



全国医药卫生类农村医学专业教材

生理学

主 编 符史干 罗桂霞



第四军医大学出版社

全国医药卫生类农村医学专业教材

生 理 学

主 编 符史干 罗桂霞

副主编 陈 华 杨汎雯 傅凌莉 石 斌

编 者 (按姓氏笔画排序)

王 玮 (安徽省宿州卫生学校)

乌日娜 (内蒙古锡林郭勒职业学院)

石 斌 (沈阳市中医药学校)

杨汎雯 (云南省大理卫生学校)

陈 华 (福建省闽东卫生学校)

陈 瑜 (安徽省淮南卫生学校)

罗桂霞 (安徽省淮南卫生学校)

胡晓玲 (巴音郭楞蒙古自治州卫生学校)

洪 彬 (海南省卫生学校)

郭俊梅 (山西省晋中市卫生学校)

符史干 (海南省卫生学校)

提拉古丽·米吉提 (巴音郭楞蒙古自治州卫生学校)

傅凌莉 (重庆市医药卫生学校)

第四军医大学出版社·西安

图书在版编目 (CIP) 数据

生理学/符史干, 罗桂霞主编. —西安: 第四军医大学出版社, 2012.4 (2013.5 重印)

全国医药卫生类农村医学专业教材

ISBN 978-7-5662-0125-6

I. ①生… II. ①符… 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 (2012) 第 063468 号

shenglixue

生理学

出版人: 富 明 责任编辑: 马元怡

出版发行: 第四军医大学出版社

地址: 西安市长乐西路 17 号 邮编: 710032

电话: 029-84776765 传真: 029-84776764

网址: <http://press.fmmu.sn.cn>

制版: 新纪元文化传播

印刷: 陕西天意印务有限责任公司

版次: 2012 年 5 月第 1 版 2013 年 5 月第 3 次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 14.25 字数: 330 千字

书号: ISBN 978-7-5662-0125-6/R·1009

定价: 39.00 元

版权所有 侵权必究

购买本社图书, 凡有缺、倒、脱页者, 本社负责调换

出版说明

2010年教育部颁布《中等职业学校专业目录》(2010修订版),新增农村医学专业,以承担为农村医疗单位培养合格医务人员的责任,但教学实施过程中缺乏一套实用、适用的教材。为此,第四军医大学出版社联合中国职教学会教学工作委员会、中华预防医学会职业教育分会,按照研究先行、实践支撑的科学原则,完成农村医学专业课程的研究工作,其后组织全国40余所职业院校于2011年7月正式启动国内首套“全国医药卫生类农村医学专业教材”的编写工作。

本套教材的编写思想强调两个“转变”、三个“贴近”,即由传统的“以学科体系为引领”向“以解决基层岗位实际问题为引领”的转变,由“以学科知识为主线”向“基层实际应用技能为主线”转变;坚持“贴近学生、贴近岗位、贴近社会”,最终构建集思想性、科学性、先进性、启发性和适用性相结合的农村医学专业教材体系。同时,为满足农医专业学生参加临床执业助理医师资格考试的需求,教材设计了“案例分析”和“考点链接”模块,通过选编临床典型案例和高频考点并进行解析,以加深学生对重点、考点内容的理解,并提高其实际应用能力。

全套教材包括公共基础课、专业基础课、专业课、选修课、毕业实习与技能实习5个模块,共31门课程,主要供农村医学专业及其他医学相关专业使用,亦可作为基层医务人员的培训教材。

全国医药卫生类农村医学专业教材 建设委员会

主任委员 刘 晨

副主任委员 赵昌伦 宾映初 曹文元 朱爱军

委 员 (按姓氏笔画排序)

马永林 邓鼎森 石海兰 刘 敏

苏传怀 杨海根 吴 明 吴 敏

何海明 宋立富 张 展 张来平

张金来 张惊湖 陈德军 邵兴明

金 花 胡月琴 格根图雅 郭尧允

菅辉勇 崔玉国 符史干

序

太湖之滨，烟波浩渺，鱼米之乡，“二泉映月”委婉、舒缓、宁静、快乐、执着、激昂，感悟历史沧桑与幸福向往，名曲中外扬。十年前的昨天，来自全国的医学教育精英在此共议大事，筹划“卫生保健”专业的建设；十年后的今天，群英再聚首，同商“农医”专业的开拓发展，我们为之喝彩鼓掌。

