

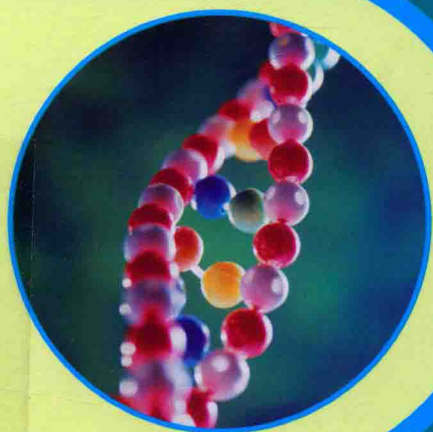


iCourse·教材

国家级精品资源共享课程配套教材

# 运动生物化学

主 编 林文弢  
副主编 翁锡全 孟 艳



高等教育出版社



iCourse·教材

国家级精品资源共享课程配套教材

# 运动生物化学

主 编 林文弢  
副主编 翁锡全 孟 艳

高等教育出版社·北京

## 内容提要

本教材是在国家级精品资源共享课“运动生物化学”的基础上,参考国内外多个版本的《运动生物化学》教材和相关研究成果,结合近年来的教学经验和科研成果编写而成的。全书共分为8章,包括绪论、人体化学组成与健康 and 体能、运动时人体的无氧代谢供能过程、运动时人体的有氧代谢供能过程、运动训练的生物化学原理、运动训练方法的生物化学分析、运动训练监控的生物化学分析、运动训练适应与效果的生物化学评定。本教材可作为体育院校和师范院校体育教育专业、运动训练专业和武术与民族传统体育专业的教材,也可供体育科研人员、教练员、运动员及相关人员学习和参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

运动生物化学 / 林文弢主编. --北京: 高等教育出版社, 2019. 1

ISBN 978-7-04-050998-4

I. ①运… II. ①林… 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(2018)第 262521 号

运动生物化学

Yundong Shengwu Huaxue

策划编辑 王 曼

责任编辑 王 曼

封面设计 张 志

版式设计 徐艳妮

插图绘制 于 博

责任校对 张 薇

责任印制 陈伟光

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

印 刷 北京印刷集团有限责任公司印刷一厂

开 本 787 mm × 960 mm 1/16

印 张 14

字 数 250 千字

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>

网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>

<http://www.hepmall.com>

<http://www.hepmall.cn>

版 次 2019 年 1 月第 1 版

印 次 2019 年 1 月第 1 次印刷

定 价 32.00 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 50998-00

# 前 言

随着社会的进步和经济的发展，“科学运动”“健康第一”等现代体育观已深入人心。科学运动，不仅能强身健体，也能防病治病、延年益寿。运动生物化学是运动人体科学的基础学科之一，其主要是从分子水平和基因水平揭示运动的本质和规律，探索 and 了解运动过程中物质代谢和能量代谢的规律，以阐明体育锻炼的原理，为运动训练和体育锻炼提供科学的方法，为全民健身、防病治病、增强体质提供理论依据。

近年来，运动生物化学在机体代谢特点与运动训练监控、基因技术与运动能力、运动员科学选材、细胞信号转导与运动适应机理、神经-内分泌-免疫网络理论与运动时代谢调节等方面取得了较大进展，广泛应用于我国高水平运动员的运动训练，取得了丰硕的成果。

本教材从运动生物化学的原理出发，以人体基本化学组成为基础，以运动时能量代谢和物质代谢为核心，阐述运动训练和体育锻炼时的生物化学变化，论述竞技体育和全民健身的生物化学基础，介绍提高运动训练水平，提高人体体质的生物化学原理、方法与效果评定等，同时简单介绍慢性病患者体育锻炼的生物化学原理及锻炼方法。

