

# 摆臂在立定跳远蹬伸起跳阶段中的生物力学分析

东南大学体育系 武金陵 徐永楠

[摘要] 针对当前基础研究甚少的状况,本文运用运动学和动力学相结合的研究方法,采用两台带有电子快门摄像机和三维测力平台,对田径选修同学的不同立定跳远起跳进行了运动学和动力学测试。运用录像快速反馈分析系统对运动学图像进行了图像采样和数据计算,采用爱利尔动力学数据分析软件对动力学实验数据进行了统计与分析。旨在揭示出学生技术特征,对比分析动作,得出合理技术动作,给出合理建议。

[关键词] 摆臂 立定跳远 起跳 生物力学分析

## 前言

立定跳远的技术动作是由起跳、腾空、落地技术动作构成,其中起跳蹬地动作在整个技术中是最重要环节,如何使这一技术环节的潜力得到充分的发挥,就必须使技术动作要快速、有力、踏跳准确,即人体的爆发力的发挥。当然其中通过全身动作的配合也是完成该技术动作的一个重要因素,这样更使整个跳跃动作获得最大的运动速度和腾空高度。因此在该动作过程中,各环节动作的配合都应有利于原地立定跳远获得最大速度和力量,上肢的摆与起跳要协调:上肢向下摆动时,而腿屈膝,重心下落;上肢向上摆动时起跳,快速有力地起跳。根据牛顿定律原理,这样增加了两腿对地面的力量,自然起跳效果更好。臂的运动方式可分为两种,摆动和不摆动。在摆动方式上,又可分为合理摆动和不合理摆动。合理的摆臂动作可以提高跳远的运动成绩,而不合理的摆动则会影响运动成绩。

对于同一个体来说,肌肉自身所固有的弹性形变势能和肌张力可视为恒量。所以可以从身体的重力势能和运动动能方面分析初速度的问题。根据机械能守恒定律可知,当人体所受合外力  $F$  为零时,人体的总机械能是不变的,假如人体的重力势能差  $E'$  完全转化为人体的起跳动能,就有  $E_1=E'$ ,如果人体所受合外力  $F$  不为零,那么人体的起跳动能就应为  $E'$  和合外力  $F$  所做功之和,即  $E_1=E'+E_2$ 。由此可见要想提高初速度,就要设法尽量增大人体的重力势能差  $E'$  和人体所受到的合外力  $F$ 。在立定跳远中,合外力  $F$  的主要来源是双臂的摆动,当双臂不摆动时  $F=0$ ,即得到  $E_1=E'$ ;当双臂的摆动与蹬伸起跳方向相反时  $F<0$ ,当双臂摆动与蹬伸起跳方向一致时  $F>0$ ,由此可见只有合理的摆臂动作才能增加人体起跳动能,从而提高起跳初速度,提高跳远成绩。当前对立定跳远动作进行线形分析的较少。

## 1. 研究对象和方法

1.1 研究对象:东南大学 08 级田径班学生。

1.2 研究方法:本文主要运用了文献资料法、实验法、图像解析法、逻辑分析法、比较法等,采用两台高速摄影机和三维立体框架对采集的图片进行分析。

## 2. 研究与分析

### 2.1 生物力学分析

①立定跳远就是使人体在水平面上,由静止开始原地起跳,跳出最大的水平位移。由于人体的比重远远大于空气,所跳跃的水平位移也比较小,所以整个动作过程可视为理想状态下的斜抛运动。物体斜抛运动的水平位移公式为  $X=V_0\cos\alpha \times t$ 。从公式中可以看出,要想获得更大的水平位移,就要尽可能的提高起跳时的初速度。

②根据机械能守恒原理,在人体所受合外力  $F$  为零的情况下,如蹬伸起跳阶段,人体把助摆下蹲阶段所积累的总机械能  $\Sigma E$  转化为起跳动能  $E$ , 则有  $E=\Sigma E$ 。