农村，有着我国最广大的人口群体，“新农合”惠民政策正在深入人心，为百姓交口称道。为百姓的健康，培养身边下得来、留得住、干得好的农村医生，中国预防医学会公共卫生职教分会担重担、勇创新，组织全国开设此专业的院校齐心协力、智慧汇聚，使“农医”专业的建设应时而生、应势而长，使国家的惠民大计落地、生根、开花，将结出丰硕果实。这炫丽的花朵，恰绿叶相托，第四军医大学出版社捧上一片事业爱心、待人诚心，尽全力支持本专业的研究、开发和教材建设，并已见成效。

本套教材是教育部2010年确定开设“农医”专业后的第一套教材，有着很大的创新要求。它依据教育部专业目录与专业简介（2010版），以及此基础上公卫职教分会的研究结果——教改性教学方案而编写；它将医学教育与职业教育相结合，满足岗位需要；它适合学生、教师、院校的实际情况，具有可操作性。为此，陈锦治理事长、学会的核心院校领导和老师们共同努力，第四军医大学出版社鼎力支持，分析了本专业的教育目标、教育层次、岗位特征、学制学时、教学特点、学生状况以及执业资格准入标准等多个因素，提出了初中毕业起点学生获得农村医生执业（助理执业医师标准以上）能力的课程结构与基本教学内容。相信在教学实践中，老师们将结合实际做出进一步地探索与发展，以培养出合格的新型农村医生，发展医学服务事业，造福百姓，完成社会、时代所赋予的重任。

“农医”专业的课程与教材建设宛如柔韧多彩的江南乐曲与质朴高亢的秦腔汇成的一个春天的曲目，它会得到全国不同地区院校师生们的喜爱与爱护，它将是大家共同创造的“农医”专业的美好明天。

刘 晨

2012年3月28日于北京

前言

2010年,教育部颁布《中等职业学校专业目录》(2010修订版),新增设农村医学专业,新农医专业将承担起为农村医疗单位培养合格医务人员的责任,但在教学实施过程中,缺乏一套实用、适用的专业教材。中华预防医学会职业教育分会、中国职业教育学会教学工作委员会教学过程研究会、全国卫生职业教育新模式课题组合作,坚持职业教育的研究与实践相结合、专业教学实践支撑的科学原则,调动学会原负责卫生保健专业开发与建设的优质教育资源优势,先行做好农村医学专业课程的研究,并于2011年5月在无锡研讨会上通过“教改性人才培养方案”。据此,中华预防医学会职业教育分会与第四军医大学出版社经过认真遴选,组织全国40余所职业院校100余名老师参与编写农村医学专业教材。

《生理学》教材是本套教材基础科目之一。全书编写以技能素质需求→课程体系→课程内容→知识模块构建为指导思想,以准确性、实用性、先进性、循证性为原则,结合学生的认知特点,采取“实例→理论提高→技能培养”的新体例格局编写。全书包括绪论、细胞的基本功能、血液、血液循环、呼吸、消化与吸收、能量代谢和体温、尿的生成与排出、感觉器官的功能、神经系统、内分泌、生殖共12章。在内容深度上,以器官和系统水平为主,充分阐述中职层次学生所需的基本理论、基本知识和基本技能,选择性描述细胞、分子水平的相关知识和新进展,兼顾叙述整体水平对机体的调节作用。在内容的广度上,把握中职层次学生在使用生理学理论知识时达到实用、好用、够用、应用以及通过助理执业医师考试中的相关内容为准则,每章涵盖导读、知识点介绍、小结、思考题、导航网站等。在知识点介绍中,重点展示与实际应用和临床关系密切的生理学概念、原理和机制。

全书的编委涵盖全国10所中职卫生学校12人,他(她)们均是长期在生理学教学第一线的骨干教师,在高等医学院校从事生理学教学近30年的教师也参加了本书的编写。在编写过程中,编者参考并吸收了国外、国内高等医药院校和卫生院校有关教材的成果,也融入各自的教学经验,有利于教与学以及掌握教学的重点和难点。在编写过程中,编者认真、细致地对各项内容进行推敲,对选择各类图、表作了必要的修改。

