



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

经全国高等学校体育教学指导委员会审定通过

运动生理学

YUNDONG SHENGLIXUE

(第六版)

● 卢昌亚 李洁 龙之友 主编



SPORTS



GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS

广西师范大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

运动生理学 / 卢昌亚, 李洁, 龙之友主编. —6 版.
桂林: 广西师范大学出版社, 2013.3
普通高等学校体育专业课程系列教材
ISBN 978-7-5495-2357-3

I. ①运… II. ①卢…②李…③龙… III. ①运动
生理学—高等学校—教材 IV. ①G804.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 151550 号

广西师范大学出版社出版发行

(广西桂林市中华路 22 号 邮政编码: 541001)
(网址: <http://www.bbtpress.com>)

出版人: 何林夏

全国新华书店经销

衡阳顺地印务有限公司印刷

(湖南省衡阳市雁峰区园艺村 9 号 邮政编码: 421008)

开本: 720 mm × 960 mm 1/16

印张: 15 字数: 268 千字

2013 年 3 月第 6 版 2013 年 3 月第 1 次印刷

印数: 0 001~6 000 册 定价: 24.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与印刷厂联系调换。

再版说明

本套教材自 20 世纪 90 年代正式出版以来,先后历经数次修编,到 2006 年时,教材已包含高职高专层次体育专业主干课程(17 本),以及与之相配套的学习指导书。教材出版后得到了广大高校体育专业师生的好评,也得到了许多积极的建议。进入 21 世纪以来,在教育部《国家中长期教育改革和发展规划纲要》(以下简称“纲要”)(2010—2020 年)的指引下,高职高专的教育发展十分迅速。高职高专的人才培养目标已向培养高质量的应用型体育人才转变。基于上述原因本套教材进入新一轮修编。

本次修编是在原教材基础上进行的。目标是在保持原教材内容简洁、针对性强的风格和优点的基础上,对教材知识的选择、知识呈现顺序和知识表达方式进行优化,使优化后的教材满足高职高专院校体育专业的教学需要。在知识的选取上,突出了对应用型人才培养相关的知识;在知识呈现顺序上,通过优化结构来体现学科的逻辑性和对高职高专学生认识规则的把握,同时,通过增加栏目来拓展学习的领域和空间;在知识表达方式上,以学生兴趣和

理解力为出发点,通过知识媒体的表达能力与知识表现的需要相结合,来实现对知识的最佳展现。具体来说,增加了栏目,如本章知识地图、知识窗、轻松阅读等,并强调内容的实用性、可读性和启发性;更新了陈旧的史料,引入新的成熟的体育教学和科研的成果;图解采用照片和线图相结合,使表达更趋真实化、直观化,凸显技术细节;通过章节前后顺序的调整和章节合并实现了对人才培养的重要知识内容的突出和教学重点的变化,也使得教材详略更适合当前教学和学习的需要。

除了对教材内容和形式的修编外,本次修编还注重对现代教学技术的引入。教材是通过教学光盘和网络课程资源两个途径来达到这一目的的。教师可以利用这些资料从事多媒体化的数字化教学,从而实现多种教学效果。而学生也可以通过这些资料提高知识预习、知识巩固和知识实践的效果。教学光盘仅包含本教材涉及的视频、图像、课件、实验等内容,适用于网络不发达地区。网络课程资源强调对教材知识体系的扩充,增加了与教材相关的实验、图谱、视频、试题、课件、文献等资源,此外还提供了一些测试、备课、上课功能。目前网络课程资源正在逐步建设中。

《运动生理学》是体育专业专科主干课程教材。原教材由卢昌亚、李洁、龙之友任主编,参加编写的人员(及所承担的编写任务)如下:上海师范大学卢昌亚(绪论,第一章,第二章,第十一章,实验指导,参考文献);上饶师范学院邱少霖(第三章,第四章);西北师范大学李洁(第五章,第六章);抚顺师范高等专科学校张广群(第七章);安顺师范高等专科学校龙之友(第八章,第九章);康定民族师范高等专科学校阳源(第十章,第十三章);玉林师范学院黎健民

