



卫生部“十二五”规划教材 全国高等中医药院校教材
全国高等医药教材建设研究会规划教材

供针灸推拿学、康复治疗学、中医学（含骨伤方向）等专业用

生物力学

主编 杨华元



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE



中国科学院 中国科学院
中国科学院 中国科学院
中国科学院 中国科学院
中国科学院 中国科学院

生物力学

1998. 10



中国科学院出版社
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES PRESS

卫生部“十二五”规划教材 全国高等中医药院校教材

全国高等医药教材建设研究会规划教材

供针灸推拿学、康复治疗学、中医学(含骨伤方向)等专业用

生物力学

主 编 杨华元

副主编 赵京涛 王 频 朱文莲

编 委 (以姓氏笔画为序)

王 力 (天津中医药大学)	杨华元 (上海中医药大学)
王 频 (安徽中医学院)	陈 谦 (长春中医药大学)
朱文莲 (北京中医药大学)	赵京涛 (广州中医药大学)
刘堂义 (上海中医药大学)	郭晓玉 (河南中医学院)
李西海 (福建中医药大学)	唐 瑞 (黑龙江中医药大学)
杨 蕾 (成都中医药大学)	

秘 书 刘堂义 (兼)

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生物力学/杨华元主编. —北京:人民卫生出版社,2012. 8
ISBN 978 - 7 - 117 - 15918 - 0

I. ①生… II. ①杨… III. ①生物力学 - 高等学校 - 教材 IV. ①Q66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 087063 号

门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.ipmph.com	护士、医师、药师、中医师、卫生资格考试培训

版权所有, 侵权必究!

本书本印次封底贴有防伪标。请注意识别。

生物力学

主 编: 杨华元

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010 - 59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010 - 67605754 010 - 65264830

010 - 59787586 010 - 59787592

印 刷: 北京市文林印务有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 11

字 数: 261 千字

版 次: 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978 - 7 - 117 - 15918 - 0/R · 15919

定 价: 20.00 元

打击盗版举报电话: 010 - 59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社销售中心联系退换)

出版说明

在国家大力推进医药卫生体制改革,发展中医药事业和高等中医药教育教学改革的新形势下,为了更好地贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》和《医药卫生中长期人才发展规划(2011—2020年)》,培养传承中医药文明、创新中医药事业的复合型、创新型高等中医药专业人才,根据《教育部关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》,全国高等医药教材建设研究会、人民卫生出版社在教育部、卫生部、国家中医药管理局的领导下,全面组织和规划了全国高等中医药院校卫生部“十二五”规划教材的编写和修订工作。

为做好本轮教材的出版工作,在教育部高等学校中医学教学指导委员会和原全国高等中医药教材建设顾问委员会的大力支持下,全国高等医药教材建设研究会、人民卫生出版社成立了第二届全国高等中医药教育教材建设指导委员会和各专业教材评审委员会,以指导和组织教材的编写和评审工作,确保教材编写质量;在充分调研的基础上,先后召开数十次会议对目前我国高等中医药教育专业设置、课程设置、教材建设等进行了全方位的研讨和论证,并广泛听取了一线教师对教材的使用及编写意见,汲取以往教材建设的成功经验,分析历版教材存在的问题,并引以为鉴,力求在新版教材中有所创新,有所突破,藉以促进中医药教育教学发展。

根据高等中医药教育教学改革和高等中医药人才培养目标,在上述工作的基础上,全国高等医药教材建设研究会和人民卫生出版社规划、确定了全国高等中医药院校中医学(含骨伤方向)、中药学、针灸推拿学、中西医临床医学、护理学、康复治疗学7个专业(方向)133种卫生部“十二五”规划教材。教材主编、副主编和编者的遴选按照公开、公平、公正的原则,在全国74所高等院校2600余位专家和学者申报的基础上,近2000位申报者经全国高等中医药教育教材建设指导委员会、各专业教材评审委员会审定和全国高等医药教材建设研究会批准,被聘任为主审、主编、副主编、编委。

