

BIOMECHANICAL ANALYSIS OF FUNDAMENTAL HUMAN

人体基本运动

RENTIJIBENYUNDONG

的

生物力学分析

作者 Arthur E. Chapman
金季春 译

北京体育大学出版社

责任编辑：高 扬

封面设计：V· 视/觉/创/意
vision creative

人体基本运动

的

生物力学分析

BIOMECHANICAL ANALYSIS OF FUNDAMENTAL HUMAN MOVEMENTS

ISBN 978-7-5644-0430-7



9 787564 404307 >

定价：39.00元

人体基本运动的生物 力学分析

Biomechanical Analysis of Fundamental Human Movements

- by Arthur E. Chapman

金季春教授 译

北京体育大学出版社

策划编辑 李 建
责任编辑 高 扬
审稿编辑 李 飞
责任校对 张 莹
责任印制 陈 莎

北京市版权局著作权合同登记号:01 - 2009 - 5105

Biomechanical Analysis of Fundamental Human Movements

Copyright © 2008 by Arthur E. Chapman

Published by Arrangement with Human Kinetics Publishers, Inc.

Simplified Chinese Edition Copyright © Beijing Sport University Press, 2009

All rights reserved. Except for use in a review, the reproduction or utilization of this work in any form or by any electronic, mechanical, or other means, now known or hereafter invented, including xerography, photocopying, and recording, and in any information storage and retrieval system, is forbidden without the written permission of the publisher.

图书在版编目(CIP)数据

人体基本运动的生物力学分析/金季春译著. - 北京:北京
体育大学出版社,2010.7

ISBN 978 - 7 - 5644 - 0430 - 7

I. ①人… II. ①金… III. ①运动生物力学
IV. ①G804.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 094178 号

人体基本运动的生物力学分析 金季春 译著

出 版 北京体育大学出版社
地 址 北京海淀区信息路 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 www.bsups.cn
印 刷 北京雅艺彩印有限公司
开 本 787 × 960 毫米 1/16
印 张 21.5

2010 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

定 价 39.00 元

(本书因装订质量不合格本社发行部负责调换)

关于作者

阿瑟 E. 查普曼 Arthur E. Chapman 是加拿大大不列颠哥伦比亚省西蒙·弗雷泽 (Simon Fraser) 大学 (在 Burnaby) 人体运动学学院的荣誉退休教授，他从 1970 年起就在这里教学和科研。查普曼出版了超过 35 篇文章。并参加过世界各地的学术讨论会、研究会和培训班，发表了超过 45 篇的论文。他过去的研究兴趣包括应用在活体上直接观察的方法对人体肌肉的力学模型做检测和修改，以及研究墙球、短网拍式墙球、鞋的力学性质及其在比赛中的动作和战术的应用。当前的兴趣是运动动作的控制和表现的计算机模拟，设计宏观人体运动技术的运动学和动力学标准，以及应用外部力的输入和内部肌肉力的输入来模拟人体运动。

在西蒙·弗雷泽大学，查普曼是大学的道德委员会的委员、系的安全委员会主席以及大学本科课程委员会的人体运动小组的主席，曾是加拿大运动科学学会的委员，以及加拿大生物力学学会和国际生物力学学会的创始人之一。

在 1997 到 2000 年之间，查普曼是大不列颠哥伦比亚大学医学招生委员会的面试官。作为一个生物力学家，他在全加拿大许多法庭上为汽车事故、运动损伤、旅行和掉下提供生物力学分析的专家证言。

查普曼 1975 年从英国伦敦大学取得了生物力学的博士学位。作为一个 1965 富布赖特 Fulbright 奖学金学者，查普曼在 1992 年被选作为多伦多大学的 Rosenstadt 研究教授。

