

生理学

陈次青 编著

MEDICAL PHYSIOLOGY



人民卫生出版社

生 理 学

陈 次 青 编 著

人 民 卫 生 出 版 社

(京)新登字081号

生 理 学

陈 次 青 编著

人 民 卫 生 出 版 社 出 版

(北京市崇文区天坛西里 10 号)

人 民 卫 生 出 版 社 印 刷 厂 印 刷

新 华 书 店 北 京 发 行 所 发 行

787×1092毫米16开本 21 $\frac{1}{2}$ 印张 5 插页 495千字

1991年11月第 1 版 1991年11月第 1 版第 1 次印刷

印数：00,001—4 100

ISBN 7-117-01536-5/R·1537 定价：15.70元

〔科技新书目241—177〕

前 言

生理学是医学生的基础课程之一。学好生理学，能使學生稳步掌握后继课程和医学理论进而为临床实践打下良好的基础。学好生理学要求有较好的基础知识，包括数理化、生物学、解剖学、组织学和生物化学等方面的知识。

限于教学时数，在编写中遵循了教学大纲的规定，将基本理论和基本知识作为重点讲述内容。力求讲清概念、阐明机理。对难度较大的“深奥”理论，经反复推敲琢磨以求深入浅出、化难为易，以便使學生学懂易记。同时，对有些内容作了适当扩充，文内以小字体排印的作为课外参考的内容。

随着科学的迅猛发展，生理科学也有较快的发展。在编写中已注意到吐故纳新，赶上当前世界上医学飞速发展的潮流，以适应临床医学与基础医学越来越紧密联系的要求。

全书优选好图，图意明确，图注简明扼要、精确无误、醒目达意，并表明了出处。

生理学各章、节有紧密的内在逻辑联系和不可分割的系统规律，故依此对本书内容作了循序渐进地编排，使之起到承上启下、前后呼应的作用，这将有利于學生巩固已掌握的生理学知识，不致发生前后脱节、遗漏和重复。

本书编写的宗旨在于减轻學生的课业负担和克服畏难情绪，增强其学医的志趣和求知的信心、以利德、智、体全面发展。

此书的编写曾参考了许多书籍和资料，并得到了著名教授王志均老先生的热情鼓励以及全国各方的大力支持。其中血液循环、肾脏的排泄和神经系统等章分别经白求恩医大王绍教授、马志远教授和刘敏芝教授审阅；绪论、细胞的基本功能由白求恩医科大学钟国赣副校长审阅；呼吸、感觉器官、内分泌及生殖章则分别由解放军总医院军医进修学院黄念秋教授、温州医学院缪天荣教授、江西医学院吴忠华教授审阅；全部初稿曾由浙江医科大学徐学铮教授审阅。在此谨表衷心谢意。

反馈使人体的机能活动恰如其分，有利于整体生存。同理，反馈信息必将提高此书的质量。我诚挚盼望得到宝贵的改进意见和批评指正！谢谢大家！

编 者

1989. 12. 10

目 录

第一章 绪论	1
第一节 生理学概述	1
一、人体生理学的研究对象和任务	1
二、生理学的研究方法和指导思想	2
第二节 生命的基本特征	2
一、新陈代谢	2
二、自我复制或生殖	3
三、兴奋性也称应激性	3
第三节 机体活动的完整性及其调节	4
一、机体的完整统一性——“整合”与“自稳态”	4
二、机体活动的调节	4
三、生理功能的自动控制原理——反馈调节	6
第二章 细胞的基本功能	8
第一节 细胞膜的基本结构和物质转运机能	8
一、膜的化学组成和分子结构——液态镶嵌模式	9
二、跨细胞膜常见的物质转运方式	11
第二节 细胞的兴奋性和生物电现象	14
一、有效刺激的条件和组织兴奋时的兴奋性变化	14
二、细胞的生物电现象及其产生机制	16
三、可扩布性兴奋的传导与局部兴奋	20
第三节 细胞间的信息传递和受体	21
一、受体与递质	21
二、神经-肌肉接头的兴奋传递	23
第四节 肌细胞的收缩机能	23
一、骨骼肌的收缩表现及其力学分析	24
二、骨骼肌收缩的机制	27
三、平滑肌	30
第三章 血液	32
第一节 概述	32
一、体液和机体内环境稳态的概念	32
二、血液组成与理化性质	32
三、血液的功能	34
第二节 血浆	34
一、血浆的化学成分	34
二、血浆的理化特性——渗透压和酸碱度	35
第三节 红细胞生理	38
一、红细胞的形态、数量和机能	38