全国高等中医药院校卫生部“十二五”规划教材旨在构建具有中国特色的教材建设模式、运行机制,打造具有中国特色的中医药高等教育人才培养体系和质量保障体系;传承、创新、弘扬中医药特色优势,推进中医药事业发展;汲取中医药教育发展成果,体现中医药新进展、新方法、新趋势,适应新时期中医药教育的需要;立足于成为我国高等中医药教育的“核心教材、骨干教材、本底教材”和具有国际影响力的中医药学教材。

全套教材具有以下特色:

1. 坚持中医药教育发展方向,体现中医药教育教学基本规律

注重教学研究和课程体系研究,以适应我国高等中医药学教育的快速发展,满足21世纪对高素质中医药专业人才的基本要求作为教材建设的指导思想;顶层设计和具体方案的实施严格遵循我国国情和高等教育的教学规律、人才成长规律和中医药知识的传承规律,突出中医药特色,正确处理好中西医之间的关系。

2. 强化精品意识,体现中医药学学科发展与教改成果

全程全员坚持质量控制体系,把打造精品教材作为崇高的历史使命和历史责任,以科学严谨的治学精神,严把各个环节质量关,力保教材的精品属性;对课程体系进行科学设计,整体优化,基础学科与专业学科紧密衔接,主干学科与其他学科合理配置,应用研究与开发研究相互渗透,体现新时期中医药教育改革成果,满足 21 世纪复合型人才培养的需要。

3. 坚持“三基五性三特定”的原则,使知识点、创新点、执业点有机结合

将复合型、创新型高等中医药人才必需的基本知识、基本理论、基本技能作为教材建设的主体框架,将体现高等中医药教育所需的思想性、科学性、先进性、启发性、适用性作为教材建设的灵魂,将满足实现人才培养的特定学制、特定专业方向、特定对象作为教材建设的根本出发点和归宿,使“三基五性三特定”有机融合,相互渗透,贯穿教材编写始终。以基本知识点作为主体内容,适度增加新进展、新技术、新方法,并与卫生部门和劳动部门的资格认证或职业技能鉴定标准紧密衔接,避免理论与实践脱节、教学与临床脱节。

4. 突出实用性,注重实践技能的培养

增设实训内容及相关栏目,注重基本技能和临床实践能力的培养,适当增加实践教学学时数,并编写配套的实践技能(实训)教材,增强学生综合运用所学知识的能力和动手能力,体现医学生早临床、多临床、反复临床的特点。

5. 创新教材编写形式和出版形式

(1) 为了解决调研过程中教材编写形式存在的问题,除保障教材主体内容外,本套教材另设有“学习目的”和“学习要点”、“知识链接”、“知识拓展”、“病案分析(案例分析)”、“学习小结”、“复习思考题(计算题)”等模块,以增强学生学习的目的性和主动性及教材的可读性,强化知识的应用和实践技能的培养,提高学生分析问题、解决问题的能力。

(2) 本套教材注重数字多媒体技术,相关教材增加配套的课件光盘、病案(案例)讲授录像、手法演示等;陆续开放相关课程的网络资源等,以最为直观、形象的教学手段体现教材主体内容,提高学生学习效果。

本套教材的编写,教育部、卫生部、国家中医药管理局有关领导和教育部高等学校中医学教学指导委员会、中药学教学指导委员会相关专家给予了大力支持和指导,得到了全国近百所院校和部分医院、科研机构领导、专家和教师的积极支持和参与,谨此,向有关单位和个人表示衷心的感谢!希望本套教材能够对全国高等中医药人才的培养和教育教学改革产生积极的推动作用,同时希望各高等院校在教学使用中以及在探索课程体系、课程标准和教材建设与改革的进程中,及时提出宝贵意见或建议,以便不断修订和完善,更好地满足中医药事业发展和中医药教育的需要。

