

主编： 陈 粲

医学高等专科学校教材

（供医学 口腔 检验 护理等专业用）

生理学

SHENGLIXUE

贵州民族出版社

第 二 版

医学高等专科学校教材

（供医学、口腔、护理、药学专业用）

生理学

SHENGLIXUE

人民卫生出版社

生理学

SHENGLIXUE

图书在版编目(CIP)数据

生理学/陈粲主编. — 贵阳: 贵州民族出版社,
2002.3

ISBN 7-5412-1004-8

I. 生... II. 陈... 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(2002)第 001170 号

生理学

陈粲主编

贵州民族出版社出版发行

贵阳经纬印刷厂印刷

(贵阳市中华北路 289 号 邮编:550001)

开本:787×1092mm 1/16 印张:13.5 字数:320 千字

2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月第 1 次印刷

印数:2 000 册

ISBN 7-5412-1004-8/R·23 定价:20.00 元



主编：陈 粲

编者：（以姓氏笔划为序）

陈 粲 徐国强

蒋乃昌 潘 娅

主审：刘迪成

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、内容、方法等方面进行全面的改革。因此,教材也需要经常更新,进一步提高它的科学性、先进性、启发性和适用性,以适应 21 世纪医学教育和卫生事业发展的需要。为此我们生理学教研室的部分教师编写了这本教材。

这本教材本着有利于学习者掌握了解新知识、新信息,有利于学习者自学和增强创新意识的原则,同时根据专科教育的需要和教师们多年的教学实践,对内容进行取舍。在内容广度上以内脏系统为主,深度上以器官水平为主,并参考《生理学》本科教材第五版等书的新内容,摒弃一些陈旧的内容概念,加进一些比较成熟的新的研究成果。在行文上力求做到文字简洁易读,重点突出,条理清楚。本书共分 12 章,共有插图 120 幅,主要的专业名词都附有英文。本书系医学专科教材,适合医学、口腔、检验、护理等各专业使用,也可供临床工作者参考。

该教材在编写的过程中,得到贵阳医学院生理教研室蒋乃昌教授的关心、支持,在出版的整个过程自始至终得到贵阳医学院教务处潘贵书处长及生理教研室全体老师的关心和帮助,在此表示深深的谢意。本书在编写的过程中参考了蒋乃昌主编的《生理学》大专教材,姚泰主编的《生理学》本科第五版教材等,在此一并向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不少缺点和错误,诚恳希望读者对本书提出批评和改进意见。

陈 粲

2001.12

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 生命的基本特征	(1)
一、新陈代谢	(1)
二、兴奋性	(1)
三、生殖	(2)
第二节 人体生理功能的调节	(2)
一、内环境与稳态	(2)
二、生理功能的调节方式	(3)
三、生理功能调节的反馈作用	(5)
第三节 人体生理学的研究方法	(6)
一、急性实验法	(6)
二、慢性实验法	(6)
第二章 细胞的基本功能	(7)
第一节 细胞膜的基本结构和功能	(7)
一、细胞膜的化学组成和分子结构	(7)
二、细胞膜的物质转运功能	(8)
三、细胞的跨膜信号传递功能	(10)
第二节 细胞的生物电现象及其产生机制	(11)
一、单一细胞的静息电位	(11)
二、单一细胞的动作电位	(12)
第三节 兴奋的引起和传播	(14)
一、兴奋引起的条件	(14)
二、细胞发生兴奋时,其兴奋性的变化	(15)
三、兴奋的传播	(15)
第四节 肌细胞的收缩功能	(18)
一、骨骼肌的微细结构	(18)
二、骨骼肌的收缩机制	(19)
三、骨骼肌的兴奋-收缩耦联	(20)
四、肌肉的收缩形式和力学分析	(20)
第三章 血液	(23)
第一节 血液的组成和特性	(23)
一、血液的组成	(23)
二、血浆的化学成分	(24)

