

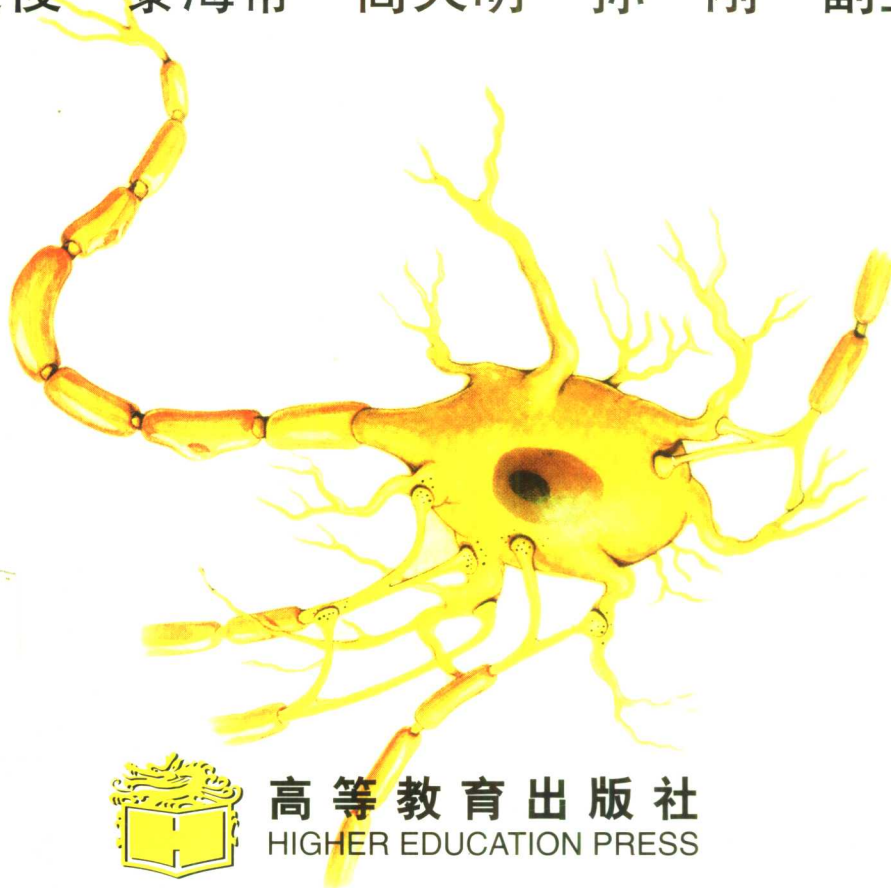


面向 21 世纪 课程 教材
Textbook Series for 21st Century

大学生理学

朱妙章 主编

袁文俊 黎海蒂 高天明 孙 刚 副主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

面向 21 世纪 课程教材
Textbook Series for 21st Century

大学生理学

朱妙章 主编

袁文俊 黎海蒂 高天明 孙 刚 副主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容提要

本书为教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的研究成果,是“面向 21 世纪课程教材”。

本书系统地介绍了生理学的基本理论、基本知识和基本技能,覆盖了生理学的基本知识点,与教育部、卫生部推广使用的国家题库配套,具有普遍适用性。在内容顺序安排方面,注意前后的铺垫和衔接,循序渐进,并利于逻辑思维的训练。在阐述生理学基本理论的基础上,适当介绍生理学的最新进展,有选择地介绍对学生有启发性的生理学史和与临床有联系的问题。在每章前有中、英文要点。在正文旁有提示,起到助学和导学作用。

本书以精、新、实用和富有启发性为主要特点,力求体现教材的系统性、易读性、科学性、实用性和先进性,以适应培养 21 世纪高级医学和科技人才的要求。本书编者具有丰富的教学经验,参阅了近年国内外出版的生理学教材,精选了内容和图表,力求使教材内容新颖。

本书的深度和广度适合于教与学的原则,分量适中,适于高等医药院校和综合大学生命科学院(系)五、七年制学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