全国高等医药教材建设研究会
第二届全国高等中医药教育教材建设指导委员会
人民卫生出版社
2012年5月

前 言

生物力学是应用力学原理和方法对生物体中的力学问题定量研究的生物物理学分支,已经成为现代医学领域重要学科之一。在新的时代环境下,生物力学的理论和方法在现代中医的基础和临床研究中的应用越来越广泛。如传统四诊的精华部分“脉诊”的客观化研究与血流动力学的研究成果应用密切相关,其研究成果已经形成自己的特色;应用生物力学的方法研究中医伤科的“小夹板固定”,使得这一传统的临床技术更显其特色和优势;针刺手法和推拿手法的生物力学研究,对探索其作用机制,将宏观力学性质、手法与微观结构、功能变化相结合,使得神秘的针刺手法、推拿手法得以客观化。这些现状表明,生物力学的基础已经成为现代中医研究的必备工具和手段,开展生物力学的教学是适应新形势下中医药院校教育教学改革和发展的需要,是中西医结合、多学科交叉发展的需要,是培养中医药事业复合型、创新型人才的需要。

全书共有八章。概论部分主要阐述了生物力学的概念、历史渊源、研究内容和方法,以及生物力学的进展。力的基础知识主要阐述本书中涉及的力学基础知识,力求简洁明了,为本书各章内容提供参考。在此基础上,用五章内容分别介绍了骨、关节、脊柱、软组织的生物力学以及血流动力学,在血流动力学这一章中着重阐述了中医脉象研究方面的生物力学内容,骨折的生物力学一节阐述了中医传统夹板的生物力学特点。鉴于目前国内中医药院校比较普遍地开设了康复专业和运动医学专业,特设立一章内容简要介绍在康复和运动医学中所涉及主要有关生物力学方面的知识。针刺手法和推拿手法的研究与生物力学关系密切,分别以一节内容介绍了目前在针刺手法和推拿手法生物力学特性的研究进展。本书根据目前中医药院校开设与《生物力学》相关课程的情况和实际需要,合理安排了各章节的内容和篇幅,具有鲜明的中医特色。为帮助学生进行相关章节内容的学习,每章前设“导学”,后设“学习方法”和“思考题”。本书还在有关章节中,增加了“知识链接”、“知识拓展”和“课堂讨论”等模块,有利于拓展学生的视野,适合中医药院校教学的需要。

本教材具有多学科交叉性质,有别于中医药院校其他的传统专业教材,为了提高教材编写质量,编委会主要吸收了在中医药院校长期从事生物力学、实验针灸学等课目教学以及从事骨伤临床、科研和教学的人员参与本书的编写。第一章概论由杨华元执笔;第二章力学基础知识由郭晓玉执笔;第三章骨的力学性质部分由唐瑞执笔,骨折和夹板固定的生物力学由赵京涛执笔;第四章关节的生物力学由刘堂义、陈谦执笔;第五章脊柱的生物力学由李西海执笔;第六章软组织的生物力学由王力执笔;第七章血流动力学由王频执笔;第八章康复生物力学中步态分析方法和骨折功能锻炼的生物力学由杨蕾执笔,推拿和针刺手法的生物力学由朱文莲执笔。

本书在编写过程中得到了相关院校、专家、同道以及人民卫生出版社的大力支持和协助,在此谨表谢意!由于编者水平有限,恐有疏漏,还望各院校师生在使用过程中提出宝贵意见,以便今后进一步修订提高。

编 者

2012年5月

目 录

第一章 概论	1
一、生物力学概念	1
二、历史渊源	1
三、研究内容和方法	2
四、生物力学研究进展	3
第二章 力学基础知识	5
第一节 力学基本概念	5
一、力的概念	5
二、应力和应变	7
三、材料的黏弹性	11
第二节 静力学基础	12
一、质点和刚体	12
二、物体的运动	13
三、受力分析	15
四、力系与力系平衡	15
五、物体平衡方程	16
第三节 动力学基础	19
一、牛顿第一定律	19
二、牛顿第二定律	19
三、牛顿第三定律	19
第三章 骨的生物力学	21
第一节 骨的力学性质	21
一、骨的功能适应性	22
二、骨的基本力学性质	25
三、骨力学性能的影响因素	30
第二节 骨折的生物力学	32
一、骨折的发生	32
二、骨折的愈合	38
三、骨折治疗的生物力学原理	41

