

高等学校体育学类本科专业系列教材

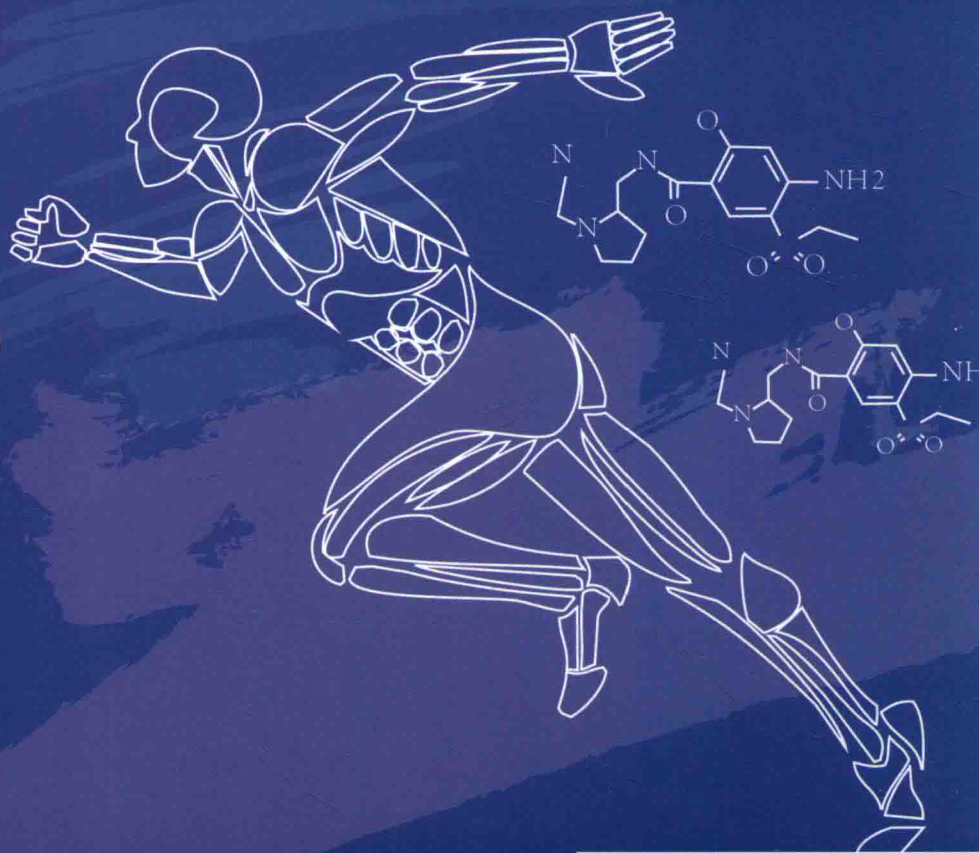
总主编 刘纯献 赵子建
总主审 王崇喜 林克明

JIANMING YUNDONG
SHENGWU HUAXUE

JIANMING YUNDONG SHENGWU HUAXUE

简明运动生物化学

主 编 武桂新 严 翊
主 审 冯炜权



圣康大学出版社

高等学校体育学类本科专业系列教材

总主编 刘纯献 赵子建
总主审 王崇喜 林克明

JIANMING YUNDONG SHENGWU HUAXUE

简明运动生物化学

主 编 武桂新 严 翊

主 审 冯炜权

重庆大学出版社

内容提要

本书内容编写按照“学习任务驱动模式”的思路,采用多种灵活生动的方式将运动生物化学知识呈现出来,利于教、学互动,通过紧密联系运动实践引导学生的学习兴趣和进一步深入学习的探究,同时反映了学科的新进展。

本书主要内容分为健身运动的生化基础和竞技运动的生化基础两部分:第一部分介绍运动、体重控制和营养之间的相互关系和实际应用,运动防治慢性代谢性疾病的生化原理和应用技术;第二部分主要介绍了运动中的能量代谢和水盐代谢及相应的实际应用,力量、速度和耐力训练中的物质代谢能量供应特点、疲劳的生化表现、训练恢复和适应的生物化学,以及运动营养的生化原理和实际应用,增强了相关知识和应用的整体性。

