

高等医学院校教材

(供临床·基础·预防·口腔·护理·药学等专业用)



人体生理学

(第3版)

主编 孙红 彭聿平

高等教育出版社

高等医学院校教材

(供临床·基础·预防·口腔·护理·药学等专业用)

人体生理学

Renti Shenglixue

(第3版)

主 审 张建福

主 编 孙 红 彭聿平

副主编 乔伟丽 董 榕 陈 琦

编 者 (以姓氏笔画为序)

王光明 乔伟丽 刘 磊 孙 红

李月英 吴金霞 邱一华 宋成洁

张成标 张咏梅 陈 琦 金 雯

彭聿平 董 榕 蒋 璐 戴 华

高等教育出版社·北京

内容提要

人体生理学是一门重要的医学基础课。本教材根据五年制高等医学院校生理学教学大纲的要求，借鉴了当今国内外最新生理学教材，在《人体生理学》（第2版）的基础上进行了修订。

本教材共分为十二章，从整体、器官系统、细胞及分子水平系统地介绍了人体生理学的基本理论、基本知识和基本技能，力求有所创新，在内容上涵盖了生理学的基本知识点，具有较强的实用性和启发性。本书遵循理论联系实际、基础服务临床的宗旨，力求反映当代生理学学科最新成果。教材采用纸质内容与数字课程一体化设计。纸质内容在每章的前面列有学习纲要，文中设有“临床联系”的插入框，旨在加强基础知识与临床实践的有机衔接。在文字上简明扼要、图文并茂、重点突出、层次分明、布局合理，具有科学性、先进性、系统性，方便师生的教与学。数字课程包括相关内容的知识延伸、每章的英文小结（Summary）、英汉对照的兴趣阅读，以利于学生自主学习，提高专业英语的阅读理解能力。

本书适用于高等医学院校临床、基础、预防、口腔、护理、药学等专业学生使用，也可供国家执业医师资格考试和研究生入学考试复习备考使用。

图书在版编目（CIP）数据

人体生理学 / 孙红, 彭聿平主编. --3 版. --北京 : 高等教育出版社, 2016.8
供临床、基础、预防、口腔、护理、药学等专业用
ISBN 978-7-04-045702-5

I. ①人… II. ①孙…②彭… III. ①人体生理学-医学院校-教材 IV. ①R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 187491 号

策划编辑 杨 兵 责任编辑 杨 兵 封面设计 于文燕 责任印制 耿 轩

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	北京市大天乐投资管理有限公司		http://www.hepmall.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	27.5	版 次	2007 年 7 月第 1 版
字 数	650 千字		2016 年 8 月第 3 版
购书热线	010-58581118	印 次	2016 年 8 月第 1 次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	52.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 45702-00

数字课程 (基础版)

人体生理学

(第3版)

主编 孙 红 彭聿平

登录方法:

1. 访问<http://abook.hep.com.cn/45702>, 进行注册。已注册的用户输入用户名和密码登录, 进入“我的课程”。
2. 点击页面右上方“绑定课程”, 正确输入教材封底数字课程账号(20位密码, 刮开涂层可见), 进行课程绑定。
3. 在“我的课程”中选择本课程并点击“进入课程”即可进行学习。课程在首次使用时, 会出现在“申请学习”列表中。

课程绑定后一年为数字课程使用有效期。如有使用问题, 请发邮件至: medicine@pub.hep.cn。



高等医学院校教材

人体生理学(第3版)

主编 孙 红 彭聿平

用户名 密码 验证码 7969 进入课程

内容介绍

纸质教材

版权信息

联系方式

人体生理学(第3版)数字课程与纸质内容一体化设计, 是纸质教材的拓展和补充。数字课程包括相关内容的知识延伸、每章的英文小结(Summary)、英汉对照的兴趣阅读, 以利于学生自主学习, 提高专业英语的阅读理解能力。

相关教材



人体生理学(第2版)

张建福 彭聿平 闫长栋



人体生理学学习提纲及
复习题(第2版)

孙 红 彭聿平

高等教育出版社

<http://abook.hep.com.cn/45702>

序

《人体生理学》(第3版)是由孙红、彭聿平教授担任主编,徐州医科大学、东南大学、江苏大学、扬州大学、南通大学五所大学的生理学学科专家、教授联合编写,在全体编委会的共同努力下,即将由高等教育出版社出版,在此谨表示热烈的祝贺。