本教材的编写过程得到了参编学校领导和教研室的大力支持,第四军医大学出版社的

同志为教材的出版付出了辛勤的劳动，在此一并表示衷心的感谢。

由于编写水平有限，经验不足，时间紧迫，本教材无论从形式或内容等难免存在不妥或错误之处，恳请广大师生和读者在教学和学习中提出宝贵的意见，以便不断完善。

符史干

2012年3月于海口

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 生理学简介	(1)
第二节 生命的基本特征	(3)
第三节 内环境与稳态	(4)
第四节 生理功能的调节	(4)
第二章 细胞的基本功能	(9)
第一节 细胞膜的结构与物质转运功能	(9)
第二节 细胞膜的跨膜信号转导功能	(13)
第三节 细胞的生物电现象	(13)
第四节 骨骼肌的收缩功能	(17)
第三章 血液	(24)
第一节 血液的组成与特性	(24)
第二节 血浆	(26)
第三节 血细胞	(28)
第四节 血液凝固与纤维蛋白溶解	(32)
第五节 血型	(37)
第四章 血液循环	(40)
第一节 心脏生理	(41)
第二节 血管生理	(52)
第三节 心血管活动的调节	(59)
第五章 呼吸	(64)
第一节 肺通气	(64)
第二节 气体的交换和运输	(71)
第三节 呼吸运动的调节	(74)
第六章 消化与吸收	(78)
第一节 消化道各段的消化功能	(78)
第二节 吸收	(87)
第三节 消化器官活动的调节	(89)
第七章 能量代谢和体温	(92)
第一节 能量代谢	(92)



第二节 体温	(94)
第八章 尿液的生成与排泄	(99)
第一节 肾脏的结构及功能概要	(99)
第二节 肾小球的滤过功能	(101)
第三节 肾小管和集合管的泌尿功能	(105)
第四节 尿液的浓缩和稀释	(109)
第五节 肾脏泌尿功能的调节	(111)
第六节 尿液及其排放	(114)
第九章 感觉器官的功能	(118)
第一节 概述	(118)
第二节 视觉器官	(119)
第三节 听觉器官	(123)
第十章 神经系统	(127)
第一节 神经元活动的一般规律	(127)
第二节 神经系统的感觉功能	(133)
第三节 神经系统对躯体运动的调节	(136)
第四节 神经系统对内脏活动的调节	(142)
第五节 脑的高级功能	(147)
第十一章 内分泌	(153)
第一节 激素	(153)
第二节 下丘脑与垂体	(154)
第三节 甲状腺	(157)
第四节 肾上腺	(161)
第五节 胰岛	(164)
第六节 甲状旁腺激素、降钙素和维生素D ₃	(166)
第七节 其他激素	(167)
第十二章 生殖	(169)
第一节 男性生殖	(169)
第二节 女性生殖	(171)
生理学实验指导	(177)
第一部分	(177)
第二部分	(181)
模拟测试卷	(203)
参考答案	(215)
参考文献	(216)

第一章 绪 论

导读：当你走进生理学知识殿堂去感悟其内涵时，首先要知道的是生理学的含义及其研究对象和任务是什么。同时，你还会认识到生理学与医学的发展有着紧密的联系，它是医学的重要基础学科之一；它应用了急性和慢性实验方法从细胞和分子、器官和系统三个水平来研究机体的生命活动规律。新陈代谢、兴奋性、适应性和生殖成为生命活动的四个基本特征。学习内环境和稳态的概念和意义，有助于加深对生理学功能的变化与临床疾病发生关系的理解。神经调节、体液调节和自身调节是机体生理功能的三大调节方式，重要的调节过程是通过闭合环路完成的，而反馈调节理论可解释这些调节功能。

第一节 生理学简介

一、生理学概念

生理学 (physiology) 是一门研究机体生命活动现象和规律的科学。它主要研究在正常状态下，机体内各细胞、器官、系统的功能，以及机体各部分之间的相互协调并与外界环境相适应的规律和机制。

二、生理学的研究对象和任务

(一) 研究对象

生理学是以活的机体（包括活器官、活细胞等）为研究对象，探讨各种生命活动现象及变化规律。按研究对象不同可分为植物生理学、动物生理学和人体生理学等，按所处环境状态不同分为高原生理学、潜水生理学、太空生理学等。人体生理学是以人体及组成人体的各个系统、器官及细胞为研究对象。