(第十二章)。本次出版的修订教材由卢昌亚、李洁、龙之友任主编，卢昌亚、李洁承担修订工作，全书由卢昌亚统稿。

本次教材的修编是在国家教育部体育卫生与艺术教育司和全国高等学校体育教学指导委员会的全程指导下进行的，广西师范大学体育学院予以各级协助。在此，我们向所有参与、关心、支持和协助本套教材编写和出版的单位、领导和教师表示深深的谢意。

本套教材的修编是新时期下对高等学校体育专业教学改革、教材建设的探索与尝试，不妥之处敬请各位读者批评指正。

第一章 肌肉收缩	1
第一节 肌肉收缩的生理基础	1
第二节 肌肉收缩的力学原理	10
第二章 肌肉活动的控制	15
第一节 神经系统的组成与功能	15
第二节 中枢神经系统对躯体运动的调节	25
第三节 运动技能形成的神经机制与训练	30
第三章 血液与运动	35
第一节 血液的组成与生理功能	35
第二节 血液功能对运动的适应与调节	45
第四章 呼吸与运动	47
第一节 肺通气	47
第二节 气体交换	51
第三节 呼吸的调节	62
第五章 血液循环与运动	68
第一节 心脏的泵血功能	68

编委会名单

主任委员

- 黄汉升 福建师范大学副校长,教授,全国高等学校体育教学指导委员会副主任
季浏 华东师范大学体育与健康学院院长,教授,全国高等学校体育教学指导委员会理论学科组组长
邓树勋 华南师范大学体育科学学院教授

副主任委员

- 王家宏 苏州大学体育学院院长,教授,全国高等学校体育教学指导委员会技术学科组组长
王崇喜 河南大学体育学院教授,全国高等学校体育教学指导委员会顾问
覃喆 广西师范大学出版社有限责任公司高等教育图书出版分社社长
姚辉洲 广西体育高等专科学校校长,教授
梁柱平 广西师范大学体育学院院长,教授,全国高等学校体育教学指导委员会委员
李苑青 广西师范大学出版社有限责任公司副总裁,编审
李进 重庆文理学院体育系主任,教授
陈卫 广西壮族自治区教育厅体育卫生与艺术教育处处长

委员(以姓氏笔画为序)

- | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 于振峰 | 王锋 | 王家宏 | 王崇喜 | 王景贵 | 邓树勋 | 龙之友 | 卢义锦 |
| 卢昌亚 | 刘坚 | 刘明 | 吴环成 | 张建军 | 李进 | 李洁 | 李健 |
| 李薇 | 李金龙 | 李苑青 | 陈卫 | 陈上越 | 陈叶坪 | 陈铁成 | 季浏 |
| 姚辉洲 | 姜桂萍 | 赵斌 | 赵宗跃 | 梁俊雄 | 梁柱平 | 黄汉升 | 童昭岗 |
| 谢翔 | 覃喆 | 雷咏时 | 蔡仲林 | 谭平平 | 颜天民 | | |

