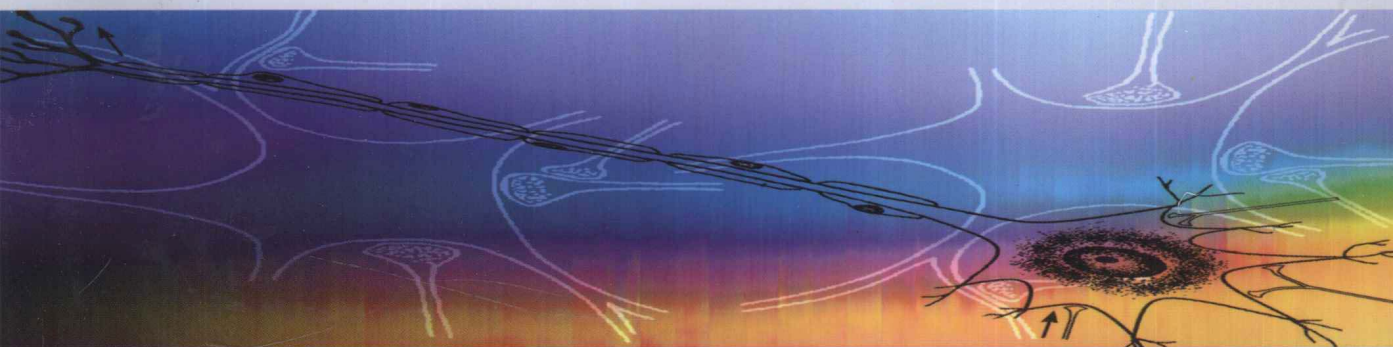


高等医学院校教材

供临床·基础·预防·口腔·药学·护理·检验 等专业用



人体生理学

(第二版)

主编 张建福 彭聿平 闫长栋



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

高等医学院校教材

(供临床·基础·预防·口腔·药学·护理·检验等专业用)

人体生理学

Renti Shengli Xue

(第二版)

主 编 张建福 彭聿平 闫长栋

副主编 董 榕 王正山 陈永昌

编 者 (以姓氏笔画为序)

王正山 王光明 史明仪 孙 红

寻庆英 乔伟丽 闫长栋 邱一华

陈 琦 陈永昌 张咏梅 张建福

金 雯 彭聿平 董 榕



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

人体生理学是一门重要的医学专业基础课。本教材根据五年制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,在第一版的基础上修订而成。

本教材按系统分为十二章,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,并力求有所创新,在内容上涵盖了生理学的基本知识点,具有广泛的实用性;本教材特别注意坚持理论联系实际,基础服务临床的宗旨,反映当代生理学新成果;在每章的前面列有学习纲要、在文中有选择地增添了介绍相关的新进展、发展史及某些疾病新概念;在每章的最后列有与学习纲要相对应的英文小结,附有与临床有关的英汉对照的兴趣阅读,最后列有复习题及参考文献,以利于学生主动学习、提高专业英语阅读理解能力;本教材文字简洁、图文并茂、重点突出、层次分明,具有科学性、先进性、系统性和可读性,方便师生的教与学。

本书适用于高等医学院校本科临床、基础、预防、口腔、药学、护理、检验等专业学生使用,也可供硕士研究生入学考试和国家医师资格考试复习应试使用。

图书在版编目(CIP)数据

人体生理学/张建福,彭聿平,闫长栋主编. —2
版. —北京:高等教育出版社,2010.8
ISBN 978-7-04-030446-6

I. ①人… II. ①张…②彭…③闫… 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(2010)第 125708 号

策划编辑	杨 兵	责任编辑	张 好	封面设计	于文燕	责任绘图	尹 莉
版式设计	马敬茹	责任校对	杨雪莲	责任印制	尤 静		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京凌奇印刷有限责任公司

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×1092 1/16
印 张 29.25
字 数 710 000

版 次 2007 年 7 月第 1 版
2010 年 8 月第 2 版
印 次 2010 年 8 月第 1 次印刷
定 价 42.30 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 30446-00

