CHENGREN
GAODENG
JIAOYU
HULIXUE
ZHUANYE
JIAOCAI

成人高等教育护理学专业教材

总主编 赵 群 陈金宝

生 理 学

SHENGLIXUE

主 编 曹 宇
副主编 王振华

上海科学技术出版社

生 理 学

成人高等教育护理学专业教材

生 理 学

Shenglixue

主 编 曹 宇
副主编 王振华

上海科学技术出版社

图书在版编目（CIP）数据

生理学／曹宇主编. — 上海：上海科学技术出版社，2010.8

成人高等教育护理学专业教材

ISBN 978-7-5478-0427-8

Ⅰ.①生… Ⅱ.①曹… Ⅲ.①人体生理学－成人教育：高等教育－教材 Ⅳ.①R33

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第139516号

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社 出版、发行
（上海钦州南路71号　邮政编码200235）
新华书店上海发行所经销
浙江新华印刷技术有限公司印刷
开本 787×1092　1/16　印张：18.75
字数：479千字
2010年8月第1版　2010年8月第1次印刷
ISBN 978-7-5478-0427-8／R·132
定价：38.00元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题，
请向工厂联系调换

成人高等教育护理学专业教材

编写委员会

■ **主任委员** 赵 群

■ **副主任委员** 陈金宝

■ **委　　员** （以姓氏笔画为序）

于爱鸣　王　健　王世伟　王丽宇　王艳梅
王爱平　方　瑾　田　静　朱闻溪　刘　宇
汤艳清　孙田杰　孙海涛　苏兰若　李　丹
李小寒　李红丽　李栢林　李福才　佟晓杰
邱雪杉　张　波　张喜轩　苑秀华　范　玲
罗恩杰　赵　斌　赵成海　施万英　徐甲芬
高丽红　曹　宇　翟效月　颜红炜　潘兴瑜
潘颖丽　魏敏杰

■ **教材编写办公室**

刘　强　刘伟韬

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

成人高等教育护理学专业教材

生 理 学

编委会名单

■主 编 曹 宇

■副主编 王振华

■编 委 （以姓氏笔画为序）

王振华 白 霞 杨 宇

赵 祯 赵红艳 曹 宇

廖英俊

前　言

近年来，随着护理学专业的迅速发展，全日制护理学专业教材建设得到了长足的进步，教材体系日益完善，品种迅速增多，质量逐渐提高。然而，针对成人高等教育护理学专业，能够充分体现以教师为主导、以学生为主体，方便学生自学的教材，可供选择的并不多。根据教育部《关于普通高等教育教材建设与改革的意见》的精神，为了进一步提高成人高等教育护理学专业教材的质量，更好地把握21世纪成人高等教育护理学内容和课程体系的改革方向，以中国医科大学为主，聘请北京大学、复旦大学、中山大学和沈阳医学院等单位的专家编写本套教材，由上海科学技术出版社出版。

本套教材编排新颖，版式紧凑，层次清晰，结构合理。每章由三大部分组成：第一部分是导学，告知学生本章需要掌握的内容和重点难点，以方便教师教学和学生有目的地学习相关内容；第二部分是具体教学内容，力求体现科学性、适用性和易读性的特点；第三部分是复习题，便于学生课后复习，其中选择题和判断题的参考答案附于书后。

本套教材的使用对象主要为护理学专业的高起本、高起专和专升本三个层次的学生。其中，对高起本和专升本层次的学习要求相同，对高起专层次的学习要求在每章导学部分予以说明。本套教材中的一些基础课程也适用于其他相关医学专业。

除了教材外，我们还将通过中国医科大学网络教育平台（http://des.cmu.edu.cn）提供与教材配套的教学大纲、网络课件、电子教案、教学资源、网上练习、模拟测试等，为学生自主学习提供多种资源，建造一个立体化的学习环境。

