



普通高等教育“十一·五”国家级规划教材

全国高等学校医学规划教材

国家精品课程主讲教材

(供临床·基础·检验·预防·护理·口腔·药学等专业用)

生理学

第2版

主编 王庭槐



高等教育出版社
Higher Education Press



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

全国高等学校医学规划教材

国家精品课程主讲教材

(供临床·基础·检验·预防·护理·口腔·药学等专业用)

生 理 学

第 2 版

主 编 王庭槐
副主编 韩太真 王子栋
主 审 潘敬运
编 委 (以姓氏笔画为序)

王子栋(暨南大学医学院)
王庭槐(中山大学中山医学院)
戎伟芳(上海交通大学医学院)
吴中海(南方医科大学)
张 策(山西医科大学)
张 翼(河北医科大学)
陈宝平(绍兴文理学院医学院)
柯道平(安徽医科大学)
莫书荣(广西医科大学)
徐有秋(上海同济医学院)

高建新(山东大学医学院)
郭学勤(复旦大学上海医学院)
郭益民(温州医学院)
郭廖南(中山大学中山医学院)
符史干(海南医学院)
韩太真(西安交通大学医学院)
韩 丹(武汉大学医学院)
富冀枫(上海交通大学医学院)
管茶香(中南大学湘雅医学院)

学术秘书 (以姓氏笔画为序)

付晓东 向秋玲 林桂平 谈 智 崔雨虹 蒋 萍



高等教育出版社

Higher Education Press

内容简介

作为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,本教材在第1版《生理学》的基础上进行了修订,借鉴了美、英、加、澳等国最新生理学教材的内容和编排特色,力求有所创新。本教材共分为十三章,按系统分述,力求图文并茂。在内容上,本书加强了本学科与临床实践的联系,注重让学生了解从实验推导结论的科学思维形成过程,适度地引入前沿知识,反映最新进展。如补充了生理学发展的简史和展望、细胞的信号转导、膜的被动电学特征、高血压前期概念(JNC7)及2007年欧洲血压新的分类标准(ESH/ESC)、心室肌细胞动作电位中内向整流钾通道、血管中膜和外膜的分泌功能、血糖指数、肝脏生理、神经元的再生与增殖等新的内容。本书注重结合生活实际,如补充了咳嗽与喷嚏反射、出汗和饮水后尿量的变化等现象的生理机制。本书还纠正了以往一些教材中的疏漏之处,如心肌细胞膜内外的离子浓度、心血管中枢所在部位等。每章正文后有启迪思维的复习思考题和适合学生双语学习的英文小结,参考文献和导航网站有利于学生的主动学习、研究性学习。全书末设有汉英名词索引。

本书适用于医学临床、基础、检验、预防、护理、口腔、药学等专业的本科生或长学制学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

生理学/王庭槐主编. —2版. —北京:高等教育出版社,
2008.4

供临床、基础、检验、预防、护理、口腔、药学等专用
ISBN 978-7-04-023976-8

I. 生… II. 王… III. 生理学-高等学校-教材
IV. Q4

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第067160号

策划编辑 冯娟 责任编辑 冯娟 封面设计 张楠
版式设计 王莹 责任校对 胡晓琪 责任印制 宋克学

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
总机 010-58581000

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

开本 889×1194 1/16
印张 25.75
字数 800 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版次 2004年1月第1版
2008年4月第2版
印次 2008年4月第1次印刷
定价 51.00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 23976-00

序 一

1936年我进入协和学医,生理学课程给我留下了极其深刻的印象。课程是由著名的生理学家林可胜教授主讲。在课程结束时,林教授负责我的口试,所提问题都是从实际出发,如“午餐铃声响了,你去吃饭,这时你有些什么生理活动?”、“你突然跌倒,其间有些什么反应?”等,不是拘泥于生理学理论本身,而是着重于理论在实践中的应用。这次口试更激发了我对生理学的浓厚兴趣,甚至打算作为自己终身从事的专业。此次口试对我以后的工作方法具有深远的影响,那就是重视知识在实践中的应用。“纸上得来终觉浅,绝知此事要躬行”,知识—思考—实践,它们密切相关。只要自觉运用,循环往复,无论在学习、医疗、教学、科研中,都能收到事半功倍的效果。

