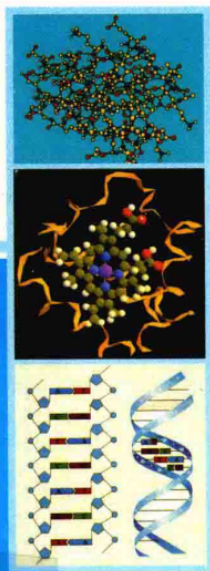


省级精品课程教材

# 运动生物化学 实用教程

刘丽萍 葛廷云 主编



YUNDONGSHENGWUHUAXUE SHIYONGJIAOCHENG



河北人民出版社

省级精品课程教材

# 运动生物化学实用教程

主 编 刘丽萍 葛廷云  
副主编 崔彦伟 马 隽

河北人民出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

运动生物化学实用教程 / 刘丽萍等主编. --石家庄:  
河北人民出版社, 2010. 6

ISBN 978-7-202-05538-0

I. ①运… II. ①刘… 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(2010)第064805号

主 编 刘丽萍 葛廷云  
副 主 编 崔彦伟 马 隽  
编写成员 (以姓氏笔画为序)  
马 隽 刘丽萍 刘永敬 宋磊刚  
崔彦伟 葛廷云 谢永涛

---

书 名 运动生物化学实用教程

主 编 刘丽萍 葛廷云

---

责任编辑 贺秀红

封面设计 苏进起

责任校对 余尚敏

---

出版发行 河北人民出版社(石家庄市友谊北大街330号)

印 刷 石家庄市飞达印刷有限公司

开 本 787×1092毫米 1/16

印 张 16.75

字 数 274000

版 次 2010年6月第1版 2010年6月第1次印刷

印 数 1-1000

书 号 ISBN 978-7-202-05538-0/G·1862

定 价 28.00元

---

版权所有 翻印必究

# 目 录

## 绪 论

### 第一节 运动生物学的概念和主要研究任务

一、运动生物学的概念 ..... ( 1 )

二、运动生物学的主要研究任务 ..... ( 2 )

### 第二节 运动生物学的发展与展望

一、运动生物学早期研究 ..... ( 4 )

二、运动生物学学科的诞生和发展 ..... ( 4 )

三、我国运动生物学的发展 ..... ( 6 )

四、运动生物学展望 ..... ( 6 )

### 第三节 运动生物学的研究方法

一、样本的采集 ..... ( 8 )

二、分子指标的测定 ..... ( 8 )

### 第四节 运动生物学的学习方法

一、复习相关化学、生物学知识 ..... ( 9 )

二、注重掌握基本原理, 树立整体观、动态观看待运动人体  
..... ( 10 )

三、紧密结合运动实践, 加强实验环节 ..... ( 11 )

## 第一章 运动人体的物质组成

### 第一节 人体的基本物质组成与运动

一、组成人体的化学物质 ..... ( 12 )

二、人体基本物质组成与运动的关系 ..... ( 13 )

### 第二节 人体运动时的能源物质——糖类、脂类、蛋白质

一、糖类概述 ..... ( 14 )

二、脂类概述 ..... ( 18 )

三、蛋白质概述 ..... ( 22 )

### 第三节 维持内环境稳定的因素——水、无机盐和维生素

一、水平衡与运动 ..... ( 36 )

二、无机盐与运动 .....	( 39 )
三、维生素与运动 .....	( 42 )
第四节 物质代谢过程的调节物质	
一、物质代谢过程的催化剂——酶 .....	( 48 )
二、物质代谢过程的调节物质——激素 .....	( 60 )

## 第二章 运动时能量的释放与利用

第一节 生物体内能量的载体——ATP	
一、ATP的分子结构及储量 .....	( 71 )
二、ATP的生物学功能 .....	( 73 )
三、运动时ATP的利用及再合成途径 .....	( 73 )
第二节 生物氧化与ATP的生成	
一、生物氧化 .....	( 75 )
二、ATP的生成方式 .....	( 83 )
三、自由基与运动 .....	( 84 )
第三节 运动时骨骼肌的供能系统	
一、磷酸原供能系统 .....	( 93 )
二、糖酵解供能系统 .....	( 100 )
三、有氧代谢供能系统 .....	( 103 )
四、运动时能量的动用特点及相互关系 .....	( 108 )

