

Jianming
Yundong
Shenglixue
Jiaocheng

简明运动生理学教程



合肥工业大学出版社

简明运动生理学教程

吕新颖 编著

合肥工业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

简明运动生理学教程/吕新颖编著. —合肥: 合肥工业大学出版社, 2005. 1

ISBN 7-81093-204-7

I. 简… II. 吕… III. 运动生理—生理学—高等学校—教材
IV. G804.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 007897 号

简明运动生理学教程

吕新颖 编著

责任编辑 陆向军

出 版	合肥工业大学出版社	开 本	850 × 1168 1/32
地 址	合肥市屯溪路 193 号	印 张	13.5
邮 编	230009	字 数	334 千字
电 话	总编室: 0551-2903038	发 行	全国新华书店
	发行部: 0551-2903198	印 刷	合肥现代印务有限公司
版 次	2005 年 2 月第 1 版	网 址	www.hfutpress.com.cn
	2005 年 2 月第 1 次印刷	E-mail	press@hfutpress.com.cn

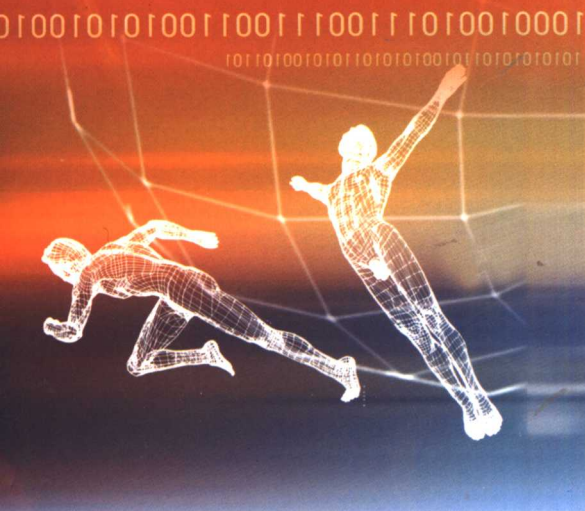
ISBN 7-81093-204-7/G · 41 定价: 20.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题, 请与出版社发行部联系调换

内 容 提 要

本书共分十六章,包括:细胞的基本功能,骨骼肌活动的生理基础,呼吸,血液,血液循环,运动中氧的供应与消耗,物质代谢,能量代谢,内分泌系统,感觉和运动的神经控制,运动技能的形成,运动与免疫机能,运动过程中人体功能变化的规律,运动素质的生理基础,性别、年龄特征与运动,体育教学训练原则和方法的生理学分析。部分章的后面附有一个相关运动小知识,各章还备有适量的思考题。

本书既是高等学校体育专业的教材,也可供体育教师和有关专业人员参考。





作者简介

吕新颖, 1956 年生, 毕业于安师大体育系, 现任阜阳师范学院体育系主任, 教授, 省级学科带头人培养对象。曾获全国体育传统项目学校优秀工作者奖、陈香梅教育奖、曾宪梓教育基金奖等, 主编《运动生理学》、《大学体育与健康》教材两部, 发表论文 40 余篇, 主持并完成省、部级科研课题四项。

10001001011100111001100101010010

01010101010101001010101010010101

0101010101010010101010101010101

0101010101010010101010101010101

前 言

为贯彻落实《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，教育部制定了《全国普通高等学校体育教育本科专业课程方案》（教体艺〔2003〕7号文件），印发了《全国普通高等学校体育教育本科专业各类主干课程教学指导纲要》（教体艺〔2004〕9号文件）。

《指导纲要》体现了全面推进素质教育、深化教育改革的精神，明确了专业培养目标、课程设置和教学要求、学习范围和内容，是普通高等学校体育教育本科专业课程建设、教学活动的指导性教学文件。

