

“十一五”高等医药院校精品课程规划教材

供临床医学、护理学、预防医学、医学检验、麻醉学、医学影像、口腔医学、药学等专业用

人体生理学

主 编 夏 强

副主编 梁华为

王琳琳

虞燕琴

Human Physiology

Human Physiology

110001011010101001010101110100

1100010

001010101011001010100

101010111010011011101011100010101010110010101

浙江大学出版社

Human Physiology

“十一五”高等医药院校精品课程规划教材
(供临床医学、护理学、预防医学、医学检验、麻醉学、
医学影像、口腔医学、药学等专业用)

Human Physiology

人 体 生 理 学

主 编 夏 强

副主编 梁华为 王琳琳 虞燕琴

浙江大學出版社

内容简介

生理学是医药院校各专业课程设置中重要的医学基础主干课程,是一门研究生命活动规律的科学。本书作为生理学课程教材,内容涵盖了细胞、血液、血液循环、呼吸、消化与吸收、能量代谢与体温、尿的生成与排出、感觉器官、神经系统、内分泌和生殖等生理学教学内容。同时,本书作为成人教育用本科教材,在生理学基本教学内容的基础上,结合现代生理学进展,适当增加了新概念。结合成人教育本科教学特点,在编写思路上力求体现生理学教学的基本要求,在保证基本内容的前提下,减少篇幅,并在每章前列出教学要求和内容提要,在每章后给出密切联系教学内容的复习思考题,便于学生抓住要点进行学习和复习。

本书适用于成人教育(包括远程教育和普通成人教育)本科层次的临床医学、护理学、预防医学、口腔医学、药学等各类专业使用。

图书在版编目(CIP)数据

人体生理学 / 夏强主编. —杭州:浙江大学出版社,
2005.8

“十一五”高等医药院校精品课程规划教材

ISBN 7-308-04377-0

I. 人... II. 夏... 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 (2005) 第 087895 号

责任编辑 阮海潮

出版发行 浙江大学出版社

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(电话: 0571-88273925, 88273761(传真))

(网址: <http://www.zjupress.com>)

(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 杭州杭新印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 21.75

字 数 557 千

版 次 2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷

印 数 0001—3500

书 号 ISBN 7-308-04377-0/R·180

定 价 33.00 元

前 言

为了适应新世纪我国成人高等医学教育事业发展的需要,推动医学教育改革、加强特色教材建设,本编写组完成了这本《人体生理学》教材的编写,供成人医学教育(包括远程教育和普通成人教育)本科各专业的学生使用。

本教材的目标是,通过本教材的学习,使学生的生理学知识达到本科水平,并为顺利通过国家执业医师考试打下基础。本教材在生理学内容的深度上与本科教材相当,并涵盖了国家执业医师考试大纲中的生理学内容。由于面向的对象为成人医学教育的学生,他们都有相当的医学领域的实际工作经验,因此本教材删去了一些举例和部分动物实验结果,使教材内容更贴近成人教育特点,贴近在职学习学生的需要。教材结合现代生理学进展,适当增加了新概念,在形式上力求创新,在每章前列出“教学要求”,使学生能在本章开篇学习时就能明确本章的学习要求和掌握的主要内容;在“教学要求”后列出“内容提要”,简要地给出本章需要掌握的内容细节,以帮助学生较快把握本章的主要知识点;在每章后给出“复习思考题”,便于学生抓住要点进行学习和复习。

由于我们的水平有限,书中难免存在问题和错误,恳切希望使用本教材的教师和学生提出宝贵意见,以便改进。

夏 强

2005年6月于杭州湖滨

《人体生理学》编委会名单

主 编 夏 强

副主编 梁华为 王琳琳 虞燕琴

编 委 (以姓氏笔画为序)