第二版前言

由我们编写的、高等教育出版社出版的《人体生理学》(第一版)已供四届学生使用。本教材是在此基础上,参考了国内外最新版本教科书修订而成的。编写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。有鉴于此,我们历来重视教材建设,紧紧把握编写教材的科学性、先进性、实用性和启发性。实践表明,我们已出版的3个版本的《人体生理学》及其配套教材,受到了使用院校广大师生的一致好评,并曾于2005年10月被江苏省教育厅评为“江苏省高等学校精品教材”。

本教材从整体、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,阐明了人体各系统的生理功能及其调节,并力求有所创新。本教材仍按系统分为十二章,全书新增加了“知识延伸”或“临床联系”46个短篇,分布在各章中。目前各章的结构为:本章学习纲要、正文、Summary(英文小结,内容与章前的本章学习纲要完全一致)、兴趣阅读(英汉对照)、复习题、参考文献;在正文中,部分有关生理学研究进展或超过了教学大纲要求的内容,统一用比正文小一号的字体标出,并在相关的位置插有知识延伸或临床联系小短篇,供同学们参考。其目的在于扩大学生的视野、提高其专业英语阅读理解能力。

本教材由江苏省5所高校长期从事生理学教学和科研工作、学术水平较高、具有丰富的教学和编写经验的教师共同撰写而成。在编写过程中,编者认真地查阅了国内、外最新版本的教材及文献资料,力求在内容上充分体现科学性、系统性和创新性,在文字上做到了简明扼要、图文并茂、重点突出、层次分明、布局合理,利于教与学,以适应培养21世纪高级医学人才的需要。

我们在编写中得到了各参编单位(徐州医学院、东南大学医学院、江苏大学医学院、南通大学医学院、扬州大学医学院)的领导和同道们的大力支持和帮助;徐州医学院生理学教研室乔伟丽老师承担了本书各章图表的绘制等工作,马鸿基、刘勇林、高利平、吴金霞、薛敏、布会敏、张中海、祁友键、石玥等老师承担了本书的校对工作,提出了许多宝贵的建设性意见;徐州医学院学报编辑部为本书的编写提供了许多方便,在这里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,我们真诚地祈盼同道们、同学们指正。

张建福
于徐州医学院
2010年3月

第一版序

由徐州医学院、东南大学医学院、江苏大学医学院、扬州大学医学院、南通大学医学院联合编写、张建福教授等任主编的《人体生理学》，在全体参编专家、教授的共同努力下，将由高等教育出版社正式出版，我首先表示热烈的祝贺。

以张建福教授等为代表的编写者们长期工作在生理学教学、科研的第一线，历来重视教材建设工作。我被告知，自2000年以来，《人体生理学》几经修改，在国内同道中具有一定的影响和信誉，并于2005年被评为“江苏省高等学校精品教材”。编者热爱教学工作，由于他们对目前我国生理学教学的实际情况和教学大纲所规定的培养目标有着深刻的把握和了解，所以经过修订后的该教材更适合于教学实际，具有较鲜明的科学性和先进性。全书既较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，也适当反映了生理学科的重要研究进展；在编写内容上，能够充分注意贯彻教学改革的精神，做到少而精，理论联系实际，基础服务临床；在文字编排上做到层次分明、布局合理、通俗扼要、图文并茂、重点突出，具有较强的可读性和实用性，有利于老师教、学生学，相信它一定会受到广大使用者的欢迎。

该教材在每章的最后均列有与“学习要点”相对应的英文小结，并附有与临床有关的中、英文对照的“兴趣阅读”栏目，这对于提高学生的专业英语阅读理解能力，可能大有好处；在编写的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、完整且精炼的句子加以表达，这可能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，又将关于“整合生理学”、“稳态”等重要概念贯穿始终，这对于学生加深对人体生理功能的理解很有益处。

