



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



卫生部“十一五”规划教材

全国高等医药教材建设研究会规划教材

全国高等中医药院校教材

供中医、针灸专业用

生理学

(第2版)

主 编 李国彰



人民卫生出版社

教育部“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

教育部“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

教育部“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

生理学（第7版）

主编：王庭槐

生理学

第七版

王庭槐 主编

人民卫生出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国高等医药教材建设研究会规划教材
全国高等中医药院校教材
供中医、针灸专业用

生 理 学

(第2版)

主 编 李国彰

副主编 张志雄 杨午鸣

编 委(以姓氏笔画为序)

尤行宏 (湖北中医药大学)	陈凤江 (黑龙江中医药大学)
方志斌 (安徽中医学院)	苗 戎 (天津中医药大学)
邓冰湘 (湖南中医药大学)	苗维纳 (成都中医药大学)
朱庆文 (北京中医药大学)	罗荣敬 (广州中医药大学)
刘志敏 (北京中医药大学)	周乐全 (广州中医药大学)
刘建鸿 (甘肃中医学院)	赵铁建 (广西中医学院)
李妙龄 (泸州医学院)	饶 芳 (浙江中医药大学)
李国彰 (北京中医药大学)	钱佳利 (长春中医药大学)
杨午鸣 (浙江中医药大学)	郭 健 (北京中医药大学)
苏 文 (广州中医药大学)	程 薇 (北京中医药大学)
何承敏 (湖北中医药大学)	曾 辉 (湖南中医药大学)
张 胜 (北京中医药大学)	蔡圣荣 (安徽中医学院)
张志雄 (上海中医药大学)	谭俊珍 (天津中医药大学)

学术秘书 朱庆文

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生理学/李国彰主编. —2 版. —北京: 人民卫生出版社, 2011. 2

ISBN 978 - 7 - 117 - 14097 - 3

I. ①生… II. ①李… III. ①人体生理学 - 医学院 - 教材 IV. ①R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 014147 号

门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.ipmph.com	护士、医师、药师、中医师、卫生资格考试培训

版权所有, 侵权必究!

本书本印次封底贴有防伪标。请注意识别。

生 理 学 第 2 版

主 编: 李国彰

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 - 67605754 010 - 65264830

010 - 59787586 010 - 59787592

印 刷: 北京市文林印务有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 31

字 数: 754 千字

版 次: 2003 年 12 月第 1 版 2011 年 2 月第 2 版第 5 次印刷

标准书号: ISBN 978 - 7 - 117 - 14097 - 3/R · 14098

定 价: 49.00 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销售中心联系退换)

前言

为了适应深化教育改革和发展高等中医药教育的实际需求,北京中医药大学申请并获得北京市普通高等学校教育教学改革试点项目——“医学生理学课程的改革与实践”。课题组在北京召开了“医学生理学课程的改革与实践”项目研讨会暨生理学教材编委会会议。统一了改革高等中医院校生理学教材的基本思路,即根据培养目标,理清各层次学生对生理学教材的需求,分别编辑五年制教材和七年制教材、必修课和选修课教材以及本科生和研究生教材。教材编写坚持三个原则:①坚持教材编写的科学性和先进性,教材应及时反映生理学领域的最新科技进展,及时将生理学领域的新理论、新技术和新方法纳入教材,使生理学与快速发展的临床医学接轨;②发挥中医院校生理学教材的特色,应及时将涉及生理学领域的中医研究和中西医结合研究的最新研究成果纳入教材;③坚持理论与实践相结合,要有与《生理学》相配套的生理学实验教材,以利于加强对学生动手能力的培养。

