



高 / 等 / 教 / 育 / 体 / 育 / 学 / 精 / 品 / 教 / 材

运动生物化学

SPORTS BIOCHEMISTRY

运动生物化学编写组 编

北京体育大学出版社



运动生物化学

Sports Biochemistry 

《运动生物化学》编写组 编

北京体育大学出版社

出版人 李 飞
责任编辑 佟 晖
审稿编辑 董英双
责任校对 未 茗
版式设计 佟 晖
绘 图 叶 莱 李 鹤
责任印制 陈 莎

图书在版编目(CIP)数据

运动生物化学 / 《运动生物化学》编写组编.
— 北京 : 北京体育大学出版社, 2013. 8
高等教育体育学精品教材
ISBN 978-7-5644-1401-6

I. ①运… II. ①运… 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(2013)第189871号

运动生物化学 《运动生物化学》编写组 编

出 版 北京体育大学出版社
地 址 北京市海淀区信息路48号
邮 编 100084
邮 购 部 北京体育大学出版社读者服务部 010-62989432
发 行 部 010-62989320
网 址 <http://cbs.bsue.edu.cn>
印 刷 北京瑞禾彩色印刷有限公司
开 本 787×1092毫米 1/16
印 张 23

2013年11月第1版第1次印刷

定 价: 69.00元

(本书因装订质量不合格本社发行部负责调换)

序



人才培养是高等学校的根本任务，对处于学校工作中心地位的教学工作来说，其质量建设是高等学校的永恒主题。作为传授知识、掌握技能、提高素质的载体，教材在人才培养过程中起着非常重要的作用，是高等学校提高教学质量，促进内涵发展的有力抓手。

一本好的教材，不仅要充分体现教材应有的基础性、示范性和权威性，还要正确把握教学内容和课程体系的改革和创新方向，充分反映学科的教育思想观念、人才培养模式以及教学科研的最新成果，集中展现教材体系的创新，教材内容的更新和教学方法、手段的革新，善于处理好理论与实践、继承与创新、广度与深度、知识与技能、利学与利教的关系，成为开拓学生视野、引导学生探索、鼓励学生奋进的学业与人生兼备的“工具书”。

从中央体育学院到北京体育学院再到北京体育大学，这60年的办学历程，是继承发展的60年，是改革创新的60年，也是教材建设硕果累累的60年。学校不断探索教材建设的内在规律，引领高等体育教育教材建设的创新之路，发展了具有自身特色的教材体系，形成了特色鲜明的三个发展阶段。第一阶段是在上世纪50年代至60年代，我校教师在苏联专家的指导下，制定和编写了各专业的教育计划、大纲和主要教材。这批教师在主持和参与1961年国家体委组织的体育院校18门课程教材编著工作中发挥了重要作用；而这批教材也成为我国独立编写的、对苏联教材模式有所突破的第一批体育院校教材。第二阶段是上世纪70年代末至90年代，我校教师在大量承担第二次重编体育院校教材牵头组织工作的同时，针对学校“三结合”的办学目标和人才培养模式，开始了多学科、多专业的自编教材建设。第三阶段是进入21世纪以后，特别是国家体育总局于2002年下拨教材建设专款480万元之后，我校教材建设在数量和质量上都取得了重大突破。至2010年共立项建设了涵盖我校各专业课程的187项教材，其中有4项教材获得国家级优秀（精品）教材称号，14项教材获得北京市精品教材称号。可以说上述三个阶段的发展，使我校教材建设水平达到了一个空前的高度，为高等体育人才的培养发挥了重要的作用。

为全面提高高等体育教育质量，深化高等体育教育教学改革，继续加强体育学精品教材建设，2012年初，在北京体育大学教学指导与教材建设委员会的具体指导下，我们启动了高等教育体育学精品教材建设工程。学校遴选教育部新颁布的体育学类所属的体育教育、运动

训练、社会体育指导与管理、武术与民族传统体育、休闲体育、运动康复、运动人体科学7个本科专业的部分基础课程和主干课程开展精品教材建设。我们整合了全校的优质资源，组织专家、教授全程参与教材的规划、编写、初审、终审等过程。按照精品教材的要求，以优秀的教学团队编写优质的教材，出精品、出人才为建设思路，编委会优选学术水平与教学水平兼备、具有创新精神的专家、教授担任教材主编，组织优秀教学团队成员参与教材编写；精确定位教材适用对象，准确把握专业知识结构、能力结构和综合素质要求，深刻领会课程内涵，简洁洗练地表达知识点、能力点和素质点；融入最新的教改成果和科研成果，吸收国外优秀教材的先进理念和成果，创新利于学生自学和教师讲授的教材体例；学校还投入专项资金，对教材进行一体规划、一体设计、一体编审，并采用多色印刷技术增加教材的可读性；为全力保证教材编写质量，北京体育大学出版社资深编辑深度介入教材编写的所有环节。当这批教材展现在读者面前时，我们充满了期待。

