



基础医学本科核心课程系列教材

总主编：汤其群

生理学

Physiology

主编 陆利民 王 锦

复旦大学出版社



基础医学本科核心课程系列教材

总主编：汤其群

生理学

Physiology

主 审 朱大年

主 编 陆利民 王 锦

编 者 (按姓氏笔画排序)

王文伟 王继江 王铭洁 王 锦

刘 俊 沈霖霖 张 威 陆利民

陈咏华 夏春梅 陶蓓蓓 黄 莺

薛 红

 复旦大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

生理学/陆利民,王锦主编. —上海:复旦大学出版社,2016.2
(复旦博学·基础医学本科核心课程系列教材)
ISBN 978-7-309-12053-0

I. 生… II. ①陆…②王… III. 人体生理学-医学院校-教材 IV. R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 319186 号

生理学

陆利民 王 锦 主编
责任编辑/傅淑娟

复旦大学出版社有限公司出版发行
上海市国权路 579 号 邮编:200433
网址:fupnet@fudanpress.com http://www.fudanpress.com
门市零售:86-21-65642857 团体订购:86-21-65118853
外埠邮购:86-21-65109143
江苏省句容市排印厂

开本 787×1092 1/16 印张 25.25 字数 538 千
2016 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978-7-309-12053-0/R·1531
定价:85.00 元

如有印装质量问题,请向复旦大学出版社有限公司发行部调换。
版权所有 侵权必究

A large, faint, circular watermark of the Fudan University seal is centered on the page. The seal contains the university's name in Chinese characters and English, along with the founding year 1905.

“博学而笃志，切问而近思。”

《论语》

博晓古今，可立一家之说；
学贯中西，或成经国之才。

复旦博学 · 复旦博学 · 复旦博学 · 复旦博学 · 复旦博学 · 复旦博学

基础医学本科核心课程系列教材

编写委员会名单

总主编 汤其群

顾问 郭慕依 查锡良 鲁映青 左 伋 钱睿哲

编委 (按姓氏笔画排序)

王 锦 左 伋 孙凤艳 朱虹光 汤其群 张红旗

张志刚 李文生 沈忆文 陆利民 陈 红 陈思锋

周国民 袁正宏 钱睿哲 黄志力 储以微 程训佳

秘 书 曾文姣

序 言

医学是人类繁衍与社会发展的曙光，在社会发展的各个阶段具有重要的意义，尤其是在科学鼎新、重视公民生活质量和生存价值的今天，更能体现她的尊严与崇高。

医学的世界博大而精深，学科广泛，学理严谨；技术精致，关系密切。大凡医学院校必有基础医学的传承而显现特色。复旦大学基础医学院的前身分别为上海第一医学院基础医学部和上海医科大学基础医学院，诞生至今已整 60 年。沐浴历史沧桑，无论校名更迭，复旦大学基础医学素以“师资雄厚，基础扎实”的风范在国内外医学界树有声望，尤其是基础医学各二级学科自编重视基础理论和实验操作、密切联系临床医学的本科生教材，一直是基础医学院的特色传统。每当校友返校或相聚之时，回忆起在基础医学院所使用的教材及教师严谨、认真授课的情景，都印象深刻。这一传统为培养一批又一批视野开阔、基础理论扎实和实验技能过硬的医学本科生起到关键作用。

21 世纪是一个知识爆炸、高度信息化的时代，互联网技术日益丰富，如何改革和精简课程，以适应新时代知识传授的特点和当代大学生学习模式的转变，日益成为当代医学教育关注的核心问题之一。复旦大学基础医学院自 2014 年起在全院范围内，通过聘请具有丰富教学经验和教材编写经验的全国知名教授为顾问、以各学科带头人和骨干教师为主编和编写人员，在全面审视和分析当代医学本科学生基础阶段必备的知识点、知识面的基础上，实施基础医学“主干课程建设”项目，其目的是传承和发扬基础医学院的特色传统，进一步提高基础医学教学的质量。

在保持传统特色、协调好基础医学各二级学科和部分临床学科的基础上，在全院范围内组织编写涵盖临床医学、基础医学、公共卫生、药学、护理学等专业学习的医学基础知识的教材，这在基础医学院历史上还是首次。我们对教材编写提出统一要求，即做到内容新颖、语言简练、结合临床；编写格式规范化，图表力求创新；去除陈旧的知识概念，凡涉及临床学科的教材，如《系统解剖学》《病理学》《生理学》《病理生理学》《药理学》《法