本教材是在国家级精品资源共享课“运动生物化学”的基础上，参考国内外多个版本的《运动生物化学》教材和相关研究成果，结合近年来的教学经验和科研成果编写而成的。在内容顺序安排方面，本教材注意前后知识的铺垫和衔接，以求知识的循序渐进，有利于学生逻辑思维的训练。在阐述运动生物化学基本理论的基础上，本教材重点介绍运动生物化学的最新进展和应用。全书共分为8章，主要介绍人体化学组成及运动物质代谢和能量代谢的特点和规律，阐述运动能力的生物化学基础，分析运动训练和体育锻炼的生物化学原理，此外还介绍了提高运动能力的训练方法和提高体质健康的体育锻炼方法的生物化学分析，以及运动负荷的生物化学评定、训练适应生物化学分析、训练效果生物化学评定等。本教材在介绍运动生物化学基本理论和基本技术的同时，还与时俱进地介绍了运动生物化学的新进展和新技术，体现了教材的科学性、时代性和实用性，使学生能够学以致用，更好地为体育运动实践服务。

本教材可作为体育院校和师范院校体育教育专业、运动训练专业和武术与民族传统体育专业的教材，也可供体育科研人员、教练员、运动员及相关人员研习和参考。

本教材由林文骏、翁锡全和孟艳共同完成。教材完成后，虽经多次研究、讨论、征求意见，但由于收集资料的局限性，所以书中难免存在不足之处，敬请各位同行斧正。

编 者

2018年8月

# 目 录

绪 论 .....	1
第一节 运动生物化学的学科发展 .....	2
第二节 运动生物化学的研究内容及展望 .....	7
第三节 运动生物化学与其他学科的关系 .....	12
第四节 运动生物化学的学习方法 .....	14
第一章 人体化学组成与健康 and 体能 .....	16
第一节 人体化学组成概述 .....	17
第二节 蛋白质与健康 and 体能 .....	18
第三节 脂类与健康 and 体能 .....	24
第四节 糖类与健康 and 体能 .....	30
第五节 水、无机盐与健康 and 体能 .....	34
第六节 核酸及其化合物与健康 and 体能 .....	38
第七节 酶、维生素、激素与健康 and 体能 .....	42
第二章 运动时人体的无氧代谢供能过程 .....	53
第一节 运动时物质和能量代谢 .....	54
第二节 运动时磷酸原的代谢 .....	58
第三节 运动时糖酵解供能过程 .....	64
第三章 运动时人体的有氧代谢供能过程 .....	71
第一节 运动时糖有氧代谢与运动能力 .....	72
第二节 运动时脂肪有氧代谢供能过程 .....	75
第三节 运动时蛋白质有氧代谢 .....	85
第四节 运动时物质代谢的关系 .....	94
第四章 运动训练的生物化学原理 .....	98
第一节 运动时骨骼肌的能量供应系统 .....	99
第二节 运动性疲劳的生物化学分析 .....	105
第三节 过度训练的生物化学特点 .....	112
第四节 运动中物质恢复的生物化学特点与应用 .....	116
第五节 运动训练计划制订的生物化学原则 .....	120
第五章 运动训练方法的生物化学分析 .....	124
第一节 运动训练方法监控的生物化学基础 .....	125

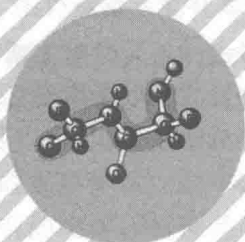
第二节	磷酸原供能系统能力训练的生物化学分析	127
第三节	糖酵解供能系统能力训练的生物化学分析	132
第四节	有氧代谢供能系统能力训练的生物化学分析	138
<b>第六章</b>	<b>运动训练监控的生物化学分析</b>	<b>152</b>
第一节	运动训练的生物化学监控概述	153
第二节	运动训练监控常用生物化学指标	158
第三节	运动训练的生物化学监控方法与原则	182
<b>第七章</b>	<b>运动训练适应与效果的生物化学评定</b>	<b>191</b>
第一节	运动训练适应的生物化学特点	192
第二节	力量训练和速度训练效果的生物化学评定	196
第三节	速度耐力训练效果的生物化学评定	203
第四节	有氧耐力训练效果的生物化学评定	207
<b>参考文献</b>		<b>215</b>

---

# 绪 论

---

# 0





在当今高度发达的体育领域里，运动生物化学无时不有，无时不在；运动生物化学知识，无处不用。特别是我国推行并实施的“奥运争光”和“全民健身”两个新计划，使运动生物化学更显示出前所未有的潜力。无论是体育运动行政管理人员、体育科研人员、教练员和运动员，还是普通老百姓，对运动生物化学在运动中的作用都有比较深刻的体会。运动生物化学渗透到体育运动实践各个层级之中，运动员科学选材、运动训练科学化、体育锻炼科学化、运动负荷的评定、身体机能的评定、训练效果的评定、运动损伤的诊断、运动营养的调配和运动性疲劳的检测等，均与运动生物化学有着十分密切的关系。可见，运动生物化学是体育科学中必不可少的专业基础学科。

