

# 生物力学基础

第2版



[美] 杜安·努森 著  
钟亚平 胡卫红 译

人民体育出版社

# 生物力学基础

**Fundamentals of Biomechanics**

第2版

[美] 杜安·努森 (Duane Knudson) 著

钟亚平 胡卫红 译

人民体育出版社

## 版 权 声 明

书名：Fundamentals of Biomechanics

Translation from the English language edition:

Fundamentals of Biomechanics by Duane Knudson

Copyright©Springer Science + Business Media, LLC 2007.

All Rights Reserved.

本书中文版由德国 Springer 出版社授权出版

版权合同登记号：图字 01-2009-3468

图书在版编目(CIP)数据

生物力学基础: 第2版 / (美) 努森著; 钟亚平, 胡卫红 译.  
-北京: 人民体育出版社, 2012

ISBN978-7-5009-4274-0

I. ①生… II. ①努… ②钟… ③胡… III. ①生物力学  
IV. ①Q66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 104752 号

\*

人民体育出版社出版发行  
三河兴达印务有限公司印刷  
新华书店经销

\*

787×1092 16开本 22印张 505千字  
2012年10月第1版 2012年10月第1次印刷  
印数: 1—3,000册

\*

ISBN 978-7-5009-4274-0

定价: 43.00元

---

社址: 北京市东城区体育馆路8号(天坛公园东门)

电话: 67151482(发行部) 邮编: 100061

传真: 67151483 邮购: 67118491

网址: [www.sportspublish.com](http://www.sportspublish.com)

购买本社图书 如遇有缺损页可与发行部联系)

## 内 容 简 介

本书是国外高校人体运动生物力学课程选用教材，在内容上涵盖了人体运动生物力学基础原理与实例分析，包括运用生物力学知识进行大量动作技术实例分析以及与章节内容匹配的最新运动生物力学互联网资源链接，教学实验设计等。全书内容全面新颖，结构合理，

语言精辟，具有较高的学术价值，是一本在体育科研、教学和训练中应用价值高、应用范围广的重要参考书。

本书可以作为高校体育院系本科生和研究生的教材，也可供从事运动生物力学教学、研究与应用的教师、科研人员、各级教练员和运动员参考。

## 译者序

运动生物力学是体育院校运动人体科学、运动康复与健康等专业的基础课程，令人遗憾的是，没有多少教材能够真正地将有关人体运动的生物学基本原理和力学基本原理结合起来，向学生说明如何融会和利用生物力学知识来改善人体运动。杜安·努森博士所著的《生物力学基础》第1版，是美国高校生物力学课程选用的一部广受好评的教材，其独特之处在于将生物学和力学基本原理相结合来分析并改善人体运动。

第2版是第1版教材的更新。全书内容涵盖了人体运动生物力学基础理论与应用，包括运用生物力学知识进行大量动作技术实例分析，以及与章节内容匹配的最新运动生物力学互联网资源链接，教学实验设计等。特别是针对体育教育、运动训练、肌力与体能训练、运动医学四个方面，分别进行了详细的生物力学应用实例分析。书中采用了更多的实例、插图和实验，对这一特点进行了扩展。所引用的最新研究成果和网站链接能帮助学生获取第一手资料。全书内容全面新颖，结构合理，语言精辟，具有较高的学术价值，是一本在体育科研、教学和训练中应用价值高、应用范围广的重要参考书。

作者杜安·努森博士时任美国加州州立大学奇科分校运动系生物力学教授，对运动生物力学领域有着多年的研究，先后在国际著名学术期刊和重要国际会议上发表论文80余篇，出版了3部著作。

本书由钟亚平和胡卫红翻译及审校。赖寒、李祥池、张志敏为本书作了很多辅助工作。山东省体育教学训练学“泰山学者”特聘教授、美国佐治亚州立大学理疗系教授王永泰博士对书中部分术语翻译提出了中肯意见，人民体育出版社和Springer公司的编辑为本书的顺利出版作出了不懈努力，在此予以衷心感谢。

由于运动生物力学是新兴交叉研究领域，有些新出现的术语目前尚无固定译法，翻译过程中虽经过反复推敲，多方求证，但仍难免出现词不达意之处。又因译者水平有限，加之时间仓促，书中疏漏与不妥之处在所难免，恳请同行与读者不吝赐教。如果您能将意见或建议发往zhong@sdpei.edu.cn，我们将不胜感激。