三、血液的理化特性	(24)
第二节 血细胞	(25)
一、红细胞	(25)
二、白细胞	(27)
三、血小板	(29)
第三节 血液凝固和纤维蛋白溶解	(30)
一、血液凝固与抗凝	(30)
二、纤维蛋白溶解	(32)
第四节 血量和血型	(33)
一、血量	(33)
二、血型	(33)
第四章 血液循环	(36)
第一节 心脏生理	(36)
一、心肌的生物电现象和生理特性	(36)
二、心脏的泵血功能	(43)
三、心音	(48)
四、正常心电图	(49)
第二节 血管生理	(50)
一、血液在血管内流动的基本规律	(51)
二、动脉血压和动脉脉搏	(52)
三、静脉血压与静脉血流	(55)
四、微循环	(56)
五、组织液的生成、回流和淋巴循环	(58)
第三节 心血管活动的调节	(60)
一、神经调节	(60)
二、体液调节	(64)
三、自身调节	(66)
第四节 器官循环	(66)
一、冠脉循环	(67)
二、脑循环	(68)
三、肺循环	(69)
第五章 呼吸	(70)
第一节 肺通气	(70)
一、肺通气的结构和功能	(70)
二、肺通气原理	(72)
三、肺容量与肺通气量	(74)
第二节 呼吸气体的交换	(76)
一、气体交换的原理	(76)
二、气体交换的过程	(77)

三、影响气体交换的因素	(77)
第三节 气体在血液中的运输	(78)
一、氧的运输	(79)
二、CO ₂ 的运输	(81)
第四节 呼吸运动的调节	(82)
一、呼吸中枢	(82)
二、呼吸的反射性调节	(83)
第六章 消化和吸收	(87)
第一节 概述	(87)
一、消化的两种方式	(87)
二、消化道平滑肌的特性	(87)
三、消化腺的分泌	(88)
四、消化道的神经支配及其作用	(88)
五、胃肠激素	(89)
第二节 口腔内消化	(91)
一、唾液的分泌	(91)
二、咀嚼与吞咽	(91)
第三节 胃内消化	(92)
一、胃液的分泌	(92)
二、胃的运动	(95)
第四节 小肠内消化	(97)
一、胰液的分泌	(97)
二、胆汁的分泌和排出	(98)
三、小肠液的分泌	(99)
四、小肠的运动	(100)
第五节 大肠内消化	(101)
一、大肠液的分泌	(101)
二、大肠的运动和排便	(101)
第六节 吸收	(102)
一、吸收的部位	(102)
二、主要营养物质的吸收过程	(102)
第七章 能量代谢和体温	(105)
第一节 能量代谢	(105)
一、能量代谢的来源和去路	(105)
二、能量代谢的测定	(105)
三、影响能量代谢的因素	(108)
四、基础代谢和基础代谢率	(109)
第二节 体温及其调节	(109)
一、人的正常体温及其生理变动	(110)

二、机体的产热和散热	(110)
三、体温调节	(112)
第八章 肾脏的排泄	(115)
第一节 肾的结构和血液循环特点	(115)
一、肾的结构特点	(115)
二、肾血液循环的特点	(116)
第二节 尿的生成过程	(118)
一、肾小球的滤过功能	(118)
二、肾小管和集合管的重吸收功能	(121)
三、肾小管和集合管的分泌与排泄	(124)
第三节 尿液的浓缩和稀释	(126)
一、尿液稀释	(126)
二、尿液浓缩	(126)
第四节 肾泌尿功能的调节	(128)
一、肾内自身调节	(128)
二、神经体液调节	(129)
三、其他激素的作用	(131)
第五节 血浆清除率	(131)
一、血浆清除率的概念和计算方法	(131)
二、测定血浆清除率的意义	(132)
第六节 尿液及排放	(133)
一、尿液	(133)
二、排尿反射	(133)
第九章 特殊感觉器官	(135)
第一节 概述	(135)
一、感受器与感觉器官的概念	(135)
二、感受器的一般生理特性	(135)
第二节 视觉器官	(136)
一、眼的折光系统及调节	(137)
二、眼的感光系统	(139)
三、几种视觉生理现象	(140)
第三节 听觉器官	(142)
一、外耳和中耳的传音功能	(142)
二、耳蜗的感音功能	(143)
三、听阈与听域	(145)
第四节 前庭器官	(145)
一、椭圆囊和球囊的功能	(146)
二、半规管的功能	(146)
三、前庭反应和眼震颤	(146)