图书在版编目(CIP)数据

简明运动生物化学 / 武桂新, 严翊主编. —重庆:
重庆大学出版社, 2016.12
高等学校体育学类本科专业系列教材
ISBN 978-7-5689-0311-0
I. ①简… II. ①武…②严… III. ①运动生物化学
—高等学校—教材 IV. ①G804.7
中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第309601号

高等学校体育学类本科专业系列教材

简明运动生物化学

主 编 武桂新 严 翊

策划编辑: 唐启秀 贾 曼

责任编辑: 文 鹏 邓桂华 版式设计: 唐启秀

责任校对: 刘雯娜 责任印制: 赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人: 易树平

社址: 重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编: 401331

电话: (023) 88617190 88617185 (中小学)

传真: (023) 88617186 88617166

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆紫石东南印务有限公司印刷

*

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 10.5 字数: 220千

2017年3月第1版 2017年3月第1次印刷

印数: 1—3 000

ISBN 978-7-5689-0311-0 定价: 28.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有, 请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书, 违者必究

高等学校体育学类 本科专业系列教材编委会

总主编：刘纯献 赵子建

委 员：(按姓氏笔画排序)

孔祥宁 王 跃 王晨宇 邓方华 冯 瑞 司红玉 申国卿
石 岩 刘 浩 阮 哲 严 翊 余道明 吴 健 张 戈
张 蕾 张秀丽 李 欣 杨 松 肖 涛 武桂新 洪国梁
赵广涛 陶 坚 黄延春 谢国臣 韩开成 韩爱芳 甄 洁
熊建设 翟向阳 蔺新茂

高等学校体育学类 本科专业系列教材审稿委员会

总主审：王崇喜 林克明

委 员：(按姓氏笔画排序)

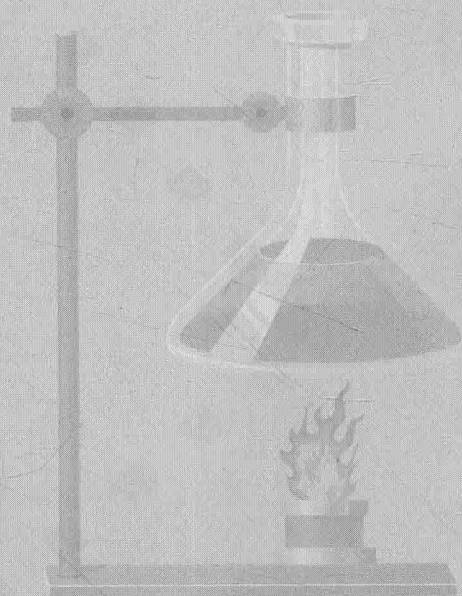
冯炜权 石 岩 刘纯献 许瑞勋 张玉超 李金龙 李杰凯
杨 剑 娄晓民 袁文惠 梁月红 黄 聪 曾于久 童昭岗