大学生理学 / 朱妙章主编. —北京: 高等教育出版社, 2002.3

医学院校五、七年制基础医学、临床医学专业教材

ISBN 7-04-010676-0

I. 大… II. 朱… 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(2001)第 098789 号

大学生理学

朱妙章 主编

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010-64054588

传 真 010-64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所

排 版 高等教育出版社照排中心

印 刷 国防工业出版社印刷厂

开 本 850×1168 1/16

版 次 2002 年 3 月第 1 版

印 张 27.75

印 次 2002 年 3 月第 1 次印刷

字 数 580 000

定 价 35.00 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

主 编 朱妙章

副主编 袁文俊 黎海蒂

审 阅 臧益民 朱运龙

编 委(以姓氏笔画为序)

编 者(以姓氏笔画为序)

高天明 孙 刚

胡三觉

王竹立

刘以训

姜春玲

马新亮

王春安

孙 刚

宋 刚

肖家思

陈 晨

张 衡

姜春玲

高文元

章 岚

韩晓彬

裴建明

王春安

刘长金

夏 强

王会平

刘以训

朱妙章

李希成

周士胜

张万会

郑观成

袁文俊

高天明

黄彰海

杨 焜

黎海蒂

宋 刚

周士胜

臧伟进

王竹立

刘长金

吕顺艳

邢宝仁

林茂璋

张万琴

赵志青

夏 强

高 瞻

谢 安

臧伟进

编者简介(以编写内容顺序排名)

- | | |
|-----|------------------------|
| 裴建明 | 第四军医大学生理学副教授 |
| 陈 晨 | 第四军医大学生理学客座教授 |
| 邢宝仁 | 第二军医大学生理学教授 |
| 高天明 | 第一军医大学生理学教授, 博导 |
| 王春安 | 第二军医大学生理学教授 |
| 黎海蒂 | 第三军医大学生理学教授, 博导 |
| 肖家思 | 第三军医大学生理学教授 |
| 郑观成 | 第二军医大学长征医院脑外科教授 |
| 周士胜 | 第四军医大学生理学教授 |
| 谢 安 | 第四军医大学生理学副教授 |
| 高文元 | 第二军医大学生理学教授, 博导 |
| 章 岚 | 第二军医大学生理学讲师 |
| 杨 焜 | 华中科技大学同济医学院教授 |
| 刘长金 | 华中科技大学同济医学院教授 |
| 朱妙章 | 第四军医大学生理学教授, 博导 |
| 臧伟进 | 西安交通大学医学院生理学教授, 博导 |
| 赵志青 | 第四军医大学生理学客座教授 |
| 袁文俊 | 第二军医大学生理学教授, 博导 |
| 马新亮 | 第四军医大学生理学客座教授 |
| 夏 强 | 浙江大学医学院生理学教授, 博导 |
| 王会平 | 浙江大学医学院生理学副教授 |
| 宋 刚 | 山东大学医学院生理学教授, 博导 |
| 张 衡 | 山东大学医学院生理学教授, 博导 |
| 王竹立 | 中山大学医学院生理学教授 |
| 李希成 | 第三军医大学生理学教授, 校专家组成员 |
| 姜春玲 | 大连医科大学生理学教授 |
| 张万琴 | 大连医科大学生理学教授, 博导 |
| 林茂璋 | 大连医科大学生理学教授 |
| 黄彰海 | 第一军医大学生理学副教授 |
| 孙 刚 | 第二军医大学生理学教授, 博导 |
| 张万会 | 第四军医大学生理学教授, 博导 |
| 高 瞻 | 第四军医大学生理学博士 |
| 吕顺艳 | 第四军医大学生理学博士 |
| 刘以训 | 中国科学院动物学研究所研究员, 博导, 院士 |
| 韩晓彬 | 中国科学院动物研究所, 博士 |

前言

《大学生理学》经教育部审核批准为“面向 21 世纪课程教材”，我们深感责任重大。为编好本教材，集思广益，博采众长，我们邀请了第一、二、三、四军医大学，浙江大学医学院(原浙江医科大学)，华中科技大学同济医学院(原同济医科大学)，西安交通大学医学院(原西安医科大学)，中山大学医学院(原中山医科大学)，山东大学医学院(原山东医科大学)，大连医科大学和中国科学院动物研究所等 11 个单位的教授参与编写。