第五节 其他感觉器官	(147)
一、嗅觉	(147)
二、味觉	(147)
第十章 神经系统	(148)
第一节 神经元和神经元之间的信息传递	(148)
一、神经元	(148)
二、神经元之间的信息传递	(150)
第二节 神经系统的感觉分析功能	(158)
一、感觉传导通路	(158)
二、大脑皮层的感觉分析功能	(161)
三、痛觉	(162)
第三节 神经系统对躯体运动的调节	(163)
一、脊髓对躯体运动的调节	(163)
二、脑干对肌紧张的调节	(166)
三、小脑对躯体运动的调节	(167)
四、基底神经节对躯体运动的调节	(168)
五、大脑皮层对躯体运动的调节	(168)
第四节 神经系统对内脏活动的调节	(170)
一、自主神经系统的概况	(170)
二、各级中枢对内脏活动的调节	(175)
第五节 脑的高级功能与大脑皮层电活动	(177)
一、条件反射	(177)
二、大脑皮层的语言功能和一侧优势	(178)
三、大脑皮层电活动及脑电图	(179)
四、觉醒与睡眠	(180)
第十一章 内分泌	(182)
第一节 概述	(182)
一、内分泌系统和激素的概念	(182)
二、激素的分类	(182)
三、激素的作用途径	(182)
四、激素的一般作用特征	(183)
五、激素作用的基本原理	(183)
第二节 下丘脑与垂体	(185)
一、下丘脑的内分泌功能	(185)
二、神经垂体	(187)
三、腺垂体	(187)
第三节 甲状腺	(189)
一、甲状腺激素的合成和运输	(189)
二、甲状腺激素的生物学作用	(190)

三、甲状腺功能的调节	(191)
第四节 肾上腺	(193)
一、肾上腺皮质	(193)
二、肾上腺髓质	(195)
第五节 胰岛	(196)
一、胰岛素	(196)
二、胰高血糖素	(197)
第六节 甲状旁腺激素、维生素 D ₃ 和降钙素	(197)
一、甲状旁腺激素	(197)
二、维生素 D ₃	(198)
三、降钙素	(198)
第十二章 生殖	(199)
第一节 男性生殖	(199)
一、睾丸的生精作用	(199)
二、睾丸的内分泌功能	(199)
三、睾丸功能的调节	(200)
第二节 女性生殖	(200)
一、卵巢的生卵作用	(200)
二、卵巢的内分泌功能	(200)
三、月经周期与卵巢内分泌功能的调节	(202)
第三节 妊娠	(202)
一、受精与着床	(203)
二、胎盘激素与妊娠维持	(204)
三、分娩与授乳	(205)

第一章 绪 论

生理学(physiology)是研究正常生物体生命活动规律的科学,属于生物科学的一个分支。根据研究对象不同,生理学可分为动物生理学、植物生理学、细胞生理学等。本教材主要论述人体生理学,它的任务是研究正常人体生命活动的各种生理过程,如血液循环、消化、呼吸、排泄、生殖等器官的正常功能、发生的原理、条件以及机体内外环境变化对这些活动的影响。

人体生理学和医学有着极为紧密的联系。只有了解正常人体各个组成部分的功能及其活动规律,才能理解在各种疾病情况下身体某个或某些部分发生的功能变化以及功能变化与形态变化的关系等等。因此,学习人体生理学将为学习其他医学基础和临床课程奠定基础,为进一步了解疾病的发生与发展规律,做好疾病的诊断、治疗和预防,以及增进人类健康提供理论依据。所以,生理学是一门非常重要的医学基本理论课程。