(二) 研究任务

生理学的任务就是研究这些生命活动，即生理功能发生的条件、过程及机制，以及机体的内外环境中各种因素变化对这些功能的影响，从而掌握各种生理功能变化的规律。在人体生理学研究任务中，既要研究各器官、细胞的正常活动现象和规律，又要研究各系统、器官和细胞之间的相互关系，为卫生保健、疾病防治提供理论依据，并为学习其他学科打下良好的理论基础。



三、生理学与医学的关系

在医学课程中,生理学是一门必不可少的基础理论课。它以解剖学、组织学为基础,其本身又是药理学、病理学、诊断学及临床各课程的基础,因而起到承前启后的作用。要认识疾病的病理变化及其机制,就必须弄清人体正常生理功能;同样,认识人体正常生理功能可以促进对临床疾病的进一步认识。十九世纪法国著名的生理学家克劳德·伯尔纳(Claude Bernard)说:“医学是关于疾病的科学,而生理学是关于生命的科学,所以后者比前者更有普遍性。”可见,生理学在医学中位居重要的地位,是医学不可缺少的一门基础理论科学。

四、生理学研究的三个水平

构成机体的基本功能单位是细胞,不同的细胞构成器官。行使某一生理功能的不同器官互相联系,构成一个系统。完整的机体就是由各系统互相联系,互相补充而构成的一个复杂的整体。因此,生理学可从细胞和分子、器官和系统、整体三个水平进行研究。

(一) 细胞和分子水平

生理活动的物质基础是生物机体,构成机体的最基本结构和功能单位是各类细胞,每一器官的功能都与组成该器官的细胞的生理特性分不开,例如肌肉的功能与肌细胞的生理特性分不开,而腺体的功能与腺细胞的生理特性分不开。

(二) 器官和系统水平的研究

这个水平着重阐明器官或系统的功能,它在机体中所起的作用,它是怎样进行活动的,它的功能活动的内在机制以及调控其活动的各种影响因素。例如,关于心血管组成的血液循环系统的生理功能研究,需要阐明心脏各部分如何协同活动、心脏如何射血、血管如何调配血液供给、血管内血液流动的动力和阻力、心血管活动如何调节等规律。

(三) 整体水平的研究

以完整的机体为研究对象,观察和分析在生理条件下不同的器官、系统之间互相联系、互相协调的规律以及机体与环境之间相互联系和相互影响的研究。在整体情况下,机体活动并不等于心、肺、肾等器官生理功能的简单总和。只有各个器官、系统之间发生互相联系和相互影响,各种功能互相协调,才能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。

总之,生理功能虽然以细胞和分子特性为基础,并服从于物理和化学的变化规律,但生理学毕竟不等同于物理学和化学,它们既有细胞和分子水平的研究和科学规律,还有器官、系统和整体水平的研究及科学规律。因此,上述三个研究水平相互间不是孤立的,而是互相联系、互相补充的。

五、常用研究方法

生理学不仅是一门理论性很强的科学,而且也是一门实验性科学。生理学的理论主要来自于实验研究,因此实验研究方法对生理学的发展甚为重要。实验研究方法按动物实验进程分为慢性实验和急性实验,两种方法各有优、缺点,可以互相补充、取长补短

(表1-1)。

表 1-1 慢性、急性实验的基本概念及其优、缺点

研究方法	概 念	优 点	缺 点
慢性实验	在一段时间内同一动物多次、重复观察完整机体内某器官或生理指标变化	符合整体功能活动	条件高、时间长、影响因素多
急性实验	在体实验 在麻醉或清醒状态下的完整动物身上进行观察或实验	易于控制，实验简单	特定条件下不一定代表整体条件的活动情况
	离体实验 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	利于排除无关因素	

第二节 生命的基本特征

通过对各种生物体基本生命活动的观察和研究，发现生命活动的基本特征主要包括新陈代谢 (metabolism)、兴奋性 (excitability)、适应性 (adaptability) 和生殖 (reproduction)。各种特征的基本概念及其意义 (表 1-2)。

表 1-2 生命活动基本特征的概念及其意义

基本特征	概 念	意 义
新陈代谢	机体通过合成和分解作用与外界环境进行物质和能量交换以及机体内部物质与能量转变而实现自我更新的过程	是生命活动的最基本特征，新陈代谢一旦停止，生命也就结束
兴奋性	活组织或细胞对刺激产生反应 (动作电位) 的能力或特性	是生物体对环境变化做出适应性反应的基础
适应性	机体在各种环境变化中，保持自己生存的能力或特性	维持稳态，保护机体，适应生存
生殖	生物体生长发育到一定阶段，能产生与自己相似的子代，即自我复制的功能	繁殖后代，延续种系

