



面向 21 世纪课程教材

Textbook Series for 21st Century

全国高等医药院校教材 • 供基础、预防、临床、口腔医学类专业用

生理学

第五版 主编 姚泰



人民卫生出版社

面向 21 世纪课程教材
全国高等医药院校教材
供基础、预防、临床、口腔医学类专业用

生 理 学

第 五 版

主 编 姚 泰

副主编 乔健天

编 者

樊小力 (西安医科大学)	乔健天 (山西医科大学)
冯甲棣 (中国医科大学)	姚 泰 (上海医科大学)
蒋德昭 (湖南医科大学)	郑 煜 (华西医科大学)
刘远谋 (上海第二医科大学)	朱大年 (上海医科大学)
马青年 (哈尔滨医科大学)	朱文玉 (北京医科大学)
潘敬运 (中山医科大学)	

人 民 卫 生 出 版 社

生 理 学
(第 五 版)

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)

印 刷: 北京人卫印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 850×1168 1/16 印张: 28.5

字 数: 605 千字

版 次: 1978 年 12 月第 1 版 2001 年 11 月第 5 版第 41 次印刷

印 数: 1 481 016—1 511 030

标准书号: ISBN 7-117-03893-4/R·3894

定 价: 35.30 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)

全国高等医药院校五年制临床医学专业

第五轮教材修订说明

为适应我国高等医学教育改革和发展的需要,经卫生部临床医学专业教材评审委员会审议,卫生部教材办公室决定从1998年开始进行临床医学专业教材第五轮修订。在总结第四轮教材编写质量、使用情况的基础上,提出第五轮修订要面向21世纪,遵循培养目标,适用于本科五年制教学需要;突出教材三基(基础理论、基本知识和基本技能)、五性(思想性、科学性、先进性、启发性和适用性)的特点,注重教材的整体优化及编写的标准化、规范化。同时决定第五轮教材的修订分两批进行,第二批修订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的。全套教材共50种,第五轮修订40种,新增10种,并有26种是五、七年制共用教材。随着学科发展的需要,教材名称以及必修课与选修课的科目也有所调整。

五年制五轮教材目录

必修课教材

△1. 《医用高等数学》第三版	主编 张选群	15. 《病理生理学》第五版	主编 金惠铭
△2. 《医学物理学》第五版	主编 胡新珉	16. 《药理学》第五版	主编 金有豫
△3. 《基础化学》第五版	主编 魏祖期	△17. 《医学心理学》第三版	主编 姜乾金
	副主编 祁嘉义	△18. 《法医学》第三版	主编 王保捷
△4. 《有机化学》第五版	主编 吕以仙	19. 《诊断学》第五版	主编 陈文彬
	副主编 陆 阳		副主编 王友赤
△5. 《医学生物学》第五版	主编 左 伋	20. 《医学影像学》第四版	主编 吴恩惠
△6. 《系统解剖学》第五版	主编 柏树令	21. 《内科学》第五版	主编 叶任高
7. 《局部解剖学》第五版	主编 彭裕文		副主编 陆再英
8. 《组织学与胚胎学》第五版	主编 邹仲之	22. 《外科学》第五版	主编 吴在德
△9. 《生物化学》第五版	主编 周爱儒		副主编 郑 树
	副主编 查锡良	23. 《妇产科学》第五版	主编 乐 杰
10. 《生理学》第五版	主编 姚 泰	24. 《儿科学》第五版	主编 王慕逖
	副主编 乔健天	25. 《神经病学》第四版	主编 王维治
11. 《医学微生物学》第五版	主编 陆德源		副主编 罗祖明
△12. 《人体寄生虫学》第五版	主编 詹希美	26. 《精神病学》第四版	主编 郝 伟
△13. 《医学免疫学》第三版	主编 陈慰峰	27. 《传染病学》第五版	主编 彭文伟
14. 《病理学》第五版	主编 杨光华	28. 《眼科学》第五版	主编 惠延年

29. 《耳鼻咽喉科学》第五版	主编 田勇泉	34. 《卫生学》第五版	主编 仲来福
	副主编 孙爱华		副主编 刘移民
△30. 《口腔科学》第五版	主编 张志愿	35. 《预防医学》第三版	主编 叶葶葶
△31. 《皮肤性病学》第五版	主编 张学军	△36. 《中医学》第五版	主编 郑守曾
△32. 《核医学》第五版	主编 李少林	△37. 《计算机应用基础》第二版	主编 邹赛德
	副主编 张永学		副主编 杨长兴
33. 《流行病学》第五版	主编 王建华	△38. 《体育》第二版	主编 裴海泓