为了很好地完成本套教材的编写任务，我们成立了教材编写委员会。编写委员会主任委员由中国医科大学校长赵群教授担任，副主任委员由中国医科大学网络教育学院常务副院长陈金宝教授担任。编写委员会下设教材编写办公室，由刘强和刘伟韬同志负责各分册协调和部分编务工作等。教材部分绘图工作由齐亚力同志完成。

由于时间仓促，任务繁重，在教材编写中难免存在一些不足，恳请广大教师、学生和读者惠予指正，使本套教材更臻完善，成为科学性更强、教学效果更好、更符合现代成人高等教育要求的教材。

成人高等教育护理学专业教材
编写委员会
2010年5月

编写说明

《生理学》一书是成人高等教育护理学专业的系列教材之一。为适应成人高等教育的发展，加强护理学专业的教材建设，本书在内容上紧紧围绕生理学的基本知识要点，深入浅出，并注重专业特色，与全日制本科教材比较，适当地增加了一些与临床护理学密切相关的生理学内容，而对于侧重研究方法、生理机制的深入探讨，以及与临床实际工作联系较少的内容做了一定的删减，以突显本教材的实用性。另外，在每章的开头部分设有“导学”，着重介绍各章的主要内容及重点和难点等。

本教材由中国医科大学组织编写，实行主编负责制，按照专业特点分工编写，书稿完成后由主编进行审定。第一章、第二章由曹宇编写，第三章、第五章由赵祯编写，第四章由赵红艳编写，第六章、第九章由白霞编写，第七章、第八章由杨宇编写，第十章由廖英俊编写，第十一章、第十二章由王振华编写。