第一节 生命的基本特征

各种生物体,包括人体生命活动至少表现为三种基本的活动,即新陈代谢、兴奋性和生殖,它们是生命的基本特征。

一、新陈代谢

生物体与环境之间不断进行物质交换和能量交换,以实现自我更新的过程称为新陈代谢。

新陈代谢包括合成代谢和分解代谢。生物体一方面不断从环境中摄取营养物质,经过改造或转化,以提供建造自身结构所需的原料和能量(即合成代谢);另一方面不断分解自身物质,将分解产物排出体外并将分解物质所释放的能量供机体活动需要(即分解代谢)。这就是说,生物体只有在与环境进行物质与能量交换的基础上,才能实现自我更新。在新陈代谢的基础上,生物体表现出生长、发育、运动、分泌、生殖等一系列生命活动。新陈代谢一旦停止,生命也就结束。

二、兴奋性

(一)刺激与反应

生物体生活在千变万化的环境之中,时刻受到各种环境因素的作用,但并不是任何环境变化都能为生物体感受。能引起生物体内部代谢及(或)外部机能活动改变的环境变化称为刺激(stimulus)。刺激按其性质可分为物理性刺激、化学性刺激及生物性刺激(如细菌、病毒)。对人而言,社会因素形成的刺激,在人体功能和疾病的发生发展中具有十分重要的影响。

刺激一般要具有三个条件(要素),即足够的强度、足够的持续时间及强度-时间变化

率。三个条件不同大小的组合,可形成各种各样的刺激。当一个刺激的其他参数不变时,刚好能引起组织发生反应的最小刺激强度称阈强度或阈值。不同组织或同种组织处于不同机能状态都会有不同的阈值。凡是刺激强度等于阈值的刺激称阈刺激,小于阈值的刺激称阈下刺激,大于阈值的刺激称阈上刺激。要引起组织兴奋,一次的刺激强度必须等于或大于该组织的阈值。

在刺激的作用下,细胞或生物体发生活动状态的改变称为反应(reaction)。反应有兴奋和抑制两种形式。机体由相对静止变为活动或活动状态的加强,称为兴奋;机体由活动状态变为相对静止或活动状态的减弱,称为抑制。生物体的反应是何种形式,取决于刺激的性质和强度,以及生物体当时的机能状态。如吸入 5% 的 CO_2 使呼吸加深加快(兴奋),而吸入 20% 的 CO_2 呼吸反而被抑制。催产素对妊娠晚期子宫有较强的收缩作用,而平时子宫对催产素敏感性却很低。

(二)兴奋性

生物体(包括细胞、组织)对刺激发生反应的能力或特性称为兴奋性(excitability)。它使生物体对环境的变化发生相应的反应,是生物体生存的必要条件。如果生物体没有兴奋性,则任何强大的刺激均不能引起反应。各种组织兴奋性的高低一般不同,其高低是以引起反应的难易程度即阈值大小来衡量。阈值的大小与兴奋性的高低呈反变关系,组织或细胞产生兴奋所需的阈值越高,说明其兴奋性越低;反之,说明其兴奋性越高。各种组织细胞兴奋的表现形式可以不同(如肌肉表现为收缩,腺体表现为分泌),但在产生反应之前总会出现称为动作电位的电变化。因此,在近代生理学中,也把组织细胞受刺激时产生动作电位的能力称为兴奋性。在接受刺激后迅速产生特殊生物电反应的组织,如神经、肌肉以及某些腺体称为可兴奋组织。

三、生殖

生物体生长发育到一定阶段后,能够产生与自己相似的新个体,以延续种系的生命活动过程,这种功能称为生殖(reproduction)。人体的寿命总是有限的,生殖使种系得以延续,所以生殖也是生命的基本特征之一。

