



普通高等学校体育类“十二五”规划系列
河南省高等学校体育教学指导委员会审定

◎ 总主编 林克明

运动生理学

SPORTS PHYSIOLOGY

◎ 主 编 牛英鹏 张 慧 张 蕾



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社



普通高等学校体育类“十二五”规划系列

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| ☐ 大学体育文化学 | ☐ 武术 |
| ☐ 运动生理学 | ☐ 田径 |
| ☐ 运动解剖学 | ☐ 体操 |
| ☐ 体育保健学 | ☐ 健美操 |
| ☐ 体育概论 | ☐ 体育舞蹈 |
| ☐ 学校体育学 | ☐ 篮球 |
| ☐ 体育社会学 | ☐ 足球 |
| ☐ 运动心理学 | ☐ 排球 |
| ☐ 运动训练学 | ☐ 乒乓球 |
| ☐ 体育统计学 | ☐ 网球 |
| ☐ 体育经济学 | |
| ☐ 体育测量与评价 | |
| ☐ 体育科研方法 | |
| ☐ 体育史 | |

ISBN 978-7-308-12565-9



定价：38.50元

运动生理学

主 编 牛英鹏 张 慧 张 蕾



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

运动生理学/牛英鹏,张慧,张蕾主编. —杭州:浙江大学出版社,2013.12

ISBN 978-7-308-12565-9

I. ①运… II. ①牛… ②张… ③张… III. ①运动生理学—教材 IV. ①G804.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第282139号

运动生理学

牛英鹏 张 慧 张 蕾 主 编

责任编辑 邹小宁

文字编辑 李媛媛

封面设计 王聪聪

出 版 浙江大学出版社

(杭州市天目山路148号 邮政编码 310007)

(网址:<http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州教联文化发展有限公司

印 刷 杭州嘉业印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 24.5

字 数 581千

版 印 次 2013年12月第1版 2013年12月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-12565-9

定 价 38.50元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

体育系列教材编委会名单

编委会主任 林克明

编委会委员 (以姓氏笔画排序)

马 明	牛英鹏	王 松
王 斌	王小美	冯 云
冯 瑞	刘亚云	刘笑舫
汤长发	何祖新	张振东
李 红	李 静	李雅楠
杨 军	杨 剑	杨建国
杨杰夫	肖 丰	周 杰
周 勇	周明华	罗小兵
施文海	洪 浩	洪国梁
赵子建	赵宗跃	栗胜夫
寇建民	崔东霞	童建国
董翠香	覃 林	翟 林

编写组成员

牛英鹏	教授	河南大学体育学院
张 慧	副教授	河南大学体育学院
张 蕾	副教授	郑州大学体育系
李 敏	副教授	商丘师范学院体育学院
高晓娟	博士	郑州大学体育系
王冠栋	讲师	河南大学体育学院

总 序

全国普通高等学校体育教育本科专业课程的教材,即是体育教育专业课程讲授的内容材料和依据,又是学生掌握知识、技术、信息的载体和标准。在复合型体育教育专业人才的教育、教学、训练和竞赛培养过程中,具有不可估量,十分重要的作用。

根据教育部办公厅颁发的《全国普通高等学校体育教育本科专业课程方案》和《普通高等学校体育教育本科专业各类主干课程教学指导纲要》文件精神要求,体育专业技术、技能和体育基础理论发展的现状,体育教育专业学科建设的发展趋势以及各校体育专业教师和学生需求,丛书编委组组织了全国部分高校体育专业教师 and 教学科研人员,编著了本系列的教材。

在本套教材编写过程中,编者始终注意、遵循以下要求:

1. 编写的主要依据

根据教材编写要坚持科学性、知识性、教育性、综合性、多元性、指导性和个性化等要求,编写本套体育专业教材。

2. 编写的主要原则

根据“健康第一”的指导思想和全面实施“全民健身计划纲要”的需要,以及进一步拓宽培养口径,拓宽学生的知识面,同时也增强学生选课的灵活性,调动学生学习的积极性和主动性,提高其社会适应能力。编写过程中编者始终坚持“以人为本”、“健康第一”、“知识新颖”、“彰显应用”、“传承创新”、“民族特色”、“科学现代”、“课内外相结合”、“注重体育文化与技术实践并举”等原则。