本教材的全部内容为本科学生使用，其中部分内容对专科学生不做要求（每章在“导学”部分已做说明）。

由于我们编者的水平有限，书中难免有一些问题和不妥之处，敬请本书的读者提出批评和建议。

《生理学》编委会

2010 年 5 月

目　录

第一章　绪论 / 1

第一节　生理学的研究内容和研究方法 / 2

一、生理学研究的内容及与医学的关系 / 2

二、生理学的研究方法 / 2

第二节　机体的内环境和稳态 / 3

一、机体的内环境 / 3

二、内环境的稳态及生理意义 / 3

第三节　机体生理功能的调节 / 4

一、机体生理功能的调节方式 / 4

二、体内的控制系统 / 5

第二章　细胞的基本功能 / 8

第一节　细胞膜的结构和物质转运功能 / 9

一、细胞膜的组成成分和结构 / 9

二、物质转运功能 / 10

第二节　细胞的跨膜信号转导 / 13

一、离子通道型受体介导的信号转导 / 14

二、G蛋白偶联受体介导的信号转导 / 14

三、酶联型受体介导的信号转导 / 16

第三节　细胞的电活动 / 17

一、静息电位及其产生机制 / 17

二、动作电位及其产生机制 / 19

三、局部电位 / 23

四、细胞兴奋后兴奋性的变化 / 23

第四节　肌细胞的收缩 / 24

一、横纹肌 / 24

二、平滑肌 / 30

第三章　血液 / 37

第一节　概述 / 37

一、血液的组成 / 37

二、血液的理化特性 / 38

第二节　血细胞及其功能 / 38

一、红细胞 / 38

二、白细胞 / 40

三、血小板 / 41

第三节　生理性止血 / 42

一、生理性止血的基本过程 / 42

二、血液凝固和纤维蛋白溶解 / 43

第四节　血型与输血原则 / 46

一、ABO血型系统 / 46

二、Rh血型系统 / 47

三、输血的原则 / 48

第四章　血液循环 / 50

第一节　心脏的泵血功能 / 52

一、心脏泵血的过程和机制 / 52

二、心脏泵血功能的评定 / 54

三、影响心输出量的因素 / 55

四、心脏泵血功能的储备 / 58

第二节　心肌细胞的生物电和生理特性 / 58

一、心肌细胞的跨膜电位及其形成机制 / 58

二、心肌的生理特性 / 61
三、体表心电图 / 66
第三节 血管生理 / 67
一、各类血管的功能特点 / 67
二、血流量、血流阻力和血压 / 68
三、动脉血压和动脉脉搏 / 69
四、静脉血压和静脉回心血量 / 71
五、微循环 / 73
六、组织液的生成 / 75
七、淋巴的生成和回流 / 76
第四节 心血管活动的调节 / 77
一、神经调节 / 77
二、体液调节 / 82
三、局部血流调节 / 84
第五节 器官循环 / 85
一、冠脉循环 / 85
二、肺循环 / 86
三、脑循环 / 87

第五章 呼吸 / 93
第一节 肺通气 / 94
一、肺通气的原理 / 94
二、肺通气功能的评定 / 98
第二节 呼吸气体的交换 / 100
一、气体交换原理 / 100
二、肺换气 / 100
三、组织换气 / 101
第三节 气体在血液中的运输 / 102
一、氧的运输 / 102
二、二氧化碳的运输 / 105
第四节 呼吸运动的调节 / 106
一、呼吸中枢与呼吸节律 / 106
二、呼吸运动的反射性调节 / 108
三、化学因素对呼吸运动的调节 / 108

第六章 消化和吸收 / 115
第一节 概述 / 116
一、消化的方式 / 116
二、消化道平滑肌的生理特性 / 116
三、消化道的神经支配及其作用 / 117
四、消化道的分泌功能 / 118
五、消化道的内分泌功能 / 118
第二节 口腔内消化 / 120
一、唾液 / 120
二、咀嚼和吞咽 / 121
第三节 胃内消化 / 121
一、胃液及其分泌 / 121
二、胃的运动及其调控 / 125
第四节 小肠内消化 / 127
一、胰液的分泌 / 127
二、胆汁的分泌和排出 / 129
三、小肠液的分泌 / 130
四、小肠的运动 / 131
第五节 大肠的功能 / 132
一、大肠液的分泌 / 132
二、大肠内细菌的活动 / 132
三、大肠的运动与排便 / 133
第六节 吸收 / 134
一、吸收部位 / 134
二、小肠吸收的途径和机制 / 135
三、小肠内主要营养物质的吸收 / 135

第七章 能量代谢和体温 / 139
第一节 能量代谢 / 140
一、能量的来源与利用 / 140
二、能量代谢测定 / 140
三、影响能量代谢的主要因素 / 143
四、基础代谢 / 144
第二节 体温及其调节 / 145
一、体温 / 145
二、产热与散热 / 146
三、体温调节 / 148

第八章 尿的生成和排出 / 152
第一节 肾的功能解剖和肾血流量 / 153
一、肾的功能解剖 / 153
二、肾血流量的特点及其调节 / 156
第二节 肾小球的滤过功能 / 157
一、有效滤过压 / 157
二、影响肾小球滤过的因素 / 158
第三节 肾小管与集合管的转运功能 / 158
一、肾小管与集合管的物质转运方式 / 158
二、肾小管和集合管中各种物质的重吸收和分泌 / 159

第四节 尿液的浓缩和稀释 / 163
一、尿液的稀释 / 163
二、尿液的浓缩 / 163
三、直小血管在维持肾髓质高渗中的作用 / 165
第五节 尿生成的调节 / 165
一、肾内自身调节 / 165
二、神经和体液调节 / 166
第六节 清除率 / 169
一、清除率及其计算方法 / 169
二、测定清除率的意义 / 169
第七节 尿的排放 / 170
一、膀胱与尿道的神经支配 / 170
二、排尿反射 / 170

