m, 体重42 kg。

2.2 研究方法

(1) 对程菲和洪淑贞完成的“腱子转体180°前手翻接直体前空翻转体180°”(简称“R180”), 进行三维高速摄影拍摄(拍摄频率为250帧/s), 运动学分析后获得人体三维运动坐标。

(2) 根据多体动力学原理, 利用MSC. ADAMS/LifeMod软件建立19环节的人体模型, 将运动学解析得到的“R180”两个动作中人体三维坐标赋予三维人体模型, 并建立与人体相接触的踏跳板、跳跃平台(马)和体操落地垫的跳马环境, 再对“R180”跳马动作进行计算机仿真, 然后进行结果处理。

3 结果

对“程菲R180”、“洪淑贞R180”两跳马动作进行动力学分析, 获得两人与体操器械接触时的垂直反作用力及其冲量特征如下。

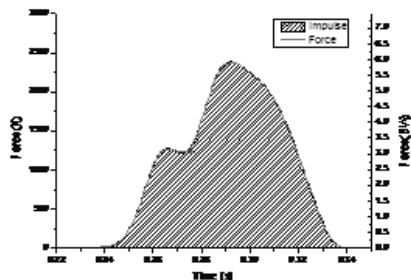


图1 “程菲R180”踏板阶段垂直反作用力

Figure 1 Vertical Reaction Force at the Stepping Stage of "Cheng Fei R180"

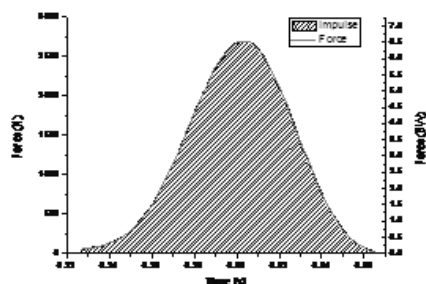


图2 “洪淑贞R180”踏板阶段垂直反作用力

Figure 2 Vertical Reaction Force at the Stepping Stage of "Hong Sujong R180"

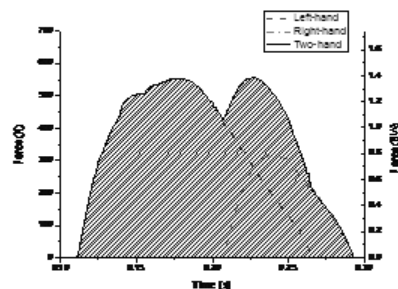


图3 “程菲R180”推马阶段垂直反作用力

Figure 3 Vertical Reaction Force at the Horse-Pushing Stage of "Cheng Fei R180"

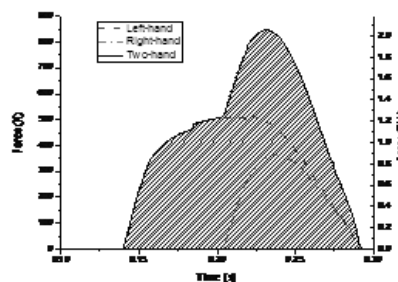


图4 “洪淑贞R180”推马阶段垂直反作用力

Figure 4 Vertical Reaction Force at the Horse-Pushing Stage of "Hong Sujong R180"

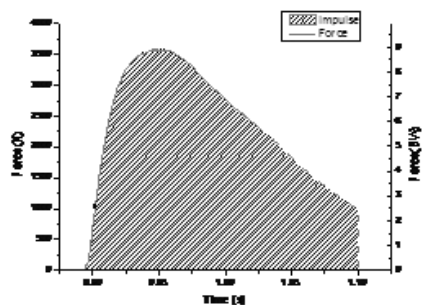


图5 “程菲 R180”落地阶段垂直反作用力

Figure 5 Vertical Reaction Force at the Landing Stage of "Cheng Fei R180"

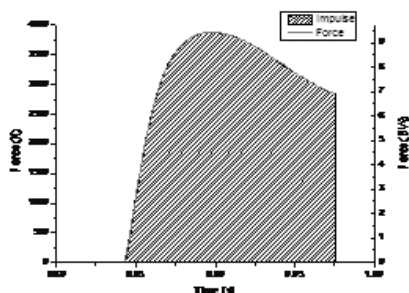


图6 “洪淑贞 R180”落地阶段垂直反作用力

Figure 6 Vertical Reaction Force at the Landing Stage of "Hong Sujong R180"

