



全国高等学校教材

供8年制及7年制临床医学等专业用

生 理 学

主编 姚 泰

副主编 曹济民 樊小力 朱大年

编者（以编写章节为序）

姚 泰（复旦大学上海医学院）	唐朝枢（北京大学医学部）
曹济民（中国协和医科大学）	郑 煜（四川大学华西医学中心）
吴博威（山西医科大学）	李玉荣（哈尔滨医科大学）
罗自强（中南大学湘雅医学院）	樊小力（西安交通大学医学院）
徐有秋（上海第二医科大学）	王卫国（天津医科大学）
王庭槐（中山大学中山医学院）	孙 刚（复旦大学生命科学学院）
朱大年（复旦大学上海医学院）	

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

生理学/姚泰主编. —北京: 人民卫生出版社, 2005. 6
ISBN 7-117-06859-0

I. 生… II. 姚… III. 人体生理学—医学院校—
教材 IV. R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 045922 号

本书本印次封底贴有防伪标。请注意识别。

生 理 学

主 编: 姚 泰

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 67616688)

地 址: (100078) 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: [http://www. pmph. com](http://www.pmph.com)

E - mail: [pmph @ pmph. com](mailto:pmph@pmph.com)

邮购电话: 010-67605754

印 刷: 北京智力达印刷有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 850×1168 1/16 印张: 41

字 数: 1178 千字

版 次: 2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-06859-0/R · 6860

定 价: 65.00 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

序

—

全国高等医药教材建设研究会和卫生部教材办公室于 2004 年秋积极响应教育部对医学学制的改革,即我国实行八年制长学制的高等医学教育,立即组织编写了这套共 32 种的八年制医学教材。这套教材不同于五年制医学教材,其内容“更新、更深、更精”,并与国际紧密接轨。但它仍然是一套教材,不同于参考书、文献综述或专题专著,也就是它仍然坚持三基(基础理论、基本知识、基本技能)和五性(思想性、科学性、先进性、启发性、适用性)的原则,篇幅的多少仍按多数高等医药院校教学时数的比例来安排的。

在八年制医学教材编写的过程中,坚决实行了主编负责制。主编要进行顶层设计、系统把握、全程调控,并严格按四个步骤进行编写。首先集体讨论编写计划,然后各编写人分别完成初稿,接着由专业分编小组集体讨论定稿,最后由主编作全面的整理。因此,这套教材达到了创品牌、出精品的目标。

全套八年制医学教材共 32 种,在基础理论方面有 17 种:细胞生物学、医学分子生物学、系统解剖学、局部解剖学、组织学与胚胎学、生物化学、生理学、医学微生物学、人体寄生虫学、病理学、病理生理学、药理学、医学遗传学、医学免疫学、循证医学、医学统计学、医学文献信息检索。在临床诊疗方面有 15 种:临床诊断学、实验诊断学、医学影像学、内科学、外科学、妇产科学、儿科学、传染病学、神经病学、精神病学、眼科学、耳鼻咽喉头颈外科学、核医学、预防医学、医学心理学。这套作为长学制高等医学教育的教材,充分体现了系统整合和整体优化这个原则,并很好地获得了质量方面的控制。

我参阅了不少欧美的高等医学教材,认为我国的这套八年制医学教材有其显著的特色:系统而全面,翔实而新颖,特别是很好地解决了相关学科之间的交叉与联系问题。在印刷质量方面也大有改进,插图、表格都配以彩色,清晰醒目,易于理解,完全可以与欧美相应教材媲美。

我参加全国高等医药院校的教材建设工作已 25 年(1978~2004),亲眼看到了人民卫生出版社、卫生部教材办公室的创建和不断发展,他们承担了极其繁琐而又细致的编辑任务,功绩卓著。作为老一辈的教材编写人,怀着深切的欣幸心情,看到这套八年制的医学教材按计划一本一本地出版问世,为培养我国德才兼备的医学博士作出了重大贡献。愿这套八年制医学教材永远保持一流的质量,去陈辟新,再创新的辉煌!