译者

2011年6月于济南

## 前 言

《生物力学基础》第2版主要是对广受好评的第1版教材的更新。原书的独特之处在于将生物学和力学的基本原理结合起来分析并改善人体运动，本书对这一特点进行了扩展，采用了更多的实例、插图和实验。书中所引用的最新研究成果和网站链接能帮助学生获取第一手资料。

本教材是为人体运动学专业(Kinesiology)或HPERD(健康, 体育教育, 休闲和舞蹈)专业选修生物力学入门课程的学生而编写的。因其是为准备从事各种人体运动职业的人士设计的, 因此书中引用了大量的运动实例来阐述生物力学在现实中的应用。这种教学方法不仅对阐明生物力学的实际应用非常重要, 而且让学生能够理解这些定性判断背后的科学依据, 或者没有科学依据的原因也同样重要。全书引用了大量的文献来论证所阐述的原理, 并为学生提供了进一步学习的参考资料。我们在讲解力学概念时用了代数, 采用数学例子并不是为了解定量生物力学应用题, 而是为了使读者能够理解各种力学变量, 加深对各种生物力学变量之间关系的理解。物理教学研究表明, 求解定量应用题并不能加深对重要力学定律的概念性理解(Elby, 2001;

Lawson & McDermott, 1987; Kim & Pak, 2002)。

为什么要另编一本有关人体运动的生物力学教材呢? 已有的许多教材, 或者属于解剖学的范畴, 附加了一些浅显的力学知识, 运用运动例子讲授力学; 或者属于运动学的范畴, 利用力学来说明运动技术问题。令人遗憾的是, 没有多少教材能够真正地将有关人体运动的生物学基本原理和力学基本原理结合起来, 向学生说明如何融会和利用生物力学知识来改善人体运动。编写这本教材的目的正是为了弥补以往生物力学书中的这些不足。本教材清晰地阐述了对生物力学的概念性理解并提出了应用生物力学的9条原理。这9条原理构成了人体运动学专业应用生物力学的依据。这些生物力学原理的应用, 是通过对人体运动学几个相关专业领域: 体育教育、训练指导、力量及体能训练以及运动医学中各种人体运动的定性分析进行阐述的。这种定性分析方法符合美国运动训练与体育教育联合会(NASPE)对于生物力学入门课程的指导原则和标准(Kinesiology Academy, 1992), 并且明确地向学生表明, 如果人体运动学专业想要改善人体运动, 就必须利用生物力学知识。

本教材分为四部分：引言、生物学 / 解剖学基础、力学基础、生物力学在定性分析中的应用。每一部分以简要介绍该部分内容及其重要性作为开场白。从最基础的解剖学知识到新的生物力学原理及其应用领域，本教材均有涵盖。

教材在设计上有以下几个特点，这些特点可帮助学生将个人经验与生物力学的概念以及生物力学原理的应用相结合。首先，全书提出并阐述了生物力学的 9 条普遍原理。这些原理将生物力学概念与其实际应用联系起来，用于改善运动和降低损伤风险。虽然某些教材在书末有专门章节讲解其应用，但本书通篇都贯穿着实用方法和实例。第二，书中的活动模块能使学生有机会理解和体验所讨论的生物力学变量。第三，书中的实际应用模块突出了生物力学在改善运动、治疗和预防损伤方面的应用。第四，跨学科问题模块表明了生物力学如何与其他运动科学相结合来解决人体运动问题。第五，所有章节都设有相应的通过简单的运动和测量对概念和原理进行剖析的实验活动（在本书末尾）。这些实验活动并不需要昂贵的设备，以及大量的时间和专门的实验场地。最后，第四部分（第九章到第十二章），提供了一些实际生活中的个案研究，以说明

生物力学原理如何在各种不同的专业领域通过定性方面的应用来改善人体运动。目前没有任何其他教材在将生物力学原理运用于实际人体运动方面，提供如此多或者如此详细的实例。这些应用章节同样给出了一些讨论问题，让学生和教师能够根据具体事例扩展专业实践方面的讨论或辩论。