3. 编写的主要特点

第一,弘扬“以人为本、健康第一”的主旋律,坚持“全面推进素质教育”的观点。

第二,坚持“科学性、前沿性”的指导思想,努力在教材中吸取和反应出近期体育学的重要科学研究成果。

第三,突出“内容丰富、因材施教、个性发展、适应性强”的特色。考虑到体育专业学生的文化层次、身体状况和思维认知等现实状况,突出知识性、趣味性、可读性和应用性等特点,充分给予体育专业学生更大的学习弹性和选择的余地。

本书在编写、审稿、定稿过程中,有幸得到河南省学生体育总会高校体育协会分会、郑州大学和浙江大学出版社的大力支持与帮助,得到有关领导的亲切关怀与指导,在此一并表示衷心感谢。

由于时间仓促,加上编者水平及经验有限,书中难免仍有不妥和错误之处,敬请读者批评指正。

林克明

2013年6月于郑州大学

前 言

运动生理学是体育院系各专业本科生专业基础课程,涉及学生教学、训练、工作、考研等基本能力的培养。本书的编写以重点突出、简洁实用为指导思想,注重基本知识、基本概念、基本理论的科学性及其在体育实践中的应用性,内容上尽量避免和体育保健学、运动生物化学等课程的交叉重复。

本书包括了14章内容,前8章以人体各器官、系统的生理特性为主,介绍了人体各细胞、器官和系统的功能,各器官、系统之间的相互协调以及运动等内外环境变化时机体的反应、适应过程、规律和机理。后6章以实践为重点,系统地介绍了运动生理学相关知识在体育健身、运动训练和体育教学中的应用,突出了运动生理学的理论与方法在运动实践中的应用,为体育教学、运动训练和体育健身提供理论依据和方法指导。

在编写过程中,运用辩证唯物主义观点阐述运动生理学的基本规律,内容在涵盖教育部本科专业规范所要求知识点的同时,结合学科发展、教学需要、学生实际需求和接受能力等因素,选择、调整内容和确定、完善重点,更加注重基础知识、基本概念、基本理论的完善和系统性,充实了运动生理学新的研究成果与内容,突出了运动生理学的理论与方法的应用,以适应当今全民健身、运动训练和体育教学等对运动生理学理论和方法的迫切需要,全面体现创新性、可读性和实用性的特点。

本书由河南大学体育学院主持编写,参加编写的人员如下(按姓氏笔画为序):王冠栋(第十一章、第十四章)、李敏(第三章第一节至第四节、第六章、第八章、第十二章)、牛英鹏(绪论)、高晓娟(第四章、第五章、第十三章)、张慧(第一章、第三章第五节、第九章)、张蕾(第二章、第七章、第十章)。

本书既是体育专业本科生的教材,也可作为体育专业研究生的参考教材和体育工作者的参考用书。本书在编写过程中得到了河南大学、郑州大学、商丘师范学院等单位的相关专家及有关人员的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

书中难免有不当或错误之处,在此恳请广大同仁及读者不吝批评指正为盼。

《运动生理学》教材编写组
2013年7月于开封

前 言

运动生理学是体育院系各专业本科生专业基础课程,涉及学生教学、训练、工作、考研等基本能力的培养。本书的编写以重点突出、简洁实用为指导思想,注重基本知识、基本概念、基本理论的科学性及其在体育实践中的应用性,内容上尽量避免和体育保健学、运动生物化学等课程的交叉重复。

本书包括了14章内容,前8章以人体各器官、系统的生理特性为主,介绍了人体各细胞、器官和系统的功能,各器官、系统之间的相互协调以及运动等内外环境变化时机体的反应、适应过程、规律和机理。后6章以实践为重点,系统地介绍了运动生理学相关知识在体育健身、运动训练和体育教学中的应用,突出了运动生理学的理论与方法在运动实践中的应用,为体育教学、运动训练和体育健身提供理论依据和方法指导。