中国科学院院士
原全国高等医药院校临床医学专业
教材评审委员会主任委员

袁法祖

二〇〇五年五月

序 二

由衷欣喜于眼前这一套清新淡雅、浸透着浓郁墨香而又焕发着深厚内蕴的八年制医学教材，它的问世犹如一个活泼可爱的新生儿呱呱降生。新的生命总会给我们注入新的生机和活力，更会带给我们对未来的美好憧憬。

近年由于科学技术的突飞猛进，也促进了生命科学的突破性进展。生命科学已经体现出信息化、网络化的特点以及学科的高度交叉、渗透和融合，成为 21 世纪的主导力量。医学作为生命科学的重要一支，在这种背景下其模式亦发生了重大转变：由传统的生物医学模式转变为生物-心理-社会医学模式，进而又转变为环境-社会-心理-工程-生物医学模式。当前，我国正在全面建设小康社会的道路上阔步前进，同时也确立了人口与健康领域的战略，即战略前移、模式转变和系统整合。因此，医学的发展必须适应科技的发展、模式的转变以及经济社会的发展，要体现“以人为本、协调发展”的战略思想。而医学的发展离不开医学教育，我国的医学教育正在从单纯地注重规模效益向“巩固、深化、提高、发展”转变，并在不断地将医学教育国际标准本土化。为了更好地与国际接轨，我国对医学学制进行改革，实行八年制高等医学教育，而医学教育的改革更需要强有力的医学教材体系作为支撑，由此，这套八年制医学教材便应运而生，这一我国医学教育史上的伟大壮举，是适应科技的发展、经济与社会的发展、医学模式的转变以及医学教育改革的需要，是久经酝酿和孕育的结晶。

这套八年制教材的规划和编写本着“战略前移、模式转变、系统整合”的先进思想，秉持主编进行顶层设计、系统把握、全程调控和质量控制的工作原则，如同基因的选择性时空表达一般，精确地调控细胞高度有序的分化，组织、器官和系统的形成以及个体的发育，从而有序地进行了这套教材的组织和编写，使其从一开始就具备旺盛的生命力。

这套教材是科学性的集中体现。无论是策划、组织、主编及编委的确定，还是在学科分类、篇章设置、概念引用、文字表达以及各学科间的交叉渗透的处理、图表运用等问题上，都秉承严肃认真的科学态度，进行了合理的安排和控制。每本教材既相对独立，在结构和功能上又彼此相互联系、相互协调，共同形成一个统一的有机体。

这套教材具有良好的适应性和可塑性。它定位于医学精英教育，面向八年制医学生教学，但同样适用于各高等医药院校其他学制。教材的使用者可根据各自的实际需要，对其进行有重点和有针对性的培养和塑造。

这套教材富于创新，敢于挑战，在全国率先为八年制医学教育输送物资和能源。他不拘泥于固有的思维模式和现有的知识储备，而是对某些热点和前沿问题进行了有益的探讨和尝试。他会经常提出各种新颖的想法和发人深思的问题，使教材的使用者受到有益的启发，进而激发其探索和创新意识。特别是这套教材以国际化的视角来发展自己、充实自己、完善自己，与国际接轨，与国际同行交流、互动。

这套教材凝聚着以吴阶平、裘法祖、吴孟超、陈灏珠等为代表的老一辈科学家的心血，凝聚着教育部、卫生部、国家中医药管理局、国家食品药品监督管理局的厚爱，凝聚着众多主编、编委们以及卫生部教材办公室同志们的辛勤汗水。他承载着深厚的期望和寄托，肩负着我国医学教育改革的使命和重任。深信他会给大家美好的希望和未来。

诚然，这套教材一方面通过其自身的不断发育和成长，逐步完善各系统功能，强化内功；另一方面根据内外环境的需要进行调整，以增加新的内涵和外延，从而使其适应和满足新的需求。当然，这套教材离不开大家的呵护和关爱，希望对其提出宝贵意见和建议，使之不断汲取有益的营养，摒除缺点和不足，从而为其再版奠定良好的基础。