第九章 感觉器官的功能 / 176
第一节 感受器及其一般生理特性 / 177
一、感受器、感觉器官的定义和分类 / 177
二、感受器的一般生理特性 / 178
第二节 眼的视觉功能 / 179
一、眼的折光系统及其调节 / 179
二、视网膜的结构和两种感光换能系统 / 182
三、视网膜的信息处理 / 186
四、与视觉有关的若干生理现象 / 187
第三节 耳的听觉功能 / 188
一、外耳和中耳的功能 / 189
二、声波传入内耳的途径 / 190
三、内耳(耳蜗)的功能 / 191
四、听神经动作电位 / 193
第四节 前庭器官的功能 / 194
一、前庭器官的感受装置和适宜刺激 / 194
二、前庭反应 / 195
第五节 其他感受器的功能 / 196
一、嗅觉感受器和嗅觉的一般性质 / 196
二、味觉感受器和味觉的一般性质 / 197

第十章 神经系统 / 202
第一节 神经元与神经胶质细胞的一般功能 / 204
一、神经元和神经纤维 / 204
二、神经胶质细胞 / 206
第二节 神经元之间的信息传递 / 206
一、突触传递 / 206
二、神经递质和受体 / 209
三、反射弧中枢部分的活动规律 / 213
四、中枢抑制和中枢易化 / 215
第三节 神经系统的感觉分析功能 / 216
一、脊髓感觉传导功能 / 217
二、丘脑与感觉投射系统 / 217
三、大脑皮层的感觉分析功能 / 218
四、痛觉 / 219
第四节 神经系统对姿势和运动的调节 / 221
一、脊髓对姿势和运动的调节 / 221
二、低位脑干对肌紧张和姿势的调节 / 224
三、小脑对姿势和运动的调节 / 225
四、基底神经节对姿势和运动的调节 / 226
五、大脑皮层对姿势和运动的调节 / 227
第五节 神经系统对内脏活动的调节 / 228
一、自主神经系统 / 228
二、中枢对内脏活动的调节 / 230
第六节 脑的高级功能与脑电活动 / 231
一、条件反射 / 231
二、学习与记忆 / 232
三、大脑皮层的语言中枢和一侧优势现象 / 233
四、大脑皮层的电活动 / 234
五、觉醒与睡眠 / 235

第十一章 内分泌 / 243
第一节 概述 / 244
一、激素作用的一般特性 / 245
二、激素的作用方式 / 245
三、激素的分类 / 246
四、激素作用的机制 / 247
五、激素分泌的调节 / 248
第二节 下丘脑与垂体 / 249
一、下丘脑-神经垂体系统 / 250
二、下丘脑-腺垂体系统 / 250
第三节 甲状腺 / 253
一、甲状腺激素的合成、贮存、释放、

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

转运和代谢 / 253
二、甲状腺激素的生物学作用 / 255
三、甲状腺激素分泌的调节 / 257
第四节 甲状旁腺和甲状腺C细胞 / 258
一、甲状旁腺激素 / 258
二、降钙素 / 259
三、1,25-二羟维生素 D_3 / 259
第五节 肾上腺 / 260
一、肾上腺皮质激素 / 260
二、肾上腺髓质激素 / 263
第六节 胰岛 / 264
一、胰岛素 / 264
二、胰高血糖素 / 265
第七节 其他内分泌腺和激素 / 266
一、松果体 / 266
二、胸腺 / 267
三、前列腺素 / 267

第十二章 生殖 / 274
第一节 男性生殖 / 275
一、睾丸的功能 / 275
二、睾丸功能的调节 / 276
第二节 女性生殖 / 276
一、卵巢周期与子宫周期的激素调节 / 276
二、卵巢的内分泌功能 / 278
三、卵巢功能的调节 / 280
第三节 妊娠与分娩 / 280
一、受精 / 280
二、着床 / 281
三、妊娠的维持及激素调节 / 281
四、分娩 / 282

