

运动生理学

导论

Introduction to Sport Physiology

全国体育学专业研究生系列通识教材
全国高等学校体育教学指导委员会组织编写

邓树勋 陈佩杰 乔德才 主编

北京体育大学出版社

全国体育学专业研究生系列通识教材

全国高等学校体育教学指导委员会组织编写

Introduction to Sport Physiology

运动生理学导论

邓树勋 陈佩杰 乔德才 主编

北京体育大学出版社

策划编辑 李 飞
责任编辑 高云智 徐红旗
审稿编辑 熊西北
封面设计 范璧合
责任印制 陈 莎

图书在版编目(CIP)数据

运动生理学导论 / 邓树勋, 陈佩杰, 乔德才著. — 北京: 北京体育大学出版社, 2007.11

ISBN 978 - 7 - 81100 - 873 - 9

I. 运… II. ①邓… ②陈… ③乔… III. 运动生理 - 生理学 - 研究生 - 教材 IV. G804.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 172183 号

运动生理学导论

出 版 北京体育大学出版社
地 址 北京市海淀区中关村北大街
邮 编 100084
发 行 新华书店总店北京发行所经销
印 刷 北京市集惠印刷有限责任公司
开 本 787 × 960 毫米 1/16
印 张 33
字 数 458 千字

2007 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 81100 - 873 - 9

定 价 49.00 元

全国体育学专业研究生系列通识教材 编写委员会

顾 问：田麦久

主 任：杨贵仁

副主任：季克异

委 员：(按姓氏笔画排序)

邓树勋 毛振明 池 建 乔德才

杨 桦 杨文轩 张力为 李宗浩

陈佩杰 季 浏 周登嵩 姚家新

黄汉升

《运动生理学导论》编写组

主 编：邓树勋 华南师范大学教授
陈佩杰 上海体育学院教授
乔德才 北京师范大学教授

编 者：（按执笔章节先后顺序排列）

邓树勋 华南师范大学教授
乔德才 北京师范大学教授
丁树哲 华东师范大学教授
苏全生 成都体育学院教授
郝选明 华南师范大学教授
张 林 苏州大学教授
陈佩杰 上海体育学院教授
张 勇 天津体育学院教授
何玉秀 河北师范大学教授
王 健 浙江大学教授
刘洪涛 军事医学科学院教授
胡 扬 北京体育大学教授

序

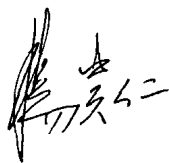
由全国高等学校体育教学指导委员会组织编写的《全国体育学专业研究生系列通识教材》面世出版，这实在是一件可喜可贺的大事。

说它是一件大事，是因为它事关体育专业高素质人才的培养。随着我国教育和体育事业的发展，对体育专业研究生的需求越来越大，提高体育专业高层次人才的培养质量是迫在眉睫的重要任务。为贯彻全国教育工作会议精神，切实保证体育学科研究生的培养质量，全国高等学校体育教学指导委员会组织全国体育学科的知名教授编写了全国第一套体育学研究生通识教材，这对全面提高体育学研究生的综合素质和培养质量，加强和改进体育学研究生教材建设具有重大的现实意义。1995年全国研究生工作座谈会以来，国家和各培养单位相继出台了许多措施，有力地推动了研究生教育工作的改革与发展，较好地适应了国家对高层次人才的需求。与此同时，我们也必须看到，研究生培养工作中还存在着一些尚未解决的难点问题，而且随着形势的发展和改革的深入，又出现了一些较为突出的新问题。研究生招生规模不断扩大，而研究生教育的质量意识尚不强；研究生培养条件的改善相对滞后；研究生导师队伍建设需进一步加强；研究生的教学内容、教学方法及实践能力培养与社会的实际需要还存在较大的差距；研究生教育的质量保证体系亟待建立和完善等。这些问题直接或间接地影响着研究生的培养质量，影响着研究生教育适应社会需要的程度，制约了研究生教育的进一步发展。研究生教育是培养高层次、创新型人才的重要途径。