③由于人体的加速蹬伸和双臂的加速摆动,增加了人体给予地面的附加力  $F$ ,也就增大了地面对人体的反作用力。增大的反作用力也会对人体完成起跳动作做功  $E'$ ,那么此时参与人体起跳的总机械能就应为  $E+E'$ 。也就是说不摆臂时  $E'=0$ ,向前摆臂时  $E'$  为正值,向后摆臂时  $E'$  为负值。所以向前摆臂动作增加了人体蹬伸起跳的总机械能,也就提高了人体起跳的初速度。

### 2.2 图像数据分析

图 2 为立定跳远不摆臂人体起跳瞬间的髌关节的移动图像,图 1 为立定跳远向前摆臂起跳瞬间的髌关节移动图像。图 1 髌关节 0.02s 从 1.8cm 移动到 0cm,移动距离为 1.8cm;图 2 髌关节 0.02s 从 -0.2cm 移动到 -0.1cm,移动距离为 0.1cm,由  $V=S/t$  可得:图 1  $v=1.8/0.02=90\text{cm/s}$ ;图 2  $v=0.1/0.02=5\text{cm/s}$ ,那么就可知图 1 初速度比图 2 初速度大,由此说明向

前摆臂与不摆臂相比更能提高人体起跳的初速度。

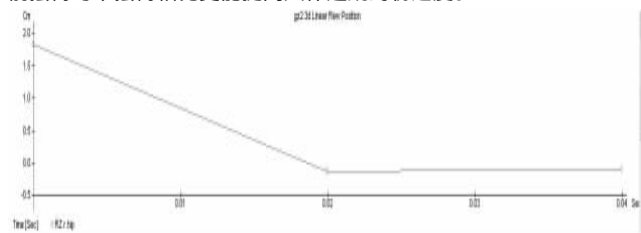


图 1 向前摆臂起跳瞬间的髌关节移动图像

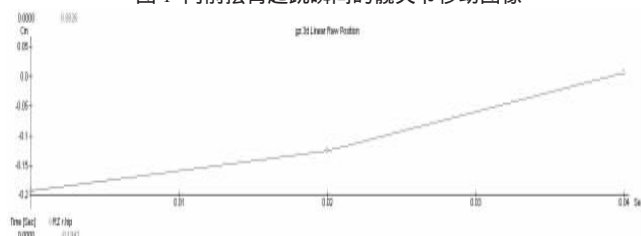


图 2 不摆臂人体起跳瞬间的髌关节的移动图像

### 2.3 图像变化分析

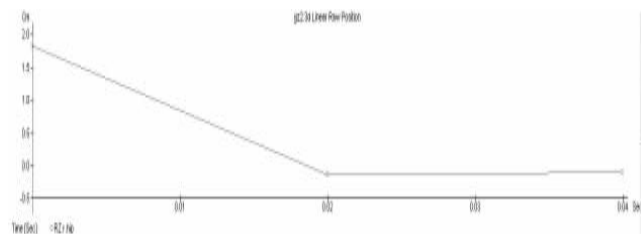


图 3 向前摆臂起跳瞬间的髌关节移动图像

图 3 中所示,图像前阶段在  $y$  轴上的变化很大,明显有很大的加速度,这样分解  $x$  轴的加速度越大,就有利于在蹬伸阶段获得很好的速度,使获得优秀的成绩成为可能。图像后半段 0.02 秒在  $y$  轴方向上变化几乎稳定,双脚蹬离地面,加速度减小到 0。蹬离地面速度快。

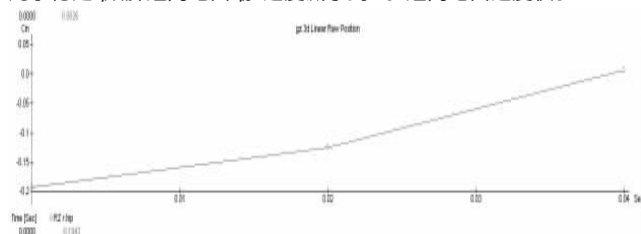


图 4 不摆臂人体起跳瞬间的髌关节的移动图像

图 4 中所示,图像前半阶段 0 到 0.02 秒中,曲线在  $y$  轴方向上的变化很小,由于身体的重量只能用双脚来克服,力的利用率低,很明显加速度小,对起跳后的腾空很不利,水平速度也相对减少很多。后半段随着蹬伸角度的变化力量得到充分利用,稍有起色,变化加大,但是数值变化相对图 3 有明显的劣势。蹬离时间较长,动作显得不够干脆,拖沓。