第二节 人体生理功能的调节

人体在进行新陈代谢的过程中,必须与所处的环境不断地进行物质交换和能量代谢。外界环境往往是多变的,机体也要发生相应的变化,保持与环境的相对统一,才能求得生存与发展。

一、内环境与稳态

人体生存在自然环境中,但体内的绝大部分细胞并不直接与大气环境接触,而是直接生活在细胞外液之中。细胞和外界之间的物质交换只能通过细胞外液来间接进行。因此,细胞外液是细胞直接生活的体内环境,称为机体的内环境(internal environment),以别于机体所生存的外环境(大气环境)。

内环境为细胞提供营养物质和必要的理化条件,并接受来自细胞的代谢产物。它与

不断变化的外环境不同,最重要的特征是其理化性质(温度、酸碱度、渗透压以及各种物质浓度等)保持相对恒定。例如,通过消化系统的活动,补充内环境中营养物质的浓度;通过呼吸和循环系统的活动,使内环境的 O_2 含量得到补充而 CO_2 得到排除;通过肾脏的活动,使内环境中的许多代谢产物以及一些过多摄入的物质得到清除等等。这种内环境理化性质维持相对稳定的状态称为稳态(homeostasis)。它是机体内各器官、各系统在神经和体液等调节机制的作用下协调活动的结果,是体内所有细胞进行正常生命活动的必要条件。一旦内环境的相对稳定遭到破坏,新陈代谢就不能正常进行,机体将出现病态,甚至危及生命。例如酸中毒,就是内环境的 H^+ 浓度超过正常界限,破坏了内环境的正常酸碱环境,如不及时纠正将会产生严重后果。目前稳态的概念还用于某一细胞的功能、某一生化反应、某一器官系统的活动,乃至整个机体相对稳定状态的维持与调节。

二、生理功能的调节方式

人体由各种细胞、组织和器官组成。它们功能不同,但相互联系,相互影响,密切配合,组成一个整体。当外界环境变化时,机体总是作为一个整体,通过改变多种机能以适应环境和维持稳态。机体的这种机能活动的完整性,以及对环境的适应性都是在神经调节为主导、体液与其他调节为辅助的情况下完成的。

(一)神经调节

神经系统通过神经纤维对其所支配的器官实现的调节称为神经调节(neuroregulation)。它是人体生理功能调节的最主要形式。神经调节的基本方式是反射(reflex)。反射是指在中枢神经系统的参与下,机体对刺激产生的规律性的适应性反应。如我们的手碰到火时会立即缩回就是通过反射完成的。完整机体的一切活动,就其本质来说,都是反射活动。

反射的结构基础是反射弧(reflex arc),它是机体完成反射活动的结构保证。反射弧由感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器五个部分组成(图 1-1)。感受器在感受刺激后将信息转换为神经冲动沿传入神经传入神经中枢,中枢将传入的信息分析处理后发出“指令”,经传出神经传至效应器,改变它们的活动,使其发生与环境变化相适应的反应。例如异物刺激眼球的角膜,角膜上的感受器通过换能,产生神经冲动,冲动沿传入神经传入控制眨眼动作的神经中枢,中枢发生兴奋,于是兴奋沿传出神经传到效应器—眼睑肌肉,使其发生收缩,结果眼睑闭合,保护眼球不受损害。因此反射是由刺激引起的经反射弧完成的规律性适应性反应。反射的完成有赖于反射弧结构的完整与功能的正常,其中任何一部分结构被破坏或功能发生故障,反射活动就不能完成。反射弧本身是一个