质量是研究生教育的生命，提高研究生培养质量应当贯穿于研究生教育的始终。编辑和出版这套体育学专业研究生系列通识教材，将对改善体育学研究生培养条件、促进优质教育资源共享和提高体育学专业研究生的培养质量起到积极的推动作用。

说它可喜可贺，是因为它是研究生教材改革的一次有益尝试，是完善研究生教材体系的一个重大突破。它面向所有体育学专业研究生，提供了内容体系较为完整的体育学基础理论知识，适于体育学各专业研究生学习与研读，具有较强的通识性；它紧跟全球体育学理论发展与实践运用的最新进展，吸取了国内外体育学的最新研究成果，具有较强的前瞻性；它包括体育学主干学科，涉及运动训练学、运动心理学、运动生理学、体育科研方法和学校体育学等领域，具有较强的系统性；它坚持理论与实践相结合，紧密联系我国和世界体育运动的生动案例，进行了系统的阐释和经验升华，具有较强的实践性和可读性。因此，可喜可贺也就在情理之中了。

总之，这套体育学专业研究生系列通识教材的问世，必将对体育学专业研究生教学质量的提高，对体育学专业研究生教育的发展，起到一定的促进作用。在此，谨向参加本套教材编写工作的学者表示诚挚的敬意和衷心的感谢！希望这套教材能成为广大体育学专业研究生的良师益友。



教育部体育卫生与艺术教育司司长

2006年10月17日

出版说明

进入 21 世纪，我国高等教育有了很大的发展，作为高等教育一个重要层次的研究生教育近年也发展迅速。在积极发展研究生教育的今天，保证研究生教育质量是高等学校对国家、社会和青年学生应尽的责任。研究生教育质量既是一个学校人才培养质量的标志，也是学校科研水平和创新能力的标志。在研究生教育迅速发展的背景下，提高研究生教育质量更显得重要和迫切。摆在体育院校（系）全体研究生导师和研究生面前的重要问题是如何提高研究生的教育质量，这是衡量研究生教育水平的重要标尺。当代科学技术发展的一个重要特点是学科的交叉渗透，体育科学也不例外。如何引导研究生进入学术前沿，如何引导研究生进行研究创新，如何培养研究生的科学精神，这些都是提高研究生教育质量必须思考的问题。然而，随着我国体育学研究生招生规模的不断扩大和招生专业的增加，特别是知识激增和信息淘汰速度加快，研究生教材体系建设已经不能很好地满足时代发展和教学需求。

2005 年 3 月，教育部体育卫生与艺术教育司专门组织和召开了全国体育学研究生系列通识教材主编会议，具体讨论和部署了编写体育学研究生通识教材的工作任务。由于我国体育学研究生教材建设起步较晚，加之体育界长期以来一直重实践、轻理论，这就造成了体育学研究生教材建设没有形成一个系统的体系，各个学科教材建设之间缺乏整体性、共通性和互补性。因此，大力推进研究生教材体系建设，响应通识教材主编会议精神，提高研究生教育质量，尤其是推出一批既具有鲜明的时代特色、能够反映学科研究前沿和热点，又有很强的实用价值、能够满足不同专业学生需求的研究生通识教材就成为体

育学专业研究生教育领域当前一项亟待解决的迫切任务。

随着研究生教学与课程体系改革工作的推进和深化,为进一步完善人才培养模式以更好地适应社会和经济的快速发展,更快地提高研究生理论水平和实践能力,更科学地评估研究生教学质量,全国高等学校体育教学指导委员会组织全国一流专家编写了这套全国体育学专业研究生系列通识教材。这套研究生系列通识教材将为研究生的成才助一臂之力,《运动生理学导论》就是先期编写的五本通识教材之一。

《运动生理学导论》将为广大研究生读者展现生命科学的基础知识及研究进展,生命科学在体育运动中的实践和应用。全书力求体现“五性”:1. 前沿性:给研究生介绍前沿知识,力求引导研究生了解学术前沿;2. 创新性:力求编写内容、结构、体例的创新,有别于以往的《运动生理学》教材;3. 拓展性:适应当今科学发展交叉渗透的特征,拓宽知识视野;4. 实践性:力求紧密结合当代体育科学的发展,为体育事业服务,处理好知识和能力的关系;5. 可读性:努力提高教材文字水平,既科学严谨又兴趣盎然。

