

高等学校教材

运动生物化学

许豪文 冯炜权 王元勋 主编

SPORTS



高等教育出版社

高等学校教材

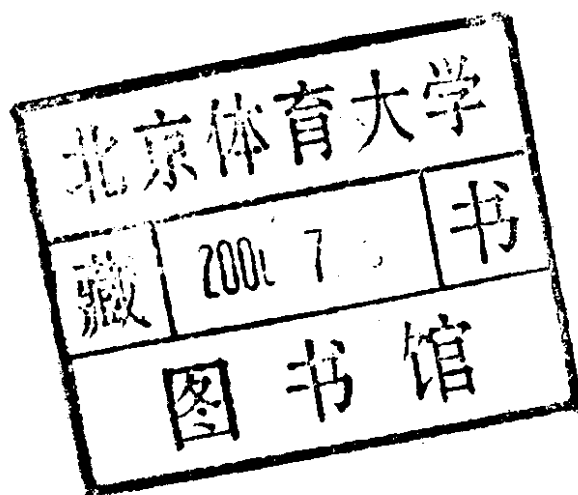
运动生物化学

许豪文

冯炜权 主编

王元勋

Ty 24/04



高等教育出版社

(京)112号

图书在版编目(CIP)数据

运动生物化学/冯维权,王元勋编. —北京:高等教育出版社,1998.7(2000重印)

ISBN 7-04-006580-0

I.运… II.①冯… ②王… III.运动生物化学 IV.G8
04.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 05569 号

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号 **邮政编码** 100009

电 话 010—64054588 **传 真** 010—64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所

排 版 高等教育出版社照排中心

印 刷 国防工业出版社印刷厂


开 本 850×1168 1/32 **版 次** 1998年5月第1版

印 张 6.875 **印 次** 2000年2月第4次印刷

字 数 170 000 **定 价** 9.10 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等
质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究



内 容 提 要

本书根据普通高等学校体育教育专业课程方案精神,由全国部分高校体育教育专业有丰富经验的专家编写。全书共 9 章,包括:绪论、人体的化学组成、高能磷酸化合物、运动和糖代谢、运动和脂类代谢、运动和蛋白质代谢、年龄、性别的生化特点和体育运动、运动性疲劳的生化及体育锻炼效果的生化评定,并附主要实验。适应于普通高等学校体育教育专业学生使用。

编写说明

根据 1988 年国家教委“全国普通高等学校体育专业目录”的要求，运动生物化学教材从 1993 年开始组织编写，由许豪文、冯炜权、王元勋教授担任主编，1996 年初经王步标教授、邓树勋教授对全书进行了评审，认为教材内容符合高师体育教育专业培养目标，是适合高校体育专业学生使用的教材。并提出了很多宝贵的修改意见，建议修改后可送交高等教育出版社出版。据此，再由冯炜权、王元勋教授对全书进行了统笔和修改，为了适应当前高校体育专业的培养要求和教学改革的形势，适宜的教学时数仍在探索。但在当前这种形势下，为适应教学和学生自学的需要，压缩了一部内容，合并了一些章节，并将一部内容用小体字排印，作为教师灵活掌握和学生自学参考。实验课内容也编入教材，供参考使用。

参加本教材编写的成员有：许豪文（第 1、3、5 章）、郑植友（第 2 章）、王元勋（第 4 章、实验）、舒有模（第 6、8 章）、冯炜权（第 7、8、9 章）。

运动生物化学是一门专业基础课，在高师院校体育教育专业学生中如何开设，教学内容如何选定，仍在探索之中。这次我们编写这本教材时，力求在保证教材的科学性、系统性、先进性的基础上，突出师范性、实用性和适用性。但是要做到这些，还要不断努力。这次编写的教材仅是开始，肯定存在各种各样的问题，希望教师和学生在学习的过程中，提出宝贵意见，以便不断完善。最后，我们衷心感谢王步标、邓树勋教授及高等教育出版社同志们对本书付出的辛勤劳动。