我们按照教学大纲的要求，详略得当地介绍了生理学的基本知识体系，使本教材内容有一个合理的覆盖面，以便于医科院校和综合性大学都能使用；配合教育部、卫生部推广使用的国家试题库，使教材具有普遍的通用性；在学习国内、军内统编教材的基础上，研究国外教材的近况，在结构安排和版式设计上作了些调整。在每章前有中、英文要点，对本章内容起提纲挈领的作用，以便学生掌握重点；在重点和难点内容旁有提示或注解；在每章末有复习题和思考题，复习题是应该掌握和熟悉的内容，思考题的难度要大些，有些题不能直接从书本中找到答案，要根据生理学知识去分析和归纳，体现功能科学的学习方法和特点，培养学生分析推理和举一反三的能力。期望本教材在促进学生掌握生理学的基本理论中发挥助学和导学的作用。

在本教材的内容安排上，我们把神经系统放在前面讲授，是考虑到先讲神经生理可以为后面的内容铺路。如自主神经的作用、受体和调节的概念等在以后的器官生理中都会遇到。在心脏生理学中，我们先叙述心肌细胞的生物电，用电变化来解释心肌生理特性，然后讲授心脏缩舒的活动，这样逐层深入的安排更易为学生接受。

在每章中，根据内容重要性的不同，用不同字号排印，用大字排印的内容是生理学的基本知识和基础理论，用小字排印的内容则是参考性或尚无定论的内容，但在具体区分这两方面的材料时，可能做得不够恰当。又考虑到各院校教学计划规定的学时数不统一，因此，教师在使用时可以根据不同情况和自己的教学经验，选择讲授的内容和深度。有些非重点或学生能看懂的内容可安排自学。

本书的编写得到教育部和高等教育出版社的指导和支持，同时得到第四军医大学学校领导、训练部和基础部的大力支持。学校成立了教材编写顾问组进行具体指导；在编写本书的筹划中，王复周教授、臧益民教授和张万会教授等都对教材的编写提出了很好的意见和建议；在编写前，我们对书稿提出了统一的要求。编者以认真负责的态度撰稿和修改，恳切吸纳同行的意见，几易其稿。编者署名在各章节末。书稿经主编审修后，又聘请臧益民教授(负责第二、五、六、七、八、

九章), 胡三觉教授(负责第三、四章), 朱运龙教授(负责第十、十一、十二章)进行审修, 对保证教材质量起到了重要作用。杨焜教授和张万琴教授等对教材的编写提出了很好的建议。各章英文要点由樊家勇、闫文莉讲师和高峰教授协助审修按中文要点对照审修, 又请美国 Thomas Jefferson 大学的 James R. Pierce 博士审修定稿。在书稿的校对和编排中, 裴建明副教授、吕顺艳博士、高瞻博士、于军、郭海涛和毕辉等博士生付出了辛勤的劳动, 在校对任务重、时间紧的情况下, 除上述人员外, 还有周京军博士、韦耿泽和韩雪峰博士生、马恒硕士生等的积极参与。在此表示衷心的感谢。

本书在 4 所军医大学合作基础上, 又邀请了 6 所大学和中国科学院动物研究所的同行共同编写。在学习军内、国内统编教材基础上, 力求体现参编院校和研究所的特点。已出版的生理学教科书给我们很多启示, 因此, 本书的出版要感谢张镜如、陈宜张、臧益民、姚泰、范少光、杨焜、朱思明等教授, 同时要感谢老一辈生理学家, 如蔡翹、吴襄、徐丰彦、周衍椒、卢振东、王复周等教授, 他们为培养我国和我军医学人才起到了积极作用, 我们要感谢他们对生理学教学作出的杰出贡献。

书中的生理学名词以中国自然科学名词审定委员会公布的为标准, 如用“心排出量”、“除极”、“促胃液素”、“机制”代替“心输出量”、“去极化”、“胃泌素”、“机理”等旧名词。书中的插图引自参考文献, 少部分作了小的修改。

计量单位均采用法定计量单位, 但血压和气体分压用 mmHg 表示。mmHg 与 kPa 的换算参见附录三, 不在每章首次出现处标注换算系数。

书末摘引了王志均教授的《漫话科学发现》与《机遇在生命科学发现中的作用》两篇文章。王教授的话语重心长, 富有哲理和启发性, 勉励青年学生要有雄心和信心, 激发学生的好奇心和奋发向上的精神, 寄托着王教授对学生的殷切希望。