需要指出的是，新陈代谢包括两个过程，即机体从环境中摄取营养物质，合成为自身物质的过程称为合成代谢；机体分解其自身成分并将分解产物排出体外的过程称为分解代谢。兴奋性涉及刺激与反应两个名词，刺激 (stimulus) 是指活的机体或组织细胞所感受的内外环境的任何变化。根据性质不同可将刺激分为：机械、化学、物理、生物、心理等等。阈值 (threshold) 是指刚刚能引起组织细胞发生反应的最小刺激强度，又称为阈强度 (threshold intensity)，它与兴奋性成负相关。相当于阈强度的刺激称为阈刺激，刺激强度低于阈值的刺激称为阈下刺激，刺激强度大于阈值的刺激称为阈上刺激。任何刺激能引起组织兴奋必须具备三个条件，即一定的刺激强度、刺激的持续时间和强度-时间变化率。反应 (response) 是指当环境发生改变时，机体内部的代谢和外表的活动将发生变化。机体对刺激所产生的反应是多种多样的，形式各异，但都属于各器官或组织细胞的特有功能表现，如肌肉收缩、神经传导、腺体分泌、纤毛运动、变形运动等等。这些功能活动若在感受有效刺激后表现为加强，称为兴奋；感受有效刺激后功能活动表现为减弱，则称为抑

制。抑制并不是无反应，而是与兴奋现象相对立的另一种活动现象。如在动物实验中，以电刺激家兔颈部交感神经，动物的心跳加快、加强（兴奋）；若刺激颈部迷走神经，心跳减慢、减弱，甚至停止（抑制）。神经、肌肉和腺体三种组织在接受刺激后迅速产生特殊的生物电变化和功能反应，因此三者被称为可兴奋组织。

第三节 内环境与稳态

机体所处的外界环境称为外环境，如阳光、空气等。社会环境也影响人体的功能，也属于外环境范畴。机体不断调整功能状态以适应外环境的变化。机体内细胞所直接生存的环境称为内环境（internal environment），即细胞外液，包括血浆、组织液、脑脊液和淋巴液。而分布在细胞内的部分称为细胞内液。二者总称为体液，占体重的60%（图1-1）。

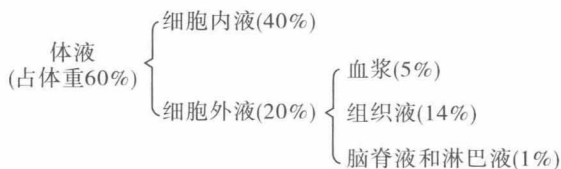


图 1-1 机体体液分布图

一、内环境

细胞外液和细胞内液的成分有很大差别。这种差别得以维持取决于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。细胞外液不仅为细胞直接提供必要的物理和化学条件，而且为细胞生存提供营养物质及接受细胞代谢的终产物。对细胞而言，它是细胞生存的外环境，但对机体而言则是机体的内环境。

二、内环境稳态

细胞外液的各种理化因素（如渗透压、温度、pH、水、电解质、营养物质、 O_2 和 CO_2 分压等）在一定范围内波动，保持相对稳定的状态称为内环境稳态。它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。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 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。因此，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。

第四节 生理功能的调节

在机体处于不同的生理情况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。

一、生理功能的调节方式

机体对各种功能活动的调节方式主要有三种，即神经调节、体液调节和自身调节。

(一) 神经调节

神经调节 (neuroregulation) 是通过神经系统的活动实现的。神经系统的活动能够传导其兴奋时所产生的电位变化，生理学上称其为神经冲动。神经系统正是通过神经冲动的传导影响其他器官的活动，这一过程称为神经调节。

神经系统活动的基本方式是反射 (reflex)。所谓反射，是指机体在中枢神经系统的参与下，对内、外刺激产生规律性应答的过程。反射活动的结构基础称为反射弧。反射弧 (reflex arc) 由 5 个部分组成，即感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器 (图 1-2)。