目 录

第十三章 实验与运动	131
第一节 运动生理学实验指导	131
第二节 运动生理学实验指导	131
第三节 运动生理学实验指导	131
第四节 运动生理学实验指导	131
第五节 运动生理学实验指导	131
第六节 运动生理学实验指导	131
第七节 运动生理学实验指导	131
第八节 运动生理学实验指导	131
第九节 运动生理学实验指导	131
第十节 运动生理学实验指导	131
第十一节 运动生理学实验指导	131
第十二节 运动生理学实验指导	131
第十三节 运动生理学实验指导	131
第十四节 运动生理学实验指导	131
第十五节 运动生理学实验指导	131
第十六节 运动生理学实验指导	131
第十七节 运动生理学实验指导	131
第十八节 运动生理学实验指导	131
第十九节 运动生理学实验指导	131
第二十节 运动生理学实验指导	131
第二十一节 运动生理学实验指导	131
第二十二节 运动生理学实验指导	131
第二十三节 运动生理学实验指导	131
第二十四节 运动生理学实验指导	131
第二十五节 运动生理学实验指导	131
第二十六节 运动生理学实验指导	131
第二十七节 运动生理学实验指导	131
第二十八节 运动生理学实验指导	131
第二十九节 运动生理学实验指导	131
第三十节 运动生理学实验指导	131
第三十一节 运动生理学实验指导	131
第三十二节 运动生理学实验指导	131
第三十三节 运动生理学实验指导	131
第三十四节 运动生理学实验指导	131
第三十五节 运动生理学实验指导	131
第三十六节 运动生理学实验指导	131
第三十七节 运动生理学实验指导	131
第三十八节 运动生理学实验指导	131
第三十九节 运动生理学实验指导	131
第四十节 运动生理学实验指导	131
第四十一节 运动生理学实验指导	131
第四十二节 运动生理学实验指导	131
第四十三节 运动生理学实验指导	131
第四十四节 运动生理学实验指导	131
第四十五节 运动生理学实验指导	131
第四十六节 运动生理学实验指导	131
第四十七节 运动生理学实验指导	131
第四十八节 运动生理学实验指导	131
第四十九节 运动生理学实验指导	131
第五十节 运动生理学实验指导	131
第五十一节 运动生理学实验指导	131
第五十二节 运动生理学实验指导	131
第五十三节 运动生理学实验指导	131
第五十四节 运动生理学实验指导	131
第五十五节 运动生理学实验指导	131
第五十六节 运动生理学实验指导	131
第五十七节 运动生理学实验指导	131
第五十八节 运动生理学实验指导	131
第五十九节 运动生理学实验指导	131
第六十节 运动生理学实验指导	131
第六十一节 运动生理学实验指导	131
第六十二节 运动生理学实验指导	131
第六十三节 运动生理学实验指导	131
第六十四节 运动生理学实验指导	131
第六十五节 运动生理学实验指导	131
第六十六节 运动生理学实验指导	131
第六十七节 运动生理学实验指导	131
第六十八节 运动生理学实验指导	131
第六十九节 运动生理学实验指导	131
第七十节 运动生理学实验指导	131
第七十一节 运动生理学实验指导	131
第七十二节 运动生理学实验指导	131
第七十三节 运动生理学实验指导	131
第七十四节 运动生理学实验指导	131
第七十五节 运动生理学实验指导	131
第七十六节 运动生理学实验指导	131
第七十七节 运动生理学实验指导	131
第七十八节 运动生理学实验指导	131
第七十九节 运动生理学实验指导	131
第八十节 运动生理学实验指导	131
第八十一节 运动生理学实验指导	131
第八十二节 运动生理学实验指导	131
第八十三节 运动生理学实验指导	131
第八十四节 运动生理学实验指导	131
第八十五节 运动生理学实验指导	131
第八十六节 运动生理学实验指导	131
第八十七节 运动生理学实验指导	131
第八十八节 运动生理学实验指导	131
第八十九节 运动生理学实验指导	131
第九十节 运动生理学实验指导	131
第九十一节 运动生理学实验指导	131
第九十二节 运动生理学实验指导	131
第九十三节 运动生理学实验指导	131
第九十四节 运动生理学实验指导	131
第九十五节 运动生理学实验指导	131
第九十六节 运动生理学实验指导	131
第九十七节 运动生理学实验指导	131
第九十八节 运动生理学实验指导	131
第九十九节 运动生理学实验指导	131
第一百节 运动生理学实验指导	131
绪论	1
第一章 肌肉收缩	5
第一节 肌肉的细微结构与兴奋性/6	
第二节 肌肉的收缩原理/9	
第三节 肌纤维类型与运动能力/14	
第二章 肌肉活动的神经调控	19
第一节 神经系统的组成与神经信息传输/20	
第二节 中枢神经系统对躯体运动的调控/24	
第三节 运动技能形成的神经机制新进展/30	
第三章 血液与运动	35
第一节 血液的组成与生理功能/36	
第二节 血液功能对运动的反应与适应/43	
第四章 呼吸与运动	47
第一节 肺通气/48	
第二节 气体交换/51	
第三节 呼吸的调节/53	
第五章 血液循环与运动	59
第一节 心脏的泵血功能/60	