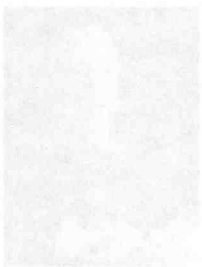


生理学是一门古老而又年轻的科学,研究机体生命活动各种现象及其功能活动规律,这种研究为现代医学提供了重要的科学理解基础。近代的生理学发展呈现出两种倾向:一个是源于细胞生理学的进展,它提供了深刻地和有说服力地洞悉细胞及细胞器功能的方法;而还原论的方法则成功地揭示了机体的许多微观细节,如细胞膜受体、离子通道和其他膜蛋白。各种细胞中的调节过程目前可以在分子水平上去理解、可以对选择性基因的表达进行跨越式急性修饰。在神经生理学方面,由于方法学的进展,已经完全可能对日益增加的离子通道、递质、协同递质(cotransmitters)和调质进行鉴别、纯化和定位。还原论的方法揭示出机体各式各样的机能都是基于基本的细胞和分子机制,从而洞悉不易理解的新现象。这些发展形成了知识的凝聚,产生了新的学科,如细胞生物学、生物化学、分子生物学和生物物理学等。但是它们都是在生理学的大伞下建立起来的。这些新的学科不仅在理论上、在基本的科学观点上是重要的,而且在日益增长的疾病理解及治疗的实践方面也非常重要。每一位生理学的学生都必须理解和掌握这种基本机制及其控制机理,对医生们来说也是如此。另一方面,这些极为精细的研究材料的积累又倾向于整合,因为机体是一个统一的整体。当把分析的数据归结为生理性质的时候,必须要进行整合,把它提高到整体水平。只有在整体水平考虑其相关才能得出最后的结论。

基于生理学的学科特点,作为一部生理学的教科书,既要给医学生提供基本知识、基本理论,更重要的是培养学生的科学精神和正确的科学思维方法。既要给予学生扎实的生理基础,又要注意理论联系实际、基础联系临床。不但要知道过去,还要知道现在和未来,知道学科发展的前沿,努力做到面向世界、面向未来。

王庭槐教授等一批长期工作在教学科研一线的老师,尝试用新的教学理念和现代教材编写的方法来编写一本新的生理学教材。他们力求删繁就简,吐故纳新,帮助学生借古鉴今,培养科学思维。既注意理论联系实际,基础结合临床;又适度引入生理学发展的新知,在编写格式上,也试做了一些改进,设有导读和英文小结,并提出一些思考题供同学课后复习思考。这是一项值得推荐的尝试,我衷心地希望我国的医学教育工作

者与时俱进,不断努力,编写出一批符合时代发展需要的、更富有思想性、先进性、科学性、启发性、适用性的
好教材;在新的世纪中,将我国的医学教育提高到新的水平。



吴阶平

中国科学院院士

中国工程院院士

第八届、第九届全国人大常委会副委员长

2003年11月6日

Wu Jieping; Vice Chairman of 8th, 9th NPC Standing Committee

Academician of Chinese Academy of Sciences

Academician of Chinese Academy of Engineering

序 二

记得在十多年前,我在原华西医科大学做呼吸专业教授,每每授课之余,我都在想这样的问题:教育究竟承载着怎样的重负、责任?在我走上领导岗位后,从最初医科大学副校长、省卫生厅厅长、卫生部副部长到现在的中国医师协会会长,虽从未主管过教学工作,但上述问题却时常萦绕着我,思考从未停止过,时至今日,答案越来越清晰,明确!那就是教育要发展,要进步,首先教育理念必须发生深刻的变革,教育的内涵必须大幅度外延,教学方式必须改革。具体到医学教育,我个人有几点看法:

在教学上:第一,医学是关系到生命、健康的科学,因此必须强调严谨性;第二,医学是一门边缘性科学,且发展很快,因此应强调教师知识不断更新,增强和接受新理论、新知识的能力,满足学生扩大知识面的需求;第三,医务工作除了治病救人外,还涉及伦理、道德、法律等一系列问题,因此,医学教育应增加大量社会科学知识,并加强培养医学生的人文关怀精神;第四,医学专业的形态学课程较多,学习时需要强记硬背,但实际运用时非常强调灵活性。因此,注意培养学生的形象思维与逻辑思维,即平时我们所说的临床思维能力,这一点尤为重要。

在教材上:第一,内容在强调“三基”的同时,应能及时反映病谱的变化及学科的发展;第二,内容在注重科学性的同时,应为所教所学者着想,即将复杂、高深的知识,用最简单易懂的文字或图表表述出来;第三,教材应充分反映医学这门学科的特点,即形态学、方法学的内容较多。因此,应做到图文并茂,有些内容甚至可用视频来表达。

虽然自己对教学工作和教材建设有一些想法,但高等教育出版社请我来为这套医学教材做序时,倒使我十分为难。一是我离开教育、临床工作多年;二是先前我对其他很多专家邀请做序或跋拒绝多多,此次执笔搞不好会有厚此薄彼之嫌。但我细读此套教材的策划及部分章节后,眼前一亮,不禁释怀。

此套教材在内容、形式上有许多新颖之处:1. 基础学科教材注意了理论与临床紧密结合,删减了为使学科系统化而舍简求繁的内容,突出了为临床服务,打基础的特点。2. 临床学科教材则根据近年来疾病谱的变化,突出重点地介绍了临床常见病、多发病的诊疗知识、技术手段,而且增加了近年来被公认、成熟的新知识、新技术。3. 这是一套真正意义的立体化教材,不但图文并茂,且配有学生用的光盘及教师授课多媒体光盘。光盘中内容丰富,有大量彩图、病案分析、进展讲座、习题。大大丰富了教材内容,达到了医学教育应以视学教学为主的目的。4. 本套教材作者队伍年轻化,主编平均年龄 50 余岁,多为留学归国人员,且为活跃在教学、临床一线的骨干。

更为可贵的是,本套教材由于策划得当,在丰富了教材内容、提高印刷质量的同时,却未增加篇幅、提高书价,减轻了学生经济负担。以《病理学》为例,全书彩色印刷,有近 500 幅彩图,并附学生用光盘,有病理报告单(内有 17 个 CPC)和图库(内有 302 幅较为罕见的彩图),而全书定价不过 60 元。作为教材,能有如此的印刷质量、定价,在我国也是少见的,为此,我深感欣慰!