教材的编写除具有使学生比较容易地理解书中材料外，同时也具有比较容易准备复习考试的特点。全书运用了大量的图表、照片和图片说明。这些信息不仅对学生具有吸引力，而且还表明了生物力学变量和运动性能表现之间的要点和关系。教材中还提供了一个关键词和生物力学研究术语的详细词汇表，便于学生阅读生物力学的原始研究资料。每章都有一个小结，以及生物力学重要研究的大量引文和推荐阅读材料。第一、第二和第三部分的每章结尾都有复习题供学生学习或复习。网络链接为学生提供了重要网站和专业机构的网址。

希望读者能掌握生物力学的基础知识，将生物力学与专业实践相结合，挑战自己并不断更新自己的生物力学知识。你们当中将有一部分人会在生物力学方面做进一步的研究，并有可能把它当成自己毕生的事业。



## 致 谢

许多人对本书第 2 版的出版作出了贡献，作者在此表示感谢。首先感谢众多的生物力学同行，感谢他们与我分享其专业技术，允许使用他们的成果，并对学生和本专业所作出的巨大贡献。感谢 Tim Oliver 对本书的专业编辑、格式编排、设计和艺术编辑，感谢 Katherine

Hanley-Knutson 的精美插图制作，感谢来自 Springer 出版社 Aaron Johnson 的远见卓识使本书面世。

同样感谢我的挚爱—Lois、Josh 和 Mandy，感谢他们如此慷慨并让我分享使用了电脑。最后，感谢上帝“因我们所造，奇妙可畏”。

## 目 录

前 言	1	生物力学的九大基本原理	28
致 谢	1	原理和定律	29
		生物力学应用的九大原理	30
		定性分析	35
		小结	36
		复习题	36
		关键术语	37
		阅读材料	37
		网络链接	38
		<b>第二部分 生物学 / 解剖学基础</b>	
		<b>第三章 解剖学描述及其局限性</b>	
		解剖学重要概念回顾	41
		方向术语	42
		关节运动	43
		肌肉结构回顾	45
		肌肉活动	49
		肌肉的主动张力和被动张力	51
		希尔肌肉模型	52
		功能解剖分析的局限性	53
		肌肉活动分析的力学方法	53
		理解肌肉活动需要生物力学	56
		运动医学和康复应用	60
		活动范围原理	60
		力—运动原理	63
		小结	65
		复习题	66
		关键术语	66
<b>第一部分 引 言</b>			
<b>第一章 人体运动生物力学导论</b>			
什么是生物力学	3		
为什么学习生物力学	5		
提高运动成绩	6		
预防和治疗损伤	8		
定性分析和定量分析	10		
哪里可以找到生物力学资料	12		
学术团体	13		
计算机检索	14		
生物力学教材	15		
生物力学知识与生物力学信息	15		
资料的分类	16		
资料评估	17		
关于正确答案与错误答案	18		
小结	20		
复习题	20		
关键术语	20		
阅读材料	21		
网络链接	21		
<b>第二章 生物力学的基本原理和定性分析</b>			
重要力学概念	23		
力学	23		
基本单位	25		

阅读材料	67	加速度	111
网络链接	68	匀加速运动	113
<b>第四章 骨骼肌系统力学</b>			
骨骼肌组织载荷	69	最佳抛射原理	115
骨骼肌组织对力的反应	69	角运动	119
应力	70	角速度	120
应变	70	角加速度	121
刚度和机械强度	71	连续协调原理	125
粘弹性	72	小结	127
被动肌腱单位的生物力学	75	复习题	127
骨的生物力学	75	关键术语	128
韧带的生物力学	77	阅读材料	128
肌肉的三个力学特性	79	网络链接	129
力—速度关系	79	<b>第六章 线动力学</b>	
力—长度关系	82	动力学定律	130
力—时间关系	85	牛顿运动定律	130
拉长—缩短周期 (SSC)	88	惯性原理	136
力—时间原理	91	肌肉的牵引角：矢量的定性和定量分析	138
神经肌肉控制	93	肌肉牵引角的定性矢量分析	138
控制的功能单位：运动单位	94	肌肉牵引角的定量矢量分析	140
肌力的控制	94	接触力	142
肌肉动作和运动的本体感受	98	冲量—动量关系	144
小结	99	力—时间原理	145
复习题	100	功—能关系	148
关键术语	100	机械能	148
阅读材料	101	机械功	152
网络链接	102	机械功率	153
<b>第三部分 力学基础</b>			
<b>第五章 线运动学与角运动学</b>			
线运动	105	环节交互原理	156
速率与速度	107	小结	160
		复习题	161
		关键术语	162
		阅读材料	163
		网络链接	163

