



全国中医药行业高等教育“十三五”规划教材



全国高等中医药院校规划教材（第十版）

运动医学

（供康复治疗学、运动康复学等专业用）

主 编 潘华山 王 艳

全国百佳图书出版单位
中国中医药出版社

全国中医药行业高等教育“十三五”规划教材

全国高等中医药院校规划教材（第十版）

运动医学

（供康复治疗学、运动康复学等专业用）

主 编

潘华山（广州中医药大学）

王 艳（黑龙江中医药大学）

副 主 编

周宾宾（广西中医药大学）

杨 敏（西南医科大学）

侯晓晖（广州体育学院）

编 委（以姓氏笔画为序）

于 勇（湖北中医药大学）

李 翔（福建中医药大学）

汶 希（广州中医药大学）

张雅素（河南中医药大学）

陈国平（黑龙江中医药大学）

郑 洁（陕西中医药大学）

胡 尧（成都中医药大学）

赵美丹（天津中医药大学）

黄海量（山东中医药大学）

潘小平（浙江中医药大学）

学术秘书（以姓氏笔画为序）

汶 希（广州中医药大学）

陈国平（黑龙江中医药大学）

中国中医药出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

运动医学 / 潘华山, 王艳主编. — 北京: 中国中医药出版社, 2017. 8

全国中医药行业高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5132 - 4215 - 8

I. ①运… II. ①潘… ②王… III. ①运动医学 - 高等学校 - 教材 IV. ①R87

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 106333 号

中国中医药出版社出版

北京市朝阳区北三环东路 28 号易亨大厦 16 层

邮政编码 100013

传真 010 64405750

山东百润本色印刷有限公司印刷

各地新华书店经销

开本 850 × 1168 1/16 印张 14 字数 349 千字

2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978 - 7 - 5132 - 4215 - 8

定价 42.00 元

网址 www.cptcm.com

社 长 热 线 010 - 64405720

购 书 热 线 010 - 89535836

侵 权 打 假 010 - 64405753

微信服务号 zgzyycbs

微商城网址 <https://kdt.im/LIdUGr>

官 方 微 博 <http://e.weibo.com/cptcm>

天猫旗舰店网址 <https://zgzyycbs.tmall.com>

如有印装质量问题请与本社出版部联系 (010 64405510)