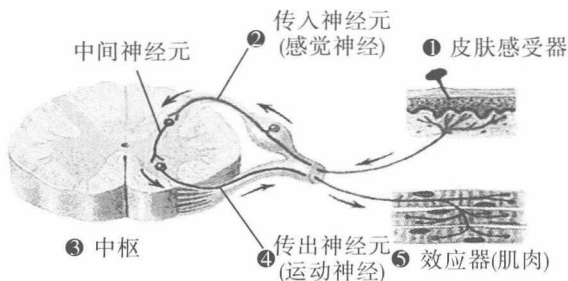


图 1-2 反射弧的基本结构模式图

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，再通过传出神经纤维改变效应器的活动。这里以生理情况下动脉血压是保持相对稳定为例，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）。神经调节的特点是迅速、准确、短暂、局限、自动化。

这里以生理情况下动脉血压是保持相对稳定为例，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）。神经调节的特点是迅速、准确、短暂、局限、自动化。

(二) 体液调节

体液调节 (humoral regulation) 是指体内产生的一些化学物质通过组织液或血液循环影响某种组织或器官的活动。这一类化学物质包括激素（内分泌腺和散在分布的内分泌细胞所分泌）、细胞代谢产物（如 CO_2 、乳酸）以及组织胺、5-羟色胺、腺苷酸等。根据作用途径远近、范围和相互关系，体液调节有全身性体液调节和局部性体液调节。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，属全身性体液调节。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，称为旁分泌，是一种局部性的体液调节。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。如交感神经兴奋时，既通过传出神经直接作用于心血管和胃肠道，同时又引起肾上腺髓质激素的分泌，通过血液循环作用于心血管和胃肠道。这种复合调节方式被称为神经-体液调节。体液调节的特点是缓慢、持久、广泛。

(三) 自身调节

许多组织、细胞自身对周围环境变化发生适应性的反应是组织、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 (autoregulation)。例如，

骨骼肌或心肌的初长度（收缩前的长度）能对收缩力量起调节作用，当初长度在一定限度内增大时，收缩力量会相应增加，而初长度缩短时收缩力量就减小。一个器官在不依赖于器官外来的神经或体液调节情况下，器官自身对刺激发生的适应性反应过程也属于自身调节。自身调节的特点是范围局限，幅度较小，敏感性低，但对生理功能的调节仍有一定意义。

二、生理功能的反馈调节

利用工程技术的控制论原理来分析人体许多功能的调节，可见功能调节过程和控制过程有共同的规律。20 世纪 40 年代，通过运用数学和物理学的原理和方法，分析研究各种工程技术的控制和人体的各种功能调节，得出了一些有关调节和控制过程的共同规律，产生了一个新的学科，这就是控制论。运用控制论原理分析人体的调节活动时，人体的各种功能调节可分为三类控制系统。

（一）非自动控制系统

非自动控制系统是一个开环系统，即系统内受控部分的活动不会影响控制部分的活动。这种控制方式是单向的，即只由控制部分发出活动指令控制受控部分，受控部分则不能返回信息。这种控制方式对受控部分的活动实际上不能起调节作用。在人体正常生理功能的调节中，这种方式的控制系统是极少见的。

（二）反馈控制系统

这是人体生命活动最常见的反馈控制系统，也称为自动控制系统。它是一个闭环系统，即控制部分发出信号指示受控部分发生活动，受控部分则发出反馈信号返回到控制部分，使控制部分能根据反馈信号来改变自己的活动，从而对受控部分的活动进行调节。在反馈控制系统中，反馈信号对控制部分的活动可发生不同的影响。在正常人体内，大多数情况下反馈信号能降低控制部分的活动，即负反馈（negative feedback）；在少数情况下反馈信号能加强控制部分的活动，为正反馈（positive feedback）（图 1-3）。