按照教育部“各校2005年开始执行新的《指导纲要》”要求（教育部办公厅2004年10月11日印发的通知），依据《课程方案》和《指导纲要》指定的学习范围、内容、课时等要求，特编写本教程。该教程紧密结合师范院校学生的身心和认知特点，紧密联系体育运动实际，简单明了，突出了实用性、可读性的特色，与时俱进地反映了本学科的前沿动态。本教材不仅供体育专业的学生使用，对从事运动训练、体育教学、社区体育指导工作的教师、教练也有较高的实用价值。

由于编写时间仓促，不足之处在所难免，恳请同行和广大读者批评指正。

吕新颖

2005年元月28日

目 录

绪 论

第一章 细胞的基本功能 (9)

第一节 细胞的基本结构和转运功能 (10)

第二节 细胞的兴奋与传导 (13)

第二章 骨骼肌活动的生理基础 (23)

第一节 骨骼肌的收缩 (23)

第二节 骨骼肌的收缩形式及力学分析 (40)

第三节 肌纤维类型与运动能力 (48)

第四节 肌肉中感受器的结构及功能 (54)

第五节 肌肉中结缔组织及功能 (57)

第三章 呼吸 (62)

第一节 肺通气 (63)

第二节 肺换气 (69)

第三节 运动时合理呼吸 (70)

第四章 血液 (78)

第一节 概述 (78)

第二节 血液的组成 (79)

第三节 血液的功能 (83)

第四节 运动对血液的影响 (91)

第五章 血液循环 (93)

第一节 心肌的生理特征 (94)

第二节 心泵功能 (98)

第三节 血管生理 (107)

第四节 心血管活动的调节 (119)

第五节 运动对心血管的影响 (127)

第六章 运动中氧的供应与消耗	(137)
第一节 概述	(137)
第二节 最大摄氧量 ($\dot{V}O_{2\max}$)	(140)
第三节 个体乳酸阈 (ILAT)	(149)
第七章 物质代谢	(154)
第一节 消化	(154)
第二节 吸收	(160)
第三节 体育运动对消化机能的影响	(163)
第四节 主要能源物质在体内的分解代谢	(164)
第五节 代谢尾产物的排泄	(179)
第八章 能量代谢	(191)
第一节 人体运动时的能量来源	(191)
第二节 人体运动时的能量供应	(194)
第三节 能量代谢的测定原理与方法	(204)
第四节 影响能量代谢的主要因素	(209)
第五节 运动时能耗量的计算及其意义	(212)
第九章 内分泌系统	(219)
第一节 概述	(219)
第二节 人体主要激素的作用	(224)
第三节 人体运动对内分泌机能的影响	(230)
第十章 感觉和运动的神经控制	(239)
第一节 感觉	(239)
第二节 肌肉工作的神经控制	(257)
第三节 运动时神经系统对人体功能的整合	(280)
第十一章 运动技能的形成	(288)
第一节 条件反射	(288)
第二节 运动技能的形成	(291)

第十二章 运动与免疫机能	(296)
第一节 免疫系统概述	(296)
第二节 运动性免疫机能	(301)
第三节 运动性免疫抑制	(304)
第十三章 运动过程中人体功能变化的规律	(308)
第一节 赛前状态与准备活动	(308)
第二节 进入工作状态和稳定状态	(311)
第三节 运动性疲劳	(315)
第四节 恢复过程	(322)
第十四章 运动素质的生理基础	(330)
第一节 力量素质	(331)
第二节 速度素质	(347)
第三节 耐力素质	(353)
第四节 灵敏素质	(361)
第五节 柔韧素质	(364)
第十五章 性别、年龄特征与运动	(371)
第一节 儿童少年的解剖生理特点与运动	(371)
第二节 性别的生理学差异与运动能力	(387)
第三节 衰老与运动	(393)
第十六章 体育教学训练原则和方法的生理学分析	(403)
第一节 教学训练原则的生理学分析	(403)
第二节 运动负荷的生理学分析	(410)
第三节 训练方法的生理学分析	(414)
参考文献	(423)