选修课教材

△39. 《细胞生物学》	主编 凌治萍	45. 《临床流行病学》	主编 王家良
△40. 《医学分子生物学》	主编 冯作化	△46. 《康复医学》第二版	主编 南登崑
△41. 《医学遗传学》	主编 陈竺	△47. 《医学文献检索》	主编 方平
42. 《临床药理学》第二版	主编 徐叔云	△48. 《卫生法》	主编 赵同刚
43. 《医学统计学》第三版	主编 马斌荣	△49. 《医学导论》	主编 文历阳
△44. 《医学伦理学》	主编 丘祥兴	△50. 《全科医学概论》	主编 杨秉辉

注：画△者为五、七年制共用教材

全国高等医药院校临床医学专业 第四届教材评审委员会

主任委员 裘法祖

副主任委员 杨光华

委员

(以姓氏笔画为序)

方 圻 (特邀) 卢永德 乐 杰 许积德
 朱元珏 朱学骏 乔健天 吴恩惠 陈文彬
 陆美芳 武忠弼 (特邀) 郑 树 周 申
 周东海 金有豫 金惠铭 金魁和 南 潮
 钟世镇 谈一飞 彭文伟 董永绥

再 版 前 言

为了适应新世纪对医学人才的要求，医学教育要在教育思想、教学内容和教学方法等方面进行全面的改革。因此，教材也需要经常更新，以适应教学改革的要求。

《生理学》第四版是1996年出版的。1998年，卫生部临床医学专业教材评审委员会决定组织临床医学专业规划教材新一版的编写工作，并任命了新版各教材的主编和编者。1998年11月，卫生部教材评审委员会在杭州召开了各规划教材主编会议，明确了编写新一版教材的指导思想、编写原则和交稿时间。根据这次会议的精神，《生理学》第五版的编写人员于1998年12月在上海开会，着重讨论了进一步贯彻教材的科学性、先进性、适用性、思想性和启发性的问题，特别是教材的适用性。这本教材的使用对象是我国临床医学专业五年制的学生，因此教材的内容必须强调适应临床医学专业教学的需要，而不应过分强调生理学学科内容的系统性和完整性。第五版与第四版相比，内容略有减少；对有些已陈旧的内容作了删减，或在文中说明有些概念已属陈旧，正在逐渐趋向不用。编者在编写中注意了文字的易读性，为了便于学生自学，所以不片面追求字数的减少。英文专业词汇的量和索引的条目，都比第四版有所增多。

参加编写第五版的编者共十一名，其中六人是第四版的编者或参加了部分编写工作。编者中绝大多数都是目前正在生理学教学第一线工作的教授。我感到非常高兴的是，这次有几位年轻的教授参加编写。在编写过程中，编者对各自编写章节的内容都作了认真的考虑，参考了国外若干著名生理学教材的最新版本。

我十分感谢本书第四版主编张镜如教授对新版编写工作的关心，他对新版教材的指导思想、编写原则、内容取舍和编写方法等都提出了许多宝贵的意见和建议。乔健天教授继续担任第五版的副主编，对新版的编写工作给予了有力的支持。另外，北京医科大学的李怡凡老师参加了第六章的部分编写工作；西安医科大学的阎剑群老师参加了第九章的部分编写工作；上海医科大学的王正华、邵仁厚同志参加了一部分秘书工作和索引的编辑工作，我在这里特表示深切的谢意。这是我第一次担任规划教材的主编工作，我诚恳希望读者对本书提出批评和改进的意见。