谨以此书献给我的妻子

她养育了我的孩子们，
他们反过来参加了许多临时的实验
而未经他们的认可和同意。

还要感谢我的女儿
她已经做了二次以上的试验对象。

对所有我的研究生
我无法充分表达我的感谢之情，
我相信他们是并且继续是我的朋友。
J. D. G. Troup 博士和 D. W. Grieve 博士，
他们在这个关注长寿的领域中，
给了我智慧和科学的基础。

最后，
我愿把本书献给我的父母
他们都知道踢球，
但是在科学上不知道为什么，
可惜永远都不会知道了。

阿瑟 E. 查普曼

译者的话

二〇〇八年八月一日我在广州出席奥林匹克科学大会时，在书展上看到了这本《人体基本运动的生物力学分析》新书，粗粗翻阅了一下，觉得有些新意，一问书价，450元人民币，有点贵，放下了。第二天再去翻了一下，忍不住买了下来。回来后，花了近四个月的时间把它翻译了出来，打印成册，发给我的学生作参考，未曾想到过正式出版。

今年三月，我校211办公室同志问我有什么新书可以翻译出版的，当时在我手头上已完成翻译的书稿有：扎齐奥尔斯基的《人体运动的运动学》、《人体运动的动力学》、《力量训练的科学和实践》，罗伯逊的《运动生物力学研究方法》，彭尼奎克的《牛顿支配生物学》，尼古拉斯·斯特吉尔的《人体运动的创新分析》，约翰·韦森的《足球的科学》等。我比较了一下，从博士生教育的角度，扎氏的二本博士教材是很好的，当年我曾向有关的体育出版社申请出版，未曾如愿。从有利于科学研究工作和学科建设的角度，罗氏的《运动生物力学研究方法》和斯氏的《人体运动的创新分析》是好的。从运动生物力学帮助提高训练效率和成绩，面向教练员出发，我也考虑过扎氏的《力量训练的科学和实践》以及《足球的科学》。但是，最终我选择《人体基本运动的生物力学分析》交给学校出版社，有以下几个理由。

第一，运动生物力学著作的翻译出版机会难得，第一次应拿最新的书奉献给读者。《人体基本运动的生物力学分析》是2008年第一次出版的，内容很新。虽然书名是人体基本运动，但是，其内容涉及到了包括当前运动生物力学的最新的研究成果、理论和应用。例如，技术分析和运动训练中的肌肉激活的时序 timing 问题，运动链中的“薄弱环节”问题，能量在运动链环节间的传递与提高动作效率的问题，人机工效学的生物力学问题等。

第二，凡体育运动都是人体运动，不与人体运动相联系的机器运动不属于体育运动，而人体运动是千变万化、复杂和繁多的，专门讲某个运动项目的生物力学分析，例如《长跑的生物力学》、《公路自行车》等，虽然能深入探讨专项的动作技术，但是会影响读者面的广度。因此，根据人体运动的规律提炼出一些基本元素作深入分析，是既有深度又有广度的一举二得的事情。在过去的运动生物力学著作中已有过先例，不过，这次查普曼提炼的人体基本运动在绝大多数运动

项目和健身、康复运动中都是涉及到的。掌握了基本元素，有助于了解复杂和繁多的人体运动。

第三. 本书一大特点是不仅讲提高动作效率和成绩，而且突出完成动作的安全性，分析运动损伤的力学原因、生理和心理因素。这本书为读者提供了许多预防运动损伤的具体知识和方法，对于运动训练和安全生产都具有实践的意义。这些措施不仅可以应用到运动训练和比赛实践，而且可以应用到人们的日常生活、工作、劳动和休闲、娱乐活动中，把预防损伤落实到可靠的基础上。

第四，从运动生物力学的教学和学科建设来看，本书深刻地区分了力学和生物力学，深入浅出地介绍了力学和生物力学的原理，特别是提出了冲量—动量原理以及功—能原理的不同适用范围和例子。对于运动生物力学的专家、教师和学生，这是本良好的参考书。

