



运动 生理学

☆ 王步标 主编



高等教育出版社

中学教师培训教材

• 卫星电视教育、教育学院、函授、自学通用 •

运 动 生 理 学

王步标(主编) 华 明 编
邓树勋 肖泽亮

高 等 教 育 出 版 社

内 容 提 要

本书是中学体育教师进修高等师范专科体育专业培训教材。全书共分新陈代谢、神经和骨骼肌、躯体运动的神经调节、氧运输系统、生理学在体育训练中的应用、实验等六篇十七章。

本书除供师专体育专业卫星电视、电大、函授、自学高考做培训和自学教材外，尚可供普通师专体育专业做教材。

〔京〕 112 号

运动生理学

王步标 (主编) 华 明 编
邓树勋 肖泽亮

*

高等教育出版社出版
新华书店北京发行所发行
高等教育出版社印刷厂印刷

*

开本 850×1168 1/32 印张 17.25 字数 447 000

1987 年 11 月第 1 版 1991 年 9 月第 5 次印刷

印数 13 511—18522

ISBN7-04-001012-7/Q·64

定价 5.35 元

编写说明

本教材是中学体育教师进修高等师范专科体育专业培训教材中的一种。为使这套教材更好地适应师资培训的要求，符合体育专业卫星电视教育、电大、函授和自学高考等进修方式的需要，帮助广大在职体育教师能尽快地达到高等师范专科毕业生所应掌握的基础专业水平和胜任初中教学工作，高等教育出版社于1985年12月在湖南大庸召开本套教材各课主要编写人员座谈会，对编写本套教材的指导思想、原则及特色进行了认真的讨论，对编写大纲和各门课程间内容的分工做了原则性的规定。1986年9月，在杭州召开了审稿会，参加审稿的有陶心铭（上海体育学院）、许豪文（华东师范大学）、王秀玲（河北师范大学）。审稿会认为：本教材“全书编排新颖，打破了以往人体生理和运动生理两大部分的界限，按人体功理和实际应用将各器官系统融合成一体，内容符合中学体育教师进修高等师范专科体育专业培训的要求；文字较为流畅，科学性强，某些内容能反映当前运动生理学的新成就；修改后可以出版”。同时也对全书从编排到具体内容，提出许多宝意见。正当我们根据这些修改意见对教材进行修改时，国家教委在成都召开了卫星电视教材工作会议，会议就本套教材编写中的一些原则问题，如思想性、科学性以及如何从广大初中教师的实际出发，精选内容；如何从成人自学特点出发进行阐述；如何与函授、自学高考的教材通用等问题做了进一步的讨论。同时也就教材出版、开播时间以及与声像教材配合问题做了规定。据此，我们又对教材修改方案进行了再修改，如在每章增加了摘要和复习思考题，便于学员复习和自我检查；对书中一些来自相关学科的名词术语，做了相应的解释，便于学

员在无参考资料的情况下，也可自学。此外，还增辟了一篇实验，便于面授或和声像教材配合。并使本书亦可供普通师范专科学校体育专业做为教材使用。

在本教材编写中，我们虽在听取多方意见的基础上，进行数次修改，并力求突出培训教材和成人教育特点，但由于编写这类体育专业教材，尚属首次，既无经验，又乏资料，更限于我们的业务水平，不当之处，敬请批评指正。

编 者

一九八七年八月于长沙

目 录

绪论	(1)
一、运动生理学的研究对象、任务和方法	(1)
二、内环境与稳态	(3)
三、人体功能的反应与适应	(13)

第一篇 新陈代谢

第一章 物质代谢	(20)
第一节 概述	(20)
一、物质代谢的概念	(20)
二、物质代谢的三个阶段	(20)
三、酶	(22)
第二节 糖的代谢	(25)
一、糖的化学及糖的功能	(25)
二、糖的消化吸收和吸收后的去路	(28)
三、糖的氧化分解	(29)
四、线粒体和生物氧化	(33)
第三节 脂类的代谢	(37)
一、脂类的化学和生理功能	(37)
二、脂肪的消化吸收及吸收后的去路	(39)
三、脂肪的代谢	(40)
第四节 蛋白质的代谢	(42)
一、蛋白质的化学及生理功能	(42)
二、蛋白质的消化吸收	(44)
三、蛋白质的代谢	(45)