谨以此文,权当为序,有些提法不知当否,还请教育界、医学界有关同仁指正。

殷大奎

中国医师协会会长

2003 年 6 月 12 日于北京

序 三

1628年威廉·哈维(William Harvey)《论心与血的运动》一书的发表,标志着世界近代生理学的开端。我国近代生理学起步较晚。1926年,28岁的北平协和医学院生理学教授林可胜(中国消化生理学之父)创办了《中国生理学杂志》(英文版),并发起创建了中国生理学会,标志着中国近代生理学的开端。之后的八十多年,生理学在中国大地上不断繁荣壮大。生理学是一门重要的基础医学理论课程,医学生必须在学习和掌握生理学知识的基础上,才能进一步学好药理学、病理学以及各门临床医学学科。对医护人员来说,不具备人体生理学的基本知识,就不能正确认识疾病;不仅如此,在认识和处理临床实践的许多实际问题时,生理学的基本理论和方法不但为临床学科提供了坚实的基础,也有助于建立临床科学思维和解决问题的方法。

教材是知识的载体,传承知识有赖于优秀的教材。优质的教材应以先进的教育理念为指导,应体现人才培养目标的改革趋势,适应教与学双方的需要,这样才能够带动医学教育教学质量的提高。因此,生理学教材,既要传承传统的理论知识,又要适度反映新进展。而作为医学基础课程,又要做到密切联系临床和生活实际。

王庭槐教授主编的普通高等教育“十一五”国家级规划教材《生理学》(第2版)以“三基三严三早”为指导,注意讲授基本知识、基本理论的同时,适度引入新进展知识,也注重联系临床,结合生活实际,内容丰富扎实,逻辑清楚,层次分明,由浅入深,循序渐进。在教材的形式上,该教材除具有同类教材所共有的正文、参考文献和索引外,每章均设有导读、英文小结(summary)、复习思考题及导航网站,彩色插图,并附有光盘,这些内容安排更有利于学生在学习中发挥主体作用,更好地进行自主学习和研究性学习。

我欣喜地看到国内的生理学教材已经在不断进步,与国际水平接轨。希望莘莘学子能借此教材奠定良好深厚的医学基础。

中国生理学会 副理事长兼秘书长
北京大学医学部副主任、教授

2008年4月15日

序 四

传统生理学是一门研究人体正常功能和调节的学问。它的核心内容是研究和分析人体各种生理活动的规律,并特别强调生理活动的调节机制。随着近二十年细胞生物学和现代分子生物学的飞速发展和突飞猛进,尤其是人类遗传密码的完全破译,现代生理学的研究手段和方法发生了巨大的变化,传统生理学的概念受到前所未有的挑战。现代生理学不仅重视正常的系统和器官生理学的内容,而且特别关注各种生理功能变化在正常和各种病理状态下的细胞和分子生物学基础。现代生理学与传统意义上的生物化学、细胞生物学、药理学和病理生理学等学科之间的界限已荡然无存,生理学的内涵和外延在不断地扩展。在世界范围内的现代医学教育体系中,生理学已经由原来的纯医学基础学科逐渐转变为连接基础和临床学科的一门核心的桥梁学科。

用有限的空间和篇幅去概括现代生理学的基本内容,并适当回顾有关的生理学史,同时指明未来生理学的发展方向,这确实是一项非常艰巨而繁重的任务。由王庭槐教授主编的这部《生理学》(第2版),用精练的文字和严谨的方式全面而系统地概括了现代生理学的基本原理和最新进展,是一部当今的精品教材。在下列几个方面,这部《生理学》(第2版)具有独特的创新:①在详细论述有关生理学概念的同时,适当地提供了发现这些科学原理的背景和经典的实验依据。这不仅丰富了本教材的内容,而且极大地提高了读者对整个生理学过去和未来的了解,同时为启发学生对现代生理学的兴趣和提高他们的自学能力提供了有益的信息。②全面反映和包含了现代生理学的新进展和新概念,尤其是对现代细胞生理学和分子生理学方面的突破和发现提供了精彩的阐述和概括,读者在了解这些新进展和新发现在整个生理学中意义的同时,也对现代生理学研究的热点有了一定的认识。③强调和反映了生理学向病理学、药理学和临床医学的延伸和渗透。这些内容为帮助医学生尽早接触病人和临床提供了有益的指导,也反映了现代生理学在疾病生物学和临床诊断学方面的进展。④整部教材文字简洁,深入浅出,严谨灵活,删繁就简,便于阅读。