参考答案 / 284

参考文献 / 286

第一章 绪 论

导 学

内容及要求

本章共包括三部分的内容：①生理学的研究内容和研究方法；②机体的内环境和稳态；③机体生理功能的调节。

生理学的研究内容和研究方法主要介绍生理学的研究范畴，生理学与医学的关系，动物实验和人体试验的一般方法，在细胞和分子水平、器官和系统水平及整体水平的研究内容。通过学习了解本节上述的相关内容。

机体的内环境和稳态主要介绍体液的组成、机体内环境及其稳态、内环境稳态的生理意义。通过学习应重点掌握机体内环境和内环境稳态的概念、内环境稳态的生理意义。

机体生理功能的调节主要介绍神经调节、体液调节和自身调节三种调节方式，负反馈、正反馈和前馈三种反馈调节机制。通过学习应重点掌握三种调节方式及特点，负反馈的概念及生理意义。熟悉正反馈的概念及生理意义。了解前馈的概念及生理意义。

重点、难点

本章的重点内容是：理解内环境稳态既是机体各组织、器官正常生理活动的结果，也是机体维持正常生理功能活动的必要条件。机体通过神经调节、体液调节和自身调节的方式对各种功能活动进行调节。难点是：负反馈、正反馈和前馈三种反馈调节机制。

专科生的要求

专科层次的学生对前馈的概念可作一般性的了解。

- 生理学的研究内容和研究方法
- 机体的内环境和稳态
- 机体生理功能的调节

第一节 生理学的研究内容和研究方法

一、生理学研究的内容及与医学的关系

生理学(physiology)是生物科学的一个分支,是研究正常情况下生物体的各种生命现象和功能活动规律的科学。生理学的研究内容是揭示机体各种正常的生命现象和功能的产生机制,机体各组成部分功能活动的相互协调,内、外环境的变化对功能活动的影响及机体的相应调节。人体生理学是研究人体生理功能的科学,是医学的重要基础课程。在学习了人体解剖学和人体组织学的基础上,学习生理学能够了解人体各个组成部分的正常功能,进而才能理解疾病时机体发生的形态和功能的改变,才能理解各种药物治疗疾病的原理,才能认识疾病的临床表现,得出正确的诊断,采取合适的治疗方法。因此,生理学起着联系基础学科和临床学科的重要桥梁作用。作为医护人员,掌握生理学的基本知识是正确认识疾病的基础。同时,在临床实践中会不断地遇到新的问题,生理学的基本理论和基本方法又是指导科学思维的重要依据。

二、生理学的研究方法

生理学的发展是在医学实践中,伴随着科学技术的进步不断积累起来的。生理学的知识都是来自于临床实践和实验研究,是一门实验性科学。最初人们只能通过肉眼对一些生命现象进行观察和比较,推测人体器官的功能。17 世纪初,英国的医生哈维(Harvey)首先采用活体解剖和科学实验的方法研究了动物的血液循环,1628 年,哈维所著的《心与血的运动》出版,这是历史上第一部基于实验证据的生理学著作,标志着生理学真正成为一门实验性科学。

由于人与动物的机体在结构和功能上有很多相似之处,一般情况下,生理学的实验主要在动物身上进行,只有一些损伤性小的、不危及健康的实验,才能在人体进行,而且,需得到受试者本人的同意。

动物实验通常分为**急性实验**(acute experiment)和**慢性实验**(chronic experiment)。急性实验有**在体实验**(experiment in vivo)和**离体实验**(experiment in vitro)。在体实验一般是在动物麻醉状态下,施加一定的实验因素,观察和记录某些生理功能的变化。例如,对家兔进行气管插管记录呼吸运动,观察各种化学因素及迷走神经对呼吸运动的影响。急性在体实验条件易于控制,便于观察和记录。离体实验是将器官组织或细胞从体内分离出来,在一定的实验条件下进行研究。例如,通过离体蛙心灌流,观察各种体液因素对心脏功能活动的影响。离体实验可排出其他影响因素,易于控制实验条件,实验结果易于分析,并且,可进行细胞或分子水平的研究。但是,由于实验对象已脱离整体,其在特定实验条件下的功能活动与在整体条件时可能会存在差异。慢性实验一般是在动物清醒状态下,在一段时间内,观察完整机体内某器官组织的生理指标变化。通常预先对动物进行某些预处理或施加一定的实验因素,例如,观察胃液的分泌,需要预先进行胃造瘘术,使之在体表可以收集到胃液。待动物康复后再进行实验观察。慢性实验时除施加的实验因素以外,机体接近自然生理状态。但是,由于整体条件下体内各种因素的互相影响较为复杂,实验结果相对不易分析。以上所述的急、慢性动物实验是生理学常用的实验方法,很多生理学的知识都是通过动物实验获得的。