在卫生部教材办公室的领导下,2003年由北京中医药大学牵头出版了《生理学》教材,供中医院校五年制和七年制使用。该书第一章至第十二章,以生理学教学的“三基”(即基本概念、基本理论和基本技能)为基本原则,系统介绍了人体功能活动的基本规律,为五年制教学内容。第十三章至第十七章则重点介绍了近年来生理学的研究热点和最新进展,包括离子通道、细胞信号转导、神经内分泌以及神经-内分泌-免疫网络调节等,并介绍了中西医结合研究的重要成果(针刺镇痛原理)。这些内容可满足七年制与研究生的教学需要,也可作为本科生的选修课或学术讲座内容。根据七年制分化专业较多和教学时数有所差别的实际情况,七年制不同专业可依据其专业培养目标,以第一章至第十二章作为基本教学内容,并选取第十三章至第十七章不同的章节作为专业教学内容。

实践结果表明,生理学教材改革达到了预期效果,使生理学教学彻底摆脱了长期以来五年制和七年制、本科生和研究生教材不分的状态,为理顺生理学教学层次奠定了基础。2003版《生理学》教材被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,2008年通过北京市高等院校教育教学改革试点项目“医学生理学课程的改革与实践”课题暨“中医院校生理学教材的改革与实践”成果鉴定。

本次修订工作在坚持科学性和先进性原则的同时,坚决坚持精编的原则,力求内容简明扼要,对原教材陈旧的内容进行删减,同时根据学科发展的要求,在每一器官系统中增加了

最新研究进展。

本教材整个编写过程中,始终得到人民卫生出版社的大力支持,使教材的质量得到基本保证。本教材内容丰富,涉及学科领域较多,由于水平和时间的限制,不足之处在所难免,恳请读者在使用过程中提出宝贵意见,以便再版时修正。

编委会

2010 年 12 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 生理学研究的内容和方法	1
一、生理学研究的內容	1
二、生理学研究的方法	2
三、生理学与医学	3
第二节 生命活动的基本特征	3
一、新陈代谢	3
二、兴奋性	4
三、适应性	4
四、生殖	5
第三节 人体功能活动的调节方式	5
一、神经调节	5
二、体液调节	6
三、免疫调节	6
四、自身调节	6
第四节 生理功能的调节控制	7
一、非自动控制系统	7
二、反馈控制系统	7
三、前馈控制系统	9
第五节 内环境及其稳态	9
一、体液与内环境	9
二、稳态	10
第二章 细胞的基本功能	11
第一节 细胞的基本结构和功能特点	11
一、细胞的结构和化学组成	11
二、细胞内液与细胞外液	14
第二节 细胞膜的跨膜物质转运功能	14
一、被动转运	15
二、主动转运	17

三、胞纳与胞吐	19
第三节 细胞的跨膜信号转导功能	20
第四节 细胞的生物电现象	21
一、生物电现象的观察和记录方法	21
二、膜的被动电学特性	21
三、静息电位及其产生原理	22
四、动作电位及其产生原理	24
五、细胞的兴奋与兴奋性	26
第五节 肌细胞的收缩功能	31
一、骨骼肌细胞的收缩功能	31
二、平滑肌的收缩功能	40
 第三章 血液	42
第一节 概述	42
一、血液的组成及血量	42
二、血液的生理功能	43
三、血液的理化特性	43
第二节 血浆	43
一、血浆的主要成分及其功能	43
二、血浆的理化特性	45
第三节 血细胞生理	46
一、红细胞	46
二、白细胞	51
三、血小板	53
第四节 血液凝固和纤维蛋白溶解	56
一、血液凝固	56
二、抗凝系统	59
三、纤维蛋白溶解系统	60
第五节 血型与输血	62
一、血型与红细胞凝集	62
二、ABO 血型系统	63
三、Rh 血型系统	65
四、输血与交叉配血	65
 第四章 血液循环	67
第一节 心肌细胞的生物电现象	67
一、工作心肌细胞的跨膜电位及其形成原理	68
二、自律细胞的跨膜电位及其形成原理	70
三、心肌细胞的电生理类型	71