在文化生活备受大众关注的时代里，体育运动无疑会成为人们关注的焦点。人的潜能有多大？人体运动的能量来自何方？兴奋剂为何有那么大的魔力？怎样才能有效地减肥？怎样锻炼才能只长力量而不长体重？如何正确理解“生命在于运动”、“流水不腐，户枢不蠹”等人们对生命活动现象及发展的精辟见解的内涵？如何使自己的体育锻炼既有效又不产生副作用？这一切都是人们较感兴趣的话题，也是需要运动生理学回答的问题。

绪 论

运动生理学是在人体生理学的基础上发展起来的一门应用性学科，是体育科学中一门重要的应用基础理论学科，它和运动解剖学、体育保健学等共同构建了体育专业教学中的有关人体科学的理论体系，是体育专业教学中的一门必修课程。

一、运动生理学的研究对象

运动生理学是人体生理学的一个分支，人体生理学是研究人体机能活动规律的科学。

“人体机能”是指人体整体及其各组成系统、器官所表现出来的生命活动现象。如：肌肉活动、呼吸、循环、消化、排泄等。

运动生理学则是研究在体育活动的影响下人体的这些机能变化规律的科学。一般说来，运动生理学的研究是从人体整体、器

官和系统、细胞和分子三个不同的水平进行的。

1. 整体水平研究

整体水平研究是指在整体水平上研究人体在一定的环境条件下运动时,人体各系统、器官之间的相互关系以及人体各系统、器官对运动的反应和适应过程。如:研究人体运动时肌肉工作能力、心血管系统的机能、呼吸系统的机能、内分泌机能物质和能量代谢等的变化以及它们对运动的适应程度等。

2. 器官、系统水平研究

人体运动时整体机能的表现,是建立在各器官、系统机能活动密切协调配合的基础之上。因此,探讨人体运动时的机能变化,必须对各器官系统的机能进行研究。如:运动时心血管系统的机能会发生较大的变化,表现为心率、血压、心输出量升高。对引起这些指标升高的因素和变化特点的研究,就是器官、系统水平研究。

3. 细胞、分子水平研究

器官是由一些具有特殊功能的细胞群所组成,各器官、系统的生理机能取决于这些具有特殊功能的细胞群,而每个细胞的生理功能又依赖于构成细胞的生物分子。细胞、分子水平的研究主要是研究运动时细胞内各亚微结构的机能以及生物分子的特殊理化变化过程。有关运动时骨骼肌超微结构变化,收缩蛋白的结构和代谢水平变化,线粒体、生物膜、酶系统等机能的变化,就属于细胞、分子水平的研究。

上述三个层次的研究既有区别,又紧密相关。细胞和分子水平的研究,有助于揭示生命现象的最本质的基本规律,并对理解其他层次的生理活动过程具有普遍的指导意义;器官和系统水平的研究,有助于把复杂的整体生命活动化整为零地分别进行研究,从而更加准确、方便地把握机体的生命活动规律;对这两个层次的研究和分析,都是为了能更准确地理解整体活动规律。但

是,整体生理活动规律并不等于组成人体各器官、组织、细胞生理功能的简单总和。所以,要全面地理解某一生理机能,必须在三个层面的基础上进行分析、综合。

二、运动生理学的研究方法

运动生理学的各种理论和观点绝大部分是从实验中获得、总结出来的,并不断在实践中受到检验。所以,实验研究法是运动生理学研究的基本方法。通过人工创造的条件,使一定的生理现象按所要求的空间和时间出现,借以观察和分析机能活动变化的过程及其因果关系。一些实验能在对人体无损伤的条件下进行,而另一些实验则需要给某些组织造成一定损伤,或必须摘取少量标本进行离体观察。因此,有相当一部分实验只能利用动物来进行。例如:从动物身上摘取局部组织、器官进行离体观察;将动物去势造成雄性激素缺乏,来研究雄性激素对运动能力的影响等。虽然人类和动物在许多特殊机能上有质的不同,但种属与人类相近的动物其基本机能还是与人类一致的。为了阐明某些在人体难以观察到的生理过程和机理,在正确估计人与动物的区别的前提下,即可采取动物实验的方法。