最后，希望各高等医药院校的广大教师、学生、管理工作以及相关人士乐于接受这个可爱的“新生儿”，让我们共同培养和扶植，使其健康茁壮成长。

中国工程院院士
中国工程院副院长
中国医学科学院院长
中国协和医科大学校长

刘德培

二〇〇五年端午

前 言

全国高等学校八年制临床医学专业规划教材是由全国高等医药教材建设研究会和卫生部教材办公室共同组织编写的。2004年4月在北京举行了主编人会议。会上明确了八年制临床医学专业用教材的编写要求,即在坚持“三基”(基础理论、基本知识和基本技能)和“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性、适用性)的基础上,要求做到“更新、更深、更精”,并注意培养学生的创新意识;另外,针对医学生的需要,可适当联系与病理和临床情况有关的一些生理学问题。2004年6月下旬,参加《生理学》编写的教授们在上海举行了编写会议,对编写这本教材的基本原则和要求进行了深入的讨论。大家一致的看法是,八年制临床医学专业教材仍必须强调生理学的基础理论和基本知识,但在有关数学、物理学、化学、分子生物学等方面的生理学知识的深度可以写得深入一些。为了帮助培养学生的创新意识,对于生理学的一些新理论、实验技术、一些知识获得的经过等,凡可能对学生有启发、诱导作用的,可以在书中进行介绍。另外,大家对本书的书写格式、章节的安排、插图的要求、索引的编排等也进行了具体的讨论。2005年1月初,全体编者在西安举行了审稿会。编者们相互阅读了书稿,对书稿的进一步修改和完善提出了意见。会后,各位编者对自己编写的部分又做了最后的修订,将书稿交主编进行审阅和最后定稿。

和我们以前编写的生理学教材比较,本书的总体框架有一些更动。书中设10个“篇”,“篇”下设“章”,全书共43章。除第12章外,每一章由一位编者编写,而每一篇则可以由一位或几位编者来完成。这样的安排,可以使编者能编写自己最熟悉的内容。许多生理学教材都有“感觉器官”一章。在本书中,感觉器官的部分放在神经系统篇中,从感觉器官到中枢神经系统对感觉的分析形成一章。另外,在呼吸篇中增加了特殊条件下呼吸生理的内容。在这本教材中,除了介绍生理学知识外,对于有些重要的或经典的生理学实验技术也做了一定的介绍。目的是使学生知道生理学的知识是怎样得来的。有一些内容用小一号字印刷,供学生在学习时参考。

本书在编写的格式方面也做了一些新的尝试。主要是在每一节下面有两个层次的标题用句子的形式书写。这样做的主观意图,是希望让同学在阅读时便于掌握每一段的核心内容。当然,这需要通过教学实践来看是否确能达到原先期望的效果。

我非常感谢各位副主编和编者热情地参加本书的编写,并在比较短的时间内完成了编写任务。应该承认,参加编写这本书的大多数编者,包括我本人,对八年制临床医学专业的教学都没有经验。为了编好这本教材,我特地邀请了有八年制临床医学专业教育经验的中国协和医科大学和北京大学的教授参加编写,得到了他们的热情支持。他们的参与对于这本教材的完成起了很好的作用。在编写过程中,每一位编者都十分认真、严谨,从内容取舍到文字的恰当表述,都进行了认真的思考。这是我们完成这本教材最重要的条件。

科学的发展非常快,知识的更新也很快。我们编者们的知识背景和专业背景都有一定的局限性,特别是对许多新知识的掌握可能有不全面或理解不深刻的地方,在教材中也会反映出来。所以,我诚挚地希望各校的教师和同学在使用这本教材时能对书中存在的问题提出指正,使我们能够在今后的工作中得到改进。

姚 泰

2005年3月于上海

目 录

第一篇 绪 论

第一章 机体的功能构成、内环境及其稳态	1
第一节 生理学的研究对象和任务	1
第二节 机体的内环境及其稳态	5
第三节 机体生理功能的调节	6
第四节 体内的控制系统	8

第二篇 细胞的基本功能

第二章 细胞膜的结构特征和物质转运功能	13
第一节 细胞膜的结构特征	13
第二节 细胞膜的物质转运功能	18
第三章 细胞的跨膜信号转导	34
第一节 细胞信号转导的概念和一般特性	34
第二节 跨膜信号转导的几种主要途径	35
第四章 细胞的生物电现象	47
第一节 静息电位	47
第二节 动作电位	50
第三节 膜的被动电学特性和电紧张电位	58
第四节 离子通道与细胞电活动	61
第五节 可兴奋细胞及其兴奋性	65
第五章 肌细胞的收缩	67
第一节 骨骼肌神经-肌接头处兴奋的传递	67
第二节 横纹肌的收缩和舒张	73
第三节 平滑肌的收缩和舒张	84