第二节 心肌细胞的生理特性	73
一、自动节律性	73
二、兴奋性	76
三、传导性	79
四、收缩性	82
第三节 心脏的泵血功能	83
一、心动周期和心率	83
二、心脏泵血过程及其机制	84
三、心脏泵血功能的评价	86
四、影响心输出量的因素	88
五、心力储备	90
第四节 心音(图)与心电图	91
一、心音与心音图	91
二、心电图	93
第五节 血管生理	97
一、各类血管的结构和功能特点	97
二、血管系统中的血流动力学	98
三、动脉血压	102
四、动脉脉搏	105
五、静脉血压和静脉回流	106
六、微循环	108
七、组织液	111
八、淋巴液	113
第六节 心血管活动的调节	114
一、神经调节	114
二、体液调节	122
三、自身调节	126
四、动脉血压的长期调节	126
第七节 器官循环	127
一、冠脉循环	127
二、肺循环	130
三、脑循环	131
第五章 呼吸	134
第一节 肺通气	135
一、肺通气的功能结构	135
二、肺通气的原理	139
三、肺通气功能评价	143
第二节 呼吸气体的交换	146

一、气体交换的原理	146
二、肺换气	147
三、组织换气	150
第三节 气体在血液中的运输	150
一、氧的运输	151
二、二氧化碳的运输	154
第四节 呼吸运动的调节	157
一、呼吸中枢和呼吸节律的起源	157
二、呼吸的反射性调节	160
第六章 消化和吸收	166
第一节 概述	166
一、消化道平滑肌的生理特性	166
二、消化腺的分泌功能	168
三、胃肠的神经支配	168
四、消化道的内分泌功能	171
第二节 口腔内消化	172
一、唾液分泌	172
二、咀嚼	173
三、吞咽	173
第三节 胃内消化	175
一、胃液的分泌	175
二、胃的运动	179
三、呕吐	182
第四节 小肠内消化	182
一、胰液的分泌	182
二、胆汁的分泌与排出	184
三、小肠液的分泌	186
四、小肠的运动	187
第五节 大肠的功能	189
一、大肠液的分泌	189
二、大肠内细菌的活动	189
三、大肠的运动形式	189
四、排便反射	190
第六节 吸收	190
一、概述	190
二、小肠内主要营养物质的吸收	192
第七章 能量代谢与体温	196

第一节 能量代谢	196
一、机体能量的来源与去路	196
二、机体能量的储备及其调节	197
三、能量代谢的测定	199
四、影响能量代谢的因素	201
五、基础代谢	202
第二节 体温及其调节	203
一、人体正常体温及其生理波动	203
二、体热平衡	205
三、体温调节	209
 第八章 肾脏的排泄功能	213
第一节 概述	213
一、肾脏的功能概述	213
二、肾脏的功能结构	214
三、肾脏的血液循环	216
第二节 肾小球的滤过功能	217
一、肾小球滤过率与滤过分数	218
二、滤过膜及其通透性	218
三、肾小球有效滤过压	219
四、影响肾小球滤过的因素	220
第三节 肾小管和集合管的重吸收功能	221
一、肾小管与集合管重吸收的部位、途径和方式	222
二、肾小管和集合管对各种物质的重吸收功能	222
第四节 肾小管和集合管的分泌与排泄功能	226
一、 K^+ 的分泌	227
二、 H^+ 的分泌	227
三、 NH_3 的分泌	227
第五节 肾脏的浓缩和稀释功能	228
一、肾脏的浓缩功能	229
二、肾脏的稀释功能	232
第六节 肾脏泌尿功能的调节	232
一、肾内自身调节	232
二、神经调节	233
三、体液调节	233
第七节 血浆清除率	238
一、血浆清除率的概念与计算方法	238
二、测定血浆清除率的意义	238
第八节 尿的排放	240