本书编委会

主 编 武桂新 严 翊

编 委 高晓娟 严 翊 武桂新

主 审 冯炜权



总 序

2016年8月26日,全国卫生与健康大会以及会议通过的《健康中国2030规划纲要》体现了党和政府对人民群众健康权益和促进人全面发展的高度重视,反映了我国由体育大国向体育强国迈进的国家意志。“十三五”期间,全面建成小康社会为体育发展开辟了新空间,经济发展新常态和供给侧结构性改革也对体育发展提出了新要求,建设健康中国更是为体育发展提供了新机遇。然而,当前我国体育人才发展水平同体育事业的发展需求仍有差距,存在着体育人才总量相对不足、体育人才培养质量不高、各类体育人才发展不均衡、高层次创新型人才短缺等现象,还不能满足体育强国建设的需求,难以发挥体育人才在体育事业发展、体育强国建设中的基础性、战略性、决定性的作用。特别是在体育专业人才培养质量方面,受招生规模不断扩大、生源质量参差不齐、培养单位软硬件等诸多因素的影响,培养质量并未达到预期的目标。究其体育教学本质原因,学校体育教学目标、教师、学生、内容、方法、过程、环境、评价等都难以免责,但是,作为教学内容的载体——教材质量的高度无疑决定着人才培养质量的水平。尽管体育学科教育改革在不断深化推进,但教学内容方面的改革创新力度仍显不足。目前,体育学类本科专业的教材内容仍以传授知识为中心,教材编写一直存在高度抽象化、纯粹理论化、逻辑不清晰、结构混乱、叙述晦涩、实例奇缺,充斥着抄袭来的公式和陈词滥调的顽疾。国际上最新的研究成果和理论较少能在教材中得到更新,缺乏内容丰富、结构合理、描述生动,并有大量生动实例的教材。整体上,体育学类本科专业教材存在建设滞后、缺乏个性化、内容更新周期缓慢、编写水平不高和装印质量低下等问题。导致的结果就是出现教师“教不会”“教不清”和学生“学不会”“用不上”的窘况,教学质量难以保证,更无从谈起提高教学质量。因此,如何紧跟经济社会的发展变化,编写出能反映体育学科专业的最新研究成果,更好地适应教法更新和学法创新,激发现代大学生的学习兴趣,在教材内容、逻辑结构和形式编排等不断彰显优秀经验传承与创新的教材将是编写者亟待关注的核心问题,也是提高教材编写水平和提高教学质量的重要保证。

“高等学校体育学类本科专业系列教材”是依据“健康第一”的教育理念和《高等学校体育学类本科专业类教学质量国家标准》(修订稿)(以下简称《标准》)规定的专业课程体系要求,由编委会组织了多位任课资深教师尤其是优势和特色专业学科带头人、知名学者教授,在具备深厚学术研究背景、长期教学实践和教材编撰研究经验的基础上,编写出了体现体育学科研究成果的高质量系列教材。按照《标准》规定的专业必修课课程要求,编写了专业类基础课程(体育学类本科专业均须开设的课程),包括《体育概论》《运动解剖学》

《体育心理学》《运动生理学》《体育社会学》《健康教育学》《体育科学研究方法》7门专业类基础课程。并按照专业方向课程开设采用3+X的模式要求,编写了《学校体育学》《运动训练学》《体育竞赛学》《体育市场营销》《中国武术导论》等专业方向课程以及《运动生物化学》《运动生物力学》《体育管理学》《乒乓球》《排球》《武术》《体操》《篮球》《健美操》《羽毛球》等模块选修课程。该系列教材既可以作为体育学类本科专业学生的教材使用,也可以作为各级各类体育教师和教练员的一本参考用书。

本系列教材的特色有以下几点:

一是力求体育学科理论知识阐述和论证适可而止,避免机械地理论叠加或过度地引用、借用观点。力争避免高度抽象化和纯理论化,使教学内容丰富,更加贴近现代体育专业本科生的学习兴趣需求,体现新课程体系下的新的课程内容,注重提高学生的实践能力,培养学生的创新能力。

二是立足于理论联系实际的观点,突出学以致用用的目标。在编写体例强化了篇章节之间的逻辑关系清晰、结构合理,在案例、材料的选择上更加突出新意。根据知识的脉络和授课的逻辑,设计了思考、讨论或动手探索、操作的环节,提升书稿的互动性。同时,根据篇幅及教学情况,以知识拓展、阅读和实践引导、趣味阅读等形式,适当增加拓展性知识。力争使教师“教得会”“教得清”,学生“学得懂”“用得上”。

三是力求做到简洁、明晰。在大纲设计、内容取舍上,坚持逻辑清晰、行文简洁,注意填补新兴学科、交叉学科等教材的空白以及相关教材体系的配套,避免了大而全、面面俱到的写作。力图使教材具有基础性、实用性、可读性以及可教性,最大限度地避免言不切实,空泛议论的素材堆积。