第三篇 血液的功能

第六章 血液的组成、理化特性和血细胞的生成	89
第一节 血液的组成和理化特性	89

第二节 血细胞的生成	93
第七章 血细胞的生理	98
第一节 红细胞生理	98
第二节 白细胞生理	104
第三节 血小板生理	108
第四节 血型	112
第八章 血液凝固和纤维蛋白溶解	118
第一节 血液凝固	118
第二节 纤维蛋白溶解	124
 第四篇 血液循环 	
第九章 心脏的生物电活动	127
第一节 心肌细胞的电活动	127
第二节 心肌的电生理学特性	140
第三节 体表心电图	148
第十章 心脏的泵血功能	153
第一节 心肌细胞的收缩性	153
第二节 心脏的泵血过程和机制	157
第三节 心脏泵血功能的评估	161
第四节 心泵功能的储备	163
第五节 心泵功能的影响因素	164
第十一章 血管生理	170
第一节 各类血管的功能特点	170
第二节 血流动力学	172
第三节 动脉血压和动脉脉搏	175
第四节 静脉血压和静脉回心血量	181
第五节 微循环	184
第六节 组织液的生成	187
第七节 淋巴液的生成和回流	188
第十二章 心血管活动的调节	192
第一节 心血管活动的神经调节	192
第二节 心血管活动的体液调节	202
第三节 心血管活动的自身调节	209
第四节 动脉血压的长期调节	210
第十三章 器官循环	213
第一节 冠脉循环	213

第二节 肺循环·····	215
第三节 脑循环·····	217

第五篇 呼 吸

第十四章 肺通气·····	221
第一节 肺通气原理·····	222
第二节 肺通气功能的评价·····	232
第十五章 肺换气和组织换气·····	238
第一节 气体交换的原理和结构基础·····	238
第二节 肺换气·····	241
第三节 组织换气·····	244
第十六章 氧和二氧化碳在血液中的运输·····	246
第一节 氧和二氧化碳在血液中的存在形式·····	246
第二节 氧的运输·····	247
第三节 二氧化碳的运输·····	251
第十七章 呼吸运动的调节·····	255
第一节 呼吸中枢与呼吸节律的形成·····	255
第二节 呼吸运动的反射性调节·····	258
第三节 特殊条件下的呼吸生理·····	264

第六篇 消 化

第十八章 消化道功能概述·····	269
第一节 消化道平滑肌的特性·····	269
第二节 消化道血液循环的特点·····	272
第三节 消化腺分泌活动的特点·····	273
第四节 消化道的内分泌功能·····	273
第五节 消化道的神经支配·····	278
第十九章 消化腺的分泌·····	282
第一节 唾液腺和食管粘膜的分泌·····	283
第二节 胃的分泌·····	284
第三节 胰腺的分泌·····	289
第四节 胆汁的分泌和排出·····	292
第五节 小肠液的分泌·····	294
第六节 大肠液的分泌·····	295
第二十章 消化道的运动·····	296
第一节 咀嚼和吞咽·····	296

第二节 胃的运动	298
第三节 小肠的运动	301
第四节 大肠的运动	302
第五节 胃肠激素在胃肠道运动中的作用	303
第二十一章 食物的消化和吸收	305
第一节 食物的消化	305
第二节 消化道内物质的吸收	306
第三节 摄食及其调控	311
第七篇 能量代谢和体温	
第二十二章 能量代谢	315
第一节 机体能量的来源和利用	315
第二节 能量代谢的测定	318
第三节 影响能量代谢的主要因素	323
第四节 基础代谢	324
第二十三章 体温及其调节	327
第一节 人体的温度	327
第二节 体热平衡	330
第三节 体温的调节	334
第八篇 尿的生成和排出	
第二十四章 肾的功能解剖	339
第一节 肾的功能解剖	339
第二节 肾的血液供应	342
第三节 研究肾功能的一些实验技术	344
第二十五章 肾小球的滤过功能	346
第一节 肾小球滤过率	346
第二节 影响肾小球滤过率的因素	350
第二十六章 肾小管和集合管中的物质转运	352
第一节 肾小管和集合管中不同物质的重吸收	352
第二节 肾小管和集合管的分泌	360
第三节 尿液的稀释和浓缩	363
第二十七章 清除率	369
第一节 清除率的定义和测定	369
第二节 清除率在肾脏生理研究中的应用	370

第二十八章 尿生成的调节和尿的排放	375
第一节 肾功能的自身调节.....	375
第二节 肾功能的神经调节.....	378
第三节 肾功能的体液调节.....	379
第四节 尿的排放.....	386