版权专有 侵权必究

全国中医药行业高等教育“十三五”规划教材

全国高等中医药院校规划教材（第十版）

专家指导委员会

名誉主任委员

王国强（国家卫生计生委副主任 国家中医药管理局局长）

主任委员

王志勇（国家中医药管理局副局长）

副主任委员

王永炎（中国中医科学院名誉院长 中国工程院院士）

张伯礼（教育部高等学校中医学类专业教学指导委员会主任委员

天津中医药大学校长）

卢国慧（国家中医药管理局人事教育司司长）

委员（以姓氏笔画为序）

马存根（山西中医药大学校长）

王 键（安徽中医药大学教授）

王省良（广州中医药大学校长）

王振宇（国家中医药管理局中医师资格认证中心主任）

方剑乔（浙江中医药大学校长）

孔祥骊（河北中医学院院长）

石学敏（天津中医药大学教授 中国工程院院士）

匡海学（教育部高等学校中药学类专业教学指导委员会主任委员

黑龙江中医药大学教授）

吕文亮（湖北中医药大学校长）

刘 力（陕西中医药大学校长）

刘振民（全国中医药高等教育学会顾问 北京中医药大学教授）

安冬青（新疆医科大学副校长）

许二平（河南中医药大学校长）

孙忠人（黑龙江中医药大学校长）

严世芸（上海中医药大学教授）

李占永（中国中医药出版社副总编辑）

李秀明（中国中医药出版社副社长）

李金田（甘肃中医药大学校长）

杨 柱（贵阳中医学院院长）

杨关林（辽宁中医药大学校长）

余曙光（成都中医药大学校长）

宋柏林（长春中医药大学校长）

张欣霞（国家中医药管理局人事教育司师承继教处处长）

陈可冀（中国中医科学院研究员 中国科学院院士 国医大师）

陈立典（福建中医药大学校长）

陈明人（江西中医药大学校长）

武继彪（山东中医药大学校长）

范吉平（中国中医药出版社社长）

林超岱（中国中医药出版社副社长）

周仲瑛（南京中医药大学教授 国医大师）

周景玉（国家中医药管理局人事教育司综合协调处副处长）

胡 刚（南京中医药大学校长）

洪 净（全国中医药高等教育学会理事长）

秦裕辉（湖南中医药大学校长）

徐安龙（北京中医药大学校长）

徐建光（上海中医药大学校长）

唐 农（广西中医药大学校长）

彭代银（安徽中医药大学校长）

路志正（中国中医科学院研究员 国医大师）

熊 磊（云南中医学院院长）

秘 书 长

王 键（安徽中医药大学教授）

卢国慧（国家中医药管理局人事教育司司长）

范吉平（中国中医药出版社社长）

办公室主任

周景玉（国家中医药管理局人事教育司综合协调处副处长）

林超岱（中国中医药出版社副社长）

李秀明（中国中医药出版社副社长）

李占永（中国中医药出版社副总编辑）

编审专家组

组 长

王**国强**（国家卫生计生委副主任 国家中医药管理局局长）

副组长

张伯礼（中国工程院院士 天津中医药大学教授）

王**志勇**（国家中医药管理局副局长）

组 员

卢国慧（国家中医药管理局人事教育司司长）

严世芸（上海中医药大学教授）

吴勉华（南京中医药大学教授）

王之虹（长春中医药大学教授）

匡海学（黑龙江中医药大学教授）

王 键（安徽中医药大学教授）

刘红宁（江西中医药大学教授）

翟双庆（北京中医药大学教授）

胡鸿毅（上海中医药大学教授）

余曙光（成都中医药大学教授）

周桂桐（天津中医药大学教授）

石 岩（辽宁中医药大学教授）

黄必胜（湖北中医药大学教授）

前言

为落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010-2020年）》《关于医教协同深化临床医学人才培养改革的意见》，适应新形势下我国中医药行业高等教育教学改革和中医药人才培养的需要，国家中医药管理局教材建设工作委员会办公室（以下简称“教材办”）、中国中医药出版社在国家中医药管理局领导下，在全国中医药行业高等教育规划教材专家指导委员会指导下，总结全国中医药行业历版教材特别是新世纪以来全国高等中医药院校规划教材建设的经验，制定了“‘十三五’中医药教材改革工作方案”和“‘十三五’中医药行业本科规划教材建设工作总体方案”，全面组织和规划了全国中医药行业高等教育“十三五”规划教材。鉴于由全国中医药行业主管部门主持编写的全国高等中医药院校规划教材目前已出版九版，为体现其系统性和传承性，本套教材在中国中医药教育史上称为第十版。

本套教材规划过程中，教材办认真听取了教育部中医学、中药学等专业教学指导委员会相关专家的意见，结合中医药教育教学一线教师的反馈意见，加强顶层设计和组织管理，在新世纪以来三版优秀教材的基础上，进一步明确了“正本清源，突出中医药特色，弘扬中医药优势，优化知识结构，做好基础课程和专业核心课程衔接”的建设目标，旨在适应新时期中医药教育事业发展和教学手段变革的需要，彰显现代中医药教育理念，在继承中创新，在发展中提高，打造符合中医药教育教学规律的经典教材。

本套教材建设过程中，教材办还聘请中医学、中药学、针灸推拿学三个专业德高望重的专家组成编审专家组，请他们参与主编确定，列席编写会议和定稿会议，对编写过程中遇到的问题提出指导性意见，参加教材间内容统筹、审读稿件等。

本套教材具有以下特点：

1. 加强顶层设计，强化中医经典地位

针对中医药人才成长的规律，正本清源，突出中医思维方式，体现中医药学科的人文特色和“读经典，做临床”的实践特点，突出中医理论在中医药教育教学和实践工作中的核心地位，与执业中医（药）师资格考试、中医住院医师规范化培训等工作对接，更具有针对性和实践性。