岁月如流，薪火相传。60年的教材建设成绩斐然，推动着体育学教材建设步入新的起点、站在新的高度。展望未来，一批批体育学精品教材将随世界一流体育大学的建设进程应运而生，不仅在学校内涵式发展的改革进程中发挥重要作用，而且在全国高等体育院校人才培养中做出积极贡献，在高等教育教材建设中留下浓墨重彩的一笔。

北京体育大学校长
校教学指导与教材建设委员会主任



2013年9月

北京体育大学高等教育体育学 精品教材编委会

顾 问：田麦久 金季春 邢文华

主 编：杨 桦

副主编：池 建 谢敏豪 刘大庆 胡 扬

编 委（以姓氏笔画为序）：

马鸿韬 王瑞元 王荣辉 孙 南

毕仲春 朱 晗 曲 峰 李 飞

祁 兵 迟立忠 张延安 张 健

张 凯 邱俊强 罗冬梅 周志辉

高 峰 唐建军 曹建民 章朝琿

葛春林 温宇红 蔡有志 熊晓正

樊 铭

教材编写组

顾 问：冯炜权

组 长：谢敏豪

副组长：曹建民 张爱芳

成 员：（以姓氏笔画为序）

王 斌 许春燕 张爱芳 张 纓

严 翊 邱俊强 宋淑华 苏 浩

李 妍 房冬梅 曹建民 崔玉鹏

常 波 谢敏豪

前言



为了适应2012版新教学大纲大幅提高实践教学比例，同时为体现运动生物化学最新发展趋势，便于体育教育、运动训练、民族传统体育专业学生学习运动生物化学编写本教材。

本教材以先进性、实践性、新颖性、实用性与可读性为编写宗旨。

教材先进性一方面体现在编写内容不仅仅局限于传统竞技体育所涉及的能量代谢规律、提高能量代谢水平的手段、运动疲劳等领域，而且扩展到运动与健康、运动营养与运动能力领域。另一方面体现在编写中增加较新的研究数据和研究成果。

教材实践性体现在三个方面：1. 在新版教材编写中，很多章节采用先给出相关报道，以这些事例引出章节的内容，体现出理论与实际的联系；2. 在编写内容上编入学生可实际操作的一些知识点；3. 在知识点的巩固上增加学生主动回忆，完成表格的思考题。

教材新颖性体现在三个方面：1. 编写时每一章节的重要知识点与重要概念均以知识框的形式单独列出，便于学生集中掌握重要知识点。2. 扩展的相关知识点以知识框的形式列出。3. 课后思考题增加学生主动参与的题型。

教材实用性体现在结合理论知识的基础之上，为学生提供一些可简便使用的实用方法。

教材可读性体现在以增加图、表的形式，通过以图、表替代文字叙述，使得知识点展示更为直观。

本教材的编写集中了我校和其他兄弟院校从事运动生物化学研究的知名专家、青年学者。北京体育大学谢敏豪教授负责教材整体思路、结构的确定以及定稿，曹建民教授和张爱芳教授负责教材编写大纲的确定、分派写作任务及统稿，苏浩博士负责联络、组稿。各章节分工如下：

谢敏豪、冯炜权教授编写教材绪论；许春燕副教授编写第一章第一、二、三节；严翊副教授编写第一章第四、五节；房冬梅教授编写第二章第一节；苏浩博士编写第二章第二节；张爱芳教授编写第二章第三节；宋淑华副教授编写第二章第四节；许春燕副教授编写第三章第一、二、三节；苏浩博

士编写第三章第四、五节；李妍讲师编写第四章第一、二节；常波教授编写第四章第三节；崔宇鹏教授编写第五章；邱俊强副教授编写第六章；苏浩博士编写第七章第一、二、三节；张缨教授编写第七章第四、五、六节；张爱芳教授编写第八章第一节；严翊副教授编写第八章第二、三节；王斌副教授编写第九章第一、二、三节；曹建民教授编写第九章第四、五节。

