



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
普通高等学校体育教育专业主干课教材
全国高等学校体育教学指导委员会审定

SPORTS

运动生理学

(第二版)

邓树勋 王健 乔德才 主编

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
普通高等学校体育教育专业主干课教材
全国高等学校体育教学指导委员会审定

运动生理学

(第二版)

邓树勋 王 健 乔德才 主编

高等教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

运动生理学 / 邓树勋, 王健, 乔德才主编. —2 版. —北京: 高等教育出版社, 2009. 6
ISBN 978 - 7 - 04 - 026724 - 2

I. 运… II. ①邓…②王…③乔… III. 运动生理 - 生理学 - 高等学校 - 教材 IV. G804. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 090011 号

策划编辑 傅雪林 责任编辑 傅雪林 封面设计 刘晓翔
版式设计 马敬茹 责任校对 金辉 责任印制 宋克学

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010 - 58581000

购书热线 010 - 58581118
咨询电话 400 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 高等教育出版社印刷厂

网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787 × 960 1/16
印 张 23.75
字 数 440 000

版 次 2005 年 7 月第 1 版
2009 年 6 月第 2 版
印 次 2009 年 6 月第 1 次印刷
定 价 32.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 26724 - 00

编委名单

主 编 邓树勋 (华南师范大学教授)

王 健 (浙江大学教授)

乔德才 (北京师范大学教授)

副主编 张 勇 (天津体育学院教授)

何玉秀 (河北师范大学教授)

郝选明 (华南师范大学教授)

刘善云 (天津体育学院教授)

黄玉山 (华南师范大学教授)

成 员 (以姓氏笔画为序)

王凤阳 (河北师范大学教授)

王竹影 (南京师范大学教授)

王维群 (苏州大学教授)

卢昌亚 (上海师范大学教授)

刘洪珍 (曲阜师范大学教授)

汤长发 (湖南师范大学教授)

吴纪饶 (江西师范大学教授)

肖国强 (华南师范大学教授)

林 华 (辽宁师范大学教授)

房冬梅 (徐州师范大学教授)

洪 峰 (首都体育学院副教授)

郭层城 (西北师范大学教授)

郭 红 (华南师范大学教授)

胡柏平 (陕西师范大学教授)

胡 扬 (北京体育大学教授)

党晓云 (河南师范大学副教授)