总之，我认为在国内同类教材中，这可能是一本较好的教材，但最终还是让它接受师生们的检验吧！

中国科学院院士
第二军医大学教授

陈直张

2007年4月3日 于上海

目 录

第一章 绪论	1	二、离子通道型受体介导的信号转导	36
本章学习纲要	1	三、酶耦联型受体介导的跨膜信号转导	38
第一节 生理学概述	1	第四节 骨骼肌的兴奋和收缩	39
一、生理学的概念及其研究任务	1	一、神经肌肉接头处的兴奋传递	39
二、人体生理学与临床医学的关系	2	二、骨骼肌细胞的结构特点	42
三、现代生理学发展简史	2	三、骨骼肌细胞的兴奋-收缩耦联	43
四、人体生理学研究的内容及方法	4	四、骨骼肌收缩的机制	44
第二节 人体生命活动的特征	5	五、骨骼肌收缩的形式及其影响因素	47
一、新陈代谢	6	Summary	50
二、兴奋性	6	兴趣阅读(英汉对照)	52
三、适应性	6	复习题	53
四、生殖	7	参考文献	54
第三节 人体生理功能的调节	7	第三章 血液	55
一、机体的内环境及其稳态	7	本章学习纲要	55
二、人体生理功能的调节	8	第一节 血液的基本组成和特性	56
三、人体生理功能的自动调控系统	10	一、血液的基本组成	56
Summary	12	二、正常人的血量	58
兴趣阅读(英汉对照)	12	三、血液的理化特性	58
复习题	14	第二节 血细胞的生理	59
参考文献	15	一、血细胞生成部位和一般过程	59
第二章 细胞的基本功能	16	二、红细胞生理	60
本章学习纲要	16	三、白细胞生理	64
第一节 细胞膜的基本结构及其跨膜 转运功能	17	四、血小板生理	67
一、细胞膜的结构与成分	17	第三节 生理性止血	69
二、细胞膜的跨膜物质转运功能	18	一、生理性止血的基本过程	69
第二节 细胞的生物电活动	23	二、血液凝固	70
一、静息电位	23	三、体内的抗凝血系统	72
二、动作电位	25	四、外源性的加速或延缓血液凝固的 方法	74
三、局部电位	30	五、纤维蛋白溶解与抗纤溶	74
四、组织的兴奋和兴奋性	31	第四节 血型与输血	75
五、兴奋在同一细胞上的传导	32	一、血型与红细胞凝集	75
第三节 细胞的跨膜信号转导	33	二、输血	79
一、G 蛋白耦联型受体介导的信号转导	34	Summary	80

兴趣阅读(英汉对照)	81
复习题	82
参考文献	83
第四章 心血管生理	84
本章学习纲要	84
第一节 心肌细胞的电活动及其生理特性	86
一、心肌细胞的生物电活动	86
二、心肌的生理特性	93
第二节 心脏的泵血与充盈	101
一、心率和心动周期	101
二、心脏的泵血与充盈过程及其机制	102
三、心脏泵血功能的评价	106
四、心脏泵血功能的调节	108
五、体表心电图	111
第三节 血管生理	114
一、各类血管的功能特点	114
二、血管系统中的血流动力学	115
三、动脉血压和动脉脉搏	118
四、微循环	121
五、组织液的生成与回流	123
六、淋巴液的生成与回流	125
七、静脉血压和静脉回心血量	126
第四节 心血管活动的调节	128
一、心血管活动的神经调节	128
二、心血管活动的体液调节	135
三、心血管活动的自身调节	138
四、动脉血压的长期调节	139
第五节 器官循环	139
一、冠脉循环	139
二、肺循环	142
三、脑循环	143
Summary	145
兴趣阅读(英汉对照)	147
复习题	148
参考文献	149
第五章 呼吸生理	150
本章学习纲要	150
第一节 肺通气	151
一、肺通气的原理	151