王会平 王 珏 叶治国

吴莉萍 张世忠 陈宝平

林国华 夏满莉 高 琴

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 生理学的定义和研究水平	(2)
一、生理学的定义	(2)
二、生理学的主要研究方法和水平	(2)
第二节 机体的内环境及其稳态	(2)
第三节 生理学与临床医学的关系	(3)
第四节 生理功能的调节	(3)
一、神经调节	(3)
二、体液调节	(3)
三、自身调节	(4)
第五节 生理功能调节的自动控制原理	(4)
一、非自动控制系统	(4)
二、反馈控制系统	(4)
三、前馈控制系统	(5)
第二章 细胞的基本功能	(6)
第一节 细胞膜的基本结构和物质转运功能	(7)
一、细胞膜的结构概述	(8)
二、物质的跨膜转运	(9)
第二节 细胞的跨膜信号转导	(15)
一、G 蛋白耦联受体介导的信号转导	(16)
二、离子通道受体介导的信号转导	(17)
三、酶耦联受体介导的信号转导	(19)
第三节 细胞的生物电现象	(19)
一、细胞的静息电位及其产生机制	(20)
二、动作电位及其产生机制	(25)
第四节 肌细胞的收缩	(25)
一、骨骼肌	(25)
二、平滑肌	(34)

第三章 血液	(37)
第一节 概述	(38)
一、血液的组成和功能	(38)
二、血量与血细胞比容	(39)
三、血液的理化特性	(39)
第二节 血浆	(40)
一、血浆与内环境	(40)
二、血浆的成分	(41)
第三节 血细胞生理	(41)
一、红细胞	(41)
二、白细胞	(46)
三、血小板	(48)
第四节 血液凝固和纤维蛋白溶解	(49)
一、血液凝固	(49)
二、纤维蛋白的溶解	(53)
第五节 血型 and 输血	(54)
一、血型	(54)
二、输血	(56)
第四章 血液循环	(59)
第一节 心脏的生物电活动	(61)
一、心肌细胞的跨膜电位及其形成机制	(61)
二、心肌电生理特性	(65)
三、体表心电图	(71)
第二节 心脏的泵血功能	(72)
一、心肌收缩的特点	(72)
二、心脏的泵血过程和机制	(73)
三、心脏泵血功能的评定	(77)
四、心脏泵血功能的贮备	(78)
五、影响心输出量的因素	(78)
第三节 血管生理	(81)
一、各类血管的结构和功能特点	(81)
二、血流量、血流阻力和血压	(81)
三、动脉血压和动脉脉搏	(83)
四、静脉血压和静脉回心血量	(88)
五、微循环	(90)
六、组织液	(92)

七、淋巴液的生成和回流	(94)
第四节 心血管活动的调节	(95)
一、神经调节	(95)
二、体液调节	(101)
三、局部血流调节	(105)
第五节 器官循环	(105)
一、冠脉循环	(106)
二、肺循环	(108)
三、脑循环	(109)
第五章 呼 吸	(112)
第一节 肺通气	(113)
一、肺通气的原理	(114)
二、肺容积、肺容量与肺通气功能的指标	(124)
第二节 肺换气和组织换气	(127)
一、气体交换的原理	(127)
二、肺换气	(128)
三、组织换气	(131)
第三节 气体在血液中的运输	(131)
一、氧的运输	(132)
二、二氧化碳的运输	(137)
第四节 呼吸运动的调节	(138)
一、呼吸中枢与呼吸节律的形成	(138)
二、呼吸的反射性调节	(142)
第六章 消化和吸收	(147)
第一节 概 述	(148)
一、消化的方式	(148)
二、消化腺的分泌和消化液的功能	(148)
三、消化管平滑肌的生理特性	(149)
四、消化管的神经支配及其作用	(150)
五、胃肠激素	(151)
第二节 口腔内消化	(153)
一、唾液	(153)
二、咀嚼和吞咽	(154)
第三节 胃内消化	(156)
一、胃液的性质、成分和作用	(156)
二、胃的运动	(157)