## 第三章 糖代谢与运动能力

第一节 糖的分解代谢	
一、糖的无氧酵解 .....	( 117 )
二、糖的有氧氧化 .....	( 121 )
第二节 糖原的合成与糖异生作用	
一、糖原的合成 .....	( 125 )
二、糖异生 .....	( 126 )
第三节 糖代谢与人体运动能力	
一、肌糖原与运动能力 .....	( 128 )
二、肝糖原与运动能力 .....	( 129 )
三、血糖与运动能力 .....	( 130 )
第四节 乳酸与运动	
一、安静时乳酸的浓度 .....	( 135 )
二、运动时乳酸浓度的动态变化 .....	( 135 )

三、乳酸的代谢去路	(137)
四、血乳酸在机能评定中的作用	(138)
第五节 特殊人群的糖代谢分析	
一、儿童少年的糖代谢特点	(141)
二、女子的糖代谢特点	(142)
三、老年人的糖代谢特点	(143)
<b>第四章 脂代谢与运动能力</b>	
第一节 脂肪的分解代谢	
一、脂肪的动员与水解	(145)
二、甘油的分解代谢	(146)
三、脂肪酸的分解代谢	(147)
四、影响脂代谢的因素	(150)
第二节 脂肪的合成代谢	
一、脂肪酸的合成	(152)
二、 $\alpha$ -磷酸甘油的生成	(157)
三、甘油三酯的合成	(158)
第三节 运动对脂代谢的影响	
一、运动对脂肪分解代谢的影响	(160)
二、运动对脂肪酸利用的影响	(162)
三、运动与酮体代谢	(164)
第四节 特殊人群的脂代谢分析	
一、体成分与控体重	(169)
二、儿童少年的脂代谢特点	(170)
三、女子的脂代谢特点	(170)
四、老年人的脂代谢特点	(171)
<b>第五章 蛋白质代谢与运动能力</b>	
第一节 氨基酸的分解代谢	
一、脱氨基作用	(174)
二、氨的代谢	(177)
三、酮酸的代谢	(178)
第二节 运动时氨基酸代谢与生化指标分析	
一、运动与氨基酸代谢	(179)
二、机能评定中蛋白质及代谢产物的指标分析	(184)

第三节	特殊人群蛋白质代谢的分析	
一、	儿童少年蛋白质代谢的特点	(190)
二、	女子的蛋白质代谢特点	(191)
三、	老年人的蛋白质代谢特点	(192)
第六章	物质代谢的相互关系与调节	
第一节	糖、脂肪、蛋白质代谢的相互关系	
一、	糖、脂肪、蛋白质能量供应的相互关系	(194)
二、	糖、脂肪和蛋白质代谢之间的相互联系	(195)
第二节	运动时物质代谢的调节	
一、	磷酸原代谢的调节	(197)
二、	糖代谢的调节	(198)
三、	脂代谢的调节	(204)
四、	蛋白质代谢的调节	(205)
五、	运动时机体代谢的调节	(206)
六、	代谢调节的意义	(206)
第七章	运动人体机能的生物化学评定	
第一节	运动人体机能评定的意义及常用生化指标	
一、	运动人体机能评定的意义	(209)
二、	运动人体机能评定的生化指标	(210)
第二节	不同项群生化指标监控与机能评定	
一、	各项群的能量供应类型	(212)
二、	各项群的代谢特点	(213)
三、	各项群生化指标监控与机能评定	(215)
第三节	运动训练的生化化学监控与评定	
一、	运动性疲劳	(226)
二、	运动性疲劳产生的机制	(228)
三、	运动性疲劳的特点	(231)
四、	运动性疲劳的生化监控与评定	(236)
五、	恢复过程的生化监控与评定	(241)
第四节	运动训练的生化适应分析	
一、	概述	(247)
二、	各种训练导致的适应性变化	(247)
三、	停训的生化变化	(249)