本系列教材编委均是各个专业研究领域的专家,大都具有博士学位,对各自的研究领域非常熟悉,他们所撰写的内容均是各自潜心研究并取得成果,有很深的研究与很高的学术造诣。如何编写好体育学类本科专业学生系列教材,全体编写人员在科学性、实用性、可读性、针对性和先进性方面做了初步的尝试。但由于编写时间仓促、交流和讨论实践不够,书中难免存在不足和错误,欢迎读者不吝赐教与批评指正,修订时将作进一步充实与完善。

虽然编委会按照《标准》的要求,有规划地对系列教材进行系统的组织、开发和编写,但由于对教材质量和水平的高规格要求,一部分重要的课程并未被列入此次教材编写的名目,编委会将在后续编写中逐步增补。

本系列教材的编写,得到了重庆大学出版社领导的大力支持与帮助。同时,原全国高等学校体育教学指导委员会技术学科组副组长王崇喜教授,全国高等学校体育教学指导委员会、河南省高校体协主席林克明教授等专家也给予了许多鼓励、建议与指导,编写时大量参考了诸多专家、学者的前沿研究成果,在此一并表示衷心的感谢!

高等学校体育学类本科专业系列教材编委会

2016年10月

序

运动生物化学是将生物化学的基本理论用于运动实践的一门应用性学科，因此在体育院系本科的教学中，应从本科学生学过的高中化学、生物学和体育知识出发，根据当前体育事业发展所必须具备的知识，精选运动生物化学的理论和应用成果，编成适用于体育本科学生的教材。切忌不分层次，求全、求新，不能只将生物化学体系加上运动变化编成教材，而违背了体育院系本科学生的认识规律，造成教师难教，学生难学。我们应了解不同国家的运动生物化学科研和教学情况，结合我国实际，选其精华，编成适用于我国的运动生物化学体系。现将国内外学科发展和教学情况简述如下：

一、以竞技运动为主线的运动生物化学体系

早在 20 世纪 50 年代，苏联已基本形成学科体系，其代表著作是雅可夫列夫 (Яковлев, Н.Н.) 的《运动生物化学概论》(1955)。这是 1956 年北京体育学院开设本科运动生物化学课的主要参考书，其体系是以人体化学组成、运动时肌肉的物质代谢特点、运动后疲劳和恢复过程的超代偿规律等理论为基础，阐述力量、速度、耐力等训练的生化特点、训练方法和身体机能的生物化学评定方法等。

新中国成立初期，我国运动生物化学的科学研究是以学习苏联为主。1959 年，在第一届全国运动会前后，我们对马拉松跑、短跑等项目进行了研究；其后，运动员身体机能评定和训练监控等研究也获得了国家科技进步奖，有了这些优秀成果，我们便能不断更新教材内容。1983 年正式出版的教材是人民体育出版社出版的体院本科生用的《运动生物化学》，其后 7 次修订再版；1995 年出版了运动人体科学本科生用的《运动生物化学原理》；2006 年，又出版了研究生用的《运动生物化学研究进展》；教材的建设适应了人才培养中不同教学层次的要求。体育师范院校也先后 3 次编写了教材，内容不断革新。但学生普遍反映内容多、深、难，适用性差，这是目前各体育院校生物化学教学中存在的主要问题，造成各院校运动生物化学课程设置不统一，分别为必修、限定选修或选修。

