

全国成人高等医学教育协作组“专升本”规划教材

倪 江 / 主编

生 理 学

供基础、临床、预防、口腔、检验、影像医学类专业用

- 教育部高教司 卫生部科教司“课程基本要求”接轨教材
- 国家执业医师资格考试“直通车”

中国协和医科大学出版社

全国成人高等医学教育协作组“专升本”规划教材
供基础、临床、预防、口腔、检验、影像医学类专业用

生 理 学

倪 江 主 编
管茶香 余承高 副主编

编者 (按章节编写顺序排列)

倪 江	(哈尔滨医科大学)	关宿东	(蚌埠医学院)
余承高	(华中科技大学同济医学院)	白 波	(泰山医学院)
姜恩魁	(锦州医学院)	康颂建	(泰山医学院)
秦达念	(汕头大学医学院)	董 榕	(东南大学医学院)
王 勇	(汕头大学医学院)	赵书芬	(中国医科大学)
王卫国	(天津医科大学)	蒋正尧	(青岛大学医学院)
管茶香	(中南大学湘雅医学院)	崔浩军	(内蒙古医学院)
祝 延	(蚌埠医学院)		

秘 书:金宏波(哈尔滨医科大学)

绘 图:徐 欣(锦州医学院)

中国协和医科大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

生理学 / 倪江主编. —北京: 中国协和医科大学出版社, 2004.4
(全国成人高等医学教育协作组“专升本”规划教材)
ISBN 7-81072-507-6

I. 生… II. 倪… 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 (2004) 第 015593 号

全国成人高等医学教育协作组“专升本”规划教材

生 理 学

供基础、临床、预防、口腔、检验、影像医学类专业用

主 编: 倪 江
责任编辑: 顾良军

出版发行: 中国协和医科大学出版社
(北京东单三条九号 邮编 100730 电话 65260378)

网 址: www.pumcp.com
经 销: 新华书店总店北京发行所
印 刷: 北京丽源印刷厂

开 本: 787×1092 毫米 1/16 开
印 张: 25.25
字 数: 600 千字
版 次: 2004 年 5 月第一版 2004 年 5 月第一次印刷
印 数: 1—5000
定 价: 43.50 元

ISBN 7-81072-507-6/R·502

(凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页及其他质量问题, 由本社发行部调换)

**全国成人高等医学教育协作组“专升本”规划教材
编写委员会**

主任委员

郑树森

副主任委员

董崇田 袁 钟 张成兰 沈 彬

委 员 (按姓氏笔画为序)

于秉治	刘纯艳	吕敏芝	朱为民	余承高	吴 坤
张爱珍	李 敏	李玉林	杨世杰	陈金华	周胜利
胡品津	梁万年	熊宝珍	潘辉英	磨 琨	

出版说明

为了确保全国高等医学教育专科起点本科的教育质量,落实教育部关于专升本的培养目标,全国成人高等医学教育协作组组织全国高等医学教育专家编写了本套教材。

在我国高等医学教育中,由于专升本教育对象有的从事过医学工作,有的尚未参加工作,但是均经过了专科培养。若按一般本科教育不仅会出现教学内容重复,也难以与医学实践教学相结合。因此,目前专升本教育仍在探索中。通过调查了解,学生愿意使用普通本科教育教材,以示自己在接受本科教育,但在具体学习过程中,学生很反感重复教学,希望学习到更多的新的实用知识和技能,尤其是结合临床实际的内容。针对专升本教育的这些问题,全国成人高等医学教育协作组在卫生部科教司的指导下,从2001年开始组织专家进行科学研究,广泛听取多年从事专升本教育教师的意见,总结出专升本教育的特点和培养目标的要求。通过反复讨论和修改,编写了医学专升本教育的课程基本要求。在此基础上,协作组又在2002年厦门会议上讨论决定编写专升本系列教材。根据卫生部科教司有关领导的指示精神,经征集专家的意见,确定了本套教材的特点和编写原则,即缩减本科与专科教学内容的重复,增加临床实践教学内容,并结合临床执业医师资格考试,力求全面覆盖执业医师资格考试内容,使这套教材成为专升本学生参加执业医师资格考试的“直通车”,必将受到广大专升本教师和学生的欢迎。