	第二节 血压与血流/66	
	第三节 运动中的心血管功能调节/69	
第六章	物质代谢与能量代谢	74
	第一节 物质代谢/75	
	第二节 运动中的能量供应/83	
	第三节 能量平衡与体重控制/90	
第七章	内分泌与运动	98
	第一节 内分泌概述/99	
	第二节 激素对运动的反应与适应/105	
第八章	感觉与运动	110
	第一节 感觉功能概述/111	
	第二节 某些感觉与运动的关系/112	
第九章	身体素质及其训练	120
	第一节 力量/121	
	第二节 速度/126	
	第三节 耐力/129	
	第四节 灵敏性与柔韧性/135	
	第五节 体适能/137	
第十章	运动中人体生理功能状态变化的规律	141
	第一节 竞技状态及其调节/142	
	第二节 运动性疲劳与运动后的恢复/146	
第十一章	体育教学与训练的生理学基础	155
	第一节 体育教学与训练的生理学效应/156	
	第二节 体育教学与训练的生理负荷量/159	
	第三节 体育教学与训练效果的生理学评定/163	
第十二章	不同人群的体育锻炼特点	167
	第一节 儿童青少年的生理特点与体育锻炼/168	
	第二节 女子的生理特点与体育运动/179	
	第三节 老年人的体育锻炼/182	

第十三章 环境与运动	186
第一节 冷热环境与运动/187	
第二节 水环境与运动/193	
第三节 高原环境与运动/195	
第十四章 运动生理学若干领域的研究现状与进展	200
运动生理学实验指导	210
实验一 肌肉力量的测定/210	
实验二 血红蛋白测定及血型鉴定/212	
实验三 安静时和运动时人体心率与动脉血压的测定/214	
实验四 人的身体成分的间接测定/217	
实验五 W_{170} (PWC_{170}) 的测定/220	
实验六 田径场定距离跑估测最大吸氧量/221	
实验七 心功能指数与哈佛台阶指数的测定/223	
实验八 无氧功率的测定/224	
主要参考文献	226

一、运动生理学的课程性质与研究内容

运动生理学是人体生理学的一个分支,属于应用生理学的范畴。运动生理学是研究在体育运动的过程中以及长期系统的体育锻炼影响下人体机能活动变化规律的科学。运动生理学是体育专业专科学生一门重要的专业基础课程。运动生理学以运动过程中或运动影响下的人体为研究对象,通过人体实验或测试了解在运动过程中以及运动影响下人体各种功能的变化与适应。

二、专科学生学习运动生理学的目的和任务

体育专业的专科学生学习运动生理学的目的是:教授健康第一的体育教育思想,掌握儿童青少年在运动生理学方面的规律与特点,为科学地指导儿童青少年的体育教学与体育锻炼打下坚实的理论知识与实践的基础。

教育专业的专科学生学习运动生理学的任务是:①了解人体基本生理活动规律,特别是儿童青少年的生理特点,进一步认识体育锻炼与运动训练对儿童青少年体能和运动能力发展的促进作用及其规律。②运用体育锻炼与运动训练的生理学原理,科学地从事体育教学和组织青少年业余训练。③初步掌握几种主要的人体功能测试与评价方法,并能将其运用于体育教学和运动实

绪 论



本章提要

本章简要说明高等专科学校体育专业运动生理学课程的性质、研究内容、学习目的和任务,本教材的特点,运动生理学的发展方向,以及运动生理学与健身体育和竞技体育的关系,并简要介绍人体的基本生理特征和人体生理功能的调节方式。