图1~6是程菲和洪淑贞两人在完成跳马“腱子转体180°前手翻接直体前空翻转体180°”时,踏板、推手、落地3个阶段中,人体与助跳板、马、体操落地垫的接触时垂直反作用力,实线表示各阶段垂直作用力的大小,中间阴影面积表示其各阶段的冲量值。引入体重倍数(BW)将垂直反作用力峰值归一化处理,可以观察到,程菲和洪淑贞两人在踏跳和落地阶段垂直反作用力峰值分别为7.5 BW、7.3 BW和8.9 BW、9.4 BW,数值大小非常接近,而在推马阶段,两人垂直反作用力峰值分别为1.7 BW、2.4 BW,洪淑贞的要高出程菲的40%。

4 分析讨论

4.1 踏板阶段

如图1、图2,程菲、洪淑贞踏板阶段垂直反作用力峰值分别为7.5 BW、7.3 BW,在运动学分析中,知道两人踏板阶段时间分别0.108 s、0.124 s,冲量 $I = \int_0^t F dt$,两人冲量分别为121.6 N·s, 162.5 N·s,洪淑贞的冲量比程菲的多出34%,根据动量定理: $I = \int_0^t F dt = mV_f - mV_i$,洪淑贞的冲量大,说明洪淑贞踏板阶段垂直速度变化量大,离板后的动量也大,又因为此阶段踏板前后垂直速度方向相反,所以,洪淑贞在离板后有比程菲更大的垂直速度,这和运动学得出的结果是相一致的。

另外,程菲垂直反作用力在踏板阶段出现了一个短暂的小平台期,结合高速录像分析,程菲在踏板瞬间,身体已

经完成一定转体,又由于程菲双脚是斜着踏上板的,笔者推测在踏板的某一阶段身体出现了一个小的调整,所以才会出现图1中垂直反作用力小平台期。

4.2 推马阶段

如图3,程菲垂直反作用力呈双峰型,峰值分别为553 N、556 N,两值相近。前一个垂直反作用力峰值是在左手撑马时出现,其峰值全部由左手贡献;整个推马阶段,右手最大垂直反作用力为316.7 N,仅为左手峰值的57%,但右手在向上撑马的同时,能防止身体绕其横轴翻腾过度。

如图4,洪淑贞垂直反作用力呈单峰型,峰值为846 N,出现在双手撑马时,垂直反作用力峰值大小约为程菲的1.5倍;程菲和洪淑贞在此阶段的垂直冲量分别为72.8 N·s, 75.3 N·s,根据动量定理,洪淑贞和程菲在推马阶段垂直速度损失也相近,但是由于洪淑贞第一腾空阶段垂直速度减小得比较多,所以程菲在离马瞬间的垂直速度要高于洪淑贞的,所以程菲的第二腾空高度也大于洪淑贞的。

仔细观察图3、图4,洪淑贞推马阶段的双手用力顺序为:左右手依次撑马,过渡到双手撑马,再双手离马过程,为通常说的“晚旋”(指运动员在脱离器械或地面后,先只有绕身体横轴翻转,而没有绕身体纵轴旋转);而程菲推马阶段的用力顺序为:左手撑马、右手撑马、双手撑马、左手离马、右手离马,近似一种“滚动式”撑马技术,且根据高速录像分析,程菲在推马过程中,有绕身体纵轴旋转迹象,即“早旋”,这种“滚动式”撑马,它有利于在推马阶段就完成一定量的转体,这样既可以为第二腾空转体做好充分的准备,同时也可以分担一部分第二腾空的转体圈数,这一技术对于完成高难度、多圈数的转体动作具有一定意义,但是,这种“早旋”现象的发生,撑马时就产生了一个旋转力矩,势必会牺牲一部分向上撑马的力,“早旋”现象的出现可能会导致向上推马动力不足,影响第二腾空高度,而且国际体操联合会在体操跳马专项完成扣分上规定:推马阶段,规定的纵轴转体开始过早,B组裁判会扣0.1~0.5分,这是值得我们注意和深思的。

4.3 落地阶段

如图5、图6,实线表示双脚在落地阶段,跳马落地垫对人的垂直反作用力,阴影面积代表落地阶段0.134 s内总冲量(拍摄“洪淑贞 R180”动作时,只有落地后0.134 s被采集到,所以都只计算两人落地后0.134 s内的冲量)。

表1 不同体育项目落地垂直反作用力峰值比较

Table 1 Peak Vertical Reaction Force at the Landing Stage of the Different Sports

动作	方法	落地垂直反作用力峰值	达到峰值时间
本研究程菲	跳马 建模与仿真	8.9BW	0.056s
洪淑贞	跳马 建模与仿真	9.4BW	0.056s
Yeadon,2009	跳马 建模与仿真	10BW	0.05~0.06s
Mcnitt-Gray, 2000	体操空翻 测力台	6.5~7.5BW	
	排球拦网 测力台	3~4BW	