人体试验主要用于进行生理指标的人群资料调查,如血细胞、血压、心率的正常值等。随着科学技术的进步,一些新的无创性实验手段的开发,拓宽了人体试验的应用范围,特别是对脑的高级神经活动的研究。近年来,仿真学在生理学研究中的应用,也促进了生理学研究的发展。

在生理学的研究中,人们从不同的层面、不同的角度进行观察,主要分为以下三个层次进行研究。

1. *细胞和分子水平* 细胞是构成机体最基本的结构和功能单位，而细胞主要是由多种生物大分子构成的。研究细胞的生理特性，生物大分子的物理、化学和生物学特性等，有利于认识生命现象的本质。例如，肌肉收缩是通过收缩蛋白和调节蛋白的活动完成的；细胞兴奋时，表现为细胞膜通道蛋白通透性的改变和离子的跨膜移动等。

2. *器官和系统水平* 主要研究器官和系统的功能活动规律、调节机制及各种因素对器官、系统功能活动的影响。例如，对血液循环系统生理功能的研究，包括心脏泵血功能、血管内血流动力学和心血管活动的调节等相关内容。

3. *整体水平* 主要研究机体在各种环境条件和生理情况下不同的器官、系统之间互相联系、互相协调，以及机体对环境变化发生各种反应的规律。在整体情况下，机体的功能活动是在各个器官、系统的相互影响和协调作用下完成的，并不是各个器官生理功能的简单总和。因此，从细胞和分子水平及器官和系统水平的研究结果也需要在整体水平上进行验证。

因此，只有通过在细胞和分子、器官和系统以及整体三个水平的研究，才能够对生理功能活动的机制进行全面的了解。

第二节 机体的内环境和稳态

一、机体的内环境

机体内的液体称为**体液**(body fluid)。正常成人的体液量约占体重的60%，其中，约2/3(约占体重的40%)分布在细胞内，称为**细胞内液**(intracellular fluid)；其余约1/3(约占体重的20%)分布在细胞外，称为细胞外液。细胞外液包括血浆、**组织液**(interstitial fluid)、淋巴液、脑脊液等。血浆约占细胞外液量的1/4(约占体重的5%)，组织液约占细胞外液量的3/4(约占体重的15%)。人体内绝大部分细胞不能与外界环境直接接触，而是生存在细胞外液中。生理学中将细胞外液称为机体的**内环境**(internal environment)。

细胞通过细胞膜与细胞外液进行物质交换，从细胞外液中摄取氧和其他营养物质，同时将二氧化碳(CO_2)和其他代谢产物排入细胞外液；血浆在血管内流动，通过毛细血管壁与组织液进行物质交换。

二、内环境的稳态及生理意义

内环境稳态(homeostasis)是指内环境的各种物理、化学性质保持相对稳定的状态。例如，正常情况下，人体的体温、血浆pH、渗透压、各种离子浓度等都只在一定范围内波动。内环境稳态的维持是各种细胞、器官的正常生理活动的结果；而内环境的稳态又是体内细胞、器官维持正常生理活动和功能的必要条件。当机体内、外环境变化时，内环境的稳态被破坏，通过调节相应的组织器官的功能活动，恢复内环境理化性质，维持内环境的稳态。例如，通过呼吸系统的活动摄入机体需要的氧，排出细胞代谢产生的CO_2；通过泌尿系统的活动，排出代谢产物；通过消化系统的活动补充各种营养物质；通过循环系统，为细胞输送代谢活动的营养物质，同时将代谢产物运送到排泄器官。可见，伴随生命活动的进行，内环境稳态是一个动态平衡过程。

