



第十九届全国运动生物力学学术交流大会述评

仰红慧,戚雅茜

摘要:第十九届全国运动生物力学学术交流大会于2017年10月13-16日期间在河北石家庄顺利召开。作为全国最大规模的运动生物力学大会,吸引了来自全国各地的学者的参与和关注。大会邀请众多国内外知名专家、学者作了相关研究的专题报告,展示了当前国内外在运动生物力学及其相关外延性研究方面的诸多实用性较强的研究成果,来自全国多所高校的学生以及体育相关研究所的学者纷纷投稿并参会。本次大会为各位专家、学者、科研人员以及在校大学生提供了一个学术交流的平台,对进一步加深高校与科研机构的学科交流、促进学科发展起到了重要的推动作用。

关键词:运动生物力学;技战术分析;步态;运动控制;运动损伤;鞋;流体力学

中图分类号:G804.6 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2018)04-0089-05

DOI:10.12064/ssr.20180415

Brief Commentary of the 19th National Conference on Sports Biomechanics

YANG Honghui, QI Yaqian

(Shanghai Research Institute of Sports Science Shanghai 200030)

Abstract: The 19th National Conference on Sports Biomechanics was held in Shijiazhuang of Hebei Province from October 13 - 16, 2017. Many well-known domestic and foreign experts and scholars in this field were invited to give special reports on their practical research fruits of the current sports biomechanics study and related extensible researches at home and abroad. A lot of university students and the scholars from the research institutes of sport contributed their papers and took part in the discussion. The conference provided an academic-exchange platform for the participating experts, scholars, researchers and university students and played an important role in further deepening the academic exchanges between universities and research institutes and pushing forward the development of sports biomechanics.

Key Words: sports biomechanics; technique and tactics analysis; gait; motor control; sport injury; shoes; fluid mechanics

由中国体育科学学会运动生物力学分会、河北体育学院联合举办的第十九届全国运动生物力学学术交流大会于2017年10月13日—16日在石家庄召开,来自中国大陆、港澳台地区及海外的200多名专家、学者参加了本次会议。大会共收录论文212篇,评选了“洪友廉”青年学者奖、“健乐”新人奖,并评出多篇优秀论文^[1]。大会集中展示了近年来运动生物力学领域取得的最新科研成果,为运动生物力学同仁搭建了良好的交流平台^[2,3],展现出我国运动

生物力学的蓬勃发展势头。

1 大会主题报告介绍

大会主题报告会邀请了11名国内外学者作了精彩的报告。宁波大学大健康研究院的李建设在本次大会上做作了关于健康中国背景下的“体医融合”的报告,他生动地向大家介绍了宁波大学大健康研究院的建设及发展的历程。中国人民解放军军事医学科学院的张西正教授介绍了我国生物力学研究的现

收稿日期:2018-06-01

第一作者简介:仰红慧,女,安徽休宁人,博士,研究员,主要研究方向:运动生物力学测量与分析。E-mail: yanghonghuish@163.com。

作者单位:上海体育科学研究所,上海 200030。



状及基金重点项目指南的变化,针对申请国家重点课题项目与与会人员进行交流。澳大利亚的 Bruce Mason 博士介绍了游泳出发、转身及接力分析系统的开发与应用案例、动态阻力测试反馈系统的开发设计以及利用平滑质点流体力学方法进行游泳动作的数值模拟分析,对蝶泳腿的涡流测试分析以及对自由泳的划手轨迹和速度等进行了分析。而德国 Contemplas 公司的 Christoph 则结合其产品对游泳技术动作的生物力学分析方法进行了介绍。德国和澳大利亚的学者关于游泳项目的科技服务的方法介绍和先进仪器设备的介绍,为研究游泳出发、转身技术,水下游进动作的运动学、动力学研究提供了新的手段。国家体育总局体育科学研究所的王泽峰和肖丹丹根据自身在竞技体育一线的工作经历,充分地展示了运动生物力学的理论和方法在解决运动实践中的问题的作用。王泽峰分别对棒球、躲避球和标枪等投球动作的上肢关节动作及负荷进行了分析,为与会学者进行上肢运动分析及研究方法的选择提供了宝贵的经验。肖丹丹重点对乒乓球项目中的技战术视频快速分析反馈与诊断方法进行了详细介绍,其研究团队的科研工作为我国乒乓球运动员提高比赛技术及临场比赛发挥都提供了强有力的科技支持^[4]。北京体育大学的李翰君则对肌骨建模仿真研究的常见问题及对策与在座的学者进行了充分交流。