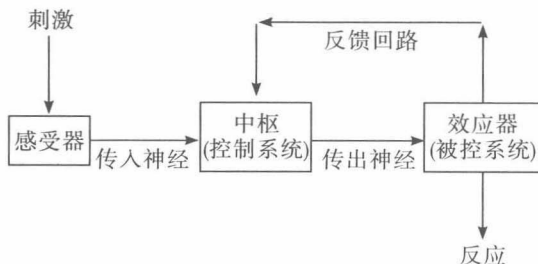


图 1-3 机体功能的自动控制系统模式图

1. 负反馈 负反馈控制系统对于维持内环境稳定极为重要。当一个系统的活动处于某种平衡或稳定状态时，若某种外界因素使该系统的受控部分活动增强，则该系统原先的平衡或稳态遭受破坏。在存在负反馈控制机制的情况下，活动增加的受控部分，可通过反馈机制传递至控制部分，控制部分经分析后，发出指令使受控部分活动减弱，使反应向平衡恢复方向发展；反之，如果受控部分活动过低，可通过反馈机制使其活动增强，结果也向平衡状态恢复方向转变。所以，负反馈控制系统的作用是使系统保持稳定。机体内环境之所以能维持稳态，就是因为存在许多负反馈控制系统。动脉血压是由心脏和血管的活动共同形成的，而心脏和血管的活动又受脑内的心血管活动中枢控制。如动脉血压的维持就是一个典型负反馈控制例子。当人体由卧位转变为立位时，体内部分血液因滞留在下肢，使回心血量减少，血压会降低，主动脉弓和颈动脉窦的压力感受器就立即将信息通过传入神经反馈到心血管中枢，使心血管中枢的活动发生改变，从而调节心脏和血管的活动，使动

脉血压向正常水平恢复。

2. 正反馈 受控部分发出的反馈信号再进一步加强控制部分的活动, 导致受控部分的活动更加加强, 可见正反馈控制系统的活动使整个系统处于再生状态。因此, 正反馈不可能维持系统的稳态或平衡, 只能是破坏原先的平衡状态。分娩过程是正反馈控制系统活动的实例。当临近分娩时, 某些干扰信息可诱发子宫收缩, 子宫收缩导致胎儿头部牵张子宫颈部; 宫颈受到牵张可反射性导致催产素分泌增加, 从而进一步加强宫缩, 转而使宫颈进一步受到牵张; 如此反复再生, 直至胎儿娩出为止。又如, 当血管破裂时, 各种凝血因子相继激活, 最后形成血凝块, 将血管破口封住。

应当指出, 病理情况下也会出现许多正反馈的过程。例如, 当一个人发生大量失血时, 心输出量减少, 血压明显降低, 冠状动脉血流量也减少, 结果使心肌收缩力减弱, 射出血量更少, 如此反复, 直至死亡。在这个过程中, 心肌活动减弱, 通过反馈控制, 心脏活动更弱, 所以是正反馈, 也常称为恶性循环。

(三) 前馈控制系统

在神经系统的调节控制中, 除反馈控制外, 还有前馈控制 (feed-forward control)。前馈控制是指控制部分发出信号, 指令受控部分进行某一活动, 同时又通过另一快捷途径向受控部分发出前馈信号, 及时地调控受控部分的活动。一般地说, 负反馈调节可以纠正刺激引起的过度反应, 但总是在过度反应出现以后才进行, 过度现象的纠正总要滞后一段时间, 而且易出现矫枉过正, 引起波动。例如, 动物见到食物就引致唾液分泌, 这种分泌比食物进入口中后引致唾液分泌来得快, 而且富有预见性, 更具有适应性意义。

小 结

生理学是一门研究正常机体生命活动及其功能活动规律的科学。它是以活的机体为研究对象, 从细胞和分子、器官和系统、整体 3 个水平进行研究。生理学的研究为临床医学提供重要的基础, 而临床的研究也有助于对生理科学的发展。生理学实验主要采用慢性和急性实验, 后者包括离体和在体实验。新陈代谢、兴奋性、适应性和生殖是生命活动的 4 个基本特征, 新陈代谢的内涵是生物体的自我更新, 兴奋性是指活组织或细胞对刺激产生反应 (动作电位) 的能力或特性, 活的机体或组织细胞所感受的内外环境的任何变化称刺激, 环境发生改变时机体内部的代谢和外部的活动发生变化称反应, 刚刚能引起组织细胞发生反应的最小刺激强度称为阈强度 (阈值), 它与兴奋性成反变关系。体内的所有细胞均被细胞外液所包围, 故细胞外液称为内环境, 细胞外液的各种理化因素 (如渗透压、温度、pH、水、电解质、营养物质、 O_2 和 CO_2 分压等) 等在一定范围内波动称为内环境稳态。生理功能的相对稳定性受机体完善的调节机制调控, 神经、体液和自身调节是机体功能调节的 3 种方式, 其调节方式是根据生理功能需求进行自动而精确的调控; 机体的调节系统是由闭合回路组成的自动控制系统, 可通过反馈纠正或调整生理功能, 负反馈是维持稳态的重要调控途径, 而正反馈则能保证某些生理功能的顺利完成。