《运动生理学导论》全书分基础运动生理、健身运动生理、竞技运动生理、环境运动生理四个方面,共21章,内容涵盖健身与竞技各领域,将为研究生的学习、研究、健康、工作和生活提供丰富的知识和参考。

《运动生理学导论》作者是来自全国各院校的12名教授,他们都是博士生导师,在各自的研究领域有很高的学术造诣,并有丰富的研究生培养工作经验。本书由华南师范大学邓树勋教授、上海体育学院陈佩杰教授、北京师范大学乔德才教授任主编,具体编写分工是:邓树勋,第一章;乔德才,第二章、第八章;丁树哲,第三章、第十四章;苏全生,第四章;郝选明,第五章、第六章;张林,第七章;陈佩杰,第九章、第十章、第十三章;张勇,第十一章;何玉秀,第十二章、第十七章、第二十一章;王健,第十五章、第十六章;刘洪涛,第十

八章、第二十章；胡扬，第十九章。

本教材的出版发行，首先要感谢全国高等学校体育教学指导委员会领导的悉心指导与帮助，还应感谢北京体育大学领导的大力支持和北京体育大学出版社卓有成效的工作。愿《运动生理学导论》成为体育学专业研究生的良师益友。

由于时间紧迫，本教材疏漏之处在所难免，希望广大师生提出宝贵的意见和建议。

全国体育学专业研究生系列通识教材
《运动生理学导论》编写委员会
二〇〇七年五月

目 录

第一章 运动生理学的研究现状及发展趋向	(1)
一、运动生理学的研究现状	(1)
二、运动生理学的发展历程	(3)
三、运动生理学的发展趋向与展望	(8)
第二章 运动与神经调控	(10)
一、肌肉活动的神经调控	(11)
二、内脏活动与情绪的神经调控	(17)
三、觉醒、睡眠及脑电活动	(21)
四、运动技能形成过程中的神经调控	(26)
第三章 运动与能量代谢	(34)
一、运动能量的来源	(36)
二、运动时肌细胞 NAD^+/NADH 比值与能量代谢	(41)
三、运动与能量代谢的调节机制	(45)
第四章 运动与心肺功能	(55)
一、心脏功能概述	(56)
二、运动时心血管功能的变化	(61)
三、运动心脏	(64)
四、常用心功能无创性检测手段	(68)
五、心血管功能的主要评定指标	(74)
六、呼吸功能与氧的运输	(81)
第五章 运动与内分泌功能	(95)
一、激素对运动的基本反应和适应特征	(96)

二、激素与机体的应急、应激反应	(98)
三、激素对运动过程中能量代谢的调控	(100)
四、激素与运动过程中的体液调节	(102)
五、内分泌轴与运动	(104)
第六章 运动与免疫功能	(109)
一、运动对免疫功能的影响	(110)
二、运动性免疫抑制现象及其机理	(113)
三、运动性免疫低下的调理思路和措施	(119)
第七章 运动与骨代谢	(123)
一、运动与人体骨健康	(124)
二、人体骨密度与体质指标及肌肉功能指标的关系	(128)
三、运动对骨力学性能的影响	(130)
四、肌肉强度对骨强度的影响	(133)
第八章 运动与胃肠功能	(138)
一、胃肠道功能概述	(139)
二、运动对胃肠道的影响	(143)
三、运动性胃肠综合征	(144)
第九章 健康体适能测试与评价	(151)
一、体适能概述	(152)
二、体适能的评价内容分类	(153)
三、心肺机能	(155)
四、身体成分	(160)
五、肌肉力量与肌肉耐力	(169)
六、柔韧性和腰背部功能	(171)
第十章 健身运动处方	(177)
一、健身运动概述	(178)
二、健身运动处方的制订	(180)
三、健身运动处方实例介绍	(189)
四、健身运动器械	(196)