## 3. 结论与建议

### 3.1 结论

3.1.1 立定跳远中向前摆臂可以提高起跳初速度,向前摆臂与不摆臂相比更能提高人体起跳的初速度。

3.1.2 立定跳远中进行合理的摆臂可提高运 (下转第 273 页)

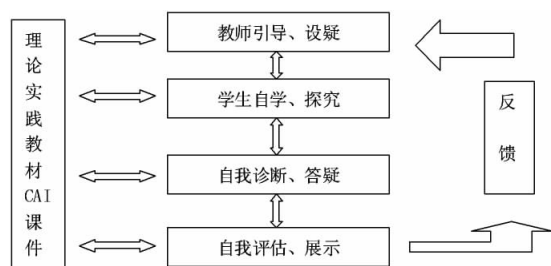


图3 开放型教学模式基本结构图

#### (一)利用多媒体诱发情趣,导入课题

兴趣是学习的先导,是开发智能的基础。孔子曰:“知之者不如好之者,好之者不如乐之者。”一语道破了兴趣密切相关的重要作用。教师在引入新课时,要设置新、奇、趣的问题情境,诱发情感,引起学习动机,做到以情入境,以趣入境,以奇入境。

#### (二)利用多媒体掌握教学目标,指导学生自学

教师在教学中,结合多媒体资源对教材进行讲解和示范,学生练习时利用电脑投影机反复播放正确动作图片或制作的FLASH动画,在视觉上给以更充分的刺激。教师还可引导学生与屏幕上的动作进行对照,让组内的练习者们边讨论、边模仿,给学生充分自学的时间和空间,促使其在大脑中较快地形成正确的动作表象。

#### (三)利用多媒体帮助探究,突破难点

利用多媒体课件可以让电脑模拟整个动作过程,通过动画将动作连接起来,关键之处还可以调整画面大小和演示速度,这样做就能化一闪即逝为慢速连续,使教材难点迎刃而解。

#### (四)利用多媒体诊断练习,了解成效

多媒体CAI课件在教学中对学生错误动作的诊断、纠正有着其独特的作用。为保护学生的自尊心,教师在课中将学生的易犯错误以FLASH动画的形式在学生练习时展示出来,通过给学生一个形象、直观的动作示范,让学生照课件边练习边纠错,这样既不会伤害到学生自尊,又可以纠正学生的错误动作。

#### 四、CAI在高校体育教学中应用的局限性及建议

##### (一)局限性

当前计算机辅助教学在各高校已得到广泛的应用,并取得了较好的教学效果,但在应用计算机辅助教学时,还存在几个不足的方面:第一,教学目的认识不明确。计算机辅助教学的根本目的是更好的完成教学目标,提高教学效果和提高学生的综合素质。部分教师只重视计算机辅助教学的形式或者用计算机辅助教学进行观摩评比,而忽略了其根本

目的;第二部分与专项教学相配套且实用的教学软件较缺乏。市场上销售的教学软件较多的是当前较热门的学科教学软件,但一些冷门的学科,相应的配套教学软件也比较少。第三,体育教师制作教学软件的水平有待提高。教师制作课件不应过分重视外表,应突出课程的重点和难点,以达到预期的教学效果。充分发挥出计算机辅助教学的优势。

##### (二)建议

针对CAI在高校体育教育中的应用现状,结合作者多年的教学经验,给出以下建议。

1.各级教学决策部门和学校对新课标下体育课程教学应予充分重视。

要有长远的发展眼光,开展多媒体辅助教学手段需要一定的教育经费的投入,还需配备水平较高的硬件设备、软件材料,合理安排使用现有的电教室。另外,在有条件的情况下,为了更方便教学或训练,还可创建多媒体与体育课程运动训练合二为一的场所。