四、骨折的外固定	46
五、骨折的内固定	48
第三节 夹板固定的生物力学	54
一、弹性固定准则和夹板外固定的生物力学原理	55
二、夹板外固定治疗骨干骨折的力学分析	58
第四章 关节的生物力学	64
第一节 关节结构的生物力学特征	64
一、关节的基本结构	64
二、关节的运动幅度和测量方法	65
第二节 人体关节的生物力学	66
一、肩关节受力分析	66
二、肘关节受力分析	67
三、髋关节受力分析	69
四、膝关节受力分析	71
五、踝关节受力分析	73
第五章 脊柱的生物力学	76
第一节 脊柱的生物力学特点	76
一、脊柱的生物力学特性	76
二、脊柱的运动	82
第二节 脊柱的临床不稳定	86
一、临床不稳定的生物力学因素	87
二、临床不稳定的生物力学问题	87
第三节 脊柱侧弯	90
一、脊柱侧弯的生物力学因素	91
二、治疗脊柱侧弯的生物力学问题	92
第六章 软组织的生物力学	98
第一节 软组织的基本生物力学特性	98
第二节 肌肉、韧带、肌腱的生物力学特性	99
一、肌肉的生物力学特性	99
二、韧带和肌腱的生物力学特性	101
第三节 血管的力学性质	103
一、血管的主要成分与构造	103
二、血管壁的生物力学特性	104
第四节 关节软骨的生物力学特性	107
一、关节软骨的结构、成分及功能	108

二、 关节软物的生物力学特性	108
三、 软骨变性的生物力学特性	110
第七章 血流动力学	112
第一节 流体动力学基础	112
一、 流体的流动	112
二、 伯努利方程	113
三、 黏性流体的流动	115
第二节 血液流动	117
一、 黏性流体的伯努利方程	117
二、 泊肃叶定律	117
三、 斯托克斯定律	118
四、 血液的流速	119
第三节 微循环血流	119
一、 微循环的结构形态及流动特点	119
二、 微循环的流动效应	120
三、 毛细管血流模型实验	122
四、 毛细血管中的正间隙流动	123
五、 毛细血管中的负间隙流动	123
第四节 脉搏的生物力学基础	124
一、 动脉中血流力学的基本概念	124
二、 血管力学分析模型	126
三、 脉搏波的传播与反射	128
四、 脉搏波与中医脉象	131
第八章 康复生物力学	134
第一节 步态分析方法	134
一、 行走的生物力学	134
二、 步态分析的方法	137
三、 步态分析的临床应用	142
第二节 骨折功能锻炼的生物力学	143
一、 功能锻炼对骨折愈合力学环境的影响	143
二、 功能锻炼在骨折愈合中的介入时机	143
三、 适宜的功能锻炼促进骨折愈合的研究	144
四、 不当的功能锻炼干扰骨折愈合的研究	144
五、 监测骨折的生物力学特性的意义	145
第三节 推拿手法的生物力学	145
一、 推拿手法的分类	145

二、推拿手法的生物力学研究方法	145
三、推拿手法的生物力学作用	148
第四节 针刺手法的生物力学	152
一、针刺手法参数的采集测定	152
二、针刺手法数据的分析研究	153
三、针刺手法参数的量效关系研究	154
四、针刺手法参数的生物力学分析	155
主要参考书目	158

第一章 概 论

一、生物力学概念

力学是研究物质机械运动规律的科学。生物学是研究生物的结构、功能、发生和发展的规律以及生物与周围环境的关系等的科学。随着科学技术的进步和发展,人们不断地向生物学和力学提出新的研究任务和课题,并由此发展形成一系列新的交叉学科,生物力学应运而生,历经半个世纪的发展已形成了其完整的理论基础和科学体系。生物力学是应用力学原理和方法对生物体中的力学问题进行定量研究的生物物理学分支学科,同时,也是多种学科相互交叉、相互渗透所形成的一个新兴边缘学科。