第五. 学习的最大忌讳是人云亦云，俗称死读书，对书中讲的，不敢越雷池半步。我觉得本书的另一特点是提倡读者要举一反三，并用基本动作的“变化性”作范例，引导我们的思路。这种“授之以渔”的教学宗旨是我平时所推崇的。现在大家都在谈要培养学生的创新思维，我觉得科学的创新思维不是无中生有，而是一种根据事物的互相联系的规律，培养“由表及里，由此及彼”的能力。本书的“变化性”是值得倡导的一种学习方法。

鉴于上述考虑，我向出版社推荐了本书，他们在暑假前告诉我版权已办妥，可以翻译出版了，我就用一个暑假的时间对原先的译文重新译过。在新学期之始，交给出版社一份电子版译稿。我期望本书的出版能对我国的运动生物力学专家、教师、学生、科研人员、教练员、运动员以及从事运动医学、康复、骨伤科、生物医学工程以及人机工效学、安全生产和管理、体育工程等专业的专业人员有所帮助和启迪。由于本人的专业和外文水平有限，个别地方不能准确地反映原文意思，甚至有错，在所难免，敬请读者批评指正。

最后，我要感谢我的妻子，高级工程师唐树霞在本书以及其他译文资料的翻译中承担了全部的文字输入、扫图贴文以及校对修改的任务，没有她的全力支持，不会有本书的出现。同时也要感谢 211 办公室的夏伦好、花勇民同志对此书的出版所给予的帮助和支持。

金季春

2009. 8. 29. 北京

前 言

你有没有问过自己：为什么短跑运动员不能永远地加速？为什么你能无损伤地从比你能跳上去的高得多的高度上落地？为什么跑是一种比走的每单位距离能量代价大得多的活动？为什么撑杆跳运动员不能通过无限增加竿的长度来持续提高高度？为什么自行车有一个齿轮的范围？为什么没有两臂摆动的走路是笨拙的走路？一次举起一个大的载荷与一次举起总载荷的 $1/10$ 但是举 10 次相比，两者各需要的能量和安全性是什么？答案在根据我们的重力场中的力学定律所做出的力学性质中。

人体运动在我们能够讨论它之前很久就存在了，不管语言的发展，在人类历史中只是在最近才认识到了物体、人体和其他事物的运动规律的。现在我们是处于能够用科学的方法来理解人体运动的位置上，这个研究领域是生物力学——一个表示应用科学原则和定律来理解生物学系统的名字，特别是我们正在处理的人体运动的生物力学，人体运动本身则是整个人体生物力学领域中的一个小部分。

本书附加了固体力学和生物学的定义及概念，例如，力被认为是对一个质量的加速度的影响。假如没有加速度，那么，力一定等于 0，或者一定存在一个大小相等方向相反的力（牛顿第三定律）。一个力的作用使一个投掷物体的速度增加，这是真的，但是，这种说法在概念上还有欠缺之处。为了计算速度，我们需要更多的知识，事实上，它需要或者是力乘以时间（冲量）或者是力乘以力作用的位移（功）。在描述人体运动时同样要用正确的术语。术语“髋关节屈”有专门的含义，它是指一个关节的运动，短语“屈一个关节的肌肉”在生物力学中没有意义。

确定影响运动的某些作用的能力或计算一个动作速率的能力需要所谓的数学的科学语言。没有数学就不能精确地定量描述运动，也不能把生物力学概念联系起来。数学计算作为描述人体运动的一种工具是特别重要的，例如力产生加速度，只有当掌握了微分和积分运算以后才能理解加速度、速度和位移之间的相互关系。

一个工程师不了解驱动一台机器的马达的性质是无法设计一台机器的，虽然我们设计人体的机器，但是，关于肌肉的力学性质的知识使我们能够理解我们为什么用所做的方法来做一件事情，以及我们可能改进做某件事情的方法来提高