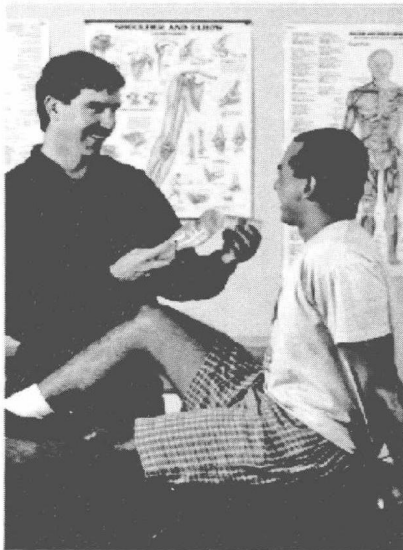
<b>第七章 角动力学</b>		篮球罚球的定性分析	212
		训练 / 运动处方	213
转矩	164	篮球接球的定性分析	215
转矩求和	167	小结	217
角惯性 (转动惯量)	169	讨论题	217
牛顿角类比	172	阅读材料	217
平衡	174	网络链接	218
重心	174	<b>第十章 生物力学在运动指导中的应用</b>	
平衡原理	178	投掷技术的定性分析	219
小结	183	带球技术的定性分析	220
复习题	184	力量与体能训练的定性分析	222
关键术语	184	选拔球员	223
阅读材料	185	接球的定性分析	225
网络链接	185	小结	226
<b>第八章 流体力学</b>		讨论题	226
流体	186	阅读材料	227
流体力	186	网络链接	227
浮力	186	<b>第十一章 生物力学在力量与 体能训练中的应用</b>	
阻力	188	半蹲技术的定性分析	229
升力	193	下落跳跃练习的定性分析	231
马格努斯效应	196	训练专项性	232
旋转原理	201	损伤风险	234
小结	203	训练设备	236
关键术语	203	小结	236
复习题	203	讨论题	237
阅读材料	204	阅读材料	238
网络链接	204	网络链接	238
<b>第四部分</b>			
<b>生物力学在定性分析中的应用</b>			
<b>第九章 生物力学在体育教育中的应用</b>		<b>第十二章 生物力学在运动医学和 康复方面的应用</b>	
踢足球技能的定性分析	207	损伤机制	239
棒球击球的定性分析	210	训练专项性	240



# 第一部分

## 引言

**人体运动学 (Kinesiology)** 是对人体运动进行学术研究的科学，而生物力学是人体运动学的多个分支学科之一。人体运动学中的生物力学涉及对人体运动的精确描述，以及对人体运动成因的研究。生物力学的研究与许多人体运动学职业的专业实践息息相关。教授运动技术的体育教师或教练员，以及运动训练人员或治疗运动损伤的理疗师都运用生物力学对运动进行定性分析。第一部分章节的内容，首先阐明了人体运动学中生物力学的重要性，然后介绍本教材将要阐述的生物力学重要术语和原理。与第一部分相关的实验活动旨在发掘生物力学知识，辨别运动中的生物力学原理。





# 第一章

## 人体运动生物力学导论

大多数人对日常生活中的运动，如站立、行走或爬楼梯等都能够应付自如。当小孩两岁时，他就可以无需父母的指导，在情感的鼓励下自如行走。令人遗憾的是，现代生活并不需要太多的运动，所以无法阻止多种与缺少身体活动有关的慢性疾病（USDHHS, 1996）。幸运的是，有许多人体运动学专业可以帮助人们进行各种有益的身体锻炼。体育教师、教练员、运动训练人员、力量和体能训练师、私人教练以及理疗师，都在帮助人们从运动中获得益处。这些人体运动学专业有赖于开设人体运动学专业的大学来培养，而且他们必须学习生物力学的课程。人体运动学是指研究人体运动的广泛领域，而生物力学是研究生物的运动及其运动成因的学科。生物力学提供关于最有效和最安全的运动方式、运动器材，以及相关锻炼方法等方面的重要信息来改善人体运动。从某种意义上说，人体运动学专业每天都在解决人体运动所遇到的问题，而他们最重要的依据之一就是生物力学。本章对生物力学研究领域进行概述，并说明为什么生物力学对于人体运动学专业非常重要，以及在哪里可以找到生物力学的资料。