由于我们的水平和知识有限, 参编的作者较多, 本书虽然经多次审校修改, 但书中仍难免存在一些错漏和不妥, 热忱欢迎同行和读者批评指正。

朱妙章

2001 年 6 月

责任编辑	王	莉
封面设计	张	楠
责任绘图	朱	静
版式设计	马	静如
责任校对	夏	晔
责任印制	杨	明

目 录

第一章 绪论	1	四、肌肉收缩的力学分析	46
第一节 生理学研究的内容和 方法	2	参考资料	48
一、生理学研究的不同水平	2	第三章 神经系统	51
二、生理学的研究方法	3	第一节 中枢神经系统活动的 基本规律	54
第二节 生理功能的调节	4	一、突触	54
一、机体的内环境与稳态	4	二、中枢神经递质	59
二、生理功能的调节方式	4	三、反射	62
三、生理功能的调控机制	5	第二节 神经系统对躯体运动 的调节	67
第二章 细胞的基本生理过程	7	一、脊髓的躯体运动反射	68
第一节 细胞膜的生理	10	二、高级中枢对肌紧张的调节	72
一、细胞膜的结构与组成	11	三、大脑皮层的运动功能	73
二、物质跨细胞膜的转运	13	四、基底神经节对运动的调节	77
第二节 生物电现象和 兴奋性	18	五、小脑	79
一、静息电位和动作电位	18	第三节 神经系统对内脏活动 的调节	81
二、动作电位时相和细胞的 兴奋性	21	一、自主神经系统	81
三、电刺激引起细胞兴奋的过程 和条件	22	二、自主神经系统的中枢调节	85
四、神经纤维动作电位的细胞外 记录	23	第四节 神经系统的感觉分析 功能	88
五、兴奋在神经纤维上的传导	24	一、感觉信息传入的两种系统	88
第三节 细胞间的信号传递	26	二、丘脑的核群及功能	90
一、细胞的信号分子与受体	27	三、大脑皮层的感觉代表区及其 功能	92
二、细胞表面受体介导的信号 跨膜转导	28	四、中枢对特异感受活动的 传出性控制	94
三、神经肌肉接头传递	36	五、疼痛生理	94
四、电突触传递	39	第五节 脑的高级功能	97
第四节 骨骼肌的收缩	39	一、学习和记忆	97
一、肌细胞收缩的结构	40	二、大脑皮层的语言功能	103
二、肌细胞收缩的原理	42	三、大脑皮层的电活动	104
三、单收缩与强直收缩	44	四、觉醒和睡眠	107

参考资料	109	一、体液	147
第四章 感觉器官	112	二、血液	148
第一节 概述	113	第二节 血细胞及其功能	151
一、感受器和感觉器官	113	一、红细胞生理	151
二、感受器的一般生理特性	114	二、白细胞生理	153
第二节 视觉器官	115	三、血小板生理	155
一、眼的折光系统及其调节	116	第三节 血液凝固与纤维	
二、视网膜的结构和两种感光		蛋白溶解	156
换能系统	119	一、血液凝固	156
第三节 听觉	124	二、纤维蛋白溶解	161
一、外耳的集音、共鸣和		第四节 血量与血型	162
辨向功能	124	一、血量	162
二、中耳的传音和增益功能	124	二、血型	163
三、内耳耳蜗的感音功能	127	第六章 血液循环	167
四、耳蜗对声音的分析	131	第一节 心肌生物电现象和	
五、听觉冲动的传入途径	132	生理特性	171
六、听觉电生理电位	132	一、心肌细胞的生物电现象	171
七、噪声性听力损失	133	二、心肌的生理特性	176
第四节 前庭系统	134	第二节 心脏的射血与充盈	183
一、前庭系统的感受装置	134	一、心动周期与心率	183
二、前庭毛细胞和传入神经的		二、心脏射血与充盈(充血)	
电生理现象	135	过程	184
三、前庭系统的适宜刺激和		三、心动周期中瓣膜的活动	187
生理功能	136	四、心音和心音图	187
四、前庭性眼球震颤	137	五、心排出量	188
五、前庭脊髓反射	137	第三节 心电图	192
第五节 皮肤感觉	138	一、心电图各波和间期的意义	192
一、触知觉	138	二、心电图和心肌细胞电变化	
二、痛觉	139	的关系	193
三、温度觉	141	第四节 血管生理	194
第六节 嗅觉和味觉	141	一、血管的结构与功能特点	194
一、嗅觉感受器和嗅觉的		二、血管系统中的血流动力学	194
生理特性	141	三、动脉血压	196
二、味觉感受器和味觉的		四、静脉血压	200
生理特性	142	五、脉搏	201
第五章 血液生理	146	第五节 心血管功能的调节	202
第一节 血液的组成和		一、神经调节	203
理化性质	147	二、体液调节	213

