

运动生物

化学原理

冯炜权 主编



北京体育大学出版社

运动生物化学原理

主 编:冯炜权

编写组成员:冯美云 冯炜权

翟士领 曹建民

徐晓阳

北京体育大学出版社

〔京〕新登字 146 号

责任编辑:叶 荣

责任校对:亦 戈

责任印制:长 立

图书在版编目(CIP)数据

运动生物化学原理/冯伟权等编著. --北京:北京体育大学出版社,1995

ISBN 7-81003-926-1

I. 运… II. 冯… III. 运动生物化学-基础理论 IV. G804.7

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第 16499 号

运动生物化学原理

冯伟权等编著

北京体育大学出版社出版
(北京西郊圆明园东路 邮编:100084)

新华书店总店北京发行所发行
北京语言学院出版社印刷,印刷

开本:850×1168 1/32
1995年5月第1版

印张:14.75
1995年5月第1次印刷

定价:10.20元
印数:1300册

ISBN 7-81003-926-1/G·713

(本书因装订质量不合格本社发行部负责调换)

前 言

运动生物化学在体育科学和体育教学中占有重要的地位,并且是体育生物科学系学生的必修课。为适应需要,特为体育生物科学系学生编写了这本《运动生物化学原理》专用教材。由于本书使用者是在学过普通化学、有机化学、生物化学等课程的基础上应用的。因此,在编写时,有别于体育专业学生用的有生物化学等内容的《运动生物化学》,是把当前运动生物化学方面的资料编写成具有独立体系的专用教材。目前,运动生物化学的理论和应用成果很多,在编写时努力收集国内外的研究成果,结合我们对体育生物科学专业 30 多年的教学经验,写成了此书,本书编写的主导思想是,将运动生物化学理论及其提高运动能力的原理作为基础,以运动时物质和能量代谢、代谢调节的基本理论为核心,阐述训练方法、疲劳和恢复、机能评定等基本原理,以达到专业基础理论课的要求,也为学生以后用于运动实践中,解决各项目具体问题打下基础,这是本书命名为《运动生物化学原理》的缘故。

本书的体系和具体章节的安排,在运动生物化学教学中是首次,在内容上力求做到教材要求的科学性、先进性、实用性和可用性。全书共分 15 章和附录,基本概括了当前运动生物化学的发展,有些内容已经过几轮教学,证明适合体育生物科学系学生应用,对体育专业研究生教学可做辅助性基本教材。也是体育科研人员、运动医学工作者、教练员、运动员在科学训练中的重要参考书。

本书在编写过程中虽经多次讨论和试用,但由于我们水平所

限,错误或不当之处,敬请指正。

杨天乐教授,杨则宜教授对本书进行了审阅,对他们的关心和支持表示衷心感谢。

本书在上报教委列入“八五”重点教材出版时,由冯炜权任主编。

本教材各章节的具体编写人员是:绪论(冯炜权教授),第一章、第二章、第三章、第四章、第五章(冯美云副教授),第六章、第七章、第八章(翟士领副教授),第九章、第十章、第十一章(冯炜权教授),第十二章(徐晓阳讲师、冯炜权教授),第十三章、第十四章(曹建民讲师、冯炜权教授),第十五章(翟士领副教授),附录(冯炜权教授整理)。编写人的排名顺序是以编写的文字量为据,依次为冯美云,冯炜权,翟士领,曹建民,徐晓阳。

冯 炜 权

1994 年 7 月

目 录

绪论	(1)
一、运动生物化学的任务	(1)
二、运动生物化学的发展和与其他学科的关系	(4)
第一章 骨骼肌收缩的分子基础	(8)
第一节 肌原纤维微细结构和分子组成	(9)
一、肌节的微细结构	(9)
二、粗丝及其分子组成	(11)
三、细丝及其分子组成	(13)
四、肌原纤维的其他组成蛋白	(15)
第二节 骨骼肌收缩的分子机理	(16)
一、肌丝滑行和肌肉收缩	(16)
二、肌球蛋白和肌动蛋白相互作用时 ATP 利用的机理	(17)
三、肌内收缩时力量产生的分子机理:结构系统中 ATP 利用的机理	(18)
第三节 骨骼肌收缩的启动和松弛	(23)
一、骨骼肌收缩的启动和钙调节	(23)
二、肌纤维收缩后的松弛	(25)
第四节 骨骼肌纤维类型和特点	(27)
一、肌纤维分类	(27)
二、肌纤维组成	(29)

第二章 运动时的能量代谢 (33)

第一节 ATP 的利用和合成 (33)

一、ATP 的分子组成和结构 (34)

二、ATP 水解供能 (34)

三、ATP 合成途径 (35)

第二节 磷酸原供能系统 (37)

一、磷酸肌酸分解合成 ATP (38)