第五节 代谢终产物的排除	(47)
一、肾脏的泌尿过程	(48)
二、尿的理化特性及运动对尿成分的影响	(52)
第二章 能量代谢与体温	(57)
第一节 概述	(57)
一、能量代谢的概念	(57)
二、能量代谢的测定	(60)
第二节 人体运动时的能量供应	(64)
一、运动时的能量供应过程	(64)
二、肌肉活动过程中能源物质的动用	(67)
三、人体内三种能量系统的特性	(70)
四、能量连续统一体的概念及其应用	(74)
第三节 体温	(83)
一、人体的正常体温	(83)
二、体温的恒定	(84)
三、运动时体温的变化	(88)
第三章 激素对代谢的调控及其在	
运动中的反应	(92)
第一节 概述	(92)
一、内分泌腺和激素的概念	(92)
二、激素作用原理和激素分泌的调节	(93)
三、各内分泌腺的功能概述	(95)
第二节 激素对血糖水平的调控	(97)
一、血糖稳态的保持	(97)
二、运动时血糖水平的调控	(98)
第三节 植物性神经系统与肾上腺	(100)
一、植物性神经系统	(100)
二、肾上腺髓质激素——儿茶酚胺	(103)
三、肾上腺皮质激素	(107)

第四节 其它激素在运动中的反应和适应	(110)
一、生长激素	(110)
二、甲状腺素	(112)
三、雄性激素	(112)

第二篇 神经和骨骼肌

第四章 神经和肌肉的兴奋性	(116)
第一节 兴奋性	(116)
一、兴奋和刺激引起兴奋的条件	(116)
二、组织发生兴奋后兴奋性的变化	(118)
第二节 细胞的生物电现象	(119)
一、细胞的静息电位	(119)
二、动作电位	(112)
三、动作电位的传播	(125)
第三节 神经肌肉间兴奋的传递	(126)
一、运动单位	(126)
二、神经肌肉接头处的兴奋传递	(127)
第五章 骨骼肌	(131)
第一节 骨骼肌的结构和功能	(131)
一、骨骼肌细胞的微细结构	(133)
二、骨骼肌的收缩	(137)
三、肌肉收缩的形式	(143)
四、肌肉的机械功和功率	(148)
五、肌纤维类型与运动能力	(149)
第二节 肌肉收缩的力量和速度	(157)
一、肌肉收缩的力量	(157)
二、肌肉收缩的速度	(164)

第三篇 躯体运动的神经调节

第六章 感觉器官 (173)

第一节 概述 (173)

一、感受器和感觉器官的定义和分类 (173)

二、感受器活动的一般特征 (174)

第二节 视觉器官 (175)

一、眼的折光功能 (176)

二、视网膜的感光功能 (179)

三、其它视觉功能 (180)

第三节 听觉器官 (184)

一、耳蜗的感音换能作用 (184)

二、耳蜗对声音的初步分析 (186)

第四节 前庭器官 (187)

一、前庭器官的感受装置和适宜刺激 (188)

二、前庭器官的主要功能和前庭反射 (190)

第五节 躯体感觉 (191)

第七章 躯体运动的调节 (196)

第一节 牵张反射 (196)

一、牵张反射的概念及其反射弧 (196)

二、牵张反射的感受装置 (197)

第二节 脑干、基底神经节和小脑对躯体姿势和运动的调节 (200)

一、脑干对姿势的调节 (200)

二、基底神经节和小脑对躯体运动的调节 (203)

第三节 大脑皮层对躯体运动的调节 (206)

一、大脑皮层主要运动区 (206)

二、锥体系与锥体外系 (207)

第八章 运动技能形成的生理学分析	(212)
第一节 条件反射的学说	(212)
一、条件反射的建立	(213)
二、条件反射的分化	(215)
三、大脑皮层的动力定型	(217)
四、人类条件反射的特征	(218)
第二节 运动条件反射	(220)
一、运动技能的条件反射本质	(220)
二、运动技能形成过程及影响因素	(221)
第三节 记忆痕迹与运动构型	(224)
一、信息的来源	(225)
二、运动的感觉“记忆痕迹”与运动构型	(226)

第四篇 氧运输系统

第九章 呼吸系统的通气与换气功能	(231)
第一节 肺通气	(231)
一、肺的容量	(231)
二、肺通气量	(234)
三、肺通气的动力和阻力	(237)
四、肺通气的调节	(240)
第二节 气体的交换	(243)
一、气体交换的部位、机制及影响因素	(244)
二、运动和训练对肺扩散容量的影响	(247)
第十章 氧的运载工具血液	(251)
第一节 血液的组成与功能	(251)
一、血液的组成	(251)
二、血液的功能	(257)
第二节 血液的载氧功能	(258)
一、血液的载氧方式	(258)