三、自身调节	218	一、唾液分泌	277
四、动脉血压的长期调节	218	二、咀嚼和吞咽	278
第六节 微循环、组织液 与淋巴循环	219	第三节 胃内的消化	279
一、微循环	219	一、胃的分泌	279
二、组织液的生成与回流	223	二、胃的运动	286
三、淋巴循环	224	第四节 小肠内的消化	288
第七节 器官循环的特点	225	一、胰液分泌	288
一、冠状循环	225	二、胆汁的分泌与排出	290
二、肺循环	230	三、小肠液的分泌	291
三、脑循环	230	四、小肠的运动	292
参考资料	233	第五节 大肠内的消化	294
第七章 呼吸生理	238	一、大肠液的分泌及肠内细菌 的作用	294
第一节 肺通气	240	二、大肠的运动和排便	295
一、呼吸道的功能	240	第六节 吸收	296
二、肺通气原理	241	一、钠及相关物质的吸收	297
三、肺容积和肺容量	246	二、其他物质的吸收	300
四、肺通气量	248	第九章 泌尿生理	304
第二节 呼吸气体的交换	249	第一节 肾的功能解剖学和 肾循环	306
一、气体交换原理	249	一、肾的功能解剖学	306
二、肺泡气与血液通过呼吸膜 的扩散	251	二、肾的血液循环	309
三、影响肺气体交换的因素	252	第二节 尿的生成和影响 因素	311
第三节 气体运输	253	一、肾小球的滤过作用	311
一、氧的运输	253	二、肾小管的重吸收和分泌 作用	315
二、二氧化碳的运输	256	第三节 尿液的浓缩和稀释	323
第四节 呼吸运动的调节	258	一、尿的浓缩、稀释过程及其 机制	323
一、脑干呼吸神经元	258	二、影响尿浓缩和稀释的因素	326
二、呼吸节律形成的机制	260	第四节 尿生成的调节	327
三、呼吸运动的随意调节	262	一、肾内自身调节	327
四、呼吸运动的反射性调节	262	二、神经体液调节	327
五、异常呼吸	267	第五节 排尿	332
第八章 消化和吸收生理	269	一、输尿管的功能	332
第一节 概述	271	二、排尿反射	332
一、消化管平滑肌的生理特性	272	第十章 能量代谢和体温	337
二、消化管的神经支配	274		
三、消化管的内分泌功能	274		
第二节 口腔内消化	277		

第一节 能量代谢	338	一、胰岛素	384
一、机体能量的来源和去路	338	二、胰高血糖素	387
二、能量代谢的测定	339	三、胰岛内主要激素的相互 关系	388
三、影响能量代谢的因素	343	第七节 下丘脑 - 垂体系统	388
四、基础代谢	344	一、腺垂体激素	389
第二节 体温	345	二、神经垂体激素	393
一、人体正常体温及其变动	345	三、下丘脑 - 垂体 - 靶腺轴	394
二、机体的产热与散热	346	第八节 其他内分泌器官 和物质	395
三、体温调节	349	一、松果体	395
第十一章 内分泌	353	二、胸腺	396
第一节 概述	357	三、前列腺素	396
一、激素作用的一般特性	357	四、生长因子	397
二、激素的分类	358	第十二章 生殖	399
三、激素作用的机制	360	第一节 男性生殖	400
四、激素的合成、释放与代谢	364	一、睾丸的基本结构	400
第二节 甲状腺	365	二、睾丸的功能	401
一、甲状腺激素的化学组成与 合成代谢	365	三、睾丸功能的调节	403
二、甲状腺激素的生物学作用	368	第二节 女性生殖	404
三、甲状腺功能的调节	370	一、卵巢的结构及其功能	404
第三节 甲状腺腺和甲状腺 C 细胞	373	二、卵巢功能的调节	405
一、甲状旁腺激素	373	第三节 妊娠	409
二、降钙素	374	一、受精	409
第四节 肾上腺皮质	375	二、着床	409
一、肾上腺皮质激素	375	三、妊娠的维持及激素调节	410
二、肾上腺皮质激素的合成、 转运和代谢	376	四、分娩与授乳	411
三、肾上腺皮质激素的 生物学作用	378	全书参考文献	414
四、肾上腺皮质激素分泌 的调节	380	附录一 漫话科学发现	415
第五节 肾上腺髓质	382	附录二 机遇在生命科学 发现中的作用	418
一、肾上腺髓质激素	382	附录三 mmHg $\rightarrow$ kPa 速见表	421
二、肾上腺素和去甲肾上腺素的 生物学作用	383	附录四 cmH ₂ O $\rightarrow$ kPa 速见表	423
三、分泌的调节	383	附录五 计量单位名称与符号	424
第六节 胰岛	384	附录六 词头	425
		中英名词索引	426