2. 精选编写队伍，汇集权威专家智慧

主编遴选严格按照程序进行，经过院校推荐、国家中医药管理局教材建设专家指导委员会专家评审、编审专家组认可后确定，确保公开、公平、公正。编委优先吸纳教学名师、学科带头人和一线优秀教师，集中了全国范围内各高等中医药院校的权威专家，确保了编写队伍的水平，体现了中医药行业规划教材的整体优势。

3. 突出精品意识，完善学科知识体系

结合教学实践环节的反馈意见，精心组织编写队伍进行编写大纲和样稿的讨论，要求每门

教材立足专业需求，在保持内容稳定性、先进性、适用性的基础上，根据其在整个中医知识体系中的地位、学生知识结构和课程开设时间，突出本学科的教学重点，努力处理好继承与创新、理论与实践、基础与临床的关系。

4. 尝试形式创新，注重实践技能培养

为提升对学生实践技能的培养，配合高等中医药院校数字化教学的发展，更好地服务于中医药教学改革，本套教材在传承历版教材基本知识、基本理论、基本技能主体框架的基础上，将数字化作为重点建设目标，在中医药行业教育云平台的总体构架下，借助网络信息技术，为广大师生提供了丰富的教学资源 and 广阔的互动空间。

本套教材的建设，得到国家中医药管理局领导的指导与大力支持，凝聚了全国中医药行业高等教育工作者的集体智慧，体现了全国中医药行业齐心协力、求真务实的工作作风，代表了全国中医药行业为“十三五”期间中医药事业发展和人才培养所做的共同努力，谨向有关单位和个人致以衷心的感谢！希望本套教材的出版，能够对全国中医药行业高等教育教学的发展和中医药人才的培养产生积极的推动作用。

需要说明的是，尽管所有组织者与编写者竭尽心智，精益求精，本套教材仍有一定的提升空间，敬请各高等中医药院校广大师生提出宝贵意见和建议，以便今后修订和提高。

国家中医药管理局教材建设工作委员会办公室
中国中医药出版社
2016年6月

编写说明

运动医学是医学与体育运动相结合的一门交叉学科，是研究与体育运动有关的医学问题的综合性基础与应用医学学科，是高等中医药院校康复医学及相关专业的必修课程。

本教材是根据国务院《中医药健康服务发展规划（2015-2020 年）》《教育部等六部门关于医教协同深化临床医学人才培养改革的意见》（教研〔2014〕2 号）的精神，在国家中医药管理局教材建设工作委员会宏观指导下，以全面提高中医药人才的培养质量、积极与医疗卫生实践接轨、为临床服务为目标，依据中医药行业人才培养规律和实际需求，由国家中医药管理局教材建设工作委员会办公室组织编写的。本书涉及运动参与者运动生理、训练监控、膳食营养、运动伤病的预防及康复等内容，除了介绍运用医学知识和技术监督指导运动训练外，还介绍了防治运动伤病和预防性体育运动等内容，符合中医学“治未病”的思路和中医药院校“医养结合”的教学特色。

本教材编委会由全国 13 所高等中、西医药院校的 15 位长期从事本专业教学工作的专家组成。编写过程采用集体讨论、副主编分工审定、主编逐章节通审的方法完成。绪论由潘华山编写，第一章由王艳、陈国平编写，第二章由胡尧、汶希编写，第三章由杨敏编写，第四章由黄海量、张雅素编写，第五章由郑洁、周宾宾编写，第六章由李翔编写，第七章由侯晓晖编写，第八章由潘小平编写，第九章由赵美丹编写，第十章由潘华山、汶希、于勇编写。

本教材在编写过程中得到了广州中医药大学、黑龙江中医药大学及其他参编院校的大力支持，在此一并致谢。本教材可供康复治疗学、运动康复学等相关专业本科生用，也可供在职教育、成人教育及相应水平的学员使用。编写过程中，全体编者团结协作，竭尽所能，希望编出高质量的《运动医学》教材，若教材中有疏漏之处，恳请使用本教材的广大师生和同道提出宝贵意见，以便再版时修订提高。