姚 泰

1999年11月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 生理学的研究对象和任务.....	(1)
一、生理学的任务.....	(1)
二、生理学研究的三个水平	(1)
第二节 机体的内环境.....	(2)
第三节 生理功能的调节.....	(3)
一、神经调节	(3)
二、体液调节	(4)
三、自身调节	(4)
第四节 体内的控制系统.....	(4)
一、非自动控制系统	(5)
二、反馈控制系统.....	(5)
三、前馈控制系统.....	(6)
 第二章 细胞的基本功能	(7)
第一节 细胞膜的基本结构和跨膜物质转运功能.....	(7)
一、膜的化学组成和分子结构	(8)
二、细胞膜的跨膜物质转运功能	(11)
第二节 细胞的跨膜信号转导功能.....	(17)
一、跨膜信号转导概念的提出	(17)
二、几种主要的跨膜信号转导方式.....	(18)
三、跨膜信号转导和原癌基因	(23)
第三节 细胞的跨膜电变化.....	(24)
一、神经和骨骼肌细胞的生物电现象	(24)
二、动作电位的引起和它在同一细胞的传导	(31)
第四节 肌细胞的收缩功能.....	(34)
一、骨骼肌细胞收缩的引起和收缩机制	(35)
二、骨骼肌收缩的外部表现和力学分析	(40)
三、平滑肌的结构和生理特性	(44)
 第三章 血液	(47)
第一节 血液的组成和理化特性.....	(47)

一、血液的基本组成和血量	(47)
二、血浆的化学成分	(48)
三、血液的理化特性	(49)
第二节 血细胞生理	(50)
一、造血过程的调节	(50)
二、红细胞生理	(52)
三、白细胞生理	(56)
四、血小板生理	(58)
第三节 生理性止血	(60)
一、血小板的止血功能	(60)
二、血液凝固与抗凝	(63)
三、纤维蛋白溶解与抗纤溶	(67)
第四节 血型与输血原则	(68)
一、血型与红细胞凝集	(68)
二、红细胞血型	(69)
三、输血的原则	(73)
 第四章 血液循环	(75)
第一节 心脏的泵血功能	(75)
一、心动周期	(76)
二、心脏泵血过程	(76)
三、心音的产生	(79)
四、心泵功能的评定	(80)
五、心泵功能的调节	(81)
六、心泵功能的储备	(85)
第二节 心脏的生物电现象及节律性兴奋的产生和传导	(86)
一、心肌细胞的动作电位和兴奋性	(86)
二、心肌的自动节律性	(91)
三、心肌的传导性和兴奋在心脏的传导	(94)
四、体表心电图	(97)
第三节 血管生理	(99)
一、各类血管的功能特点	(99)
二、血流量、血流阻力和血压	(100)
三、动脉血压和动脉脉搏	(103)
四、静脉血压和静脉回心血量	(107)
五、微循环	(110)
六、组织液的生成	(113)
七、淋巴液的生成和回流	(115)

第四节 心血管活动的调节	(115)
一、神经调节	(115)
二、体液调节	(123)
三、局部血流调节	(127)
四、动脉血压的长期调节	(128)
第五节 器官循环	(129)
一、冠脉循环	(129)
二、肺循环	(131)
三、脑循环	(133)
 第五章 呼吸	(137)
第一节 肺通气	(137)
一、肺通气原理	(138)
二、肺容积和肺容量	(145)
三、肺通气量	(147)
第二节 肺换气和组织换气	(148)
一、气体交换的原理	(148)
二、肺换气	(150)
三、组织换气	(153)
第三节 气体在血液中的运输	(154)
一、氧和二氧化碳在血液中存在的形式	(154)
二、氧的运输	(154)
三、二氧化碳的运输	(159)
第四节 呼吸运动的调节	(161)
一、呼吸中枢与呼吸节律的形成	(161)
二、呼吸的反射性调节	(164)
三、周期性呼吸	(170)
四、运动时呼吸的变化及调节	(171)
 第六章 消化和吸收	(173)
第一节 概述	(173)
一、消化道平滑肌的特性	(173)
二、消化腺的分泌功能	(174)
三、胃肠的神经支配	(175)
四、消化道的内分泌功能	(177)
第二节 口腔内消化	(179)
一、唾液及其作用	(179)
二、咀嚼	(180)

