



高 / 等 / 教 / 育 / 体 / 育 / 学 / 精 / 品 / 教 / 材

# 运动生物力学

SPORTS BIOMECHANICS

运动生物力学编写组 编

北京体育大学出版社



# 运动生物力学

Sports Biomechanics 

《运动生物力学》编写组 编

北京体育大学出版社

出版人 李 飞  
责任编辑 佟 晖  
审稿编辑 董英双  
责任校对 未 茗  
版式设计 佟 晖  
责任印制 陈 莎

图书在版编目(CIP)数据

运动生物力学 / 《运动生物力学》编写组编.  
— 北京 : 北京体育大学出版社, 2013. 8  
高等教育体育学精品教材  
ISBN 978-7-5644-1394-1

I. ①运… II. ①运… III. ①运动生物力学—高等学  
校—教材 IV. ①G804.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第189847号

**运动生物力学**

《运动生物力学》编写组 编

---

出 版 北京体育大学出版社  
地 址 北京市海淀区信息路48号  
邮 编 100084  
邮购部 北京体育大学出版社读者服务部 010-62989432  
发行部 010-62989320  
网 址 <http://cbs.bsu.edu.cn>  
印 刷 北京昌联印刷有限公司  
开 本 787 × 1092毫米 1/16  
印 张 15.25

---

2015年1月第1版第1次印刷

定 价: 48.00元

(本书因装订质量不合格本社发行部负责调换)

# 序



人才培养是高等学校的根本任务，对处于学校工作中心地位的教学工作来说，其质量建设是高等学校的永恒主题。作为传授知识、掌握技能、提高素质的载体，教材在人才培养过程中起着非常重要的作用，是高等学校提高教学质量，促进内涵发展的有力抓手。

一本好的教材，不仅要充分体现教材应有的基础性、示范性和权威性，还要正确把握教学内容和课程体系的改革和创新方向，充分反映学科的教育思想观念、人才培养模式以及教学科研的最新成果，集中展现教材体系的创新，教材内容的更新和教学方法、手段的革新，善于处理好理论与实践、继承与创新、广度与深度、知识与技能、利学与利教的关系，成为开拓学生视野、引导学生探索、鼓励学生奋进的学业与人生兼备的“工具书”。

从中央体育学院到北京体育学院再到北京体育大学，这60年的办学历程，是继承发展的60年，是改革创新的60年，也是教材建设硕果累累的60年。学校不断探索教材建设的内在规律，引领高等体育教育教材建设的创新之路，发展了具有自身特色的教材体系，形成了特色鲜明的三个发展阶段。第一阶段是在上世纪50年代至60年代，我校教师在苏联专家的指导下，制定和编写了各专业的教育计划、大纲和主要教材。这批教师在主持和参与1961年国家体委组织的体育院校18门课程教材编著工作中发挥了重要作用；而这批教材也成为我国独立编写的、对苏联教材模式有所突破的第一批体育院校教材。第二阶段是上世纪70年代末至90年代，我校教师在大量承担第二次重编体育院校教材牵头组织工作的同时，针对学校“三结合”的办学目标和人才培养模式，开始了多学科、多专业的自编教材建设；第三阶段是进入21世纪以后，特别是国家体育总局于2002年下拨教材建设专款480万元之后，我校教材建设在数量和质量上都取得了重大突破。至2010年共立项建设了涵盖我校各专业课程的187项教材，其中有4项教材获得国家级优秀（精品）教材称号，14项教材获得北京市精品教材称号。可以说上述三个阶段的发展，使我校教材建设水平达到了一个空前的高度，为高等体育人才的培养发挥了重要的作用。

为全面提高高等体育教育质量，深化高等体育教育教学改革，继续加强体育学精品教材建设，2012年初，在北京体育大学教学指导与教材建设委员会的具体指导下，我们启动了高等教育体育学精品教材建设工程。学校遴选教育部新颁布的体育学类所属的体育教育、运动