# 绪 论

生物界的生命活动形形色色，坐立跑跳，有静有动。运动是生命机体的表现形式，是人类展示自我的一种重要方式，其伟大的精髓在于提高生命的质量。2008年北京奥运会每一枚奖牌的获得，不仅凝聚着运动员的辛勤汗水，也凝聚着教练员和科研人员的心血。为什么经过科学系统的训练能使运动员的竞技能力得到提高？为什么有的人能够拿到奖牌甚至多枚金牌？为什么长期合理的体育锻炼可以增强锻炼者的体质？这些运动能力与体质的外在表现都有着其内在坚实的物质基础。运动生物化学渗透到体育运动实践中，从分子水平揭示了人体机能的变化规律及挑战极限的可能，越来越显示出其所具有的应用价值和潜力。目前运动生物化学已经成为体育科学必不可少的专业基础学科。

## 第一节 运动生物化学的概念和主要研究任务

### 一、运动生物化学的概念

运动生物化学是生物化学的分支，是生物化学在体育实践中的应用。它是用生物化学的理论和方法作为主要手段，研究运动对机体化学变化的影响，从而揭示运动人体科学的奥秘。生物化学是研究生命的科学，虽然地球上的生物千姿百态，种类繁多，但它们均由各种化学物质组成，其化学组成及物质和能量代谢的特点均有规律可循。生物化学从机体化学组成变化的角度阐明了生命活动的本质。然而，生物化学研究的对象通常是静态的，当人体从静态转入运动时，体内的化学组成以及物质代谢将发生很大的变化。因此，运动生物化学就是从分子水平上研究运动对机体化学组成的影响以及在运动过程中机体内物质代谢特点、能量代谢特点和规律的一门学科。

## 二、运动生物化学的主要研究任务

### (一) 研究运动对机体化学组成影响的特点和规律

人体化学组成在体育运动的影响下会表现出适应性的变化，其本质是要符合提高运动能力和促进健康的要求。主要体现在两个方面：一方面对基本化学组成成分的影响，另一方面对调节物质的影响，其影响程度与训练方法、训练强度、运动类型等因素有关。运动对基本化学组成成分产生普遍的影响，例如力量训练促使肌肉壮大的本质是肌肉蛋白质的增加；耐力运动增加骨骼肌糖原储量、提高血红蛋白水平，而减肥是体脂下降的结果；长时间大强度运动中引起糖原消耗、脱水、无机盐丢失等。对调节物质的影响主要表现在酶和激素方面。力量、速度训练可使骨骼肌肌酸激酶、乳酸脱氢酶活性提高；耐力训练可使有氧代谢酶活性增强；不同负荷强度训练引起生长激素、促红细胞生成素、睾酮、皮质醇等相应激素的改变。因此，掌握人体对运动的适应性变化特点和规律，对于合理安排训练及营养有重要意义。

### (二) 研究运动对机体物质代谢和能量代谢影响的特点和规律

运动时物质和能量代谢的特点和规律是制定运动训练和运动健身方案的理论依据。体内物质代谢的同时伴随着能量代谢，其代谢速率与生理状况有关。譬如人在进行1min~2min力竭性运动时，肌肉能量消耗比安静时增加约100倍甚至更多，因此，释放能量的分解代谢占主要地位。目前运动生物化学研究已经阐明，运动时人体内的能量供应是一个完整的体系，它由有氧代谢和无氧代谢两种代谢类型构成，这两种代谢类型包括三个供能系统：磷酸原系统、糖酵解系统、有氧氧化系统。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，其他供能系统共同参与，因此是各能量代谢系统间能量连续统一释放的过程。不同运动项目、训练方法、运动负荷、训练水平等均可影响各供能系统供能的速率和比例。只有了解各供能系统的能量储备、消耗及恢复特点和规律，有针对性训练，才能以最有效的方法快速提高运动能力。