在编写过程中,运用辩证唯物主义观点阐述运动生理学的基本规律,内容在涵盖教育部本科专业规范所要求知识点的同时,结合学科发展、教学需要、学生实际需求和接受能力等因素,选择、调整内容和确定、完善重点,更加注重基础知识、基本概念、基本理论的完善和系统性,充实了运动生理学新的研究成果与内容,突出了运动生理学的理论与方法的应用,以适应当今全民健身、运动训练和体育教学等对运动生理学理论和方法的迫切需要,全面体现创新性、可读性和实用性的特点。

本书由河南大学体育学院主持编写,参加编写的人员如下(按姓氏笔画为序):王冠栋(第十一章、第十四章)、李敏(第三章第一节至第四节、第六章、第八章、第十二章)、牛英鹏(绪论)、高晓娟(第四章、第五章、第十三章)、张慧(第一章、第三章第五节、第九章)、张蕾(第二章、第七章、第十章)。

本书既是体育专业本科生的教材,也可作为体育专业研究生的参考教材和体育工作者的参考用书。本书在编写过程中得到了河南大学、郑州大学、商丘师范学院等单位的相关专家及有关人员的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

书中难免有不当或错误之处,在此恳请广大同仁及读者不吝批评指正为盼。

《运动生理学》教材编写组
2013年7月于开封

目 录

绪 论	001
第一节 运动生理学概述	001
第二节 生命活动的基本特征	003
第三节 人体生理机能的维持与调节	005
第四节 运动生理学的发展历史与研究现状	008
第一章 骨骼肌机能	012
第一节 骨骼肌超微结构及特性	013
第二节 组织细胞的生物电现象及应用	018
第三节 骨骼肌收缩与分析	026
第四节 骨骼肌纤维类型与运动	035
第二章 血液与循环机能	044
第一节 概述	044
第二节 运动对血液的影响	052
第三节 循环机能	065
第四节 运动对心血管循环系统的影响	090
第三章 呼吸机能	104
第一节 肺通气 and 换气机能	105
第二节 气体运输	111
第三节 呼吸运动的调节	116
第四节 运动对呼吸机能的影响	120
第五节 有氧和无氧工作能力	124
第四章 代谢机能	136
第一节 物质代谢	137
第二节 能量代谢	144
第三节 体温	149
第五章 肾脏机能	155
第一节 概述	155
第二节 肾脏的泌尿机能	159
第三节 肾脏的调节机能	164

第四节 运动对肾脏机能的影响	167
第六章 内分泌机能	172
第一节 概述	173
第二节 主要内分泌腺及内分泌机能	178
第三节 运动与内分泌功能轴	184
第四节 运动对内分泌机能的影响	186
第七章 感觉器官与神经系统机能	193
第一节 感觉器官	194
第二节 肌肉运动的神经调控	205
第三节 脑的高级功能	214
第八章 运动技能	219
第一节 运动技能的概念、分类和生理学原理	220
第二节 运动技能形成过程与教学	223
第三节 影响运动技能形成与发展的因素	225
第九章 身体素质及训练、评价	232
第一节 力量素质及训练、评价	233
第二节 速度素质	241
第三节 耐力素质及训练、评价	244
第四节 灵敏、柔韧素质及平衡、协调能力的训练、评价	247
第十章 运动过程中人体机能变化规律	256
第一节 赛前状态与准备活动	257
第二节 进入工作状态与稳定工作状态	260
第三节 运动性疲劳	265
第四节 恢复过程	275
第十一章 运动训练的生理学原理	283
第一节 运动训练的生理学本质	284
第二节 运动训练原则的生理学分析	286
第三节 运动训练的生理监控	295
第四节 运动机能的生理学评定	300
第五节 过度训练	307
第六节 停训与恢复训练	312
第十二章 年龄、性别与体育运动	315
第一节 儿童少年的生理特点与运动	316
第二节 老年人的生理特点与体育锻炼	323

第三节 女性的生理特点与运动	328
第十三章 特殊环境与体育运动	334
第一节 高原环境与体育运动	335
第二节 冷热环境与体育运动	342
第三节 水环境与体育运动	349
第四节 低氧训练	351
第十四章 运动项目的生理学分析	356
第一节 田径运动的生理特点	356
第二节 体操运动的生理特点	360
第三节 球类运动	362
第四节 游泳	364
第五节 重竞技运动	366
第六节 武术	369
第七节 自行车运动	371
第八节 冰雪运动	372
参考文献	375