五、特殊人群的健身运动处方	(197)
第十一章 运动不足相关疾病及运动处方	(203)
一、运动不足相关疾病	(204)
二、遗传、环境因素与运动不足相关 疾病及推荐的运动处方	(215)
第十二章 体重、体成分及其控制	(232)
一、体重与体成分	(233)
二、普通人超重和肥胖的控制	(250)
三、运动员体重与体成分的控制	(260)
第十三章 压力与身心健康	(268)
一、应激的概念	(268)
二、应激反应的过程	(270)
三、应激与健康	(274)
四、应激与疾病	(280)
五、压力管理与身体活动	(280)
六、运动行为的促进与加强	(286)
第十四章 运动训练的生理学基础	(296)
一、运动训练的生理学分析	(298)
二、运动员科学选材	(305)
三、运动训练的生理学机制研究进展	(309)
第十五章 运动性肌肉疲劳	(315)
一、运动性肌肉疲劳及其检测	(316)
二、运动性肌肉疲劳的生理机制	(323)
第十六章 人体运动能力的检测与评价	(343)
一、肌肉适能	(344)
二、有氧运动能力	(350)
三、无氧运动能力	(366)
第十七章 运动训练的年龄、性别特征	(381)
一、生长发育与运动训练	(382)



二、女子的运动训练	(398)
第十八章 热环境运动生理	(407)
一、热环境与热平衡	(408)
二、热适应与热习服	(413)
三、热环境运动的水平衡	(417)
四、热环境运动与热损伤	(425)
第十九章 运动员低氧训练	(428)
一、低氧训练的定义及分类	(429)
二、“高住低训”的研究与应用	(430)
三、“低住高练”的研究与应用	(438)
四、“高住高练低训”的研究与应用	(445)
五、“间歇性低氧训练”的研究与应用	(450)
第二十章 失重环境运动生理	(452)
一、失重环境概述	(453)
二、失重环境对人体的影响	(454)
三、失重环境与运动	(458)
第二十一章 水环境中运动的生理学问题	(462)
一、水环境中主要竞技及健身娱乐项目概述	(463)
二、水环境中运动的共性问题	(466)
三、水环境中运动的能量代谢	(468)
四、水环境中运动的体温调节	(472)
五、游泳运动中氧运输系统功能变化及调节	(474)
六、潜水运动应注意的问题	(478)
七、水中健身体操的益处及注意事项	(483)
主要参考文献	(487)

第一章 运动生理学的研究现状及发展趋向

运动生理学是人体生理学中一个十分年轻的学科分支，属于应用生理学范畴，是人们从事健身锻炼、体育教学和运动训练的重要科学基础。它主要研究人体急性运动的反应和适应以及长期运动训练所引起的机体形态结构和机能变化的规律，其研究成果直接为运动实践服务。运动生理学通常与运动生物化学、运动生物力学、运动解剖学、运动医学、运动训练学相互配合，对人体的运动进行综合而系统的研究。运动生理学派生出的另外一个分支——竞技运动生理学，则更进一步把运动生理学的相关规律运用于提高运动员训练水平和运动能力的生理学研究，把运动生理学应用于解决竞技运动的相关问题。

一、运动生理学的研究现状

21 世纪是生命科学的世纪。从上世纪末到本世纪初，随着生命科学的发展，运动生理学无论在基础研究还是在应用研究上都有很大进展。分子生物学作为当代生命科学的生长点，推动运动生理学进入了新的研究阶段，运动生理学的基础研究日渐深入，如细胞凋亡、基因工程、运动免疫、激光运动医学、生物芯片等一大批新的研究成果问世。与此同时，运动生理学的应用研究也在不断加强，如高住低训（HiLo）和高住高练低训（HiHiLo）的研究、运动性疲劳的研究、肥胖及体重控制、营养与训练监控、体质监测及评价、体适能与运动处方等众多成果，这些