二、肌激酶催化反应合成 ATP (38)

三、运动时磷酸原供能 (40)

第三节 糖酵解供能系统 (42)

一、糖酵解合成 ATP (42)

二、运动时糖酵解供能 (45)

第四节 有氧代谢供能系统 (47)

一、有氧代谢合成 ATP (47)

二、运动时有氧代谢供能 (50)

第五节 运动时骨骼肌能量供应 (54)

一、运动时骨骼肌能量供应途径的动用顺序 (54)

二、骨骼肌无氧代谢和有氧代谢供能的相互关系 (57)

第三章 磷酸原代谢与运动 (59)

第一节 三磷酸腺苷的代谢 (59)

一、ATP 的生物学功能 (59)

二、肌内 ATP 的贮量和运动的影响 (60)

三、肌内 ADP 和 AMP 的贮量和运动时的变化 (63)

四、短时间激烈运动中肌内腺苷酸库的变化 (64)

第二节 磷酸肌酸代谢 (65)

一、磷酸肌酸的合成和生物学功能 (65)

二、肌肉 CP 贮量及其在运动中变化 (66)

三、运动时肌酸-磷酸肌酸能量穿梭	(67)
四、磷酸原平衡	(70)
五、训练对磷酸原代谢的影响	(71)
第四章 糖代谢与运动能力	(73)
第一节 肌糖原的利用	(73)
一、正常肌糖原贮量和影响因素	(74)
二、运动时肌糖原利用和贮量变化	(74)
三、肌糖原贮量与运动能力	(81)
四、提高肌糖原贮量的方法	(83)
第二节 骨骼肌吸收和利用血糖	(87)
一、运动时骨骼肌吸收和利用血糖	(87)
二、血糖与运动能力	(91)
第三节 运动时肝脏的糖代谢	(94)
一、安静时肝糖原贮量和葡萄糖释放量	(94)
二、运动时肝葡萄糖释放速率	(95)
三、饮食对运动后肝糖原恢复的影响	(101)
四、耐力训练对肝糖代谢的影响	(102)
第四节 糖代谢的调节	(103)
一、糖原分解起始步骤的调节	(103)
二、磷酸果糖激酶与糖酵解途径调节	(107)
三、丙酮酸脱氢酶	(109)
四、运动时糖利用速率的调节	(110)
第五节 乳酸代谢与运动能力	(114)
一、运动时乳酸的生成	(115)
二、肌乳酸和血乳酸	(120)
三、乳酸的代谢去路	(125)
四、运动时血乳酸浓度及其影响因素	(132)
五、运动时骨骼肌乳酸代谢	(140)

六、运动时肝脏乳酸代谢 (143)

七、运动时心肌乳酸代谢 (145)

第五章 蛋白质代谢与运动能力..... (147)

第一节 运动时氨基酸代谢..... (147)

一、人体游离氨基酸库及其运动中变化 (148)

二、氨基酸氧化 (151)

三、氨基酸的糖异生作用 (157)

四、肾脏消除氨基酸 (160)

第二节 运动和恢复期蛋白质代谢..... (161)

一、蛋白质转换 (161)

二、运动时蛋白质净降解 (162)

三、运动和恢复时蛋白质合成代谢 (164)

四、运动时蛋白质分解代谢 (168)

五、运动训练对蛋白代谢的影响 (173)

第三节 蛋白质需要量与运动适应..... (177)

一、运动影响蛋白质利用的证据 (177)

二、运动员蛋白质需要量 (179)

三、补充氨基酸的促力作用 (180)

四、过量摄取蛋白质和氨基酸的后果 (181)

第六章 脂代谢与运动能力..... (183)

第一节 人体内的脂类及功能..... (183)

一、人体内的脂类 (183)

二、运动时脂肪的生物学功能 (185)

第二节 脂肪在运动时的供能作用..... (186)

一、脂肪的供能意义和形式 (186)

二、骨骼肌内甘油三酯的利用 (188)

三、血浆甘油三酯的利用 (189)

四、脂肪组织中甘油三酯的利用	(189)
第三节 运动训练对脂肪代谢的影响	(193)
一、训练对骨骼肌氧化利用脂肪能力的影响	(193)
二、训练对血脂含量和比例的影响	(194)
三、训练使体脂减少	(195)
第四节 脂代谢和运动能力	(195)
第七章 水、电解质代谢与运动能力	(198)
第一节 水代谢和运动能力	(198)
一、水的生物学功能	(198)
二、水平衡	(199)
三、运动时水代谢	(202)
第二节 电解质代谢和运动能力	(204)
一、电解质的生物学功能	(204)
二、人体内的主要电解质	(206)
三、运动时电解质代谢	(209)
第八章 维生素与运动能力	(212)
第一节 维生素与运动	(212)
一、运动时各种维生素的生物学功能	(212)
二、运动时维生素需要增加的原因	(214)
第二节 强化维生素与运动能力	(215)
一、运动员维生素增加量	(215)
二、维生素营养密度	(216)
三、运动员的维生素营养	(217)
第九章 运动时代谢调节特点和运动能力	(219)
第一节 运动与酶适应调节	(219)
一、运动时酶对代谢通路调节	(221)