第一章 绪 论

要点

1. 生理功能及机制需从细胞和分子水平、器官和系统水平、整体水平进行研究，3个水平的研究是相互联系、相互补充的。
2. 内环境的相对稳定性及机体对外环境变化的应答反应都是调节活动的结果，调节方式有神经调节、体液调节和自身调节。
3. 反馈信息降低控制部分的活动称负反馈，它对维持机体内环境的稳态起重要作用；反馈信息促进、加强控制部分的活动称正反馈，它使生理活动不断加强，直至最终完成生理功能。

Summary

1. Physiology is an integrative science that studies how different systems of the body coordinate in the intact body. To better understand the physiological functions of the body, physiologists must study many levels of organization including molecules, cells, tissues, organs, and systems, and coordinate them into an integrative approach.
2. Homeostasis is the process of maintaining a stable internal environment. The body responds to changes in the external environment by integrated regulation. There are three types of regulation: nervous regulation, humoral regulation and autoregulation.
3. Negative feedback is a key regulatory mechanism for maintaining homeostasis. In negative feedback, the output of a control system is regulated to resist change. Thus, in negative feedback, an increase in output leads to a decrease in the production of output. This differs from positive feedback, where the output of a control system is amplified. Thus, in positive feedback an increase in output leads to a further increase in output.

第一节 生理学的研究内容和方法

生理学(physiology)是生物学的一个分科,研究呼吸、消化、循环、生殖、泌尿、肌肉运动等的发生原理和活动规律。生理学有许多分支,例如人体生理学、植物生理学、动物生理学、细菌生理学,等等。由于人体生理学主要研究正常人体的各种生命活动,所以也叫做正常人体生理学(简称生理学)。而研究人体各种异常变化即患病机体的生命活动的科学叫做病理生理学。

人们对生命活动规律的了解是从观察和实验中总结出来的。因此,生理学又是一门实验性科学,一切生理学中的理论均来自实践或实验。

生理学的形成和发展与医学有着极其密切的关系。人类在与疾病的长期斗争中,积累了许多关于人体功能的知识,也向生理学提出了许多亟待解决的问题。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,生理学有关生物电研究的成果,使诊断疾病的技术发生了革新;对胰岛内分泌生理的研究,阐明了糖尿病发病的机制;心肺制备生理实验方法的建立为体外循环技术提供了基础;受体研究的发展为疾病治疗提供了许多有效手段,等等。同时,通过医学实践可以检验生理学理论是否正确,并不断丰富生理学理论。因此,生理学是一门重要的医学基础理论科学。此外,如病理生理学、药理学、内科学和外科学等,均需要生理学知识,要学好这些学科,必须先学好生理学。

一、生理学研究的不同水平

研究人体的生理功能可以从整体、器官和系统、细胞和分子3个水平上进行。

(一) 整体水平

研究对象是人体整个机体,包括机体内各器官、系统的相互协调,以及机体与环境之间的相互影响。环境的变化会影响机体的生命活动,机体在变化的环境中维持正常的生命活动。研究在不同生理条件下机体不同器官、系统之间的相互联系及其调节活动。

(二) 器官和系统水平

研究对象是器官和系统。阐明器官和系统在机体中所起的作用,它是怎样进行活动的,其活动受到哪些因素的控制,等等。例如,心脏如何射血,血管如何调配血液供给,血液在血管内流动的规律,各种神经体液因素对心血管活动的调节等规律,均是在器官和系统水平进行的研究,其研究内容称为器官和系统生理学。