绪 论

内 容 提 要

本章论述了运动生理学的概念、研究对象和任务;介绍了生命活动的基本特征、人体生理机能的维持与调节等基本的生理学内容;同时也对运动生理学的发展历史与研究现状进行了论述。

◎ 主 要 概 念

运动生理学(exercise physiology):人体生理学的一个分支,是研究人体运动能力的生理学基础和人体对运动的反应与适应过程的科学。

新陈代谢(metabolism):生物体的最基本的生命活动过程,指生物体与周围环境之间不断进行的物质交换和能量转移的过程。

兴奋性(excitability):指在生物体内可兴奋组织具有感受刺激、产生兴奋的特性。

应激性(irritability):指机体或一切活体组织对周围环境变化具有发生反应的能力或特性。

适应性(adaptability):生物体长期生存在某一特定的生活环境中,在客观环境的影响下可以逐渐形成一种与环境相适应的、适合自身生存的反应模式。生物体所具有的这种适应环境的能力称之为适应性。

神经调节(neuroregulation):指在神经活动的直接参与下所实现的生理机能调节过程,是人体最重要的调节方式。

体液调节(humoral regulation):指人体血液和其他体液中的某些化学物质通过体液的运输至相应部位以调节机体生理功能的调节方式。

第一节 运动生理学概述

一、运动生理学的概念、研究对象和任务

生理学(physiology)是生命科学(life science)的重要组成部分,是研究生物体各组

成部分的功能特征及实现其功能的内在机制的科学。依据研究对象,生理学可分为细胞生理学、植物生理学、动物生理学、人体生理学等。

人体生理学(human physiology)是一门研究人体生命活动现象和规律的科学。主要研究正常状态下,人体内各细胞、组织、器官和系统的功能及其调节,研究人体对外界环境变化产生适应的过程、规律和机理。

运动生理学(exercise physiology)是人体生理学的一个分支,是研究人体运动能力的生理学基础和人体对运动的反应与适应过程的科学。主要研究运动过程中人体各器官、系统的机能变化和它们协同工作的能力和机理,研究人体的形态和机能对运动产生的适应性变化及其对运动能力影响的规律和机理。

运动生理学的任务:(1)认识人体生命活动的基本规律。(2)揭示体育运动对人体机能影响的规律及机理。(3)阐明运动训练、体育教学和运动健身过程中的生理学原理。(4)指导不同年龄、性别和训练水平的人群进行科学的运动训练和体育锻炼,以达到提高竞技运动水平、增强体质、延缓衰老、提高工作效率和生活质量的目的。

二、运动生理学研究的基本方法与水平

(一)运动生理学研究的基本方法

运动生理学研究的基本方法是实验研究法。通过实验观察和分析人体在运动过程中机能活动的变化过程及其因果关系。

1. 动物实验法

从生物进化的角度看,人同哺乳动物有许多结构和功能相似之处。因此,可用动物实验的研究结果间接地探讨人体的生理功能变化及其机制。

动物实验可分为慢性实验和急性实验。慢性动物实验是指在完整、清醒、健康的动物体上进行各种生理实验研究的方法,如摘除或破坏动物的某个器官,以观察其生理功能及活动规律。急性动物实验又可分为在体实验和离体实验两种。在体实验是指在麻醉或破坏神经中枢高级部位的条件下,解剖动物并对某个器官的功能进行观察。离体实验是指从活的或刚被处死的动物体内摘取器官、组织或细胞,置于人工控制的实验环境中,测试其组成成分变化或观察其生理功能。

生理学和运动生理学的知识大部分是从动物实验中获得的。动物实验是研究生理学和运动生理学不可缺少的手段。但是应用动物实验所得结论时,应充分考虑人和动物之间的差异,不可简单地生搬硬套。

2. 人体实验法

运动生理学中的人体实验法分为实验室测试法和运动现场测试法。

实验室测试法是指让受试者在实验室按照根据一定的研究目的而设计的运动方案进行运动(如在跑台、功率自行车和各种力量练习器上进行运动),利用各种仪器设备测试运动员在运动过程中的各种生理指标变化,以了解不同强度和形式的运动对人体某些生理机能的影响。这种研究方法的优势在于能准确控制实验的条件,实验结果具有可重复性。