### (三) 研究提高运动能力的方法和措施

人体的运动能力是身体机能的综合表现，与先天遗传和后天运动训练

有关。运动员要在有限的运动寿命中达到最大的运动能力、最好的运动成绩，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。因此，应根据不同运动项目运动时的供能特点制定训练计划、选择运动方案。

运动训练提高运动能力不仅体现在训练中，恢复过程同等重要。根据人体对运动的适应规律，训练必须达到一定程度疲劳，没有疲劳就没有训练。但没有良好的身体恢复就不能继续训练，甚至会导致过度训练。我们要依据运动时机体物质代谢及调节的特点、规律指导运动训练和恢复的全过程。因此，如何有针对性地设计运动方案、合理安排营养、适时进行身体机能的生物化学评定，使机体的化学组成及代谢能力产生最佳的适应性变化等环节是提高运动能力的关键。

#### **(四) 为全民健身提供理论依据**

国家体育总局的“奥运争光计划”和“全民健身计划”为体育工作者指明了工作的重点和方向。在体育锻炼和竞技运动训练中，人体化学组成会发生相适应的改变。这不仅是运动效果的体现，也是增强体质、防治慢性疾病的生化依据。流行病学研究显示，缺乏运动是引发一些慢性疾病如糖尿病、肥胖以及动脉硬化、高血压等心、脑血管疾病急剧增加的共同危险因素。从细胞和分子水平探讨运动对这些疾病产生作用的原理及途径，能使我们更好地理解运动作为防治这些疾病“特效药”的重要性，认识到参加体育锻炼是终身受益。适宜的体育锻炼，能促进健康，增强体质，防治这些慢性疾病的发生与发展。但是，如果锻炼的方法、强度、持续时间安排不当，不仅不能达到预期的目的，甚至有害于身体健康。因此，应根据不同年龄、性别的生理生化特点、身体机能状况制定相应的身体锻炼计划，达到最佳锻炼效果。

### **第二节 运动生物化学的发展与展望**

一门学科的发展是由其内在规律和相关学科的进步推动的，运动生物化学作为一门交叉学科，有赖于体育科学和生物科学的发展。从发展的历史上看，运动生物化学是在生物化学的基础上发展起来的。运动生物化学萌芽于19世纪初，起源于20世纪20年代，60年代转入深入研究，80年代进入成熟发展期。目前，运动生物化学已与其他学科的发展同步。

## 一、运动生物化学早期研究

运动生物化学伴随着生物化学的发展而不断发展，早期的运动生物化学研究始于20世纪20~30年代，当时在研究肌肉收缩过程中的生物化学变化时，就涉及运动生物化学的问题；研究运动对机体化学组成的影响，涉及到肌肉收缩的能量来源问题。当时的研究成果有：恩伯登（G. K. Enbden）等报道运动能提高骨骼肌糖原和磷酸肌酸含量；舒伯（Supper）报道运动对血、尿、汗化学成分有影响等。第二次世界大战以后，生物化学理论和方法的极大发展推动了运动生物化学发展。前苏联学者雅科夫列夫等通过较为系统的研究，于1955年出版了第一部运动生物化学专著《运动生物化学概论》，初步建立了运动生物化学的学科体系。欧美学者也从血液分析中研究运动对机体物质代谢影响的规律，积累了丰富的材料，促进了直接进行肌肉采样研究，以了解运动时主要器官的代谢特点。1962年伯格斯特龙（Begerstrom）将临床中应用的肌肉活检法引入对运动肌肉的研究，使研究更加直接。这种研究方法的进步造就有价值的研究成果不断涌现，对肌肉运动时能量的储量、消耗、供能、代谢物的转变等有了更深入的了解，在运动实践中的应用也日益广泛和深入，使运动生物化学这门学科更趋成熟。