作为一位消化生理学和上皮细胞生物学家,我在美国长期从事基础和医学教学和上皮细胞分子生物学的研究工作。基于多年的学术经历和教学经验,我敢肯定地说:与在美国医学院校广泛应用的由 Arthur C. Guyton 教授和 Leonard R. Johnson 教授分别主编的两部生理学教材相比,这部由王庭槐教授主编的《生理学》(第2版),无论从内容和形式上,都达到了新的高度,具有 21 世纪的国际水平。我热情地向国内生理学同仁和高等医学院校的同学们推荐这部教材。

美国马利兰大学医学院 教授
《美国生理学杂志》细胞生理学分卷
消化生理学分卷 编委

汪建英

2008年4月8日

前言

生理学是一门重要的医学基础课程。多年来,我国生理学的教育工作者孜孜不倦,辛勤耕耘,编写了一批生理学的好教材,对我国医学人才的培养卓有贡献。近年来,随着医学教育改革的不断深入,教材的科学性、适用性、启发性、先进性等问题日益受到重视。教育研究者逐渐认识到,教材若过分强调基础理论性,则容易导致基础课程与后续临床课程衔接脱节,适用性不强;过分强调权威性,过分注重正确性,则在内容上滞后于学科发展,不能及时反映生理学领域中的最新进展,不敢大胆引入学术争议问题,导致启发性不足,不能培养学生的批判性思维。同时缺乏时代感,难以体现教材的先进性。

有鉴于此,高等教育出版社《生理学》(第1版)于2004年1月出版,该教材经国内数十所高校使用,受到普遍的欢迎。本次修订继续保持第1版教材的特色:

1. 在写作篇幅上,吐故纳新,腾出空间,加强本学科与临床实践的联系,理论联系实际,使基础和临床有机结合。

2. 在写作内容上,适当地借古鉴今,发掘科研史料,培养创新思维,帮助学生建立科学的思维方法,体现启发性。

3. 与时俱进,适度地引入前沿知识,反映最新进展。适当提出目前尚未完全解决或有争议的科研问题,给学生留下分析、判断、探索的思维空间,培养学生的创造力和批判性思维能力。

4. 面向世界,注重双语教学,推进教材国际化。每章中的名词术语均用英文对照,每章均用英文进行小结,在教材末设置名词索引。

此外,作为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,本教材在第1版教材的良好基础上,结合新进展和师生使用本教材后的反馈意见,进一步修改完善。本书进一步加强本学科与临床实践和生活实际的联系,如补充高血压前期概念(JNC7)、2007年血压新的分类标准(ESH/ESC)、心肌细胞动作电位中内向整流钾通道、血管中膜和外膜的分泌功能、血糖指数、肝脏生理、性生理和避孕等内容,以及咳嗽与喷嚏反射、出汗和饮水后尿量的变化等生活现象的生理机制。在图表上我们用彩图代替第1版的双色图,增加插图共21幅,使教材更加图文并茂。

本教材共分为十三章,每章结构布局为:导读、引言、正文、英文小节、参考文献、复习思考题、导航网站。在正文中部分与临床相关的知识或生理学研究的新进展的内容,考虑超过了本科教学大纲的要求,统一用小号字体印刷,供同学们自学,以拓宽知识视野。

本次教材编写在第1版基础上增加了4位编委。编委们均是长期工作在科研和教学一线,大部分编委曾主编、参编多部生理学教材,具有丰富的教学和编写经验。在编写本教材的过程中,编委们认真、细致,参阅了国内外最新版生理学教材,力求内容充实、新颖、恰当,形式上有所革新。林桂平、向秋玲、谈智、崔雨虹、付晓东、蒋萍、王淑珍等同志承担了大量编务、资料整理和打印的工作;英国伦敦大学生理系 Jonathan Fry 博士和 Cheng Tu 博士对每章的英文小结进行了校核并提出修改意见;佛山市禅城区区委对本书的定稿会提供了大力的支持,在此一并表示感谢。由于水平和时间有限,教材中难免存在错误或不当之处,我们诚挚地希望读者们给予批评和指正。