本教材邀请我国运动生物化学资深专家、北京体育大学冯炜权教授为编写顾问。在此对冯老师表示真挚地感谢！

由于时间紧迫，编写人员水平有限，若书中出现不妥之处敬请各位专家、同仁和同学批评指正。

《运动生物化学》教材编写组

2013年8月



目录 CONTENTS

绪 论

第一章 运动的物质基础

- 7 / 第一节 蛋白质
- 15 / 第二节 糖类
- 21 / 第三节 脂类
- 26 / 第四节 水、无机盐
- 34 / 第五节 维生素

第二章 运动时物质能量代谢规律

- 43 / 第一节 运动时能量直接来源和代谢基本过程
- 53 / 第二节 运动与糖代谢
- 67 / 第三节 运动与脂肪代谢
- 86 / 第四节 运动与蛋白质代谢

第三章 不同运动项目运动时的能量供应

- 101 / 第一节 举重、爆发力运动的主要物质和能量代谢
- 102 / 第二节 短跑的主要物质和能量代谢（糖无氧代谢）
- 107 / 第三节 中跑的主要供能物质和能量代谢
- 109 / 第四节 长跑与超长跑能量代谢
- 112 / 第五节 各项运动物质能量代谢特点

第四章 运动性疲劳与恢复的生化基础

120 / 第一节 运动性疲劳的生物化学

127 / 第二节 运动后恢复的生物化学

132 / 第三节 训练适应与超代偿

第五章 体能训练的生物化学

142 / 第一节 体能训练的能源基础

144 / 第二节 提高代谢能力的训练方法

152 / 第三节 训练效果的生物化学

第六章 运动训练的生化监控

166 / 第一节 运动训练生化监控的含义及内容

167 / 第二节 训练监控的常用生化指标

174 / 第三节 代谢能力的评估

179 / 第四节 训练监控的实践应用

第七章 运动促进健康的生物化学

188 / 第一节 运动促进健康的生物化学基础

194 / 第二节 运动处方与改善健康

200 / 第三节 我国传统体育项目促进健康的生物化学基础

206 / 第四节 运动促进青少年生长发育的生物化学

211 / 第五节 运动促进中老年人健康的生物化学

216 / 第六节 运动促进女性健康的生物化学

第八章 运动预防慢性疾病的生物化学

222 / 第一节 运动预防糖尿病的生物化学

232 / 第二节 运动预防肥胖的生物化学

248 / 第三节 运动预防心血管病的生物化学

第九章 运动营养与运动能力

267 / 第一节 运动中能量平衡

272 / 第二节 营养素来源

291 / 第三节 平衡膳食营养

301 / 第四节 不同项群运动员的营养需要特点

307 / 第五节 运动营养补剂

附录

314 / 附录1~附录12: 针对不同运动项目的运动生化监控方案

339 / 附录13: 常用训练监控生理生化指标及简要评价方法

341 / 附录14: 常用运动员生化监控指标正常参考值

342 / 附录15: 国际体力活动问卷

347 / 附录16: 人体常用生化指标与营养素正常值

350 / 中英文对照及英文缩略词表

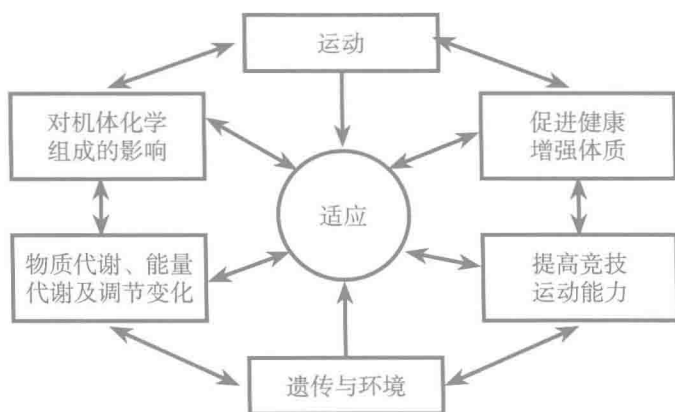
绪 论



运动生物化学是体育科学中一门重要的应用基础理论课,是体育专业大学生必须掌握的重要知识。

一、运动生物化学的任务

人们参加运动的目的是促进健康、增强体质和提高运动能力,要达到这个目的,只有掌握了运动引起机体变化规律的知识,才能做到科学地安排各种体育活动,使身体不断提高对运动的适应,促进健康和提高运动能力。运动生物化学是从分子水平研究揭示运动引起机体变化规律的科学。对于体育专业的本科学生学习运动生物化学这门课程,主要掌握两方面的知识:1. 运动-身体适应-促进健康与提高运动能力的基本规律;2. 运动促进健康与提高运动能力的分子水平的物质基础。