一、运动生理学的课程性质与研究内容

运动生理学是人体生理学的一个分支,属于应用生理学的范畴。运动生理学是研究在体育运动的过程中以及长期系统的体育锻炼影响下人体机能活动变化规律的科学。运动生理学是体育专业专科学子一门重要的必修基础课程。

运动生理学以运动过程中或运动影响下的人体为研究对象,通过人体实验或测试了解在运动过程中以及运动影响下人体各种功能的变化与适应。

二、专科学子学习运动生理学的目的和任务

体育专业的专科学子学习运动生理学的目的是:贯彻健康第一的体育教育思想,掌握儿童青少年在运动生理学方面的规律与特点,为科学地指导儿童和青少年的体育教学与体育锻炼打下坚实的理论联系实际的基础。

体育专业的专科学子学习运动生理学的任务是:①了解人体基本生理活动规律,特别是儿童青少年的生理特点,进一步认识体育锻炼与运动训练对儿童青少年体格和运动素质发展的促进作用及其规律。②运用体育锻炼与运动训练的基本生理学原理,科学地从事体育教学和组织青少年业余训练。③初步掌握几种主要的人体功能的测试与评价方法,并能将其运用于体育教学和运动实

践中。

三、本教材的特点

本教材强调应用性,注重理论联系实际,特别是联系中小学体育教学训练和儿童青少年健身锻炼的实际,在阐述生理学和运动生理学基本原理和机制时,注意结合儿童青少年健康教育方面的内容。在本教材每章的正文中穿插有“知识窗”小栏目,主要是介绍一些与正文内容密切相关的知识背景或知识引申。在每章的篇末还有“轻松阅读”,其主要内容是介绍与本章内容密切相关的知识拓展或实际应用。该栏目的写作力求深入浅出,以达到轻松阅读的目的。本教材在每章的“思考与巩固”中,安排有联系儿童青少年体育教学与身体锻炼方面的情景内容,并要求在理论联系实际基础上进行思考,以巩固所学的知识。本教材所列出的实验,尽可能考虑实用意义和操作条件这两个因素,以提高教学时实验的实际开出率。

四、运动生理学的发展方向

在科学技术方法学飞速发展的现代,一方面,研究方法日趋微观化,运动生理学各个领域的研究也逐步深入到细胞、亚细胞和分子水平;另一方面,围绕整体功能展开整合调控的宏观研究也是运动生理学发展的重要组成部分。一些传统的研究手段,如心肺功能检测、能量代谢、血液流变学、身体成分等经典方法仍有普遍的应用价值。但目前处于运动生理学研究前沿的课题更为广泛,如从基因与体能的遗传角度研究人体的运动能力、运动性心脏重塑的基因表达发生机制,以及细胞凋亡和氧化应激等信号的传导途径,等等。所有这些研究都需要方法学的进步。目前被引入运动生理学领域的新技术有:放射免疫测定、显微操作、计算机 X 线断层摄影技术(CT)、核磁共振技术(MRI)、自旋共振技术、生物芯片技术、聚合酶链式反应法(PCR)、基因表达检测技术、激光扫描聚焦显微技术、纳米技术和克隆技术等。现代运动生理学的发展还寄希望于各学科的融合和渗透,运动生理学与医学遗传学、免疫学、生物力学、生物化学、物理学、人体工程学甚至生物数学等学科的交叉,将打开运动生理学研究的新视野。

五、运动生理学与体育健身和竞技体育的关系

运动生理学是一门应用性很强的学科,它与贴近人民生活的大众体育健身和展示人类体能极限的竞技体育密切相关。

从运动生理学的角度可以对大众健身的诸多课题展开广泛深入的研究,针对不同的人群和个体设计不同的运动处方,进行科学健身指导,对某些疾病实施体育康复。例如:对国民体质的全面测试及其指标与标准的确定;向处于生

