

仪器匮乏的现状,提出了用于获取运动员投掷过程中铁饼的动力学信息的数字化铁饼三维信息采集系统,该系统可实时获取运动员投掷过程中铁饼的加速度和角速度信息。

**研究方法:** 研制法、测试法。

**研究结果:** 研制出了数字化铁饼三维信息采集系统,该系统包括一个数字化铁饼原型样机和数字化铁饼三维信息采集系统的专用软件,该系统包括一个数字化铁饼、USB 连线、上位机软件和一台 PC 计算机,其中,数字化铁饼由上、下壳体、金属圈、电路板、加速度传感器、角速度传感器、数模转换器、微处理器、FLASH 存储器、USB 接口等设备组成。该系统最大量程为 $\pm 14000$  牛顿;单维标定误差 $\leq 1.5\%$ F.S.(典型);最大过载能力为 200%;采集频率 100 赫兹;分辨率 0.1% F. S;每次数据采集时间为 15 秒;最大可存储投掷次数 13 次;采集组数 1~13 组;内置 9V 充电镍氢电池;工作温度-40 摄氏度~80 摄氏度。

**研究结论:** 经过测试、充分检测了铁饼的使用效果,测试表明该系统能够时实采集运动员掷铁饼过程中的加速度信息和角速度信息。能够测得人体对铁饼在 X、Y、Z 三个方向上加速度及变化曲线,能够测得铁饼在 X、Y、Z 三个轴方向上的角速度及变化曲线。通过 USB 接口方便数据的存储、读写和打印相关文件。该系统反馈速度快;可实现无妨碍、无损伤检测;测量安全可靠;可连续进行测量、记录及显示;可用电脑对测量数据进行运算、存储、信息处理和输出打印;能够单独测量,并能与其它仪器的同步测量。

通过该系统采集到的数据,可以快速的反映出铁饼运动员的投掷技术的差异,为运动员改进技术、提高成绩提供科学根据,为教练员、运动员科学训练提供一种科研仪器和监控系统。体育科研工作者可以借助此仪器和此种测量手段,去探索铁饼投掷技术的新理论,去发现新的规律,进行改进和完善铁饼投掷项目的技术最佳化问题。

## B-07 内翻式落地足跖骨力学反应研究

顾耀东<sup>1</sup>、李建设<sup>1</sup>、阮果清<sup>2</sup>、Mark Lake<sup>3</sup>

1. 浙江体育职业技术学院, 杭州 311123
2. 安踏(中国)有限公司, 泉州 3622211
3. 利物浦约翰.摩尔大学体育学院, 利物浦 L32ET

**研究目的:** 足跖屈内翻状态下,常常造成外侧跖骨及外侧副韧带的损伤。然而,大部分的足内翻研究集中在踝关节扭伤。由于跖骨外部经足软组织包裹,常规的生物力学实验方法很难获得内部骨骼的动力学及运动学信息,而且类似内翻等危险性动作直接进行实验分析又存在着实验被试一定的安全风险。因此,有限元分析常成为足部力学分析中的有效工具。足部正常步态,特殊步态,病足步态中的跖骨的应力分析已获得较好的评价,内翻式落地中跖骨应力分布情况还处于空白。本研究通过对目前较完善的足部模型在内翻式落地中跖骨应力分析,为运动损伤,医学诊断及运动鞋的有效保护提供重要的力学数据。

**研究方法:** 足部模型选自一健康男子,无足部疾病和足部损伤史,身体状况和运动能力均良好。足处于自然无荷载状态时作螺旋CT扫描。图象导入MIMICS 8.0获得骨骼边界条件,在专业骨科医师指导下,通过SolidWorks 2005装配处理建立实体。实体导入ANSYS 9.0进行有限元分析。取

不同内翻角度(5度至20度)落地为支撑条件。为了分析内翻角度对不同跖骨应力分布特征影响,支撑板底部400牛顿垂直力为载荷条件,且约束平板水平方向移动位移。200牛顿跟腱力起平衡作用,足部软组织、胫骨、腓骨的远端上表面为完全固定。有限元模型计算可靠性通过站立态novel emed足底压力测试验证。

**结果与分析讨论:** 双足站立态中, Novel emed测量所得最大压强出现在足跟部区,前掌峰值压强出现在第一跖骨底,压强值分别为175kpa和115kpa;有限元预测此两部位的峰值压强值分别为157kpa和121kpa。随着内翻角度的增加,跖骨峰值应力位置从第二跖骨转移到第五跖骨。以往的足内翻状态下生物力学研究集中于踝关节本体感受、外侧副韧带损伤、肌肉等动力量训练及反应时等,内翻状态下跖骨应力分布研究几乎空白。根据有限元分析结果,内翻状态下,外侧跖骨比起主要支撑作用,因此也造成内翻跖骨损伤主要集中在外侧。第二跖骨为正常落地下各跖骨中最大应力出现处,相关步态有限元研究中,中间跖骨亦为最高应力处,且很好的解释了第二跖骨为应力性骨折高发部位的力学机理。外侧跖骨的高应力集中为内翻落地状态下一显著特征。尤其是第五跖骨,尽管正常运动状态下受力较小,但却成为内翻状态下关键支撑部分。

**研究结论:** 本研究中,基于CT扫描包括骨骼、韧带、足底腱膜、跟腱和足周软组织的三维足部有限元模型被良好的建立,并通过站立态足底压力测量较好的验证了模型的可靠性。足内翻状态下落地,内侧跖骨所受应力较小,应力显著集中于外侧跖骨。与正常落地对比发现,第五跖骨峰值应力变化最大,此骨骼基底处的高应力较好解释了此处骨折的力学机理。由于模型的肌腱、肌肉等组织有待进一步完善,内翻状态第五跖骨基底粗隆在纯压力冲击下的应力不大,因此临床上此处的损伤现象可推断为主要因肌腱牵拉所致。

## B-08 跑步过程中不同运动表面的足底压力特征研究

傅维杰、刘宇

上海体育学院运动科学学院,上海 200438

**研究目的:** 研究跑步过程中五种常见运动表面的足底压力特征,探讨不同运动表面对人体冲击的表现,寻求各种表面和冲击负荷之间可能存在的关系,并希望能藉此对跑步中的运动损伤机制提供相关的理论依据。

**研究对象和方法:** 选取上海体育学院运动科学系男学生3名(均有长期跑步健身史),控制受试者在一定的跑速范围内,利用足底压力测试系统对在五种运动表面:跑步机(有或无缓冲垫)、水泥地、草地、塑胶跑道上的跑步过程进行测试,分析受试者在着地(Touch-down, TD)和离地(Toe-off, TO)过程中,触地时间(contact time)、足底压力峰值(Peak Pressure)、压力-时间积分(FPTI)、压力分布(Pressure Distribution)等足底压力特征与各运动表面之间的关系。

### 研究结果:

(1) 着地阶段, B型跑步机(有缓冲垫)、草地和塑胶跑道的平均跑速、触地时间、足底压力峰值(及出现时间)和压力-时间积分均无显著性差异( $P>0.05$ );与此同时, A型跑步机(无缓冲垫)和水泥地的第一压力峰值(及出现时间)和第一峰值内压力-时间积分均高于(或早于)其它三种表面,且具有非常显著性差异( $P<0.01$ );然而在离地阶段,五种运动表面的足底压力