编者

2008年3月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100120

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

第一章 绪论	1
第一节 生理学概述	1
一、生理学的研究对象和任务	1
二、生理学与医学的关系	1
三、生理学研究的三个水平	2
第二节 生理学的常用研究方法	3
第三节 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	4
第四节 机体的内环境、稳态和生物节律	4
一、内环境和稳态	4
二、生物节律	5
第五节 生理功能的调节	5
一、自身调节	5
二、体液调节	5
三、神经调节	6
第六节 人体内自动控制系统	7
一、反馈控制系统	7
二、前馈控制系统	8
第七节 生理学发展的回顾和展望	8
一、生理学发展的回顾	8
二、生理学展望	10
第二章 细胞的基本功能	14
第一节 细胞膜的结构和物质转运功能	14
一、膜的化学组成和分子结构	14
二、细胞膜的物质转运功能	15
第二节 细胞的信号转导	18
一、信号转导概述	19
二、膜受体介导的信号转导	20
三、核受体介导的信号转导	24
第三节 细胞的生物电现象	25
一、静息电位及其产生机制	25
二、动作电位及其产生机制	27
三、阈下刺激与局部兴奋	34
四、细胞膜的被动电学特性及对生物电信号的影响	34
五、组织的兴奋和兴奋性	35
第四节 肌细胞的收缩功能	36

一、骨骼肌的兴奋和收缩机制	36
二、骨骼肌收缩的形式和影响骨骼肌收缩的因素	40
三、平滑肌的结构和生理特性	42
第三章 血液	46
第一节 血液概述	46
一、血液的组成	46
二、血液的功能	48
三、血液的理化特性	48
第二节 血细胞	49
一、造血过程	49
二、红细胞	51
三、白细胞	55
四、血小板	58
第三节 生理性止血	60
一、血小板的止血功能	61
二、血液凝固与抗凝系统	61
三、纤维蛋白溶解与抗纤溶	64
第四节 血型	65
一、血型与红细胞凝集	65
二、红细胞血型	67
三、输血	69
第四章 血液循环	74
第一节 心脏的生物电活动	74
一、心肌细胞的电活动	75
二、心肌的电生理特性	79
三、心电图	85
第二节 心脏的泵血功能	86
一、心肌细胞的收缩舒张	86
二、心脏的泵血机制	88
三、心脏泵血功能的评价	91
四、影响心输出量的因素	93
五、心音	96
第三节 血管生理	96
一、血管的分类及功能	97
二、血流动力学	99
三、动脉血压与动脉脉搏	101
四、静脉血压、静脉回心血量	105
五、微循环	107
六、组织液	108

七、淋巴液的生成和回流	109	二、胃腺的分泌	162
第四节 心血管活动的调节	110	第四节 小肠内消化	166
一、神经调节	111	一、小肠的运动	166
二、体液调节	117	二、小肠内消化液的分泌	167
三、组织血流量的自身调节	119	第五节 大肠的功能	171
四、动脉血压的长期调节	120	一、大肠的运动与排便	171
第五节 特殊器官循环	120	二、大肠液的分泌	172
一、冠脉循环	120	第六节 吸收	172
二、肺循环	122	一、吸收的部位	172
三、脑循环	122	二、小肠内主要物质的吸收	172
第五章 呼吸	129	第七节 肝脏生理	176
第一节 呼吸道和肺的结构与功能	130	第七章 能量代谢	180
一、呼吸道	130	第一节 机体能量的来源和去路	180
二、肺泡	131	一、能量的来源	180
第二节 肺通气原理	133	二、ATP 在能量代谢中的作用	182
一、肺通气的动力	133	三、能量的转移、贮存和利用	182
二、肺通气的阻力	135	第二节 能量代谢的测定	182
三、肺通气功能的评价	136	一、直接测热法	183
第三节 肺换气和组织换气	138	二、间接测热法	183
一、气体交换的原理	138	第三节 影响能量代谢的因素	186
二、肺换气	139	一、体表面积	186
三、组织换气	140	二、肌肉活动	186
第四节 气体在血液中的运输	140	三、食物的特殊动力效应	187
一、氧的运输	140	四、精神活动	187
二、二氧化碳的运输	143	五、环境温度	187
第五节 呼吸运动的调节	144	六、其他因素	187
一、呼吸中枢	144	第四节 基础代谢	188
二、呼吸节律的起源与控制	145	一、基础代谢及基础代谢率的测定	188
三、呼吸的反射性调节	146	二、测定 BMR 的临床意义	189
四、特殊条件下的呼吸生理	148	第八章 体温	192
五、异常呼吸	149	第一节 正常体温	192
第六章 消化和吸收	153	一、体核温度和体表温度	192
第一节 消化活动概述	153	二、体温测定	192
一、胃肠道的神经支配	154	三、体温的正常变动	193
二、消化管平滑肌的生理特性	155	四、皮肤温度	194
三、消化管的分泌功能	156	第二节 体热平衡	194
四、消化管的内分泌功能	156	一、产热	194
五、影响消化活动的因素	158	二、散热	195
第二节 口腔内消化	158	第三节 体温调节	197
一、咀嚼和吞咽	158	一、温度感受器	198
二、唾液的分泌	159	二、体温调节中枢与调定点学说	198
第三节 胃内消化	160	三、体温调节反应	198
一、胃的运动	160	四、体温调节异常	199