由于科学技术的发展,目前的实验手段有了很大的改进,为本学科的研究创造了良好的条件。利用各种遥测、换能、多导记录等技术,可以在不影响人体运动状态的条件下,获得更真实的实验数据,使整体水平的研究有了新的提高。而肌肉活检、电镜观察、微电极、生物免疫、生物化学、分子生物学等技术已把实验者的视野带进了细胞分子水平的微观世界。

三、运动生理学的目的、任务

运动生理学是通过专门对人体短期运动反应和长期运动的适应规律的研究,为体育教学和运动训练提供生理科学依据,对运

动实践有着重要的指导意义。其具体的目的是：

1. 在正确认识人体机能活动基本规律的基础上，进一步探讨在体育运动影响下人体机能产生适应性变化的生物学规律及其生理机制；

2. 掌握体育教学和运动训练的一些基本生理原理，特别是不同年龄、性别特征与体育运动的关系，为科学地进行体育教学和运动训练提供生理依据；

3. 初步掌握评定人体机能能力的基本原则和依据人体机能的变化特点从事体育教学和运动训练的基本原理。

四、学习运动生理学的基本观点和方法

1. 要树立整体观念

人体是作为一个完整的统一体而存在的，各种生理活动都是完整统一体中的组成部分，构成人体的各系统、器官、组织和细胞有其不同的活动规律，但它们之间的活动又是相互联系、相互制约、有机配合、协调一致的，以服从于人体作为整体适应环境变化的需要。例如：各器官、系统的生理活动都是围绕着整体的新陈代谢过程而展开的；血液循环沟通着呼吸、消化、排泄等生理活动；神经、体液等调控活动使机体达到完整的统一，以适应内外环境的变化。如果学习中只注重人体局部的功能变化，而忽略适应环境的人体整体功能的效应就会走入“只见树木，不见森林”的误区。

2. 服从体育专业的需要

学习运动生理学应具有体育专业的意识，即学习生理学的每一点知识，都要联系运动实际。要主动用它来解释运动人体的活动规律，用它指导运动实践，这将更有利于生理知识的掌握和运用，同时也为深入学习专业课程奠定良好的基础。脱离专业目标学习运动生理学，很可能会导致学非所用、理论脱离实践的后果。

3. 注重学科渗透

人体机能和形态是密切联系的,因此,学习本学科不但要从人体生理学入手,还要掌握人体解剖学的基本知识。为了进一步阐明某些生理现象的产生机理,也要学好生物化学这一基础理论。由于运动生理学的研究范围限于人体在正常状态下的机能活动,所以它又需要与各种病理现象相鉴别,并为运动参加者的机能评定、医务监督等体育保健学的内容提供理论依据。各学科的知识内容相互联系,相互促进。关注运动生理学与其他学科的联系,将有助于开拓思路,加深对生理知识的理解,也有利于将所学知识融会贯通,这样才能对体育运动实践做出更大的贡献。

4. 结构与功能的统一

人体的形态结构是生理功能的物质基础,而人体的各种生理功能则是形态结构的运动形式,一定的形态结构决定一定的功能。在运动实践中,功能的变化能逐渐引起形态结构的变化;形态结构的改变又可影响功能活动,二者相辅相成。因此,学习运动生理学要注意结构与功能之间的相互联系和相互作用。

5. 动态平衡观点

与运动解剖学不同,运动生理学作为功能学科重在研究生命活动,而人的生命活动是在适应环境的过程中不断变化的,这种变化在生理范围内是一种动态的平衡。其目的是维持体内环境的相对稳定。因此,在学习中要注意掌握人体正常的功能活动的周期性(如心动周期)、双重性(交感、副交感神经的双重支配作用)、双向性(兴奋与抑制)等活动规律,切忌以静态的观点来理解运动生理学内容。