《人体生理学》(第3版)教材是在张建福教授等主编的前两版的基础上修订完成的。第1版和第2版教材深受广大师生们的欢迎,在国内同道中具有一定的影响力和信誉度,并被评为“江苏省高等学校精品教材”。在本次教材修订中,五所参编单位的生理学专家及各位同仁继承和发扬老一辈的优良传统,以严谨治学的科学态度和无私奉献的敬业精神,积极参与教材的编写。他们以适教适学为宗旨,紧密结合临床医学专业培养目标,适应高等医学教育教学改革的需要和医药卫生行业人才培养的需求,并借鉴国内外医学教育教学的经验和成果,不断创新编写思路和编写模式,努力提升编写水平和质量。

由于编者们长期活跃在生理学教学、科研第一线,他们对目前我国的生理学教学实际情况和教学基本要求有着深刻的把握和了解,所以经过这次修订后的第3版教材更适合于教学实际,更具有科学性和先进性。全书既系统地介绍了人体生理学的基本理论、基本知识和基本技能,又适当反映了生理学学科的重要研究进展;在编写内容上,能够做到简而精,理论联系实际,基础服务临床;在文字安排上做到层次分明、布局合理、简明扼要、图文并茂、重点突出,具有较强的实用性和启发性,有利于老师教、学生学,相信本套教材定会受到广大师生们的欢迎。

本书将纸质内容与数字化资源一体化设计。纸质内容包括本章学习纲要、正文,文中设有“临床联系”的插入框。数字课程包括与“学习纲要”对应的英文小结(Summary),知识延伸,英汉对照的“兴趣阅读”,对于提高学生专业英语的阅读理解能力大有好处,有利于教学与国际接轨,也有利于提升学生的人文素养和激发学生的学习兴趣。在编写形式方面也进行了一些新的尝试,如有些章节的二级标题采用提示式的句子加以表达,使学生阅读时易于掌握该段的中心内容。在对生理学宏观和微观知识的结合方面,也作了较好的把握,既重视对细胞、分子水平知识的介绍,又将“整合生理学”“稳态”“转化生理学”等重要概念贯穿始终,这有益于学生加深对人体生理功能的理解。

我衷心希望该教材能受到广大学生和教师的欢迎,同时期望该教材经过教学实践的考核,能不断完善和提高,成为最优秀的生理学教材。

徐州医科大学校长



教授

2016年3月30日

前言

《人体生理学》(第3版)是在第2版的基础上,参考了国内外最新版本教材,由江苏省五所大学修订完成。编者们在几十年的生理学教学生涯中,深切地体会到一本优秀的教材对于提高教育教学质量、实现既定培养目标至关重要。教材是知识的载体,是开展教育教学活动的基本工具。因此,我们非常重视教材建设,在编写中注重教材的思想性、科学性、先进性、实用性和启发性。《人体生理学》第1版、第2版及其配套教材《人体生理学学习提纲与复习题》自出版发行以来受到了广大师生的一致好评,被评为“江苏省高等学校精品教材”。

因此,本次修订的《人体生理学》第3版继续保持第2版教材的特色,从整体、器官系统、细胞分子水平介绍了人体生理学的基本知识和理论,阐明了人体各系统的生理功能及调节,力求反映生理学研究进展。特点如下:

1. 全书分为12章,既系统地介绍了人体生理学的基本理论、基本知识和基本技能,又适当反映了生理学学科的重要研究进展。在编写内容上,能够做到简而精,理论联系实际,基础服务临床;在文字安排上做到层次分明、布局合理、简明扼要、图文并茂、重点突出,具有较强的启发性和实用性。

2. 本书将纸质内容与数字化资源一体化设计。纸质正文中设有“临床联系”的插入框,介绍基础理论知识与临床之间的联系,是基础知识和临床实践的有机衔接。

3. 数字课程包括与“学习纲要”对应的英文小结(Summary),知识延伸,英汉对照的“兴趣阅读”,对于提高学生专业英语的阅读理解能力大有好处,有利于教学与国际接轨,也有利于提高学生的人文知识水平和激发学生的科学兴趣。

4. 本书配套《人体生理学学习提纲与复习题》(第2版)一起出版,使学生在学人体生理学知识的同时,还可以更好地复习、归纳、掌握重要的理论知识。

我们在编写中得到了各参编单位(徐州医科大学、东南大学、江苏大学、南通大学、扬州大学)领导和同道们的大力支持和帮助。徐州医科大学生理学教研室多位老师提出了许多宝贵的意见,并承担了本书的校对工作,从而保证了本书的质量和如期出版。在此,我们一并表示衷心的感谢。由于水平和时间的限制,教材中不当之处在所难免,我们真诚地期盼同道们、同学们给予批评和指正。