三、胃内消化的调节	(158)
第四节 小肠内消化	(161)
一、胰液	(161)
二、胆汁	(162)
三、小肠液	(163)
四、小肠的运动	(164)
五、小肠内消化的调节	(165)
第五节 大肠的功能	(167)
一、大肠液	(167)
二、大肠内细菌的活动	(167)
三、大肠的运动	(167)
四、大肠活动的调节	(168)
五、排便反射	(168)
第六节 吸 收	(169)
一、概述	(169)
二、主要营养物质的吸收	(169)
第七章 能量代谢和体温	(173)
第一节 能量代谢	(173)
一、能量的来源和去路	(174)
二、能量代谢的测定	(175)
三、影响能量代谢的因素	(178)
四、基础代谢	(179)
第二节 体温及其调节	(181)
一、人的正常体温及其生理变动	(181)
二、人体的产热与散热	(182)
三、体温调节	(186)
第八章 尿的生成与排出	(188)
第一节 肾的功能解剖和肾血流特点	(189)
一、肾的功能解剖	(189)
二、肾血液循环的特点	(190)
第二节 肾小球的滤过作用	(192)
一、滤过膜及其通透性	(192)
二、有效滤过压	(193)
三、影响肾小球滤过的因素	(194)
第三节 肾小管和集合管的物质转运功能	(195)
一、肾小管和集合管的转运方式	(195)

二、肾小管和集合管的重吸收功能	(195)
三、肾小管和集合管的分泌及排泄功能	(198)
第四节 尿液的浓缩和稀释	(200)
一、尿浓缩和稀释的基本过程	(200)
二、肾髓质渗透压梯度的形成和保持	(201)
第五节 尿生成的调节	(204)
一、肾内调节	(204)
二、神经和体液调节	(204)
第六节 血浆清除率	(207)
一、血浆清除率测定方法	(208)
二、测定血浆清除率的意义	(208)
第七节 尿液排放	(209)
一、膀胱和尿道的神经支配	(209)
二、排尿反射	(209)
第九章 感觉器官	(211)
第一节 概 述	(212)
一、感受器与感觉器官	(212)
二、感受器的一般生理特性	(212)
第二节 视觉器官	(214)
一、眼的折光系统及其调节	(214)
二、眼的感光换能功能	(218)
三、与视觉有关的几种生理现象	(222)
第三节 听觉器官	(224)
一、外耳和中耳的功能	(224)
二、内耳耳蜗的功能	(226)
三、人耳的听阈和听域	(228)
第四节 前庭器官	(229)
一、椭圆囊和球囊的功能	(229)
二、半规管的功能	(230)
三、前庭反应	(231)
第五节 嗅觉和味觉	(232)
一、嗅觉	(232)
二、味觉	(233)
第十章 神经系统	(234)
第一节 神经元活动的一般规律	(235)
一、神经元和神经纤维	(235)

二、神经元间信息传递的方式	(238)
三、神经递质和受体	(240)
四、神经的营养性作用	(245)
第二节 神经胶质细胞	(245)
一、神经胶质细胞的特征	(245)
二、神经胶质细胞的功能	(246)
第三节 反射活动的一般规律	(247)
一、反射与反射弧	(247)
二、中枢神经元的联系方式	(248)
三、反射弧中枢部分兴奋的传递特征	(248)
四、中枢抑制	(249)
第四节 神经系统的感觉分析功能	(251)
一、脊髓与脑干的感觉传导功能	(251)
二、丘脑及其感觉投射系统	(252)
三、大脑皮层的感觉代表区	(254)
四、痛觉	(256)
第五节 神经系统对躯体运动的调节	(259)
一、脊髓对躯体运动的调节	(259)
二、脑干对躯体运动的调节	(263)
三、小脑对躯体运动的调节	(266)
四、基底神经节对躯体运动的调节	(269)
五、大脑皮层对躯体运动的调节	(269)
第六节 神经系统对内脏活动的调节	(272)
一、自主神经系统的结构和功能特征	(272)
二、各级中枢对内脏活动的调节	(275)
第七节 脑的高级功能	(276)
一、学习与记忆	(276)
二、大脑皮层的语言功能和一侧优势	(279)
第八节 脑的电活动与觉醒睡眠	(280)
一、脑电图和皮层诱发电位	(280)
二、觉醒与睡眠	(282)
第十一章 内分泌	(285)
第一节 概 述	(286)
一、激素的分类	(286)
二、激素作用的一般特性	(288)
三、激素的作用机制	(288)
四、激素分泌的调节	(290)

