



国家卫生和计划生育委员会“十二五”规划教材
全国高等医药教材建设研究会规划教材
全国高等学校医药学成人学历教育（专科起点升本科）规划教材

供临床、预防、口腔、护理、检验、影像等专业用

生理学

第3版

主 编 管茶香 武宇明

副主编 林默君 邹 原



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

- ▶ 国家卫生和计划生育委员会“十二五”规划教材
- ▶ 全国高等医药教材建设研究会规划教材
- ▶ 全国高等学校医药学成人学历教育（专科起点升本科）规划教材
- ▶ 供临床、预防、口腔、护理、检验、影像等专业用

生 理 学

第3版

主 编 管茶香 武宇明

副 主 编 林默君 邹 原

编 者 （以姓氏笔画为序）

千智斌（新乡医学院）

马慧娟（河北医科大学）

王瑞幸（福建医科大学）

向 阳（中南大学湘雅医学院）

李祖成（滨州医学院）

邹 原（大连医科大学）

张 量（沈阳医学院）

武宇明（河北医科大学）

林默君（福建医科大学）

金宏波（哈尔滨医科大学）

周裔春（九江学院）

董 颀（广州医科大学）

谢 露（广西医科大学）

管茶香（中南大学湘雅医学院）



人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

生理学/管茶香,武宇明主编. —3 版. —北京:人民卫生出版社,
2013. 11

ISBN 978-7-117-17823-5

I. ①生… II. ①管… ②武… III. ①人体生理学-成人高等教育-教材 IV. ①R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 233309 号

人卫社官网	www.pmph.com	出版物查询, 在线购书
人卫医学网	www.ipmph.com	医学考试辅导, 医学数 据库服务, 医学教育资 源, 大众健康资讯

版权所有, 侵权必究!

生 理 学 (第 3 版)

主 编: 管茶香 武宇明

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 潮河印业有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 24

字 数: 599 千字

版 次: 2001 年 9 月第 1 版 2013 年 11 月第 3 版

2013 年 11 月第 3 版第 1 次印刷(总第 15 次印刷)

标准书号: ISBN 978-7-117-17823-5/R·17824

定 价: 40.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

全国高等学校医药学成人学历教育规划教材第三轮

修订说明

随着我国医疗卫生体制改革和医学教育改革的深入推进,我国高等学校医药学成人学历教育迎来了前所未有的发展和机遇,为了顺应新形势、应对新挑战和满足人才培养新要求,医药学成人学历教育的教学管理、教学内容、教学方法和考核方式等方面都展开了全方位的改革,形成了具有中国特色的教学模式。为了适应高等学校医药学成人学历教育的发展,推进高等学校医药学成人学历教育的专业课程体系及教材体系的改革和创新,探索医药学成人学历教育教材建设新模式,全国高等医药教材建设研究会、人民卫生出版社决定启动全国高等学校医药学成人学历教育规划教材第三轮的修订工作,在长达2年多的全国调研、全面总结前两轮教材建设的经验和不足的基础上,于2012年5月25~26日在北京召开了全国高等学校医药学成人学历教育教学研讨会暨第三届全国高等学校医药学成人学历教育规划教材评审委员会成立大会,就我国医药学成人学历教育的现状、特点、发展趋势以及教材修订的原则要求等重要问题进行了探讨并达成共识。2012年8月22~23日全国高等医药教材建设研究会在北京召开了第三轮全国高等学校医药学成人学历教育规划教材主编人会议,正式启动教材的修订工作。

本次修订和编写的特点如下:

1. 坚持国家级规划教材顶层设计、全程规划、全程质控和“三基、五性、三特定”的编写原则。

2. 教材体现了成人学历教育的专业培养目标和专业特点。坚持了医药学成人学历教育的非零起点性、学历需求性、职业需求性、模式多样性的特点,教材的编写贴近了成人学历教育的教学实际,适应了成人学历教育的社会需要,满足了成人学历教育的岗位胜任力需求,达到了教师好教、学生好学、实践好用的“三好”教材目标。

