



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



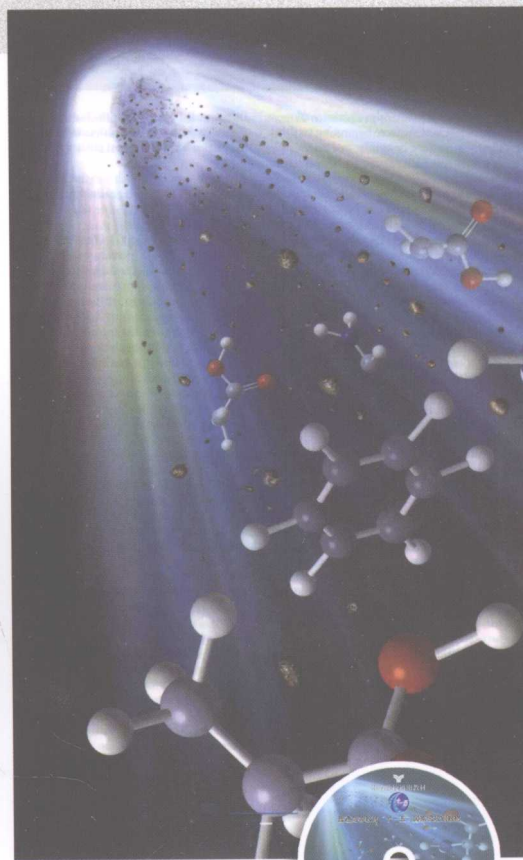
体育院校通用教材

运动生物化学

谢敏豪 林文弢 冯炜权 主编
全国体育院校教材委员会 审定

YUNDONG
SHENGWU
HUAXUE

人民体育出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

体育院校通用教材

运动生物化学

谢敏豪 林文弢 冯炜权 主编
全国体育院校教材委员会 审定

人民体育出版社

图书在版编目(CIP)数据

运动生物化学 / 谢敏豪, 林文毅, 冯炜权主编.

-北京: 人民体育出版社, 2008

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5009-3477-6

I. 运… II. ①谢… ②林… ③冯… III. 运动生物化学-高等学校-教材 IV. G804.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 088080 号

*

人民体育出版社出版发行
三河兴达印务有限公司印刷
新华书店经销

*

787×960 16 开本 19 印张 348 千字

2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1-5,000 册

*

ISBN 978-7-5009-3477-6

定价: 38.00 元

社址: 北京市崇文区体育馆路 8 号(天坛公园东门)

电话: 67151482(发行部)

邮编: 100061

传真: 67151483

邮购: 67143708

(购买本社图书, 如遇有缺损页可与发行部联系)

编写成员

主 编

谢敏豪	北京体育大学	教 授
林文骏	广州体育学院	教 授
冯炜权	北京体育大学	教 授

编委（按照姓氏笔划排序）

丁树哲	华东师范大学	教 授
王正珍	北京体育大学	教 授
王馨塘	北京体育大学	讲 师
冯炜权	北京体育大学	教 授
严 翊	北京体育大学	讲 师
陈德明	哈尔滨体育学院	教 授
林文骏	广州体育学院	教 授
徐 明	成都体育学院	教 授
徐晓阳	华南师范大学	教 授
袁海平	上海体育学院	副教授
翁锡全	广州体育学院	教 授
阎守扶	首都体育学院	教 授
常 波	沈阳体育学院	教 授
曹建民	北京体育大学	教 授
谢敏豪	北京体育大学	教 授

前 言

运动生物化学是生物化学的分支，体育科学学科之一，也是体育科学中应用基础性的学科。运动生物化学是应用物理学、化学和生物学的方法，从分子水平研究人体运动时机体的化学组成、化学变化、能量转变和运动能力的发展与变化，其相关的研究与实践的成果已被广泛应用于竞技体育与大众健身运动中。同时，运动生物化学已成为体育类许多本科专业的必修课。