第九章 尿液的生成与排泄	203
第一节 肾脏的结构及功能概要	203
一、肾脏的功能结构	203
二、肾脏的血液供应	204
三、肾脏的功能单位——肾单位	204
四、集合管	206
五、皮质肾单位和近髓肾单位	206
六、近球小体	206
七、肾脏的神经支配	207
八、肾脏在内环境稳态中的作用	207
第二节 肾小球的滤过功能	208
一、肾小球的滤过作用和滤过率	208
二、滤过膜及其通透性	208
三、肾小球滤过的动力——有效滤过压	209
四、影响肾小球滤过的因素	210
第三节 肾小管和集合管的泌尿功能	212
一、肾小管重吸收和分泌的特征和方式	212
二、肾单位不同部分的重吸收和分泌	214
第四节 尿液的浓缩和稀释	218
一、肾脏尿液浓缩和稀释的原理	218
二、尿液浓缩和稀释过程	220
三、影响尿液浓缩和稀释的因素	221
第五节 肾脏泌尿功能的调节	222
一、肾内自身调节	222
二、神经和体液调节	223
第六节 血浆清除率	226
一、清除率的概念和计算方法	226
二、测定清除率的意义	227
第七节 尿的排放	228
一、膀胱与尿道的神经支配	229
二、排尿反射	229
第十章 感觉器官的功能	233
第一节 感受器的一般生理	233
一、感受器、感觉器官的定义和分类	233
二、感受器的一般生理特性	234
第二节 眼的视觉功能	235
一、眼的折光系统及其调节	235
二、视网膜的结构和两种感光换能系统	239
三、视杆细胞的感光换能机制	240
四、视锥系统的光换能作用和颜色视觉	242
五、视网膜的视觉信息处理	243
六、中枢视觉通路	245
七、与视觉有关的其他现象	245
第三节 耳的听觉功能	247
一、人耳的听闻和听域	247

二、中耳和内耳的传音作用	247
三、耳蜗的感音换能作用	249
四、听神经动作电位	252
第四节 前庭器官的功能	252
一、前庭器官的感受装置和适宜刺激	252
二、前庭反应和眼震颤	253
第五节 味觉和嗅觉	254
一、味觉	255
二、嗅觉	255
第六节 皮肤感觉感受器	257
第十一章 神经系统	262
第一节 神经元与神经胶质细胞	262
一、神经元和神经纤维	262
二、神经胶质细胞	266
第二节 神经元间的信息传递	267
一、化学性突触传递	267
二、电突触传递	277
第三节 反射过程中的信息传递	277
一、反射与反射弧	277
二、反射的基本过程	278
三、反射的分类	279
四、反射中枢及神经元池	279
五、反射活动的一般特性	281
第四节 感觉的形成	282
一、脊髓与低位脑干对感觉信息的传递	282
二、丘脑在感觉形成中的作用	283
三、大脑皮质在感觉形成中的作用	284
四、痛觉	286
第五节 躯体运动的调控	288
一、躯体运动概述	288
二、脊髓在躯体运动中的作用	289
三、脑干对躯体运动的调节	292
四、小脑、基底神经节与躯体运动	294
五、大脑皮质在躯体运动中的作用	296
第六节 内脏活动的神经调节	298
一、调节内脏活动的外周神经特征	299
二、内脏活动的中枢调节	302
第七节 脑的高级功能及睡眠	305
一、大脑的优势半球与语言功能	305
二、学习与记忆	307
三、睡眠	310
四、脑功能活动的重要检测技术	311
第十二章 内分泌系统	318
第一节 概述	318

一、激素的作用方式与分类	319
二、激素作用的一般特性	321
三、激素的作用机制	322
四、激素分泌的调节	323
第二节 下丘脑和垂体	324
一、下丘脑和腺垂体	324
二、下丘脑和神经垂体	329
第三节 甲状腺	330
一、甲状腺激素的合成与代谢	330
二、甲状腺激素的生理作用	332
三、甲状腺激素分泌的调节	333
第四节 肾上腺	335
一、肾上腺皮质激素	335
二、肾上腺髓质激素	338
第五节 胰岛	339
一、胰岛素	340
二、胰高血糖素	343
第六节 调节钙磷代谢的激素	344
一、甲状旁腺激素	344
二、降钙素	345

三、1,25-二羟维生素 D ₃	346
第七节 褪黑素与前列腺素	347
一、褪黑素	347
二、前列腺素	348

第十三章 生殖

第一节 男性生殖	352
一、睾丸的功能	352
二、睾丸功能的调节	355
第二节 女性生殖	356
一、卵巢的功能及其周期性变化	356
二、卵巢功能的激素调节	358
三、卵巢主要激素的生理作用	360
四、子宫内膜及其他生殖器官的周期性变化	361
五、妊娠	362
第三节 性生理与避孕	365
一、性生理	365
二、避孕	366

汉英名词索引

第一章 绪 论

(Introduction)

本章导读

1628 英国著名生理学家和医学家威廉·哈维发表了《动物心血运动的研究》,并且首次阐明了血液循环的原理,使人类对血液循环有了正确的认识。正如恩格斯指出的一样“哈维由于发现了血液循环而把生理学确立为科学”。