第九篇 神经系统的功能

第二十九章 组成神经系统的细胞及其功能	389
第一节 神经元及其一般功能.....	389
第二节 神经胶质细胞的特征和功能.....	394
第三十章 神经系统功能活动的基本原理	397
第一节 突触传递.....	397
第二节 神经递质和受体.....	404
第三节 反射活动的基本规律.....	415
第三十一章 神经系统的感觉功能	422
第一节 躯体感觉和内脏感觉.....	422
第二节 视觉.....	430
第三节 听觉.....	449
第四节 平衡觉.....	458
第五节 嗅觉.....	464
第六节 味觉.....	466
第三十二章 神经系统对姿势和运动的调节	469
第一节 运动传出的最后公路.....	469
第二节 姿势的中枢调节.....	470
第三节 躯体运动的中枢调节.....	475
第三十三章 神经系统对内脏活动、本能行为和情绪的控制	484
第一节 神经系统对内脏活动的调节.....	484
第二节 本能行为和情绪的控制.....	494
第三十四章 脑电活动、睡眠与觉醒和脑的高级功能	498
第一节 脑电活动.....	498
第二节 睡眠与觉醒.....	502
第三节 脑的高级功能.....	505

第十篇 内分泌和生殖

第三十五章 内分泌概论	517
第一节 内分泌和内分泌系统.....	517
第二节 激素.....	523

第三十六章 下丘脑的内分泌	535
第一节 下丘脑神经分泌系统	535
第二节 下丘脑激素	537
第三节 下丘脑激素分泌的调控	540
第三十七章 垂体的内分泌	542
第一节 腺垂体的内分泌	543
第二节 神经垂体激素	551
第三十八章 甲状腺的内分泌	556
第一节 甲状腺激素	556
第二节 甲状腺激素的生理作用	561
第三节 甲状腺功能的调节	566
第四节 甲状腺功能障碍	570
第三十九章 调节钙代谢的内分泌	572
第一节 甲状旁腺内分泌	572
第二节 维生素 D ₃	575
第三节 甲状腺 C 细胞的内分泌	577
第四十章 胰腺的内分泌	579
第一节 胰岛素	579
第二节 胰高血糖素	587
第三节 胰岛分泌的其他激素	588
第四十一章 肾上腺的内分泌	591
第一节 肾上腺皮质的内分泌	591
第二节 肾上腺髓质的内分泌	596
第四十二章 性腺的内分泌与生殖	599
第一节 睾丸的内分泌功能与男性生殖	599
第二节 卵巢的内分泌功能与女性生殖	603
第三节 妊娠	608
第四十三章 松果腺、胸腺等器官的内分泌	615
第一节 松果腺的内分泌	615
第二节 胸腺的内分泌	616
第三节 脂肪组织的内分泌	616
第四节 心脏和血管的内分泌	617
第五节 前列腺素	619
中英文名词索引	622

第一章

机体的功能构成、内环境及其稳态

第一节 生理学的研究对象和任务

一、生理学的任务是研究和阐明机体的各种功能活动及其内在机制

(一) 生理学是生物学中以研究机体功能为对象的一个分支

生理学 (physiology) 是生物科学的一个分支, 是以机体的基本生命活动、机体各个组成部分的功能以及这些功能表现的物理化学本质为研究对象的一门科学。一般所说的生理学, 是指研究人体和动物的生理功能的科学。研究植物生理功能的科学称为植物生理学 (plant physiology)。从历史上看, 生理学是生物学中发展相对较早的一门学科。随着科学的发展, 人们用不同的方法从不同的角度和方面对机体的功能进行研究, 生理学就不断产生新的分支, 其中许多分支逐渐形成新的独立的学科, 例如生物化学 (biochemistry)、生物物理学 (biophysics)、营养学 (nutriology) 等。另外, 生理学研究也不断汲取和应用各种新的科学理论和方法, 使研究不断向纵深发展; 同时, 生理学研究还与其他学科的研究结合, 产生了一些新兴学科。

(二) 机体的功能构成包括细胞、器官、系统的功能及它们之间的相互联系和协调

细胞 (cell) 是构成机体的基本单位。单细胞生物体的全部生命活动都发生在一个细胞内。到多细胞生物, 不同的细胞群构成各种组织和各个器官、系统, 它们各行使不同的功能。在人体, 心血管系统的功能是运输氧、营养物质和代谢产物; 呼吸系统的功能是吸入氧和呼出二氧化碳; 消化系统的功能是摄入、消化食物和吸收营养物质; 肾脏的功能是维持体内水和电解质的平衡以及排出代谢产物; 神经和内分泌系统的功能则是调节和整合体内各器官系统的功能。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, 各个器官、细胞的功能表现的内部机制, 特别是不同细胞、器官、系统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怎样互相协调、互相制约, 从而能在复杂多变的环境中维持正常的生命活动的。