本书根据体育教育、运动训练专业学生的需求编写。全书分为三篇，共十二章。第一篇为人体运动的物质基础与能量代谢，讲述人体的化学组成、能量代谢的形式及其调节。第二篇为运动训练的生物化学，介绍运动与能量代谢的关系，运动应激引起机体产生适应、出现疲劳的原理，以及对运动训练效果、机体承受运动负荷能力的评价。第三篇为体育锻炼的生物化学，介绍不同年龄、不同性别人群的生化特点及其从事适宜体育锻炼的生化基础，同时，还介绍了衰老、亚健康、代谢综合征、慢性疲劳综合征人群从事适宜体育锻炼的生化基础。我们希望学生通过这门课的学习打下基础，以便在今后从事体育教学、社会体育指导员、健身教练等岗位的工作时，能够结合人体的能量代谢原理，避免运动的负面效应，能够科学地制定运动训练计划与体育锻炼方案。

为了便于教学，随本书赠送 PowerPoint 演示文稿光盘一张。

本书有幸邀请到了许多国内运动生物化学界的著名学者参加编写工作，他们是：林文骥和翁锡全、陈德明、丁树哲、阎守扶、常波、徐明、徐晓阳、袁海平、曹建民、王正珍等，他们分别撰写了独立的章节。需要说明的是，本书最初的章节框架是：糖类与运动，脂肪与运动，蛋白质与运动，核酸与运动，运动与代谢调节物等共十余章。由于种种原因使得初稿在系统性、章节的有机联系以及内容的选择等方面尚存在一些问题，故未能将运动生物化学的学科体系较系统、清晰地呈现给读者。为克服不足，我们整合了原来章节的内容，删减了不必要的重复，进行了必要的补充，如增加了：女子体力活动与健康、生物氧化等内容，并梳理了章节间的关系。冀望这样的章节顺序能够有助于学生的学习。

本书由谢敏豪、林文骥、冯炜权任主编，全书由谢敏豪统一串编，严翊、王

馨塘协助完成。PowerPoint 演示文稿由严翊、王馨塘制作。

本书已于 2006 年被国家教育部列为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书的编写参阅并汲取了 1999 年版的全国体育院校通用教材《运动生物化学》中的内容及精华。同时，在本书编写过程中得到了许多专家学者以及兄弟院校的大力帮助与支持，在此深表谢意。对书中的不足与缺陷，敬请读者批评指正。

《运动生物化学》教材编写组

2008 年 6 月

目 录

绪论	(1)
第一节 运动生物化学的研究内容和任务	(1)
第二节 运动生物化学学科的发展	(4)
第三节 运动生物化学和其他学科的关系	(5)
第四节 怎样学好运动生物化学	(6)
第一篇 人体运动的物质基础与能量代谢	
第一章 人体的化学组成	(11)
第一节 核酸	(12)
第二节 蛋白质	(15)
第三节 糖类	(21)
第四节 脂类	(24)
第五节 水、无机盐	(31)
第六节 酶、维生素	(36)
第七节 激素	(40)
第二章 人体的无氧代谢供能系统	(44)
第一节 人体的能量代谢	(45)
第二节 磷酸原供能系统	(48)
第三节 糖酵解供能系统	(51)
第三章 人体的有氧代谢供能系统	(59)
第一节 糖有氧氧化	(60)
第二节 脂肪有氧氧化	(62)

第三节	蛋白质有氧氧化	(67)
第四章	物质代谢的关系与调节	(77)
第一节	糖、脂肪、蛋白质在能量代谢中的关系	(78)
第二节	代谢调节	(81)

第二篇 运动训练的生物化学

第五章	运动训练的机体能量供应	(89)
第一节	运动时物质代谢和能量代谢的基本过程	(90)
第二节	运动时能量连续释放过程与运动强度的关系	(91)
第三节	不同运动项目的物质代谢和能量代谢	(93)
第四节	能量物质储备与运动能力	(98)
第五节	运动训练监控	(109)
第六节	运动训练生化监控的应用	(113)
第六章	机体对训练的适应与疲劳	(126)
第一节	运动训练的超代偿规律	(127)
第二节	运动应激与神经—内分泌—免疫网络调节	(131)
第三节	骨骼肌蛋白质合成代谢的适应性变化	(136)
第四节	脂代谢的运动适应	(140)
第五节	核酸与运动	(143)
第六节	酶的运动适应	(148)
第七节	激素的运动适应	(152)
第八节	运动与酸碱平衡	(156)
第九节	运动性疲劳的生物化学基础	(160)
第七章	营养补充与兴奋剂	(172)
第一节	运动员的合理营养	(173)
第二节	运动营养品	(177)
第三节	糖类的补充与运动能力	(181)
第四节	水、电解质的补充与运动能力	(184)