二、以生物化学基本理论在体育中的应用为主线的运动生物化学体系

欧美的研究十分重视运动时身体代谢过程的基础性研究，采用动静脉血管导流、同位素示踪和肌肉活检等方法，阐明运动时的代谢特点。从 1968 年开始举行国际运动生物化

学会议，每3年一届，至今已举行了16届，在这些会议上发表的论文不少，运动生物化学的理论和应用不断提高，如运动性疲劳的突变理论和运动分子生物学在运动中的应用等；Kuel J. 的《人体肌肉能量代谢》（1972）系统地论述了人体运动时的基本代谢过程；J.R.Poortman 的《运动生物化学原理》（1988）以及 A.Viru 等的《运动训练的生化监控》都不断充实和完善了运动生物化学系统中的理论内容。在教材方面：加拿大的 P.M.Tiidus 等于 1955、2001、2006、2012 年 4 次再版了《运动科学的生物化学入门》；V.Mougios 等的《运动生物化学》（2006），P.Junssen 的《乳酸阈训练——跑、自行车、划船、城市滑雪和相关运动》，尤其 E.A.Newsholme 等的《健康和疾病的机能生物化学》（2010）等专著。可见，欧美的教材建设和学科研究都处于先进水平。日本的伊藤朗也在 1987 年出版了《从运动生化到运动处方》。

当前，运动生物化学已成为竞技运动和运动与健康中的一门重要学科。体育院校教师应如何教好这门课，体育专业学生应如何学习和掌握这些知识。教材是教和学的根本，编好适用性教材是当务之急。

该教材的编写团队成员，均多年从事体育专业本科、硕士研究生的运动生物化学教学工作，从该教材的立项到完成，团队成员们在这一年多的时间里认真思考运动生化教学知识结构体系和体育专业学生的学习特点，结合实际，多次易稿。武桂新教授还在自行车、田径等项目的运动员训练中从事科技服务多年，有较丰富的实践经验，与刚从美国学习归来的严翊博士和高晓娟博士三人合作编成新的、适合当前学科发展的教材体系，将运动与健康及运动训练的生物化学基本理论和应用的最新研究成果，建成新的教材体系进行编写，完成既适用体育本科，又适应当前我国大力开展运动健康和体育强国需求的《简明运动生物化学》。在拜读过程中，深感该教材内容具有科学性、先进性、适用性强，且重点突出，简明扼要，使人耳目一新，是体育本科学生的一本好教材，一定会给体育本科运动生物化学教学带来春风！

建议在此教材的基础上，加强运动生物化学的实践性实验教学工作，使学生通过实验教学更直观地理解运动生物化学的基本概念和在实践中应用的原理。

冯炜权

2016 年 10 月

前言

运动生物化学是从分子水平研究人体运动时,机体的化学变化、能量转变和运动能力表现之间的关系,以及运动后和长期体育锻炼与训练中,人体化学组成成分的变化、人体运动后的恢复规律和产生适应的规律。这些研究成果目前已广泛应用于体育健身运动和竞技体育运动,已成为体育院校中体育类专业学生的必修课。

根据多年教学经验的总结及教学体会,为了更好地适合体育专业学生的知识背景和学习特点,在本书编写中,我们参考了目前国内外主要的教学参考书,在理论阐述方面适应本科生教学要求和学生知识基础,明确概念、通俗易懂;同时围绕概念展开学习讨论,体现和增强教、学互动性;对应用技术和热点、难点问题增加拓展知识,引导师生开展问题导向式学习(PBL),并适当设计一些思考、讨论和探索的环节;在全书内容设计上,不求大而全,力求结合实践理解讲述的基础知识。在章节之间相关内容的安排上,注意了前后之间内容的一致性,避免重复,同时从逻辑上进行更好的衔接。

本书总体分为健身运动的生化基础和竞技运动的生化基础两部分。

第一部分:健身运动的生化基础。第一章是运动、体重控制和营养之间的相互关系,介绍针对于不同的健身目的,制订相应的运动方案及营养补充方案。第二章在简要介绍糖尿病、高血脂、高血压及骨质疏松等慢性代谢性疾病发生的生物化学基础上,学习运动防治糖尿病、高血脂、高血压及骨质疏松等慢性代谢性疾病有关生物化学知识,以便初步掌握糖尿病、高血脂、高血压及骨质疏松等慢性代谢性疾病运动处方制订原则及营养补充原则。