第二节 下丘脑与垂体	(291)
一、下丘脑-神经垂体系系统	(291)
二、下丘脑-腺垂体系系统	(293)
第三节 甲状腺	(296)
一、甲状腺激素的合成与运输	(296)
二、甲状腺激素的生物学作用	(298)
三、甲状腺激素分泌的调节	(299)
第四节 肾上腺	(301)
一、肾上腺皮质	(301)
二、肾上腺髓质	(304)
第五节 调节钙、磷代谢的激素	(305)
一、甲状旁腺激素	(305)
二、降钙素	(306)
三、维生素 D ₃	(307)
第六节 胰 岛	(307)
一、胰岛素	(308)
二、胰高血糖素	(309)
第七节 其他激素	(310)
一、松果体激素	(310)
二、前列腺素	(310)
三、瘦素	(310)
第十二章 生殖与性生理	(312)
第一节 男性生殖	(313)
一、睾丸的生精功能	(313)
二、睾丸的内分泌功能	(314)
三、睾丸功能的调节	(314)
四、男性的性反应	(315)
第二节 女性生殖	(319)
一、卵巢的生卵功能	(319)
二、卵巢的内分泌功能	(319)
三、卵巢功能的调节	(320)
四、女性的性反应	(323)
第三节 妊娠与分娩	(323)
一、受精与着床	(323)
二、胎盘激素与妊娠的维持	(324)
三、分娩	(326)
附录 专业词汇中英对照	(328)

第一章

绪 论

【教学要求】

了解生理学的概念和研究层次,掌握内环境与稳态、生理功能的调节和自动控制等基本概念。

【内容提要】

1. 生理学是研究生命活动规律的科学。
2. 生理学的研究水平包括细胞、器官和系统、整体三个水平。
3. 内环境是指由细胞外液构成的细胞生存的环境。正常机体,其内环境的理化性质经常保持相对稳定,即稳态。
4. 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。
①通过神经系统的活动对机体功能进行的调节称为神经调节,它在机体的所有调节方式中占主导地位。神经调节的基本方式是反射。②体液调节是指由内分泌细胞或某些组织细胞生成并分泌的特殊的化学物质(如激素、肽类和细胞因子等),经由体液运输,到达全身或局部的组织细胞,调节其活动。③自身调节是指机体的器官、组织、细胞不依赖于神经和体液调节,而由自身对刺激产生适应性反应。
5. 生理功能调节可以通过自动控制原理来理解。负反馈、正反馈和前馈控制是较重要的概念。反馈作用与原效应作用相反,使反馈后的效应向原效应的相反方向变化,这种反馈称为负反馈;反馈作用与原效应作用一致,起到促进或加强原效应的作用,这种反馈称为正反馈;在受控部分的状态尚未发生改变之前,机体通过某种监测装置得到信息,以更快捷的方式调整控制部分的活动,用以对抗干扰信号对受控部分稳态的破坏,这种调控称为前馈控制。

第一节 生理学的定义和研究水平

一、生理学的定义

生理学(physiology)是研究生命活动规律的科学。生理学是生物学的一个分支,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。人体生理学的任务就是研究正常状态下人体及其各组成部分的功能及其发生机制,以及内外环境变化对机体功能的影响。

二、生理学的主要研究方法和水平

生理学是一门实验性科学。研究方法对生理学的发展起着十分重要的作用,主要有动物实验、人体实验和调查研究。动物实验包括急性和慢性动物实验,是生理学研究采用的主要方法,但由于动物与人类的差别,不能把动物实验的结果简单地套用于人体。所以进行人体实验、获得人类的生理参数和了解功能调节机制是人类了解自己的最有效途径,只有在不影响人体健康的情况下,才允许进行人体实验。调查研究是以人的群体为对象进行的,如人体生理正常值需要在大样本人群中进行测量和统计。

构成身体的最基本单位是细胞,由许多不同的细胞构成器官,行使某生理功能的不同器官互相联系,构成一个器官系统,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,生理学的研究是在细胞、器官、系统以及整体这三个水平上进行的。通过在细胞和分子水平的研究,可以分析某种细胞、构成细胞的分子或基因的生理特性、功能及其调节机制;在器官和系统水平的研究,可以了解一个器官或系统的功能、其在机体中所起的作用和内在机制,以及各种因素对它活动的影响;而整体水平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。值得指出的是,这三个水平的研究相互间不是孤立的,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,才能得出比较全面的结论。