注:1BW表示1倍体重

如表1所示,本文研究结果与英国Chris Mills、Yeadon对跳马落地仿真研究结果非常接近,他们的研究对象为身高1.77 m,体重75 kg男子体操运动员,落地垂直反作用力峰值约为10 BW,在落地后0.05~0.06 s达到峰值。

另外, McNitt-Gray 使用测力台的方法, 对部分运动项目的落地反作用力进行了研究, 如体操空翻落地垂直反作用力峰值为 6.5~7.5 BW, 排球拦网落地垂直反作用力为 3~4 BW。以上数据表明, 本文采用的计算机仿真方法, 所获得的落地垂直反作用力具有很好的可靠性。

5 结论

5.1 程菲跳马在推马阶段, 存在纵轴转体开始过早现象, 这

可能导致其向上推马动力不足, 影响第二腾空高度, 完善推马阶段技术动作, 是程菲练习毬子转体 180° 前手翻接直体前空翻类跳马动作, 包括“程菲跳”的关键所在。

5.2 本研究建立了适合应用于跳马训练实践的、基于三维影像运动学分析的跳马技术动作动力学分析的计算机仿真方法, 该方法具有可靠性。

优秀举重运动员抓举技术的敏感指标分析

杨洁¹, 刘梦飞², 王向东³ (1. 首都医科大学卫生管理与教育学院; 2. 北京建筑工程学院; 3. 国家体育总局体育科学研究所)

关键词: 举重; 抓举技术; 敏感指标

中图分类号: G804.6

文献标识码: A

文章编号: 1006-1207(2010)06-0021-02

Analysis of the Sensitive Indicators of the Snatch Technique of the Elite Weightlifters

YANG Jie (Health Administration and the Institute of Education Capital Medical University)

Key words: weightlifter; snatch technique; sensitive indicator

1 研究目的

本研究主要通过抓举不同动作阶段杠铃上升时间比、高度比和作功比这 3 个敏感指标对近几届参加奥运会集训的优秀举重运动员的抓举技术进行研究, 从而揭示优秀运动员抓举技术特征和男女选手在技术上的差异, 为教练员科学训练提供一定的依据。

2 研究方法

2.1 研究对象

本文选取的研究对象全部来自国家举重队, 其中男运动员 37 人次, 女运动员 58 人次。所分析的技术动作都是近几年国内重大比赛前三名的比赛录像, 包括雅典奥运会唐功红、刘春红、陈艳青、李卓和 2000 年悉尼奥运会金牌选手丁美媛在奥运实战模拟赛中的抓举技术资料。

2.2 测试方法

在比赛现场, 用两台摄像机 (索尼 trv38e) 按照三维摄像测量的要求对我国优秀举重运动员的抓举技术进行三维定点拍摄, 两台摄像机分别放置在举重台的左前方和右前方, 两台摄像机通过举重台中心的主光轴之间的夹角约为 90°。摄像拍摄频率为 50 场/s。拍摄现场布置如图 1。

采用爱捷录像解析系统对抓举动作技术资料进行解析与分析。采用扎齐奥斯基人体模型。所得数字化数据采用数字滤波法进行平滑处理, 截断频率 $F_c = 7$ 。

2.3 划分动作阶段

对抓举技术动作的分析, 从杠铃离地瞬间开始到杠铃达

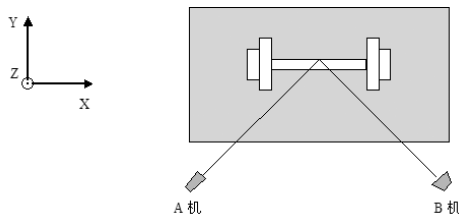


图 1 比赛现场三维拍摄示意图

Figure 1 3D Video Recording at the Competition Site

到最高点——抓举动作为主要阶段。为了便于科学、细致地分析抓举技术动作, 将这个主要阶段动作又划分为 5 个阶段。①伸膝提铃阶段: 从杠铃离地开始至伸膝最大时刻 (膝关节角最大), 通常称之为伸膝提铃动作。②引膝提铃阶段: 膝关节角从伸膝最大时刻开始到引膝最大时刻 (膝关节角最小), 即引膝提铃动作。③最大发力阶段: 膝关节角从引膝最大时刻 (膝角最小) 开始到杠铃上升速度达到最大时刻, 即最大发力阶段。④惯性上升阶段: 从杠铃上升速度最大时刻开始到杠铃达到最高点。⑤下降定铃阶段: 从杠铃最高点开始到杠铃下降到最低点运动员接住铃为止。划分动作阶段的特征画面参见图 2。

2.4 数据处理

通过 SPSS 13.0 对男女举重运动员抓举时不同动作阶段杠铃上升的时间比、上升高度比和作功比计算了平均值和标准差并进行了独立样本 T 检验, 定 $P < 0.05$ 为显著性差异水平。