二、肺通气功能的评价指标	159
第二节 呼吸气体的交换	162
一、气体交换的原理	162
二、气体交换的过程	163
三、影响肺气体交换的因素	164
四、肺扩散容量	166
第三节 呼吸气体在血液中的运输	167
一、氧和二氧化碳在血液中的存在形式	167
二、氧的运输	167
三、二氧化碳的运输	171
第四节 呼吸运动的调节	173
一、呼吸中枢	173
二、节律性呼吸运动的形成	175
三、呼吸运动的反射性调节	176
四、运动对呼吸的影响及调节	180
Summary	181
兴趣阅读(英汉对照)	182
复习题	183
参考文献	184
第六章 消化和吸收生理	185
本章学习纲要	185
第一节 概述	186
一、胃肠平滑肌的生理特性	186
二、消化腺的分泌功能	188
三、胃肠的神经支配及其作用	189
四、胃肠的内分泌功能	192
五、胃肠血液循环的特点	194
第二节 口腔内消化	195
一、唾液及其分泌	195
二、咀嚼和吞咽	196
第三节 胃内消化	197
一、胃液及其分泌	197
二、胃的运动	205
第四节 小肠内的消化	208
一、胰液的分泌	208
二、胆汁的分泌和排出	210
三、小肠液的分泌	212
四、小肠的运动	213
第五节 大肠的功能	216
一、大肠液的分泌及大肠内细菌的活动	216

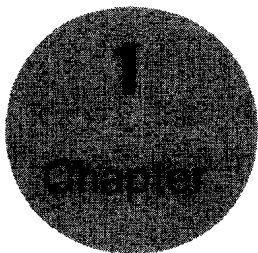
二、大肠的运动和排便	216	第四节 尿液的浓缩和稀释	264
第六节 消化道的吸收	217	一、尿液浓缩和稀释的概念及其意义	264
一、消化道吸收过程的概述	217	二、尿液浓缩和稀释的过程及其机制	265
二、小肠对各种主要物质的吸收	218	三、影响尿液浓缩与稀释的因素	267
Summary	222	第五节 肾泌尿功能的调节	268
兴趣阅读(英汉对照)	223	一、肾泌尿功能的神经调节	268
复习题	224	二、肾泌尿功能的体液调节	268
参考文献	225	第六节 血浆清除率	272
第七章 能量代谢与体温	226	一、血浆清除率的概念和计算方法	272
本章学习纲要	226	二、测定血浆清除率的意义	273
第一节 能量代谢	226	第七节 尿的排放	274
一、机体能量的来源与利用	226	一、膀胱与尿道的神经支配	274
二、机体能量代谢的测定	228	二、排尿反射	275
三、影响机体能量代谢的因素	231	Summary	275
四、基础代谢	233	兴趣阅读(英汉对照)	276
第二节 体温及其调节	234	复习题	278
一、人体正常体温保持相对恒定	234	参考文献	278
二、正常体温的维持	235	第九章 感觉器官生理	279
三、体温的调节	238	本章学习纲要	279
Summary	241	第一节 感受器及其一般生理特性	279
兴趣阅读(英汉对照)	241	一、感觉器官、感受器及其分类	279
复习题	242	二、感受器的一般生理特性	280
参考文献	243	第二节 眼的视觉功能	281
第八章 尿的生成与排放	244	一、眼的折光系统及其调节	282
本章学习纲要	244	二、视网膜的感光换能功能	286
第一节 概述	245	三、一些重要的视觉现象	291
一、排泄的概念和途径	245	第三节 耳的听觉功能	294
二、肾的功能概述	245	一、外耳和中耳的传音功能	294
三、肾的功能解剖和血液循环特征	246	二、内耳耳蜗的感音换能功能	296
第二节 肾小球的滤过功能	251	三、听觉器官对声音的感受	300
一、肾小球滤过膜的通透性	251	第四节 前庭器官的平衡感觉功能	301
二、肾小球的有效滤过压	252	一、前庭器官的感受装置	301
三、肾小球滤过率和滤过分数	253	二、前庭器官的适宜刺激和生理功能	303
四、影响肾小球滤过的因素	254	三、前庭的自主神经反射和眼球震颤	305
第三节 肾小管和集合管的物质		第五节 嗅觉和味觉	306
转运功能	255	一、嗅觉	306
一、肾小管和集合管的重吸收功能	255	二、味觉	307
二、肾小管和集合管的分泌和排泄功能	261	Summary	307
三、影响肾小管和集合管转运功能的		兴趣阅读(英汉对照)	308
因素	263	复习题	310