3. 本轮教材的修订从内容和形式上创新了教材的编写,加入“学习目标”、“学习小结”、“复习题”三个模块,提倡各教材根据其内容特点加入“问题与思考”、“理论与实践”、“相关链接”三类文本框,精心编排,突出基础知识、新知识、实用性知识的有效组合,加入案例突出临床技能的培养等。

本次修订医药学成人学历教育规划教材临床医学专业专科起点升本科教材30种,将于2013年9月陆续出版。

全国高等学校医药学成人学历教育规划教材临床医学专业

（专科起点升本科）教材目录

教材名称	主编	教材名称	主编
1. 人体解剖学	黄文华 徐 飞	16. 传染病学	李 刚
2. 生理学	管茶香 武宇明	17. 医学心理学与精神病学	马存根
3. 病理学	唐建武	18. 医用化学	陈莲惠
4. 生物化学	林德馨	19. 医学遗传学	傅松滨
5. 病原生物学	景 涛 吴移谋	20. 预防医学	肖 荣
6. 医学免疫学	沈关心 赵富玺	21. 医学文献检索	赵玉虹
7. 药理学	刘克辛	22. 全科医学概论	王家骥
8. 病理生理学	王学江 姜志胜	23. 卫生法学概论	樊立华
9. 诊断学	郑长青	24. 医学计算机应用	胡志敏
10. 医学影像学	郑可国 朱向明	25. 皮肤性病学	邓丹琪
11. 内科学	周宪梁 杨 涛	26. 急诊医学	黄子通
12. 外科学	白 波 吴德全	27. 循证医学	杨克虎
13. 妇产科学	王建六 漆洪波	28. 组织学与胚胎学	郝立宏
14. 儿科学	薛辛东 赵晓东	29. 临床医学概要	闻德亮
15. 神经病学	肖 波	30. 医学伦理学	戴万津

注：1~17为临床医学专业专科起点升本科主干课程教材，18~30为临床医学、护理学、药学、预防医学、口腔医学和检验医学专业专科、专科起点升本科共用教材或选用教材。

第三届全国高等学校医药学成人学历教育规划教材

评审委员会名单

顾问 何 维 陈贤义 石鹏建 金生国

主任委员 唐建武 闻德亮 胡 炜

副主任委员兼秘书长 宫福清 杜 贤

副秘书长 赵永昌

副主任委员 (按姓氏笔画排序)

史文海 申玉杰 龙大宏 朱海兵 毕晓明 佟 赤
汪全海 黄建强

委员 (按姓氏笔画排序)

孔祥梅 尹检龙 田晓峰 刘成玉 许礼发 何 冰
张 妍 张雨生 李 宁 李 刚 李小寒 杜友爱
杨克虎 肖 荣 陈 廷 周 敏 姜小鹰 胡日进
赵才福 赵怀清 钱士匀 曹德英 矫东风 黄 艳
谢培豪 韩学田 漆洪波 管茶香

秘书 白 桦

第3版前言

全国高等学校医药类“专升本”《生理学》第2版自2007年出版以来备受好评。为进一步适应学科发展和成人学历教育的现状与实践的变化，全国高等医药教材建设研究会和人民卫生出版社联合启动了全国高等学校医药学成人学历教育教材的第三轮修订，2012年8月在北京召开了主编人会议。我们接受主编工作后在全国进行教材编写班子的遴选，召开了编写会议。根据主编会的精神，我们在第2版的良好基础上，结合新进展和师生使用本教材后的反馈意见进行了修改与完善，以适应新时期的成人学历教育要求。

本教材编写参照高等医药院校生理学教材和国家医师执业资格考试大纲，根据成人医学专升本学生的教学需要，突出生理学内容丰富且哲理性强的特点，以“系统严谨”和“通俗易懂”为原则，重视理论联系实际、基础结合临床，反映较成熟的现代医学生理学的新进展。编者对编写内容进行了精选，更新了部分图表。力求做到经典精写，重点重写，一般简写；条理清晰，概念准确，易教易学。为帮助学生掌握各章的重点内容、拓宽思路，本书在每章增加了由掌握、熟悉和了解组成的层次分明的“学习目标”、与临床联系密切及反映新进展的“相关链接”和高度概括的“内容总结”。