第二部分:竞技体育的生物化学基础知识。第三章简要介绍人体运动中肌肉内生成能量的3个途径的生化过程,了解不同强度的运动中能量生成的调节,在运动训练实践中,肌肉能量供应方式的连续性及与训练强度的关系;并初步了解运动中水盐代谢与体温调节的关系。第四章学习力量、速度和耐力训练中的物质代谢能量供应特点,力量、速度、耐力训练中疲劳和适应的生化表现。在力量、速度、耐力训练恢复和适应的生物化学内容的学习中,以供能物质代谢特点为主线,将运动中的能量供应和运动疲劳的内容,与训练中

的训练方法以及训练监控相结合，增强了相关知识和应用的整体性。在第五章中，根据运动员在不同项目和不同训练类型中能量代谢的特点，以力量、速度、耐力训练中运动员的能量需要、营养素需要为主线，详细介绍了运动前、运动中、运动后如何做好运动员合理营养的生化原理和实际应用。

冯炜权先生为全书的编写进行设计和写作指导，对全书的内容进行审校，并为本书作序。编写的主要内容参考谢敏豪等编写的《运动生物化学》，冯连世等编著的《运动训练的生理生化监控方法》，冯炜权等主编的《运动生物化学研究进展》，武桂新、伊木清主编的《运动营养学》，以及 MacLaren 主编的 *Biochemistry for Sport and Exercise Metabolism*，Maughan 主编的 *The Biochemical Basis of Sports Performance*。对于书中众多作者的辛苦劳动深表感谢。对于本书存在的不足和缺陷，请师生们及时反馈，我们将十分感谢。

编 者

绪论

第一篇 健身运动的生物化学基础

第一章

运动控制体重的生物化学基础

- 008 第一节 运动减体重的生物化学基础
- 019 第二节 运动增肌的生物化学基础

第二章

运动防治慢性代谢性疾病的生物化学基础

- 031 第一节 运动防治糖尿病的生物化学基础
- 039 第二节 运动防治高血脂的生物化学基础
- 043 第三节 运动防治高血压的生物化学基础
- 048 第四节 运动防治骨质疏松的生物化学基础

第二篇 竞技运动训练的生物化学基础

第三章

竞技运动的能量和物质代谢基础

- | | | |
|-----|-----|-------------------|
| 059 | 第一节 | 磷酸原供能代谢系统基本过程 |
| 063 | 第二节 | 糖无氧代谢基本过程 |
| 068 | 第三节 | 糖有氧代谢系统基本过程 |
| 073 | 第四节 | 脂肪有氧氧化代谢系统基本过程 |
| 079 | 第五节 | 运动中水盐代谢与体温调节的生化机制 |

第四章

力量和速度、耐力训练与适应的生物化学基础

- | | | |
|-----|-----|---------------------------|
| 092 | 第一节 | 力量和速度、耐力训练中的能量供应 |
| 108 | 第二节 | 力量和速度、耐力训练中疲劳的生化机理 |
| 119 | 第三节 | 力量和速度、耐力训练后恢复和适应过程的生物化学基础 |