## 二、运动生物化学学科的诞生和发展

1968年在联合国科教文组织中的国际体育科学与体育教育理事会的倡导下，在比利时布鲁塞尔召开了由几十个国家代表参加的第一届国际运动生物化学会议，成立了“国际运动生物化学研究组”，由波特曼（Portman）担任主席。这一次会议的召开和专门机构的建立标志着运动生物化学已进入成熟时期，成为一门独立的新兴边缘学科。由于运动生物化学的蓬勃发展，每隔3年左右要定期召开一次国际运动生物化学会议，直至2009年在加拿大温哥华召开了第十四届国际运动生物化学会议。（见表1）。

表1

第1—14届国际运动生物化学会议

届年	年	地 点	主 题
1	1968	比利时布鲁塞尔	运动时物质代谢规律
2	1973	瑞士马林津	长时间运动时代谢适应

表1 (续)

届年	年	地点	主题
3	1976	加拿大蒙特利尔	运动时物质代谢调节
4	1979	比利时布鲁塞尔	运动时激素对代谢调节
5	1982	美国波士顿	运动性疲劳
6	1985	丹麦哥本哈根	运动时生物化学基础及保持健康
7	1988	加拿大伦敦	运动技能提高的生化适应
8	1991	日本名古屋	体育科学和医学的结合
9	1994	苏格兰阿伯丁	肌肉收缩的生化
10	1997	澳大利亚悉尼	疲劳与代谢
11	2000	美国阿肯色州小石城	运动与衰老的分子观点
12	2003	荷兰马斯特里赫	运动健康效果的生物化学基础
13	2006	韩国首尔	从骨骼肌信号到利用脂肪的相互关系
14	2009	加拿大温哥华	肌肉与分子代谢机制

国际体育科学与体育教育理事会还委托“国际运动生物化学研究组”举办专门的讨论会和讲习班，从1979年至1990年期间举办了4次专题讨论会，对运动训练中的实际问题，从生物化学的角度提供具体指导，(如表2)。

表2

运动生物化学国际专题讨论

届	年	地点	主题
1	1979	意大利	训练的生理生化
2	1982	法国	训练和停训的生理化学
3	1986	希腊	运动和训练的生理化学
4	1990	法国	运动和训练的肌肉疲劳机理

(引自：冯炜权.运动生物化学原理.北京：北京体育大学出版社，1995)

与此同时其他国际学术会议如国际运动医学大会、奥林匹克科学大会等也专门设立了运动生物化学专题，1988年普特曼(JR Poortmans)主编出版了《运动生物化学原理》，同时各国相继出版有关运动生物化学的教材和专著如：Ron Maughan等的《运动能力的生化基础》，Mougios的《运

动生物化学》等。由此可见，运动生物化学学术活动频繁，在科学训练中的地位日益重要，学科体系已基本建立，运动生物化学已成为体育科学中一门重要的专业基础学科。

### 三、我国运动生物化学的发展

我国运动生物化学的教学和研究始于20世纪50年代，当时主要是引进前苏联的研究结果和理论，如运动时物质代谢的特点、规律和调节，超量恢复理论的提出和应用，运动素质的生物化学基础等。20世纪60年代，在体育院系开设了运动生物化学课程，一些体育科研机构和医学院开展了运动生物化学的研究，应用尿蛋白、血糖、血乳酸等指标为运动训练的科学化和提高人体健康服务，并且培养了一批运动生物化学的教师和科研人员。中国体育科学学会和中国运动医学学会于1986成立了运动生物化学和营养学组。在历届的全国体育科学大会、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。1980年起，北京体育学院开办了运动生物化学专业，现为运动人体科学学院的一个专业方向。目前，运动生物化学是全国体育院校本科的重要课程。我国大多数体育科学研究所都有运动生化实验室和专门研究人员。在国家及省队的各个项目中心活跃着一大批运动生化专业科研人员，承担着运动员的身体机能评定、营养恢复等重要工作。随着体育科学的发展，运动生物化学的任务日益加重，它的重要性也日显突出。