医学》等，须聘请相关临床专家进行审阅等。

由于编写时间匆促，这套系列教材一定会存在一些不足和遗憾，希望同道们不吝指教和批评，在使用过程中多提宝贵意见，以便再版时完善提高。

冯世平

2015年8月

前言

生理学是一门重要的基础医学课程。早在 20 世纪 80 年代,原上海医科大学生理学教研室就根据学校生理学教学的实际情况和对课程教学的要求,组织编写了适合我校本科生教学需要的《生理学》自编教材,多年的教学实践证明,该教材有较好的针对性,能够深入浅出、提纲挈领、简明扼要地介绍生理学的基本理论和基本知识,更加注重学生对生理学基本理论、基础知识的掌握,更加注重知识的系统性和完整性。

本教材是基础医学核心课程建设的教材之一,此次重新组织编写,从某种程度上是原上海医科大学《生理学》多年以后的再版。我们力图学习和借鉴本教材的原有优点和特色,结合近年来生理学的发展和知识的更新,进行了重新组织编写。对于一些扩展知识内容,我们采用小字编排,以利于教师和学生延伸阅读。

本教材的编者均为本系从事生理学教学的教师,所有编者是在承担教学和科研的同时挤出时间,投入大量精力编写。由于时间仓促,也由于水平有限,书中必定会有不当和疏漏,在此恳请读者给予批评和指正。

陆利民 王 锦

2015 年 12 月 1 日

目 录

第一章 绪论.....	1
第一节 生理学的研究内容和方法	1
一、生理学及其任务	1
二、生理学发展和医学的关系	1
三、生理学的研究水平	1
四、生理学的研究方法	2
第二节 生命的几个基本特征	4
一、新陈代谢	4
二、兴奋性	4
三、生殖	4
第三节 机体的内环境和稳态	5
一、机体的内环境	5
二、内环境的稳态	5
第四节 机体生理功能的调节	6
一、生理功能的调节方式	6
二、体内控制系统	7
第二章 细胞的基本功能	9
第一节 细胞膜的物质转运功能	9
一、细胞膜的分子结构	9
二、细胞膜的物质转运	10
第二节 体内信息传递	15
一、体内细胞间信息传递	15
二、细胞的跨膜信号转导	15
第三节 细胞的生物电活动	16
一、静息电位	16

二、动作电位	19
三、细胞膜的被动电学特性和电紧张电位、局部 电位	29
第四节 肌细胞的收缩	31
一、骨骼肌神经-肌接头处兴奋传递	32
二、骨骼肌的细微结构	33
三、骨骼肌的收缩和舒张机制	35
四、横纹肌的兴奋-收缩耦联	37
五、骨骼肌收缩的表现及影响因素	38
六、平滑肌	41

第三章 血液 43

第一节 概述	43
一、血液的组成	43
二、血量	44
三、血液的理化特性	44
四、血液的免疫学特性	46
第二节 血细胞生理	46
一、红细胞生理	46
二、白细胞生理	51
三、血小板生理	53
第三节 生理性止血	54
一、生理性止血的基本过程	54
二、血液凝固	55
三、纤维蛋白的溶解	58
第四节 血型与输血原则	60
一、血型与红细胞凝集	60
二、红细胞血型	60
三、输血原则	62

第四章 血液循环 64

第一节 心脏的泵血功能	64
一、心脏的泵血过程	64
二、心脏泵血功能的评价	67
三、心脏泵血功能储备	69
四、影响心输出量的因素	70
五、心音及产生机制	73

第二节 心肌的电生理学及生理特性	74
一、心肌细胞的跨膜电位及其形成机制	74
二、心肌的电生理特性	79
三、体表心电图	84
第三节 血管生理	87
一、血管的功能分类及特点	87
二、血流动力学	88
三、动脉血压和动脉脉搏	91
四、静脉血压和静脉回心血量	94
五、微循环	96
六、组织液	99
七、淋巴液的生成和回流	100
第四节 心血管活动的调节	101
一、神经调节	101
二、体液调节	108
三、自身调节	113
四、动脉血压的长期调节	114
第五节 器官循环	115
一、冠脉循环	115
二、肺循环	117
三、脑循环	118