成绩。由于肌肉显示了力——速度和力——长度关系，它能根据物体的瞬时运动学状态（位置和速度）来产生加速度。

同样必须了解韧带、肌腱、软骨、连接结构和关节的力学性质。例如，软骨可以消除危险的能量值，韧带和肌腱可以提供一种临时能量贮存器，在适当时候它可以把贮存的能量返回给系统。

读者和方法

这本书是为那些希望通过科学的、定量的生物力学分析的方法来理解人体运动的学生们写的，这里所包含的信息应该能满足这些要求，因为它提供了一种方法，即坚定的数学和力学方法。

在这个领域中的早期图书通过成熟的力学定律来解释人体运动，这种解释是描述各种力学现象是如何在各种活动中展现出来的。目的是教育读者知道我们为什么用这种方式来做一件事情，由于几千年来我们没有这种描述也已经完成了这些动作，所以，这种方法可能被批评为仅仅是一种学术作业。进一步的批评是这些早期的图书描述的当前人体活动的状态并没有使如何改进这种运动的理解可以变得容易些。但是，这样一种发展对于更加深入的研究还是必要的探索，因为它们对于一个特殊类型运动的许多重要的力学原因作了说明。

许多论生物力学的图书倾向于使用研究的例子，这显示出有点脱节，与这种信息汇编式有关的问题是没有使用或提出正式的方法来研究人体运动。这种书籍通过采用一种考察一项任务的力学基础的系统方法，然后解释这些基础如何能够通过利用身体的生物力学特性来获得。目的是为人体运动表现者提供策略和技术以及同样从数学和力学的观点来分析人体运动。因此，这种书是为那些既具有良好力学背景或者是准备学习动力学的人写的，这种信息对于人体运动学的教师、对于运动服和安全器材的设计师、以及对于康复专门人才是有用的。当前的信息对于任何希望理解人体与环境之间的力学相互作用的人，对于希望理解在这种相互作用中引起需要的力、功或者能的人是有用的。这种材料对于那些希望在人体运动生物力学领域中完成先进的研究的人是基本的。这里所提出的材料对于读者从定性到定量了解人体生物力学的进展是基本的。并且对于计算或者最低限度的评价来说是对一个特殊活动做恰当的技术改进的基础。这种力学，与关于身体结构特征的信息相结合，将会提高读者判断或计算作用在整个身体上的或个别环节上的载荷的能力。

由于这门学科还处于早期阶段，因各种原因已完成了大量的研究，有些原因是特殊的，例如，为了鉴别跑时在鞋——地面之间的力的类型，这项工作的某些应用是体现在跑鞋的设计上以及在长跑中预防重复性的应变损伤。还有，无论研究者的企图是什么，所有这种研究都涉及到力学和数学。

人体生物力学是一门交叉学科，要通过力学定律获得对我们的生物学系统的理解，因此，要提供关于在人体运动中涉及到的结构，如骨、韧带、软骨和肌肉的信息，这些结构的重要性质必定是力学的，并包括它们的粘弹性特征以及它们的能量贮存、释放和消除的特性。肌肉作为力和功的发生器要给予特别的关注，它们在我们的意志下对抗重力，对于重力我们不能做什么。许多完成数学计算所必要的数学技巧包含在附录 B 中，但是有一些是包含在正文中的，在这种情况下，该材料对理解补充的力学是必需的。

如同在所有的教科书中一样，按照可以预料的信息的深度提出问题，本书是为中上水平的人体运动的本科生和研究生设计的。对那些专业并不是生物力学的，但是由于某些原因需要分析人体运动的研究生同样也是有用的，例如，运动行为学专业的学生。

本书是如何组织的

本书分成二部分共 11 章。第一部分包括 3 章，讲生物力学的原理。第 1 章，“身体的生物力学结构”讲身体的结构，包括骨骼结构和其他组织的性质，目的是让读者了解既是人体运动的“机器”又是约束它运动的结构生物力学特征。第 2 章，“基础力学和数学”讲对我们的目的是必需的力学和数学，这里提出的力学概念的层次与绝大多数力学教科书提出的是不同的，它仅仅包括与我们的研究有关系的信息。目的是用一系列方程式发展力学概念。此外，读者将会看到这种材料不仅是力学的，而且包括对处理方程式所必需的数学。没有数学，对力学只能理解一点点，或者完全是含糊不清的。声称不要数学而教生物力学的教科书通常不会超过用力学的术语来描述运动。为了不让这一章变成过长的力学读本，某些力学概念放在其他自然要讲的章节中去。