三、吞咽	(181)
第三节 胃内消化	(182)
一、胃的分泌	(182)
二、胃的运动	(188)
第四节 小肠内消化	(191)
一、胰液的分泌	(191)
二、胆汁的分泌与排出	(195)
三、小肠液的分泌	(196)
四、小肠的运动	(197)
第五节 大肠内消化	(199)
一、大肠液的分泌	(199)
二、大肠的运动和排便	(199)
第六节 吸收	(200)
一、吸收过程概述	(200)
二、小肠内主要营养物质的吸收	(202)
 第七章 能量代谢与体温	(207)
第一节 能量代谢	(207)
一、食物的能量转化	(207)
二、能量代谢的测定	(208)
三、影响能量代谢的主要因素	(213)
四、基础代谢	(215)
第二节 体温及其调节	(216)
一、体温	(216)
二、机体的产热与散热	(219)
三、体温调节	(222)
 第八章 尿的生成和排出	(226)
第一节 肾的功能解剖和肾血流量	(226)
一、肾的功能解剖	(226)
二、肾血流量及其调节	(228)
第二节 肾小球的滤过功能	(229)
一、滤过膜及其通透性	(230)
二、有效滤过压	(231)
三、影响肾小球滤过的因素	(232)
第三节 肾小管与集合管的转运功能	(233)
一、近端小管中的物质转运	(234)
二、髓袢中的物质转运	(237)

三、远端小管和集合管中的物质转运	(238)
第四节 尿液的浓缩和稀释	(240)
一、尿液的稀释	(240)
二、尿液的浓缩	(241)
三、直小血管在保持肾髓质高渗中的作用	(243)
第五节 尿生成的调节	(244)
一、肾内自身调节	(244)
二、神经和体液调节	(246)
第六节 清除率	(249)
一、清除率的概念和计算方法	(249)
二、测定清除率的意义	(250)
第七节 尿的排放	(252)
一、膀胱与尿道的神经支配	(252)
二、排尿反射	(253)
 第九章 感觉器官的功能	(255)
第一节 感受器的一般生理	(255)
一、感受器、感觉器官的定义和分类	(255)
二、感受器的一般生理特性	(255)
第二节 眼的视觉功能	(258)
一、眼的折光系统及其调节	(260)
二、视网膜的结构和两种感光换能系统	(264)
三、视杆细胞的感光换能机制	(266)
四、视锥系统的换能和颜色视觉	(269)
五、视网膜的信息处理	(270)
六、与视觉有关的其他现象	(272)
第三节 耳的听觉功能	(273)
一、人耳的听阈和听域	(273)
二、外耳和中耳的功能	(274)
三、内耳(耳蜗)的功能	(276)
四、听神经动作电位	(279)
第四节 内耳的平衡感觉功能	(279)
一、前庭器官的感受装置和适宜刺激	(280)
二、前庭反应和眼震颤	(282)
第五节 嗅觉、味觉和皮肤感受器的功能	(283)
一、嗅觉感受器和嗅觉的一般性质	(283)
二、味觉感受器和味觉的一般性质	(284)
三、皮肤感觉感受器的功能	(285)

第十章 神经系统的功能	(287)
第一节 神经元与神经胶质细胞的功能	(287)
一、神经元	(287)
二、神经胶质细胞	(292)
第二节 神经元间的功能联系及反射	(294)
一、经典的突触传递	(294)
二、兴奋传递的其他方式	(303)
三、神经递质和受体	(305)
四、反射	(315)
第三节 神经系统的感觉分析功能	(318)
一、感觉传导通路	(318)
二、大脑皮层的感觉代表区	(322)
三、躯体感觉和内脏感觉	(326)
第四节 脑的电活动与觉醒、睡眠机制	(329)
一、皮层诱发电位	(329)
二、脑电图	(330)
三、觉醒与睡眠的产生机制	(332)
第五节 神经系统对姿势和运动的调节	(334)
一、运动调节的基本机制	(334)
二、运动调节系统的功能	(338)
三、姿势调节系统的功能	(341)
四、基底神经节的功能	(345)
五、小脑的功能	(347)
第六节 神经系统对内脏活动、本能行为和情绪反应的调节	(350)
一、自主神经系统的功能	(350)
二、内脏活动的中枢调节	(353)
三、本能行为和情绪反应的神经调节	(356)
四、神经、内分泌和免疫功能的关系	(358)
第七节 脑的高级功能	(359)
一、学习与记忆	(359)
二、大脑皮层的语言中枢	(363)
 第十一章 内分泌	(367)
第一节 概述	(367)
一、激素的分类	(367)
二、激素作用的一般特性	(369)
三、激素作用的机制	(370)