孙 红 彭聿平

2016年3月10日

目 录

第一章 绪论.....	1	四、组织的兴奋和兴奋性	29
第一节 生理学概述.....	1	五、兴奋在同一细胞上的传导	31
一、生理学的概念及其研究任务	1	第三节 细胞的跨膜信号转导.....	32
二、人体生理学与临床医学有密切的联系	2	一、G 蛋白耦联受体介导的信号转导... 33	
三、生理学发展的回顾	2	二、离子通道受体介导的信号转导 ... 36	
四、人体生理学研究的不同水平内容及方法	4	三、酶耦联受体介导的跨膜信号转导 ... 37	
五、人体生理学的研究方法	5	第四节 骨骼肌的兴奋和收缩.....	39
第二节 人体生命活动的基本特征.....	6	一、神经肌肉接头处的兴奋传递	39
一、新陈代谢	6	二、骨骼肌细胞的结构特点	42
二、兴奋性	6	三、骨骼肌细胞的兴奋-收缩耦联 ... 44	
三、适应性	6	四、骨骼肌收缩的分子机制	45
四、生殖	7	五、骨骼肌收缩的形式及其影响因素 ... 47	
第三节 人体生理功能的调节.....	7	第三章 血液.....	52
一、机体的内环境及其稳态	7	第一节 血液的基本组成和特性.....	53
二、人体生理功能的调节	9	一、血液的基本组成	53
三、人体生理功能的自动调控系统 ... 10		二、正常人的血量	54
第二章 细胞的基本功能.....	13	三、血液的理化特性	55
第一节 细胞膜的基本结构及其跨膜转运功能.....	14	第二节 血细胞的生理.....	56
一、细胞膜的结构与成分	14	一、血细胞生成部位和一般过程	56
二、细胞膜的跨膜物质转运功能	16	二、红细胞生理	57
第二节 细胞的生物电活动.....	21	三、白细胞生理	61
一、静息电位	21	四、血小板生理	64
二、动作电位	23	第三节 生理性止血.....	66
三、局部电位	28	一、生理性止血的基本过程	66
		二、血液凝固	67
		三、体内的抗凝血系统	70
		四、外源性的加速或延缓血液凝固的	

方法	71	二、肺通气功能的评价指标	154
五、纤维蛋白溶解与抗纤溶	71	第二节 呼吸气体的交换	158
第四节 血型与输血	73	一、气体交换的原理	158
一、血型与红细胞凝集	73	二、气体交换的过程	160
二、输血	76	三、影响肺气体交换的因素	161
第四章 血液循环	78	四、肺扩散容量	163
第一节 心脏的泵血功能	80	第三节 呼吸气体在血液中的运输	163
一、心率和心动周期	80	一、氧和二氧化碳在血液中的存在形式	163
二、心脏的泵血过程和机制	82	二、氧的运输	164
三、心脏泵血功能的评价	85	三、CO ₂ 的运输	168
四、心脏泵血功能的储备	87	第四节 呼吸运动的调节	170
五、心脏泵血功能的调节	88	一、呼吸中枢	171
第二节 心肌细胞的电活动和生理特性	91	二、节律性呼吸运动的形成	173
一、心肌细胞的生物电活动	91	三、呼吸运动的反射性调节	174
二、心肌的生理特性	101	第六章 消化和吸收生理	180
第三节 血管生理	110	第一节 概述	181
一、各类血管的功能特点	110	一、胃肠道平滑肌的生理特性	181
二、血管系统中的血流动力学	111	二、消化腺的分泌功能	183
三、动脉血压和动脉脉搏	113	三、胃肠道的神经支配及其作用	184
四、微循环	117	四、胃肠道的内分泌功能	187
五、组织液的生成与回流	120	五、胃肠道血液循环的特点	190
六、淋巴液的生成与回流	122	第二节 口腔内消化	191
七、静脉血压和静脉回心血量	123	一、唾液及其分泌	191
第四节 心血管活动的调节	125	二、咀嚼和吞咽	192
一、神经调节	125	第三节 胃内消化	193
二、体液调节	132	一、胃液及其分泌	193
三、自身调节	137	二、胃的运动	201
四、动脉血压的长期调节	138	第四节 小肠内的消化	204
第五节 器官循环	138	一、胰液的分泌	205
一、冠脉循环	138	二、胆汁的分泌和排出	207
二、肺循环	141	三、小肠液的分泌	209
三、脑循环	142	四、小肠的运动	210
第五章 呼吸生理	145	第五节 大肠的功能	212
第一节 肺通气	146	一、大肠液的分泌及大肠内细菌的活动	212
一、肺通气的原理	147	二、大肠的运动和排便	213