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 运动生理学基础

第一章 运动的能量代谢	11
-------------	----

第一节 生物能量学概要	11
-------------	----

第二节 运动状态下的能量代谢	24
----------------	----

第二章 肌肉活动	31
----------	----

第一节 肌肉的特性	31
-----------	----

第二节 肌肉收缩与舒张原理	35
---------------	----

第三节 肌肉的收缩形式与力学特征	40
------------------	----

第四节 肌纤维类型与运动能力	45
----------------	----

第五节 肌电图	49
---------	----

第三章 躯体运动的神经控制	53
---------------	----

第一节 神经系统基本组件的一般功能	53
-------------------	----

第二节 神经系统的感觉分析功能	62
-----------------	----

第三节 躯体运动的脊髓和脑干调控	68
------------------	----

第四节 高位中枢对躯体运动的调控	74
------------------	----

第四章 运动与内分泌	80
------------	----

第一节 概述	80
--------	----

第二节 主要内分泌腺的内分泌功能	83
------------------	----

第三节 激素对运动的反应、适应与调节	91
--------------------	----

第五章 血液	98
--------	----

第一节 血液的组成与特性	98
--------------	----

第二节 血液的功能	102
-----------	-----

第三节 运动对血液成分的影响	108
----------------	-----

第六章 呼吸	112
第一节 肺通气	113
第二节 气体的交换	119
第三节 呼吸运动的调节	121
第七章 血液循环	124
第一节 心脏生理	124
第二节 血管生理	132
第三节 心血管活动的调节	136
第四节 运动训练对心血管功能的影响	140
第八章 运动与免疫	143
第一节 免疫学的基本知识和理论	143
第二节 身体运动对免疫机能的影响	148
第三节 运动免疫调理	149
第九章 酸碱平衡	152
第一节 酸碱物质	152
第二节 酸碱平衡的调节	154
第三节 运动时机体酸碱平衡的调节	163
第二篇 竞技运动生理学	
第十章 肌肉力量	171
第一节 肌肉力量的生理学基础	171
第二节 肌肉力量的训练	176
第三节 肌肉力量的检测与评价	180
第十一章 有氧工作能力	184
第一节 有氧耐力的生理学基础	184
第二节 有氧耐力的训练	191
第三节 有氧耐力的检测及其评定	197
第十二章 速度和无氧耐力	200
第一节 速度	200
第二节 无氧耐力	207

第十三章 平衡、灵敏与柔韧	213
第一节 平衡	213
第二节 灵敏	218
第三节 柔韧	221
第十四章 运动过程中人体机能状态的变化	227
第一节 赛前状态	227
第二节 进入工作状态及稳定状态	229
第三节 运动性疲劳	231
第四节 恢复过程	237
第十五章 运动技能学习	243
第一节 运动技能形成的生物学基础	243
第二节 运动技能形成过程及发展	246
第三节 运动技能学习过程中应注意的生理学问题	250
第十六章 运动与环境	254
第一节 冷热环境	254
第二节 水环境	260
第三节 高原环境	262
第四节 大气环境	265
第五节 生物节律	267
第十七章 运动员科学选材	271
第一节 运动员科学选材的生理学基础	271
第二节 运动员科学选材的指标	277
第三节 运动员选材用分子遗传学标记	279
第三篇 健身运动生理学	
第十八章 肥胖与体重控制	285
第一节 肥胖与体成分	285
第二节 肥胖与运动减肥	291
第十九章 体适能与运动处方	296
第一节 体适能与运动处方概述	296
第二节 运动处方的制定与实施	305

第二十章 年龄、性别与运动	310
第一节 儿童少年与运动	310
第二节 女子与运动	318
第三节 老年人与健身运动	324
第二十一章 残障人与运动	330
第一节 残障人与康复概述	330
第二节 残障人的生理特点	335
第三节 体育活动对残障人生理功能的影响	337
第二十二章 慢性疾病患者与运动	339
第一节 运动与骨质疏松	339
第二节 运动与血脂异常	344
第三节 运动与高血压	347
第四节 运动与糖尿病	350
第五节 运动与冠心病	353
第六节 运动与腰痛	356
参考文献	361

绪论

一、运动生理学概述

运动生理学起源于解剖学和生理学。解剖学的研究内容是生物体的形态结构，而生理学则是立足于实验的方法研究和探讨生命状态下生物机体生命活动的基本规律及其机制，是生命科学的重要分支学科。体育专业本科开设的运动生理学课程体现了体育知识和生命科学知识及医学理论融会贯通的专业特色。

运动生理学是人体生理学的一门应用分支学科，人体生理学是研究正常人体生命活动规律和人体各器官系统生理功能的科学。运动生理学则是从人体运动的角度研究人体在体育运动的影响下机能活动变化规律的科学，在实验基础上研究人体对急性运动的反应和长期运动训练的适应所引起的机体结构和机能变化的规律。运动生理学研究人体在体育活动和运动训练影响下结构和机能的变化，研究人体在运动过程中机能变化的规律以及形成和发展运动技能的生理学规律。在实际应用中，学习运动生理学知识可以科学地指导体育锻炼和运动训练，以达到增进健康、增强体质、提高运动成绩的目的。运动生理学的研究通常与运动解剖学、运动生物化学、体育保健学、运动营养学等进行综合而系统地研究。