第五节 兴奋剂	(188)
---------------	-------

第三篇 体育锻炼的生物化学

第八章 体育锻炼的生化基础	(199)
第一节 体育锻炼与体力活动	(200)
第二节 体育锻炼的生化评价	(204)
第九章 青少年体力活动与健康的生物化学	(208)
第一节 青少年体力活动的生物化学特点	(209)
第二节 青少年的体力活动	(217)
第三节 青少年的合理营养	(223)
第十章 中老年人体力活动与健康的生物化学	(229)
第一节 中老年人体力活动的生物化学特点	(230)
第二节 中老年人的体力活动	(233)
第三节 中老年人的合理营养	(237)
第十一章 女子体力活动与健康的生物化学	(242)
第一节 女子体力活动的生物化学特点	(243)
第二节 女子的体力活动	(246)
第三节 女子的合理营养	(251)
第十二章 衰老、亚健康和某些疾病与体力活动	(256)
第一节 衰老与体力活动	(257)
第二节 亚健康与体力活动	(262)
第三节 慢性疲劳综合征与体力活动	(265)
第四节 代谢综合征与体力活动	(270)
第五节 骨质疏松与体力活动	(280)
附录 常用生物化学名称缩写	(283)

绪 论

第一节 运动生物化学的研究内容和任务

在运动时，机体会出现许多变化，我们学过的运动解剖学是从人体形态上描述运动机体变化的规律，运动生理学主要是以机体器官系统为脉络揭示运动人体的功能变化规律，而运动生物化学则是进一步从分子水平研究运动人体的变化规律。

运动生物化学是生物化学的分支学科，是体育科学中的应用基础性学科，直接为体育事业服务，主要研究内容和任务是：

一、运动与身体化学组成的相互关系

不同动物的身体成分基本一致，包含核酸、蛋白质、糖类、脂类、水、无机盐等。早在 20 世纪 40~50 年代，人们应用比较生物化学方法观察不同动物的运动能力与其身体化学组成的关系，如有研究报告，兔子肌肉中的磷酸肌酸（CP）含量比乌龟的多是兔子比乌龟跑得快的原因之一。

运动能改变机体的化学组成。在体育锻炼和竞技运动训练中，机体化学组成会发生相应的改变，这是运动生物化学研究的一个重要内容。在运动过程中，体成分、酶活性、激素调节等产生适应性变化是提高运动能力和促进健康、增强体质的基础。例如，有氧运动可减体脂、控体重，有助于防治糖尿病等代谢性疾病和心血管疾患等；在竞技运动训练中，肌肉蛋白质含量的增加，有助于提高力量项目运动员的力量水平；骨骼肌糖原含量、血红蛋白浓度的增加，有助于提高耐力项目运动员的耐力水平。此外，运动过程中，机体也会发生脱水、酸碱平衡破坏等不适应的变化，对运动引起的机体不适应变化及预防的研究也是重要的研究内容。

近年来，运动和健康的研​​究正在广泛开展。随着生命科学的发展，人体的化学组成，尤其是基因——基因组学，基因、蛋白质——蛋白质组学，是当前生物化学的研究热点，将来必定在运动生物化学领域产生深远影响。

二、运动时物质代谢与能量供给

(一) 运动时供能物质的动员

运动时，供能物质磷酸肌酸、糖、脂肪和蛋白质之间，既存在相互补充的关系，又存在相互抑制的关系。如糖供应量和储量充足，可减少运动中脂肪和蛋白质的消耗，促进运动恢复期肌肉磷酸肌酸的恢复，对运动能力的提高有较大帮助。因此，熟悉各基质在不同项目、不同生理负荷量和强度运动时代谢及供能特点，了解它们的相互关系，是制定科学的运动训练计划及合理营养的基础。