## 第一节 运动生物化学的学科发展

运动生物化学是生命机体不可或缺的表现形式，是人类生存精神的一种物化体现，也是人类实现挑战自我的一种重要方式。运动生物化学是生物化学的分支，是体育科学中的应用基础性学科。

### 一、运动生物化学的概念

地球上的动物千姿百态，种类繁多，但它们均是由各种化学物质组成的；生物界的生命活动形形色色，有动有静，走跳腾跃，但物质代谢和能量代谢均有规律可循。研究生物体的化学组成，生物分子的结构与功能，物质代谢及调控的科学就是生物化学。生物化学是研究生命的科学，它从分子水平和化学组成变化的深度阐明生命活动的机理。然而，生物化学的研究对象几乎是静态的。当人体从静态转入动态时，体内的化学组成及物质代谢将发生更大的变化。因此，运动生物化学与其他生物化学既有着联系，又有着区别，其是从分子水平上研究运动对人体化学组成的影响，以及运动时物质代谢和能量代谢特点及规律的一门学科。

### 二、运动生物化学学科的发展进程

从发展的历史上看，运动生物化学是体育科学和生物化学结合的产物，它起源于20世纪20年代，40—50年代得到较大的发展，60年代成熟并成为一门独立学科，80年代进入蓬勃发展时期。目前，运动生物化学已与其他生物化学学科的研究同步，其研究成果在运动训练和健康促进领域中得到广泛应用。

### (一) 运动中人体生物化学变化的早期研究

早期在研究肌肉收缩过程的生物化学变化时,就涉及运动生物化学的问题,最早的研究可以追溯到1807年英国学者 Berzelius 关于肌肉收缩产生乳酸的研究,其后在1887年 Chauveau 报道了运动时血糖代谢的特点。20世纪20年代开始,相继有学者对不同运动状态下体内物质代谢和能量代谢特点做了大量的研究,如1920年 Meyerhof、1923—1925年 Hill 报道了乳酸生产与缺氧关系、肌糖原是乳酸的前提物质等。1928年, Lohmann 在研究肌肉收缩过程中能量释放的化学反应时,首先在肌肉的浸出物中发现了ATP。但正式研究运动对机体生物化学的影响是始于1927年 G. K. Enbden 有关运动能提高骨骼肌糖原和磷酸肌酸含量的研究报道,他提出运动锻炼可以促进机体物质合成。因而可以认为,研究运动时物质和能量代谢及其效果是运动生物化学的一个重要起点。

### (二) 国外运动生物化学与健康促进的研究和成果

第二次世界大战以后,生物化学研究技术的发展推动了运动生物化学的研究进展,尤其是苏联雅科夫列夫等进行了较为系统的研究,于1955年出版了世界第一本运动生物化学专著《运动生物化学概论》,初步建立了运动生物化学的学科体系。这一时期,欧美也开始从血液分析研究运动对身体物质代谢影响的规律,特别是1962年 Bergstrom 应用肌肉活检技术直接研究运动时骨骼肌的物质代谢特点,从而使人们对肌肉运动时能量的储存、消耗、供应和代谢物的转变等有了更深入的了解。同时,运动生物化学在运动训练和健康指导实践中的应用也日益广泛和深入,出现了大量运动生物化学研究成果。在这种形势下,1968年在联合国教科文组织的国际体育科学和体育教育理事会(ICSSPE)倡议下,成立了国际运动生物化学研究组(IRGBE),并于同年在比利时布鲁塞尔举办了第一届国际运动生物化学学术会议(IBECA),标志着运动生物化学学科的成熟,与此同时成了一门独立的学科。从1973年第二届国际运动生物化学学术会议以后,定为每三年召开一届,至2018年共举办了17届(表绪-1)。第17届国际运动生物化学学术会议于2018年10月23-25日在中国北京举行,本次会议主要围绕运动与慢性病,运动与女性健康,运动与儿童、少年体质,整合运动生理学,生物化学和分子生物学等议题展开,对运动生物化学最新研究成果和发展趋势等热点问题进行了广泛深入的交流和讨论。同时,国际运动生物化学研究组还针对运动训练的生物化学、生理生化问题举办了5次专题讨论会。此外,在其他国际学术会议中,如世界运动医学大会、奥林匹克科学大会等也涉及了运动生物化学的研究内容。