《运动医学》编委会

2017 年 6 月

目 录

绪论	1	七、单关节肌与多关节肌	35
一、运动医学的概念	1	第六节 周围神经的生物力学	36
二、运动医学的发展	1	一、周围神经结构和功能	36
三、运动医学的教学内容	2	二、神经的生物力学性能	38
第一章 骨 肌肉系统生物力学	3	第二章 运动的生理学影响	43
第一节 骨的生物力学	3	第一节 运动对骨骼、关节软骨、肌肉的	
一、骨的组成和结构	3	影响	43
二、骨的生物力学性能	4	一、运动对骨骼的影响	43
三、骨的生物力学特征	5	二、运动对关节软骨的影响	45
第二节 关节的生物力学	12	三、运动对肌肉的影响	46
一、人体解剖学定位术语	12	第二节 运动对循环系统的影响	48
二、关节的分型	13	一、运动能促使心输出量增加	48
三、关节的活动度和稳定性	13	二、运动能促使各器官血液重新分配	48
四、肌肉骨骼杠杆	13	三、运动与窦性心动徐缓	49
第三节 关节软骨的生物力学	14	四、运动性心脏增大	49
一、关节软骨的组成与结构	14	五、运动能增加心脏冠状动脉侧支循环	49
二、关节软骨的生物力学特征	16	第三节 运动对呼吸系统的影响	49
三、关节软骨的润滑作用	19	一、呼吸运动	49
四、关节软骨的磨损	20	二、运动对呼吸功能的影响	50
第四节 肌腱和韧带的生物力学	21	三、运动时的合理呼吸	50
一、肌腱和韧带的组成	21	第四节 运动对代谢的影响	51
二、肌腱和韧带的机械特性	24	一、运动与糖代谢的关系	52
三、韧带断裂和肌腱受伤的机制	26	二、运动与减脂	53
四、影响肌腱和韧带生物力学特性的因素	27	三、运动与蛋白质补充	54
第五节 骨骼肌的生物力学	28	四、运动脱水及复水	54
一、骨骼肌的组成和结构	28	五、运动与补盐	54
二、肌纤维的特性	30	第五节 运动对其他机能的影响	54
三、肌肉收缩的机制	31	一、运动对消化系统的影响	54
四、肌肉收缩的形式	32	二、运动对泌尿系统的影响	55
五、肌肉的物理性质	33	三、运动对内分泌的影响	56
六、肌力的产生	33	四、运动对免疫系统的影响	56

第三章 人体测量与评价	58	一、发病原因和机理	83
第一节 健康检查	58	二、诊断	84
一、询问一般项目	58	三、处理	85
二、询问运动史	58	四、预防	85
三、临床健康检查	59	第三节 晕厥	86
第二节 人体姿势检查	59	一、发病原因和机理	86
一、直立姿势检查	59	二、诊断	87
二、脊柱形态检查	59	三、处理	87
三、胸廓形态检查	61	五、预防	88
四、腿的形态检查	62	第四节 运动性腹痛	88
五、足的形态检查	62	一、发病原因和机理	88
第三节 人体形态测量	63	二、诊断与鉴别诊断	89
一、人体形态测量的注意事项	63	四、处理	89
二、体重	63	五、预防	90
三、身高	64	第五节 运动性贫血	90
四、坐高	64	一、发病病因和机理	90
五、胸围和呼吸差	65	二、诊断	91
六、肩宽和骨盆宽	65	三、处理	91
七、四肢长度	65	四、预防	92
八、跟腱长	66	第六节 肌肉痉挛	92
九、四肢围度	66	一、发病原因和机理	92
十、腰围和臀围	67	二、诊断	93
十一、指距和手足间距	67	三、处理	93
第四节 人体机能检查	67	四、预防	94
一、循环系统机能检查	68	第七节 运动性血尿	94
二、呼吸系统机能检查	70	一、发病原因和机理	95
三、运动系统机能测试	72	二、诊断	95
第五节 身体成分测量与评价	76	三、处理	96
一、身体成分概述	76	四、预防	96
二、身体成分测量与评价	77	第八节 女运动员三联征	96
第四章 运动性疾病	80	一、发病原因和机理	97
第一节 过度训练综合征	80	二、诊断	97
一、发病原因和机理	80	三、处理	98
二、诊断	81	四、预防	99
三、处理	82	第九节 运动性猝死	99
四、预防	83	一、发病原因和机理	99
第二节 过度紧张综合征	83	二、诊断	100
		三、处理	100
		四、预防	101