第 3 章，“运动的基础”讲那些让我们身体运动的因素，例如肌肉力和重力，那些使我们能运动的因素，如摩擦力，以及各环节间运动发生的方式。入门力学通常是讲单个刚体的，在人体的情况下，我们有一个由头、上臂、前臂、躯干、大腿等等多环节组成的身体，显然，这些环节彼此互相关联地运动，并且第 3 章描述了做到这一点的方式。这种所谓的关节的相对运动是我们完成广泛的活动的一个理由。而且也是为什么我们有时会有损伤危险的原因。换句话说，一台有许多活动构件的机器比一个单个活动方式的机器有大得多的损坏危险。

第二部分“基本的人体运动”是考察大量的基本人体运动的力学。虽然可以把这一部分看作是本书的主干，但是读者不会理解所有的材料，除非他们完全掌握了前面的几章。不过，鼓励读者预习某种基本运动，为了充分领悟到那种科学信息这是必要的。

第二部分是进行基本人体运动的生物力学分析，而不是讲在某个专项运动中

的各种运动的复杂结构，这种做法的理由是我们的专门活动（例如运动和工作）的绝大多数（如果不是全部的话）涉及到基本运动的各方面。例如，跑几乎是我们所有运动活动的一个部分，更深的理由是由于许多显然是简单的、熟知的和平凡的运动通常由于单个损伤事件或过分的重复而造成损伤。每个基本活动的分析格式包括一个正式的程序，其第一步是说明这个活动的主要目的，第二步是把文字说明转换成一种力学目标，例如功的最大化或势能的最大化等。在人体中可以描述成力学目标的结构因而被鉴别出来，并且在了解它们性质的基础上确定应该应用的方法。在这一步中完成动作的生物力学分析，接着是考察主要目的的变化性。例如，对于跳跃来说，因为它们的特殊要求，进一步考察跳远、三级跳远和撑竿跳高。从改变所涉及的身体结构的特征方面来考察提高成绩的方式。在讨论安全性的部分，区别对身体结构有潜在损伤的因素，然后根据在活动中使用结构的方式提出避免损伤的措施，给出某些加工过的实践例子来强化生物力学数据的数学处理和解一个生物力学问题的过程。最后，一章的小结是指使用普通的语言，而不是在该章正文中占主要地位的技术的语言来提出要点。

各章在每个基本动作中附上以下的标题：

1. 目的：这一部分对一个给定的人体活动从它原始的文字描述中鉴别出主要的力学目的。

2. 力学：在这一部分中，我们鉴别出描述如何达到力学目的的最好的力学公式。这一步既是一种艺术的东西，又是一种使人方便的事情，因为所有的力学公式都是互相关联的。例如，如果我们知道了力、时间、质量和位移，我们就能导出动量和能量。在某些情况下为了获取问题中的活动的性质，最好的方法是动量而不是能量（反之亦然）。

3. 生物力学：这种讨论是提出对达到力学目的有贡献的人体结构，以及在了解它们性质的基础上，解释这些结构应该如何使用或可以被使用。

4. 变化性：这一部分考察主要目的的变化性，例如，对于跳跃，鉴别出跳高、跳远、三级跳远和撑杆跳高的特殊要求。

5. 提高：这个讨论集中在可以修改所涉及的结构用来达到目的的提高成绩的方法上。

6. 安全性：这一部分处理如何鉴别和避免对结构的潜在伤害。在某些情况下，提高成绩和安全性的问题是有点同义的。在这些情况下，安全性是放在标题“提高成绩和安全性”之下的。