(三) 细胞和分子水平

研究对象是细胞及其所含的物质分子,主要研究生命现象的细胞和分子机制。细胞是构成人体的最基本的结构和功能单位,整个机体的生命活动和各个器

官、系统的功能活动都与其细胞的生理特性分不开,例如心脏的功能与心肌的生理特性分不开,腺体的功能与腺细胞的生理特性分不开。然而,细胞的生理特性又决定于构成细胞的各个物质,尤其是生物大分子的理化特性。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,这些蛋白质分子具有一定的结合排列方式。细胞的生理特性还取决于特殊的基因,在不同条件下基因的表达也可发生改变,因此,生理学研究又进一步深入到细胞的超微结构和分子水平,生命活动的最基本的物理化学变化过程。有关这方面的研究内容称为细胞生理学或普通生理学。

上述3个水平的研究,相互间不是孤立的,而是相互联系、相互补充的。要阐明某一器官的功能及其机制,必须从细胞和分子、器官和系统以及整体3个水平进行研究。不能将不同水平的研究截然分割开来,也不能认为分子水平的研究是“高级”的,而整体水平的研究是“低级”的。能够正确反映某一功能活动规律的研究都是高级的。

二、生理学的研究方法

生理学是一门实验科学,一切生理学的知识都来自对生命现象的客观观察和实验。所谓观察,主要是指在不损害人体健康的自然生活条件下,实地观察、记录和分析功能活动的客观表现。所谓生理学实验,根据其不同属性可以分成不同类型。根据实验对象的不同可分为人体实验和动物实验两大类。如果能从人体的实验中获得有关人体生命活动的规律是最理想的。我们的确可以在不伤害人体健康的条件下进行某些研究。例如,体外测定正常人安静时的血压、脉搏和呼吸频率,描记正常人的心电图和脑电图,用CT、磁共振等手段来发现病灶。通过对人体的实验,人们获得了大量宝贵的资料。尽管如此,在人体上进行的实验还是有限的,某些研究会给机体带来一定的损害,甚至危及生命,因此一般用动物做生理实验。可是,人与动物尤其是高等动物虽有许多相似的构造和功能,但在动物实验中所获得的生理知识应用到人体时,必须考虑到人与动物的差别,不能把动物实验的结果简单地套用于人体。常用的动物实验有急性实验(acute experiment)和慢性实验(chronic experiment),前者又可分为体内实验(in vivo)和体外实验(in vitro)。根据实验所观察的水平也可将其分为整体、器官、细胞、亚细胞、分子等水平。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的进展。例如,可以将细胞膜的成分与细胞的其他成分分离开,从而可以在游离的细胞膜碎片上研究膜受体与相应结合物(配体)的相互作用,研究配体与受体的亲和性,哪些因素可以影响这种结合,受体上有几个可以与配体相结合的位点,等等。随着分子生物学的发展,人们已经可以用分子克隆技术将某种受体的基因分离出来,从DNA序列及通过体外表达所产生的蛋白质氨基酸序列上研究受体的特性。因此,通过一系列不同水平的实验研究,对机体的生理功能有了更深入的了解。

第二节 生理功能的调节

一、机体的内环境与稳态

机体直接接触的外界环境称为外环境，外环境是不断变化的。体内细胞直接生存于细胞外液中，而不与外界环境发生接触，由此，细胞外液被称为机体的内环境，它主要由组织液和血浆组成。内环境直接为细胞提供必要的物理和化学条件，也是细胞摄取营养物质和排泄代谢产物的地方。保持机体内环境的相对稳定，是细胞生存的必要条件。然而，内环境理化性质不是绝对静止的，各种物质在不断变换中达到相对平衡状态，即动态平衡状态，这种平衡状态称为稳态(homeostasis)。

稳态还包含了机体维持内环境稳定的调节过程。例如，内环境中的 CO_2 含量升高时，机体可以通过加强呼吸作用，排出更多的 CO_2 使其含量恢复正常。血压过高或过低时，机体都能通过各种调节途径使血压恢复到正常水平。因此可以认为，机体的一切调节活动最终的生物学意义在于维持内环境的恒定。