第六节 胃肠道的吸收·····	214	第五节 肾泌尿功能的调节·····	261
一、胃肠道的吸收过程概述·····	214	一、肾泌尿功能的神经调节·····	261
二、小肠对各种主要物质的吸收·····	215	二、肾泌尿功能的体液调节·····	261
第七章 能量代谢和体温·····	220	第六节 血浆清除率·····	265
第一节 能量代谢·····	220	一、血浆清除率的概念和计算方法·····	265
一、机体能量的来源与利用·····	221	二、测定血浆清除率的意义·····	266
二、机体能量代谢的测定·····	222	第七节 尿的排放·····	267
三、影响机体能量代谢的因素·····	226	一、膀胱与尿道的神经支配·····	268
四、基础代谢·····	227	二、排尿反射·····	268
第二节 体温及其调节·····	228	第九章 感觉器官生理·····	270
一、体温及其生理波动·····	228	第一节 感受器及其一般生理特性·····	271
二、体温的维持·····	230	一、感觉器官、感受器及其分类·····	271
三、体温的调节·····	232	二、感受器的一般生理特性·····	271
第八章 尿的生成与排放·····	236	第二节 眼的视觉功能·····	273
第一节 概述·····	237	一、眼的折光系统及其调节·····	273
一、排泄的概念和途径·····	237	二、视网膜的感光换能功能·····	277
二、肾的功能概述·····	237	三、一些重要的视觉现象·····	283
三、肾的功能解剖和血液循环特征·····	238	第三节 耳的听觉功能·····	285
第二节 肾小球的滤过功能·····	243	一、外耳和中耳的传音功能·····	285
一、肾小球滤过膜的通透性·····	243	二、内耳耳蜗的感音换能功能·····	288
二、肾小球的有效滤过压·····	244	三、听觉器官对声音的感受·····	291
三、肾小球滤过率和滤过分数·····	245	第四节 前庭器官的平衡感觉功能·····	292
四、影响肾小球滤过的因素·····	246	一、前庭器官的感受装置·····	293
第三节 肾小管和集合管的物质 转运功能·····	247	二、前庭器官的适宜刺激和生理 功能·····	295
一、肾小管和集合管的重吸收功能·····	247	三、前庭的自主神经反射和眼球 震颤·····	296
二、肾小管和集合管的分泌和排泄 功能·····	253	第五节 嗅觉和味觉·····	298
三、影响肾小管和集合管转运功能的 因素·····	255	一、嗅觉·····	298
第四节 尿液的浓缩和稀释·····	257	二、味觉·····	298
一、尿液浓缩和稀释的概念及其 意义·····	257	第十章 神经系统生理·····	300
二、尿液浓缩和稀释的过程及其 机制·····	258	第一节 神经元与神经胶质细胞的 功能·····	301
三、影响尿液浓缩与稀释的因素·····	260	一、神经元的一般结构与功能·····	301
		二、神经胶质细胞·····	306
		第二节 神经元之间的信息传递·····	307

一、突触传递	307	二、激素的作用机制	375
二、神经递质和受体	313	三、激素的传递方式	377
第三节 反射活动的一般规律	321	四、激素作用的一般特性	378
一、反射活动的基本过程	322	五、激素分泌的调节	379
二、反射活动的一般特性	323	第二节 下丘脑与垂体的内分泌	380
三、中枢神经元之间具有多种联系 方式	324	一、下丘脑-腺垂体系统	380
四、局部回路神经元和局部神经元 回路	326	二、下丘脑-神经垂体系统	384
五、中枢抑制	326	第三节 甲状腺的内分泌	386
第四节 神经系统的感觉功能	329	一、甲状腺激素的合成与代谢	386
一、脊髓的感觉传导功能	329	二、甲状腺激素的生物学作用	388
二、丘脑的核群及其感觉投射系统	330	三、甲状腺激素分泌的调节	390
三、大脑皮质的感觉分析功能	333	第四节 调节钙、磷代谢的激素	392
四、痛觉生理	335	一、甲状旁腺激素的生物学作用与 调节	392
第五节 神经系统对躯体姿势和 运动的调节	338	二、1,25-二羟维生素 D ₃ 的生物学 作用与调节	393
一、脊髓和脑干是运动反射的最后 公路	338	三、降钙素的生物学作用与调节	394
二、各级中枢对躯体姿势的调节	339	第五节 肾上腺的内分泌	395
三、各级中枢对躯体运动的调节	345	一、肾上腺皮质的内分泌	395
第六节 神经系统对内脏活动的 调节	353	二、肾上腺髓质的内分泌	399
一、自主神经系统对内脏活动的 调节	353	第六节 胰岛的内分泌	401
二、各级中枢对内脏活动的调节	356	一、胰岛素的生物学作用与分泌的 调节	401
三、神经、内分泌和免疫功能的关系	361	二、胰高血糖素的生物学作用与 分泌的调节	403
第七节 脑的高级功能	361	第七节 其他的内分泌激素	404
一、学习与记忆	361	一、前列腺素	404
二、大脑皮质的语言功能	365	二、松果体激素	405
第八节 脑的生物电活动与觉醒和 睡眠	367	三、瘦素	405
一、大脑皮质的生物电活动	367	第十二章 生殖生理	406
二、觉醒和睡眠	369	第一节 男性生殖	407
第十一章 内分泌生理	372	一、睾丸的功能	407
第一节 激素的概述	373	二、睾丸功能的调节	408
一、激素的分类	373	第二节 女性生殖	409
		一、卵巢的功能	410
		二、卵巢功能的调节	412
		三、月经周期及其调节	413