第五章 运动损伤 102

第一节 运动损伤的病理基础	102
一、软组织损伤的病理变化与修复	102
二、骨折的病理变化与再生	103
三、软骨损伤的病理变化与修复	104
第二节 运动损伤的急救与处理	104
一、运动损伤的急救	104
二、运动损伤的常用处理方法	108
第三节 常见运动损伤	114
一、腕管综合征	114
二、桡骨茎突狭窄性腱鞘炎	115
三、肩袖损伤	117
四、网球肘	119
五、膝关节交叉韧带损伤	120
六、急性踝关节韧带扭伤	123
七、急慢性腰扭伤	125
八、梨状肌综合征	128
九、腰椎间盘突出症	129
十、脑震荡	131

第六章 体育卫生 134

第一节 体育卫生的基本要求	134
一、个体卫生	134
二、心理卫生	135
三、训练卫生	136
四、饮食卫生	137
第二节 儿童及青少年体育卫生	138
一、儿童及青少年生长发育特点	138
二、锻炼对儿童及青少年的生理作用	139
三、儿童及青少年体育卫生的基本要求	140
第三节 老年体育卫生	142
一、老年人生理特点	142
二、锻炼对老年人的生理作用	144
三、老年人体育卫生特殊要求	145
第四节 女子体育卫生	145
一、女子的生理特点	145
二、女子体育锻炼的卫生要求	146
三、女子经期体育卫生	146

第七章 运动训练医务监督 148

第一节 自我监督	149
一、主观感觉	149
二、客观检查	150
第二节 运动医务监督的常用指标	151
一、心率(脉搏)	151
二、血压	152
三、心功指数	153
四、尿蛋白	153
五、血红蛋白	153
六、心电图	154
七、最大摄氧量	154
八、肺活量和最大通气量	155
九、血乳酸	155
十、睾酮	155
第三节 比赛期间的医务监督	156
一、赛前医务监督	156
二、赛中医务监督	157
三、赛后医务监督	157
第四节 运动性疲劳的医务监督	157
一、运动性疲劳的概念	157
二、产生机理	158
三、不同运动练习时疲劳的原因	158
四、疲劳判断的简易方法	159
五、运动性疲劳恢复的理论依据	160
六、消除运动性疲劳的方法	161
第五节 体重控制	162
一、减体重措施	162
二、快速减体重对机体的影响	162
三、减轻或控制体重的注意事项	162
第六节 兴奋剂控制	163
一、兴奋剂药物	163
二、禁用兴奋剂的手段及检查措施	163
三、服用兴奋剂的危害	164

第八章 运动与合理营养 165

第一节 三大营养物质代谢	165
一、能量	165
二、糖类	167

三、脂类	169
四、蛋白质	170
四、物质代谢的相互联系	172
第二节 维生素与矿物质	173
一、脂溶性维生素	174
二、水溶性维生素	175
三、矿物质	177
第三节 水与其他营养素	178
一、水	178
二、膳食纤维	179
第四节 运动员的营养需求	179
一、运动员的生理特征	180
二、运动员的营养需求	181
三、运动员膳食	183
第九章 运动处方	185
第一节 运动处方概述	185
一、运动处方的特点	185
二、运动处方的分类	185
第二节 制定运动处方的基本原则与流程	186
一、制定运动处方的基本原则	186
二、运动处方的流程	187
第三节 运动处方的内容与基本格式	187
一、运动处方的内容	187
二、运动处方的基本格式	192
第四节 运动处方的实施与案例	193