一、膀胱与尿道的神经支配及作用	240
二、排尿反射	241
第九章 神经系统	242
第一节 神经元与神经胶质细胞活动的一般规律	242
一、神经元	242
二、神经胶质细胞	246
第二节 突触与接头传递	248
一、经典的突触传递	249
二、电突触传递	252
三、神经肌肉接头传递	253
第三节 神经递质和受体	256
一、神经递质	256
二、神经递质的受体	259
第四节 神经中枢活动的基本规律	262
一、反射活动与反射中枢	262
二、中枢神经元的联系方式	262
三、神经中枢内兴奋传递的特征	263
四、突触传递的抑制与易化现象	264
第五节 神经系统的感觉功能	267
一、脊髓与脑干的感觉传导功能	267
二、丘脑及其感觉投射系统	268
三、大脑皮质的感觉分析功能	270
四、痛觉生理	272
第六节 神经系统对躯体运动的调节	274
一、脊髓对躯体运动的调节	274
二、脑干对肌紧张和姿势的调节	279
三、小脑对躯体运动的调节	282
四、基底神经节对躯体运动的调节	284
五、大脑皮质对躯体运动的调节	286
第七节 神经系统对内脏活动的调节	288
一、自主神经系统的结构特征	288
二、自主神经系统的功能特点	289
三、内脏活动的中枢调节	291
第八节 脑的高级功能	295
一、大脑皮质的生物电活动	295
二、觉醒和睡眠	298
三、学习与记忆	299
四、语言中枢和大脑皮质功能的一侧优势	302

第十章 感觉器官	304
第一节 概述	304
一、感受器和感觉器官	304
二、感受器的分类	305
三、感受器的一般生理特性	305
第二节 视觉器官	307
一、折光系统的功能	308
二、感光系统的功能	311
三、与视觉有关的其他现象	315
第三节 听觉器官	317
一、人耳的听阈和听域	318
二、传音系统的功能	318
三、感音系统的功能	320
第四节 前庭器官	323
一、前庭器官的感受细胞及适宜刺激	323
二、前庭器官的功能	324
三、眼震颤和自主性功能反应	326
第五节 嗅觉与味觉	327
一、嗅觉	327
二、味觉	328
 第十一章 内分泌	329
第一节 概述	329
一、内分泌系统	329
二、激素	331
第二节 下丘脑与垂体的内分泌功能	336
一、下丘脑的内分泌功能	336
二、腺垂体激素	340
三、神经垂体激素	345
第三节 甲状腺	347
一、甲状腺激素的合成与代谢	347
二、甲状腺激素的生理作用	349
三、甲状腺功能的调节	352
第四节 甲状旁腺与调节钙、磷代谢的激素	354
一、甲状旁腺激素	354
二、降钙素	355
三、维生素 D ₃	357
第五节 胰岛的内分泌	358
一、胰岛素	358

二、胰高血糖素	361
第六节 肾上腺	362
一、肾上腺皮质	362
二、肾上腺髓质	366
第十二章 生殖	369
第一节 男性生殖	369
一、睾丸的功能	369
二、睾丸功能的调节	371
第二节 女性生殖	371
一、卵巢的功能	372
二、妊娠	376
三、分娩	378
四、授乳	378
第十三章 离子通道	379
第一节 离子通道的研究方法	379
一、电生理学方法	379
二、分子生物学方法	383
第二节 钠离子通道	383
一、钠通道的类型及其特点	383
二、钠通道的生理功能	384
第三节 钾离子通道	384
一、钾通道的类型及其特点	384
二、钾通道的生理功能	386
第四节 钙离子通道	387
一、钙通道的类型及其特点	388
二、钙通道的生理功能	389
第五节 氯离子通道	390
一、氯通道的类型及其特点	390
二、氯通道的生理功能	391
第十四章 细胞信号转导原理	393
第一节 概述	393
一、细胞信号	393
二、受体	394
三、G 蛋白	395
四、第二信使	396
五、蛋白激酶	397