2 专题内容介绍

本次会议的专题报告包含步态与神经肌肉控制分析、运动技战术分析、运动生物力学教学理论与方法、运动损伤及康复生物力学、新科技和仪器的应用与研制方面等。从数量上看步态与神经肌肉控制分析和运动技战术分析相关的研究文章较多,分别占有总数量的 26.89% 和 30.19%,运动损伤和康复的生物力学及新仪器开发类相关文章所占比例为 18.40% 和 12.74%,另有 6% 左右的文章对鞋类的运动生物力学进行了研究,而运动生物力学教学与理论相关的最少,仅占 5.66%。从所有文章的研究内容可以看出,本届生物力学大会的研究对象较前几年相比以老年人和儿童为研究对象的文章比例增加。在校大学生仍然充当了重要的实验研究对象。随着各种新式仪器的开发及利用,运动生物力学的研究方法除了传统的运动学、动力学和肌电外,多学科交叉以及多种研究方法的联合运用也是目前运动生物力学的变化趋势。本次大会涉及的研究中融合了工程仿生学、材料学、人体发育学等多

学科的理论和研究方法。运动生物力学的研究结果在指导工业设计特别是与运动相关的产品的设计与研发中发挥着重要作用,为各类产品的研发及优化提供了新灵感。

2.1 步态与神经肌肉控制分析

跑步和行走是人类重要的基本动作技能,步态分析成为重要的研究内容,也是本次大会的研究热点。步态的研究对象包含多个年龄段,涉及儿童、成年人及老年人。北京师范大学的学者赵盼超、邵雪、徐杰重点关注了儿童成长过程的 3~6 岁阶段,并对此阶段儿童的侧滑步、前滑步、跑步等动作进行了深入研究。陈皆波则利用高速摄像机完成了幼儿跑步动作发展特征的量化研究。沈阳体育学院的王欢则对幼儿立定跳的运动学特征进行了研究。北京体育大学的朱丰仪对跑台与地面状态下步态差异的研究进展进行了综述。

北京体育大学的卫青漫对行走时使用手机这一日常双任务导致的步态特征变化进行了研究,研究发现使用手机行走时人们会选择一种小心谨慎的行走策略,虽然行走过程中使用手机对步态并不完全是消极的,但出于安全考虑不建议行走时使用手机。倒走在各种流行的健身方式中被认为对人体产生积极的影响。因此,苏州大学的苏晶对青年女性正走与倒走步态运动学参数进行了分析,研究发现倒走与正走两种行走模式的运动学特点有很大的差异,且增大步长能达到更佳的下肢肌肉锻炼效果。

平衡控制能力及肌肉活动特征是神经肌肉控制研究方面的主要研究内容。良好的平衡能力是运动员发挥训练水平、完成技术动作的根本要求。武汉大学的黄强对不同专项学生静态平衡能力进行了实验研究,发现长期从事体育锻炼的学生,身体的静态平衡能力较好,脚掌及脚跟为人体平衡的主要着力点,踝关节的肌力对平衡有明显的影响。随着社会老龄化程度的加深,老年人的跌倒与平衡是近年来社会共同关注的问题。合肥师范大学的游永豪对老年人“踝关节模式”动态平衡能力测试的信度进行了分析,认为基于动态姿势图测试法,老年人“踝关节模式”动态平衡能力测试的信度很高。北京师范大学的张子华则对人体步态中平衡性的力学机制进行了研究,发现老年跌倒病人会采取减少向前移动的质心速度来防止跌倒,表明其对动量的控制能力下降。其研究也发现,身体总质心、基础支撑和压力中心等物理参数可以用于分析老年人步态中平



衡性的力学机制。

形式多样的锻炼方式被用来进行改善人体平衡能力及提高肌肉控制能力,但对于各种训练方法的效果及其作用原理还需要进一步研究。安徽池州学院的刘崇对太极拳改善女性老年人静态平衡能力的生物力学进行了分析,为太极拳运动改善老年人平衡能力提供理论基础。河北省体育科学研究所的徐起麟通过核心力量训练提高跳水运动员平衡能力。山东理工大学的张庆来则对不同方式贴扎肌内效贴对静平衡能力的影响进行了研究,研究发现小腿左右横向贴扎对站立平衡能力的影响不显著,而后侧纵向贴扎则能明显改善平衡能力,在软性支撑面或支撑面积小时,能有效提升人体平衡能力。河北体育学院的何海燕则通过实验证明经过射击训练,青少年的动态平衡能力明显提高。此外,也有学者通过对竞技体育项目如马拉松、足球、武术、跆拳道等项目中运动员的平衡能力变化进行研究,从多种运动形式角度出发寻找有效提高人体平衡控制能力的训练方法。