运动生理学在历史的长河中虽然十分年轻，但是，它已经在数代生理工作者的努力下建成了自己的理论基础、实验手段，有较成熟的专著、教材、成果以及一支高水平的队伍，可以说已建成了较成熟的学科。现代运动生理学的基础研究和应用研究呈现出前所未有的技术融合的发展趋势，与实验技术互动发展的关系超过历史上的任何时期。综观运动生理学发展历程，普遍推崇基础研究—应用研究相伴而行的发展模式，既从运动实践中寻求扩展认识的边界，又在基础研究理论指导下开展应用研究，所有实际应用问题的解决又促进运动生理学各分支学科的诞生。竞技运动生理学就是更进一步把运动生理学的相关概念用于提高运动员运动能力和竞技成绩的生理学研究。随着社会的发展，在高原、高温、低温、潜水、航天失重时机体的生理变化以及人体与环境的关系等方面的研究应运而生。在研究正常机体生命活动的基础上，从运动生理学领域又派生了研究人体异常生命活动规律的临床运动生理学，为人类科学健身和疾病的防治提供理论依据。

二、运动生理学在健身和竞技中的应用

运动生理学研究范围既有以探索基本现象与规律为内容的基础性研究,又有环绕体育教学训练实践的保健康复、体质测试、肥胖控制、身体机能评定、教学训练生理评价与产品研制等作为内容的应用性研究,基础性研究和应用性研究两者是密切联系、相辅相成的,基础性研究为应用性研究提供理论支撑、而应用性研究则可将有关基础研究的成果应用于运动实践。运动生理学的理论来源于科学实验,实验技术作为孕育创新成果的载体,在运动生理学的历史进程中发挥了巨大的作用。运动生理学应用于指导健身和竞技运动的历史由来已久。在我国数千年前集结古代医疗实践经验的典籍《黄帝内经》中,就对应用运动治疗疾病的临床经验有较系统的阐述。追溯至古希腊时代的医师,如希洛地卡斯(Herodicus)、希波克拉底(Hippocrates)就曾提出以运动作为预防与治疗的手段。随后五百年,古罗马的著名医生加伦(Galen)结合人体解剖、生理、营养、运动等方面的理论进行实验研究,提出运动对增进身体健康、防治疾病的价值,对运动生理学研究成果的应用做出巨大的贡献,其著作对后期欧、美各国运动生理学应用研究产生深远的影响。

(一) 运动生理学在健身领域的应用

19—20世纪,运动生理学研究主要集中在人体对运动应激的反应、运动时肌肉收缩与心肺功能等应用研究方面,绝大多数研究都是测量各种诸如吸氧量、心率、体温和排汗量等经典的研究内容。随着科学技术的发展,借助计算机和自动分析仪的手段,现代各国运动生理学的应用研究实现了在原有基础上的不断深入,如通过各种传感器和智能化仪器在不影响人体运动状态的条件下进行动态的和整体水平的研究,利用计算机处理、综合分析数据,利用影像学检测仪器向功能和形态相结合的方向发展。

随着社会的发展和进步,人类对健康的需求、延缓衰老、疾病的预防与治疗、提高生命质量和整体健康水平成为社会关注的焦点,推动了各国运动生理学应用研究的日趋发展。各国在运动生理学的应用研究领域开展了大量健身方面的研究,如针对不同人群及特殊个体进行科学健身指导的健身运动处方研制;运动与癌症、肥胖、糖尿病的防治研究;运动与延缓衰老;运动与营养;运动与孕期保健、疾病康复等,从不同角度探索了运动健身的理论基础,为运动健身提供了重要的科学指导。近年来,在运动生理学研究中频繁地采用各种高、精、尖医学仪器设备,如彩色多普勒、动态脑电图仪、动态心电图仪、激光共聚焦显微镜、磁共振成像等,研究人体运动时和(或)运动后肌肉代谢、解剖结构和生物化

学特性、衰老和疾病、运动皮质神经活动有关的血液流动变化等,如运动生理学研究借助医学的先进仪器磁共振成像技术与运动机体研究相结合,研究不同运动模式干预对提高运动能力、疾病康复、运动对脑功能与改善记忆能力的作用。根据航空医学、海军医学和创伤外科学等需要开展应用性的特色研究,如国外少数高水平的运动生理学实验室参与美国国家航空航天局在失重状态下进行防止肌肉萎缩训练的太空研究计划,研究工作还将有助于疾病的运动康复疗法。根据士兵体能训练的需要进一步开发 Polar 表的使用功能,建立科学地指导军事训练的现场分析指标体系等。国外一些运动生理学实验室还开设劳动生理学实验室,专门针对水下作业、消防、酷热、寒冷、失重等特殊环境工作的人体进行研究。世界各国运动生理学实验室凭借自身优势还不断开发提高运动员运动能力和一般人群健康水平的应用研究,依据自身条件开发特色和优势的领域,如运动饮料、传统中医药调理、高原训练、针刺镇痛、激光运动医学研究、体育锻炼健身处方的研制等。