训练、社会体育指导与管理、武术与民族传统体育、休闲体育、运动康复、运动人体科学7个本科专业的部分基础课程和主干课程开展精品教材建设。我们整合了全校的优质资源，组织专家、教授全程参与教材的规划、编写、初审、终审等过程。按照精品教材的要求，以优秀的教学团队编写优质的教材，出精品、出人才为建设思路，编委会优选学术水平与教学水平兼备、具有创新精神的专家、教授担任教材主编，组织优秀教学团队成员参与教材编写；精确定位教材适用对象，准确把握专业知识结构、能力结构和综合素质要求，深刻领会课程内涵，简洁洗练地表达知识点、能力点和素质点；融入最新的教改成果和科研成果，吸收国外优秀教材的先进理念和成果，创新利于学生自学和教师讲授的教材体例；学校还投入专项资金，对教材进行一体规划、一体设计、一体编审，并采用多色印刷技术增加教材的可读性；为全力保证教材编写质量，北京体育大学出版社资深编辑深度介入教材编写的所有环节。当这批教材展现在读者面前时，我们充满了期待。

岁月如流，薪火相传。60年的教材建设成绩斐然，推动着体育学教材建设步入新的起点、站在新的高度。展望未来，一批批体育学精品教材将随世界一流体育大学的建设进程应运而生，不仅在学校内涵式发展的改革进程中发挥重要作用，而且在全国高等体育院校人才培养中做出积极贡献，在高等教育教材建设中留下浓墨重彩的一笔。

北京体育大学校长  
校教学指导与教材建设委员会主任  
2013年9月



# 北京体育大学高等教育体育学 精品教材编委会

顾 问：田麦久 金季春 邢文华

主 编：杨 桦

副主编：池 建 谢敏豪 刘大庆 胡 扬

编 委（以姓氏笔画为序）：

马鸿韬 王瑞元 王荣辉 孙 南

毕仲春 朱 晗 曲 峰 李 飞

祁 兵 迟立忠 张延安 张 健

张 凯 邱俊强 罗冬梅 周志辉

高 峰 唐建军 曹建民 章朝琿

葛春林 温宇红 蔡有志 熊晓正

樊 铭

# 教材编写组

组 长：曲 峰

成 员：刘 卉 周兴龙 王 锐

李翰君 廖 苏

# 前 言



本教材是根据北京体育大学教学培养计划的要求并结合教学的实际需要，在总结及参考国内外相关教材的基础上编写而成的。目的在于为培养合格的体育教师和教练员提供运动生物力学的基础知识，使学生通过学习本课程，能对体育运动中的具体问题进行生物力学分析，并能在教学、训练实践中加以应用，以提高教学、训练质量。因此本教材适用于体育教育专业、运动训练专业和民族传统体育专业本科生使用，也可作为运动人体科学专业和运动康复专业本科生的参考教材。

本教材在继承以往教材知识结构和经典范例的基础上，参考了大量国内外相关教材和最新科研成果，同时注重对知识内容表述的准确和严谨。教材充分考虑了体育专业学生的特点和需要，尽量避免繁复的公式推导和深奥的理论叙述，应用大量图片和实例说明生物力学原理对体育运动实践的指导。帮助学生更好地理解和应用所学知识。与传统教材相比，本书增加了“关节软骨、肌腱韧带的生物力学特性”和“力量素质训练的生物力学原理”等内容，更增强了在预防运动损伤、提高训练科学性等方面的实用价值。本书还对目前常用的运动生物力学测试与研究方法进行了比较全面系统的介绍，可以为学生今后的科研工作提供借鉴。各院校在使用本教材时可根据学生的具体情况选择教学内容和深度。对“运动器官生物力学”“运动生物力学参数测量方法”等章节内容，可根据教学课时计划和教学条件有选择地讲授。

本教材由北京体育大学曲峰教授主持，运动生物力学教研室教师协作编写完成。第一章由曲峰教授编写；第二章由周兴龙副教授、王锐和廖苏博士编写；第三章由刘卉教授编写；第四章、第五章由曲峰教授和李翰君博士编写；第六章由李翰君博士编写。全书的统稿、校对和索引的编制由曲峰教授和廖苏博士完成。

感谢北京体育大学教学指导与教材建设委员会在教材编写过程中的指导和大力支持。由于本教材在较短的时间内编写而成，限于编者的水平，书中错误及不足之处在所难免，希望读者批评指正，以备日后修订。

《运动生物力学》教材编写组

2014年3月





# 目录 CONTENTS

## 第一章 绪 论

## 第二章 人体运动的力学基础

- 12 / 第一节 人体运动中的运动学
- 34 / 第二节 人体运动中的静力学
- 53 / 第三节 人体运动中的动力学
- 63 / 第四节 人体运动中的转动力学
- 76 / 第五节 人体运动中的流体力学