参考文献	310
第十章 神经系统生理	312
本章学习纲要	312
第一节 神经元与神经胶质细胞的	
功能	313
一、神经元的一般结构与功能	313
二、神经胶质细胞	317
第二节 神经元之间的信息传递	318
一、突触传递	319
二、神经递质和受体	325
第三节 反射活动的一般规律	333
一、反射活动的基本过程	333
二、反射活动的一般特性	335
三、中枢神经元之间具有多种联系方式	336
四、局部回路神经元和局部神经元回路	337
五、中枢抑制	337
第四节 神经系统的感觉功能	340
一、脊髓的感觉传导功能	340
二、丘脑的核群及其感觉投射系统	341
三、大脑皮层的感覺分析功能	344
四、痛觉生理	347
第五节 神经系统对躯体姿势和运动的	
调节	350
一、脊髓和脑干是运动传出的最后公路	350
二、各级中枢对躯体姿势的调节	350
三、各级中枢对躯体运动的调节	356
第六节 神经系统对内脏活动的调节	364
一、自主神经系统对内脏活动的调节	364
二、各级中枢对内脏活动的调节	367
三、神经、内分泌和免疫功能的关系	372
第七节 脑的高级功能	372
一、学习与记忆	372
二、大脑皮层的语言功能	376
第八节 脑的生物电活动与觉醒和	
睡眠	377
一、大脑皮层的生物电活动	377
二、觉醒和睡眠	380
Summary	382
兴趣阅读(英汉对照)	383
复习题	386

参考文献	387
第十一章 内分泌生理	388
本章学习纲要	388
第一节 激素的概述	389
一、激素的分类	389
二、激素的作用机制	391
三、激素的传递方式	393
四、激素作用的一般特性	393
五、激素分泌的调节	395
第二节 下丘脑与垂体的内分泌	396
一、下丘脑-腺垂体系统	396
二、下丘脑-神经垂体系统	401
第三节 甲状腺的内分泌	402
一、甲状腺激素的合成与代谢	403
二、甲状腺激素的生理作用	405
三、甲状腺激素分泌的调节	406
第四节 调节钙、磷代谢的激素	408
一、甲状旁腺激素的生理作用与调节	408
二、降钙素的生理作用与调节	409
三、1,25-二羟维生素 D ₃ 的生理作用与	
调节	410
第五节 肾上腺的内分泌	411
一、肾上腺皮质的内分泌	411
二、肾上腺髓质的内分泌	415
第六节 胰岛的内分泌	417
一、胰岛素的生理作用与分泌的调节	417
二、胰高血糖素的生理作用与分泌的	
调节	419
第七节 其他的内分泌激素	420
一、前列腺素	420
二、松果体激素	420
三、瘦素	421
Summary	421
兴趣阅读(英汉对照)	422
复习题	423
参考文献	424
第十二章 生殖生理	425
本章学习纲要	425
第一节 男性生殖	426
一、睾丸的功能	426



二、睾丸功能的调节	427	Summary	436
第二节 女性生殖	428	兴趣阅读(英汉对照)	437
一、卵巢的功能	428	复习题	437
二、卵巢功能的调节	430	参考文献	438
三、月经周期及其调节	431	主要汉英名词对照索引	439
四、妊娠	434		
五、分娩	435		



绪 论

Introduction

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产生机制的科学,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 3 个水平的研究得到的。
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 3 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)是生物学科的一个分支,它是研究各种生物机体功能活动规律和机制的科学。它有许多分支,例如,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)则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、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) 生理学的研究任务是要阐明人体各部分的功能活动是如何维持稳态的

人体生理学的任务就是研究构成人体各个系统的器官和细胞的正常活动过程,不同的器官和细胞功能活动的内部机制,它们之间的相互联系和相互作用,并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、相互制约的,是如何维持正常的生命活动过程稳态的。

二、人体生理学与临床医学的关系

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、动物实验的分析研究,积累了许多关于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,通过医学实践又可以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临床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,等等。

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是以生理学作为基础的,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

对于“Physiology”一词早年一直无统一的译法。1904年,英国人高斯兰(Gausland)曾将英国Halliburton编著的大型《生理学手册》译为中文,称为“体功学”显然是指生理学,因为当时还有“体学”一词,可能是指解剖学。直到1919年第七次出版时,才正式改称为“哈氏生理学”。