(二) 运动生理学在竞技领域的应用

在竞技体育科研中,未来竞技运动赛场的较量更多的是借助高科技手段、先进仪器的研制开发、科技创新的辅助训练手段等实现改进运动技术和提高运动能力。先进仪器设备和分析手段拓展了运动生理学的研究视野,自动化操作程度和评价水平不断提高,遥测、便携式、现场式机能状况监测仪器的应用、体表无创检测等高科技应用推动了竞技体育的发展,使运动人体可以在不干扰状态下的运动过程中进行实时监测,如运动过程中进行脑机能监测,有助避免过度疲劳的发生,它可以通过对大脑生物电信息的监测,掌握脑电功率谱的变化与体能的关系,为教练员调控运动员的最佳训练负荷提供参考依据。

人类步入自身基因组计划完成的后基因组时代,除了体能恢复与运动营养的研究及应用、运动选材、疲劳与恢复、运动训练科学监控的研究与应用、运动营养补剂、反兴奋剂研究与应用等经典的研究领域不断拓展之外,竞技运动生理学研究更注重从基因与运动能力的遗传角度研究人体运动能力、从遗传学角度分析运用基因多态性分析可以做出疾病预测及早期诊断、研究基因多态性与耐力训练效果之间的关联性、根据基因多态性制定个性化的训练计划。如基因芯片是研究和探讨运动能力相关基因特征的有效手段,通过基因芯片能高通量地检测几乎整个基因组的表达活性,如运动性心脏相关基因、运动性疲劳相关基因,建立候选优秀耐力运动员基因特征数据库,解决优秀运动员的早期选材问题,并从分子水平揭示人类运动能力的遗传特征生物学机制。随着现代信息技术和网络资源的普及,运动生理学可以借助国际科学数据组织的资源开展大规模的跨学科、国际化、信息化的横向联合研究,如基于网络的国际生物信

息与生物计算技术的发展为世界各地的研究机构提供实时更新的共享数据资源,核酸、蛋白质等公共数据库能够为运动生理学在基因、蛋白质等跨领域的高水平研究提供平台。

(三) 运动生理学的基础研究

细胞学说的建立、DNA 双螺旋结构模型和聚合酶链反应技术的诞生,宣告人类在揭示生命遗传奥秘方面迈出了具有里程碑意义的一步。20 世纪 70 年代兴起的分子水平研究经过 80—90 年代的技术积累以及 21 世纪人类基因组计划和后基因组计划的推进,使运动生理学在揭示生命活动规律的进程中实现质的飞跃,从宏观开始逐渐深入到微观,在细胞和分子、器官和系统以及整体三个层面实现跨越式发展。

随着分子生物学和信息科学等学科的发展及微观生理学实验技术方法的改进,运动生理学与生物化学、分子生物学、生物物理、免疫学、细胞和遗传学等学科交叉融合,从集中在耐力运动的生理机制、运动与环境生理反应、运动与营养、衰老和高海拔气候的应激性等宏观方面的研究,到深入细胞内部环境的稳态及其调节机制、细胞跨膜信息传递的机制、基因水平的功能调控机制等方面。运动生理学研究立足于运动实践的基础上,从细胞、分子水平深入探讨运动对机体功能活动影响的本质问题。运动与神经-内分泌-免疫网络理论、运动与自由基、运动与氧化应激、运动与细胞凋亡等基础理论的研究成果揭示了宏观运动实践蕴涵的内在本质。先进仪器的应用、核酸分子杂交技术、高效液相色谱技术、质谱分析技术等问世,为运动生理学研究的创新及研究成果的转化应用提供了前所未有的机遇,使运动生理学各前沿研究领域不断酝酿新的突破。