编者

1997.3 月

责任编辑	肖形岭
封面设计	刘晓翔
责任绘图	潘曙光
版式设计	李杰
责任校对	王元勋
责任印制	杨明

目 录

第一章 绪 论	(1)
一、运动生物化学的研究任务	(2)
二、运动生物化学在体育科学中的地位	(3)
三、运动生物化学的发展	(4)
第二章 人体的化学组成	(7)
第一节 糖类	(8)
一、糖类的元素组成及分类	(8)
二、糖类的生物学功能	(11)
第二节 脂	(13)
一、脂类的概念和分类	(13)
二、脂肪	(14)
三、复合脂	(15)
四、类固醇及其衍生物	(15)
五、脂肪的生物学功能	(16)
第三节 蛋白质	(17)
一、蛋白质的化学组成和分子结构	(17)
二、蛋白质分子结构与功能的关系	(23)
三、蛋白质在生命活动中的作用	(24)
第四节 水和无机盐	(25)
一、水的概述	(25)
二、无机盐概述	(27)
第五节 酶和维生素	(31)
一、酶的概述	(31)

二、维生素的概述	(37)
第六节 激素	(40)
一、激素概述	(40)
二、运动时能源物质利用的激素调节	(42)
复习题	(43)
第三章 高能磷酸化合物	(44)
第一节 腺苷三磷酸 (ATP)	(45)
一、ATP 的结构	(45)
二、ATP 在能量代谢中的地位	(46)
三、ATP 的水解	(46)
四、ATP 在组织中的含量	(46)
五、运动时工作肌中 ATP 的代谢	(47)
六、ATP 再合成的途径	(47)
七、不同途径再合成 ATP 的效率及 可利用量对比	(48)
第二节 肌酸磷酸 (CP)	(50)
一、CP 的结构	(50)
二、组织内 CP 的贮量	(50)
三、CP 的生物学功能	(50)
四、运动中 CP 的供能	(51)
第三节 肌细胞能量代谢过程中高能 磷酸基的转运	(52)
第四节 运动后磷酸原的恢复	(54)
第五节 运动对磷酸原系统的影响	(55)
复习题	(55)

第四章 运动和糖代谢	(56)
第一节 糖的分解代谢及能量的生成	(57)
一、糖的无氧氧化——糖酵解	(57)
二、糖的有氧氧化	(64)
第二节 糖的异生作用和生理意义	(72)
一、维持血糖的相对恒定	(72)
二、糖异生作用有利于乳酸的利用	(72)
三、糖异生作用能促进脂肪的氧化分解 供能和氨基酸代谢	(73)
第三节 糖代谢的调节	(74)
一、对糖酵解和有氧氧化的调节	(74)
二、糖异生作用调节	(76)
第四节 生物氧化	(79)
一、生物氧化中水的生成	(79)
二、生物氧化中 ATP 的生成及 ATP 的 重要作用	(81)
第五节 运动对糖代谢的影响	(85)
一、运动对肝糖原的影响	(85)
二、运动和肌糖原	(86)
三、运动与血糖	(91)
四、运动与乳酸	(94)
复习题	(99)
第五章 运动和脂类代谢	(101)
第一节 脂肪的分解代谢	(102)
一、脂肪组织中贮存脂肪的水解和动员	(102)

二、血浆脂蛋白中甘油三酯的水解	(103)
三、细胞内甘油三酯的水解	(104)
第二节 血浆自由脂肪酸 (FFA)	(105)
第三节 脂肪酸的分解代谢	(107)
一、脂酰辅酶 A 的生成	(107)
二、脂酰辅酶 A 通过线粒体内膜	(107)
三、脂酰辅酶 A 的 β -氧化作用	(108)
四、脂肪酸氧化时能量的生成	(109)
第四节 甘油的代谢	(112)
一、甘油氧化时的能量生成	(112)
二、运动时甘油代谢的意义	(113)
第五节 酮体的生成和利用	(114)
一、酮体的生成	(114)
二、酮体的利用	(114)
三、酮体生成的生理意义	(114)
第六节 运动对人体脂代谢的影响	(116)
一、人体适宜体重体脂百分率和健康的关系 ...	(116)
二、长时间耐力运动对血脂的急性影响	(118)
三、耐力运动训练对血脂的影响	(118)
四、耐力训练引起血浆脂蛋白浓度 变化的机制	(120)
五、耐力运动训练对体脂百分率和 脂代谢影响	(122)
复习题	(122)
第六章 运动和蛋白质代谢	(124)