对普通人及运动员步态及神经肌肉控制研究还有很大的发展空间,研究深度将不断加深,与竞技体育中涉及平衡控制能力相关的研究内容也会越来越广泛。除了研究儿童平衡及肌肉控制能力随着生长发育增加的发展过程外,对于普通老年人平衡和神经肌肉控制将倾向于更有应用价值或可接受度高的运动项目,将有效的健身手段融于日常生活,有效提高老年人生活中的平衡能力,减缓其神经肌肉控制能力的衰退速度。

2.2 运动技战术分析

运动技战术分析是运动生物力学研究的主要内容^[5,6],运动生物力学在体育运动中的应用价值体现在对某些运动动作技术进行运动学、动力学等相关分析上。通过分析可以定性甚至定量地描述运动的关键技术动作特点,为科学训练提供理论基础,为技术诊断提供有效参考指标,不仅能为选择适当的运动负荷及制定合理的训练计划提供理论依据,而且可以为运动员探究制约技术发展的成因、寻找解决方法,为高水平运动员减少失误提高成绩、寻找关键技术的改善技术提供支持。对专项技术的研究亦能提高运动员训练效果并有利于减少因错误技术动作导致的损伤,为运动员专项训练提供科学依据。此外,近年来运动生物力学的研究方法在人才选拔中也发挥着重要作用。

运动生物力学大会研究涉及的项目仍然主要为

田径、体操、游泳、跳水、乒乓球、网球等,随着仪器设备技术进步,对这些项目的研究更加深入,对于高尔夫、太极拳、橄榄球、射箭、健美操、帆板、散打等其他项目的研究也已经开始。随着近年来对冬季项目的研究力度增大,出现了较多与短道速滑项目相关的研究。

传统的录像解析方法仍然被应用于多种运动项目的动作解析研究工作中,特别是对比赛中的技术动作解析。本次大会中多位学者对乒乓球世界比赛的技术分析正是采用此方法,肖丹丹研究团队的成员对2016年及2017年我国选手与世界顶级选手的比赛进行了细致的技术解析,通过对比分析,为我国乒乓球运动员的技术训练提供科学依据。较多学者将红外捕捉系统和测力台联合使用,同步完成了运动学和动力学分析研究,完成了排球、太极拳、跑步、散打等项目的下肢运动学研究。临沂大学的周文龙利用红外捕捉系统对高尔夫挥杆击球时刻膝关节运动学进行了分析。武汉体育学院的刘志荣利用拉线传感器对国家女子帆板运动员力量进行了测试分析。西安体育学院的李想则利用高速摄像和拉力传感器对高水平男子游泳运动员50m蝶泳途中游泳技术与推进力进行了研究。

运动生物力学在技战术分析方面的研究在一定程度上受到项目运动特点及仪器设备发展水平的限制。高速红外捕捉系统、测力台、防水测试仪器的开发、利用,以及不断出现的其它各种新式设备,为科学研究工作带来了极大的便利,研究的精度也不断提高。

2.3 运动生物力学教学理论与方法

与运动生物力学教学理论与方法研究相关的文章在本次大会中所占比例较少,其研究大多以文献综述的形式呈现,相关的研究内容主要涉及基础理论教学方法及运动生物力学基本原理。苏州大学的谭亲平对射箭技术的生物力学研究进展进行综述。北京体育大学的焦怡然对关于距下关节的生物力学研究进展进行综述,北京市体育科学研究所的孙科认为踝关节的杠杆性质是运动解剖学、生物力学中的基础问题,通过对踝关节在跖屈运动时为速度杠杆观点进行了深入的理论分析和计算,研究结论认为在跖屈运动时踝关节为速度杠杆与前人认为踝关节在提踵时为省力杠杆的观点不同。湖北大学的李树屏则对流体压强和压强梯度变化对人体运动的影响进行了研究,计算了流体中运动特殊位置的压强值,着重分析了压强梯度对人体的影响,其研究认