二、运动时酶的别构调节	(225)
三、运动与酶含量调节	(227)
第二节 运动时神经激素对代谢调节	(230)
一、长时间运动时激素对代谢调节适应	(231)
二、力量训练时激素对代谢调节适应	(232)
第十章 训练方法的生化原理	(238)
第一节 训练科学化的基本生化原则	(238)
一、以运动时物质和能量代谢规律指导训练	(238)
二、以运动后恢复期代谢规律安排休息和营养	(243)
三、以血乳酸为基本指标运用训练方法,掌握适宜强度 和休息间歇	(244)
第二节 血乳酸指标在训练中应用	(252)
一、血乳酸指标在耐力训练中应用	(252)
二、血乳酸指标在游泳训练中应用	(261)
三、血乳酸指标在自行车训练中应用	(264)
四、血乳酸指标在划船训练中应用	(265)
第三节 提高供能能力的训练方法	(265)
一、提高磷酸原系统代谢供能能力的训练方法	(267)
二、提高糖酵解系统代谢供能能力的训练方法	(270)
三、提高有氧氧化代谢供能能力的训练方法	(275)
第十一章 运动性疲劳和恢复过程	(279)
第一节 运动性疲劳	(279)
一、运动性疲劳的概念	(279)
二、运动性疲劳部位与变化	(280)
三、运动性疲劳机理	(293)
四、不同时间全力运动时间和不同代谢类型运动项目的 疲劳特点	(297)

第二节 恢复过程	(299)
一、运动时供能物质的消耗和恢复过程——超量恢复学说	(299)
二、运动时供能物质的消耗和恢复过程调节与适应——应激学说的应用	(303)
三、超量恢复学说和应激学说对训练的指导意义	(309)
第十二章 体育运动中的违禁药物和强壮食物	(310)
第一节 违禁药物控制的发展概况	(310)
第二节 刺激剂	(311)
一、苯丙胺	(312)
二、可卡因	(313)
三、咖啡因	(314)
第三节 麻醉止痛剂	(316)
一、吗啡	(316)
二、可待因	(317)
第四节 合成类固醇	(317)
一、合成类固醇的生理作用	(318)
二、合成类固醇对人体运动能力的作用	(319)
三、合成类固醇的副作用	(319)
第五节 β -阻断剂	(322)
一、 β -阻断剂的作用原理	(322)
二、 β -阻断剂对运动能力的作用	(322)
三、 β -阻断剂的副作用	(323)
第六节 利尿剂	(323)
一、运动员使用利尿剂的种类及其作用原理	(324)
二、利尿剂对运动能力的影响	(324)
三、利尿剂的副作用	(325)
第七节 肽类激素及其衍生物	(325)

一、人体绒毛膜促性腺激素(hCG)	(325)
二、人体生长激素(hGH)	(326)
三、红细胞生成素(EPO)	(326)
第八节 酒精和烟草	(327)
一、酒 精	(327)
二、烟 草	(328)
第九节 强壮食物	(329)
一、碱性盐与磷酸盐类	(329)
二、蜂蜜及某些糖	(330)
三、氨基酸	(331)
四、中药补剂	(333)
第十三章 运动员身体机能评定	(334)
第一节 运动员代谢能力评定	(335)
一、磷酸原系统供能能力的评定	(335)
二、糖酵解系统供能能力的评定	(337)
三、有氧代谢供能能力评定	(339)
第二节 运动员身体机能状态评定	(348)
一、训练课适宜负荷的评定	(348)
二、赛前训练的评定	(349)
三、运动员身体机能状态评定的常用指标分析	(349)
第十四章 年龄和性别生化特点与运动	(370)
第一节 青少年生长发育过程的生化特点和运动	(370)
一、青少年在生长发育过程中身体化学组成变化的特点和运动	(370)
二、青少年在生长发育过程中代谢调节能力的变化和运动	(373)
三、青少年在生长发育期中运动能力变化特点	(379)