### 四、运动生物化学展望

21世纪是生命科学的世纪，近20年来几乎每年的诺贝尔生理学或医学奖以及一些化学奖都授予了从事生物化学和分子生物学研究的科学家。如2004年诺贝尔化学奖授予以色列科学家 Aaron Ciechanover、Arram Hershko 和美国科学家 Irwin Rose。三人因在蛋白质控制系统方面的重大发现而共同获得该奖项。2009年诺贝尔生理学或医学奖授予美国科学家 Elizabeth Blackburn、Carol Greider 和 Jack Szostak，以表彰他们发现了端粒和端粒酶保护染色体的机理。这三人“解决了生物学上的一个重大问题”，即在细胞分裂时染色体如何进行完整复制，如何免于退化，其中奥秘全部蕴藏在端粒和端粒酶上。这些都足以说明生物化学和分子生物学在生命科学中的重要地位和作用。运动生物化学的研究，一方面在研究单个化学成分作用的基础上，更深入探讨运动能力与机体化学组成之间的相互

作用关系，另一方面，更深入探讨运动时代谢基质之间、代谢过程之间的相互关系，这些都将成为重要的研究课题，必定发展得更快、更深入。运动生物化学的发展既是技术所推动，也受技术条件限制，其研究很大程度上取决于技术方法水平的高低。

目前生物界存在的蛋白质种类和数量远远多于研究所知的基因数，尽管现在已有多个物种的基因组被测序，但在这些基因组中大多数基因的功能是未知的。这就引发了我们很多思考：一个基因在转录、翻译过程中究竟可能合成多少个蛋白质？蛋白质的生成是否存在尚未被认识的新的机理？运动是否可诱发新的蛋白质合成？运动能力提高与蛋白质之间的关系及机理究竟如何？很多问题值得深入研究。毋庸置疑，蛋白质是生理功能的执行者，是生命现象的直接体现者，对运动能力影响十分重要。随着人类基因组计划（Human genome project, HGP）的实施和推进，生命科学研究已进入了后基因组时代（Post-genomeera）。人类蛋白质组学（Proteomics）研究继人类基因组计划之后成为生命科学发展的先导。虽然蛋白质的可变性和多样性等特殊性质导致了蛋白质研究技术远远比核酸技术要复杂和困难得多，但正是这些特性参与和影响整个生命过程。对蛋白质结构和功能的研究将直接阐明运动机体在生理或病理条件下的变化机制。蛋白质本身的存在形式和活动规律，如翻译后修饰、蛋白质间相互作用以及蛋白质构象等问题，仍依赖于直接对蛋白质的研究来解决。因此，发展高通量、高灵敏度、高准确性的研究技术平台是现在乃至相当一段时间内蛋白质组学研究中的主要任务。运动生物化学研究已经进入这个领域，把蛋白质组学作为研究生命现象的手段和方法。即研究不同时期细胞蛋白质组成的变化，如蛋白质在不同环境下的差异表达，以发现有差异的蛋白质种类等。

人体运动能力是整体高度协调的表现，是在神经支配下各种调节因素协同作用的结果。运动时代谢调节尤其是分子网络调节将成为今后运动生物化学研究的重点。运动应激下机体存在着神经—内分泌—免疫与代谢间的调解网络的调节、神经—肌肉或其他内脏器官的代谢调节、分子网络调节等。构成网络调节的每一个生物活性分子只有高度协调与配合、共同作用才能发挥其功能。虽然其中的许多问题还不清楚，但已引起运动生物化学研究者的高度关注，显示出广阔的研究前景。

另外，运动生物化学在为全民健身服务中，应该根据不同人群、社会发展的需求不断调整和明确本学科的教学和研究任务。我国一直致力于体

质调查研究,开展全民健身活动。当前在中小学教育中特别强调“健康第一”,在青年和中老年人中倡导提高健康的体适能。在这种形势下运动生物化学要重点研究科学合理、适用不同人群的运动处方,探索体育锻炼和体力活动增进健康的科学依据,这是运动生物化学当前和今后的长期任务。

### 第三节 运动生物化学的研究方法

众所周知,没有准确的研究方法,很难获得理想的研究结果。因此,运动生物化学的研究方法不同于其它学科,首先必须有研究的样本,如某些组织或血液等,其次是必须有一定的测试仪器。运动生物化学研究不仅要掌握当今一些高、新、精、尖的研究手段,还应该对经典和传统的基本研究方法操作熟练,对其原理和理论背景有熟识的认知,这是运动生物化学研究者不可缺少的基本功。