举世瞩目的诺贝尔奖为什么在医学领域只设立了生理学或医学奖?生理学在医学研究中处于什么样的地位?它和医学有着怎样千丝万缕的联系?它究竟研究了什么内容?用什么方法进行研究?生命现象、活动规律和基本特征这些深入生命奥秘的问题是怎样在生理学中一一得到解答的?带着这些问题让我们轻轻推开生理学的大门,在绪论这一章找到答案。

第一节 生理学概述

一、生理学的研究对象和任务

生理学(physiology)是一门研究机体生命活动各种现象及其功能活动规律的科学。它是生物科学的一个重要分支,按不同的研究对象,可分为动物生理学、植物生理学、人体生理学等。按研究对象所处的环境状态不同,又可分太空生理学、潜水生理学、高原生理学等。

人体生理学(human physiology)是研究人体机能活动及其规律的科学。人体是一个结构功能极其复杂的统一整体,在人体生理学的研究任务中,既要研究人体各系统器官和不同细胞的正常生命活动现象和规律,又要研究在整体水平上各系统、器官、细胞之间的相互联系,因为生命活动实际上是机体各个细胞、器官、系统所有机能活动互相作用、统一整合的总和。

二、生理学与医学的关系

人体生理学的形成与临床医学有着十分密切的联系。人类在长期与疾病作斗争的过程中,观察、体验、总结积累起关于人体正常机能的知识,并形成人体生理学的概念。要认识疾病的病理变化必须首先弄清人体正常生理机能;反过来,认识了人体正常生理机能之后,可以更好地促进临床医学的进步。例如,心电生理的研究有助于临床对心律失常、心肌缺血的认识,进而促进了其防治水平的提高和发展,如今人们可以采用经导管射频消融技术(radiofrequency catheter ablation, RFCA)治疗某些心律失常,又利用经皮冠脉腔内成形术(percutaneous transluminal coronary angioplasty, PTCA)治疗冠心病。又如,对基因功能的基础研究同样推进了应用研究。已有科学家将表达人胰岛素的培养细胞植入患糖尿病小鼠腹腔内,结果植入的细胞存活并分泌胰岛素,使小鼠血糖明显下降。

显而易见,生理学的研究为现代医学提供了重要的科学理解的基础,而临床治疗和疾病过程的研究又有助于我们对正常生理功能的理解。两者之间的这种联系已被诺贝尔基金会所肯定,因而设立了“诺贝尔

生理学”与医学奖”。这足以表明生理学与医学的密切联系。

有人将生理学科与医学各科的关系描绘成这样一幅医学树的图像(图 1-1),当然,这种表述不一定十分准确,但却表明了生理学在医学中的主干地位和重要性。

三、生理学研究的三个水平

构成人体的最基本结构和功能的单位是细胞。不同细胞构成了不同的组织,几种组织相互结合,组成器官和系统,各系统相互协调构成了一个统一的整体。因此,生理学的研究包括三个水平:细胞及分子水平、器官和系统水平、整体水平。

(一) 细胞及分子水平的研究

各器官的功能是由构成该器官的各种细胞的特性所决定的,因此,应从细胞水平对该器官的功能进行研究。细胞的特性是由构成细胞的分子所决定,特别是生物大分子的物理化学特性。分子特性又由编码该分子的基因所决定。近二十年来,分子生物学的飞速发展,特别是实验技术的突飞猛进,给细胞及分子水平的生理学研究带来了广阔的前景。生理学家逐步了解到细胞间识别、信号转导和物质转运的机制,揭示了细胞分化、细胞调控的一些规律,进而深入到基因组的结构功能与染色体遗传信息构建的水平。例如心脏之所以能搏动,是由于肌细胞中含有特殊的蛋白质,这些蛋白质分子由特定基因编码,具有一定的结合排列方式,在离子浓度的变化和酶的作用下其排列方式发生变化,从而发生收缩或舒张的活动。目前,对心肌细胞的研究已逐步深入到细胞内大分子、基因水平乃至后基因的蛋白组化层面上。值得注意的是,细胞和分子水平研究,多采用离体的方法,故所获结果往往不足以代表其在完整机体内的功能。因此,细胞分子水平的研究始终要和器官、系统乃至整体水平的研究结合起来才能更全面、更深入地阐明生命活动的本质。

(二) 器官和系统水平的研究

19 世纪以来,生理学主要展开器官和系统功能活动的研究,即着重阐明器官和系统的功能,活动规律以及受哪些因素调节。例如,神经系统的研究着重从神经元活动和反射活动的一般规律,到神经系统的感觉分析、对躯体运动的调节、对内脏活动的调节和脑的高级功能的认识和理解。