本套教材的编写始终得到卫生部科教司的关怀与支持,在卫生部的直接指导下经过认真地推荐与评选,成立了以郑树森院士为主任委员的编委会,根据编委会拟定的严格条件,认真遴选了每个学科的主编、副主编和编者。在编写过程中认真参考了已有的各种教材,并要求每位主编及时写出本门教材的编写大纲和样章。本套教材经过充分准备、认真研讨、集思广益,总结了各类教材的经验教训,广泛征求了教学第一线的教师意见,准确把握专升本的教学内容,并做到能够与执业医师考试有机地结合。

值此2004年我们将本套教材奉献给广大教师和学生,使大家在成人高等医学教育中真正受益,既符合成人高等医学教育的需要,又充分反映了专升本医学生的普遍要求。

本套教材的编写尽管汇集了全体专家的智慧和经验,但不足之处在所难免,恳请各位同行与广大学生提出宝贵意见,批评指正。

全国成人高等医学教育协作组

二〇〇四年三月

前 言

成人医学类专科起点本科学历教育是我国医学教育的重要组成部分。随着全国成人高等医学教育的不断发展,不同层次医学教育的特点逐渐突出。为适应医学教育教学的改革与发展,全国高等医学成人教育协作组编写了一套适用于不同专业的专科起点本科学历教育的教材。

本教材遵照这套教材的编写精神和要求,除贯彻和落实专业培养目标,强调基本理论知识、基本思维方法和基本实践技能,体现思想性、科学性、先进性、启发性和适用性外,更注重专科起点本科学历教育的特点。针对教材的读者对象是具有了一定的医学知识和临床经验、通过了助理医师资格考试的在职人员,经过进一步提高后可达到本科毕业水平的要求,教材体现了医学教育模式的转变,强调整体优化,注意了教材内容的内在联系和逻辑性。根据生理学课程的基本要求,在参考了国内外相关教材、国家执业医师考试大纲的基础上,精选了内容,编写了本教材。

本教材内容在保持生理学系统性的基础上,阐述力求深入浅出、重点突出,适当联系临床。在每节正文前增列了“本节要点”,体现大纲的重点和难点内容;正文中对于专科学过的内容以简洁的文字,或以表格形式进行了概括总结,并增加了“资料栏”,适当介绍了一些生理学研究方法、研究历史及其他相关进展和知识等,以增加学习兴趣;每章正文后增加了“本章要点”,内容涵盖了本章的主要内容,突出了基本概念和基本理论,便于学生复习和自学。全书正文后附有各章复习思考题及参考答案要点,用于复习掌握教材的重点和难点内容。

本教材的编写得到了很多院校和同仁的支持和帮助;泰山医学院康颂建教授、汕头大学医学院王勇教授和蚌埠医学院关宿东教授参加了部分章节的编写,全书的插图由锦州医学院徐欣等同志绘制;哈尔滨医科大学金宏波老师承担了本书的秘书工作,做了很多具体细致的工作,在此一并表示衷心的感谢。