对于医学生来说, 生理学是一门基础医学科学 (basic medical science)。医学生必须在了解正常人体各个组成部分的功能的基础上, 才能进一步学习和理解各种疾病时身体某个或某些部分发生的变化, 器官在疾病时发生的功能变化与形态变化之间的关系, 一个器官发生病变时如何影

响其他器官的功能等,即病理学(pathology)和病理生理学(pathophysiology)的知识;同时也才能理解各种药物治疗疾病的原理,即药理学(pharmacology)的知识。在此基础上,就能进一步学习和掌握各门临床医学(medicine),各种器官、系统疾病的临床表现、诊断和治疗的原则。所以,生理学对于医学生来说是一门非常重要的基本理论课程。

二、生理学的发展依赖于科学研究方法的进步

(一) 生理学是一门实验性科学

和其他各门科学一样,生理学的发展十分依赖于科学研究方法的发展和进步。生理学发展的各个阶段,都以一定的研究方法作为基础;每一种新的研究方法的应用和发展,都推动和促进了生理学的重大的发现和理论突破。最初的生理学知识来自人们用肉眼对一些生命现象的观察、比较和描述,以及简单的逻辑推理。这种直观描述的生理学知识实际上还不能成为真正的科学。当人们开始用实验的方法来研究生命现象和机体的各种功能时,生理学才真正成为一门科学,也就是说,从研究方法和知识的获得来说,生理学是一门实验性科学,生理学的知识主要是通过实验获得的。17世纪初,英国的Harvey首先在动物身上用活体解剖和科学实验的方法研究了血液循环,证明心脏是循环系统的中心,血液由心脏射入动脉,再由静脉回流入心,不断循环。1628年,Harvey的著作《心与血的运动》出版,是历史上第一本基于实验证据的生理学著作。

(二) 科学方法是进入生理学研究领域的钥匙

科学方法的概念应包括研究的技术和方法论。方法论是指进行科学研究的工作方法和思维方法。生理学研究通常是用物理学和化学的方法和技术对生命现象、细胞和器官的功能活动进行观察,从而对各种生理活动的机制进行分析和推测。数学和统计学方法的应用,使人们对生理学的研究从定性向定量的方向发展。在早期,水银检压计和记纹鼓等实验仪器的发明和应用,产生了大量生理学的科学知识。电子学的发展和微电极的应用,使人们对细胞兴奋的本质有了深入的认识。许多新的物理、化学方法和精密仪器的出现,例如放射性核素示踪、计算机、超速离心、电泳、色谱、磁共振等多种技术以及诸如信息论、控制论、系统论等理论和方法,都被应用于生理学研究,使现代生理学的研究不断深入和提高。现代分子生物学的发展则使生理学研究从细胞水平深入到了分子水平。

人们在生理学实验中观察各种器官或细胞的功能,它们对各种刺激发生的反应,从而认识各个器官、细胞的活动规律以及它们活动的内在机制。如果实验的观察结果能被自己和他人一再重复,就可以对所观察的现象以及对现象背后的机制的推测提出一个工作假设(working hypothesis)或者学说;一个假设如果能被自己和他人反复证实并得到发展,就成为被学术界公认的知识或者理论(theory)。在后来的发展中,许多曾经被确认为正确的理论又会被补充、完善、修正,也可能被推翻,为新的理论所代替。生理学的知识就是这样积累和发展起来的。应该指出,和所有的科学一样,生理学中各种新的知识的获得和新的理论的建立,都来自于各个时期研究工作者的创新性的工作。科学的发展依靠人的创新精神和创新能力。因此,在学习生理学的过程中,不仅应该学习和掌握具体的知识内容,而且应该知道这些知识是怎样得来的,特别是一些学者是怎样想到和用什么方法去研究某一个问题的。