第二节 衰老过程的生化特点和体育锻炼·····	(382)
一、衰老的生物学原因 ·····	(382)
二、衰老和体育锻炼 ·····	(384)
第三节 女子的生化特点和运动·····	(384)
一、ATP—CP 供能特点 ·····	(385)
二、糖代谢特点 ·····	(386)
三、脂代谢能力 ·····	(391)
四、蛋白质代谢特点 ·····	(395)
五、血清酶活性的变化 ·····	(396)
第十五章 某些疾病康复锻炼的生化基础·····	(398)
第一节 运动处方制订的原则·····	(398)
一、运动的种类 ·····	(398)
二、运动强度 ·····	(399)
三、运动时间 ·····	(400)
四、运动时间带 ·····	(401)
五、运动负荷的频度 ·····	(402)
第二节 运动处方的制订·····	(402)
一、膳食调查 ·····	(403)
二、生活活动调查 ·····	(403)
三、身体检查 ·····	(407)
四、运动负荷试验 ·····	(407)
五、运动处方的制订方法 ·····	(407)
第三节 糖尿病的运动处方·····	(408)
一、糖尿病的概念 ·····	(408)
二、糖尿病的分类 ·····	(408)
三、糖尿病的检查 ·····	(409)
四、糖尿病的运动处方 ·····	(409)
第四节 肥胖症运动处方·····	(411)

一、肥胖症的概念	(411)
二、肥胖症的分类	(411)
三、肥胖症的检查	(411)
四、肥胖症的运动处方	(412)
第五节 高脂血症运动处方	(413)
一、高脂血症的概念	(413)
二、高脂血症的分类	(413)
三、高脂血症的检查	(413)
四、高脂血症的运动处方	(414)
第六节 高血压症的运动处方	(414)
一、高血压症的概念	(414)
二、高血压症的分类	(414)
三、高血压症的检查	(415)
四、高血压症的运动处方	(415)
第七节 高尿酸血症的运动处方	(416)
一、高尿酸血症的概念	(416)
二、高尿酸血症的分类	(416)
三、高尿酸血症的检查	(417)
四、高尿酸血症的运动处方	(417)
附 录	(418)
一、原子量表	(418)
二、国际单位	(420)
三、常用人体检验数值	(424)
四、兴奋剂的类别与方法	(436)
五、常用生化名词缩写	(443)
六、激素及其他活性物质缩写	(453)
主要参考书	(456)

绪 论

运动生物化学是生物化学的一个分支,是生物化学在体育实践中的应用。因此,运动生物化学不同于生物化学,更不同于运动生理学。运动生物化学是从分子水平上研究人体在运动时人体化学组成以及物质和能量代谢的规律,特别强调,在掌握运动对身体化学变化的基础理论基础上为训练科学化、锻炼科学化、康复科学化等提供科学的手段、评定指标及运动处方的依据等,因此,运动生物化学在体育专业的课程中属专业基础理论课,是直接为体育科学化服务的,在体育科学中涉及的学科很多,但运动生化不是为某一门或几门学科打基础的。

一、运动生物化学的任务

运动生物化学的任务应随体育科学的发展而与之相适应。在目前,运动生物化学的任务和学科的现状都与初创时期不同,在本世纪的 70 年代以前,运动生物化学研究的主要任务是以阐明体育运动对人体化学组成的变化与适应规律和物质与能量代谢的特点及规律为主。进入 90 年代,由于竞技体育对人体机能要求越来越接近生物极限;体育锻炼要求对体质、促进健康、延缓衰老的科学性更强;康复医学则要求提供更科学的运动处方。到 21 世纪生物科学将更为重要,运动生物化学的任务也必然日益加重,应在分子水平上能从较高的微观水平上为体育科学提供理论基础。现今,我

国运动训练,体育锻炼等已经十分重视运动生物化学的进入,对运动生物化学高水平的人材要求日多,因此,体育院校生物科学专业人才,要适应这个形势的需要,提高对运动生物化学任务的认识。当前,运动生物化学的主要任务是:

(一)认识运动对人体化学组成影响的规律

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,主要表现为两方面:

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;肌肉、肝脏糖原是运动的主要能量来源;水和电解质是维持体内环境稳定的主要成分;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、体质状况等。因此,在当前运动训练中为增加肌肉收缩蛋白质、在健康人中的减肥等。都是运动生化的热门课题。

2. 功能性物质的适应

这里主要是指酶、激素、某些氨基酸、多肽和微量元素、维生素等。运动可改善体内代谢调节的功能,提高运动能力,促进健康。酶、激素、神经递质、调质等都可以适应体育运动对身体要求,如力量、速度运动能力提高和骨骼肌中肌酸激酶(CK)活性提高有关,血清皮质醇和睾酮升高可加速对运动调节适应,随运动员营养要求而增加维生素和微量元素(铁、锌、镁等)的供给,这些都是从身体化学组成适应提高运动能力的要求的重要问题。

(二)认识运动训练对身体物质代谢和能量代谢的影响规律

人体运动时,身体内通过有氧代谢和无氧代谢过程进行物质代谢和能量代谢,消耗不同能源物质、释放能量以完成运动动作的