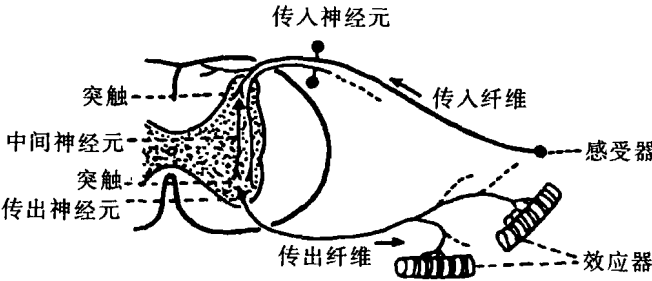


图 1-1 反射弧

开放回路,但是人体效应器内也存在有感受细胞或感受器,能将效应器活动的信息输回中枢,适时地调整中枢发生的冲动,使效应器的活动更准确协调。因此在实际的反射进程中,神经调节是通过闭合的反射回路来完成的。

人和其他高等动物的反射可分为非条件反射(unconditioned reflex)和条件反射(conditioned reflex)两种类型。非条件反射是一种较低级的神经活动,生来就有,反射弧及反应都比较固定。其刺激的性质与反应之间具有的因果关系,是由种族遗传因素决定的。如食物进入口腔引起唾液分泌就是非条件反射的例子。条件反射是在后天生活过程中根据个体所处的生活条件,在非条件反射的基础上建立的一种特定的反射,所以是后天获得的,是一种高级神经活动。“望梅止渴”就是很好的例子。它只是在吃过杨梅和了解杨梅酸味的人身上,才能发生看到杨梅而产生唾液分泌的状况。条件反射灵活多变,具有预见性,比非条件反射更具有适应性意义。关于这方面的知识,在神经系统一章将详细介绍。

(二)体液调节

体内产生的一些化学物质(激素、代谢产物等)通过体液途径(血液、组织液、淋巴液)对机体某系统、器官、组织、细胞功能的调节称体液调节(humoral regulation)。体液调节有两种形式:第一种是全身性体液调节,即由内分泌腺或散在的内分泌细胞分泌的激素通过血液循环,送到身体各处,对特定的细胞或器官(称该激素的靶细胞或靶器官)发生作用,调节人体的新陈代谢、生长、发育、生殖等重要的基本功能。人体内的体液调节主要指这种调节。第二种是局部性体液调节,即组织细胞所产生的一些化学物质或代谢产物如腺苷、乳酸、CO₂等,不通过血液运输,只在局部的组织液内扩散,改变邻近组织细胞的功能活动。局部性体液调节主要是使局部与全身的功能活动相互配合、协调一致。

神经调节和体液调节各有特点。神经调节反应迅速、准确,作用局限而短暂。体液调节反应速度较慢,作用广泛而持久。两种调节各有所长,但密切联系、相辅相成。总的来说,神经调节处于主导地位。这不仅是由于神经调节能直接发挥调控作用,而且大多数内分泌细胞直接或间接地接受中枢神经系统的控制。如图 1-2 所示,体液调节实际上成为神经调节的一部分,是反射弧传出神经通路上的一个分支和延长。这种以神经为主导体液参加的复合调节方式称为神经-体液调节(neuro-humoral regulation)。