另外还需要指出,和人类所有的知识一样,生理学知识也是在不断变更和发展的。随着人类社会、经济和科技的发展,各种新的信息、知识、技术、观点、思想方法不断出现,人类对于自身的认识也就不断发展。本书所叙述的内容,是现在人们对机体各种生理现象及其机制的认识,今后必定会不断增加许多新的知识;对于现有的知识,有的要补充,有的会更新(包括目前的有些认识今后可能被证实是错误的)。医学生在学习生理学时应注意到,生理学的知识大致可分为两大类:一类是关于各种具体的生理现象的描述和对它们的机制的解释,而对某一现象的机制

解释,又常常是对更深层次的现象的认识;另一类知识则是对机体生理活动的许多原则或规律的认识,成为生理学中的一些基本概念。第一类知识,随着时间的推移会不断得到补充,更新和深化;而第二类知识,也就是对机体生理功能的一些基本规律的认识,其中有一些是不会有大的改变的,例如下面将要叙述的机体内环境的稳态(homeostasis),以及机体通过在分子、细胞、器官和整体各个水平上的反馈(通常是负反馈)调节机制来实现稳态,就是生理学的一个最基本的概念。

三、生理学知识是通过在几种不同的水平上进行的研究获得的

构成机体的基本单位是细胞。每个细胞又有许多亚细胞结构即**细胞器**(organelle),细胞器又由许多特殊的分子组成。一些生物大分子,如**脱氧核糖核酸**(deoxyribonucleic acid, DNA)、**核糖核酸**(ribonucleic acid, RNA)、和**蛋白质**(protein),在机体的生命过程中起着极其重要的作用。许多不同的细胞构成**组织**(tissue)和**器官**(organ)。组织是指由结构和功能相似的细胞组成的细胞群体;器官则是由几种组织组合在一起,行使某种与维持整个机体生命有关的功能;行使某一类生理功能的不同器官互相联系,构成一个**器官系统**(organ system)。例如由心脏、动脉、毛细血管和静脉构成的循环系统,由鼻腔、喉、气管、支气管和肺构成的呼吸系统等。整个身体是由各个器官系统互相联系、互相作用而构成的一个复杂的生物机体。然而,在实际工作中,往往不可能在同一个研究中同时观察分子、细胞、器官、系统以至整个机体各个水平上的活动。事实上,不同的研究人员从不同的角度,用不同的方法或技术,在不同的水平上对机体的功能进行观察和研究,得到各种具体的知识,提出各种相应的理论。需要指出,在学习生理学时必须弄清楚各种具体的知识是从哪个水平上的研究观察得来的。一般地说,不能简单地把从某一个水平上研究得到的知识或理论用来解释或推论另一水平上的生理现象,因为在不同水平上进行研究时,观察对象所处的条件是很不相同的。下面的叙述将进一步说明这个问题。

(一) 生理学的大量基本知识是通过在器官水平上的研究获得的

对人体生理功能的研究,首先是在器官和系统的水平上进行的,即观察和研究各个器官、系统的功能,它们在机体生命过程中所起的作用,它们的功能活动的内在机制,以及各种因素对它们活动的影响。例如关于循环系统中心脏如何射血、血液在心血管系统中流动的规律、各种神经和体液因素对心脏和血管活动的调节等方面的知识,就是以心脏、血管以及整个循环系统作为研究对象进行研究而得到的。在器官、系统水平上进行研究所获得的知识,构成**器官生理学**(organ physiology)的内容,例如循环生理学、消化生理学、肾脏生理学等等。医学生学习的生理学课程的内容,大部分属于器官生理学方面的知识。

(二) 对机体功能的认识必须深入到细胞和分子水平

各个器官的功能都是由构成该器官的各个细胞的特性决定的。例如,肌肉的收缩功能和腺体的分泌功能分别是由肌细胞和腺细胞的生理学特性决定的。细胞水平的研究为我们提供了大量有关各种细胞活动的现象和机制的知识。需要指出的是,细胞水平的研究通常是将细胞从整体上分离下来,放在适当的环境中,然后观察它们的功能以及在不同情况下活动的改变。因此在分析这类实验结果时,必须注意实验当时细胞所处的特殊的条件,不能简单地把在离体实验中观察到的结果直接用来推论或解释这些细胞在完整机体中的活动和功能,因为在完整机体内细胞所处的环境比在离体实验条件下复杂得多。