本教材的编委来自全国11所高等医药院校的生理学教学一线，熟悉教学内容和授课对象，能较好地把握教与学的关系，保证了教材的编写质量。我们对编委们付出的辛勤劳动致以诚挚谢意。同时，对中南大学和河北医科大学给予本教材编写的大力支持表示深深感谢。

由于我们水平有限，教材中难免存在错误或不当之处，恳请使用本教材的师生给予批评和指正。

管茶香 武宇明

2013年6月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 生理学的研究任务和方法	1
一、生理学的研究对象与任务	1
二、生理学的研究方法	1
三、生理学研究的不同水平	2
四、生理学与医学的关系	3
第二节 生命的基本特征	4
一、新陈代谢	4
二、兴奋性	4
三、生殖	5
第三节 机体的内环境与稳态	5
一、体液的构成和内环境	5
二、内环境的稳态及其生物学意义	5
第四节 人体生理功能的调节	6
一、人体生理功能的调节方式	6
二、体内的控制系统	8
第二章 细胞的基本功能	11
第一节 细胞膜的结构和物质转运功能	11
一、细胞膜的结构概述	11
二、物质的跨膜转运	12
第二节 细胞的信号转导	18
一、离子通道型受体介导的信号转导	19
二、G 蛋白耦联受体介导的信号转导	19
三、酶联型受体介导的信号转导	22
第三节 细胞的电活动	22
一、静息电位	23
二、动作电位	25
第四节 肌细胞的收缩	34
一、横纹肌	34

二、平滑肌	43
第三章 血液	47
第一节 血液的组成和理化特性	47
一、血液的基本组成	47
二、血量	48
三、血液的理化特性	49
第二节 血细胞生理	51
一、血细胞生成的一般过程	51
二、红细胞生理	52
三、白细胞生理	55
四、血小板生理	56
第三节 生理性止血与血液凝固	57
一、生理性止血	57
二、血液凝固	58
三、抗凝与纤维蛋白溶解	60
第四节 血型与输血原则	63
一、血型与红细胞凝集	63
二、红细胞血型	63
三、输血原则	65
第四章 血液循环	68
第一节 心脏的泵血功能	68
一、心脏泵血的过程和机制	68
二、心脏泵血功能的评定	71
三、影响心输出量的因素	73
四、心脏泵血功能的储备	76
第二节 心脏的生物电现象和生理特性	77
一、心肌细胞的跨膜电位及其形成机制	78
二、心肌的生理特性	82
三、体表心电图	88
第三节 血管生理	91
一、各类血管的功能特点	91
二、血流量、血流阻力和血压	92
三、动脉血压和动脉脉搏	94
四、静脉血压和静脉回心血量	97
五、微循环	100
六、组织液的生成	102
七、淋巴液的生成和回流	103

第四节 心血管活动的调节	104
一、神经调节	104
二、体液调节	110
三、局部血流调节	116
四、动脉血压的长期调节	116
第五节 器官循环	117
一、冠脉循环	117
二、肺循环	119
三、脑循环	120
第五章 呼吸	124
第一节 肺通气	125
一、肺通气的原理	125
二、肺通气功能的评价	131
第二节 肺换气和组织换气	133
一、气体交换的原理	133
二、肺换气	134
三、组织换气	136
第三节 气体在血液中的运输	137
一、氧的运输	137
二、二氧化碳的运输	141
第四节 呼吸运动的调节	143
一、呼吸中枢与呼吸节律的形成	143
二、呼吸的反射性调节	145
三、特殊环境下的呼吸生理	150
第六章 消化和吸收	154
第一节 概述	154
一、消化道平滑肌的生理特性	155
二、消化腺的分泌功能	156
三、胃肠的神经支配及其作用	156
四、胃肠激素	158
第二节 口腔内消化	160
一、唾液	160
二、咀嚼和吞咽	160
第三节 胃内消化	161
一、胃液	161
二、胃的运动	165
第四节 小肠内消化	167