三、运动生理学的若干基本概念

(一) 稳态与调节

机体细胞外液构成细胞生活的内环境,细胞新陈代谢以及外界环境的变化会直接或间接影响内环境理化性质的稳定,如温度、渗透压、各种化学物质的含量等。在一定范围内,经过体内复杂的调节机制,维持不断变化的内环境理化性质保持相对动态平衡的状态称为稳态。最初在 20 世纪 40 年代由美国生理学家坎农(W. B. Cannon)提出的稳态概念沿用至今已拓展至细胞、器官、系统乃至整个机体的相对稳定状态的维持和调节。例如,内环境中酸碱度的稳态被破坏会导致肌肉疲劳,剧烈运动时,肌肉中产生大量的乳酸等物质进入血

液，由于血液中缓冲物质的调节作用可以避免内环境的酸化，维持机体的相对稳定状态。

稳态是机体进行正常功能活动的基础，运动时通过机体内调节机制维持稳态。调节是指机体根据内外环境的变化实现体内活动的适应性调整，使机体内部以及机体与环境之间达到动态平衡的生理过程。人体是一个统一的整体，外界环境与运动引起人体发生适应变化时，必须由人体内三种调节机制相应调整机体的内脏器官活动才能维持内环境的稳态和对环境的适应，即神经调节、体液调节以及器官、组织、细胞的自身调节。在完整的机体中，相辅相成的神经调节与体液调节以神经系统占主导地位，体液调节可扩大神经调节范围及延长其作用时间。例如，听枪声起跑的反射活动，首先枪声刺激产生一系列的传导，兴奋先传至运动中枢神经，再传送到有关骨骼肌，完成起跑动作。同时运动刺激交感神经系统兴奋，通过体液调节引起呼吸、循环等内脏器官发生相应的协调活动。调节幅度较小灵敏度也低的自身调节不依赖神经、体液调节。例如，在一定范围内，心肌的初长度增大时，收缩力量会相应增加，而初长缩短时收缩力量就相应减小。

(二) 兴奋与兴奋性

神经、腺体、肌肉等可兴奋组织受刺激后产生生物电反应的过程，以及由相对静止转为活动状态或活动由弱变强的表现均称为兴奋。能引起可兴奋组织产生兴奋的各种环境变化称为刺激。任何引起组织兴奋的刺激要具备三个条件：即一定的强度、一定的持续时间和一定的强度—时间变化率。例如，肌纤维某一点产生兴奋后可将兴奋以神经冲动的形式传送至整个肌纤维，可使肌纤维收缩；运动刺激交感神经引起兴奋，表现为心跳加强、呼吸加快、腺体分泌等。

机体或其组成部分的细胞、组织具有感受刺激产生兴奋的能力称为兴奋性。兴奋性是活细胞的基本生理特征和对内外环境变化发生适应性反应的基础。兴奋性高低取决于细胞膜电位的变化速度、细胞内部新陈代谢过程改变的速度和引起这些改变所需的刺激强度。例如，神经系统具有兴奋性，受到刺激产生的动作电位沿着神经纤维传向肌细胞，一束肌细胞的兴奋可使肌肉产生收缩。长期运动锻炼可以使中枢神经系统的兴奋性适度提高，有利于发挥机体工作能力和有助运动成绩的提高。

(三) 反应与适应

运动时机体自身调节维持稳态是机体产生一定反应和适应的结果。在不同的环境或运动条件刺激下，细胞或机体的内部代谢和外部表现所发生的暂时

性、应答性功能变化，称为反应。在一次性的体育锻炼过程中，人体的一些生理反应会在运动停止后短时间内消失。例如，人体参加一定强度的运动后心率上升，但随后可以恢复到运动前的状态。