表绪-1 第1~17届(1968—2018年)国际运动生物化学学术会议简介

届	年份	地点	主题
1	1968年	比利时布鲁塞尔	激烈运动时身体变化
2	1973年	瑞士马林津	长时间运动代谢适应
3	1976年	加拿大蒙特利尔	运动时代谢调节
4	1979年	比利时布鲁塞尔	运动时激素调节
5	1982年	美国波士顿	运动性疲劳
6	1985年	丹麦哥本哈根	运动时生物化学基础与保持健康
7	1988年	英国伦敦	运动机能提高的生物化学适应
8	1991年	日本名古屋	医学和体育科学的结合
9	1994年	苏格兰阿伯丁	肌肉收缩的生物化学
10	1997年	澳大利亚悉尼	疲劳与代谢
11	2000年	美国阿肯色州小石城	运动与衰老的分子观点
12	2003年	荷兰马斯特里赫	运动健康效果的生物学基础
13	2006年	韩国首尔	从骨骼肌信号到脂肪利用的关系
14	2009年	加拿大圭尔夫	肌肉和分子代谢机制
15	2012年	瑞典斯德哥尔摩	骨骼肌代谢
16	2015年	巴西圣保罗	肌肉疲劳的生物化学
17	2018年	中国北京	运动是医学的未来

另外, 20世纪80年代以来, 随着运动生物化学的迅猛发展, 有关运动生物化学的教材和专著也陆续出版, 如 J. R. Poortmans 的 *Principles of Exercise Biochemistry* (《运动生物化学原理》), Wayne C. Miller 的 *The Biochemistry of Exercise and Metabolic Adaptation* (《运动和代谢适应的生物化学》), Ron Maughan、Michael Gleeson、Paul L. Greenhaff 的 *Biochemistry of Exercise and Training* (《运动和训练生物化学》), Atko Viru 和 Mehis Viru 的 *Biochemical Monitoring of Sport Training* (《运动训练的生化监控》), Ron Maughan 和 Michael Gleeson 的 *The Biochemical Basis of Sports Performance* (《运动能力的生化基础》), Vassilis Mougios 的 *Exercise Biochemistry* (《运动生物化学》), Michael E. Houston 的 *Biochemistry Primer for Exercise Science* (《运动科学的生化原理》),

Eric Newsholme 与 Anthonig Leech 合作出版的 *Functional Biochemistry in Health and Disease* (《健康与疾病的功能生物化学》) 以及 Donald MacLean 的 *Biochemistry for Sport and Exercise Science* (《体育和运动科学的生物化学》)。

从历届国际运动生物化学学术会议和其他相关学术会的主题可以归纳出运动生物化学研究的历程和当今运动生物化学的研究动向。运动生物化学研究从开始了解运动时体内物质代谢的特点和规律, 进而探讨运动对身体化学组成影响及其运动生物化学适应, 从而进一步明确运动训练提高运动能力的生物化学本质; 随着现代生活方式的改变及其对健康的影响, 从第 6 届国际运动生物化学学术会议开始关注运动促进健康的生物化学作用, 紧接着的几届会议均涉及运动锻炼与健康, 以及运动预防衰老的生物化学机制研究。由此可见, 运动生物化学研究成果日益丰富, 在科学训练和健康促进中地位也日益重要。因此, 可以说运动生物化学是运动人体科学中的一门重要学科。

### (三) 我国运动生物化学与健康促进的研究与成果

我国运动生物化学的教学和研究始于 20 世纪 50 年代, 当时主要是引进苏联的研究成果和理论, 如运动时物质代谢过程和神经调节、超代偿理论和应用、运动素质的生物化学基础等。我国运动生物化学在竞技运动中的研究工作也开始于 20 世纪 50 年代, 在运动员身体机能评定、血乳酸和血乳酸阈与运动训练、运动与内分泌调节、运动疲劳与物质恢复、运动与免疫、运动与自由基、运动与反兴奋剂的使用等方面研究均取得了巨大的成果。