一、胰液	167
二、胆汁	169
三、小肠液	171
四、小肠的运动	171
第五节 大肠的功能	172
一、大肠液的分泌和大肠内细菌的活动	172
二、大肠的运动和排便	173
第六节 吸收	173
一、吸收的部位和途径	173
二、小肠内主要营养物质的吸收	174
三、大肠的吸收功能	178
第七章 能量代谢与体温	180
第一节 能量代谢	180
一、机体能量的来源与利用	180
二、能量代谢的测定	183
三、影响能量代谢的主要因素	185
四、基础代谢率的测算	186
第二节 体温及其调节	188
一、体温	188
二、机体的产热与散热	189
三、体温调节	192
第八章 尿的生成和排出	195
第一节 肾的功能解剖和肾血流量	195
一、肾的功能解剖	195
二、肾血流量的特点及调节	197
第二节 肾小球的滤过功能	199
一、滤过膜	199
二、有效滤过压	201
三、影响肾小球滤过的因素	201
第三节 肾小管与集合管的物质转运	202
一、肾小管与集合管的重吸收	203
二、肾小管与集合管的分泌和排泄	206
第四节 尿液的浓缩和稀释	208
一、尿浓缩和稀释的机制	208
二、肾髓质高渗梯度的形成和保持	209
三、影响尿浓缩和稀释的因素	211
第五节 尿生成的调节	212

一、肾内自身调节	212
二、神经和体液调节	213
第六节 血浆清除率	217
一、血浆清除率的概念及测定	217
二、测定血浆清除率的意义	218
第七节 尿的排放	219
一、膀胱与尿道的神经支配	220
二、排尿反射	220
第九章 感觉器官的功能	223
第一节 感受器及其一般生理特性	223
一、感受器与感觉器官的概念和分类	223
二、感受器的一般生理特性	224
第二节 眼的视觉功能	226
一、眼的折光功能	226
二、眼的感光功能	230
三、视觉生理现象	235
第三节 耳的听觉功能	237
一、外耳和中耳的功能	237
二、内耳耳蜗的功能	239
三、听阈与听域	243
第四节 前庭器官的功能	244
一、前庭器官的感受装置和适宜刺激	245
二、前庭反应	246
第五节 其他感受器的功能	247
一、嗅觉感受器的功能	247
二、味觉感受器的功能	248
三、皮肤感受器的功能	249
第十章 神经系统的功能	251
第一节 神经元活动的一般规律	251
一、神经元和神经胶质细胞	251
二、神经元信息传递方式	255
三、中枢兴奋和中枢抑制	259
四、神经递质和受体	262
第二节 神经系统的感觉分析功能	265
一、躯体感觉	265
二、内脏感觉	267
三、特殊感觉	268

四、痛觉调制	269
第三节 神经系统对姿势和运动的调节	270
一、脊髓在姿势和运动调节中的作用	270
二、脑干对肌紧张和姿势的调节	274
三、小脑的功能	275
四、基底核对躯体运动的调节	277
五、大脑皮质对躯体运动的调节	279
第四节 神经系统对内脏活动、本能行为和情绪反应的调节	280
一、内脏活动的神经调节	280
二、本能行为的神经调节	283
三、情绪反应的调节	284
第五节 脑的高级功能	285
一、学习和记忆	285
二、语言和其他认知功能	288
第六节 脑电活动及觉醒和睡眠	289
一、脑电活动	289
二、觉醒和睡眠	291
 第十一章 内分泌	294
第一节 概述	294
一、激素的分类与传递方式	294
二、激素的作用机制	297
三、激素作用的一般特征	298
四、激素分泌的调节	300
第二节 下丘脑与垂体的内分泌	301
一、下丘脑与垂体的功能联系	301
二、下丘脑的内分泌功能	302
三、腺垂体激素	303
四、神经垂体激素	308
第三节 甲状腺的内分泌	309
一、甲状腺激素的合成与运输	309
二、甲状腺激素的作用	312
三、甲状腺激素分泌的调节	313
第四节 肾上腺的内分泌	315
一、肾上腺皮质激素	315
二、肾上腺髓质激素	319
第五节 胰岛的内分泌	321
一、胰岛素	321
二、胰高血糖素	324