第二节 机体的内环境及其稳态

人体生存的外部环境即外环境,包括自然环境和社会环境。人体内绝大部分的细胞并不与外环境直接接触,而是生活在一个液体环境即细胞外液中。相对于外环境而言,由细胞外液构成的细胞生存的环境称为内环境(internal environment)。内环境对细胞的生存以及维持细胞的正常生理功能十分重要。细胞通过细胞膜从内环境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到内环境中,再通过机体的呼吸和排泄等途径排出体外。

正常机体,其内环境的理化性质如温度、渗透压、pH、离子浓度等经常保持相对的稳定,这种内环境理化性质相对稳定的状态称为稳态(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。内环境的稳态包含两方面的含义:一方面是指内环境理化性质总是在一定水平上保持相对恒定,不随

外环境的变化而出现明显的变动;另一方面,内环境的理化因素并不是静止不变的,在正常生理状态下有一定的波动,但其变动范围很小。因此,内环境稳态是一个动态的、相对稳定的状态。

第三节 生理学与临床医学的关系

虽然生理学隶属于生物学的二级学科,但也是一门基础医学科学,与临床医学有着十分密切的关系。人们必须在了解正常人体各个组成部分功能和调节的基础上,才能理解在各种疾病情况下身体某个或某些部分发生的改变,才能对疾病作出正确的诊断和治疗。因此,生理学对于医学生来说是一门非常重要的基础理论课程。

生理学是以剖析生命现象的机制为目的的一门自然科学,而临床医学则是以对人类的疾病进行诊断、治疗以及预防为目的的应用科学。可以说,疾病就是机体在一定条件下受病因作用后,其维持生命的稳态调节紊乱而发生的异常生命活动过程。人如果是健康的,即使稳态受各种环境因素的影响而有暂时的紊乱,只要是在自动调节范围之内,这种紊乱是可以回复的。这种回复过程是机体维持稳态的表现,而对疾病来说则为自然治愈。如果致病因素强大,机体不能通过自身的调节能力维持稳态,便表现出患病症状,此时,必须施加干预以帮助机体回复稳态,这就是治疗。为了进行正确的治疗,必须掌握引起疾病的原因以及患者的机能状态。如果正确了解了引起疾病的原因,就有可能去除病因来预防疾病。

第四节 生理功能的调节

人体生理功能的调节是指人体对内外环境变化所做出的适应性反应的过程。通过机体各部分功能活动的相互协调和配合,可使机体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。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

通过神经系统的活动对机体功能进行的调节称为神经调节(nervous regulation)。神经调节在机体的所有调节方式中占主导地位。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应答。反射活动的结构基础是反射弧,它由5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外的各种刺激,并将刺激能量转变成体内可传导的电信号(动作电位),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、处理或整合后,发出指令(电信号——动作电位),通过传出神经纤维到达效应器,效应器完成反射动作。反射的完成有赖于反射弧结构的完整和功能正常,其5个组成部分的任何一个部分结构被破坏或功能障碍,均可导致反射不能完成。神经调节的特点是产生效应迅速、调节作用精确、作用时间较短暂。

二、体液调节

体液调节(humoral regulation)是指由内分泌细胞或某些组织细胞生成并分泌的特殊

的化学物质,经由体液运输,到达全身或局部的组织细胞,调节其活动。化学物质包括内分泌细胞分泌的激素、某些组织细胞分泌的肽类和细胞因子等。化学物质经血液这种体液途径运输到达特定组织发挥作用,是体液调节的主要方式。有些化学物质可不经血液运输,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。另外,某些激素可由非内分泌细胞合成和分泌,如下丘脑和心血管系统的一些细胞也能合成激素。体液调节的特点是产生效应较缓慢、作用广泛、持续时间较长。