为合理的高压和低压(氧)训练可以在一段时间内提高运动成绩或消除疲劳,建议从深入上浮和从平原到高原训练时需要控制压强变化的梯度,以保证运动安全。

2.4 运动损伤及康复生物力学

随着大众健康的普及程度及关注度越来越高,普通人的运动损伤预防已然成为非常热的研究方向,而竞技体育运动训练过程也是与损伤相伴而行,运动损伤的机制及其预防始终是运动生物力学研究的基本问题。无论运动员还是普通人,其损伤的发生通常伴随着不正确的运动方式及不合适的运动强度,运动损伤主要涉及关节损伤和软组织损伤。但受到研究方法和仪器的限制,对于损伤的研究中,对关节损伤的研究是主流。软组织损伤相关的研究则以下肢肌肉和筋膜损伤研究为主,但其数量相对较少。广东体育科学研究所的吕晓红通过采用肌肉状态诊断方法对股直肌一次性剧烈运动前后的状态特征进行了研究,为预防训练时因肌肉过度疲劳而导致损伤提供了有效的参考。

本次大会的研究中与竞技体育相关的损伤研究仍然以下肢为主要研究对象,膝关节和踝关节属于竞技体育中非常常见的损伤部位^[7],多年来学者不断地加深对于膝关节和踝关节损伤成因的分析研究。苏州大学的赵滢对跑步足着地方式和下肢损伤关系的研究认为,影响足着地方式的主要因素包括自身足的结构、速度、鞋具、地面材质等,与步长、步频及其下肢的一些运动学、动力学指标有关,足着地方式是导致运动损伤的直接或间接原因之一。宁波大学的傅琳等利用三维运动捕捉系统和测力台对专业和业余羽毛球运动员的蹬跨步动作进行了分析,通过运动学和动力学的差异比较羽毛球运动员膝关节和踝关节损伤的负荷差异,研究发现业余运动员踝关节的内旋、内翻显著,而专业运动员膝关节在矢状面及额状面表现出更大的关节力矩,这些可能都与韧带损伤有关。宁波大学的顾耀东利用三维有限元方法对前掌和后跟落地时跖骨应力分布的水平和应力增长率差异进行了研究,结果表明在前掌落地过程中跖骨的高应力水平会大大增加跖骨的损伤风险。河北体育学院的谢永对篮球运动员冲击性落地时垫脚对踝关节和膝关节的影响进行了研究,研究认为垫脚会导致腾空落地时的冲击和异常关节角度,容易引发膝关节和踝关节脱位、骨骼断裂和韧带撕裂、撕脱,建议篮球运动员在运动中要避免或杜绝垫脚行为。

虽然下肢关节为运动损伤的主要研究对象,但损伤的研究并不局限于下肢关节,下肢的肌肉、筋膜、韧带及软骨等也随着关节研究的开展而得到关注。肩关节、脊柱、腕关节等部位是普通群众损伤发生较多的部位,随着对普通人群损伤研究的加深,这些部位的损伤机制研究及损伤预防性科研工作也受到更多关注。北京体育大学的马沐佳对桡骨茎突狭窄性腱鞘炎患者单手操作手机的斜方肌及拇指肌肉的肌电活动进行了研究。浙江师范大学乔福存对学生背书包存在的健康问题进行了探讨,而常鹏飞则进一步对儿童不同负荷背包行走的足底压力变化进行了研究。宁波大学的管培琪则对久坐姿态对人体健康影响的研究进行了分析。损伤的研究方法也不局限于运动学、动力学和肌电,数值模拟仿真技术为损伤机制研究建立了多种模型,通过模型的计算,在一定程度上解决了传统生物力学研究手段所不能涉及的角度,为研究运动损伤的发生机制提供了更多值得参考的理论依据。利用这些理论相关学者进一步可以了解损伤发生的机制,以此为基础将有利于制定更科学的损伤康复计划及提出更好的预防损伤建议。

从运动损伤及康复力学方面的研究文章可以发现,运动生物力学方法在研究损伤及康复方面的应用已经达到了一定高度,不仅可以从运动学特征描述损伤发生的原因,更能深入分析导致损伤的内部机制,同时还能对损伤康复的效果及预防措施提供有价值的理论和实践参考。期待未来出现更多相关的研究,不仅对多种竞技项目和日常生活的典型损伤机制进行深入研究,还可以提出具有指导意义的康复手段。

2.5 运动鞋科技

运动生物力学在运动鞋领域的研究一直是近年来的热点,本次大会关于鞋的运动生物力学研究文章数量并不多,但研究内容却包含了很多方面,主要关于鞋底的减震功能、防滑功能以及穿着时的足底压力情况研究,具体涉及鞋底软硬度、鞋底形状结构设计、鞋底材料、穿着时间、运动情况等多种影响因素的研究。