运动生物化学的研究任务

人体运动对身体的影响其本质是适应。如果身体对运动能够逐步适应,就能达到促进健



康、增强体质和提高竞技运动能力目的；如果运动负荷过大、身体总不能适应、体力得不到恢复，就会出现疲劳甚至伤病。

人体化学组成有糖类、脂类、蛋白质、核酸、水、无机盐等，由这些成份组成人体各组织和器官，并体现出人体的各种生命活动，而身体运动是生命活动的综合表现。另一方面，人在先天遗传和生活环境的基础上，科学地进行不同的运动使人体的化学成份及其代谢机能会发生相适应的变化。如：举重运动员以力量训练为主，肌肉相应较发达，肌肉中不但蛋白质数量增多，而且瞬间供能增强使肌肉收缩的力量增强；长跑运动员以耐力训练为主，肌肉糖原贮量较多，而体脂相对减少等。

我们知道，汽车行驶需要燃烧汽油产生能量来驱动。人体则不然，运动时燃烧的能量物质不是汽油，而是糖、脂肪和蛋白质，这些物质产生能量的过程是通过一系列的化学反应，叫做物质代谢、能量代谢。运动时物质代谢和能量代谢是不可分的，是一个问题的两个方面。完成任何运动动作时，都要求必需的能量供应，体内供能物质有高能磷酸化合物（三磷酸腺苷、磷酸肌酸等）、糖类（包括血液和组织液葡萄糖、肝糖原、肌糖原等）、脂肪、氨基酸和蛋白质等。运动时这些供能物质代谢和供能是有序的、相互调节的，它与运动负荷的强度、量度和时间及运动时身体机能状态等相关，因此，在学习时应注意其整体关系。

人体的代谢能够适应不同形式的运动，有赖于身体内部的调节机制。在人体生命活动中，对代谢起调节作用的主要物质有酶、激素、遗传信息和各种代谢间传递调节信息的分子，其在运动的影响下，相互作用、相互影响、不断达到新的平衡。如在运动过程中，加速物质分解供能代谢的肾上腺素、肾上腺皮质激素和酶等活动加强，以适应运动对能量的需求；在运动后恢复期间，加速合成代谢的雄性激素和生长激素等活动加强，以保证恢复和机能提高；代谢调节物质在运动时和运动后在人体内平衡调节，是促进健康、提高运动能力的物质基础。

运动时，糖、脂肪和蛋白质以及磷酸原（三磷酸腺苷）、磷酸肌酸（CP）等供能物质之间存在着相互补充、互相依存的关系。激烈运动开始时，主要通过磷酸原供能，如果糖类储量充足，动用糖可减少脂肪和蛋白质的消耗；在运动恢复期中，糖类供应量充足对肌肉能源与运动能力的恢复有较大帮助；合理营养或服用营养补充品对身体成份和代谢的加速适应等，都是运动时代谢供能物质之间相互关系的重要内容。

20世纪60年代以来，运动时的生物化学变化以物质代谢和能量代谢为理论基础，运动时的无氧代谢过程主要是磷酸原供能系统和糖酵解供能系统；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。可以把供能系统概括分为磷酸原系统、糖无氧酵解系统、糖有氧代谢系统和脂肪有氧代谢系统。从运动与健康要求，有氧运动是基础；在运动训练中，应按各项运动特点，如短跑、中跑、马拉松跑和超长距离跑、各种距离游泳、举重、球类和体操等各个运动项目的供能代谢特点和运动员的训练水平、处于不同训练周期等，应用科学训练方法去提高运动员需求的物质代谢和能量代谢间的协调性，从而提高

运动能力创造优异成绩。

运动时负荷强度和量度安排，要按照身体内能源物质消耗、代谢过程和调节以及恢复期代偿性变化的规律进行安排，也就是说在运动中要根据促进健康和提高运动能力要求，运动负荷强度和量度都要达到最大的能源消耗和代谢协调水平，运动后休息期各种活动、营养及辅助手段（如按摩、桑拿浴等）都要科学合理，才能取得良好的运动效果。

近年来运动生物化学的大量研究成果，在运动训练中已被广泛应用，如运动员身体机能评定方法、运动疲劳和恢复过程的理论、过度训练的早期诊断、运动训练的科学监控和运动员合理营养等。所以，运动生物化学是一门应用性很强的基础理论课。