(二) 运动时供能物质的代谢

运动时物质和能量代谢的特点和规律是运动训练和运动健身方法的重要理论基础。运动时机体的能量代谢体系包括有氧代谢与无氧代谢两种代谢过程，由磷酸原供能系统，糖酵解供能系统，糖、脂肪、蛋白质有氧代谢供能系统三个供能系统组成，其中将磷酸原和糖酵解供能归为无氧代谢过程，有氧代谢过程主要由糖、脂肪和蛋白质分解供能。游泳、体操、举重、球类、跑步等，无论哪一种项目，在运动时都不可能由单一供能系统提供全部能量，一定是以某一供能系统为主，其他系统共同参与供能，因此是各能量代谢系统间的连续释放统一的过程。

目前，运动生物化学以物质代谢为基础，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、不同训练周期各基质如何消耗，以及如何恢复、提高机体对物质代谢和能量代谢的调节能力等问题，为科学训练和提高运动能力、创造优异成绩提供科学基础。同时，在全民健身中探讨体育锻炼与有氧代谢的合理关系，制订出科学的体育锻炼方法和运动处方，是运动生物化学的重要任务。

(三) 运动时物质代谢的调节

人体运动能力是整体协调的表现，是在神经支配下各种调节协同作用的结果，在运动影响下，从人体特点出发在生物化学基础上，应注意以下几方面的代谢调节：

1. 神经—内分泌—免疫与代谢间的调节网络

从人体的整体观出发，运动对人体的影响是全面的。大量研究证明，神经—

内分泌—免疫与代谢间的调节网络是相互联系、相互影响和相互调节的。目前,神经—内分泌—免疫与代谢间的调节网络在运动训练中的作用已引起重视,进一步研究将有助于了解训练和恢复的过程、运动疲劳和过度训练等。

2. 神经—肌肉或其他内脏器官的代谢调节

在当前的研究成果中,有关肌肉或其他内脏器官的代谢内分泌调节较多,对神经与各器官间的相互调节研究还不够。

3. 分子网络调节

运动生物化学的根本任务是从分子水平上研究各组织和器官的细胞代谢中的分子网络调节,构成网络调节的分子都属于生物活性分子(包括信号传导分子、酶、激素、氨基酸及各种神经递质),这些生物活性分子是分子网络调节中的重要环节,它能影响其他环节,也受其他环节的影响,从而发挥其功能作用。目前,运动时的代谢调节的研究和应用正在不断深入。

三、增强健康与体适能的生物化学基础

缺乏运动是公认的严重危害健康的重要因素。由于缺乏运动在不同人群中发生的肥胖、高血脂、高血糖、高血压、冠心病和骨质疏松等(1998年联合国卫生组织把这些病称为“代谢综合征”)日益增多。早在1996年北美100多位运动医学专家共同起草了《体力活动与健康:美国医务总署报告》(Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General),由美国疾病控制和预防中心出版,它为全民健身运动提供了一个重要信息,除了在文件中肯定了经常运动的重要性外,还提倡每天进行至少30分钟中等强度的体力活动,提出中等强度运动和累积运动时间作为健身运动的指标。

运动生物化学在为全民健身服务中,应当根据不同人群、社会发展的要求不断调整和明确本学科的教学与研究任务。我国一直致力于体质调查研究,开展全民健身运动。当前在中小学生学习中强调“健康第一”,在青年和中老年人中要提高健康的体适能。在这种形势面前,运动生物化学要进行:

1. 体育锻炼和体力活动对增进健康的科学基础研究;
2. 从生物化学角度研究合理的、适应不同人群的运动处方,这是运动生物化学当前和今后长期的任务。

四、提高运动能力的生物化学基础

以专项的有氧和无氧代谢能量供应为基础,结合运动项目特点及运动员的专项水平,制定科学的训练方法并进行训练的生物化学监控、物理负荷和生理负荷关系的评定、运动员负荷后的机能状态评定等是保证运动训练科学性的重要内容。此外,运动员身体疲劳和恢复关系的研究、过度训练预防方法和手段的探索,以及运动中的物质消耗和合理营养补充关系的研究,同样是保证科学训练,提高运动能力的重要内容。