一次或几次训练对机体生理反应的影响与系统训练所引起的适应变化有所区别。长期系统的运动训练可使机体的结构与功能、物质代谢和能量代谢发生适应性改变，称为适应。通过适应机制，机体可以提高在运动中维持稳态的能力和耐受更大范围稳态变化的能力，提高运动成绩。例如，长期力量训练引起神经-肌肉系统的适应性变化，从机能水平上表现为神经系统的均衡性和灵活性以及肌力的增强；而长期从事长跑训练，表现为呼吸循环系统转运氧和运动肌利用氧的能力提高，维持稳态的调节能力增强使神经系统对于疲劳的耐受能力和对外界环境的适应能力增强。

(四) 反馈与前馈

在机体内进行各种生理功能的调节时，被调节的器官向调节系统发送变化的信息，而调节系统又可以通过回路对调节器官的功能状态施加影响，改变其调节的强度，这种调节方式称为反馈。根据反馈信息的性质和作用，可将反馈分为正反馈和负反馈两类。正反馈可促使某种生理过程逐渐加强，如排尿反射时，膀胱收缩初期的反馈信息传入排尿中枢，可加强中枢原有的排尿活动，促进膀胱进一步收缩将尿液完全排出。在人体正常体温、血压、心率和某些激素水平等指标的维持过程中，负反馈调节发挥着重要作用。例如，剧烈运动时，产热骤增的反馈信息作用于体温调节中枢，产生负反馈调控作用，改变控制信息以调整产热和散热过程。

负反馈调节的特点是受外界干扰后才发生作用，具有时间的滞后性。实际上，在调控系统中，干扰信息可以直接通过受控装置作用于控制部分，引起输出效应发生变化预测干扰、防止干扰，具有前瞻性的调节特点，称为前馈。人体参加比赛或训练前可感知周围环境的变化，使身体各器官和系统产生一系列条件反射，表现为神经系统的兴奋性适度提高、物质代谢加强、体温升高及内脏器官活动增强，有利于加快机体调节稳态的速度。例如，当人们进行冬泳前，游泳环境产生的各种视觉、听觉以及对皮肤冷感受器的刺激，产生的信息就已通过条件反射的方式发动中枢神经系统内的体温调节机制，增加产热和控制散热以保持体温相对恒定。

四、运动生理学的发展和展望

回顾运动生理学的发展轨迹，总是与生命科学的发展息息相关，当今运动

生理学中前沿热点的研究最通常是对早期研究成果的吸收或基础科学研究的应用。16世纪,首先由维萨里(Andreas Vesalius)出版了具有划时代意义的医学巨著《人体的结构》。到17世纪,英国生理学家威廉·哈维(William Harvey)才真正开创了以实验为特征的近代生理学研究的先河。早期大多数学者对生理现象的解释仅仅拘泥于对现象的观察和表象的描述阶段。直到17世纪列文虎克(Anthony Leeuwenhoek)发明显微镜才终于证实肌纤维的存在。18世纪70年代,法国安东尼·拉瓦锡(Antoine Lavoisier)首次进行了“真正”的运动生理学实验,测定运动状态下人体的心率及摄氧量。17—18世纪实验技术和物理、化学等学科的进步给运动生理学的发展奠定了坚实的理论基础和丰富的技术基础。

早期运动生理学的研究萌芽于古希腊时代人们对运动、竞技和健康相关人体机能研究的关注。19世纪80年代现代奥林匹克运动的复兴和1894年国际奥委会的组建掀起运动生理学的研究热潮,至此运动生理学开始步入全盛时期。1889年法国的拉格朗热(Fernand La Grange)出版了运动生理学早期的教科书《身体运动的生理学》汇集了当时的有限研究成果。1892年意大利学者莫索(A. Mosso)首次设计和制造了肌功描记器,对肌肉疲劳现象进行了系统的研究。1923年,德国的迈耶霍夫(O. Meyerhof)通过无氧实验发现糖酵解产生乳酸为肌肉收缩提供能量的事实以来,20世纪30年代经过龙斯加德(E. Lundsgaard)等人的探索和校正,最终建立了肌肉收缩过程中ATP分解供能的系统理论。运动生理学的先锋、诺贝尔奖获得者——希尔(A. V. Hill)和他的同事的研究成果为理解人体能量代谢提供了基础研究框架,多部著作论述精辟并密切与运动实际相结合,许多关于肌肉工作的论点至今仍为学者们所引用。1891年第一个正规的运动生理学实验室在美国哈佛大学成立。1927年,由美国生化专家亨德森(L. J. Henderson)建立、蒂尔(David Bruce Dill)牵头的哈佛疲劳实验室为后来的现代运动生理学研究的蓬勃发展奠定了基础,掀开了运动生理学系统实验的新一页,该实验室从事不少关于耐力运动的生理机制、运动与环境等的研究。哈佛疲劳实验室培养的国际运动生理学杰出人才遍布世界各地。