2.重视对教师队伍的现代科技理论素质的培养,提高对现代科技设备的实际操作水平。

学校在普及计算机设备的同时,应重视教师计算机基础训练,普及CAI理论知识,使教师真正从理论把握CAI的实质,在实际应用中,应自觉体现人机交互和智能的两大优点。

3.加强省市间、地区间、学校间的交流。

交流,可以互相取长补短,减少或避免低层次的重复实践,提高实践的起点,拓宽制作课件的视野,充分发挥计算机的多种功能,为教学服务,积极推进教学改革深化。

##### 参考文献

- [1]叶峰.《多媒体CAI课件对学生体育情境兴趣影响的实证性研究》.华东师范大学学报,2006
- [2]张学忱,陈家鸣.《体育CAI课件的开发与实现》.中国体育科技,2007
- [3]周坚.《CAI课件在体育教学中的应用研究》.保山师专学报,2007
- [4]师德明.《体育课程CAI教学的应用研究》.课程与教学研究学报,2008
- [5]朱小群,李贵芳.《体育课程专业多媒体教学的运用》.体育科研,2007
- [6]陈家鸣.《体育CAI课件的开发与实现》.中国体育科技,2005
- [7]全国体育学院教材委员会.《体育》教材小组.北京人民体育出版社,2001

(上接第270页)此,在课外体育活动内容设计上,应设计大学生喜闻乐见的健身运动项目,学生容易接受,愿意积极参与;同时它不受课堂教学中的时间、空间、形式的局限,能更好地发挥学生的主体作用,学生在活动中的体验和感受深刻,才能够更好地实现心理健康教育的发展功能,满足学生心理发展需要,开发学生的心理潜能,提高学生的心理机能,培养学生乐观、向上的心理品质,增强学生的心理承受能力,塑造学生的良好性格,完善学生的自我意识,促进学生人格的健全发展,培养学生良好的心理品质,完成教学活动由课内向课外自然延伸。

#### 4. 结论与建议

4.1 了解当代大学生心理健康问题,并在体育理论和技术教学中不断实施心理健康教育;

4.2 体育教师应提高在教学中实施心理健康教育的认识,同时自己

应具备良好的心理健康素质;

4.3 重视延伸体育课后的心理健康教育。

##### 参考文献

- [1]白莉.大学生不良心态与心身疾病的归因分析与对策[J].黑龙江高教研究,2008(10):174.
- [2]蒋明军.高校体育与大学生身心健康研究[J].百色学院学报,2008(6):111.
- [3]牟艳娟.当代大学生常见的心理问题分析及教育引导[J].东南亚纵横,2003.
- [4]王鼎华.学校体育如何面向新世纪[J].新华文摘,1997.
- [6]龙锦.立定跳远简明教法[J].体育科技,2002,(01)
- [7]徐大丛.“立定跳远”与弹簧跳远实验的探究[J].2006
- [8]蒋华,刘红蕾.跳深——提高跳远成绩的方法之一[J].体育教学,2004
- [9]施典财.立定跳远成绩因素的分析[J].科教文
- [10]禹小明.试论跳跃动力的力学依据[J].武汉体育学院学报,1992
- [11]邹小更.先蹬地再摆臂[J].中国学校体育,2008,(01)
- [12]朱宝庭.提高立定跳远成绩初探[J].首都体育学院学报,1985,(04)
- [13]于文忠.立定跳远趣味练习[J].体育教学,2004,(01)
- [14]姜学.作用力与反作用力是接触力[J].物理教学探讨,2002,(09)
- [15]胡启新.也谈作用力与反作用力[J].物理教学探讨,2002,(09)

(上接第271页) 动成绩。

#### 3.2 建议

3.2.1 立定跳远中注意合理摆臂练习。

3.2.2 在训练中加强上肢力量和快速摆臂练习。

3.2.3 在训练中,蹬地动作要快速有力,减少蹬离时间。

3.2.4 练习中要根据自身特点,调整起跳角度。

#### 参考文献

- [1]张朝英.影响立定跳远成绩的因素[J].中国学校体育,2002
- [2]刘改为,庞富星.怎样提高立定跳远成绩[J].新体育,1998
- [3]刘海柱.立定跳远正确摆臂动作[J].中国学校体育,1998,(04)
- [4]王花娥.立定跳远怎样才能跳得远[J].中国学校体育,2001,(02)
- [5]陆佳,王东.立定跳远的“蹲”与“蹬”[J].中国学校体育,2001