第二节 运动生物化学学科的发展

一门学科的发展是由其内在规律和相关学科推动的。运动生物化学作为一门交叉学科,有赖于体育科学和生物化学的发展。

20世纪40年代以前,早期的运动生物化学主要研究动物运动时肌糖原和磷酸肌酸的变化,以及人体运动时血糖和尿液的变化。20世纪40年代,对物质和能量代谢过程、人体正常和病理的生物化学过程研究的成果,为研究人体运动时的生物化学过程提供了理论依据。以苏联列宁格勒体育科学研究所雅可夫列夫(Яковлев Н. Н.)为首的研究者进行了大量的研究工作,并于1955年出版了《运动生物化学概论》,系统地论述了运动时力量、速度、耐力的适应性的生物化学变化和有关规律。同时,欧美各国的研究也日益增多,运动生物化学学科体系雏形基本形成。1968年,在比利时布鲁塞尔召开了第一届国际运动生物化学报告会,并成立了国际运动生物化学研究组织(Research Group on Biochemistry of Exercise, RGBE),隶属国际运动科学与体育委员会(International Council of Sports Sciences and Physical Education, ICSSPE),以后每三年召开一次国际运动生物化学科学报告会。1970年和1971年又先后召开了两次运动生物化学专题讨论会。1979年起,与运动生理学联合,每三年举办一次运动训练的生理、生物化学和营养专题讨论会,我国运动生物化学和运动营养工作者也积极参加了这些学术活动。我国体育科学学会运动医学分会在1984年起设立运动生物化学与营养专业学组至今,在运动医学分会和体育科学学会的学术会议中都有运动生物化学的专题内容。

自雅可夫列夫的《运动生物化学概论》之后,Kuel J.(德国)的《人体肌肉

能量代谢》(1972年), Shephard R. J. (加拿大)的《运动生理学和生物化学》(1972年)和 Poortmans J. R. (比利时)的《运动生物化学原理》(1988年)相继出版。1981年,我国正式出版了《运动生物化学》教材。近年来,国内外运动生物化学的各种专著不断问世,反映了运动生物化学学科的成熟和发展。

在我国体育教育专业人才的培养中,教育部在2003年将运动生物化学列为主干课程。在教学和体育科学体系中,运动生物化学已成为一门重要学科。

第三节 运动生物化学和其他学科的关系

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相互渗透、交叉所产生的边缘学科。运动生物化学是其中一门专业基础学科,它和其他相关学科必然存在紧密的联系,运动生物化学的发展和应用不可能是孤立的,必须了解相关学科的内容,处理好其相互关系,才能加速本学科的发展。

一、运动生物化学与健康科学

健康与体适能(physical fitness)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,人们的体力活动越来越减少,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,导致一系列文明病的出现,主要表现为肥胖、高血脂、高血压、糖尿病等代谢综合征(metabolic syndrome, MS),亚健康状态和慢性疲劳综合征。在这种情况下,通过加强体育锻炼和体力活动,注意合理营养,达到身心适应社会发展的要求,以充沛的体力、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。因此,以提高健康为目的的健身运动随之兴起,以有氧代谢为主的运动是提高体适能、增强体质的科学基础。在运动生物化学研究中,应加强研究有氧代谢运动与健康与体适能的关系;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;为“健康第一”提供体育锻炼和体力活动的科学知识,发挥运动生物化学在全民健身中的作用。

二、运动生物化学与运动训练学

运动训练的目的在于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原理已在训练中广泛应用。例如，在不同运动项目训练过程中改善有氧代谢和无氧代谢的水平，已成为提高运动能力的重要手段。

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，是进行运动训练方法和手段监控的基本生物化学方法；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、补充运动营养品的过程中，以及监测运动员滥用兴奋剂时，运动生物化学的理论和技術也是不可缺少的。目前在训练监控中，基本上已建立运动训练（方法、手段、负荷）监控体系，运动员身体机能监控体系和运动员营养监控体系。这些理论和方法，已在竞技运动训练中为广大教练员和运动员所接受。因此，运动生物化学的理论和方法是运动训练科学化的重要保障。