我国第一代著名的运动生物化学家杨天乐、许豪文和冯炜权教授(图绪-1)等, 对运动训练中运动生物化学的应用进行了研究和探索, 他们应用运动生物化学的理论与方法, 研究和解决高水平运动员在运动训练中的实际问题, 创立了我国运动生物化学的理论、实验与方法, 如杨天乐教授的杨氏血乳酸改良法和反兴奋剂使用的理论与方法; 许豪文教授的运动与自由基的理论与应用; 冯炜权教授的运动疲劳与物质恢复的理论和运动员身体机能的评定方法等。这些老一辈运动生物化学家的研究成果, 创立了我国运动生物化学学科的理论, 指导了我国运动生物化学的发展, 为我国竞技体育和全民健身的发展做出了伟大的贡献。

1958 年, 北京体育学院首先开设“运动生物化学”必修课程。1979 年, 北京体育学院成立了运动生物化学教研室, 1982 年, 开设了运动生物化学专业, 同时招收了运动生物化学专业的硕士研究生和博士研究生, 全面培养全国各层次的运动生物化学教学和科研人员。1980 年以后, 全国各体育院校和师范院校体育教育专业和运动训练专业等均开设“运动生物化学”课程。1982—1983 年, 教育部在华东师范学院连续举办了两届全国运动生物化学教



杨天乐教授



许豪文教授



冯炜权教授

图绪-1 我国第一代著名的运动生物化学家

师进修班，培训运动生物化学的教学师资（图绪-2）。1979年，中国体育科学学会成立后，在运动医学会中设有运动生物化学和营养学组；2010年9月，中国体育科学学会运动生理与生化分会成立，并在成都体育学院召开了首届年会。在历届全国体育科学大会、运动医学学术会议及运动生理、生化学术会议中，运动生物化学都作为专门的学科组参加活动。这些充分证明了在我国运动生物化学一直得到高度重视。表绪-2为我国生物化学教材建设一览表。



图绪-2 全国高师运动生物化学教师进修班合影

表绪-2 我国运动生物化学教材建设一览表

序号	年代	编者	书名	出版社
1	1983年	体育院、系教材编审委员会	《运动生物化学》	人民体育出版社
2	1986年	全国高师体育系	《运动生物化学》	高等教育出版社

续表

序号	年代	编者	书名	出版社
3	1990年	冯炜权等	《运动生物化学》	人民体育出版社
4	1990年	许豪文	《运动生物化学概论》	华东师范大学出版社
5	1990年	王永清 王元勋 郝盛发	《运动生物化学指南》	人民体育出版社
6	1990年	张林 郑植友	《简明运动生物化学》	人民体育出版社
7	1995年	冯炜权	《运动生物化学原理》	北京体育大学出版社
8	1998年	许豪文 冯炜权 王元勋等	《运动生物化学》	高等教育出版社
9	1998年	冯炜权	《运动训练的生物化学》	北京体育大学出版社
10	1999年	林文弢	《运动生物化学》	人民体育出版社
11	1999年	冯美云	《运动生物化学》	人民体育出版社
12	2000年	徐晓阳	《运动生物化学》	广西师范大学出版社
13	2005年	张爱芳	《实用运动生物化学》	北京体育大学出版社
14	2006年	张蕴琨 丁树哲	《运动生物化学》	高等教育出版社
15	2008年	谢敏豪 林文弢 冯炜权	《运动生物化学》	人民体育出版社
16	2009年	林文弢	《运动生物化学》	人民体育出版社
17	2016年	翁锡全 李裕和	《运动训练生物化学》	广东高等教育出版社
18	2016年	翁锡全 李裕和	《运动健康生物化学》	广东高等教育出版社
19	2001年	许豪文	《运动生物化学概论》 (研究生用)	高等教育出版社
20	2007年	冯炜权等	《运动生物化学研究 进展》(研究生用)	北京体育大学出版社