第五章 呼吸 121

第一节 肺通气	122
一、呼吸系统的结构和功能	122
二、肺通气的原理	123
三、肺通气功能的评价	131
第二节 肺换气和组织换气	135
一、气体的物理特性和气体交换的基本原理	135
二、肺换气	136
三、组织换气	138
第三节 气体在血液中的运输	139
一、氧和二氧化碳在血液中的存在形式	139
二、氧的运输	139
三、二氧化碳的运输	143
第四节 呼吸运动的调节	146
一、呼吸中枢与呼吸节律的形成	146

二、呼吸的反射性调节	148
------------------	-----

第六章 消化和吸收 154

第一节 消化生理概述 154

一、消化道平滑肌的生理特性 154

二、消化腺的分泌功能 156

三、消化道的神经支配及其作用 156

四、消化系统的内分泌功能 157

第二节 口腔内消化和吞咽 159

一、唾液的性质、成分和作用 159

二、唾液的分泌及其调节 159

三、咀嚼和吞咽 160

第三节 胃内消化 161

一、胃液的性质、成分和作用 162

二、胃液分泌的调节 164

三、胃的运动和排空 168

第四节 小肠内消化 170

一、胰液的分泌 170

二、胆汁的分泌和排出 173

三、小肠液的分泌 175

四、小肠的运动 176

第五节 大肠的功能 177

一、大肠液的分泌 178

二、大肠内细菌的活动 178

三、大肠的运动和排便 178

第六节 吸收 179

一、吸收的部位 179

二、吸收的途径与机制 180

三、小肠内主要物质的吸收 180

第七章 能量代谢与体温 184

第一节 能量代谢 184

一、机体能量的来源和利用 184

二、能量代谢的测定 185

三、影响能量代谢的主要因素 187

四、基础代谢 188

第二节 体温及其调节 189

一、人体正常体温及其变动	189
二、机体的产热与散热	191
三、体温调节	193
第八章 尿的生成和排出	196
第一节 肾的功能解剖基础	196
一、肾单位	196
二、球旁器	197
三、肾脏的神经支配	198
四、肾血流量及其调节	198
第二节 肾小球的滤过功能	200
一、肾小球的滤过作用和滤过率	200
二、滤过膜及其通透性	201
三、有效滤过压	202
四、影响肾小球滤过的因素	203
第三节 肾小管和集合管的物质转运功能	204
一、肾小管和集合管中物质转运的方式	204
二、各段肾小管和集合管的转运功能	204
第四节 尿液的浓缩和稀释	211
一、尿液浓缩和稀释的原理	211
二、尿液浓缩和稀释的过程	215
第五节 尿生成的调节	216
一、肾内自身调节	216
二、神经和体液调节	217
第六节 清除率	221
一、清除率的定义和计算方法	221
二、测定清除率的意义	222
第七节 尿的排放	224
一、膀胱和尿道的神经支配	224
二、排尿反射	224
三、排尿异常	225
第九章 神经系统的功能	226
第一节 神经系统功能活动的基本原理	226
一、神经元和神经胶质细胞	226
二、突触传递	234
三、中枢神经元的联系方式和反射活动的基本	

规律	246
四、神经递质和受体	250
第二节 神经系统的感觉功能	261
一、躯体感觉的中枢分析	261
二、内脏感觉的中枢分析	266
第三节 神经系统对躯体运动的调控	268
一、运动的中枢调控概述	268
二、脊髓对躯体运动的调控	269
三、脑干对运动的调控	273
四、大脑皮质对运动的调控	275
五、基底神经节对运动的调控	276
六、小脑对运动的调控	278
第四节 神经系统对内脏活动、本能行为和情绪的 调控	280
一、自主神经系统	280
二、中枢对内脏活动的调节	283
三、本能行为和情绪的神经调节	285
第五节 脑电活动及睡眠与觉醒	287
一、脑电活动	287
二、睡眠与觉醒	289
第六节 脑的高级功能	293
一、学习与记忆	293
二、语言和其他认知功能	297
第十章 特殊感觉器官的功能	300
第一节 感觉生理概述	300
一、感觉器官、感受器及其构成	300
二、感受器分类	300
三、感受器的一般生理特性	301
四、感觉通路中的信息编码和处理	303
第二节 眼的视觉功能	304
一、眼的折光成像功能	305
二、视网膜的感光换能作用	309
三、与视觉有关的若干生理现象	315
第三节 耳的听觉功能	319
一、外耳和中耳的传音功能	319
二、内耳耳蜗的感音换能功能	321