## 第三章 人体运动器官的生物力学

- 91 / 第一节 骨的生物力学
- 103 / 第二节 人体关节软骨的生物力学
- 105 / 第三节 人体肌腱和韧带的生物力学
- 108 / 第四节 人体骨骼肌的生物力学

## 第四章 人体基本运动原理

- 121 / 第一节 人体基本运动形式
- 125 / 第二节 人体基本运动原理
- 140 / 第三节 力量素质训练的生物学原理

## 第五章 动作技术的生物力学分析

- 151 / 第一节 动作技术的生物学原理

- 158 / 第二节 动作技术分析的一般生物力学方法  
162 / 第三节 走的生物力学  
165 / 第四节 跑的生物力学分析  
179 / 第五节 跳的生物力学分析  
190 / 第六节 投掷的生物力学分析

## **第六章 运动生物力学参数测量方法**

- 201 / 第一节 人体惯量参数测量方法  
210 / 第二节 运动学参数测量方法  
217 / 第三节 动力学参数测量方法  
222 / 第四节 肌电参数测量方法

## **索 引**

# 第一章 绪论



## ○ 教学提示

本章主要讲授运动生物力学的基本概念，运动生物力学的研究任务，通过学生的学习，使学生掌握什么是运动生物力学，运动生物力学在体育运动中的应用，以及运动生物力学与其它学科的联系。

当我们观看奥运会跳水比赛时往往会被运动员精彩完美的动作所震撼。运动员需要如何起跳才能完成如此大难度的空中动作，他们起跳走板的速度、上下肢的运动配合、起跳时各个环节以及身体的转动角速度、角加速度、身体姿态等等都会对运动员空中动作的完成造成影响。运动生物力学可以使你找到这些问题的答案。

## 一、运动生物力学的概念

自然界是由物质组成的，自然界的各种现象都是物质运动的形式。恩格斯说：“就最一般的意义来说，运动是物质的存在形式、物质的固有属性，它包括宇宙中所发生的一切变化和过程，从简单的位置变动起到思维而不同于某种具体的运动形态。”

运动分广义和狭义两种。广义的运动是指自然界各种物质存在的形式，物质固有的属性。狭义的运动是指物体的机械运动。运动生物力学中所指的运动是运动动作或体育动作。

生物学是研究物体生命现象规律的科学，它研究生物体形态、结构、功能及其统一；生物体内部之间的相互作用，局部和整体的统一；生物体与外界环境之间的相互作用中生物体与环境的统一。运动生物力学中指的生物是活的人体。人体既是从属于自然科学中生物科学规律的生物人，又是从属于社会科学规律的社会人。

力学是研究物体机械运动规律的科学。它所研究的客体是物体的空间位置随时间变化的规律以及变化的原因，几乎在物质的一切运动形式中都包含有这种最基本、最简单的运动形式。

生物力学是研究生物体的机械运动规律及其与其他运动形式相互转化规律的科学。生物力学作为生物物理学的一个分支，是力学与生物学交叉、渗透、融合而形成的一门边缘性学科。它研究的内容极为广泛，涉及生物体与力学有关的所有问题，它是从力学的原理出发来研究复杂的生物体。由于研究的对象和领域不同，生物力学又分为人类工程生物力学、劳动生物力学、整形生物力学、康复生物力学、医用生物力学及运动生物力学等。生物力学本身已超越了传统的学科界线，它已是数学、力学等学科与生物学相互渗透的新兴学科。运动生物力学是一门边缘学科，它是生物力学的一个分支。运动生物力学同时也是一门交叉学科，它的内容涉及力学、数学、解剖学、生理学、运动技术、运动训练等学科。

运动生物力学是研究体育运动中人体及器械的机械运动规律的学科。运动生物力学是以经典力学的理论和方法为主要工具，研究体育运动中的各种力学现象。它是体育科学的重要组成部分。

体育科学是一门新兴的边缘性科学，随着现代体育运动的迅速发展，体育科学本身也产生了一些新学科，运动生物力学就是其中之一。它把体育运动中各项动作技术的研究课题，赋予生物学和力学的观点及方法，使复杂的体育动作技术奠基于最基本的生物学和力学的规律之上，并以数学、力学、生物学及运动技术原理的形式加以定量描述。

运动生物力学要具体回答人体完成各项运动动作时如何运动和为什么会运动的原因，同时也要研究影响人体运动的外界条件（如体育场地质量及各种训练和比赛的器材设备等）与运动技术的关系。根据人体的形态和机能的特点，结合对运动场地、器材的改进，研究最合理、最有效的运动技术，以求达到最好的运动成绩。