吉林大学的张锐以鸵鸟足垫为生物原型,将鸵鸟足垫特性应用于运动鞋中底前掌和后跟的结构和材料仿生设计,对鞋底进行冲击工况下的数值模拟,完成仿生中底缓震性能的评估,并研制出一种具有优良缓震特性的运动鞋中底。北京体育大学的王爱文在羽毛球鞋的前掌中底加入不同楔形结构,并用



运动生物力学方法对其性能进行了评估。虽然其研究中未发现前掌楔形结构设计会影响运动表现,但为羽毛球运动员跖趾关节屈肌群的专项力量训练鞋设计提供了灵感。河北体育学院的侯玉对公路自行车骑行锁鞋的力量传输性、卡锁兼容性、贴合性、舒适度、透气性和耐用性进行了分析和综述。屏东科技大学的林秀卿则对鞋带松紧程度对运动表现的影响进行了研究。此外,关于鞋底硬度与阻力、压力分布情况及穿着时长导致阻力压强变化的研究也为跑步者选择合适的跑鞋提供了有价值的理论参考。河北省体育科学研究所的李媛则比较了不同运动鞋前翘角度对人体行走过程中足底压力的影响,研究认为前翘角度为 7.7° 的运动鞋适合各年龄段的大部分消费者,适合慢跑和运动穿着,并能在运动中有效地保护足部,而对于专业运动员则认为需要量身定做。这些对鞋底止滑性及耐久性的研究与改进在很大程度上对量产的推进和改善滑跌事故的发生以及提高鞋材料行业鞋底质量、新科技的研究、改善鞋底生产工艺均有重要的指导意义。梁华伟对中外运动鞋专利技术研发特征的对比分析则发现,国内企业在技术研发上缺乏核心技术,专利保护申请局限于国内,呼吁国内应当加大专利技术研发投入。

由此可以看出,运动生物力学在与鞋相关的研究中仍然起到了非常重要的作用,运动生物力学的研究方法和理论,对运动鞋的研发设计、功能评估等方面的研究进步起着推动作用^[8]。

2.6 运动装备、训练器械、测试仪器等方面的应用与研制

现代竞技体育运动成绩的提高对先进仪器设备的依赖性越来越大,而运动生物力学在训练仪器及比赛装备的研发和性能提升中也发挥着至关重要的作用。传统的运动生物力学的研究方法一直沿用至今,为了对运动动作进行精细的分析,对其精度及准确度的要求也越来越高。在不同运动项目研究中运用准确的标定方法,获取准确的运动学参数对人体运动的研究发展有重要意义。北京体育大学的学者对此进行了一系列相关研究,史宇康对拍摄过程标定方法进行研究,对传统的棋盘格标定法和传统1 m板标定法的精度进行了研究。研究认为,在拍摄距离为3 m处,棋盘格相比于1 m传统标定板作为标定物进行测量的精度更高,绝对误差更小。在5~7 m处则传统的标定板精度更高。为进行二维平面拍摄时根据拍摄距离的远近恰当地选择相应的比例尺,提供了科学的参考。而孙凯扬则对不同距

离下棋盘格法标定三维空间的误差进行了分析,发现利用平面棋盘格标定板标定测量的结果精度范围在2.5 cm内,并且在7 m的拍摄距离下误差最小。在7 m拍摄范围内,测量结果的误差随着拍摄距离的增大而减少。杨辰提出了一种简单易行的平面拍摄镜头畸变误差校正方法,依据图像中像素坐标与比例系数的关系建立回归方程,通过预测不同像素坐标下的比例系数,进行了镜头畸变的校正,以此来提高体育运动中影像解析结果的准确性,减少镜头畸变造成的测量误差。孟姝馨则对6个自由度模型和海伦海耶斯模型分别分析膝关节运动参数进行了对比并计算了两种模型的可重复性,发现两者具有高度的可重复性和较好的相似性,使得不同研究之间可以进行对比。

肌力测试及表面肌电图技术在运动训练及体育科研中都有着重要作用,西安体育学院的郭东雪对用表面肌电信号(sEMG)来直接评价肌肉发力情况的标准化进行了研究,研究发现不同收缩形式、收缩速度下,肌肉在最大用力的情况下肌力矩值与sEMG的变化趋势呈高度相关,若进行不同人同一肌肉或同一人不同肌肉之间的sEMG的比较以最大随意等长收缩作为标准最为合理。