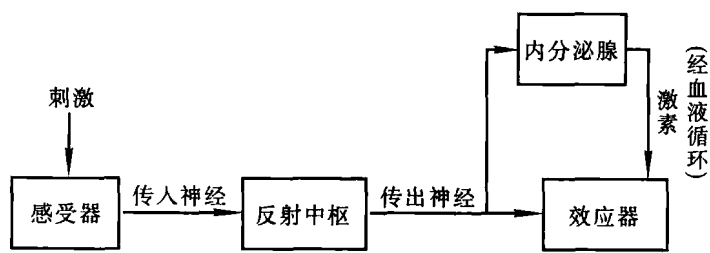


图 1-2 神经-体液调节示意图

(三)自身调节

组织细胞不依赖于神经或体液调节而对刺激产生的适应性反应称为自身调节

(autoregulation)。如肌肉的初长度在一定范围内对肌肉收缩力的调节作用。自身调节的范围局限,幅度小,但它对某些生理功能的调节仍具有一定意义。

三、生理功能调节的反馈作用

不论是神经调节,还是体液调节,其信息联系方式与工程技术上的控制论原理十分类似,具有自动控制的特征。如图 1-3 所示,感受器相当于接受装置,神经中枢等相当于控制系统,效应器或靶器官、靶细胞相当于受控系统。如前所述,感受器受刺激到效应器作出反应是一个反射过程。由于效应器或其他部位有感受装置及传递信息的回路,在它产生反应的同时,能把自己所处的状态通过回路传回中枢。因此,中枢控制系统和效应器受控系统之间存在双向信息联系,形成闭合回路。一方面控制系统发出控制信息,改变受控系统的机能活动;另一方面受控系统也不断有信息返回控制系统,纠正和调整控制系统对受控系统的影响,从而达到精确的调节作用。这种返回的信息称为反馈信息。

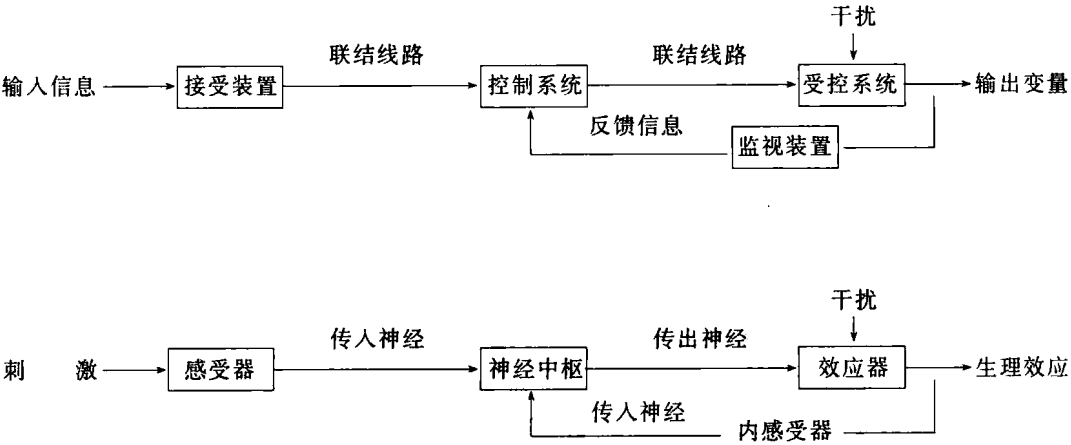


图 1-3 反馈联系模式图

根据反馈信息的作用与效果,反馈可分为负反馈和正反馈两类。负反馈(negative feedback)是指反馈信息与控制信息作用相反的反馈,即对控制系统抑制,使控制信息的作用减弱。负反馈在机体内大量存在,是维持稳态的重要调节形式,在维持机体各种生理功能活动的相对稳定中起着非常重要的作用。如人受刺激后血压升高,通过反馈将血压升高的信息传到神经中枢,再由中枢发出控制信息调整心脏和血管的功能状态,使心率减慢,心肌收缩力减弱,血管扩张,血压又恢复到变化前的水平。正反馈(positive feedback)是指反馈信息与控制信息作用性质相同的反馈,起到加强控制信息的作用,它使某一生理过程逐步加强直至完成。如排尿反射,当膀胱内尿量增加,使膀胱内压升高到一定数值时,膀胱壁的牵张感受器受到刺激而兴奋,反射性地使膀胱逼尿肌收缩引起排尿。当尿液流经尿道时刺激了尿道的感受器,反射性地又使膀胱逼尿肌进一步收缩,直到尿液排完为止。前馈(feed-forward)是干扰信号对控制部分的直接作用。如图 1-3 所示,干扰信号在作用于受控部分引起输出变量改变的同时,还可直接通过感受装置作用于控制部分,这就有可能在输出变量出现偏差而引起负反馈调节之前,对可能出现的偏差发出纠正信号。前馈可以更快地对活动进行控制,避免负反馈所具有的波动和滞后两项缺陷。