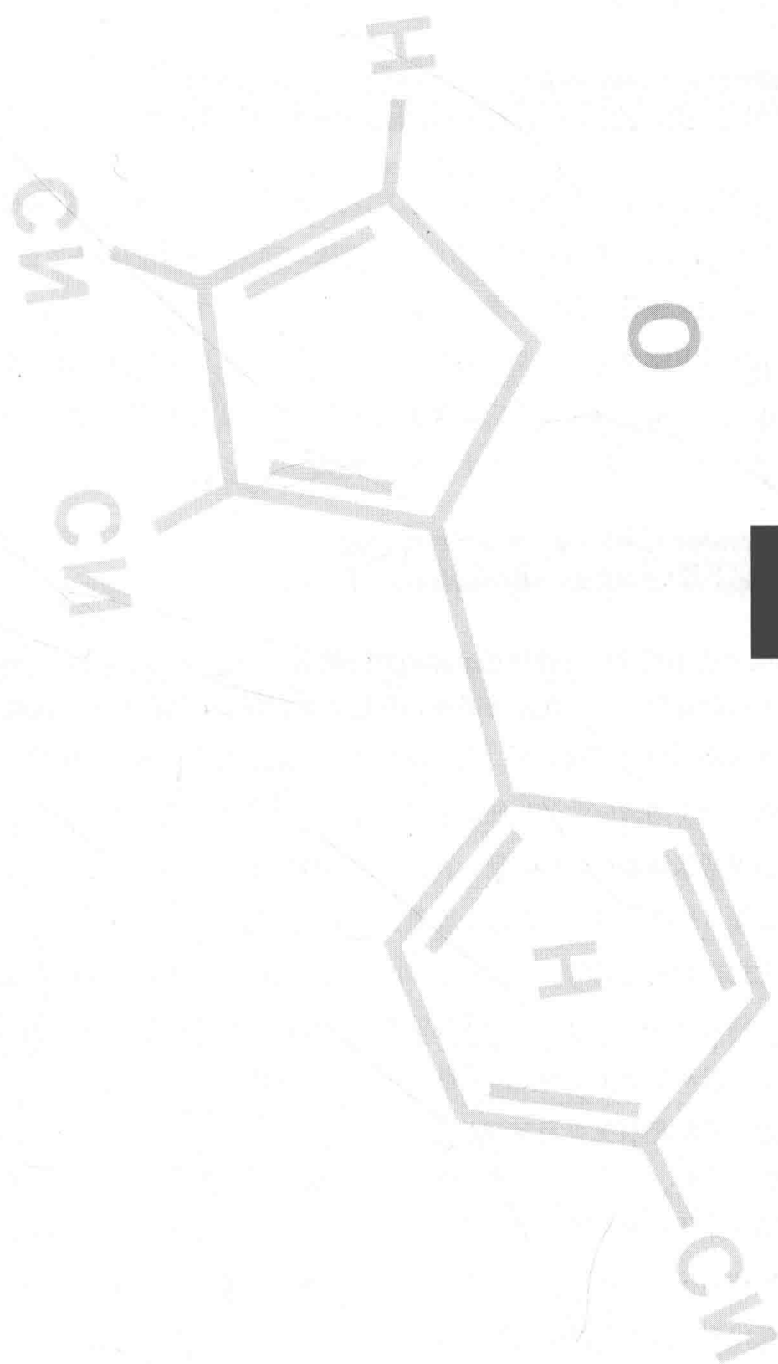
第五章

竞技运动营养生化分析

- | | | |
|-----|-----|-------------------------|
| 132 | 第一节 | 力量和速度、耐力训练中合理营养的意义和目的 |
| 134 | 第二节 | 力量和速度、耐力训练中人体能量和营养素需要量 |
| 144 | 第三节 | 力量和速度、耐力项目运动员训练和比赛的营养实践 |
-

参考文献

绪 论



运动生物化学是从分子水平研究人体运动时,机体的化学变化、能量转变和运动能力表现之间的关系,以及运动后和长期体育锻炼与训练中,人体化学组成成分的变化、人体运动后的恢复规律和产生适应的规律。

一、运动生物化学在运动人体科学中的地位

运动人体科学研究的对象是复杂的人体,它为促进全民健康、防治某些疾病和增强体质的生物学意义提供理论基础;在竞技运动中为运动员选拔、训练监控中的训练方法和负荷监控、机能监控、加速消除运动疲劳、合理营养和兴奋剂监测等提供科学依据。因此,运动人体科学是体育科学中的应用性基础学科。运动生物化学是从分子水平(包括生物大分子和分子)研究运动对人体分子组成(化学组成)的适应以及物质代谢(化学变化)和能量代谢相互规律的一门学科。它有别于解剖学、生理学、分子生物学等课程。