运动生物力学研究体育运动中人体所进行的各种体育动作的力学和生物学原因。因此，运动生物力学研究应以体育动作为核心，运用运动解剖学、运动生理学、力学的理论与方法，研究人体运动器官的生物力学特性和人体运动动作规律，并根据影响人体运动的内部和外部条件寻求人体动作技术的合理性和最佳化，以及训练手段的有效性，为提高运动能力提供理论依据。由此可知，运动生物力学是体育科学中的一门交叉学科。运动生物力学是以运动解剖学、运动生理学、力学的理论与方法，研究人体运动器官的生物力学特性和人体运动动作的力学规律以及器械机械运动规律的科学。

运动生物力学的主要研究对象是人体。人体的机械运动包括人体空间位置的变化和空间形状的变化。在研究人体空间位置的变化时，常常把人体的肌肉和内脏等的形变忽略不计，而把人体简化为一个具有刚性连接的多刚体系统，这是因为肌肉、内脏的形变量相对于人体的位置移动是一个小量。在研究人体的空间形状变化时，一般认为骨骼系统是小变形体，而认为软组织系统是大变形体。

从运动生物力学角度看，要建立运动技术的力学模型，必须知道内在规律和约束条件两类因素。这里的约束条件不仅包含力学条件，还包含人体生物学条件和专项技术条件，甚至还包含场地环境和裁判规则等约束条件。约束条件的复杂性正是运动生物力学研究工作比一般力学研究工作复杂得多的主要原因之一。只有全面掌握这些约束条件，才能建立精确的运动技术力学模型，研究结果才能对专项运动有实际的指导意义。

运动生物力学的研究宗旨是通过动作分析来揭示运动技术的规律。美国有一种观点：运动生物力学主要是解决体育运动中合理技术和最佳技术的问题。

运动生物力学的研究分为两个方面：一方面，它利用力学原理和各种科学方法，对体育运动中人体的运动进行定量描述和分析，并结合运动解剖学和运动生理学等生物学科原理对运动进行综合评定，从力学和生物学的相互关系中得出人体运动的内在联系及基本规律，从而确定不同运动项目运动行为的不同特点；另一方面，密切关注并研究体育运动（包括运动素质训练）对人体有关器系的结构及机能的反作用。由此可见，运动生物力学的研究目的主要是为提高竞技体育成绩和增强人类体质服务的，并从中丰富和完善自身的理论和体系。

## 二、运动生物力学与相关学科的关系

由于运动生物力学是一门交叉的边缘学科，它与力学、生物科学、运动专项理论以及电子科学有着密不可分的联系。它们在研究人体运动的力学问题时相互交叉、渗透、融合，因此，运动生物力学必然带有这些学科的痕迹。

### （一）运动生物力学与力学的关系

力学是研究物体机械运动规律的科学。牛顿用确定的坐标系，从可用实验验证的第二定律和必须的定理出发，经过牛顿分析数学的方法演绎推理并形成了完整的经典力学理论。应用经典力学理论于活体（人体）在基本思想方面有适应的一面，同时还存在着不服从或不完全服从的另一方面，这就是生物力学与力学的区别。如何摆脱用简单的力学原因解释复杂的人体高级运动本质的机械论思想，正确认识人体运动中丰富的物理学内容，需要寻求更适合研究活体运动力学规律的数学工具或分析方法。这也正是运动生物力学理论研究的基础工作和重要工作。

运动生物力学与力学有着极其密切的关系，力学知识是运动生物力学知识的核心。运动生物力学以力学的原理和方法为主要工具，研究体育运动中的力学现象。例如：采用理论力学的理论和方法研究专项技术动作的运动规律；采用流体力学的理论和方法研究体育运动中的流体力学现象（如游泳、潜泳、器械的空中运动等）；采用材料力学和弹性力学的原理和方法研究运动器械和场地设施的变形规律等。

### （二）运动生物力学与生物科学的关系

运动生物力学主要是研究人体的运动规律，必然会涉及到人体结构和机能方面的知识。运动解剖学、运动生理学及生物力学等人体生物学科的知识，是运动生物力学研究的主要理论依据之一。

运动生物力学作为一门新兴的发展中的年轻学科，它的理论和方法需要借助于相关学科的理论和方法以弥补、修正、充实和完善。运动解剖学、运动生理学和力学作为运动生物力学的基础和相关学科，对运动生物力学的学科形成和理论构建都有着重要的作用和密切的关系。