一、运动处方的实施	193
二、运动处方案例	194

第十章 医疗体育 196

第一节 医疗体育概述	196
一、医疗体育的特点	196
二、医疗体育应用的基本原则	196
三、医疗体育的适应证与禁忌证	197
四、医疗体育功能练习方式	197
五、医疗体育的内容	198
第二节 循环系统疾病的医疗体育	198
一、原发性高血压	198
二、冠心病	199
第三节 呼吸系统疾病的医疗体育	200
一、慢性阻塞性肺疾病	201
二、哮喘	201
第四节 代谢障碍疾病的医疗体育	202
一、糖尿病	203
二、骨质疏松症	204
第五节 运动系统伤病的医疗体育	205
一、肩关节损伤及医疗体育	205
二、膝关节损伤及医疗体育	206
三、脊柱侧弯及医疗体育	207
四、腰椎间盘突出症及医疗体育	208

主要参考书目 210

绪论

一、运动医学的概念

运动医学是医学与体育运动相结合的一门交叉学科，是临床医学的一个分支学科，研究与体育运动有关的医学问题。运动医学运用医学的知识和技术，对运动训练进行监督和指导、防治运动伤病、研究预防性体育运动，以达到增强人民体质、保障运动员身体健康和提高运动成绩的目的。运动医学涉及运动参与者健康、身体素质和训练监控、膳食营养、运动伤病预防及康复等内容，是体育科学与临床医学相结合的应用性学科。

运动医学包括了运动人体科学的内容。根据美国运动医学会（ACSM）的定义，运动医学涵盖运动损伤、运动员健康监督、人体测量评价、运动员营养、运动训练理论、运动生物力学等诸多学科。

二、运动医学的发展

运动医学的起源可以追溯至公元前。早在两千多年前，我国古代医学家即以体操预防疾病；东汉末年，名医华佗模仿动物姿态创编了五禽戏；西汉末年，中医经典著作《黄帝内经》中即有导引术（肢体运动配合呼吸）和按摩的记载。另外，古罗马已有为角斗士治伤的体育医生。

运动医学开始作为一门完整的、有理论基础的独立学科，则是在20世纪30年代。1928年冬季奥运会期间成立了国际运动医学协会（AIMS）。1934年，AIMS更名为国际运动医学联合会（FIMS）。20世纪50年代以后，全世界运动医学发展较快，欧美的一些国家建立了运动医学中心和研究所，不少大学也开展了运动医学的科学研究。我国的运动医学就是在这个时期在前苏联的援助下建立起来的。1955年开始，各体育学院与医学院陆续建立了运动医学教研室。1958年，国家体育运动委员会（现国家体育总局）建立了体育科学研究所，并设立了运动医学研究室。1959年，北京医学院（现北京大学医学部）建立了运动医学研究所，此后，全国各地区也相继成立了运动医学研究机构。1978年，中国运动医学会成立，并于1980年加入国际运动医学联合会。中国的运动医学多年来在沿用前苏联体系的基础上，不断根据自身特点发展完善，在吸收国外先进科学理念的基础上融合了中医药的理论和技术，形成了在营养膳食、伤病防治和骨伤治疗上的中西医结合特色。

2014年，国务院颁布了《关于加快发展体育产业促进体育消费的若干意见》（以下简称《意见》），这是在我国重要战略机遇期内，在全面建成小康社会和全面深化改革开放进程中，引领我国体育产业发展的重要文件。《意见》明确了几方面任务，其中包括促进康体结合，加强体育运动指导，推广运动处方，发挥体育锻炼在疾病防治及健康促进等方面的积极作用，大

力发展运动医学和康复医学,积极研发运动康复技术,鼓励社会资本开办康体、体质测定和运动康复等各类机构,发挥中医药在运动康复等方面的独特作用,提倡开展健身咨询和调理服务等。这更加肯定了运动康复在人类疾病防治和健康促进中的作用,进一步提升了运动康复在体育产业中的重要地位,为我国康复治疗的发展指明了方向。在科学发展和人们健康理念的转变中,掌握了运动医学技能的人才必将成为众多从事康复治疗和健康服务专业人才的重要来源。运动医学人才尤其是运动康复专业人才的培养符合“十三五”期间社会的迫切需求。

三、运动医学的教学内容

运动医学的教学内容主要包括以下几方面:

1. **骨骼肌肉系统生物力学** 包括骨的组成和结构、力学性能及骨在不同载荷方式下的特征性改变,以及体内外影响骨力学特征的不同因素等内容。
2. **运动的生理学影响** 包括运动对骨骼、关节软骨、肌肉系统,以及循环系统、呼吸系统的影响,还包括运动对代谢、消化系统、泌尿系统、内分泌系统和免疫系统的影响等。
3. **人体测量与评价** 主要涉及病史、运动史及其他健康检查,以及姿势检查、形态检查、机能评定等。
4. **运动性疾病** 涉及与运动相关疾病的发病原因、机理、征象、治疗和预防等内容。
5. **运动损伤** 包括运动损伤的发生规律、机理、防治措施和伤后的康复训练等内容。
6. **体育卫生** 包括体育卫生的基本要求和不同年龄、性别人群的生理特点及其体育卫生等。
7. **医务监督** 涉及运动者的健康状况、运动能力及其影响因素,研究和解决运动性疾病的防治、疲劳的消除、运动与环境、运动员选材、运动员自我监督和体育运动竞赛的兴奋剂问题等。
8. **运动与合理营养** 涉及基本营养知识、运动训练中运动员在膳食方面需要注意的问题等。
9. **运动处方** 从事体育锻炼者或病人应根据医学检查(包括运动试验和体力测验)资料,按其身体功能状态,用处方的形式规定运动强度、运动频率、运动持续时间、运动方式,提出运动中的注意事项。
10. **医疗体育** 包括运用各种体育手段防治伤病,特别是常见病的体育疗法。
11. **运动按摩** 包括经络按摩、放松按摩、治疗按摩,以及常见损伤的按摩等。
12. **运动康复** 包括常见伤病恢复训练前应用的康复练习理念和方法,用以确保正常训练时机体的损伤器官或部位具有基本正常的功能、活动度和力量等。

根据本科教学专业课程设置的具体情况,本教材未涉及运动按摩和运动康复内容。

第一章 骨骼肌肉系统生物力学

第一节 骨的生物力学

骨骼的主要作用是保护内脏器官、提供肌肉附着点、作为运动系统的杠杆参与运动。骨所具有的一系列独特结构和力学性能是实现这些作用的基础。骨是人体内除了牙齿外最硬的结构,同时,它又是人体内最具动力和代谢活力的组织之一,具有丰富的血供和良好的自我修复能力,并在整个生命过程中保持着活跃性。骨的性能和结构能随着力学环境的改变而发生改变。譬如长期废用通常会伴随骨密度的降低,骨折愈合过程中和骨手术后骨的形状会发生显著变化,以适应力学环境的改变。

本章主要介绍骨的组成和结构、力学性能及骨在不同载荷方式下的特征性改变,另外还将讨论体内外影响骨力学特征的不同因素。

一、骨的组成和结构

(一) 分子水平

骨组织是一种专门的结缔组织,其中的固体成分使骨扮演了支撑和保护的角色。骨最明显的特征是它含有大量的无机成分,这些成分以矿物盐的形式存在,与有机基质紧密结合。骨的无机成分提供骨组织的硬度和刚性,而有机成分提供骨的弹性和柔韧性,两者的成分比例受骨所处不同部位、年龄、饮食及疾病等多方面因素影响,其中有机成分约占35%,无机成分约占65%。无机成分主要有羟基磷灰石、阳离子(钙、镁、钠、钾和锶)和阴离子(氢氧化物、磷和氯化物);有机基质由胶原蛋白和糖蛋白构成。

1. 无机成分 在正常人骨中,骨的无机成分(矿物质)主要为钙和磷,类似于合成羟基磷灰石结晶,这些矿物质是骨组织强固的基础。骨是体内重要的矿物质特别是钙的储备库。

2. 水 活骨中水含量相当丰富,约占全部骨重的25%,其中近85%的水分存在于有机基质、胶原纤维和基质周围及包绕骨晶体的水化膜中。另外15%的水位于骨细胞窝和向骨组织输送养分的通道中。