## 第二节 运动生物化学的研究内容及展望

“更高、更快、更强”是奥林匹克体育精神宗旨，在训练中如何科学地制订训练计划、选择适宜的训练方法、有效地加快机体恢复等是运动生物化学在运动训练中研究的主要内容。生命在于科学运动，运动能否延年益寿，这是当前体育界研究的热题，也是运动生物化学研究的重要课题之一。适宜的体

育锻炼,能促进身体健康,增强体质,这是无可非议的。然而,如果不注意锻炼方法,不控制锻炼强度、时间,不仅不能达到预期的目的,反而会对身体造成损害。因此,运动生物化学的研究内容也围绕着健康与长寿主题展开。

## 一、运动生物化学的研究内容

运动生物化学的研究内容十分广泛。从总体来说,主要是以能量代谢为中心,深入研究体育运动对人体的影响,从而达到提高人体运动能力、促进身体健康、增强体质的目的。运动生物化学研究的主要内容包括:

### (一) 研究人体基本化学组成与健康体能的关系

当人体从安静状态转入运动状态后,身体组成成分也发生了相应的变化。运动能改善人体的化学组成,早期的运动生物化学研究证实,不同动物体的运动能力与化学组成的关系密切,如兔子肌肉中的磷酸肌酸含量比龟的多,故兔子比龟跑得快;不同动物体内基本成分一致,如蛋白质、糖类、脂类、水、无机盐等,而体内的化学组成、不同代谢途径中酶活性在运动中的适应性变化,便成了提高运动能力和增强体质的基础。例如,有氧运动可减体脂、控体重、防治糖尿病和心血管疾病等;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提升自行车、长距离跑、游泳等运动项目运动员的耐力。

体育运动对人体化学组成的变化是相适应的,适应的本质是要符合提高运动能力和促进健康的要求,主要表现在两个方面:

#### 1. 基本化学组成的适应

肌肉蛋白质是实现肌肉收缩的基本成分;肌糖原、肝糖原是运动时的主要能量来源;水和电解质是维持体内环境相对稳定的主要成分;微量元素对某些特殊机能十分重要;脂肪在体内要保持适当的数量;身体化学成分的适应性改变还要适合于运动专项、性别、年龄和体质状况等。因此,在当前运动训练中如何增加肌肉收缩蛋白及健康人如何减肥等,都是运动生物化学研究的热门课题。这些研究发现人体与其他动物的化学组成基本一致,但他们之间的运动能力却存在着很大差别,如人跑 100 m 迄今最好成绩为 9.58 s (2009 年 8 月 16 日德国柏林田径世锦赛牙买加运动员博尔特创造),而豹的最好成绩为 6.13 s (美国动物园饲养的雌性猎豹“莎拉”创造),两者相差 3.45 s,而导致这种结果的原因正与其机体某些物质含量不同有关。另外,体力活动或运动训练(锻炼)可使机体化学组成及代谢发生适应性变化,从而促进健康、增强体质,并且可以提高运动能力;而缺乏体力活动或运动训练,则可能引起身体代

谢紊乱而危害健康。

## 2. 功能性物质的适应

体内功能性物质主要是指酶、激素、某些氨基酸、多肽、微量元素和维生素等。运动可以改善体内代谢调节功能,提高运动能力,促进健康。酶、微量元素、神经递质等都可适应体育运动对身体的要求,如力量与骨骼肌中肌酸激酶活性提高有关,血清皮质醇和睾酮升高可加速对运动调节的适应,随着运动员对营养的需求而增加微量元素(铁、锌、镁等)和维生素的供给,这些都是以化学组成适应来提高运动能力。

### (二) 研究运动时人体能量供应过程和供能能力与运动训练的关系

从生物化学角度来看,人体运动时能量代谢过程不单是以供氧为依据,而是以物质代谢和能量代谢为理论基础。无氧代谢过程主要包括两个供能系统,即磷酸原系统和糖酵解系统;有氧代谢运动时,除磷酸原代谢外,还包括糖类、脂肪和蛋白质分解供能系统的代谢过程,因此,可将其供能系统分为磷酸原系统、无氧糖酵解系统、糖有氧代谢系统和脂肪、蛋白质有氧代谢系统4个供能代谢系统,从而概括了在不同运动方式和运动持续时间运动时的供能特点。当然,在人体运动或进行某一项目运动时,都不可能是单一系统供能,一定是以某一系统为主与其他系统共同参与供能。例如,进行100 m跑、50 m游泳、举重等运动时,能量主要来源于磷酸原系统;400 m跑、100 m游泳则主要靠糖酵解系统供能;有氧代谢系统则主要用于长时间运动的项目,如马拉松跑等。因此,以物质代谢为基础,深入研究不同运动项目、不同运动方式、不同训练周期基质代谢及供能特点,研究消耗、恢复与提高物质代谢和能量代谢间的协调性特征,为科学健身、运动康复和提高健康水平提供科学基础均是重要的研究课题。