第六节 调节钙磷代谢的激素	324
一、甲状旁腺激素	324
二、降钙素	326
三、维生素 D ₃	326
第七节 其他腺体和组织的内分泌	327
一、前列腺素	327
二、褪黑素	328
 第十二章 生殖	331
第一节 男性生殖功能与调节	331
一、睾丸的功能	331
二、睾丸功能的调节	333
第二节 女性生殖功能与调节	334
一、卵巢的功能	335
二、卵巢功能的调节	337
第三节 妊娠与分娩	340
一、妊娠	340
二、分娩	343
第四节 性生理学	344
一、性成熟的表现	344
二、性兴奋与性行为	346
三、性行为的调节	347
 参考文献	349
中英文名词对照索引	350

第一章

绪论

学习目标

掌握：内环境与稳态、正反馈和负反馈等基本概念和意义，生理功能的神经、体液和自身调节的方式及特点。

熟悉：生命的基本特征。

了解：生理学的研究内容、研究方法以及人体生理学与医学的关系。

第一节 生理学的研究任务和方法

一、生理学的研究对象与任务

生理学（physiology）是生物科学的分支，是研究动物、植物和微生物等生物体的生命活动现象及其功能活动规律的科学。根据研究对象的不同，生理学可分为动物生理学、植物生理学和人体生理学等；按研究对象所处环境的差异，生理学分为太空生理学、高原生理学和潜水生理学等。

人体生理学（human physiology）是研究人体的功能活动及其规律的科学。人体是由细胞、组织、器官和系统组成的结构与功能极其复杂的有机体。人体生理学（以下简称生理学）是重要的医学基础课程，其任务是研究人体及其组成部分所表现的正常生命现象、活动规律、产生机制以及机体内、外环境变化时机体发生的相应调节，揭示各种生理功能在整体生命活动中的意义。

二、生理学的研究方法

生理学是一门实验性科学，其研究方法和知识点的积累均来自实验研究。研究生命活动的规律必然要以活着的机体、器官或组织细胞来进行实验。生理学的研究大多数是先在动物水平开展实验。只有确证对人体健康无损害时，才可以在健康志愿者身上进行。

(一) 动物实验

按时间进程动物实验可分为急性动物实验 (acute animal experiment) 和慢性动物实验 (chronic animal experiment)。

1. 急性动物实验 可分为在体实验 (experiment in vivo) 与离体实验 (experiment in vitro) 两种方法。

(1) 在体实验: 在麻醉实验动物或破坏其脑高级部位的条件下对动物进行手术, 暴露某种器官进行观察或实验。例如, 以动脉插管记录动物的动脉血压, 观察神经和体液等因素对血压的影响; 以气管插管记录动物的呼吸气流量和同步记录胸廓运动, 观察呼吸运动的反射性调节; 将玻璃微电极插入动物脑内某些特定部位进行细胞内或细胞外记录, 观察相应的生物电变化及其影响因素。在体实验的优点是实验条件相对简单和较易控制。

(2) 离体实验: 是将某一器官 (如心脏、肾脏等)、某一组织 (神经、肌肉等) 或某种细胞 (如肺泡巨噬细胞、神经胶质细胞等) 从动物体内取出或分离出来, 置于模拟体内的人工环境中进行实验研究。该方法的优点是能排除无关因素的影响, 实验条件易于控制、结果便于分析。但组织、器官在离体状态下不一定完全等同于它们在整体条件下的活动情况。

2. 慢性动物实验 指一段时间内多次、重复地观察同一动物机体内某器官或组织的生理指标的变化。例如, 在无菌条件下对健康动物进行手术, 在不损害动物机体完整性的基础上暴露要研究的器官 (如消化道的造瘘手术)、摘除或破坏某一器官 (如切除腺垂体), 或移植 (如卵巢移植) 等, 随后在尽可能接近正常的条件下观察器官的功能或功能紊乱等。该实验方法的优点是保存了各器官的自然联系和相互作用, 所获得的结果比较符合整体的生理功能活动。例如, 俄国生理学家巴甫洛夫建立的巴氏小胃用于研究神经和体液因素对胃液分泌的调节。但慢性实验的条件要求高、时间长, 受体内各种因素的影响较大, 故结果相对不易分析。