三、听神经动作电位	326
第四节 前庭器官的平衡觉功能	326
一、前庭器官的感受装置和适宜刺激	327
二、前庭反应	328
第五节 鼻的嗅觉功能和舌的味觉功能	330
一、鼻黏膜的嗅觉功能	330
二、舌表面的味觉功能	331

第十一章 内分泌 333

第一节 概论	333
一、内分泌与内分泌系统	333
二、激素的化学性质	335
三、激素作用的一般特性	335
四、激素的细胞作用机制	336
五、激素分泌节律及其分泌的调控	336
第二节 下丘脑与垂体的内分泌	338
一、下丘脑-腺垂体系统内分泌	339
二、下丘脑-神经垂体内分泌	343
第三节 甲状腺内分泌	344
一、甲状腺激素的合成与代谢	344
二、甲状腺激素的作用	346
三、甲状腺功能的调节	348
第四节 甲状旁腺、维生素 D 与甲状腺 C 细胞内 分泌	350
一、甲状旁腺激素	350
二、钙三醇	351
三、降钙素	351
第五节 胰岛内分泌	352
一、胰岛素	352
二、胰高血糖素	355
第六节 肾上腺内分泌	356
一、肾上腺皮质激素	356
二、肾上腺髓质激素	359
第七节 其他组织器官内分泌	360
一、前列腺素	360
二、褪黑素	361
三、瘦素	361

第十二章 生殖 362

第一节 男性生殖功能与调节 362

一、睾丸的功能 362

二、睾丸功能的调节 364

第二节 女性生殖功能与调节 365

一、卵巢的功能 365

二、卵巢功能的调节 367

三、卵巢功能的衰退 369

第三节 妊娠与分娩 370

一、妊娠 370

二、分娩 372

中英文名词对照索引 373

主要参考文献 385

第一章 绪 论

第一节 生理学的研究内容和方法

一、生理学及其任务

生理学(physiology)是生物科学的一个分支,是以阐述机体及其各个组成部分的功能活动和调控机制为目的的一门学科。生理学是生物学中发展较早的一门学科。广义的生理学包括人体生理学、动物生理学、植物生理学等。人体生理学作为医学科学的重要学科之一,其任务就是研究人体及各组成部分的各种活动规律,阐明其产生原理,内、外环境变化对生命活动的影响以及机体为适应内、外环境变化所作的调节。

二、生理学发展和医学的关系

生理学与医学一直有着十分紧密的联系,生理学的发展和医学的发展密不可分。在漫长的人类发展史上,生理学知识是人们认识疾病和治疗疾病的理论基础,而在人们治疗疾病的同时,又不断探寻人体功能及其发生规律,生理学的知识也就不断得到积累和丰富。在医学高度发达的今天,临床医学实践仍然是生理学发展的重要动力和源泉。在医学实践中,当遇到难以治愈的疾病和不清楚的问题时,往往是因为对问题的基础缺乏认识,这也就为生理学研究提出了新的课题和方向,促使生理学工作者着手阐明这些问题。

在现代医学教育中,生理学是一门基础医学课程。医学生在了解正常人体各个部分的结构的基础上,学习生理学。通过对生理学的学习,了解机体各种功能的发生原理和调控机制。在此基础上,才能进一步学习和理解各种疾病时机体各部分功能的变化,疾病时功能变化与形态变化之间的关系,一个器官发生病变时如何影响其他器官的功能等;才能理解各种药物治疗疾病的原理;才能理解和掌握临床医学中诊断和治疗疾病的原则。所以,生理学课程对于医学生来说是一门重要的基础课程。

三、生理学的研究水平

人体的结构非常复杂。细胞(cell)是构成机体的基本结构和功能单位。不同的细胞有机地构成各种组织和器官;功能密切相关的各种器官构成系统;所有系统有机整合成完整机体,它们各自行使不同的功能,密切配合,相互协调。因此,要全面认识人体生理学,需要通