五、生命活动的基本表现

生物体具有生命活动,其生命活动现象至少包括新陈代谢、兴奋性、适应性和生殖等几个方面的基本特征。

1. 新陈代谢

任何生物体总是在不断地更新自我，破坏和清除已衰老的结构，重建新的结构。这种生物体在不断地与周围环境进行物质与能量交换中实现自我更新的过程，称之为新陈代谢。新陈代谢是生命活动的最基本的特征，它一旦停止，生命活动就会结束。

在新陈代谢过程中，分解自身的结构称为分解代谢，合成和重建自身的结构称为合成代谢。体内一切分解、合成、转化、利用等活动都是在水溶液中进行的，而且绝大多数反应都是由酶催化完成的生物化学反应。生物体一方面不断地利用从外界环境中摄取来的营养物质合成为自身的组成成分和能源物质，另一方面，人体又不断地将已衰老的组成成分和能源物质进行分解，放出能量以供合成体内新物质和完成各种生理功能，并把分解产物排放到外部环境中。生物体的新陈代谢实际上是一种高级的、复杂的物质运动形式，生命活动就是这种运动形式的表现。

2. 兴奋性

兴奋性是一切生物体所具有的特性，是生物体生存的必要条件。生物体生活在一定的外界环境中，当环境发生变化时，细胞、组织或机体内部的新陈代谢及外部的表现都将发生相应的变化，这种变化称为反应。各种能引起细胞、组织或机体发生反应的环境变化称为刺激。生物体对刺激发生反应的能力称为兴奋性。

随着电生理技术的发展，实验中发现，机体的一些组织，当受到刺激后能产生某种特殊的生物电反应，如神经、肌肉、腺体等，受刺激后能产生的生物电反应称为兴奋。具有对刺激产生生物电反应的能力称为兴奋性。刺激有强弱或大小的差别，凡能引起某种组织产生兴奋的最弱（最小）刺激强度称为阈刺激。组织对刺激的反应能力大小也有不同，也就是组织的兴奋性高低存在差异。如果组织对很小、很弱的刺激就能产生兴奋，表明它的

兴奋性很高，反之兴奋性就低。

可兴奋组织有两种基本的生理活动过程：由相对静止状态转变为活动状态，或兴奋性由弱变强的活动状态，为兴奋活动；由活动状态转变为相对静止状态，或兴奋性由强变弱的活动状态，为抑制活动。人体各种生理功能活动，既有兴奋活动也有抑制活动，两者既对抗又协调，并可相互转化。因此，兴奋和抑制是对立统一的生理活动过程。

3. 适应性

生物体长期生存在某一特定的生活环境中，在客观环境的影响下可以逐渐形成一种与环境相贴近的、适合自身生存的反应模式。亦即，当生物体长期处在某种环境变化时，机体会不断调整自身各部分间的关系，发生相应的机能变化，使自身和环境间经常保持相对稳定。生物体所具有的这种适应环境的能力，称之为适应性。例如：长期居住在高原地区的居民，其血液中的红细胞数量远远超过平原地区的居民。这种适应性反应对高原居民是十分必要的，因为血液中红细胞数量的增多，可大大提高血液运输氧气的能力，从而有效地克服了高原缺氧给人体带来的不良影响，创造了适应客观环境而生存的条件。再如，运动员经过长期的力量训练可使肌肉发达；长期的耐力训练可使心肺功能得以改善等，这些都是人体对环境变化产生适应的结果。

4. 生殖

生物体的生命是有限的，必须通过生殖过程进行自我复制和繁殖，才能使生命过程得以延续。生物体生长发育到一定阶段后，能够产生与自己相似的子代个体，这种功能称为生殖。单细胞生物通过一个亲代细胞分裂为两个子细胞而完成生殖过程。高等动物则由雄性与雌性的生殖细胞结合以生成子代个体才能完成生殖过程。近年来，由于生物技术的发展，可以通过克隆技术使生命得以复制，使传统的生殖理论和观念受到了挑战。

思考题

1. 运动生理学的研究对象是什么？
2. 体育专业的学生为什么要学习运动生理学？
3. 简述对运动生理学研究的三个不同层次。
4. 名词解释：
新陈代谢 兴奋性 适应性 生殖 人体机能