二、红细胞的生理特性·····	38
三、红细胞的生成和破坏·····	40
第四节 白细胞生理·····	43
一、白细胞的数量与形态特点·····	43
二、白细胞的生理特性和机能·····	43
三、脾的功能·····	46
第五节 血小板和生理止血机制·····	47
一、血小板的形态、数量、生成和破坏·····	47
二、血小板的生理特性和机能·····	47
三、生理止血和机制·····	48
四、凝血与抗凝血·····	48
五、纤维蛋白溶解——纤溶与纤溶系统·····	52
第六节 血量、输血和血型·····	53
一、正常血量及其相对恒定的意义·····	53
二、机体对失血的反应·····	53
三、血型·····	54
第四章 血液循环·····	58
第一节 概述·····	58
一、血液循环的概念及生理意义·····	58
二、循环的血流动力学概况——心脏泵血与血压·····	59
第二节 心肌生物电和心肌生理特性·····	59
一、心肌细胞的跨膜电变化——静息电位、动作电位·····	60
二、心肌的生理特性·····	64
第三节 心脏泵血功能与心输出量·····	72
一、心动周期与心率·····	72
二、心脏泵血功能·····	73
三、心输出量与心泵血功能评价·····	76
第四节 心音与心电图·····	80
一、心尖搏动、心音和心音图·····	80
二、心电图 (ECG)·····	82
〔附〕超声心动图·····	85
第五节 血流与血压·····	85
一、血流动力学概述·····	85
二、动脉血压·····	87
三、动脉脉搏、脉搏波与脉搏图·····	90
四、静脉血压与静脉血回流·····	91
第六节 微循环、组织液和淋巴液·····	93
一、毛细血管压与微循环·····	93
二、组织液的生成及其影响因素·····	96
三、淋巴液的生成和回流·····	97
第七节 心血管活动的调节·····	99
一、神经调节·····	99

二、体液调节·····	104
三、自身调节·····	107
第八节 器官循环与器官血流量·····	107
一、冠脉循环·····	107
二、脑循环·····	109
三、内脏循环(门脉系统与肝脾血流)·····	111
四、肺循环·····	112
第九节 循环血量调节以及体位改变和运动时心血管活动的调节·····	112
一、循环血量的调节·····	112
二、体位性心血管活动的调节·····	114
三、肌肉运动时心血管活动的调节·····	114
第五章 呼吸·····	116
第一节 概述·····	116
一、呼吸的生理意义及呼吸过程·····	116
二、呼吸系统的基本结构和机能概况·····	116
三、呼吸膜与肺泡表面活性物质·····	117
四、表面活性物质在呼吸力学的重要性·····	118
第二节 呼吸运动和肺的通气阻力·····	119
一、呼吸运动与呼吸频率·····	119
二、呼吸时肺内压和胸内压变化·····	120
三、肺通气阻力、顺应性与呼吸功·····	122
第三节 肺的容量和通气量·····	123
一、呼吸时肺容量的各项变化·····	124
二、肺的通气量——最大通气量和每分通气量·····	125
第四节 呼吸气体的交换·····	127
一、气体交换机制·····	127
二、气体交换过程·····	128
三、影响气体交换的因素·····	129
第五节 气体在血液中的运输·····	130
一、 O_2 的运输·····	131
二、 CO_2 的运输·····	134
第六节 呼吸运动的调节·····	135
一、各级呼吸中枢·····	136
二、呼吸的神经反射性调节·····	138
三、呼吸的体液性调节——化学感受性呼吸反射·····	140
第七节 其它·····	142
一、缺 O_2 与氧疗·····	142
二、窒息与人工呼吸·····	143
三、异常呼吸——周期性呼吸·····	143
四、肺的非呼吸功能·····	144