内环境稳态的重要生理意义在于，它是维持机体生命活动的必要条件。只有细胞外液保持足够的代谢所需的营养物质、适宜的理化环境(如温度、pH、渗透压等)，才能保证细胞正常的代谢活动。内环境稳态的破坏，将引起疾病，甚至危及生命。临床上常通过检测血浆的各种理化指标判断内环境的情况。体内各组织器官的正常功能活动，是维持内环境稳态的保证，当细胞外液的某些成分发生变化时，说明某些器官或系统出现了功能障碍。

第三节 机体生理功能的调节

机体能够根据内、外环境变化，对各器官、系统的功能活动进行调节，以适应生存环境，维持内环境的稳态。

一、机体生理功能的调节方式

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。

（一）神经调节

神经调节(neuroregulation)是指通过神经反射而影响生理功能的调节方式。神经系统的活动通过神经纤维的联系，对机体各组织、器官和系统的生理功能发挥调节作用。神经调节的基本方式是**反射**(reflex)，反射活动的结构基础是反射弧。反射弧由五个部分组成，即感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器。感受器能够接受机体内部或外环境的某种刺激，将这种变化转换成神经信号，经传入神经传至相应的中枢，中枢对传入信号进行整合分析，并发出传出信息，通过传出神经将中枢指令传送至效应器，使效应器的活动发生改变。例如，动脉压力感受性反射在维持动脉血压相对稳定中起重要的作用。当某种原因使动脉血压升高时，主动脉弓和颈动脉窦压力感受器将血压变化的信息，经传入神经传入到延髓心血管中枢，经中枢对传入信息的整合、分析，发出调节指令，再经支配心血管的交感神经和迷走神经传出，改变心脏和血管的活动，使动脉血压恢复到原先的水平。机体的许多生理功能活动都接受神经系统的调节。神经调节的特点是反应发生比较迅速，持续时间相对较短，作用局限而精确。

（二）体液调节

体液调节(humoral regulation)是指体内某些特殊的化学物质(激素等)经体液途径，对机体器官和组织的功能活动进行调节的方式。体内某些内分泌细胞分泌的**激素**(hormone)可经血液循环作用于相应的靶细胞，调节靶细胞的活动，这种方式称为**远距分泌**(telecrine)，可进行全身性体液调节。有些生物活性物质不经过血液循环，例如，通过在组织液中扩散，作用于邻近的细胞，这种方式称为**旁分泌**(paracrine)。还有的细胞分泌的生物活性物质反过来作用于自身或周围的同类细胞，对其活动进行调节，这种方式称为**自分泌**(autocrine)。通过旁分泌和自分泌的形式可进行局部性体液调节。此外，有些神经元能够将合成的化学物质释放入血，经血液运输作用于靶细胞，这种方式称为**神经分泌**(neurocrine)。例如，下丘脑的视上核和室旁核合成的血管升压素和催产素，由神经轴突沿下丘脑垂体束运送至神经垂体储存，机体需要时经神经末梢释放入血，作用于靶细胞。体液调节的特点是作用相对较慢，作用范围较广，作用的持续时间相对较长。