长发育中的青少年推荐适宜的运动内容、运动量和运动形式；为需要减肥的人确定合理的锻炼措施；为糖尿病患者安排体育康复的疗程；为中老年人预防疾病、延缓衰老提供最佳的体育保健咨询；等等。

运动生理学对于竞技体育方面的应用研究已经越来越先进，研究的目的主要是解决运动员在训练和比赛中出现的各种实际问题，为提高运动成绩和取得比赛胜利创造体能条件。未来竞技运动场上的较量会更多地借助高科技手段提高运动员身体功能和改进运动技能。例如：运动训练对不同专项运动员体能的影响及其生理学机制的研究；不同训练方法的生理学评定；运动训练时运动员机能状态的监控；高原或低氧训练对人体功能的影响；运动性疲劳机制和身体机能恢复手段的研究；运动性损伤与疾病治疗康复中的生理学理论和实践问题；等等。

运动生理学在体育科学领域中具有重要的理论与应用价值。对于体育专业的专科学学生来说，一定要努力学好这门课程，以便将来更好地从事体育教学、体育训练和体育科学研究，同时也便于用所学的知识指导自己的体育锻炼。

六、人体生理功能的调节

运动生理学是以运动状态下的人体生理机能为研究和阐述对象的。人体的生理机能具有一些基本的生命特征，如新陈代谢、兴奋性和适应性等。在正常的情况下，人体的机能处于完整、统一、协调的工作状态。各种组织、细胞、器官和系统之间机能分工不同，但彼此之间不是孤立的，而是密切配合、协调一致的，这在生理学上称为稳态。这种整体的协调关系是依靠生理功能的调节来实现的。

(一)神经调节

神经调节是通过神经系统对各种机能活动进行调节，这是人体中最重要的调节机制，其基本活动方式是反射。所谓反射，是指在中枢神经系统的参与下，机体对环境变化产生的适应性应答。例如：强光照射使瞳孔缩小，运动时心跳加快、加强，呼吸运动增强，等等。实现反射的结构基础是反射弧。反射弧通常包括感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器五个基本环节。每一种反射都有一定的反射弧。例如，短跑比赛中起跑时，首先是起跑信号的声响刺激听觉感受器(耳)，听觉感受器产生神经冲动，神经冲动通过传入神经(听神经)到达大脑的听觉中枢，听觉中枢对信息进行分析处理后再发出信息，信息沿传出神经分别传到效应器(骨骼肌和内脏)，引起肌肉收缩产生起跑的动作。

神经调节的特点是潜伏期短，反应迅速、灵敏、准确。

(二) 体液调节

体液调节是指机体通过组织间液或血液循环将一些化学物质运送到一定的组织或器官,促进或抑制其活动的调节方式。体液调节的物质一般以各种内分泌腺所分泌的激素为主。

体液调节的特点是速度较慢,调节效应较持久,影响的范围较广。

机体中许多器官的功能既受神经调节,也受体液调节。一般神经调节处于主导地位,两种调节相辅相成。而体液调节通常也直接或间接地受神经调节的影响,因此,体液调节也称神经—体液调节。

思考与巩固

1. 举例说明运动生理学与儿童青少年体育锻炼的关系。
2. 什么是神经调节与体液调节?这两者各有什么特点?