#### 1. 运动生物力学与运动解剖学

运动生物力学研究人体的运动动作，必然涉及到人体运动器官的形态结构、特别是运动器官的形态结构与其功能的统一性和相互制约性。研究肌肉活动的时相，各肌群间的活动顺序，关节运动幅度的可能性，以及表现在人体局部和整体运动的外部机械力学特征，并与内部非机械力学特征结合起来研究人体运动的原因、过程、功能和规律。

#### 2. 运动生物力学与运动生理学

运动生物力学研究人体运动动作，必然涉及到肌肉活动的本体感受器、信息正负反馈和

神经控制。这些都是正确实现人体运动动作过程中必不可少的条件，也是人体运动的重要特征。运动中能量的供给，释放能量做机械功，是反映人体肌肉活动功率或整体活动效率的重要依据。

### （三）运动生物力学与体育专项理论的关系

运动生物力学的主要研究对象是人的运动动作。运动动作是以一定的运动技术、技能的要求来体现的，由于人体活动特性和各种专项规则的特殊要求，人的运动有着不同的条件和限制，运动所表现出的个体之间动作技术千差万别。要研究引起差别的原因，研究人体运动技术及其变化的原因，寻找运动技术的合理化和最佳化，对于运动技术、身体素质训练方法的有效性和最佳化，都需要从运动生物力学理论中找到依据。因此要使运动生物力学的研究结果有真正的实用价值，必须结合各种运动项目的技术理论和专项技术特点。

### （四）运动生物力学与电子学科的关系

运动生物力学的研究方法还涉及到物理、电子技术等学科的知识，尤其是计算机科学。计算机在运动生物力学研究中的数据测试、处理和计算中起着极其重要的作用，它是运动生物力学的主要研究手段之一。

## 三、运动生物力学的任务

运动生物力学是一门理论性、应用性很强的学科。运动生物力学的研究主要分为应用研究、基础研究、理论研究三个方面。应用研究是用运动生物力学的研究方法，具体解决体育实践中存在的有关问题，直接为提高运动成绩服务；基础研究是以人的简单的基础运动及影响这些动作的因素为主要的研究目标，为深入研究运动技术提供重要的依据；理论研究是以揭示复杂的人体运动的基本原因为主要目标。运动生物力学的任务极为广泛，不仅对促进全民健身科学化，而且对提高运动员竞技运动水平都具有重要的指导意义。运动生物力学主要承担以下几项研究任务：

### （一）研究人体结构和机能的生物力学特征

运动生物力学主要研究任务之一就是揭示人体结构、机能的力学特性。运动的特点除了取决于运动的目的之外，还主要取决于人体本身。揭示人体，特别是人体运动器官系统的结构、机能和生物力学特性并综合评价身体运动素质是一项基础性的任务，诸如骨骼和关节的形态、生理功能、强度和肌肉的收缩（包括离心和向心收缩）特性等等都会对运动产生明显的影响。同时还必须认识到运动训练对于人体结构、机能和生物力学特性的反作用，通过科学的符合生物力学原理的运动训练（包括一般身体素质和专项身体素质训练及运动技术训

练)可以使身体某些方面的运动能力得以充分的发展,从而不断提高运动技术水平。

在人体运动中,局部与整体、各个器官系统之间的协调是发展运动能力,提高运动水平的生物力学基础,也是运动生物力学理论研究的基本任务。

研究运动员身体结构和机能的生物力学特征,以生物力学观点来研究运动器官系统、呼吸系统、循环系统和神经系统的结构及身体运动素质的力学特性,并考虑不同年龄、性别、训练水平和心理特点来评价其运动能力。在研究不同运动员的身体形态、机能和运动素质条件的同时,可以预测其运动的潜力。它不仅为运动员寻求最佳运动技术方案提供依据,也为早期选拔各专项运动员提供必要的生物力学参数。

## (二) 研究动作技术, 确立动作技术原理

动作技术原理是指完成某项动作技术的基本规律,它适用于任何人,不考虑运动员的性别、体型、运动素质的发展水平和心理素质等个体差异,是具有共性特点的一般规律。

随着运动生物力学的不断发展,目前已基本具备了对各种体育项目的运动技术进行深入研究的条件。

动作技术的形成有两个途径:一是通过长期的运动实践,另一个是利用运动生物力学理论揭示运动技术的原理及创造新的技术动作。由于人的意识参与了人体的运动,所以通过不断的实践可以逐步形成相应的动作技术形式。然而由于人的意识受到当时科学知识和技术水平以及时间、条件、经历等各方面的限制,不一定能够完全地理解和掌握运动生物力学原理的内涵,使运动训练缺乏一定的科学性,从而导致技术发展较慢。