二、生理功能的调节方式

由于细胞不断进行着新陈代谢，而新陈代谢本身又不断扰乱内环境的稳态，外环境的强烈变动也可影响内环境的稳态；因此，机体的血液循环、呼吸、消化、排泄等生理功能必须不断地进行着调节，以纠正内环境的过分变动。机体对各种功能的调节方式主要有 3 种，分别称为神经调节(neuroregulation)、体液调节(humoral regulation)和自身调节(autoregulation)。

(一) 神经调节

神经系统活动的基本过程是反射(reflex)。反射是机体在中枢神经系统的参与下对体内外环境的变化发生规律性反应。反射弧是反射的结构基础，它包括 5 个基本环节：感受器、传入神经元、神经中枢、传出神经元和效应器。感受器是专门接受各种刺激的结构，是一种能量转换器，可把各种能量形式的刺激转化为生物电信号——神经冲动；效应器是产生反应的器官；神经中枢在脑和脊髓中，它能对传入的神经冲动进行加工处理并发出冲动，经传出神经传至所支配的效应器；传入和传出神经元是将中枢与感受器和效应器联系起来的通路。反射调节是机体重要的调节机制。

(二) 体液调节

体液调节一般是指由机体某一器官或组织分泌某些特殊的化学物质，借助于血液循环的运输，到达全身各器官的组织细胞，作用于细胞上相应的受体，调节这一器官组织的活动。许多内分泌细胞所分泌的各种激素(hormone)，就是借助血液或淋巴循环运输到全身各处，以调节器官、组织和细胞的活动。例如，胰岛

B细胞分泌的胰岛素有降低血糖的作用。血糖浓度之所以能保持相对稳定,主要依靠胰岛素的调节。有些激素不经过血液循环的运输,而是通过组织液扩散作用于邻近的细胞,这种调节可看作是局部性体液调节,称为旁分泌(paracrine)。此外,除激素外,组织细胞可产生一些化学物质(如组胺、缓激肽、5-羟色胺等)或代谢产物(如 CO_2 、乳酸等),对局部的细胞或器官的活动进行调节,这种调节也属于局部性体液调节。

神经调节和体液调节各有其特点:神经调节作用比较迅速而精确,作用部位有局限性,作用时间比较短暂;而体液调节作用比较缓慢而弥散,作用时间持久,它主要调节新陈代谢、生长发育、生殖等较为缓慢的生理过程。两者相互配合、密切联系、相辅相成,使生理功能调节更趋于完善。有些内分泌腺本身直接或间接地受到神经系统的调节,在这种情况下,体液调节是神经调节的一个传出环节,是反射传出通路的延伸。这种调节可称为神经-体液调节。例如,肾上腺髓质接受交感神经的支配,当交感神经系统兴奋时,肾上腺髓质分泌的肾上腺素和去甲肾上腺素增加,共同参与机体的调节。

(三) 自身调节

机体内有些调节既不依赖神经也不依赖体液,而是由该组织细胞本身活动的改变产生的适应性反应,称为自身调节。例如,骨骼肌和心肌的初长能对收缩力量起调节作用;当初长在一定限度内增加时,收缩力量会相应增加,而初长缩短时收缩力量就减小。

有时候一个器官在不依赖于器官的外来的神经或体液调节下,其自身对刺激发生的适应性反应过程也属于自身调节。

三、生理功能的调控机制

运用控制论原理分析人体的调节活动时,可以发现人体的各种功能调节可分为3类控制系统。

(一) 非自动控制系统

非自动控制系统是一个开环系统(open-loop system),其控制部分不受受控部分的影响,即受控部分不能反馈改变控制部分的活动。这种控制系统无自动控制的能力。非自动控制系统的活动在体内不多见。

(二) 自动控制系统

自动控制系统(auto-control system)是一个闭环系统(closed-loop system),控制系统发出信号调节受控部分的活动,受控部分不断有反馈信息返回给控制部分,根据反馈信号改变控制部分的活动。如果反馈信息的作用与控制信息的作用相反,即降低控制部分的活动,称为负反馈(negative feedback)。如果反馈信息的作用与控制信息的作用相同,即加强控制部分的活动,称为正反馈(positive feedback)。人体各种机能调节系统中的神经、体液和自身调节部分(如反射中枢、内分泌腺等)可以看作是控制部分,而各种效应器、靶器官和靶细胞则是受控部分,受控部分返回控制部分的输出变量信息称为反馈信息,它在纠正和调整控制部分