二、运动生物化学研究内容和展望

1. 身体化学组成的相互作用与健康 and 运动能力的关系

运动能改善人体的化学组成。在体育锻炼和竞技运动训练中,人体化学组成会发生相适应的改变,在早期的运动生物化学研究中,它是研究的一个重要内容。体内的化学组成、不同代谢途径中酶活性在运动中的适应性变化便成了运动能力和增强体质的基础。如有氧运动可减体脂、控体重、防治糖尿病和心血管疾患等;在竞技运动训练中,增加肌肉蛋白质有助于提高力量;增加骨骼肌糖原、提高血红蛋白有助于增强自行车、长跑等运动员的耐力。

糖、脂类、无机盐和水之间的关系,运动与内环境的酸碱平衡、脱水和补水等都是重要的研究课题。同时,随着近年来健身运动的研究课题在流行病学中的广泛应用,可以预见,在不久的将来流行病学和运动生物化学的交叉领域将是运动科学研究的一个热点。

2. 运动时代谢过程的相互关系及其调节

20世纪50年代以来,运动生物化学以物质代谢和能量代谢为理论基础,提出运动中无氧代谢过程主要是磷酸原代谢和糖酵解供能系统;有氧代谢运动时存在磷酸原代谢及糖、脂肪和蛋白质分解供能系统的代谢过程。供能系统可分解为磷酸原系统、无氧糖酵解系统、糖有氧代谢系统和脂肪有氧代谢系统4个供能代谢系统。

运动时的供能物质磷酸肌酸、糖、脂肪和蛋白质之间存在互补、互助和互克的关系,如糖供应量和储量充足可减少脂肪和蛋白质的消耗;在运动恢复期中,同时足量供应糖与蛋白质对

肌肉能源与运动能力的恢复有较大帮助。

运动生物化学从分子水平上以物质代谢为基础进一步深入研究运动时的基质代谢及供能特点、不同运动项目、不同训练水平、不同训练周期基质如何消耗和恢复与提高物质代谢和能量代谢间的协调性，为人类健康、运动训练和提高运动能力创造优异成绩提供科学基础。

3. 增强体质、促进健康和提高运动能力的生物化学基础

研究有氧代谢运动在全民健身中的理论基础：有氧代谢运动是健身和康复的基础，如进行健身运动处方、控制体重和代谢综合征、糖尿病、高血脂、冠心病和慢性疲劳综合征等的康复体育锻炼。

研究竞技运动中运动员训练期的科学化训练方法：以专项的有氧和无氧代谢能量供应为基础，结合运动员的专项水平，科学选择训练方法和进行训练的生化监控、物理负荷和生理负荷的评定、运动员负荷后的机能评定等。

研究运动员训练期中身体疲劳和恢复过程及如何避免过度训练的问题。

研究运动健身和提高竞技能力及合理补充营养的运动生物化学理论基础。

三、运动生物化学和其他学科的关系

1. 运动生物化学与体适能和健康

体适能与健康是随现代生活的发展而产生的学科。由于当代科学与技术的发展，机械化和自动化程度越来越高，人体的体力活动减少，生活节奏加快，心理压力加剧，生活水平提高而不注意合理膳食和运动不足导致出现文明病，主要表现为代谢综合征，如肥胖、高血脂、糖尿病和高血压等及亚健康状态和慢性疲劳综合征。在这种情况下，通过加强体育活动，合理营养，达到身心适应当前社会发展的要求，以充沛的精力、乐观的精神投入工作和各种业余活动，是当前社会发展的需要。目前，为提高健康水平的体适能运动随之兴起，有氧代谢运动是体适能与健康，增强体质的科学基础。因此，在运动生化研究中应加强研究有氧代谢运动与健康 and 体适能的关系；加强研究有氧代谢运动与减肥，防治高血脂、糖尿病和心血管病过程中的机理，发挥运动生化在全民健身中的作用。

2. 运动生物化学与运动训练

运动训练学是研究运动训练规律的科学。运动训练是为了提高运动员的竞技能力和运动成绩，现代运动训练过程与科学技术发展密切相连，人文社会科学和自然科学在运动训练过程中发挥着各自的作用。运动生物化学中的物质和能量代谢——有氧代谢和无氧代谢在不同