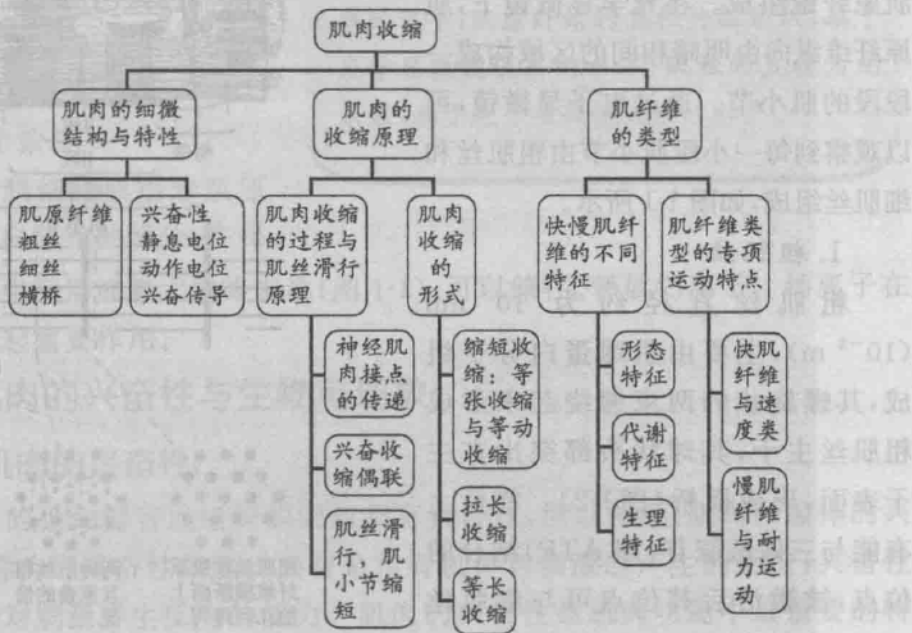
第一章 肌肉收缩



本章提要

本章主要阐述骨骼肌的细微结构、收缩原理、收缩形式以及肌纤维类型与运动能力的关系。

本章知识地图



学习目标

了解骨骼肌的细微结构与肌肉兴奋时的生物电现象,掌握肌肉收缩原理与肌肉收缩的不同形式及其在运动实践中的意义,认识快慢两种肌纤维的不同特点及其与运动能力之间的关系。必须掌握与能够实际应用的重要概念有:兴奋与兴奋性、肌丝滑行原理、缩短收缩、拉长收缩、等长收缩、肌纤维的百分组成。

肌肉分为骨骼肌、平滑肌和心肌三大类。骨骼肌约占体重的40%（女性约占35%）。人体完成各种运动，都是通过不同类型的骨骼肌在中枢神经系统的调控下进行有规律的收缩和舒张来实现的。

骨骼肌具有伸展性、弹性和黏滞性等物理特性，以及兴奋性和收缩性等生理特性。骨骼肌收缩是运动生理学研究 and 阐述的关键问题之一。

第一节 肌肉的细微结构与兴奋性

一、肌肉的细微结构

(一) 肌原纤维

骨骼肌由束状排列的肌细胞组成，又称肌纤维。一条肌纤维由许多肌原纤维组成。在光学显微镜下，肌原纤维纵向由明暗相间的区域构成一段段的肌小节。通过电子显微镜，可以观察到每一小段肌小节由粗肌丝和细肌丝组成，如图1-1所示。

1. 粗肌丝

粗肌丝直径约为10 nm (10^{-8} m)，主要由肌球蛋白分子组成，其螺旋状的两束缠绕起来形成粗肌丝主干，其球状头部突出在主干表面，形成横桥（图1-2）。横桥上有能与三磷酸腺苷（即ATP）结合的位点，被激活后其位点可与细肌丝上相应位点结合，产生逆向摆动，牵引细肌丝向粗肌丝中部滑行。