由于时间仓促,加之经验和水平有限,虽几经修改,书中难免存在诸多缺点和错误,恳请使用本教材的广大师生和读者批评指正,不吝赐教,以便予以修订。

倪 江

2004年1月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 生理学的研究任务、内容和方法.....	(1)
第二节 生理功能的相对稳定性.....	(3)
第三节 生理功能的调节.....	(5)
第四节 生理功能调节的控制系统.....	(6)
第二章 细胞的基本功能	(9)
第一节 细胞膜的基本结构和物质转运功能.....	(9)
第二节 细胞的跨膜信号转导功能.....	(17)
第三节 细胞的生物电现象.....	(23)
第四节 肌细胞的收缩功能.....	(39)
第三章 血液	(47)
第一节 概述.....	(47)
第二节 血细胞生理.....	(51)
第三节 血液凝固与纤维蛋白溶解.....	(60)
第四节 血型与输血.....	(66)
第四章 血液循环	(72)
第一节 心脏的泵血功能.....	(72)
第二节 心脏的生物电现象.....	(81)
第三节 血管生理.....	(94)
第四节 心血管活动的调节.....	(110)
第五节 器官循环.....	(123)
第五章 呼吸	(132)
第一节 肺通气.....	(132)
第二节 肺换气和组织换气.....	(142)
第三节 气体在血液中的运输.....	(146)
第四节 呼吸运动的调节.....	(150)
第六章 消化和吸收	(158)
第一节 概述.....	(158)
第二节 口腔内消化.....	(163)
第三节 胃内消化.....	(165)
第四节 小肠内消化.....	(172)
第五节 大肠的功能.....	(177)
第六节 吸收.....	(179)

第七章 能量代谢与体温	(183)
第一节 能量代谢	(183)
第二节 体温及其调节	(189)
第八章 尿的生成与排出	(196)
第一节 肾脏的结构特征及其血液循环	(196)
第二节 尿生成的过程	(200)
第三节 尿的浓缩和稀释	(212)
第四节 肾脏泌尿功能的调节	(216)
第五节 血浆清除率	(220)
第六节 尿液及其排放	(222)
第九章 感觉器官的功能	(226)
第一节 感受器的一般生理	(226)
第二节 眼的视觉功能	(228)
第三节 耳的听觉功能	(239)
第四节 内耳的平衡感觉功能	(245)
第五节 嗅觉和味觉的功能	(248)
第十章 神经系统的功能	(251)
第一节 神经元和神经纤维	(251)
第二节 中枢神经系统活动的一般规律	(255)
第三节 神经系统的感觉分析功能	(268)
第四节 神经系统对躯体运动的调节	(276)
第五节 神经系统对内脏活动的调节	(285)
第六节 脑的高级功能	(289)
第十一章 内分泌	(297)
第一节 概述	(297)
第二节 下丘脑与垂体	(302)
第三节 甲状腺	(309)
第四节 肾上腺	(314)
第五节 胰岛	(318)
第六节 甲状旁腺激素、降钙素和维生素 D ₃	(321)
第七节 其他内分泌腺体和激素	(324)
第十二章 生殖	(327)
第一节 男性生殖	(327)
第二节 女性生殖	(330)
第三节 妊娠	(337)
复习参考题及答案	(342)
中英文对照专业词汇表	(390)

第一章 绪 论

第一节 生理学的研究任务、内容和方法

- 生理学是研究正常人体生命活动规律的科学。
- 生理学的研究内容可分为整体水平、器官和系统水平、细胞和分子水平的研究。

一、生理学的研究任务

生理学 (physiology) 是一门基础医学科学, 是生物学的一个分支。根据研究对象的不同, 生理学可分为植物生理学、动物生理学及人体生理学等。一般地, 人体生理学 (human physiology) 可简称为生理学。

生理学是研究人体正常生命活动规律的科学。生命活动即机体的生理功能, 是指整个机体及其组成的各器官、系统在正常状态下所表现出的功能活动形式与作用, 如血液循环、呼吸、消化吸收、排泄等等。生理学的研究任务是阐明这些生命活动的过程和规律、产生的机制和条件以及内、外环境变化对它们的影响, 从而掌握正常人体生命活动的规律及其调控机制。

与其他生物、医学科学相比, 生理学除强调调节机体功能的过程外, 还专注于完整机体的协调统一, 即注意机体功能与内、外环境变化之间的整合。19 世纪法国著名的生理学家 Claude Bernard 曾说: “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。这就是为什么说生理学必然是医学的科学基础。”可见, 对机体正常生理功能的认识越正确, 对疾病的认识就越深入, 对预防和治疗疾病所采取的措施也就越恰当。学习生理学一方面为卫生保健、增进健康、预防和治疗疾病提供理论依据, 也为学习其他医学课程打下必要的理论基础。