生物力学是生命科学的重要组成部分,通过生物学与力学原理方法的有机结合,认识生命过程的规律;解决生命与健康领域的科学问题。它利用连续介质力学、多相介质力学、断裂损伤力学和流变力学等力学基本原理,结合生理学、医学、生物学来研究生物体,特别是人体的功能、生长、消亡以及运动的规律,最终服务于临床诊断与治疗、生物医学工程和生物技术等高新技术领域,以及人类的保健事业。

二、历史渊源

在科学的发展过程中,生物学和力学相互促进发展。最初生物力学的研究对象主要是人体组织,如血液、皮肤、骨骼、肌肉等的力学性质。17世纪 William Harvey (1578—1657)对血液循环的观察,推理形成了血液循环的论断。1661年 Malpighi (1628—1694)解剖了青蛙的肺,首次在显微镜下观察到微循环的存在,从而证实了 Harvey 的推论。Stephen Hales (1667—1761)首次测量了马的血压,并探讨了血压与失血的关系,复制了简单的心室舒张压状态的蜡质模型,通过测量这个蜡质模型的体积来估算心输血量,从而提出了心肌力和主动脉的膨胀特征,并指出主动脉的弹性效应使得心脏周期性收缩所射出的血液间歇流转化为血管中的较平稳流。同时, Hales 又提出了血液流动的外周阻力概念,认为外周阻力主要来自微血管系统。之后,瑞士数学家 L. Euler (1707—1783)发表了第一篇血液流动的数学分析论文,描述了弹性管中的无黏性液体的一维流动问题, Thomas Young (1773—1829)继后又导出了脉搏波传播速度的近似公式。

生物力学应用于医用研究在 19 世纪有了重大发展。Hermann von Helmholtz (1821—1894)对人类视觉和听觉系统的工作机制进行了开创式的研究,曾先后发明了眼底镜和检眼计用以观察视网膜和测量眼球水晶体在近视和远视时的曲度半径等,同时利用共振器(即 Helmholtz 共振器)分离并加强声音的谐音,并首次确定了神经脉冲的传播速度为 30m/s。Diederik Johannes Korteweg (1848—1941)和 Horace Lamb (1849—1934)分别推导了脉搏波波动方程,对血管中波的传播理论进行了研究。Roax (1895)研究了人骨的形状、构造,提出了松质骨结构符合最优结构原理的见解,并由此给出了著名的骨结构的功能适

应性原则,即骨骼的进化趋向总是以用最轻的重量承受最大的外部作用的方式发展。Otto Frank(1865—1944)通过研究循环系统流体动力学理论,并根据血压梯度变化的记录,给出了血液流量与时间的关系的计算方法,一直沿用至今。Jean Louis Poiseuille(1779—1869)通过一系列的实验工作与理论研究,最终确立的黏性流体定常流公式在血流动力学中起到重要的作用。Ernest Henry Starling(1866—1926)提出的物质通过膜的模型,建立的传质定律,以及确立的从毛细血管动脉端漏失的水量等于静脉端吸收的水量的假说,对以后生物传质与药物动力学的发展都有着重大意义。

20世纪70年代末,力学家冯元桢教授开创了生物力学研究领域,建立了肺的力学模型,奠定了肺力学、呼吸力学基础,生物组织的生长与应力的关系的模型(称为“冯元桢假说”)对生物力学的发展产生了重要影响,同时,冯元桢教授在微循环力学、肌肉力学、心脏力学、血流动力学等方面都有重要贡献,其著作《生物力学》是近代生物力学的代表作之一。20世纪80年代以来,我国一批力学、物理学、医学以及生物学工作者加入到生物力学研究行列中,建立了我国的生物力学基地和研究团队。成立于2002年的世界华人生物医学工程师协会已先后在台北、北京召开了两次学术大会,其规模和影响日益扩大。目前,我国生物力学的研究领域主要有:生物流变学、心血管生物力学与血流动力学、骨关节和口腔生物力学等。此外,还进行了呼吸力学、软组织力学、药代动力学等方面的研究。我国生物力学工作者经过近半个世纪的不断发展和壮大,已经为生物力学学科的发展做出了重大贡献。