此外,我国生理学家张香桐先生也曾作过考证,认为“生理学”一词可能来自日本。因为一方面日本引进西方科技知识可能比我国早;另一方面更兼中日文化有许多相似之处,日文中又借用大量汉字,日译科学名词容易为中国人所接受的缘故。

根据上述情况推测,“生理学”一词在我国开始应用可能在1910—1919年间。

三、现代生理学发展简史

(一) 现代生理学创立于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(Harvey W, 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,意大利学者马尔皮吉(Malpighi)应用显微镜技术发现了毛细血管结构;法国科学家笛卡儿(Descartes)首次提出了反射的概念;意大利学者伽伐尼(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(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。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 年勒魏(Loewi)用蛙心灌流的方法,发现迷走神经末梢可释放一种具有抑制心脏活动作用的化学物质,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 年代英国的霍奇金(Hodgkin)与赫胥黎(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;其后谢灵顿的学生埃克尔斯(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作出了贡献。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) 我国近、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方面的一系列工作为近代公认,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、皮层神经元及大脑皮层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意义。

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、发愤图强、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。2006 年 11 月 600 余名生理学工作者相聚北京,举行庆祝中国生理学会成立 80 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。



知识延伸

现代实验生理学奠基人威廉·哈维

威廉·哈维(William Harvey)1857 年生于英国伦敦,1602 年获得博士学位。白天当开业医生,晚上潜心进行解剖学研究。为证实血液通过在体内流动形成一种循环的大胆设想,他对 80 多种动物进行了解剖学观察。在人体上发现:人的心脏有四腔,左右两心室和心房间都有隔膜隔开,互不相通,房、室间有瓣膜,血液由心房流入心室,心房与静脉相连,心室与动脉相连;在蛇的管形心脏上观察到,当在其静脉和心房之间结扎,血流则被阻断在心脏和结扎的外方,心房无血液的流入,去除结扎,血液则涌入心房,说明心房血来自于静脉;结扎连接心室的动脉,心室则胀大变紫,松开结扎,血液就一涌而出。

哈维首次在动物体内发现了血液在心血管系统内流动的方向,并用实验方法测算出,人的心脏

每搏动一次大约输出 56.7 g 的血液,1 h 则可输出 245.54 kg 的血液,相当于人体重的 3 倍以上,为此他测定了动物的血液总量,证明了人的血量是有限的。并用自己的身体实验,证实血液在人体内的循环流动,还进一步发现了静脉瓣膜的作用。他整整经历了 25 个春秋,于 1628 年发表了《心血运动论》,阐明了心脏与血液循环运动的关系。至此,哈维在医学的发展史上,树立了一座伟大的里程碑。恩格斯这样评价道:“哈维发现了血液循环从而使生理学被确立为科学”。

四、人体生理学研究的内容及方法

(一) 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中得到的

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。

1. 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相互联系、相互协调,以及完整机体对环境变化发生反应的规律。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,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。

2. 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。

3. 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。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。在细胞及其分子水平上进行的研究和获取的知识的学科,称为细胞生理学(cell physiology)。

(二) 应该重视和加强整合生理学的研究

上述三个水平的生理学研究不是孤立的,而是互相联系、互相渗透、互相补充的。随着生命科学和人类基因组学研究的进展,人们能够从整体上认识分子、细胞、器官、系统之间的相互作用以及机体所存在的复杂生命活动过程,要阐明某一生理功能的机制,都必须从细胞和分子、器官和系统以及整体三个水平进行研究,这样才能对人体的生命现象和各种功能活动有比较全面、完整的认识。

生理学的核心是研究生理功能调节的整合机制。在对生命活动进行微观研究的同时,必须重视整体功能及调节机制的研究。因此,在 20 世纪末,国内外一些生理学家提出应将整合生理

学(integrative physiology)的研究列为科技发展战略规划的重点,即把从不同研究水平和不同学科所获得的知识和技术联系起来,进行“整合”,才能对生理学的功能形成完整的和整体的认识,最终才能深刻地揭示生命活动的奥秘,从而为生理学的发展指明了方向。相信在今后的一个历史时期内,生理学的研究不仅会继续向细胞和分子水平纵深发展,而且会更加重视整合生理学的研究。