第二节 下丘脑与垂体的内分泌·····	(374)
一、下丘脑的内分泌功能·····	(375)
二、腺垂体的激素·····	(377)
三、神经垂体激素·····	(382)
第三节 甲状腺的内分泌·····	(384)
一、甲状腺激素的合成与代谢·····	(384)
二、甲状腺激素的生物学作用·····	(387)
三、甲状腺功能的调节·····	(389)
第四节 甲状旁腺与调节钙、磷代谢的激素·····	(391)
一、甲状旁腺激素·····	(391)
二、降钙素·····	(393)
三、1,25-二羟维生素 D ₃ ·····	(393)
第五节 肾上腺的内分泌·····	(395)
一、肾上腺皮质的内分泌·····	(395)
二、肾上腺髓质的内分泌·····	(400)
第六节 胰岛的内分泌·····	(401)
一、胰岛素·····	(402)
二、胰高血糖素·····	(405)
第七节 松果体的激素与前列腺素·····	(405)
一、松果体的激素·····	(405)
二、前列腺素·····	(406)
 第十二章 生殖·····	(408)
第一节 男性生殖·····	(408)
一、睾丸的生精作用·····	(408)
二、睾丸的内分泌功能·····	(408)
三、睾丸功能的调节·····	(409)
第二节 女性生殖·····	(411)
一、卵巢的生卵作用·····	(411)
二、卵巢的内分泌功能·····	(411)
三、卵巢周期性活动的调节·····	(413)
四、妊娠·····	(415)
 索引·····	(418)

第一章 绪 论

第一节 生理学的研究对象和任务

一、生理学的任务

生理学 (physiology) 是生物科学的一个分支, 是以生物机体的生命活动现象和机体各个组成部分的功能为研究对象的一门科学。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个器官和系统, 行使不同的功能。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, 特别是各个器官、细胞的功能表现的内部机制, 不同细胞、器官、系统之间的相互联系和相互作用, 从而使人们认识人体作为一个整体, 其各部分的功能活动是如何互相协调、互相制约, 在复杂多变的环境中能维持正常的生命活动过程。

生理学也是一门基础医学科学。人们必须在了解正常人体各个组成部分的功能的基础上, 才能理解在各种疾病情况下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以及功能变化与形态变化之间的关系, 一个器官发生病变如何影响及其他器官, 等等。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、生理学研究的三个水平

从研究方法和知识的获得来说, 生理学是一门实验性科学, 也就是说, 生理学的知识主要是通过实验获得的。生理学真正成为一门实验性科学是从 17 世纪开始的。在此之前, 我国和其他国家都有一些经典医学著作对人体器官的生理功能进行描述。但这些描述只是通过尸体解剖和动物活体解剖对身体器官功能的推测。17 世纪初, 英国 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。

作为一门实验性科学, 生理学的发展与其他自然科学的发展有密切的关系, 并且相互促进。其他自然科学的发展, 以及新的技术不断被应用于生理学实验, 使生理学的研究日益深入, 生理学的知识和理论不断得到新的发展。

构成身体的最基本的单位是**细胞** (cell)。由许多不同的细胞构成**器官** (organ)。行使某生理功能的不同器官互相联系, 构成一个**器官系统** (organ system)。整个身体就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整体。因此, 生理学研究就是从细胞、器官和系统、以及整体这样三个水平上进行的。

(一) 细胞和分子水平的研究

各器官的功能都是由构成该器官的各种细胞的特性决定的。例如,肌肉的收缩功能、腺体的分泌功能是由肌细胞和腺细胞的生理学特性决定的。因此,研究一个器官的功能要从细胞的水平上进行。在多数情况下,需将某种组织细胞从整体取下后,在一定的环境条件下对其功能进行研究。在分析研究结果时,必须注意一定的结果是在一定的条件下获得的,不能简单地把在离体实验中得到的结果直接用来推测或解释该细胞在完整机体中的功能或所起的作用。在完整机体内,细胞所处的环境比在离体实验时复杂得多,因此对于某种细胞在完整机体中的生理功能的分析,必须考虑到细胞在体内所处的环境条件及这些环境条件可能发生的变化。

细胞的生理特性是由构成细胞的各个分子,特别是生物大分子的物理学和化学特性决定的。例如肌肉细胞发生收缩,是由于肌细胞内若干种特殊的蛋白质分子的排列方式在某些离子浓度改变及酶的作用下发生变化的结果(见第二章)。细胞的生理特性又取决于其特殊的基因,在不同环境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分子水平。总之,在这个水平上进行研究的对象是细胞和构成细胞的分子,这方面的知识称为**细胞生理学**(cell physiology)或**普通生理学**(general physiology)。