三、研究内容和方法

1. 生物力学的研究内容 生物力学的研究领域非常广泛,诸如动物体的游动、运动;植物体的营养水分的缩运;人体组织与器官的功能、萌生、发育、破损、消亡等的机制;血液、体液、气体和水分的流动和扩散规律及其效应等等,这些研究领域,对于人类健康、人类社会的发展进步都有重要的意义。

生物力学按传统力学的分类办法可以分为生物固体力学、生物流体力学、生物运动力学等。既然人体是一个复杂系统,疾病的产生又是多方面因素综合作用的结果,因此,生物力学的这种传统分类,就会出现一些问题和局限性。目前,从医学应用的角度和理论研究的科学分类来看,生物力学可以分为以下三个主要分支学科:

(1) 组织与器官力学(包括骨力学、软组织力学、肺力学、心脏力学、子宫力学、口腔力学、颅脑力学等)。

(2) 血流动力学(包括血液流变学、动脉中的脉动流、心脏动力学和微循环力学等)。

(3) 生物热力学(包括生物传质传热理论、应用生物控制理论以及药物动力学等)。

随着我国传统中医药的不断创新和发展,为我国生物力学的技术进步提供了新的研究领域,特别是通过中医小夹板、脉象仪、推拿测定仪等项目与生物力学相结合的研究,在临床实践中已经取得了一定成效,推动了交叉学科的互相渗透,拓宽了生物力学在中医药领域中的发展空间。

我国的生物力学研究,有相当一部分是与中医结合。特别是在骨骼力学、脉搏波、无损检测、推拿、气功、生物软组织等项目的工作中已经取得了一定的成绩。

2. 生物力学的研究方法 生物力学作为一门新兴的边缘学科,近年来,已经有了很

大的发展。但这一学科的深入研究仍存在多方面的困难。例如,难以得到理想的活组织的实验资料;生物体的个体差异性很大,难以给出可靠的本构关系等等。

由于生物组织器官乃至生物整体系统运动的复杂性,难以用一种统一的方法进行研究。目前,对人体组织,如骨、软骨、皮肤、血管、系膜、肌肉、角膜等等的生命力学研究,可进行离体或在体实验研究,但是,由于在体实验的困难性。一般都采用离体研究的方法。采取这种研究办法是,要使研究对象最大限度地模拟在生理环境之中的状态,以便测定其应力-应变关系,从而构造合理的本构关系。

总之,生物力学的研究方法主要是:

- (1) 用解剖学方法确定所研究对象结构的几何特征、特性,给定本构关系。
- (2) 根据器官或系统的工作情况,建立合理的力学模型,相应的微分方程或微分-积分方程。
- (3) 给出该方程的解析解或数值解或近似解等。
- (4) 建立相应的实验方案,选择做生理实验及实验室的在体实验。
- (5) 反复对比修正,以期得到临床应用。

四、生物力学研究进展

目前,生物力学发展正经历着深刻的变化,其主要的推动力来自半个世纪以来生命科学的飞速进步。基础研究逐步精细化及量化,大量数据的积累要求模型化及数学化,为生物力学研究开辟了新的研究领域。同时现代分子和细胞生物学既提出大量新课题,又带来了许多新工具,推动着生物力学由宏观向微(细)观深入,以及宏-微(细)观相结合。实际应用的不断涌现,经济前景不可限量,催生着以解决与应用相关的工程技术问题为目标的新的生物工程学。这一新的生物工程学远远超出了基于微生物的、以发酵工程为标志的生物技术及以医疗仪器研发为目标的生物医学工程这两个传统的领域。组织工程就是它的一个典型的代表,而生物力学则是它的一个重要的领域。不断寻求新的力学和物理原理与方法,与生命科学及其他基础/工程科学进一步融合,已成为当今生物力学发展的主要特色。