二、生理学的研究内容

人体的结构和功能十分复杂, 在研究生理功能及其产生的机制时, 必定要从不同的角度进行探讨。生理学的研究内容, 大致可以分为三个不同的水平 (表 1-1)。

对系统、器官和组织水平 (如肌肉、血液) 对机体生理功能的机制研究在 20 世纪中叶达到了高峰。人们在宏观世界耕耘了多年后, 必然深入到微观世界的探索。20 世纪 50 年代, DNA 双螺旋结构的发现在生物学研究中引发了一场革命, 随着分子生物学和细胞生物学等新兴学科的迅速崛起, 也把生理活动及其机制的认识推向了细胞、分子水平。近年的基

基因组与蛋白质组学研究必将对生理学产生深远的影响。研究基因与生理功能的相关规律显然将成为生命研究的一个极其重要的方向。

表 1-1 生理学研究的三个水平

研究水平	研究内容	举例
整体	研究人体与环境的对立统一关系及体内各器官系统功能活动之间的相互关系	劳动、高空飞行、潜水等条件下机体生理功能的变化等
器官系统	研究各器官的功能及其调节	心脏射血机制, 影响心脏活动的因素
细胞、分子	研究细胞和细胞内各亚微结构的功能, 各种生物分子的特殊理化改变过程	细胞膜对物质的转运功能; 心肌细胞生物电活动

当然, 无论哪个水平的研究, 最终都要阐明机体是如何进行生命活动, 实现其生理功能这一基本问题。这就需要整合的观点, 在分析的基础上进行综合, 从局部到整体, 从微观到宏观, 相辅相成, 不断深入研究。机体的各种生理功能之间是相互影响, 相互制约的, 并且与内外环境保持着密切的联系, 同时还受心理和社会因素的影响。可以预期, 生理功能整合性的研究也将成为重要的研究方向。

三、生理学的研究方法

现代生理学的研究大量地采用了各学科发展起来的新技术、新方法, 从不同的水平、不同的侧面去揭示生命活动的规律。生理学研究除可在人体上直接进行观察外, 利用动物实验来探讨人体的某些生理功能及其产生机制也是不可缺少的手段。

动物实验可分为慢性实验 (chronic experiment) 与急性实验 (acute experiment) 两大类。

1. 慢性实验 在无菌条件下对健康动物进行手术, 并在不损害动物机体完整性的前提下暴露、摘除、破坏或移植所要研究的器官, 然后尽可能在接近正常的生活条件下, 观察它们的功能或功能紊乱等。由于这种动物可以在较长时间内用于实验, 故此方法称为慢性实验。慢性实验方法的特点是保存了各器官的自然联系和相互作用, 便于观察某一器官在正常情况下的生理功能及其与整体的关系。例如, 俄国生理学家巴甫洛夫创造的巴氏小胃, 用来研究神经系统对胃液的调节。

2. 急性实验 可分为在体实验 (*in vivo* experiment) 与离体实验 (*in vitro* experiment)。

(1) 在体实验 是在麻醉状态下, 对动物施行手术暴露器官进行观察或实验, 也称活体解剖实验方法。此方法的优点是实验简单, 条件易于控制, 有利于观察器官间的相互关系和分析某一器官活动的过程和特点。

(2) 离体实验 是从动物体内取出某一器官、组织或分离某种细胞, 置于适宜的人工环境下使其在短时间内保持生理功能, 观察它们的功能活动及影响因素。这种方法有利于排除其他因素的影响, 在特定的条件下, 观察离体器官、组织或细胞的基本生理特性, 但这些特性不一定完全代表它们在整体条件下的活动情况。

此外, 还有许多无创伤性实验研究方法, 例如观察心脏的泵血功能时, 可以应用多普勒

超声心动图检测技术等等。

应当注意的是,急性实验、慢性实验和无创伤性实验等所得的实验结果是有差别的。在解释实验结果时,不能将特定条件下所获得的资料推论为普遍规律;同时应充分考虑人与动物之间的差异,不可简单地将动物实验结果完全应用于人体。