#### 一、样本的采集

运动中机体产生的代谢产物不断进入血液。人体的尿液、汗液也与血液关系密切。因此,血、汗、尿液的生物化学指标分析已经成为运动生物化学研究的主要方法。目前采用耳垂、指尖末梢血分析运动中某些物质如血乳酸、血红蛋白的变化规律已广泛应用于运动实践。人体从事各种运动均是通过骨骼肌的收缩与舒张来完成的。1962年肌肉活检法引入运动人体肌肉的研究以来,便成为运动生物化学研究的重要方法。但人体样本采集有限,大多只能采集血、尿液等微创或创伤性小的标本,因而限制了运动生物化学的研究。因此,在运动生物化学的研究中也采用动物实验,实验对象大多使用大鼠或小鼠。一般采集通过一定运动干预后动物的各个组织器官及血液等样本进行多指标综合观察分析,总结其规律。在采集实验动物样品之前,还需进行一系列的实验操作,如实验动物麻醉、实验动物血液及组织器官样品的采集、处理等多个环节操作。

#### 二、分子指标的测定

运动过程中血、汗、尿液分子指标的变化可以反映人体的机能状态、训练效果以及恢复程度等。较常用的测定方法有传统的化学测试方法和仪器分析法,血、汗、尿液相关分子指标的变化不能用肉眼观察测出,必需借助仪器进行定量分析,如用血红蛋白分析仪测定血红蛋白的变化,血乳酸分析仪测定血乳酸的变化,722分光光度计测定血尿素、尿肌酐变化等。

## （一）化学测试方法

化学测试方法一般无需贵重仪器，但测定时间长，使用化学试剂较多。化学测试常根据化学反应的原理，用一种化学试剂与待测的物质产生反应，并生成某种络合物，而这种络合物会显示某一种颜色，再根据其显色的变化程度进行测定，从而计算出待测样品该指标的含量。如利用肌酐与碱性饱和苦味酸溶液反应，生成红色复合物苦味酸肌酐[苦味酸+肌酐→苦味酸肌酐（红色复合物）]测定肌酐的方法，苦味酸肌酐生成量与肌酐含量成正比，使用722分光光度计比色法即可定量分析出尿中肌酐含量。

## （二）仪器分析法

采用常规仪器测定乳酸的化学方法很繁杂，耗时较长，但如果采用仪器分析法用乳酸分析仪测定乳酸，几十秒钟便可测定完成。测定肌肉中磷酸肌酸含量的化学检测方法同样复杂，需要采集新鲜肌肉组织进行肌肉活检，取样繁琐，有创伤性，不易被受试者接受。但利用核磁共振检测仪时，则无需留取运动员骨骼肌样本，短时间内即可测试完成。仪器分析法不仅需要昂贵的仪器设备，还需要一定的环境条件和掌握仪器的操作方法。目前，许多自动化分析仪器均趋于简单化，体积很小，携带方便，如便携式乳酸分析仪、尿液分析仪等。分析仪器的自动化为运动队科技攻关与服务提供了方便，也大力促进了运动生物化学实践与理论研究的发展。

## 第四节 运动生物化学的学习方法

如何学好运动生物化学，关键要处理好教与学的关系。本书各章内容主要采用课堂教学形式组织教学，复习已掌握的生物学和化学知识。结合运动实践，提出问题，采用课堂讨论方式，加强师生交流，激发学生学习兴趣，培养学生运用运动生物化学知识和方法解决实际问题的意识、兴趣和能力。

### 一、复习相关化学、生物学知识

运动生物化学与生物化学密切相关，全面了解生物化学的基本内容是学习运动生物化学的基础，随着中学生物和化学教材内容不断丰富，（见表3）。可以看出，基本满足学习体育院校运动生物化学教材内容入门的需要。根据运动生物化学的教学内容，可有针对性地适当补充相应基础知识。