六、蛋白磷酸酶	398
第二节 细胞信号转导系统	399
一、环核苷酸信号转导系统	399
二、磷脂酶介导的信号转导系统	400
三、 Ca^{2+} /CaM-CaMK 信号转导系统	403
四、原癌基因与信号转导	404
第十五章 神经内分泌	408
第一节 下丘脑与神经内分泌	408
一、下丘脑神经内分泌的结构基础	408
二、下丘脑调节肽	409
第二节 松果体与神经内分泌	413
一、松果体	413
二、褪黑激素	413
第三节 生长的神经内分泌基础	415
一、概述	415
二、生长激素分泌的神经内分泌调节	417
第四节 衰老的神经内分泌基础	419
一、概述	419
二、衰老与神经内分泌改变	419
第十六章 神经-内分泌-免疫网络调节	423
第一节 神经-内分泌-免疫调节的环路	423
一、下丘脑-垂体-肾上腺皮质与 M_0/M_ϕ 环路	424
二、下丘脑-垂体-肾上腺皮质-胸腺环路	424
三、下丘脑-垂体-性腺-胸腺环路	425
第二节 神经内分泌系统对免疫系统的调节	425
一、神经系统对免疫系统的调节	426
二、内分泌系统对免疫系统的调节	427
第三节 免疫系统对神经、内分泌系统的调节	427
一、免疫系统的感觉功能	428
二、免疫系统对神经、内分泌系统的调节机制	428
第十七章 痛觉与针刺镇痛的原理	431
第一节 痛觉产生的原理	431
一、外周痛觉信息的形成与传入机制	431
二、痛觉信息在脊髓水平的整合	433
三、痛觉信息在脊髓以上水平的整合	435
第二节 痛觉的内源性调制原理	436

一、脊髓对伤害性信息传递的节段性调制	436
二、脑高级中枢对伤害性信息传递的调制	437
第三节 针刺镇痛的原理	440
一、针刺信息的产生与传入	441
二、针刺镇痛的中枢机制	442
 主要参考文献	 446
生理学常用英文缩写与中文对照	448
生理学常用术语中英文对照	455

生理学(physiology)是生物学的一个分支,是研究生物机体生命活动规律的科学。根据研究对象不同,生理学相应地分化为许多分支学科,如动物生理学、植物生理学以及细菌生理学和病毒生理学等。人体生理学(human physiology)以人体的正常生命活动为研究目标,而且与医学实践密切地联系着,故通常将人体生理学简称为生理学。人体生理学的任务是研究人体正常功能活动的发生过程和变化规律,并揭示其发生原理,从而为后继基础医学和临床医学学科的学习奠定必要的理论基础。

纵观人类科技史的变迁,随着生产力和科学技术水平的发展,生理学的研究历经古代生理学、近代生理学和现代生理学等三个不同的阶段。祖国医学在古代生理学阶段作出了卓越的贡献,春秋-先秦时期的医学巨著《黄帝内经》从“整体观念”出发,阐释了人体生命活动的规律,其“藏象”学说具有一整套完整的理论,堪称世界古代生理学的一支奇葩。至今《黄帝内经》的基本理论依然是指导中医药临床实践和研究的准绳。《内经》关于血液循环“如环无端”、“营周不休”(《灵枢·营卫生会篇》)的认识,直至公元1628年才由英国医学家威廉·哈维(William Harvey)用实验方法给予证实,哈维也因此开“实验生理学”之先河,成为近代生理学的奠基人。

第一节 生理学研究的内容和方法

一、生理学研究的内容

人体是一个统一的整体,在不同的时空条件下,其功能活动是以整个机体作出适应性反应的。人体的功能活动与结构有着密切的相依关系,在结构上,人体是由器官系统组成的,器官系统是由组织细胞所构成,细胞主要是由生物分子(糖、脂肪、蛋白质和核酸)构成。人体的各种功能活动是以相应结构为基础的,因此,对机体功能活动的研究也就是在这几个层次上进行的。

(一) 整体水平

整体水平的研究属于宏观的研究,是以完整机体为对象,研究其功能活动规律以及机体与环境之间的相互联系和相互影响。

以“整体观念”和“天人相应”为基本理论的中国古代生理学是典型的整体水平研究。在“整体观念”下,采用内揣法(“黑箱”方法),以“藏象”学说和“阴阳五行”学说为理论基