第一节 氨基酸代谢的基本途径	(125)
一、体内氨基酸的来源和去路	(125)
二、氨基酸代谢的共同途径	(126)
三、蛋白质与糖类、脂类代谢关系	(130)
第二节 运动时氨基酸代谢	(132)
一、运动对骨骼肌代谢的影响	(132)
二、葡萄糖-丙氨酸循环和支链氨基酸代谢在 运动中意义	(132)
三、运动与骨骼肌的氨代谢	(134)
复习题	(134)
 第七章 年龄、性别的生化特点和	
体育运动	(136)
第一节 青少年生长发育过程中的生化 特点和体育锻炼	(137)
一、青少年在生长发育过程中身体化学组成 变化和体育锻炼	(137)
二、青少年生长发育过程中代谢调节能力的 变化和体育锻炼	(140)
三、青少年生长发育期中运动能力变化特点 ...	(144)
第二节 衰老过程的生化特点和体育锻炼	(147)
一、衰老的生物学原因	(147)
二、衰老和体育锻炼	(149)
复习题	(149)
 第八章 运动性疲劳的生化	(151)
第一节 运动性疲劳的概念	(152)

第二节 运动性疲劳的机理	(153)
一、疲劳的控制链	(153)
二、突变理论	(153)
三、不同运动时间疲劳特点	(155)
第三节 提高运动能力的营养补充品	(156)
一、肌酸	(156)
二、碱性盐	(157)
三、蜂蜜及某些糖类	(157)
四、氨基酸	(158)
五、中药补剂	(160)
第四节 竞技体育中的违禁药物	(161)
一、兴奋剂的定义	(161)
二、兴奋剂的类别和方法	(161)
三、兴奋剂对身体的害处	(163)
四、酒精和烟草	(169)
复习题	(171)
第九章 体育锻炼效果的生化评定	(172)
第一节 运动后身体机能状态的评定指标	(173)
一、血红蛋白 (Hb)	(173)
二、血尿素	(177)
三、尿蛋白	(181)
四、尿胆原	(182)
第二节 体育锻炼效果的评定	(183)
一、人体运动耐力的生化评定	(183)
二、血脂	(185)
复习题	(186)

〔附录〕 运动生物化学实验	.....	(187)
实验一 血红蛋白测定	.....	(188)
实验二 血糖的测定	.....	(191)
实验三 血乳酸的测定	.....	(196)
实验四 血尿素的测定	.....	(199)
实验五 尿肌酐的测定	.....	(203)
主要参考书	.....	(206)

第一章

绪 论

运动生物化学是生物化学的一门分支学科。生物化学是从分子水平来研究生物体内基本物质的化学组成和在生命活动中所进行的化学变化规律以及与生理机能关系的一门科学。运动生物化学着重于研究生物体在进行运动时体内发生的化学变化（代谢反应）以及在进行体育锻炼引起体内在分子水平上适应性变化的一门学科。随着体育科学的发展，为了阐明体育运动对于改善人体健康水平，提高竞技能力的机制，运动生物化学受到越来越大的重视，使得这一学科本身也得到迅速发展。

一、运动生物化学的研究任务

（一）长期进行体育锻炼对有机体化学组成的影响

组成有机体的重要物质有蛋白质、核酸、糖类、脂类、无机盐和水等，此外还有多种含量较少但对生命活动有极重要作用的维生素和激素。在长期体育锻炼的影响下会引起有机体产生一系列适应性的变化，如力量训练会使骨骼肌蛋白质合成增多，从而使肌肉变得粗壮；耐力训练将消耗体内过多的脂肪，改变血浆脂蛋白的成分和脂蛋白脂肪酶的活性，骨骼肌细胞线粒体体积增大，数量增多，从而提高了氧化酶类的活性和呼吸链成分的数量，血红蛋白和肌红蛋白浓度增高等。长期体育锻炼也对体内蛋白质、脂类、糖类、无机盐等代谢有良好的影响。

（二）激烈运动时有机体代谢变化的规律

激烈运动时有机体内发生一系列物质代谢和能量代谢的变化以及有机体与外环境进行着连续不断的物质交换，这是运动生物化学研究重点。例如，在运动时骨骼肌细胞内腺苷三磷酸（ATP）作为直接能源其分解速率可以增大几十倍到1 000倍之多，由于肌细胞中ATP的含量极少，只能供给肌肉几次收缩之用，因此，在ATP分解的同时必然发生ATP的再合成，这样才能保持肌肉持续不断的获得能量，保证其工作能力。ATP再合成