因此,我们可以采用运动生物力学为主要工具,揭示运动技术的力学原理,结合运动员的生物学特点和专项特点,建立合理的动作技术模式,并分析不同运动员的技术,找出不合理之处,提出改进措施,从而提高运动成绩。这是运动生物力学应用研究的主要目的所在。同时,在研究现有动作技术的前提下,运动生物力学将更有助于创立新的更佳的技术动作,例如背越式跳高技术 and 体操单杠上的特卡切夫腾越分别在1952年和1969年就被运动生物力学专家所提出。

## (三) 进行动作技术诊断, 研究适合个人的最佳动作技术

通过进行动作技术诊断,结合运动员个人的身体形态、机能和运动素质等特点,可以研究适合个人的、能够创造最好成绩的动作技术方案。最佳动作技术是考虑了人体的身体形态、机能、心理素质和训练水平来应用一般技术原理,以达到最理想的运动成绩的动作技术,即它是既具有共性,也具有个性特征的运动技术。

一个运动员,即使是优秀运动员,其动作技术有合理的一面,也有不合理的一面。通过对高水平运动员的动作技术进行运动生物力学分析,可以总结出共性的一般技术原理,在遵循一般动作技术原理的前提下,对各个运动员的动作技术进行诊断,发现其个人的技术特



点和存在的问题，保留其合理的特点，改正其不合理之处，做到扬长避短。这一过程是一个“去粗取精，去伪存真”的过程。探索合理和最佳的动作技术方案，以提高竞技运动训练的科学性和竞技运动水平，从而为个别运动员制定出最佳运动技术方案，提高教学和训练的科学性。

如表1-1所示的是世界优秀跳远运动员卡尔·刘易斯、迈克·鲍威尔的技术参数的差异，刘易斯主项是短跑、速度更快；鲍威尔主项是跳高，起跳力量更大，所以起跳角更大，表明他们所采用的起跳技术的区别。

表 1-1 世界优秀跳远运动员刘易斯、鲍威尔的技术参数

姓名	助跑速度	起跳角度	成绩
卡尔·刘易斯	11.06m/s	18.3°	8.91m
迈克·鲍威尔	11.00m/s	23.1°	8.95m

#### （四）探索预防运动创伤和康复手段的力学依据

体育运动中的损伤一般都是机械损伤，例如骨折、软组织拉伤等。运动生物力学可以揭示这种机械损伤的力学机制，揭示骨骼和软组织在什么情况下容易造成损伤，从而为运动损伤的预防和治疗提供力学依据。

运动创伤的发生往往与运动员不科学的动作技术有关。通过对人体结构和机能的生物力学研究和对动作技术的生物力学分析，一方面可以揭示运动器官的形态结构和运动功能的统一性和相互制约性，使人们知道什么样的动作对健康无害，什么样的动作易引起机体损伤，从而建立合理的动作技术以防止运动器官发生损伤。另一方面，可以揭示不同运动动作对人体局部载荷的影响，通过研究不同的动作对人体局部力量负荷的特点，找出运动器官发生损伤的力学原因和生物学原因，从而采取预防措施，一旦发生运动器官损伤，可以选择合理的生物力学康复手段。

如：单杠单臂大回环初学者易造成胼胝体脱落。造成损伤的力学原因是初学者重心不稳，旋转时手与杠子间相互作用的力很大，作用在手上的扭转的力量大，从而造成胼胝体脱落。

#### （五）为设计和改进运动器械提供力学依据

体育运动，都是人体与运动场地或者人体与运动器械相互作用的结果。运动场地的质量和器材的力学性能与运动成绩有直接的关系，如田径跑道的质量，铁饼、标枪的空气动力学性能，体操器械和各种球拍的弹性等。在竞赛规则允许的范围内，从生物力学的角度出发，提出运动场地、器材的最佳化标准，为设计新的运动器材，改进旧的运动器材提供生物力学参数，以期更加有效地增进人体健康和提高运动成绩。撑杆跳高项目就是一个典型的例子，撑杆从最早的竹杆到现在的玻璃钢杆和碳素纤维杆的不断更新，为优秀运动员不断创造世界