第二节 生理功能的相对稳定性

- 内环境稳态是生命进行正常活动的必要条件。
- 稳态是指通过机体的各种调节机制维持生理功能和内环境保持相对稳定的状态。
- 生物节律的存在说明稳态存在节律性变化。
- 稳态是生命科学的基本概念,揭示了生命活动的重要规律,是生理学研究的核心。

环境是机体赖以生存和发展的必要条件。多细胞生物乃至高等动物的细胞所面临的环境有两种,即内环境和外环境。外环境是指机体所生存的自然和社会环境。通常,不论外环境如何变化,机体的生理功能得以正常进行的必要条件是机体的内环境保持相对的稳定。

一、内环境及其稳态

机体绝大多数细胞并不与外界环境直接接触,而是浸浴在细胞外液中,如血细胞浸浴在血浆中,组织细胞浸浴在组织液中。细胞外液除了血浆和组织液外,还包括淋巴液、脑脊液、眼前房液、关节腔液等等。细胞在新陈代谢过程中,所需的营养物质由细胞外液获取,代谢产物也要排到细胞外液中。因此,细胞外液成为细胞生存和活动的直接环境,称为机体的内环境(internal environment)。内环境的主要作用有:①为细胞提供必要的理化条件,确保各种酶促反应和生理功能的正常进行;②与细胞进行物质交换,为细胞提供营养物质,同时接纳细胞代谢的终产物。

机体的内环境是体液的组成部分。体液(body fluid)是机体内的所有液体的总称。体液的分布及其作用列表如下(表1-2)。

表 1-2 体液的分布及其作用

分布	占全身重量(%)	生理作用
体液	60	
细胞内液	40	是进行各种生化反应的场所
细胞外液	20	机体的内环境。内环境的理化性质的相对稳定是维持机体正常生命活动的条件
组织液	15	是细胞进行物质交换的媒介
血 浆	5	沟通内、外环境进行物质交换的中间环节

内环境的特点是,在正常生理情况下,细胞外液的理化特性是相对恒定的。内环境理化性质的相对恒定指细胞外液的化学成分、pH、温度、渗透压等保持相对稳定的状态,只在狭小的范围内波动。内环境各理化因素保持相对恒定的状态,称为内环境稳态(homeostasis),是细胞进行正常生命活动的必要条件。例如,细胞在内环境中进行新陈代谢的各种酶促反应,都要求稳定的理化条件;内环境中的离子浓度保持相对稳定是组织细胞兴奋性的基础。

内环境稳态不是固定不变的静止状态,而是各种理化性质在不断变化中所达到的动态平衡状态。在新陈代谢过程中,内、外环境的变化时都可使内环境的稳态遭到破坏,但是通过机体的调节机制,能够使破坏的内环境恢复相对稳定的状态。这一调节过程涉及机体各器官、系统的功能活动的适应性改变,如果某些系统或器官功能活动不正常,在内环境稳态遭到破坏时,则难以使其恢复。所以,维持内环境稳态需要机体各器官、系统生理功能的正常活动以及机体调节机制的参与。要了解机体内环境理化性质的状态是否正常,临床上常通过检测血浆的理化性质来进行评价,如血浆蛋白、血糖、血浆电解质含量、血浆 pH、温度及渗透压等等。血浆理化性质可反映内环境理化特性的状态,是观察内环境理化特性是否正常的最好途径。

临床医学工作者必须学会去鉴别、诊断、治疗和预防由稳态遭到破坏而导致的疾病,通过各种手段帮助患者恢复和维持机体的稳态。

稳态—生理学的核心概念

内环境稳态是 19 世纪法国著名生理学家克劳德·伯尔纳(Claud Bernard, 1813 ~ 1878)提出的,他曾用一句名言对内环境作了高度的概括:“内环境恒定是机体自由和独立生存的首要条件”并提出极为精辟的见解:“身体中所有的生命机制,尽管种类不同,功能各异,但只有一个目的,使内环境保持恒定。”