在现代运动生理学的发展进程中,北欧的学者们在运动、环境、营养等方面的研究不断拓展运动生理学的知识体系和技术手段。伯格斯特隆(J. Bergstron)将肌肉组织的针刺活检技术应用到运动生理研究,开创研究人类肌肉生化和肌肉营养方法学。奥斯特朗(P. O. Astrand)曾经进行过大量关于体适能和耐力能力的研究工作。最先由希尔提出的作为运动机能评定指针的“最大摄氧量”概念通过奥斯特朗等人确定了它的实用价值及测定标准。有氧工作能力、无氧工作能力和 PWC_{170} 等概念在运动生理学科中至今仍广为沿用。

奥斯特朗等人所著的各具特色的《运动生理学》，翔实地反映了现代运动生理学的科研成果并深受学术界的青睐。

在运动生理学的发展中，苏联对运动生理学研究的贡献不容忽视。苏联运动生理学研究沿着巴甫洛夫（I. P. Pavlov）高级神经活动学说的理论基础建立了独具特色、具有相对完整体系的学科，对运动生理学的发展产生了深远的影响。在亚洲，日本的吉田章信、猪饲道夫等人成为日本现代运动生理学的拓建者，为日本培养了运动生理学的专业人才。虽然运动生理学在我国作为独立学科的研究历史起步较晚，但早在1924年程瀚章编写的中国近现代早期运动生理学专著——《运动生理》昭示着我国在运动生理学领域的研究已初见端倪，随后蔡翘教授编写的《运动生理学》（1940年），赵敏学编著的《实用运动生理学》（1951年）等专著成为我国当时体育系、科的主要参考书。我国各地开始运动生理学外文专著的翻译以及实验研究器材的引进，运动生理学术活动、国际学术交流日趋活跃，使我国运动生理学成为一门独立的学科而迅速崛起。

目前正方兴未艾的以信息技术为中心的技术革命广泛渗透于运动生理学各个领域，使运动生理学在学科交叉与融合态势下孕育着巨大的潜力。在誉为生命科学世纪的21世纪，科技浪潮推动运动生理学的研究进入到极富挑战性的后基因时代，但同时经典的研究手段方法在未来仍有广阔发展空间。透过现代的先进科技、仪器设备以及全新观念，为传统运动生理学的课题继续纵向深入赋予新的生命，微观、实时、动态形态观察和活体检测等实验技术将成为推断运动生理学发展的突破口。加速运动员基因普查、基因疗法、基因诊断等新兴技术成果的应用化，从基因组、转录组、蛋白质组和代谢组等各个层面开展运动生理学的组学研究，实现从基因到细胞、组织、器官和个体的整合性研究，使运动生理学在新的科学时代不断衍生出令人激动的新前沿。

现代科技发展既高度分化又高度综合的新趋势，使得在系统观点下围绕功能问题展开整合化研究成为运动生理学发展趋势。因此，在加强分子水平研究的同时重视整体、器官、组织水平上的研究，尤其是整体水平的综合性研究，实现宏观与微观、形态与机能、基础研究与运动实践、优势与特色相结合的研究，实现在整合性研究中将研究成果高效转化应用，为锻炼健身和竞技训练提供不可替代的科技支撑，为竞技体育与大众健身事业可持续发展提供生理科学基础。

（华南师范大学 邓树勋）

第一篇 运动生理学基础