三、自身调节

自身调节(autoregulation)是指机体的器官、组织、细胞不依赖于神经和体液调节,而由自身对刺激产生适应性反应的过程。例如血管壁的平滑肌在受到牵拉刺激时,会发生收缩反应;心肌被拉长后,收缩前的初长度直接影响其收缩力量等。自身调节是一种局部调节,其特点是调节幅度较小、灵敏度较低,但在某些器官和组织具有重要的生理意义。

第五节 生理功能调节的自动控制原理

总的说来,生理功能调节的目的主要包括两个方面,一是维持内环境的稳态,二是使机体的生理功能适应机体活动的需要,使内环境在一定的水平上保持稳态。前者主要通过反馈控制系统来实现,而后者则由开环控制系统、前馈控制系统和反馈控制系统共同完成。

一、非自动控制系统

非自动控制系统是一个开环控制系统,实际上就是单一的反射过程,其从感受器接受刺激到效应器产生动作是单方向一次性完成的,其中枢不受效应器动作的反作用,从控制论的原理解释,即系统内控制系统的输入部分不受输出部分的影响。如寒冷刺激作用于机体可引起下丘脑-腺垂体-甲状腺活动加强,使体内甲状腺激素升高,促使机体产热、体温增高,但体温增高不能改变寒冷刺激通过感受器传入中枢的输入信号对控制部分的影响。在这种情况下,刺激决定着反应,而反应不能改变刺激。这种控制系统无自动控制的能力(图 1-1)。

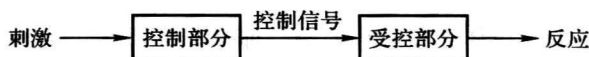


图 1-1 非自动控制系统示意图

二、反馈控制系统

反馈控制系统是一个闭环系统,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(图 1-2)。根据受控部分的反馈信息对控制部分的作用(原有效应)不同,可将反馈分为两种:负反馈和正反馈。

反馈作用与原效应作用相反,使反馈后的效应向原效应的相反方向变化,这种反馈称为负反馈(negative feedback)。负反馈的作用是使系统保持稳定。机体内环境之所以能维持稳态,就是因为有许多负反馈的存在和发挥作用,如动脉血压高于正常时,压力感受器就立即

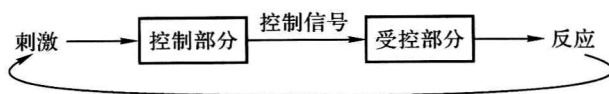


图 1-2 反馈控制系统示意图

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;反之,如血压低于正常,则通过负反馈调节使血压回复正常。

反馈作用与原效应作用一致,起到促进或加强原效应的作用,这种反馈称为正反馈(positive feedback)。在血液凝固和分娩等生理过程中都有正反馈机制的参与,如当小血管破裂时,各种凝血因子相继被激活,最后形成血凝块,将血管破口封住。在病理情况下,如心力衰竭失代偿期、癌症后期机体功能的恶性循环等,均有正反馈机制的参与。

三、前馈控制系统

在生理功能的控制中,还有一种称为前馈(feedforward)的调节活动。在受控部分的状态尚未发生改变之前,机体通过某种监测装置得到信息,以更快捷的方式调整控制部分的活动,用以对抗干扰信号对受控部分稳态的破坏,这种调控称为前馈控制(图 1-3)。条件反射活动就是一种前馈控制系统的活动,它使机体的反应具有超前性。例如,动物见到食物就会引起唾液分泌,这种分泌比食物进入口中后引起的唾液分泌来得快,而且富有预见性,更具有适应性意义。

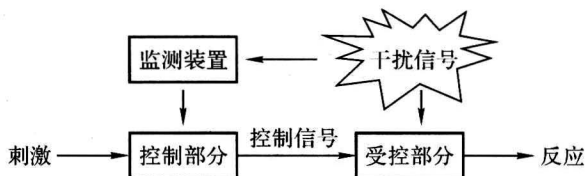


图 1-3 前馈控制系统示意图

【复习思考题】

1. 名词解释

内环境 稳态 正反馈 负反馈 前馈

2. 人体生理功能活动的主要调节方式有哪些? 各有何特征? 其相互关系如何?

3. 何谓内环境和稳态? 有何重要生理意义?

4. 简述人体机能活动的自我调节原理。

(夏 强)