(二) 器官和系统水平的研究

要了解一个器官或系统的功能,它在机体中所起的作用,它的功能活动的内在机制,以及各种因素对它活动的影响,这都需要从器官和系统的水平上进行观察和研究。例如要了解循环系统中心脏如何射血、血液在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影响等(见第四章),就要以心脏、血管和循环系统作为研究对象,是器官和系统水平的研究。

(三) 整体水平的研究

在整体情况下,体内各个器官、系统之间发生相互联系和相互影响,各种功能互相协调,使机体成为一个完整的整体,在变化的环境中维持正常的生命活动。从整体水平上的研究,就是以完整的机体为研究对象,观察和分析在各种生理条件下不同的器官、系统之间互相联系、互相协调的规律。

上述三个水平的研究,它们相互间不是孤立的,而是互相联系、互相补充的。要阐明某一生理功能的机制,一般需要对细胞和分子、器官和系统,以及整体三个水平的研究结果进行分析和综合,得出比较全面的结论。

第二节 机体的内环境

成人身体重量的约60%来自液体。体内的液体按其在体内的分布可分为两大类:约2/3的液体(约占体重的40%)分布在细胞内,称为**细胞内液**(intracellular fluid);其余1/3的液体(约占体重的20%)分布在细胞外,称为**细胞外液**(extracellular fluid)。细胞外液中,约1/4(约占体重的5%)分布在心血管系统内,也就是血浆;其余的3/4(约占体重的15%)分布在心血管系统之外,即全身的各种组织间隙中,称为**组织液**(interstitial fluid)。人体的细胞一般不能直接与外界环境发生接触;细胞直接接触

的环境是细胞外液。所以，细胞外液是机体中细胞所处的**内环境**（internal environment）。

细胞外液和细胞内液的成分有很大差别。细胞膜的结构以及细胞膜上的一些特殊的蛋白质分子的功能对于维持细胞外液和细胞内液的成分的差别起着重要的作用（见第二章）。细胞外液中含有较多的钠、氯、重碳酸根离子以及细胞所需的养分，如氧、葡萄糖、氨基酸、脂肪酸等，还含有二氧化碳及其他细胞代谢产物。细胞通过细胞膜与细胞外液之间发生物质交换：从细胞外液摄取氧和其他营养物质，同时将二氧化碳和其他代谢产物排入细胞外液。细胞外液在体内不断地流动：血浆与血细胞一起构成血液，在心血管系统内较快地循环；组织液则通过毛细血管壁以扩散的方式与血浆发生物质交换（见第四章）。生理学中一个十分重要的概念是，内环境的各项物理、化学因素是保持相对稳定的，称为内环境的**稳态**（homeostasis）。在高等动物中，内环境的稳态是细胞维持正常生理功能的必要条件，也是机体维持正常生命活动的必要条件。内环境的稳态，并不是说内环境的理化因素是静止不变的。相反，由于细胞不断进行代谢，就不断与内环境发生物质交换，也就不断地扰乱或破坏内环境的稳态；外界环境因素的改变也可影响内环境的稳态。体内各个器官、组织的功能往往都是从某个方面参与维持内环境的稳态的。例如肺的呼吸活动可补充细胞代谢消耗的 O_2 ，排出代谢产生的 CO_2 ，维持细胞外液中 O_2 和 CO_2 分压的稳态；胃肠道的消化、吸收可补充细胞代谢所消耗的各种营养物质，肾的排泄功能将各种代谢产物排出体外，从而使细胞外液中各种营养物质和代谢产物的浓度维持相对稳定。总之，内环境的稳态是细胞、器官维持正常生存和活动的必要条件；反之，各种细胞器官的活动又能维持内环境的稳态。在以后的各章中可以看到，生理学的大量内容都是关于各个器官、细胞是如何在维持内环境稳态中起作用的。细胞外液的各种成分，例如 O_2 和 CO_2 的分压、pH、各种离子和葡萄糖浓度等，在正常生理状态下都保持在一定的水平，其变动范围很小，超出一定的范围，就可能引起疾病；反过来，在疾病情况下，细胞外液的某些成分会发生变化，超出正常的变化范围。当某些环境变化或疾病时，内环境发生改变，机体许多器官可发生代偿性的活动改变，使内环境的各种成分重新恢复正常；如果器官、细胞的活动改变不能使内环境的各种成分恢复正常，则内环境可进一步偏离正常，使细胞和整个机体的功能发生严重障碍，甚至死亡。