(三) 生理学的研究方法——人体实验和动物实验

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人体实验和动物实验。

1. 人体实验

人体实验是在不伤害人体健康的条件下,对人体进行某些生理学实验研究和临床观察。例如,体外测定正常人安静时的血压、脉搏和呼吸频率,描记心电图和脑电图以及用CT、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。虽然如此,某些实验还是会给人体带来一定的损害,因此,进行人体实验仍然受到一定的限制。

2. 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。离体实验是指将动物体内的某一器官、组织(如心脏、肌肉)取出或将细胞分离出来,置于适宜的人工环境中,在短期内维持其功能活动而进行的实验观察。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 人体生命活动的特征

人体的结构和功能虽然极其复杂,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做出主动的、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;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。故组织细胞兴奋性的高低与阈值的大小呈反变的关系。

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**适应**(adaptation);机体根据内外环境的变化调整体内的各种生理活动,以适应环境的能力称为**适应性**(adaptability)。

适应性是在动物进化过程中发展起来的,随着动物的进化,越来越完善。由于人体内存在高度完善的神经和体液调节机制,可以随时对代谢或功能活动进行调整。适应可分为:① **生理性**



适应(physiological adaptation):如,长期居住在高原地区的人,其血中红细胞数和血红蛋白含量远远超过平原地区的人,以适应高原缺氧的环境;两栖类动物通过分泌黑色细胞刺激素控制肤色,使之与周围环境相适应,以保护自身;② **行为性适应**(behavioral adaptation):如冷热时,人们通过增减衣物或活动量以及创造人工气候环境(安装空调)等,以维持体温的相对稳定。

故人类不仅可以通过生理反应被动适应环境的变化,还能通过自己的劳动和创造来主动适应其生存和生活环境的变化。

四、生殖

生殖(reproduction)是生物体繁衍后代、延续种系的一种特征性活动。成熟的个体通过有性或无性繁殖的方式,产生或形成与本身相似的子代个体。当人体生长发育到达成熟期,机体通过两性的活动,两性成熟的生殖细胞相结合,即可形成新的子代个体,从而使生命得以延续。

第三节 人体生理功能的调节

人体是一个统一的整体,机体之所以能与内、外界环境之间的变化相适应,进而保证机体生命活动的完整统一性,这是因为人体具有完善的调节机制。

一、机体的内环境及其稳态

(一) 体液是指体内的水分及溶解于其中的溶质的总称

体液(body fluid)约占成人体重的 60%,按其分布可分为:

1. 细胞内液

细胞内液(intracellular fluid)指分布于细胞内的体液,占体液的 2/3(约占体重的 40%)。

2. 细胞外液

细胞外液(extracellular fluid)指分布于细胞外的体液,占体液的 1/3,约占体重的 20%,包括:

(1) **血浆**(blood plasma) 占细胞外液的 1/4,约占体重的 5%。

(2) **组织液**(interstitial fluid) 占细胞外液的 3/4,约占体重的 15%,包括组织间液、脑脊液、房水、胸膜腔液和腹膜腔液等。

(二) 机体的内环境——细胞外液是细胞直接生存的环境

机体直接接触的外界环境称为**外环境**(external environment),它是不断变化着的。而体内的细胞不与外界环境发生接触,它们直接生存于细胞外液(血液、淋巴、组织液)之中。因此,法国生理学家伯尔纳(C. Bernard)将细胞外液称为机体的**内环境**(internal environment),以区别于整个机体所生存的外环境。

机体的内环境最重要的特征是:它们的理化性质(如温度、pH、渗透压、各种离子成分)能保持相对稳定,从而为机体细胞的活动提供必要的基本条件,确保各种酶促反应和生理功能的正常进行,同时内环境又能为细胞提供营养物质,并接受和清除来自细胞的代谢产物。所以,机体各种活动的目的是使内、外环境之间保持协调,维持内环境的稳定,进而保证身体处于健康状态。