(三) 整体水平的研究

整体水平研究是以完整的机体为研究对象,分析在各种生理条件下不同器官、系统之间相互联系和协调的规律。人体的生理活动是体内各个器官、系统的生理功能活动相互配合又相互制约的完整而协调的过程。在整体水平研究中既要注意到整体的共性,又要注意到个体的特性。人的生理活动具有个体的特点,并且随着个体生活条件的改变而不断变化发展着,而且不同个体处在同一状态也存在差异。另外,我们还要注意到整体水平的研究不能只局限于生物体本身。我国古代学者已懂得天人合一的道理,认识到人与环境互相依存、互相影响的辩证关系,天、地、人三者的关系,也即是环境-社会-人的关系。在现代生物-心理-社会-环境的新型医学模式中,生理学研究也不应只局限于某些生理变量的变化而应从环境、社会、心理等多方面地去认识这个生物变量所产生的变化及其意义。

现代高新技术使我们有可能将整体、器官、组织、细胞乃至基因的结构与功能分析深入到生物大分子

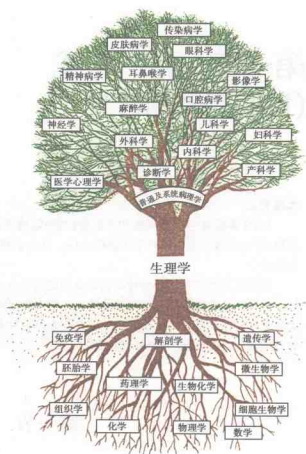


图 1-1 生理学科与医学各科的关系

内部,揭示出机体更多未知的功能和活动规律,但就生理学的任务和研究目的而言,结构与功能关系的研究是一个永恒的命题。因此,上述三个水平的研究虽然分析层次不同,但研究目的是一致的。三种层次的研究互相联系,互相补充,互相促进,将使人类从更广、更深的层面完整地认识机体正常活动的规律。

第二节 生理学的常用研究方法

生理学是一门理论性很强、实践性也很强的科学。生理学的每一个知识结论均从实验中获得。因此实验研究的方法对于生理学的进展至为重要。由于实验对象的限制,利用动物实验来探讨人体的某些生理功能及其产生机制成为不可缺少的手段。

动物实验按其进程通常可分为慢性实验(chronic experiment)和急性实验(acute experiment)。慢性实验是指在一段时间内在同一动物身上多次、重复地观察完整机体内某器官或生理指标变化,一般在清醒状态下进行。例如唾液分泌条件反射实验就是慢性实验。慢性实验获得的结果较符合整体的生理功能活动,但实验条件要求高,时间长,整体条件太复杂,影响因素较多,所以结果不易分析。急性实验分为在体实验(*in vivo* experiment)和离体实验(*in vitro* experiment)。在体实验是指在麻醉或清醒状态下的完整动物身上进行的观察或实验,也称活体解剖实验方法。在体实验条件易于控制,实验较简单。离体实验是将器官或细胞从体内分离出来,在一定实验条件下进行的研究。它有利于排除无关因素的影响,但其特定条件不一定完全代表它们在整体条件下的活动情况。急性、慢性实验作为常用的两种生理学实验方法可以互相补充,取长补短。

毕竟动物的研究不能完全代替人体的研究,对人体功能和活动规律的认识仍需以人体作为研究对象。近二十年来迅猛发展起来的现代科学技术,为人体研究提供了一些新的无创性手段和途径(参见本章第七节)。特别是近年来生物芯片、计算机微电子技术给未来的研究带来了新的希望。生物芯片组装起来的第六代电子计算机比第五代信息存储量要大几倍甚至十几倍,具有自我学习、自我判断、逻辑推理和与人类语言交谈等功能,它与生理学研究相结合,将为人类认识生命的发生、个体的发育、成熟、衰老的过程,大脑的思维,基因表达水平的检测,基因诊断,个体化生理功能研究和生物信息学研究提供技术支撑平台。

人体是一个复杂的整体,对其活体功能的直接研究还存在着很多局限性,因此,模拟人体功能的仿真学已被应用于生理科学的研究中,各种模拟人体系统、器官、细胞的数学模型的建立将是未来深层次生理科学研究的又一蹊径。人体生理学研究发展到在数学模型的基础上进行严格论证,标志着生理学从实验科学走向理论科学。我们期待着全新的理论生理学(theoretical physiology)的诞生,人类将进一步阐明生命活动更本质的机理。

第三节 生命活动的基本特征

人们通过对单细胞乃至高等动物等各种生物体的基本生命活动的长期观察研究,发现这些生命现象至少包括了四种生命活动的基本特征——新陈代谢(metabolism)、兴奋性(excitability)、适应性(adaptability)和生殖(reproduction)。

一、新陈代谢

生物体不断与环境进行物质和能量交换,摄取营养物质以合成自身的物质,同时不断分解自身衰老退化物质,并将其分解产物排出体外的自我更新过程称为新陈代谢。这个过程包括体内各种物质的合成、分解和能量转化利用,所以新陈代谢包含物质代谢(合成代谢、分解代谢)和能量代谢(能量转换利用)。新陈代谢一旦停止,生命活动就会结束,因此新陈代谢是生命活动最基本的特征。