二、运动生物化学的简史

20世纪40年代以前，最早期的运动生物化学研究，是分析动物运动时肌糖原、磷酸肌酸以及人体的血糖和尿液的变化开始的。20世纪40年代以后，在生物化学中，物质和能量代谢过程、人体正常和病理的生物化学过程的大量成果为运动生物化学提供了基础理论，适应了体育运动和体育科学的发展。我国运动生物化学的研究始于50年代，在运动员身体机能评定、血乳酸和乳酸阈与运动训练、运动内分泌调节、运动营养、运动疲劳和运动健康研究方面，都取得了很多成果，在本世纪初，由运动生物化学研究者牵头的两项研究：《中国优秀运动员运动训练的生理生化监控理论与方法》（冯连世等，2008年）；《提高运动员体能关键技术研究》（谢敏豪等，2009年），先后获国家科技进步二等奖。可见，运动生物化学科学研究在我国体育科学研究处于先进水平，运动生物化学已成为体育科学中的一门重要学科。

运动生物化学是体育学专业学生的重要课程。北京体育学院1955年开始招收四年制本科时，就将化学和运动生物化学列为必修课，共144学时。

1958年10月，北京体育学院设立理论系，运动生物化学又被正式列为必修课。此后，在各专业系科中相继都开设运动生化课程，有必修，也有选修。

1979年，北京体育学院率先成立运动生物化学教研室。并在1982年，开设了运动生物化学专业；并招收运动生物化学专业的硕士和博士研究生，全面培养各层次的运动生物化学教学和科研人才。其后，华东师范大学体育系在1982~1983年也先后两次开办运动生物化学教师进修班，为体育师范院系培养教师，其后又招收硕士和博士研究生，使运动生物化学教学在全国体育教育中普遍开展。

北京体育大学接受了国家体委体育院、系教材编审委员会等的任务，先后于1983、1989、1999、2008年4次作为牵头单位组织编写了本科《运动生物化学》教材；专科用的《运动训练生物化学》；运动人体科学专业教材《运动生物化学原理》和《实用运动生物化学》；主编研究生用的《运动生物化学研究进展》、《运动内分泌学》等教材；在体育师范



院校系统和某些单位也出版了自编的运动生物化学教材，运动生物化学已具有各层次教学的教材。1988年，北京体育学院的运动生物化学被国家体委评为重点学科，随后华东师大的运动生物化学也被评为重点学科，广州体院设立省重点运动生化实验室。运动生物化学的发展出现了蓬勃发展的新局面。目前，运动生物化学已建立起适合我国的教学体系和雄厚的师资、科研力量。

三、运动生物化学与其他学科的关系

体育科学是一门综合性的科学，是自然科学和人文社会科学与体育的相互渗透、交叉所产生的学科。运动生物化学是其中一门专业应用性学科，它与其相关学科必然存在紧密的关系，在运动生物化学的发展和应用过程中，必须处理好相互关系，才能加速本学科的发展。

（一）运动生物化学与健康科学

健康是人类生活的头等大事，运动生物化学与人体健康密切相关，身体健康是任何人的生命活动基础。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，人们的体力活动减少、生活节奏加快、心理压力加剧、生活水平提高，而又不注意合理膳食，并出现运动不足和文明病，主要表现为代谢综合症，如肥胖、高血脂、糖尿病和高血压等及亚健康慢性疲劳综合症。在这种情况下，通过加强体育活动，以充沛的精力、乐观的精神投入工作和各种体育活动，是当前社会发展的需要。为提高健康水平的各种运动随之兴起，有氧代谢运动是促进身体健康、增强体质的科学锻炼手段，为了发挥运动生物化学在全民健身中的作用，要求体育工作者都应具备运动与健康的运动生物化学知识。

（二）运动生物化学与运动训练学

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。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运动项目竞技过程中的需求，已成为提高运动能力的重要物质基础。运动时血乳酸浓度变化的特点是评定专项素质训练方法和负荷强度的重要指标之一；血清睾酮、血清肌酸激酶、血尿素、血红蛋白和尿液指标是评定训练和比赛期运动员身体机能状态的常用指标；在运动员的合理营养和特殊营养补充品的应用中，运动生物化学的理论和技术的不可缺少。如2006年冯连世等编的《运动训练的生理生化监控方法》，是运动生物化学在运动训练监控中的理论和应用体系。运动生物化学的知识已成为运动训练科学化的重要基础。

（三）运动生物化学与运动人体科学中其他学科的关系

运动生物化学是运动人体科学中的一门学科，是直接为运动实践服务的专业基础课。它与运动营养、运动生理、运动医学、运动生物力学、运动心理学和运动解剖学等都有密切关系，在各学科中互相渗透、互相促进。运动生物化学教学要从运动人体科学整体观出发，既要掌握好本学科的地位和教学任务，又要避免学科间不必要的重复，以免增加学生负担。