稳态的概念是美国著名生理学家坎农(Cannon WB, 1871 ~ 1945)于 1926 年提出来的。它是内环境稳态概念的延伸和发展。稳态,也称“自稳态”、“内环境稳定”、“生体恒常态”、“体内平衡”、“稳恒态”等,主要是指内环境理化性质在不断转换中所达到的动态平衡。也就是说,稳态是一种可变的但又是相对稳定的状态。由于变动是绝对的,稳定是相对的,因此稳态也是一种“动中求静”的协调生理过程,它包含有稳定性保持和调节作用的意义。

稳态概念已不仅是生理学中的基本概念,也成为控制论、细胞生物学、遗传学、生态学、植物生理学、生物化学、心理学、病理学、临床医学和预防医学中的重要概念。可以认为,稳态是生命科学中具有普遍意义的一个基本概念。

二、生物节律

机体的各种生理活动常按一定的时间、程序发生周期性的变化,称为生物节律(biological rhythm)。这种节律性变化可分为高频、中频和低频变化。生物节律的周期短于一天的属于高频节律,如心脏活动的周期性变化、呼吸运动的节律等;中频节律是指生物节律的周期为日周期,如血细胞数、体温、血压等在一天中的波动;生物节律中的周周期、月周期和年

周期变化属于低频节律,如人类女性的月经周期为月周期,候鸟的迁徙、蛙的冬眠等为年周期变化。日周期节律是最重要的生物节律。下丘脑视交叉上核可能是日周期节律的控制中心。

生物节律说明机体各种生理功能的相对稳定性存在着节律性变化。生物节律的重要生理意义是使机体对环境变化可以作出更好的前瞻性的适应,以使机体生理功能可以有序地进行。

第三节 生理功能的调节

● 机体生理功能的调节方式有神经调节、体液调节和自身调节。

机体适应内外环境变化,使被扰乱的稳态重新得到恢复的过程称为生理功能的调节(regulation)。机体各组织、器官和系统的正常生理功能活动,以及与内、外环境的协调统一是通过机体内完善的调节系统实现的。

机体对各种生理功能的调节方式有神经调节(neural regulation)、体液调节(humoral regulation)和自身调节(autoregulation)。在整体条件下,这三种调节方式是相互配合、密切联系的,但又各有其特点,如表1-3所示。

表1-3 机体生理功能调节方式及特点

调节方式	作用	生理意义	特点
神经调节	中枢神经系统的活动通过传入和传出神经对机体各种功能进行调节;其基本方式是反射	机体最主要的调节方式	作用迅速、局限、短暂
体液调节			
全身性	内分泌细胞分泌的激素随血液运送到全身组织器官,从而调节它们的活动	调节代谢、生长发育与生殖等基本功能	作用较缓慢、广泛、持久
局部性	某些组织细胞产生的化学物质,可扩散影响邻近细胞的功能活动(旁分泌或自分泌)	使局部与全身的功能活动相互配合和协调	作用范围较局限
自身调节	内、外环境变化时,组织、细胞不依赖于神经或体液调节而产生的适应性反应	协助维持生理功能的稳态	调节幅度较小影响范围小,灵敏度较低

神经调节的基本方式是反射(reflex)。高等动物和人类反射活动分为非条件反射和条件反射。非条件反射的生理意义在于维持机体的生存和生殖功能等。条件反射在于机体能随环

境不断形成新的有预见性的反射，能更高度精确地适应内、外环境的变化。

第四节 生理功能调节的控制系统

- 机体的生理功能调节系统主要受自动控制系统的调控。
- 负反馈和前馈是维持机体稳态的重要途径。
- 正反馈是不可逆的，一旦发生不断增强，直到某些生理功能完成。

体内存在着数以千计的控制系统，各种控制系统不论是对整体还是对各种细胞、器官和系统都有极其精细、复杂的控制，在不同水平上对各种功能进行调节。

机体的控制系统可分为非自动控制系统（non-automatic control system）、自动控制系统（automatic control system）和前馈控制系统（feed-forward control system）三大类。