### 什么是生物力学

生物力学通常被定义为运用力学研究生物运动的科学（Hatze, 1974）。力学是描述运动并研究力如何产生运动的物理学分支。作用于生物体的力，既可以产生运动，也可以对生长发育产生有益刺激，而且也可能因为组织载荷过大而引起损伤。生物力学是为理解生物体如何运动，以及人体运动学专业如何改善运动或使运动更安全而提供所需的观念和数学工具。

本书的大多数读者会是人体运动学（Kinesiology）系、人体运动（Human Performance）系或 HPERD（健康、体育教育、休闲和舞蹈）系的学生。人体运动学来源于希腊语中的两个动词，字面翻译为“对运动的研究”。在大多数美国高校中，HPERD 专业都用“人体运动学（Kinesiology）”给院（系）命名，因为这一术语在研究人体运动的学术领域已逐渐为人所知（Corbin & Eckert, 1990）。术语的不同含义可能引起混淆，因为“人体运动学”也是应用解剖学的一门基础课程的名称。在 20 世纪的前半个世纪，这门课程是体育教育专业获



得学位的必修课。甚至到今天，人体运动学的古老含义还在沿用，这也可能是因为生物力学直到最近（20世纪70年代起）才被认可为一个学术研究专业领域（Atwater, 1980; Wilkerson, 1997）。

本书中的人体运动学所使用的是这一术语的现代意义，指研究人体运动的广泛学术领域。由于人体运动学专业的学生所从事的工作主要是在改善人体运动方面，所以读者和几乎所有人体运动专业的学生，都要求学习至少一门关于人体运动的生物力学课程。学习生物力学是一件好事情。一旦您的朋友或家人知道您学习人体运动学专业，他们一定会向您提出各种问题：我该买那种新型球拍吗？我的肘部为什么痛？甚至，我该如何阻止汽车打滑？如果您的家人或朋友张口闭口都是“为什么”，是不是有时候他们好像回到学龄前时期？这种经历其实就是对从事人体运动学专业人员日常生活的一种描述。专业人员需要通过理论和专门知识的正规学习来提供解决问题的正确答案。这正是“专业人员”这一术语的传统含义，与今天的通常用法（这里指“职业人员”——译者注）有点不同。今天，人们称呼职业运动员或画师是因为人们靠这些工作来谋生，但是，我认为人体运动职业应该尽量和医学或法律一样更像是真正的专业。

人们在改善运动方面需要帮助，而这种帮助需要掌握人体“为什么”以及“怎样”运动的知识。既然生物力学能够提供人体运动学专业人员回答“什么在起作用”和“为什么”这些问题时所必需的大量知识和技能，那它就是解决

人体运动问题的一门重要学科。然而，在人体运动学专业人员解决问题的工具箱中，生物力学只是众多运动和人体运动科学工具中的一个。本教材建立在这样一个哲学理念上：为了最有效地处理人体运动中的问题，必须将生物力学与其他人体运动科学相结合。图 1.1a 表明了人体运动学的典型分支学科。这些分支学科通常是所有人体运动学专业的学生在本科所修的核心学科。这种说法并不意味着要贬低人体运动学专业中其他常见的子学科，如运动史、运动哲学、舞蹈以及体育管理等。

重要的是所有这些分支学科的知识必须在专业实践中融合在一起，因为人体运动的问题是多方面的，具有许多相互关联的因素。最重要的是，作为人体运动学专业人员所面临的人体运动问题，就像教授们考试时所问的“迷惑性”问题一样：它们因多重因素而复杂化，并且没有简单的二元（黑/白）答案。虽然本书所讨论的实例都是为了突出某种生物力学原理，但是读者应该牢记，这种生物力学知识应该与专业经验以及人体运动学的其他分支学科知识结合在一起。这种跨学科方法（图 1.1b）对于找出最佳干预点，从而更有效、更安全地帮助人们是十分必要的。多特森（Dotson, 1980）认为，真正的人体运动学专业人员能够将影响运动的各种相互作用的因素结合起来，而外行通常一次只能看到一种因素。然而，在高校人体运动学的教学中这种跨学科的方法还难以实行（Harris, 1993）。我们先看几个有关人体运动问题的实例，在这些问题中将生物力学知识融入定性分析尤为重要。