的途径有多种,能够使ATP再合成的物质也有多种,根据运动负荷的大小和持续时间的长短,肌酸磷酸(CP)和糖的无氧酵解是再合成ATP的无氧途径;糖类、脂肪和蛋白质的氧化是再合成ATP的有氧途径。激烈运动时有机体内还会出现一些物质代谢的变化如糖类的贮存大量排空,血糖浓度降低,肌肉和血液中乳酸浓度升高,pH值降低等,这些变化与运动时疲劳的发生有着相当密切的关系,如何推迟运动时疲劳发生,提高人的运动能力。怎样进行科学的体育锻炼才能使机体的化学组成产生理想上所需要的适应性变化,从而增进健康,提高运动能力,这是我们学习运动生物化学的重要任务。

二、运动生物化学在体育科学中的地位

运动生物化学是体育科学的一门重要的专业基础课。机体在运动时体内发生的一系列重要的生理变化,如肌肉收缩,神经冲动传导,激素分泌,耗氧量增加等都是以物质代谢和能量代谢为基础。所以,运动生物化学的任务之一是研究运动时代谢反应与生理机能的关系,是了解运动时生命现象的重要环节之一。运动生物化学和运动生理学关系极为密切。共同探讨运动时生命现象的本质,运动生物化学着重于从代谢的分子水平,运动生理学着重于从细胞、组织、器官和系统的功能进行探讨。由于关系密切,常不易完全划分清楚。共同作为体育科学的重要专业基础课。

运动生物化学和运动医学、体育保健学、康复医学之间的联系也十分紧密。代谢过程的异常必然表现为疾病,如过度训练和体内代谢异常有密切的关系。脂质代谢异常与肥胖病、冠心病、动脉粥样硬化的发病也有密切的关系。从事体育运动可以降低血脂,改变血管脂蛋白的代谢和成分,对上述各种疾病的预防或治疗都有积极的作用。

学习和掌握运动生物化学的知识可以更好地指导人们进行体育锻炼和运动训练,提高体育运动的科学性和有效性。

三、运动生物化学的发展

生物化学是 20 世纪初叶才脱离有机化学和生理学发展成为一门独立的新兴学科。运动生物化学是体育科学和生物化学发展的必然产物。在形成独立的学科之前运动生物化学的研究孕育在其他学科的研究内容之中，在 20 世纪 40—50 年代运动生物化学的研究有了很大的发展，60 年代成熟为一门独立的新兴边缘学科。

(一) 萌芽时期

19 世纪初在基础医学和临床医学的研究中即已经涉及到一些运动生物化学的研究内容。例如英国 Berzelius (1807) 的论文“肌肉的机器”中最早报道了肌肉收缩产生乳酸。Chauveau (1887) 研究报道了运动时血糖代谢的特点。Pettenkofes 和 Voit (1886) 报道肌肉收缩时蛋白质参与供能未比静息状态增加。上述各方面的论文皆表明运动生物化学的研究萌芽于其他学科的研究之中。运动条件下体内物质代谢和能量代谢的变化已开始引起人们的关注。

(二) 早期

20 世纪初生物化学成为一门单独的学科，处于一个蓬勃发展时期，对高能磷酸化合物的代谢、糖酵解和生物氧化等能量代谢的研究都取得了重要的进展。Fletcher 和 Hohkins (1907), Meyerhof (1920), Hill (1923—1925) 对肌肉收缩时乳酸的生成，乳酸生成和缺氧的关系，糖原是乳酸生成的前体物质作了大量的研究报道。Lohmann (1928) 在肌肉的浸出物中发现了 ATP，不久又提出了 ATP 和 CP 之间可以互相补充高能磷酸基团的 Lohmann 反应。Margaria (1933) 年综合前人的研究，把氧债分成非乳酸性氧债和乳酸性氧债两个部分。Krebs (1937) 提出了著名的三羧酸循环的代谢理论。在 50 年代，由于生物化学研究方法技术上的突