3. 有机成分 骨无机质内嵌于交织排列的蛋白胶原纤维中,这些蛋白胶原即胞外基质的纤维部分。胶原纤维具有一定的柔韧性,因此可以抵抗拉伸,并且具有部分可延展性。胶原约占细胞外基质的90%,占骨干重的25%~30%。作为体内常见的组成成分,胶原也是其他结构的主要纤维成分。

（二）细胞水平

骨骼中有三种类型的细胞：产生有机成分的成骨细胞、产生无机成分的骨细胞及作用于骨吸收的破骨细胞。所有的骨都被一致密纤维膜包绕，即骨外膜，骨外膜的外层含有血管和神经纤维，与哈弗斯管相互连通并深入松质骨，而成骨细胞就来自骨外膜内层的生骨层，它们在骨生长和修复过程中负责生成新骨。在长骨腔内有一层较薄的膜称为骨内膜，覆盖长骨的髓腔，骨内膜含有成骨细胞和巨大多核骨细胞，即破骨细胞，骨细胞则由成骨细胞矿化而来。

（三）组织水平

在显微镜下，构成骨的基本结构单位称为骨单位，即哈弗斯系统，每一个骨单位的中心有一个小管，称为哈弗斯管，内含血管和神经纤维。

1. 骨组织形式 骨的组成形式分为两种：密致骨（或称皮质骨）和松质骨（或称小梁骨）。在成熟骨骼中，密致骨结构按照哈弗斯系统排列，形成外层（皮质），包绕着内层含有骨髓的疏松小梁状松质骨，密致骨构成骨质的80%，包含99%的人体总钙和90%的磷酸盐，松质骨内含有产生血细胞的造血细胞、脂肪和血管。小梁骨储存造血细胞和许多血细胞，其转换速率约为皮质骨的8倍，附肢骨主要由皮质骨构成。皮质骨在长骨的骨干比干骺端和骨骺处厚；而干骺端的血液供应丰富，含有血流缓慢的大血窦。

2. 骨组织的组成 显微镜下观察，骨由编织骨和板层骨组成。编织骨被认为是不成熟的骨，这种骨一般见于胚胎新生儿骨痂和生长骨干垢端，还见于肿瘤、成骨不全症等患者。人出生后1个月开始有板层骨形成，并很快代替编织骨，因此，板层骨是更成熟的骨。

二、骨的生物力学性能

从生物力学角度来讲，骨组织是一种双相复合材料，一相为无机物，另一相为胶原和无定形基质。在这类材料中，当坚固脆性材料嵌入另一种力度较弱但柔润性强的材料中后，复合材料的性能比其中任何一种单纯材料更加坚韧。

从功能上来说，骨最重要的力学性能是它的强度和刚度，研究骨载荷即外加力量影响下的力学特征改变，有助于我们更好地了解骨的强度和刚度，以及其他的力学性能。骨抵抗破坏的能力称为骨的强度，抵抗变形的能力称为骨的刚度。载荷能造成组织结构体形变或尺寸改变，当一个已知方向的力作用于结构体，我们可以测出结构体的形变并绘制出载荷-形变曲线图。通过曲线图可以得到关于结构体的强度、刚度及其他力学性能的信息。

图1-1显示了韧性纤维结构组织（如长骨）的载荷-形变曲线假想图。曲线起始直线部分为弹性区，反映了结构体的弹性，即结构体在载荷取消后恢复到初始状态的能力。当负载时，结构体会发生形变但是这种形变不是永久性的，为弹性形变。载荷取消时，结构体就会恢复到初始状态；载荷持续增加时，结构体最外层某些部位就会发生屈服，屈服点的出现意味着结构体达到了弹性极限；当载荷超过这个极限，结构体就表现出塑性形变，该特征处于曲线的第二部分，即弯曲部分，称为塑性区，在塑性阶段，载荷取消后结构体不能恢复到初始状态，部分残余形变是永久性的。如果载荷持续增加，组织结构将会发生某个部位失效（即骨折），这个现象反映在曲线上就是极限失效点。骨的强度是由曲线下的面积表示，而骨的刚度是由曲线的斜率表示（图1-1）。