都直接服务于运动训练及大众健康。

（一）运动生理学的基础研究

19世纪细胞学说等的建立促使生理学研究开始进入全盛时期；20世纪中叶，沃森（J. D. Watson）和克里克（F. H. C. Crick）发现了DNA双螺旋结构是生物学步入分子生物学时代的标志；20世纪70年代出现的DNA的重组和转化以及聚合酶链反应等基因工程技术极大地加速和拓展了分子生物学的发展。虽然运动生理学在历史的长河中十分年轻，但分子细胞生物学许多前沿的技术手段都已经逐渐渗透到运动生理学的研究领域，与生物化学、分子生物学、生物物理学、免疫学、细胞与遗传学等学科形成学科交叉，从细胞和分子水平上探讨运动对人体功能活动影响的本质问题，从而促使现代运动生理学从细胞水平向分子水平深入发展。随着医学理论、生物技术和仪器设备的发展，运动生理学的基础研究已从整体、系统与器官水平深入到细胞、亚细胞水平与分子水平，对运动训练的适应性展开了广泛的研究。近年来，随着基因重组与克隆等分子生物学理论与技术的发展，运动生理学的研究又从细胞、亚细胞研究深入到分子与基因水平的研究。例如，通过克隆与运动能力有关的候选基因序列制作成基因芯片，建立候选基因特征数据库，从而很好地解决了优秀运动员的早期选材问题，并从分子水平揭示出人类运动能力遗传特征的生物学机制。目前，生物体内蛋白质翻译后修饰及其生物学功能、核染色质结构与基因调控、细胞凋亡及细胞异常增生和分化、细胞信号转导等已成为运动生理学基础研究的前沿和热点。

（二）运动生理学的应用研究

当代运动生理学基础研究与应用研究交融并举，研究成果直接应用于运动实践。未来竞技运动赛场上的较量更多的是借助高科技，先进仪器的研制、开发以及科技创新的辅助训练手段等来实现运动员的体能及技术突破。研究内容集中在提高运动成绩，重点解决运动员在训练和比



赛中存在的实际问题等方面。除此以外，人们对大众健康的关注也促使运动生理学加强对健康方面的研究。在与生活方式有关的心脏病、高血压、糖尿病等慢性病发病率日渐上升的情况下，为增强国民体质，运动生理学对于群众体育和国民体质的研究日益深入，各地相继开展了大众健身运动研究，如针对不同人群及个体进行科学健身指导的健身运动处方研究，运动与肥胖、糖尿病的防治研究，运动与心脏微损伤机制的研究，不同运动处方对血脂异常的调节作用的研究，运动与延缓衰老的研究等等。所有这些研究分别从不同角度探索了运动健身的理论基础，为大众运动健身实践提供了科学指导。运动生理学研究前沿和热点紧跟医学前沿和热点，运动疗法也广泛应用于竞技运动和大众健身的保健、康复、疾病预防和治疗等方面。例如，运动与体重控制，糖尿病与骨质疏松症的预防和治疗，激光治疗运动软组织损伤及延迟性肌肉酸痛等症状，各年龄段正常受试者、疾病高危人群、各种慢性病人的健康体适能和疾病预防以及健康促进的研究等。另外，为弘扬祖国传统中医中药文化，在创建具有中华民族特色的运动生理学方面也进行了大量研究，如使用传统中医药调理运动员的体液免疫功能；针刺镇痛与运动疲劳损伤机制；激光运动医学研究；体育锻炼健身防病治病机理的研究；运动性疲劳的中医诊断与中医药恢复研究、中药补剂等。

随着竞技运动的发展，人类对健康与延缓衰老的追求、各种疾病的预防与治疗以及生命质量的提高越来越成为社会关注的焦点，从而促进了运动生理学基础研究与应用并举的整合运动生理学的日趋成熟。

二、运动生理学的发展历程

(一) 国外运动生理学的发展

运动生理学源于人体解剖学与人体生理学，其发展可追溯至遥远的古希腊罗马时代。16世纪，解剖学奠基人比利时医生安德烈·维萨里（Andreas Vesalius，1514~1564）出版了具有划时代意义的医学巨著——