细胞的生理特性是由构成细胞的各个成分,特别是细胞中各种生物大分子的物理学和化学特性决定的。例如肌细胞发生收缩,是由于在某些离子浓度改变及酶的作用下肌细胞内若干种特殊的蛋白质分子的排列方式发生变化的结果(见第五章)。各种细胞的生理特性取决于它们所表达的各种基因;而在不同的环境条件下,基因的表达又可以发生改变。因此生理学研究还必须深入

到分子水平。分子生物学理论和技术的不断发展,对于从分子水平进行生理学研究起了很大的促进作用。

在细胞和分子水平上进行的研究,其研究对象是细胞和构成细胞的大分子,所获得的知识属于**细胞生理学**(cell physiology)或**普通生理学**(general physiology)的内容。细胞和分子水平的研究是器官水平研究的进一步深入,即从分子水平上揭示生命现象和细胞活动的本质,这不仅对于理解生命现象和各种生理功能的规律是十分重要的,而且对于治疗疾病和促进人类健康有着非常重要的意义。

(三) 对机体功能的认识还必须提高到整体水平

在整体中,各个器官、系统之间发生相互联系和相互影响。在生理情况下,各个器官和系统的功能互相协调,从而使机体能够成为一个完整的整体,并在不断变化着的环境中维持正常的生命活动。仅仅有细胞和器官水平上的研究,不可能对整体中各器官、系统之间的联系、协调得到深入的认识。因此还必须从整体水平上进行研究,即以完整的机体为研究对象,观察和分析在各种环境条件和生理情况下不同的器官、系统之间互相联系、互相协调,以及完整机体对环境变化发生各种反应的规律。所以整体水平上的研究比细胞水平和器官、系统水平上的研究更加复杂。例如,当人从安静状态进入肌肉运动状态时,各种器官、系统的功能都会发生改变,机体通过神经系统指挥肌肉进行不同的运动动作,肌肉的代谢活动明显加强,呼吸系统和循环系统的活动发生相应的改变,以保证肌肉活动的进行,同时其他内脏的活动也发生相应的改变,使机体各部分之间的活动能相互配合,相互协调,从而保证运动的进行。在机体所处的环境条件发生改变时,如高温、严寒、低氧、高压(潜水)、失重(航空、航天)等等,体内各个器官、系统的功能都会发生相应的改变,使机体能适应环境条件的变化。

四、在后基因组时代应更重视整合生理学的发展

上述在各个水平上的生理学研究,它们之间不应该是相互孤立的,而必须是互相联系,互相渗透,互相补充的。因此,要阐明某一生理功能的机制,一般都需要从细胞和分子、器官和系统,以及整体三个水平进行研究,并且对在不同水平上的研究结果进行分析和综合,然后对人体的生命现象和各种功能活动得到比较全面、完整的认识。应该指出,不同水平上的研究,是从不同的出发点,用不同的研究工具和思维方法,回答不同的问题。因此不能笼统地说哪一个水平上的研究,或者用哪一种方法或技术进行的研究最准确或最重要。近年来,生理学和医学界愈来愈强调不同水平研究之间的配合、交叉和转化,即把分子、细胞水平的研究成果更快地用于解决医学和促进人类健康方面的问题,同时把在医学和人类健康方面发现的问题从分子、细胞等水平上进行深入的基础研究。这样的研究被称为**转化性研究**(translational research)。目前已经可以用基因转移和基因剔除的方法建立各种特殊的转基因动物和基因剔除动物,这对于在整体中观察和研究各种基因的功能提供了新的方法和途径。随着生命科学和人类基因组学研究的进展,现在已经进入了“**后基因组时代**”(postgenomic era)。人们认为,在后基因组时代要求从基因组、蛋白质组、代谢组进入功能研究,并且提出了“**系统生物学**”(system biology)的概念。系统生物学要求用计算生物学方法对从分子、细胞、器官和整体各个水平上研究所取得的大量数据进行分析 and 整合,从而使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完整机体中复杂的生命活动过程;在此基础上,还可以进一步预测生物体的功能和行为。在生物医学领域中,生理学这门学科的重要任务之一,是在分子生物学、细胞生物学等基础学科和临床医学、健康科学之间建造一座大桥,把目前属于不同学科和不同研究水平上的知识和技术联系起来,进行整合,从而对人体的各种功能得到完整的和整体的认识。人们把承担这一任务和实施相应研究工作的学术领域称为**整合生理学**(integrative physiology)。在今后一个时期内,生理学研究不仅应该继续向细胞和分子水平的纵深发展,而且更应该注意加强整合生理学的研究。