7. 实践例子：提出一些加工过的例子来证实所选择的力学方法和教学技术是可以解生物力学问题的，并且用来说明生物力学如何有利于理解一个给定动作的性质及它的局限性。在许多情况下，给出的例子只能接近真实情况的生物力

学，因为所产生的肌肉力取决于肌肉本身产生的运动学。这导致一个复杂的情况，即应用一个运动方程式的计算原理是不能解的情况。这个问题在正文中是应用一个动作的模拟来解的，它的解需要数学分析。但是，讲授任何一种基本数学以外的分析都超出了本书的范围。

本书所选择的格式是基本人体运动的分析，因为这些运动在各种日常人体活动中都有它们的应用。虽然，这种分析使用了来自各种人体情况的例子，但是，这不是一本关于如何进行给定项目的活动或如何在一个特殊职业中工作的教科书。无论它是运动的、职业的，还是赖以生存，它必须这么简单地做的。许多这些活动是结合的，并体现在人体的情况中。希望掌握这些基础会提供大部分的信息和一种可以应用于读者所关心的人体任务的分析方法。

总的目的是为了反对围绕在人体运动这个研究领域的错误的信息、模糊和歧义，而传授准确的生物力学特性的科学知识。

专门的特征

本书补充了几个专门的成分，在每一章中读者都会发现有“要点”，这些要点总结了关键的信息，还有推荐的读物以及作为第二部分说明的实践例子。

推荐读物包括基本参考资料的来源，它们是本书的基础，根据生物力学的学科和应用分类，参考书中包括杂志的题目，这是为那些对某个专门应用有兴趣深入钻研的人准备的，以及通过现代电子工具可以容易得到的参考论文。

除了术语学、文献目录和一个详细的索引（译文略）外，在书末包括了几个独特的成分。附录 A 提出了主要的力学变量符号，附录 B 给出了力学公式，附录 C 包含了 68 个问题，读者可以用它们来测试自己对生物力学分析掌握的情况。这些问题是按力学概念，而不是按基本人体运动来分类的。题目包括运动学、力和运动、冲量——动量以及功——能。问题的答案在附录 D 中给出，读者必须用在正文中的加工过的例子所做的方法对每个问题作出图表。

作者希望在圆满完成这个材料的基础上，读者会用对人体生物力学这个分支的充分理解武装起来，然后读者应该能够鉴别出对他们感兴趣的活动的恰当的研究方法。他们同样应该用能够提出完成一个活动的创新方法的能力武装起来。最后，但不是最不重要的是读者应该能够说明在人体运动中发生的其他事情，说明它们为什么会发生，以及是什么使它们发生的。读者的说明要正确地使用力学的术语，并且要意识到有许多目前在普通使用的力学术语，说好一点是误导的，说坏一点是不正确的。

许多关于人体生物力学的书已经采用了一种力学概念，并鉴别出了这种概念所应用的活动。这种方法对于通过熟知活动的经验来学习力学是有用的。本书的独特之处是提出了最重要的基本活动和使生物力学概念最容易得到理解。

目 录

第一部分 绪 论

第1章 身体的生物力学结构	(3)
1.1 骨 骼	(4)
1.2 关 节	(5)
1.3 韧 带	(7)
1.4 关节润滑	(8)
1.5 肌肉和肌腱	(8)
1.6 总 结.....	(12)
第2章 基础力学和数学	(13)
2.1 运动学.....	(14)
2.2 动力学.....	(22)
2.3 总 结.....	(33)
第3章 运动的基础	(34)
3.1 重 力.....	(34)
3.2 摩擦力.....	(36)
3.3 肌肉作用的一个简化代表.....	(37)
3.4 肌肉的生物力学性质.....	(40)
3.5 肌肉力的应用.....	(42)
3.6 肌肉功.....	(43)
3.7 力的转动作用.....	(45)
3.8 外部作用力.....	(47)
3.9 作用在一个身体环节上的力.....	(48)
3.10 双关节肌的作用	(53)
3.11 总 结	(54)