### (三) 探讨运动训练适应对体能影响的生物化学变化特点

提高人体的运动能力,除遗传因素外,运动训练是决定性的因素。从运动生物化学的观点分析,人体的运动能力主要取决于人体各供能系统的供能能力。不同的运动项目,由于运动的特点不同,运动时所需的能量供应系统也不同。因此在训练时,应根据运动时供能系统的特点来制订训练计划和选择训练方法。

运动训练科学化的另一个难点是运动负荷的控制与评定问题。适宜的运动负荷,不仅可提高训练效果,更重要的是可以提高人体机能。一般来说,同一运动负荷,施加于不同的运动员,其反应是不同的;同一运动负荷在不同的时间、不同环境施加于不同的运动员,其反应是不同的;同一运动负荷在不同的时间,不同环境施加于同一运动员,其反应也不一定相同。因此,应用运动生



物化学的理论和相应的生物化学指标对运动人体机能进行评价和监控,已广泛应用于体育实践中,并作为监控运动负荷、合理掌握运动强度和运动量、了解身体疲劳和物质恢复程度、评定运动训练效果等的高效手段和工具。客观、准确地进行生物化学评定和监控,可使运动训练更科学、更符合运动员的实际,更具有针对性和高效性,使运动生物化学指标更客观、准确地评定运动负荷。

#### (四) 探讨体育锻炼适应对健康影响的生物化学分析

适宜的体育锻炼,能促进身体健康,增强体质。然而,如果不注意锻炼方法,不控制锻炼强度、时间,不仅不可以达到预期的目的,反而可能不利于身体健康。因此,应根据人体运动时机体物质代谢和能量供应的特点及其调节的规律,作为体育锻炼的理论基础和依据,指导人们科学地安排运动负荷和方式,使机体的化学组成或代谢能力产生最佳的适应性变化,提高体育锻炼的效果;如何采取合理的运动节奏和营养措施等加速运动疲劳的消除和机能的恢复;怎样进行适宜的锻炼防止慢性疾病的发生和发展。流行病学研究显示,随着社会的发展,一些慢性病,如糖尿病、肥胖症、动脉粥样硬化、高血压病的发病率急剧增加,缺乏运动是引发这些疾病的共同因素。从细胞和分子水平探讨这些疾病的病因及运动对这些疾病产生作用的原理和途径,可使人们更好地理解运动对于防治这些慢性疾病的独特价值。总之,应用运动生物化学理论指导,可提高运动的科学性和高效性,从而达到增强体质、增进健康、提高运动能力的目的。

## 二、运动生物化学的研究展望

进入21世纪以来,生命科学成为主导科学,分子生物学是生命科学新的生长点,当前及今后一段时间,运动生物化学的研究必定发展得更快、更深入。一方面,在研究单个化学成分作用的基础上,更深入探讨机体化学组成之间的相互作用与运动能力关系,如糖类、脂肪、无机盐和水之间的关系,运动与内环境的酸碱平衡等。另一方面,更深入探讨运动时代谢机制之间,运动时代谢过程之间的相互关系,如运动时供能物质磷酸肌酸、糖类、脂肪和蛋白质之间存在互补、互动和互克的关系,采用不同项目、不同运动强度和不同运动量时各代谢机制间关系,有氧健身运动时的机制代谢特点等,这些都将成为重要的研究课题。同时,分子生物学的发展及其大量的研究成果已渗透到运动生物化学研究的所有领域,如细胞信号转导与运动适应的机理,运动代谢调节与神经—内分泌—免疫网络理论,基因多态性与运动员选材等研究已成为运动生物化学基础研究的前沿热点,其研究成果也直接为运动实践提供必要