流体力学在体育中一个重要的应用方面是为运动员运动技术的改进和完善提供科学的依据^[9]。对器材流体性能的研究可以使运动员能够熟悉并掌握器材的性能,更加高效地完成技术动作,从而获取更加优异的成绩。武汉体育学院的雷晓珊对不同断流模型下470出台舵水动力性能进行了研究。而蔺世杰对470级帆船船体对舵水动力性能影响进行了研究,这些研究结果为运动员、教练及科研人员了解运动器材的性能并更合理地利用它们提供了理论基础。

3 结语

通过本次学术交流,学者们对当前运动生物力学界国内外关注的热点问题与研究动向又有了新的认识和理解。对于未来运动生物力学的研究,以老年人和儿童为研究对象的研究将越来越多,研究成果的服务对象也将越来越广。与竞技体育相关的研究则向更高的深度推进,更多的高科技的研究手段也将被发现并采用。在运动损伤及康复领域的相关研究则为运动损伤康复的评价及治疗提供了有价值的参考。运动生物力学在运动鞋的研制与开发中已经发挥着重要的作用,期待会有更多与鞋相关的运动生物力学研究成果出现。(下转第101页)



- [19] Phil P., Clark F., Robert L.肌肉失衡的评估与治疗——杨达治疗法[M]. 焦颖,李阳,王松,译.北京:人民体育出版社,2016:26-27.
- [20] 袁铮,尹军.功能动作筛查的应用研究[J].山东体育科技,2015,37(6):75-79.
- [21] 周喆啸.对云南省短跑一级运动员进行 FMS 测试的研究分析[J].业余训练,2012(5):50-53.
- [22] 王雄,刘爱杰.身体功能训练团队的实践探索及发展反思[J].体育科学,2014,34(2):79-86.
- [23] 徐建武,刘道满,赵凡,等.功能动作测试(FMS)在优秀运动员损伤风险评估中的应用研究[J].中国运动医学杂志,2014,33(9):855-859.
- [24] 朱海明,尹军,木志友,等.功能性动作筛查在特警队员身体训练中的应用研究[J].北京体育大学学报,2013,36(9):140-144.
- [25] Cook G., Burton L., Barbara J., et al. Functional Movement Screening: The Use of Functional Movements as an Assessment of Functional Part 1 [J]. The International Journal of Sports Physical Therapy, 2014, 3(9):396-409.
- [26] 石磊.陕西省艺术体操运动员动作模式筛查与纠正训练[J].体育世界(学术), 2016,4:74-75,81.
- [27] Sage Rountree.运动员恢复指南——休息、放松、储备能量达到最佳竞技状态[M]. 毕学翠,译.北京:北京体育大学出版社,2015:89-93.
- [28] 林思琦.北京青年女篮功能性动作筛查(FMS)及身体功能训练的研究[D].北京体育大学,2016.
- [29] 刘畅.功能性动作筛查在网球体能训练中的应用研究[D].北京体育大学,2016.

(责任编辑:刘畅)

(上接第93页)

参考文献:

- [1] 河北体育学院科研处.我院成功举办第十九届全国运动生物力学学术交流大会[J].河北体育学院学报,2017,31(6):2.
- [2] 仰红慧,戚雅茜.第17届全国运动生物力学学术交流大会述评[J].体育科研,2015,36(2):1-3,22.
- [3] 仰红慧,蒋川.第十六届全国运动生物力学学术交流大会述评[J].体育科研,2014,35(1):28-30.
- [4] 肖丹丹.备战2016年里约奥运国家乒乓球队的技术分析与诊断[A].2017年全国竞技体育科学论文报告会论文摘要汇编[C].中国体育科学学会,2017:2.
- [5] 王清,郝卫亚,刘卉,等.运动生物力学学科发展现状及前景[J].体育科研,2016,37(3):91-95.
- [6] 刘园园,宋雅伟.我国运动生物力学的研究现状及发展趋势——第十五届全国运动生物力学大会评述[J].南京体育学院学报(自然科学版),2012,11(5):146-148.
- [7] 刘卉,于冰.生物力学在确定膝关节前交叉韧带损伤危险因素中的应用[J].体育科研,2010,31(6):15-16.
- [8] 李建设,顾耀东,陆毅琛,等.运动鞋核心技术的生物力学研究[J].体育科学,2009,29(5):40-49,75.
- [9] 葛新发,郑伟涛,王德恂,等.流体力学在体育运动中的研究进展[J].山东体育学院学报,2011,27(6):45-50.

(责任编辑:刘畅)