(二) 人体实验

由于生命伦理学的制约, 人体实验主要进行的是人群资料调查。人体的各种生命体征的正常值, 如血压、心率、呼吸频率、血细胞数、心电活动和脑电活动等都是通过大样本量的采集, 加以统计学分析获得的。此外, 在确证对人体健康无损害时, 经过伦理学委员会的许可, 某些实验可以在健康志愿者身上进行。

三、生理学研究的不同水平

人体的结构和功能十分复杂, 其最基本的结构与功能单位是细胞, 许多不同的细胞构成各自的器官; 执行某种生理功能的器官相互联系构成不同的器官系统; 整个复杂而统一的机体即由相互联系、相互制约和相互协调的器官系统构成。因此, 在研究机体的生理功能及其产生机制时, 必须要从不同的角度进行全方位的思考, 即从细胞和分子水平、器官和系统水平以及整体水平研究生理学。

(一) 细胞和分子水平

体内各器官系统的功能取决于构成该器官的所有细胞的特性, 而细胞和细胞内各亚微结构又由多种大分子构成。故细胞和分子水平的研究在于探讨细胞及其生物大分子的活动规

律。例如，骨骼肌收缩时的肌丝滑行过程与机制、心室肌细胞兴奋时膜上蛋白质通道的开放与离子流动；而细胞的生理功能取决于其特殊的基因表达，各种基因的正确表达又受制于多种复杂的因素影响。

（二）器官和系统水平

生理学的研究最初即以器官系统为对象，研究各器官和系统的功能、机制及其调节。例如，以心脏和血管组成的循环系统作为研究对象，了解心脏怎样射血、血液在心血管系统中的流动规律以及神经、体液因素如何保证心脏和血管功能活动的正常等。在临床医疗实践中，医务人员对疾病的认识通常是基于器官和系统的生理学知识。

（三）整体水平

整体条件下，各个器官、系统之间的相互联系、相互影响和相互协调，保证了机体能在复杂动态的环境中维持正常的生命活动。因此，从细胞和分子水平以及器官和系统水平所获得的对机体的认识最终要在整体水平上进行综合与验证。例如，人在运动时，机体各个器官、系统的功能会随之改变，神经系统调节骨骼肌的收缩，同时呼吸、循环和其他内脏活动以及代谢等都将发生相应变化。

上述三个水平的研究相互联系和补充。无论进行哪种水平的研究，其研究目的都是阐明机体如何进行生命活动，从而实现生理功能。实际上，机体的各种功能活动之间是相互影响、相互协调和相互制约的，并与内、外环境保持着密切联系。因此，研究生理学应从现代生物、心理、社会和环境等多方面去认识生物变量的变化及其意义。近年来，生理学和医学界越来越注重转化性研究，即怎样将分子、细胞水平的研究成果更快更好地用于解决医学问题和促进健康，同时将医学和人类健康方面的问题从分子、细胞和器官等各个水平进行深入研究，这门新兴学科称为转化医学（translational medicine）。而承担着将分子生物学、细胞生物学等基础学科与临床医学、健康科学进行全方位系统研究的学科则称为整合生理学（integrative physiology）。

四、生理学与医学的关系

生理学与医学关系密切。人类在长期与疾病作斗争的过程中，观察、分析、总结和积累了关于人体正常功能的知识，逐渐形成了人体生理学的概念。19世纪法国著名的生理学家 Claude Benard 曾说过：医学是关于疾病的科学，生理学是关于生命的科学，故后者比前者更具有普遍性，因而生理学必然是医学的科学基础。在自然科学的最高奖诺贝尔奖中就设有“生理学或医学”奖。

生理学以人体解剖学、组织学为基础，同时也是学习好药理学和病理学等后续基础医学课程以及临床课程的必修课程。在医学发展进程中，生理学的研究为现代医学提供了重要的科学理论基础，而对疾病过程与治疗的研究又促进了人们对生理功能的理解。一个优秀的医学人才，只有在了解正常人体功能的基础上，才能理解在病理状态下身体某个或某些器官组织发生的功能变化及其原因以及对其他器官的影响，力求治愈疾病，恢复机体的生理功能。同时，掌握好生理学的基本理论、知识和方法既有助于正确认识疾病，其严密的逻辑思维方式又利于解决复杂的临床问题。因此，生理学被称为生命的逻辑（logic of life）。