第三节 生理功能的调节

在机体处于不同的生理情况时，或当外界环境发生改变时，体内一些器官、组织的功能活动会发生相应的改变，最后使机体能适应各种不同的生理情况和外界环境的变化，也可使被扰乱的内环境重新得到恢复。这种过程称为生理功能的**调节**（regulation）。机体对各种功能活动的调节的方式主要有三种，即**神经调节**（nervous regulation）、**体液调节**（humoral regulation）和**自身调节**（autoregulation）。

一、神经调节

机体的许多生理功能是由神经系统的活动来进行调节的。神经系统活动的基本过程

是**反射** (reflex), 反射活动的结构基础称为**反射弧** (reflex arc)。反射弧由五个基本成分组成, 即感受器、传入神经纤维、神经中枢、传出神经纤维和效应器。感受器能够感受体内某部位或外界环境的变化, 并将这种变化转变成一定的神经信号, 通过传入神经纤维传至相应的神经中枢, 中枢对传入信号进行分析, 并作出反应, 通过传出神经纤维改变效应器的活动 (见第十章)。在以后的各章中, 都会具体讲述神经系统对机体某种生理功能的调节过程。举例来说, 在生理情况下动脉血压是保持相对稳定的, 当动脉血压高于正常时, 分布在主动脉弓和颈动脉窦的动脉压力感受器能感受血压的变化, 并将血压变化转变为神经冲动, 后者通过传入神经纤维到达延髓的心血管中枢, 心血管中枢对传入的神经信号进行分析, 然后通过迷走神经和交感神经传出纤维, 改变心脏和血管的活动, 最后使动脉血压回降。这个反射称为**动脉压力感受性反射**, 对于维持动脉血压的稳态起着重要的作用 (见第四章)。神经系统对骨骼肌运动的调节, 使机体的动作能够准确、精巧、协调, 具有明显的生理意义。

二、体 液 调 节

体液调节是指机体的某些细胞能生成并分泌某些特殊的化学物质, 后者经由体液运输, 到达全身的组织细胞或体内某些特殊的组织细胞, 通过作用于细胞上相应的受体, 对这些组织细胞的活动进行调节。体内有多种内分泌腺细胞, 能分泌各种**激素** (hormone), 激素由血液运输至全身, 调节细胞的活动。例如胰岛 B 细胞分泌的胰岛素能调节细胞的糖代谢, 促进细胞对葡萄糖的摄取和利用, 在维持血糖浓度稳定中起重要作用。有一些激素可不经血液运输, 而是经由组织液扩散作用于邻近的细胞, 调节这些细胞的活动。这种调节是局部性的体液调节, 称为**旁分泌** (paracrine) 调节。另外, 下丘脑内有一些神经细胞也能合成激素, 激素随神经轴突的轴浆流至末梢, 由末梢释放入血, 这种方式称为**神经分泌** (neurosecretion)。除激素外, 体内有些物质, 包括某些代谢产物 (例如 CO_2), 对有些细胞、器官的功能也能起调节作用。

三、自 身 调 节

许多组织、细胞自身也能对周围环境变化发生适应性的反应, 这种反应是组织、细胞本身的生理特性, 并不依赖于外来的神经或体液因素的作用, 所以称为自身调节。例如血管壁的平滑肌在受到牵拉刺激时, 会发生收缩反应。当小动脉的灌注压力升高时, 对血管壁的牵张刺激增加, 小动脉的血管平滑肌就收缩, 使小动脉的口径缩小, 因此当小动脉的灌注压力升高时, 其血流量不致增大。这种自身调节对于维持组织局部血流量的相对恒定起一定的作用。

第四节 体内的控制系统

在用数学和物理学原理和方法研究工程技术控制时, 人们也用这些原理和方法来分析研究人体许多功能的调节, 看到功能调节过程和控制过程有共同的规律。人体内存在着数以千计的各种控制系统。在一个细胞内也存在着许多极其精细复杂的控制系统, 从