四、妊娠	415	
五、分娩	417	主要参考文献..... 421
第三节 性生理与避孕.....	418	
一、性成熟	418	中英文名词对照索引①..... 423
二、性兴奋与性行为	419	
三、避孕	420	

本章学习纲要

1. 生理学是研究各种生物机体功能活动规律及其机制的科学,是一门重要的医学基础课程。
2. 人体生理学知识是从整体、器官和系统、细胞和分子三个水平的研究中得到的。
3. 人体生命活动的特征是新陈代谢、兴奋性、适应性和生殖。
4. 细胞外液是机体的内环境;稳态是机体内环境理化性质保持相对稳定的状态。
5. 人体生理功能的调节有神经调节、体液调节和自身调节三种方式。
6. 反馈信息降低控制系统的活动称为负反馈,它对维持机体内环境的稳态起重要作用;反馈信息增强或促进控制系统的活动称为正反馈,它使生理活动不断加强直至最终快速完成。

第一节 生理学概述

一、生理学的概念及其研究任务

(一) 生理学是研究生物机体功能活动规律和机制的科学

生理学(physiology)是生物科学的一个分支,是研究各种生物体功能活动规律和机制的科学。根据研究对象的不同,可分为植物生理学、动物生理学、人体生理学等;根据研究对象所处环境状态的不同,又可分为航天生理学、潜水生理学、特殊环境生理学等。

人体生理学(human physiology)是研究正常人体功能活动(诸如呼吸、循环、消化、泌尿、生殖、行为变化、思维活动等)及其规律的科学。由于人体生理学主要研究正常人体的各种生命活动,所以也称为正常人体生理学(简称生理学)。它是一门重要的医学基础课程。

(二) 生理学的任务是阐明人体功能活动的规律及机制

人体生理学的主要任务:研究构成人体各个系统的器官和细胞的正常活动过程;器官和细胞功能活动的内部机制;不同的器官及细胞之间的相互联系和相互作用;阐明人体作为一个整体,其各部分的功能活动是如何相互协调、相互制约,从而维持正常的生命活

动过程。

二、人体生理学与临床医学有密切的联系

人体生理学与临床医学有着密切的联系。通过医学实践和对人体、动物的实验研究,积累了大量的人体生理功能的知识,逐渐形成了人和动物机体功能的系统性理论。因此,生理学中的理论均来自实践或实验。同时,医学实践又检验生理学理论的正确性,并不断以新的内容和新的成果丰富生理学理论,从而进一步推动生理学的发展,而生理学的每一个进展都会对医学产生巨大的推动作用。例如,生理学有关生物电的研究成果,革新了诊断疾病的某些技术;对各内分泌腺体功能的生理学研究,阐明了许多内分泌疾病发病的机制;受体研究的发展为治疗疾病提供了许多更有效的手段;对视觉生理学的研究成果促进了眼病的防治。

此外,病理生理学、病理解剖学、药理学、病原生物学等知识也均以生理学作为基础,要学好这些学科,必须先学好生理学。正因为生理学的发展与医学之间有如此密切的联系,所以在国际诺贝尔奖项中,设有“生理学或医学奖”。

医学生学习生理学的目的在于了解正常人体生命活动的基本规律以及内外环境对人体功能的影响,为今后学习其他医学基础和临床课程,为在医疗和护理实践以及预防、保健医学工作中有效地防治各种疾病奠定坚实的理论基础。

知识延伸 中文“生理学”一词的由来

三、生理学发展的回顾

(一) 近代生理学创立于 17 世纪,实验生理学的奠基人是英国医生威廉·哈维

威廉·哈维(W. Harvey, 1578—1657)首次用实验的方法研究心脏与血液运动,发现了血液循环,并于 1628 年出版了《心血运动论》一书,在历史上第一次科学地阐明了血液循环的途径和规律,使生理学开始成为一门独立的科学。

17—18 世纪,显微镜的发明及其他相关学科的进步为生理学的发展奠定了良好的基础。随之,意大利学者马尔庇奇(Malpighi)应用显微镜技术发现了毛细血管结构;法国科学家笛卡尔(Descartes)首次提出了反射的概念;意大利学者伽尔伐尼(Galvani)发现了生物组织的电活动,从而开辟了生理学中生物电现象及其机制研究的新领域。