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）。在此系统中，受控的效应器或靶器官产生的活动变量不能反作用于控制它们的部分（中枢或内分泌腺）。因此，这种控制方式是单向的，不具有自动控制的特征。这类非自动控制系统在机体功能调节中不多见，主要在应激反应时发生。例如，应激时引起交感神经系统高度兴奋，使血压和心率一直维持很高的水平；强烈的应激刺激使血中 ACTH 和糖皮质激素维持在高水平，而这些受控部分的变化不能反作用于控制部分，成为开环系统。

二、反馈控制系统

反馈控制系统是一个闭环系统（closed-loop system），主要由控制部分（中枢或内分泌腺）、受控部分（效应器或靶器官）、控制信息和反馈信息组成（图 1-1）。这种控制系统具有自动控制的能力。因为其控制部分与受控部分之间存在着往返双向联系。由控制部分发送到受控部分的信息称为控制信息；由受控部分回送到控制部分的信息称为反馈信息。受控部分不断有反馈信息返回控制部分，改变控制部分的活动，形成一个闭环回路。由受控部分发出反馈信息对控制部分的活动加以纠正和调整的过程称为反馈调节。根据反馈信息的作用效果，可将反馈分为正反馈（positive feedback）和负反馈（negative feedback）。

1. 负反馈控制系统 反馈信息抑制或减弱控制部分的活动，以纠正、调整控制信息，称为负反馈。负反馈具有双向性调节的特点，是维持机体功能活动和内环境稳态的重要途径，因而在整体功能调节中起非常重要的作用，是最重要的反馈调节。负反馈调节方式是有缺点的，因为只有在外界干扰使受控部分输出变量（生理效应）出现偏差以后，这种调节方式才能发生作用，所以总要滞后一段时间才能纠正偏差，且易于矫枉过正而产生波动。负反馈机制对偏差的敏感程度越高则波动性越达，越不敏感则滞后越久。

2. 正反馈控制系统 从受控部分发出的反馈信息促进与加强控制部分的活动，称为正反

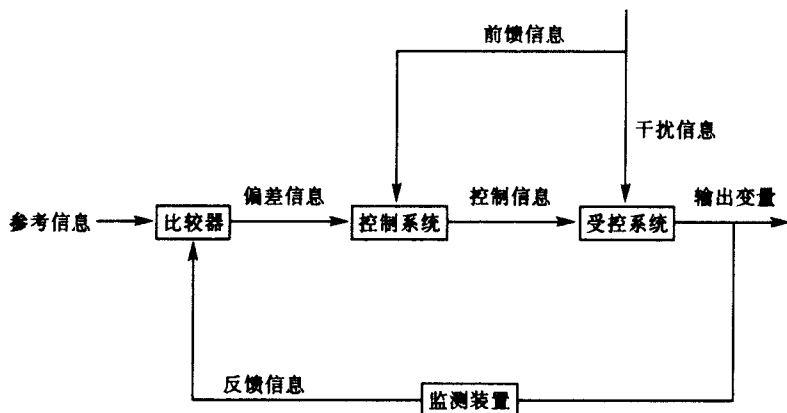


图 1-1 生理功能调节的自动控制系统模式图

馈。正反馈是一个不可逆的、不断增强的过程。其反馈信息使控制部分的活动不断加强，直到发挥最大效应，迅速完成生理功能为止。例如，排尿、射精、分娩、血液凝固等。这类反馈在机体内比较少见，主要是保证某些生理功能的完成。

三、前馈控制系统

前馈控制系统是指干扰信号直接通过感受装置作用于控制部分纠正干扰信号对受控部分活动破坏的调控系统，它能使输出变量在出现偏差前就能得到纠正。条件反射活动属于前馈控制活动。