在国内,生物力学的学科发展已经有部分研究转到新的方向。在基础研究层面上,生物力学将与生物物理学、生物数学、生物信息学、生物化学等紧密结合,重点研究生物学的量化和精确化问题;在应用研究层面上,组织工程、药物设计与输运、血流动力学等正在或已经得到临床或工业界的认同,其核心是解决关键技术问题。当前生物力学的发展特点可大致归纳为:

- (1) 内涵扩大(生物医学工程,生物工程)。
- (2) 有机融合性生命科学与基础/工程科学)。
- (3) 微观深入(细胞-亚细胞-分子层次,定量生物学)。
- (4) 宏观-微观相结合(组织工程、器官力学、信息整合与系统生物学)。

生物力学是与临床医学结合最紧密的领域之一,特别是在骨骼、肌肉与关节力学等方面,在最近十几年的研究中都取得了卓有成效的研究成果,并在临床治疗中也取得了较为满意的疗效。同时,生物力学的发展对体液流变学、血流动力学、呼吸力学、软组织力学、药代动力学等方面的研究都起着巨大推动作用。

我国的生物力学学科已有 30 年的工作积累和研究队伍建设,并在力学生物学、细胞分子力学和生物力学的临床应用等学科前沿领域,已有部分研究工作进入了国际先进行列。当前,医学一方面不断向微观领域深入,从分子水平探索疾病发生和防治规律;另一方面不断向宏观扩展,从生物医学模式向生物-心理-社会医学模式转变,从治疗模式向预防保健、群体和主动参与模式转变。生物力学研究要围绕着这些转变,研究解决关键科学问题,要将生物医学基础研究的定量化与力学的数学模型有机结合,体现学科交叉和综合,深化生物力学学科研究的内涵,致力于发展相关的新技术,紧密联系临床防治,为人类健康事业做出应有的贡献。

(杨华元)

第二章 力学基础知识



学习目的

通过对力学基础知识的学习,掌握应力、应变、弹性模量、材料的黏弹性等概念,掌握物体受力分析的方法和物体平衡的条件等内容,为人体各组织生物力学性质的学习奠定力学基础。

学习要点

应力、应变、弹性模量、材料的黏弹性、物体的受力分析、物体平衡的条件等。

第一节 力学基本概念

一、力的概念

力是一个物体对另一个物体的作用。国际单位为牛顿(N),常用单位有千克力(kgF)。1kgF=9.806 65N(一般计算时可略为9.8)。

力是矢量,要分析力对物体的作用效果,不仅要确定力的大小和方向,还要确定力的作用点。力可用一有向线段来表示,线段的长度表示力的大小,线段带箭头的一端表示力的方向,另一端代表力的作用点。

力的效应是指力对物体作用的结果,力使物体的运动状态发生变化的效应称为力的运动效应(外效应),力使物体的大小和形状发生改变的效应称为力的变形效应(内效应)。

万有引力、弹性力、接触力和摩擦力在各个领域中都有一定的典型性和普遍性,而肌肉力则是生物力学所特有的。

下面我们简要介绍几种本书中所涉及的力。

1. 万有引力 任何两个物体之间都有相互吸引的力的作用,称为万有引力,它们之间的相互作用符合牛顿万有引力定律。万有引力可表示为

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

式中 m_1 、 m_2 为两质点的质量, r 为它们的距离, G 为万有引力常数, $G = 6.672\ 041 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ 。

地球上任何物体都会受到地球引力作用,一般称为重力,事实证明,物体的重力就是地球对物体引力的非常近似的值,可用物体的质量 m 和重力加速度 g 的乘积表示,即

$$W = mg$$