运动现场测试法是指在运动现场直接监测运动员运动前、运动中或运动后的恢复

过程中某些生理机能变化,借以了解不同运动项目的生理特点,或不同人群在完成同一运动项目时的生理反应。例如,用心率遥测仪测定运动时运动员的心率变化,就是典型的运动现场测试法。这种方法的特点是符合运动的实际情况,但在运动实践中往往因难度较大、测试条件多变而不易控制。因此,运动现场测试法在运动生理学研究中往往受到实验条件的限制。

(二)运动生理学的研究水平

根据研究任务和实验对象的不同,运动生理学可分为三个层次的研究:整体水平,器官和系统水平、细胞、分子水平。

1. 整体水平研究

整体水平研究是指从宏观的角度研究人体在一定的环境条件下运动时的机能变化,人体各器官、系统之间的相互关系以及人体各器官、系统对运动的适应过程。例如,研究人体运动时心血管系统的机能、呼吸系统的机能、内分泌机能、物质和能量代谢、肌肉组织利用氧能力等的变化,以及它们对运动的适应等都属于整体水平的研究。

2. 器官、系统水平研究

器官、系统水平研究是指研究每个器官、系统在运动中的机能有何变化,受哪些因素制约,以及这种变化对运动中的整体机能变化将产生什么影响等。例如,在运动中,心血管系统的机能会发生较大的变化,表现为心率、血压、心输出量升高。探讨引起这些指标升高的因素及变化特点的研究就是器官、系统水平研究。

3. 细胞、分子水平研究

器官是由一些具有特殊功能的细胞群所组成。各器官、系统的生理机能取决于这些细胞群。而每个细胞的生理功能又依赖于构成细胞的生物分子。细胞、分子水平的研究主要是从微观的角度研究运动时细胞内各亚微结构的机能,以及各生物分子的特殊理化变化过程。目前,研究大负荷后骨骼肌超微结构变化,收缩蛋白和骨架蛋白的组成变化,以及线粒体、生物膜、酶系统等功能变化以及基因的多态性等,均属于细胞、分子水平的研究。

在运动生理学研究中,宏观研究对微观研究具有指导作用,同时微观研究的结果可为宏观研究提供理论依据,两者相辅助相成,不可偏废。

第二节 生命活动的基本特征

生物体的生命现象主要表现为以下五个方面的基本特征,即:新陈代谢、兴奋性、应激性、适应性和生殖。

一、新陈代谢

新陈代谢(metabolism)是生物体的最基本的生命活动。生物体与周围环境之间不断进行的物质交换和能量转移的过程,称为新陈代谢。新陈代谢包括同化作用和异化

作用两个过程。生物体不断地从体外环境中摄取营养的物质,使其合成、转化为机体自身物质的过程称为同化作用(assimilation),也称合成代谢(synthesis);生物体不断地将自身的物质进行分解,将分解的产物排出体外,同时释放出能量供应机体生命活动需要的过程称为异化作用(dissimilation),也称分解代谢(catabolism)。在新陈代谢过程中,物质合成时,即在同化作用中需要吸收能量;而在物质分解时,即在异化作用中释放出能量。因此,生物体的物质代谢(material metabolism)必然伴随着能量代谢(energy metabolism)。生物体通过同化和异化作用实现细胞的分裂、分化和机体的生长发育并不断地自我更新。新陈代谢是生命活动的最基本特征,新陈代谢一旦停止,生物体的生命活动也就结束。

二、兴奋性

机体所处的环境是经常变化的,在正常情况下,机体可感受外界环境变化的刺激并做出适当的反应。

在生物体内可兴奋组织具有感受刺激、产生兴奋的特性称为兴奋性(excitability)。能引起可兴奋组织产生兴奋的各种环境变化称为刺激(stimulus)。神经、肌肉和腺体等组织受刺激后,能迅速地产生可传布的动作电位,即发生兴奋,这些组织被称为可兴奋组织。在生理学中将这此可兴奋组织接受刺激后所产生的生物电反应过程及表现称为兴奋(excitation)。因此,可兴奋组织感受刺激产生兴奋能力的高低反映了该组织兴奋性的高低。