（三）自身调节

自身调节(autoregulation)是指细胞、组织和器官不依赖于神经或体液调节，自身对环境刺激发生的适应性反应。自身调节是通过组织、细胞本身的生理特性实现的。例如，当肾动脉灌注压在一定范围内升高时，小动脉管壁受到的牵张刺激增加，血管平滑肌发生收缩反应，血管口径缩小；反之，当肾动脉灌注压在一定范围内降低时，小动脉血管平滑肌舒张，血管口径增大。这样，当动脉血压在一定的范围内波动时，通过这种自身调节，能够使肾血流量保持相对恒定。这种现象在离体实验中也可以看到。自身调节的特点是调节的幅度较小，作用局限，灵敏度低。

在整体情况下，神经调节、体液调节和自身调节互相配合，使各个组织、器官的功能活动协调进行。

二、体内的控制系统

机体功能活动的调节过程和工程控制中的控制系统的工作原理很相似。控制系统包括控制部分和受控部分。控制系统可分为非自动控制系统、反馈控制系统和前馈控制系统。在整体、器官或细胞水平存在多个控制系统，主要通过反馈和前馈控制机制对机体功能活动进行调节。

(一) 反馈控制系统

反馈控制系统是指控制部分和受控部分之间形成的闭环联系。反馈调节是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(图 1-1)。根据反馈信息的作用效果分为负反馈和正反馈。

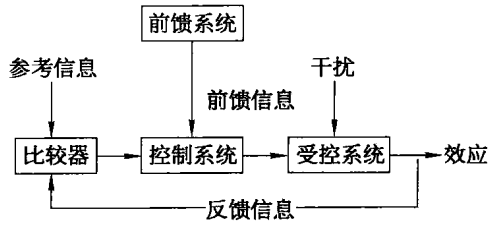

图 1-1 生物功能的反馈控制系统和前馈控制系统示意图

1. 负反馈 经过反馈调节，使受控部分的活动向着与它原先活动相反的方向改变，称为**负反馈**(negative feedback)。负反馈调节的生理意义是维持机体内环境的稳态。通常体内负反馈调节机制中都设置了一个“调定点”(set point)，受控部分的活动被限定在调定点附近较小的范围内。例如，下丘脑体温调节中枢设定的体温调定点为 37℃，当体温高于 37℃时，反馈信息传入体温调节中枢，启动体温调节反应，使机体增加散热，减少产热，使体温降低；反之，当体温低于 37℃时，通过反馈调节，使机体减少散热，增加产热，体温回升。通过负反馈调节使机体体温维持在正常水平。机体在某些条件下，调定点发生移动。将调定点发生变动的过程称为**重调定**(resetting)。例如，高血压的患者，其血压的调定点被设置在较高的水平，机体通过调节功能，使动脉血压保持在一个高于正常的水平。

2. 正反馈 经过反馈调节，使受控部分的活动向着与它原先活动相同的方向改变，称为**正反馈**(positive feedback)。正反馈的生理意义是促进某一生理过程加速完成。例如，在正常分娩过程中，子宫收缩使胎儿头部下降，子宫颈部受到牵张刺激，反射性地引起催产素释放，催产素进一步加强子宫收缩，促使胎儿头部继续下降，如此反复，直至胎儿娩出。又如，神经细胞动作电位产生的关键环节，就是由细胞膜的去极化和钠通道开放之间形成的正反馈过程。此外血液凝固过程、排尿过程等均为正反馈调节。

(二) 前馈控制系统

前馈控制(feed-forward control)或前馈调节是指控制部分支配受控部分进行活动的同时，又通过另一快捷途径接受前馈信息，及时地纠正可能出现的偏差，使活动更加准确。前馈调节的生理意义在于调节快速，克服了由于反馈信息的“滞后”而引起被调节活动的“波动”性。例如，运动员到达运动场，在尚未开始运动之前，就已经出现呼吸运动的加强和血液循环加快，为适应运动时机体的需要做好了准备。

复 习 题

【A 型题】

1. 生理学的主要研究内容是： ( )

A. 生物大分子的代谢

B. 疾病情况下组织细胞或器官的功能变化

C. 正常的生命现象和功能的产生机制

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com