除负反馈调节外，前馈调节也是机体维持稳态的途径，且比反馈控制更为快速、稳定，更为准确，无滞后并有超前预见，能使机体及时作出适应性反应，适应不断变化的内、外环境。反馈系统与前馈系统比较如下（表 1-4）。

表 1-4 反馈系统与前馈系统的比较

方式	作用	生理意义
负反馈	从受控部分发出的反馈信息反映了输出变量的信息，其作用使控制部分的活动抑制，以减弱控制信息	维持稳态
正反馈	从受控部分发出的信息反映了输出变量的信息，其作用与控制信息的作用方向一致，以加强控制信息的作用	使某一生理活动不断加强，迅速完成
前馈	干扰信息对控制部分的直接作用，使控制部分可在输出变量未发生偏差引起反馈信息之前就对受控部分发出纠正信息	避免负反馈调节的被动性和反应的滞后性，更好地保持稳态

本章小结

①生理学是研究正常机体生命活动规律的科学；②机体生存的自然环境和社会环境是机体的外环境。细胞生存的细胞外液是机体的内环境。内环境的物理、化学性质是相对稳定的，称为内环境稳态。内环境稳态是生命进行正常活动的必要条件。内环境稳态是动态的平衡。通过机体的各种调节机制维持生理功能及内环境处于相对稳定的状态，称为稳态。稳态也呈生物节律波动；③生理功能调节方式有神经调节、体液调节和自身调节三种。它们在自动控制系统的作用下，对生理功能进行自动而精确的调节。机体的自动控制系统是闭环系统，可通过反馈纠正或调整生理功能活动。负反馈是维持稳态的最重要途径。正反馈可保证某些生理功能的完成。前馈是体内某些监测装置受到干扰后预先发出信息直接作用控制部分，使其作出适应性反应。前馈使机体反应更具有预见性，参与维持稳态并减少负反馈调节中出现的滞后和波动。

(倪 江)

第二章 细胞的基本功能

细胞 (cell) 是机体的基本结构和功能单位。机体的各种生理功能和生化反应, 都是在细胞及其产物的物质基础上进行的。因此, 为了认识各器官、系统及整体的功能, 必须学习细胞的基本功能。

第一节 细胞膜的基本结构和物质转运功能

- 细胞膜由液态的脂质双分子层构成, 其中镶嵌有不同功能的蛋白质。
- 细胞膜的跨膜物质转运形式分为被动转运和主动转运两大类。
- 受体具有识别作用和信号传递作用。

一、细胞膜的基本结构和化学组成

(一) 细胞膜的基本结构

细胞膜 (cell membrane) 厚约 $7.5 \sim 10\text{nm}$, 在电镜下可见它由三层组成, 其内、外两侧各有一层致密带, 中间夹着一层疏松的透明带。关于细胞膜的结构, 目前认为液态镶嵌式模型 (fluid mosaic model) 解释较为合理。该学说认为: 膜的结构是以液态的脂质双分子层为基架, 其中镶嵌着具有不同功能的蛋白质 (图 2-1)。这种脂质双层的膜性结构是细胞中普遍存在的基本结构, 故特称为单位膜 (unit membrane), 因为这种膜形态不仅见于各种细胞, 亦见于各种细胞器的膜性结构。

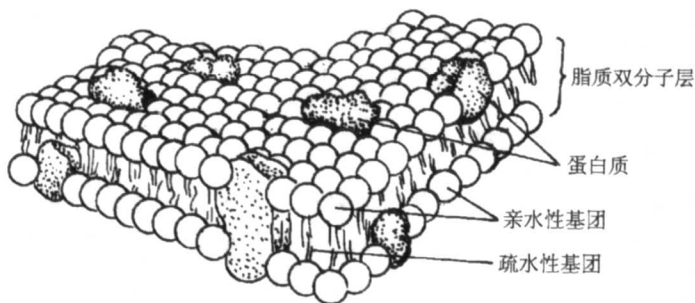


图 2-1 细胞膜液体镶嵌模式图

(二) 细胞膜的化学组成