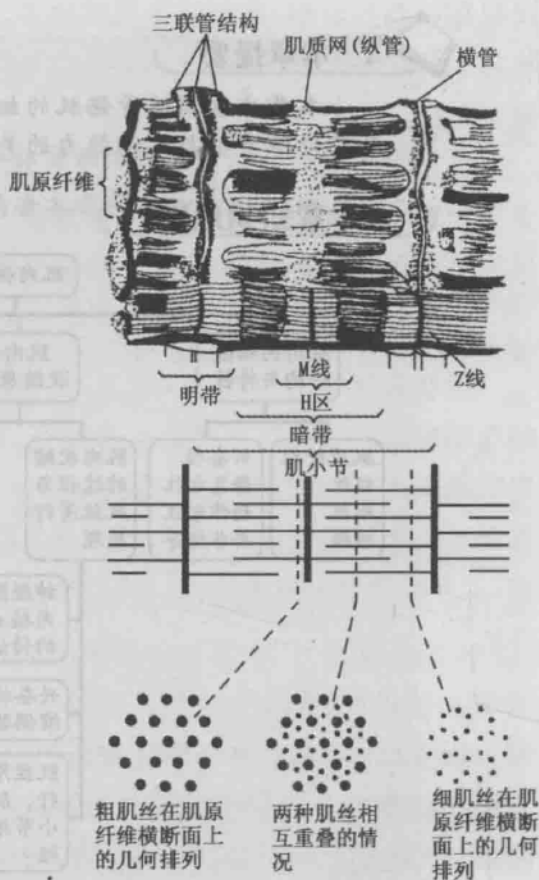


图1-1 肌纤维结构模式图

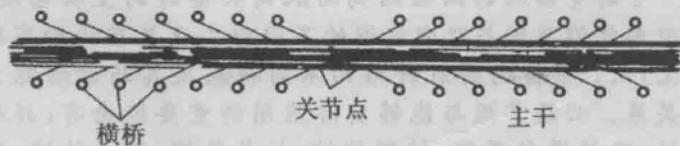


图1-2 粗肌丝及横桥示意图

2. 细肌丝

细肌丝分布在粗肌丝之间,直径约为 5 nm,主要由球形的肌动蛋白分子纵向聚扭成双螺旋状(图 1-3)。细肌丝上有与肌球蛋白结合的位点。细肌丝上还有原肌球蛋白和肌钙蛋白。细肌丝和粗肌丝通过横桥的结合产生滑行。

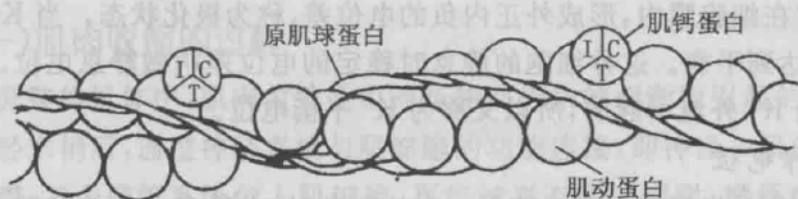


图 1-3 细肌丝结构示意图

(二) 肌管系统

1. 横管系统

横管是肌细胞膜向着与肌原纤维垂直的方向凹入的部分,其作用是将肌细胞膜的兴奋传入细胞内(图 1-1)。

2. 纵管系统

纵管是肌细胞膜沿着肌原纤维平行方向分布的部分,在每个肌小节的中间形成膨大的终末池(图 1-1),可以储存、释放钙离子。钙离子在收缩过程中起重要作用。

(知识窗一)

肌肉结构的三个水平

肌纤维的直径为毫米级,属于肉眼观察的水平;肌原纤维的直径为微米级,属于光学显微镜观察的水平;肌丝的直径为纳米级,属于电子显微镜观察的水平。

二、肌肉的兴奋性与生物电现象

(一) 肌肉的兴奋性

一切活的生命器官或组织的细胞都有兴奋性,但以神经、肌肉和腺体的兴奋性最高,称为可兴奋性细胞。兴奋是指有机体对刺激所产生的反应;兴奋性是指有机体对刺激产生反应的能力。肌肉的兴奋性是肌肉功能中最重要的特性,肌肉的功能是通过肌肉在兴奋性的基础上所产生的收缩活动而实现的。

(二) 细胞的兴奋和生物电现象

活组织或细胞不论在安静状态还是活动状态都显示出电现象,称为生物电现象。了解相关的生物电现象及其规律,是认识细胞生理活动的基础。

1. 静息电位

静息电位是指细胞在未受到刺激时存在于细胞膜内外两侧的电位差。若将细胞膜外的电位定为 0,则哺乳动物神经和肌细胞的静息电位为 $-90 \sim$