19 世纪以来,自然科学的迅速发展极大地推动了生理学的实验研究。1847 年法国学者路德维希(Ludwig)发明了记纹器(kymograph),首次将某些实验结果记录下来,这对生理学的发展起到了极大的推动作用;德国学者黑尔姆霍兹(Helmholtz)等对感觉器官的开拓性研究,揭示了眼色觉的奥秘;著名法国学者伯尔纳(C. Bernard)提出的机体“内环境恒定”的概念,促进了体液生理学的发展。20 世纪初,俄国生理学家巴甫洛夫(Павлов)用慢性动物实验的方法,创立了条件反射学说,极大地丰富了对高级神经活动的研究内容;英国学者谢灵顿(Sherrington)提出了突触的概念,并通过对反射弧的分析,阐明了神经系统活动的基本规律;1921 年美国生理学家勒维(Loewi)用蛙心灌流的方法,发现迷走神经末梢可释放一种化学物质具有抑制心脏活动的作用,后来证实此化学物质是乙酰胆碱,从而为神经传递信息的化学机制的研究奠定了基础;20 世纪 50 年代英国的 Hodgkin 与 Huxley 用微电极技术直接测量了膜电位,进

一步阐明了生物电的离子学说,揭示了神经动作电位的离子机制,极大地推动了细胞电生理学的理论研究;其后谢灵顿的学生 Eccles 等应用微电极技术研究中枢神经元与突触传递的机制,为阐明中枢神经系统的电活动做出了贡献。目前,由于自然科学的进步以及许多高新实验技术的应用,生理学的研究已由整体水平工作已经深入到了细胞和分子水平,特别是分子生物学研究,揭开了细胞内的奥秘,促进了神经科学和分子生理学的发展。

(二) 现代生理学的发展

现代生理学发展的主要特征是研究生命活动的分子结构及功能,研究整体功能活动的协调及其发生的机制。

20 世纪以来,科技的飞速发展以及各学科知识之间的相互交叉和渗透,为生理学的研究提供了新的理论和技术。分子生物学、生物芯片和计算机微电子等技术在生理学研究中的应用,为生理学的发展提供了前所未有的机遇,使生理学的研究逐渐摒弃以往的单学科、单一方法和技术研究生理学的手段,代之以将形态的、功能的多学科、多种研究技术结合起来,从不同的方向、不同的侧面研究生理学问题,力求更全面深入而完整地认识生理学现象及其机制。近年来,基因克隆、重组 DNA、蛋白组分及细胞信号转导成为热门研究前沿。传统的电生理学研究手段、单通道单细胞的膜片钳技术与现代分子生物学结合,深层次寻找生命现象的物质基础和功能机制。

目前生理学的研究已经由整体水平发展到分子水平。只有认识了细胞和分子水平变化的全过程,才有可能阐明机体内各种生理功能的机制。有鉴于此,在 20 世纪的后期,生理学的研究大部分都涉及细胞、亚细胞和分子水平。随着人类基因组测序工作的完成,生命科学进入了后基因组时代(post-genome era)和蛋白质组时代(proteome era)。

人体的生命活动是在神经、内分泌和免疫系统的调节下,以整体功能的形式表现的。因此,在对生命活动进行微观研究的同时,必须重视及其调节机制的研究。20 世纪末,针对部分生理学工作者仅重视分子水平的研究,而忽视整体功能的研究,国内外一些资深的生理学家提出了现代生理学应走整合生理学(integrative physiology)研究的道路,从而为生理学的发展指明了方向。近年,为了强调分子生物学、细胞生物学的研究和整体水平研究之间的联系和结合,国际生理学界又提出转化生理学(translational physiology)的概念。这将有助于把分子生物学和细胞生物学的研究成果,运用到整体水平的研究,同时又把整体水平的研究发展到分子水平进行研究。

知识延伸 现代实验生理学奠基人威廉·哈维

(三) 我国现代生理学是从 20 世纪 20 年代中期开始的

1926 年中国生理学会的成立以及翌年《中国生理学杂志》的创办,标志着我国近现代生理学的开始,具有划时代的意义,在其后的 10 年堪称为我国生理学的鼎盛时期。我国近代生理学奠基人林可胜教授(1897—1969)领导的北京协和医学院生理学系开展了极为出色的工作,在消化、神经、循环生理学以及肌肉和神经研究等方面取得了卓越的成就,同时培养出一大批生理学家,他在带领和促进我国现代生理学发展方面所作出的杰出贡献是史无前例的。蔡翘教授是我国近代采用中国语言和文字讲述生理学和编写生理学教材的第一位学者,他在糖代谢、溶血及止血等方面的研究都取得很大成就,名闻国际。与此同时,汪敬熙教授在皮肤电反射的研究以及张锡钧教授在神经化学递质乙酰胆碱的研究中都取得