可兴奋组织有两种基本的生理活动过程:一种是由相对静止状态转变为活动状态,或是兴奋性由弱变强,这种活动是兴奋活动;另一种是由活动状态转变为相对静止状态,或是兴奋性由强变弱,这种活动是抑制(inhibition)活动。人体的各种生理功能活动,既有兴奋性活动也有抑制性活动,两者既对抗又协调,并可相互转化。兴奋和抑制是对立统一的生理活动过程。

三、应激性

人体内各种组织对外界环境变化(刺激)具有不同的反应,可兴奋组织受到刺激后可产生兴奋,如肌肉表现为收缩,腺体表现为分泌,神经的反应则表现为产生并传导神经冲动。而其他组织,如上皮、骨骼等,它们不属于可兴奋组织,受到刺激后不能产生兴奋,但可引起细胞代谢发生改变等变化。这种细胞代谢等方面的变化也是一种反应。机体或一切活体组织对周围环境变化具有发生反应的能力或特性称为应激性(irritability)。活组织应激性的表现形式是多方面的,既可以是生物电活动,也可以是细胞的代谢变化。而兴奋性则只是指可兴奋组织受到刺激后发生生物电变化的过程。因此,具有兴奋性的组织必然具有应激性,而非可兴奋组织只有应激性没有兴奋性。

四、适应性

生物体长期生存在某一特定的生活环境中,在客观环境的影响下可以逐渐形成一种与环境相适应的、适合自身生存的反应模式。生物体所具有的这种适应环境的能力

称为适应性(adaptability)。例如,长期居住在高原地区的居民,其血液中的红细胞数量远远超过平原地区的居民。这种适应性反应对高原居民是十分必要的,因为血中红细胞数量的增多大大提高了血液运输氧的能力,从而有效地克服了高原缺氧给人体带来的不良影响,创造了适应客观环境而生存的条件。再如,运动员经过长期的力量训练可使肌肉的力量和体积增加,经过长期耐力训练可使肌肉耐力、心肺功能得到改善等,这些都是人体对环境变化产生适应的结果。

五、生殖

生物的生命是有限的,必须通过生殖(reproduction)保持稳定的遗传,维持物种的界限和实现生命的延续。人体发育到青春期,男性和女性发育成熟的生殖细胞在适宜的环境中结合时,可孕育出与他们相似的子代,这一生理过程称为生殖。因此,生殖是生命的基本活动之一。但是,近几年由于生物技术的发展,可通过无性生殖即克隆技术使生命得到复制,传统的生殖理论和观念受到挑战。

第三节 人体生理机能的维持与调节

一、内环境及其稳态

细胞是人体结构和功能的基本单位。构成人体各组织的细胞均生存于细胞外液之中,与外界环境不发生直接接触。细胞新陈代谢所需的养料由细胞外液提供,其代谢产物也排到细胞外液中,通过细胞外液再与外环境发生物质交换。因此,细胞外液被称为机体的内环境(internal environment),以别于整个机体所生存的外环境。

内环境各项理化因素在一定范围内的相对稳定,是维持细胞正常机能的前提。事实上,机体内环境的理化性质不是绝对静止不变的,而是在各种物质的不断交换、转变中维持着相对的平衡状态,即动态平衡状态。这种平衡状态称为稳态(homeostasis)。在运动过程中,人体的内环境可由某些代谢产物的陡增而发生急剧变化,外环境的强烈变化也可影响内环境的稳态。为此,机体的神经、内分泌、血液循环、呼吸、消化和排泄等系统的生理功能必须不断地进行调节,使内环境处于相对的稳定状态。整个机体的生命活动在这种相对稳定的状态下才得以顺利进行。

二、生理机能的调节

机体与外界环境之间保持相互联系和影响,人体对内外环境变化能产生适应性反应,正是因为人体具有十分完善的调控机制对各种生理功能进行相应调节的结果。人体各种生理机能的调节是通过神经调节、体液调节、自身调节和生物节律四种途径实现的。

(一)神经调节

神经调节(neuroregulation)是指在神经活动的直接参与下所实现的生理机能调节过