第二部分 基本的人体运动

第4章 平衡	(59)
4.1 站立的目的	(59)
4.2 站立的力学	(60)
4.3 站立的生物力学	(60)
4.4 站立的变化性	(64)
4.5 站立和提高	(65)
4.6 站立的安全性	(66)
4.6 避免倒下的目的	(70)
4.7 倒下的力学	(70)
4.8 倒下的生物力学	(71)
4.9 倒下的变化性	(74)
4.10 增强避免倒下	(76)
4.11 倒下的安全性	(77)
4.12 实践例子 4.3	(77)
4.13 总 结	(80)
第5章 滑动、落下和落地	(81)
5.1 避免滑动的目的	(81)
5.2 滑动的力学	(81)
5.3 滑动的生物力学	(83)
5.4 滑动的变化性	(84)
5.5 提高防滑	(85)
5.6 滑动的安全性	(86)
5.7 实践例子 5.1	(86)
5.8 下落和着地的目的	(88)
5.9 下落和着地的力学	(88)
5.10 下落和着地的生物力学	(89)
5.11 下落和着地的变化性	(91)
5.12 下落和落地的提高和安全性	(92)
5.13 实践例子 5.2.	(98)

5.14	总 结	(100)
第6章	走和跑	(102)
6.1	走的目的	(102)
6.2	走的力学	(103)
6.3	走的生物力学	(104)
6.4	走的变化性	(111)
6.5	走的提高和安全性	(118)
6.7	实践例子 6.1	(119)
6.8	实践例子 6.2	(120)
6.9	跑的目的	(122)
6.10	跑的力学	(122)
6.11	跑的生物力学	(123)
6.12	跑的变化性	(136)
6.13	提高跑的成绩	(138)
6.14	跑的安全性	(139)
6.15	实践例子 6.3	(140)
6.16	实践例子 6.4	(144)
6.17	总 结	(145)
第7章	跳	(147)
7.1	跳的目的	(147)
7.2	跳的力学	(148)
7.3	跳的生物力学	(149)
7.4	跳的变化性	(155)
7.5	跳的提高	(159)
7.6	跳的安全性	(161)
7.7	实践例子 7.1	(162)
7.8	实践的例子 7.2	(164)
7.9	总 结	(168)
第8章	操纵物体	(169)
8.1	握的目的	(170)
8.2	握的力学	(170)

8.3	握的生物力学	(172)
8.4	握的变化性	(176)
8.5	握的提高和安全性	(176)
8.6	实践例子 8.1	(178)
8.7	拉和推的目的	(179)
8.8	拉和推的力学	(179)
8.9	拉和推的生物力学	(180)
8.11	拉和推的变化性	(183)
8.12	拉与推的提高和安全性	(185)
8.13	实践例子 8.2	(187)
8.14	实践例子 8.3	(189)
8.15	上举和放下的目的	(191)
8.16	上举和放下的力学	(191)
8.17	上举和放下的生物力学	(192)
8.18	上举和放下的变化性	(199)
8.19	上举和放下的提高和安全性	(203)
8.20	实践例子 8.4	(204)
8.21	搬运的目的	(206)
8.22	搬运的力学	(207)
8.22	搬运的生物力学	(207)
8.23	搬运的变化性	(210)
8.24	搬运的提高和安全性	(210)
8.25	实践例子 8.5	(211)
8.26	总 结	(213)
第9章	投掷、击打和接	(216)
9.1	投掷和击打的目的	(216)
9.2	投掷和击打的力学	(217)
9.3	投掷和击打的生物力学	(220)
9.4	投掷和击打的变化性	(226)
9.5	投掷和击打的提高	(228)
9.6	投掷和击打的安全性	(231)
9.7	实践例子 9.1	(232)
9.8	接的目的	(233)