二、血红蛋白氧离曲线及其特点	(259)
三、运动对血红蛋白氧解离曲线的影响	(260)
第三节 血液载运 CO_2 的功能	(262)
一、 HCO_3^- 形式的结合	(263)
二、氨基甲酸血红蛋白形式的结合	(263)
第十一章 血液循环	(267)
第一节 心脏的泵血功能	(267)
一、心动周期与心率	(267)
二、心室的射血和充盈	(269)
三、心泵功能的评定	(272)
四、心脏泵功能的调节	(273)
五、心脏泵功能的储备	(277)
第二节、 血流与血压	(278)
一、血流量、血流阻力和血压	(279)
二、动脉血压	(282)
三、静脉血压与血流	(288)
第三节 微循环、组织液的生成与淋巴回流	(290)
一、微循环	(290)
二、组织液	(291)
三、淋巴液的生成与淋巴循环	(292)
第四节 心血管活动的调节	(293)
一、神经调节	(294)
二、体液调节	(300)
三、运动时血液循环功能的变化及其调节	(301)
第十二章 氧运输系统功能能力的评定和训练	(317)
第一节 运动中氧的供需	(317)
一、需氧量与吸氧量	(317)
二、稳定状态	(318)
三、氧亏和氧债	(318)

第二节 最大吸氧量	(321)
一、测定方法	(321)
二、最大吸氧量的表示方法与正常值	(323)
三、决定(或影响)最大吸氧量的生理因素	(325)
四、训练对最大吸氧量的影响	(332)
第三节 无氧阈	(336)
一、无氧阈的测定方法和表示方法	(337)
二、无氧阈值与运动训练	(338)
第四节 有氧工作能力的训练(有氧训练)	(340)
一、方法	(340)
二、强度	(341)
三、持续时间	(341)
四、次数	(342)

第五篇 生理学在体育教学训练中的应用

第十三章 体育教学和业余训练的生理学基础	(346)
第一节 体育教学原则的生理学基础	(346)
一、全面身体发展原则	(346)
二、循序渐进原则	(350)
三、个别对待原则	(351)
第二节 体育教学和业余训练的生理负荷量	(353)
一、生理负荷量的涵义及衡量方法	(353)
二、体育课的生理负荷量	(355)
三、业余训练的生理负荷量	(356)
第三节 起赛状态、准备活动和进入工作状态	(360)
一、起赛状态	(360)
二、准备活动	(361)
三、进入工作状态	(363)
第四节 疲劳与恢复过程	(365)

一、运动性疲劳	(365)
二、恢复过程	(368)
第十四章 训练方法和几种主要运动项目的生理学分析 ...	(378)
第一节 几种常用训练方法的生理学分析	(378)
一、持续训练法	(378)
二、间歇训练法	(379)
三、重复训练法	(380)
四、循环训练法	(382)
第二节 力量的训练	(383)
一、力量训练的若干因素(PIRTS 方案)	(383)
二、力量训练的若干生理原则	(386)
三、几种力量训练方法的生理学分析	(388)
四、肌肉延迟性疼痛的原因与对策	(392)
第三节 几种主要运动项目的生理学分析	(393)
一、田径	(393)
二、游泳	(399)
三、体操	(402)
四、球类	(404)
五、武术	(407)
第十五章 训练的生物学适应	(411)
第一节 运动系统	(411)
一、相对安静状态下运动系统的若干特征	(411)
二、评定长期训练对运动系统影响的方法	(412)
第二节 氧运输系统	(414)
一、运动与心脏	(414)
二、运动负荷后氧运输系统的特征	(420)
三、氧运输系统功能常用的简易评定方法	(424)
第三节 能量的利用	(430)
一、机械效率和影响运动中机械效率的因素	(430)