三、运动生物化学与运动人体科学中的其他学科

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，它与运动人体科学中的其他学科，如运动营养学、运动生理学、运动医学、运动生物力学、运动心理学和运动解剖学等，既有知识的衔接，又有着密切的联系。这些学科都有自己的研究任务和內容，不应合而为一，否则会影响各学科的发展。这些学科之间，及其在各自的学科体系中，互相渗透、互相促进、取长补短。在科学研究中，既要把握从运动人体科学的角度进行全面系统的整合，又要注重从运动生物化学等学科的角度开展深入细致的研究。

第四节 怎样学好运动生物化学

如何能够学好运动生物化学，关键在于处理好教与学的关系。本书每章內容主要采用课堂教学形式组织教学，复习已有的生物学和化学知识，结合运动实际，提出问题，采用课堂讨论方式，活跃学习气氛。这里主要谈如何去学好这门课。

一、温习相关知识

既然运动生物化学是应用性基础理论课，就要掌握好相应的基础知识。它相

应的基础知识是什么？从字面上理解就是学习运动生物化学相应的生物化学基础知识，这就有很强的针对性。要达到这个要求，应注意复习在中学时代的生物学和化学的知识。1988—1989年在“体院运动生物化学课程应如何开设”和“体院本科运动生物化学教材内容的研究”中，调查过北京体育大学本科生的生物学和化学两科的入学成绩，说明本科生已具备学习运动生物化学的基本入门知识，并以此为基础编写了1990年的《运动生物化学》本科教材，在教学过程中收到了较好的效果。近17年来，中学的生物学和化学教材内容丰富了很多，基本满足了运动生物化学入门的需要，根据本科运动生物化学的内容，可有针对性地适当补充相应基础知识，见下表。

表 高中生物课的教学内容

科别	生物课		化学课		
	教学内容	章次	年级	教学内容	章次
理科	生命的物质基础	1	高一	绪论	
	生命活动的基本单位——细胞	2		化学反应及其能量变化	1
	生命的新陈代谢 (包括 ATP 转换、细胞呼吸)	3		碱金属	2
	生命活动的调节	4		物质的量	3
	生命的生殖和发育	5		卤素	4
	遗传的物质基础	6		物质结构 元素周期表	5
	生物的进化	7		氧族元素 环境保护	6
	生物与环境	8		碳族元素 无机非金属材料	7
	人与生物圈	9		高二	氮 化学计算
	部分中英文对照表	附	有机化学		9
文科	生命活动的调节与免疫	1		烃	10
	光合作用与生物固氮	2		烃的衍生物 (醇、醛、酮、酸)	11
	遗传与基因工程	3		糖、脂肪、蛋白质	12
	细胞与细胞工程	4		有机材料	13
	微生物发酵工程	5		晶体的类型与性质	14
			高三	胶体性质及其应用	1 单元
				化学反应中的物质变化和能量变化	2 单元
		电解原理及其应用		3 单元	

(引自：2004—2005 年高中教材)

二、理论联系实际

联系实际进行学习，不仅可以加深印象，还能够提供解决实际问题的能力。

主要包括三个方面:

1. 联系实际,用运动生物化学知识分析运动实践中的问题。如果问运动时血乳酸高好还是低好?不能脱离运动项目来回答这个问题,跑400米血乳酸要高,跑马拉松要低,这是专项运动的代谢需求,脱离运动实际很难掌握好。

2. 上好实验课。通过运动生物化学实验课的学习,掌握一些基本的检测手段和方法,为工作中的实践应用打好基础。

3. 积极参与课堂讨论。针对当前体力活动和运动健身或运动训练中的问题,大家进行讨论,师生加强交流,提高分析问题的能力,不要教和学分离。

思考题

1. 你怎样认识运动生物化学在体育运动中的作用?
2. 你准备怎样去学好运动生物化学?

参考文献

1. 冯炜权,谢敏豪,王香生,等.运动生物化学研究进展 [M].北京:北京体育大学出版社,2006.
2. 冯炜权.运动生物化学的回顾和展望 [J].北京体育大学学报,1994,17(4):44-49.
3. Frank W. Booth S. Tseng S.T. et al. Beyond Exercise Biochemistry 2000: A New Golden Age. In Hargreaves M. Thompson. M. Biochemistry of Exercise X. Human Kinetics, 1999, 9-15.

(冯炜权 谢敏豪 林文强)