了重大成果。著名科学家冯德培教授在神经肌肉接头生理学的一系列工作为近代所公认,是该研究领域最有贡献的学者之一;著名神经生理学家张香桐教授关于树突功能、皮质神经元及大脑皮质诱发电位的研究都取得了有一定国际影响的成就;徐丰彦教授对心血管压力感受性反射的研究也有重要的贡献。

新中国成立后的 60 多年来,生理学的各个分支在原有的基础上都有了很大的发展,填补了过去的一些空白,形成了门类齐全的中国生理学;特别是我国改革开放以来,国内外交流增多,极大地促进了生理学的发展,生理学界在老一辈科学家,诸如蔡翘、张香桐、冯德培、王志均等教授的带领下,一批又一批的青年生理学家茁壮成长。老一辈科学家的爱国主义、发奋图强、艰苦创业等优良品质和作风是我们的宝贵财富,应代代相传。2016 年 9 月广大的国内外生理学工作者相聚北京,将举行隆重的庆祝中国生理学会成立九十周年大会。忆往昔,成绩辉煌,展望未来,豪情满怀,我国的生理学事业是大有希望的,我们要充满信心地为建立具有中国特色的生理学研究体系,为 21 世纪生命科学的进步做出应有的贡献。

四、人体生理学研究的不同水平内容及方法

完整的人体生理学知识是从整体、器官和系统、细胞和分子三个水平的研究得到的。对人体生理学的研究必须从人体不同的结构水平出发,采用多层次、多种手段,可以分别在整体、器官和系统、细胞和分子三个水平上进行。

(一) 整体水平的研究

整体水平的研究是以完整的机体为对象,观察和分析人体在生理条件下,各器官和系统的功能互相协调和联系的规律,使机体成为一个统一的整体;并且研究机体与环境之间的相互影响。当机体所处的内、外环境发生变化时,例如,人在劳动、寒冷、高热、低氧、失重(航空、航天)等条件下,体内不同器官、系统之间的相互联系与调节,使人体能够适应环境条件的变化,以维持正常的生命活动。因此,整体水平研究的是机体在不同生理条件下,不同器官、系统之间的相互联系及调节。

(二) 器官和系统水平的研究

器官和系统水平的研究是以一个器官或系统为对象,研究它们生理功能活动的规律和调控机制以及对整体生理功能的影响。例如研究心脏和血管的舒缩、血管内血液流动的规律,神经及体液因素对心血管活动调节等,这些研究都是在器官和系统水平上进行的。有关这方面的研究内容,称为**器官生理学**(organ physiology)或**系统生理学**(system physiology)。例如,心脏生理学、呼吸生理学、消化生理学、内分泌生理学等。长期以来,人们对器官或系统生理学的研究是生理学历史发展过程中最重要的组成部分。

(三) 细胞和分子水平研究

细胞和分子水平研究是以某种细胞或构成细胞的生物大分子或基因为对象,研究它们的功能活动规律和物理化学变化过程。**细胞**(cell)是构成人体的最基本的结构和功能单位,机体的生命活动以及各器官、系统的功能活动都是以其细胞的生理特性为基础的,而细胞的生理特性又决定于构成细胞的生物大分子的理化特性。如骨骼肌收缩时的肌丝滑行;细胞兴奋时,细胞膜中通道的开放和离子跨膜移动等。这一水平的研究采用离体实

验的方法。因此,生理学研究只有深入到细胞和分子水平,才能揭示生命活动的最基本的物理化学变化过程。在这个水平上进行的研究和获取的知识的学科,称为细胞和分子生理学 (cellular and molecular physiology)。

五、人体生理学的研究方法

生理学是一门实验性科学,一切生理学的知识都来自对生命现象的客观观察和实践,包括生活实践、实验研究和临床观察。根据实验对象的不同可分为:

(一) 人体实验

人体实验是指在不伤害人体健康的自然生活条件下进行。由于受到伦理学的限制,只能对人体进行某些实地观察、人群资料调查和分析功能活动的客观表现。例如,测定人体血压、心率、红细胞、白细胞、血小板的正常值,描记心电图和脑电图以及用 CT、核磁共振等手段来发现病灶等。通过对人体的实验和检测,人们获得了大量的研究资料。此外,有些实验研究可在志愿者中进行,如测试人体在高温、低温、低氧、失重和高压等特殊环境下某些生理活动的变化。尽管如此,某些实验还是会给人体带来一定的损害,因此,进行人体实验仍受到一定的限制。

(二) 动物实验

人与动物(尤其是高等动物)有许多相似的结构和功能,利用动物实验来研究人体生理学这是很自然的,所选用的动物越接近于人,则越能反映人体的功能活动规律。当然仍要考虑人与动物的差别,不能把动物实验的结果简单地套用于人体。动物实验包括:

(1) 急性实验 急性实验 (acute experiment) 必须在符合人道的、麻醉的条件下,对动物某些器官进行实验观察。优点是方法简便,易于控制条件;缺点是实验时间受限,实验后动物不能存活。

急性实验又可分为在体 (*in vivo*) 与离体 (*in vitro*) 实验两种。在体实验是指在完整的动物体内直接进行活体解剖观察或实验。例如,在兔的颈总动脉插入套管测定动脉血压,静脉内注射某些药物观察血压的变化。离体实验是指从动物体内取出某一器官、组织(如心脏、肌肉)或将细胞分离出来,置于适宜的人工环境中,在短期内维持其功能活动,进行实验观察。例如,在体外进行坐骨神经-腓肠肌标本、蛙心灌流、某些细胞培养等。

近年来,在细胞、亚细胞及分子水平上的实验研究取得了较大进展。例如,可在游离的细胞膜碎片上研究膜受体与配体的作用及其亲和性、结合位点、影响因素等;随着分子生物学的发展,已经可以用分子克隆技术将一些受体的基因分离出来,研究受体的特性。

(2) 慢性实验 慢性实验 (chronic experiment) 是指在一段时间内,在同一清醒动物身上多次、重复地观察完整的机体内某器官的功能变化。通常需要在麻醉、无菌条件下对健康动物进行手术,如制备消化道的瘘管、摘除某一内分泌腺体、破坏某一器官,然后在恢复正常生活的情况下,观察器官功能的改变或观察在摘除、破坏某一器官后所产生的功能紊乱等。该实验方法的优点是动物存活时间长,便于研究某一器官正常情况下的功能活动及其在整体功能活动中的作用;缺点是所需时间长、实验要求高、影响因素多、结果不易分析等。

第二节 人体生命活动的基本特征

人体的结构和机能虽然极其复杂,但也具有一般动物所共有的生命基本特征:即新陈代谢、兴奋性、适应性和生殖。

一、新陈代谢

新陈代谢(metabolism)是指机体不断地与周围环境之间进行的物质和能量交换,以合成自身的物质;同时不断分解自身衰老、退化的物质,并将其排出体外的自我更新的过程。整个过程包括体内各种物质的合成、分解和能量的转化和利用,故新陈代谢包含物质代谢(又分为合成代谢、分解代谢)和能量代谢(即各种能量的转换与利用)。

新陈代谢是一切生命活动发生和发展(包括细胞的功能活动、机体的生长发育、繁殖和进化等)的基础,新陈代谢一旦停止,生命活动就会结束,因此新陈代谢是人体最基本的生命活动特征之一。

二、兴奋性

机体是生活在一个不断变化着的内、外环境之中,机体对于环境的变化能够作出主动的、适宜的反应。在生理学上,把能够引起机体发生反应的内、外环境变化称为刺激(stimulus),如物理刺激、化学刺激、电刺激等。机体受到刺激后所发生的组织结构和生理功能的变化称为反应(reaction)。

机体内不同的组织细胞对刺激发生反应的形式是不同的。如神经细胞表现为产生和传导动作电位,肌细胞表现为收缩,腺细胞表现为分泌。在生理学上,把这些对刺激能够发生某些特定反应的细胞或组织,称为**可兴奋细胞**(excitable cell)或**可兴奋组织**(excitable tissue)。可兴奋组织或细胞对刺激发生反应时,其表现有两种形式:①**兴奋**(excitation):其功能由相对静止变为活动,或是活动由弱变强;②**抑制**(inhibition):即由活动变为相对静止,或是活动由强变弱。兴奋和抑制是机体内各种功能活动的共同规律,二者互为前提,对立统一,并可随条件的变化相互发生转化。

兴奋性(excitability)是指活的组织、细胞对刺激发生反应(即产生动作电位)的能力。不同的组织细胞对同一刺激的反应性不尽相同,通常采用刺激的**阈值**(threshold)来衡量兴奋性的高低。兴奋性高的组织细胞,用较小的刺激即可产生兴奋,即其阈值较低,则其兴奋性高;兴奋性低的组织细胞,需用较强的刺激才能使其产生兴奋,即其阈值较高,则其兴奋性低。故组织细胞兴奋性越高,阈值越低;组织细胞兴奋性越低,阈值越高。

由此可见,兴奋性是机体生命活动的基本特征之一,机体的兴奋性消失了,生命活动也就停止了。

三、适应性

人体或动物长期生活在某一特定环境中,在环境的影响下,本身可以逐渐形成一种特殊的、适合自身生存的反应方式。机体根据环境的变化调整自身生理功能的过程称为适