二、训练对运动时能量利用节省化的影响	(431)
第四节 身体组成	(432)
一、身体组成的概念及年龄性别特点	(432)
二、身体组成的测定方法	(433)
三、运动员体脂的特点	(436)
第十六章 儿童少年的生长发育和体育锻炼中的	
年龄特征问题	(440)
第一节 生长与发育规律	(440)
一、生长发育的一般规律	(440)
二、影响生长发育的若干因素	(443)
三、青春发育期	(445)
第二节 儿童少年各器官系统的解剖生理特点与运动	(446)
一、运动系统的特点与运动	(447)
二、神经系统的特点与运动	(449)
三、心血管系统的特点与运动	(450)
四、呼吸系统的特点与运动	(452)
五、内分泌系统的特点与运动	(452)
第三节 身体素质发展的年龄特征	(454)
一、身体素质发展的连续性与阶段性	(454)
二、各项身体素质的年龄特征	(455)
第十七章 女子体育与老年体育	(462)
第一节 体力工作能力的性别差异	(462)
一、女性若干解剖生理特点	(462)
二、月经周期与体育锻炼	(467)
第二节 老年体育的生理学问题	(469)
一、运动对延缓衰老过程的影响	(470)
二、老年人锻炼的若干问题	(472)

第六篇 运动生学实验指导

一、前言	(476)
二、实验内容	(477)
三、常用实验仪器介绍和常用溶液的配制	(529)
附录一 若干常用生理参数新旧计量单位换算表	
附录二 度量衡对照表	

绪 论

一、运动生理学的研究对象、任务和方法

(一) 运动生理学的研究目的和任务

运动生理学是人体生理学的一个分支，它是研究人在体育运动中，或在长期系统的体育锻炼影响下，人体各种功能发展变化的规律的学科。它对人们合理地从事体育锻炼或科学地组织运动训练具有重要的指导意义。

运动生理学是高等师范专科体育专业的专业基础理论课，学习运动生理学的目的是：(1) 了解人体基本生理活动的主要规律及原理，在此基础上，进一步掌握在体育锻炼过程中，以及在长期系统的锻炼下，人体生理功能所产生的反应和适应性变化及其规律；(2) 掌握体育锻炼及运动训练的基本生理学原理，特别是青少年生理功能的年龄、性别特征与体育锻炼的关系，为科学地从事体育教学和青少年业余训练提供理论基础；(3) 初步掌握评定人体功能能力的基本科学方法和依据人体功能变化特点从事体育教学和训练的基本原理。

(二) 运动生理学研究的基本方法

运动生理学的研究对象是人，运动生理学的知识主要是通过对人体的实验测定而得到的。但动物实验也是运动生理学一项常用的实验方法。从生物进化观点看，人同各种动物，特别是哺乳动物，有许多结构和功能基本相似的，因而在恰当地估计人与实验动物的区别的前提下，用动物实验的资料来间接探讨人体的生理功能的变化及其机制是合乎逻辑的。特别是当某些实验需要

损伤机体才能获得研究结果时。例如，为了研究雄性激素对运动能力的影响，必需分别观察体内雄性激素增高时和缺乏时运动能力的变化，而要使雄性激素缺乏，就必需将雄性个体去势（阉割），这只有应用动物做为实验对象才能实现。

对人体的实验和测定常用的方法有：（1）运动现场测定法。这种方法是在运动现场直接对运动者在运动时（包括运动前，运动中、运动后即刻和恢复期，或运动中完成某项练习后）某些生理变化进行测定。这种测定方法的特点是符合运动的实际情况，且随着遥测仪器的使用，已能在运动过程中直接对某些生理指标进行测定，如心率。但由于易受运动环境、运动者的心理状态等因素的影响，研究条件不易控制，给测量结果的准确性和精确分析造成一定的困难。（2）实验性训练法。这种方法是让受试者按照一定的研究目的而设计的实验训练方案，在实验室内利用一定的训练器械如跑台、自行车功量计、各种力量训练装置等进行实验性训练，并在训练前后或过程中对欲研究的生理功能进行测定，以了解各种锻炼和训练方法（如不同训练方式，不同强度、不同间歇时间等）的生理变化特点，和它对人体某些生理功能的特定影响。这种方法的优点是研究条件容易控制，重复性好，对欲研究的问题能做较深入的分析，但易受设备的限制而不能大规模使用。（3）功能的测试和评定。即通过对不同年龄、不同性别的经常锻炼者和不锻炼者或不同训练水平、不同运动项目的运动员在同一条条件下如安静时、定量工作时、极量工作时，各种生理功能状态或变化进行测定，以了解体育锻炼和运动训练对提高人体各种生理功能的作用和规律。

目前，由于新的研究方法的建立和新的科学仪器的采用，如肌组织活检法的创立，微量和超微量分析和遥测技术（如遥测心电图、遥测肌电）的采用等，运动生理的研究不论在广度上和深度上都日益发展。特别是分子生物学出现后，运动生理学在继续深入开展宏观的研究的同时如对心肺功能的研究，也开始微观的即