第六章 消化与吸收	146
第一节 概述	146
一、消化与吸收的概念	146
二、消化管平滑肌的生理特性	146
三、消化液、消化酶和胃肠道激素	147
四、消化管的神经支配与壁内神经丛	148
第二节 口腔内消化	150
一、唾液的分泌和作用	150
二、咀嚼和吞咽	151
第三节 胃内消化	152
一、胃液的分泌及其作用	153
二、胃的运动	156
第四节 小肠内消化	158
一、胰液的消化作用及其分泌调节	158
二、胆汁的分泌和排出	159
三、小肠液的消化作用和分泌调节	161
四、小肠的运动及其调节	161
第五节 大肠内消化	163
一、大肠液的分泌与粪便形成	163
二、大肠的运动与排便反射	164
第六节 吸收	165
一、小肠内吸收的结构基础和吸收机制	166
二、主要营养物质的吸收	167
第七节 肝脏生理	171
一、肝在物质代谢中的作用	171
二、肝对胆汁分泌和胆色素代谢的作用	172
三、肝的解毒作用	173
四、肝的吞噬、免疫与感受器作用	173
第七章 能量代谢和体温	175
第一节 能量代谢	175
一、机体能量的来源和去路	175
二、能量代谢的测定方法与原理	177
三、能量代谢的影响因素	181
四、基础代谢率及其测定	182
第二节 体温及其调节	183
一、正常体温的恒定及变动	183
二、产热与散热的平衡	185
三、机体对冷热的反应与体温调节	187
第八章 排泄	189
第一节 概述	189
一、机体排泄与肾脏的排泄	189
二、尿量与尿的理化性质	189

三、肾的结构特点·····	190
第二节 尿的生成·····	193
一、肾小球的滤过作用·····	193
二、肾小管和集合管的重吸收作用·····	196
三、肾小管和集合管的分泌和排泄作用·····	200
第三节 尿的浓缩与稀释——逆流倍增说·····	202
第四节 肾泌尿功能的调节·····	206
一、肾血流的自身调节·····	206
二、肾泌尿功能的神经与体液调节·····	207
三、神经体液因素·····	207
第五节 血浆清除率·····	210
第六节 尿的输送与排放·····	212
一、输尿管与膀胱的机能·····	212
二、排尿反射·····	213
第九章 感觉器官 ·····	215
第一节 概述·····	215
一、感受器和感觉器官·····	215
二、感受器的一般生理特性·····	215
第二节 视觉器官·····	217
一、眼的结构与功能概况·····	217
二、眼的折光系统与功能·····	220
三、视网膜的感光机能·····	225
四、视觉机能·····	227
五、房水循环与眼内压·····	231
六、眼的保护装置——眼睑、泪腺·····	232
第三节 听觉器官·····	232
一、传音系统——外耳与中耳的机能·····	233
二、感音系统——耳蜗的机能·····	234
三、听觉机能·····	237
第四节 前庭器官·····	239
一、前庭器官的感受装置与适宜刺激·····	239
二、前庭器官反射·····	240
第五节 其它感觉器官·····	242
一、皮肤感受器和皮肤的功能·····	242
二、味觉感受器·····	242
三、嗅觉感受器·····	243
四、内脏感受器·····	244
第十章 神经系统 ·····	245
第一节 神经元及其活动规律·····	246
一、神经纤维的传导机能和分类·····	247
二、神经纤维的兴奋性传导特征·····	249
三、神经元之间的突触联系与缝隙连接·····	249

第二节 反射中枢及其活动规律	252
一、反射中枢部位的突触联系方式	252
二、反射中枢兴奋传布的特征	253
三、中枢抑制	255
四、中枢神经递质	257
第三节 中枢神经系统各部机能概述	258
一、脊髓的机能	258
二、脑干的机能	259
三、间脑的机能	260
四、小脑的机能	261
五、基底神经节的机能	261
六、大脑皮层的机能	262
第四节 神经系统的感觉分析机能	263
一、大脑皮层的感觉区及特异性投射系统	265
二、非特异性投射系统及其作用	267
三、痛觉生理	267
第五节 神经系统对躯体运动的调节	269
一、脊髓、脑干对躯体运动的调节	270
二、小脑对躯体运动的调节	274
三、基底神经节对躯体运动的调节	276
四、大脑皮层对躯体运动的调节	276
第六节 神经系统对内脏机能的调节	279
一、植物性神经系统的结构特征与机能	279
二、植物性神经末梢的兴奋传递递质与受体	282
三、各级中枢对内脏活动的调节	287
第七节 脑的高级机能和脑电图	288
一、条件反射	288
二、人类大脑皮层活动的特征	290
三、脑电图与皮层诱发电位	292
四、觉醒与睡眠	294
第十一章 内分泌	296
第一节 概述	296
一、外分泌腺和内分泌腺	296
二、激素的化学性质和分类	296
三、激素的生理作用	296
四、激素的作用机制	297
五、激素分泌调节的主要方式	299
第二节 下丘脑的内分泌机能与脑垂体	300
一、脑垂体与下丘脑内分泌机能的关系	300
二、腺垂体激素的生理作用与分泌调节	302
三、神经垂体激素的来源和生理作用	304
第三节 甲状腺	306

一、 T_4 、 T_3 的合成与释放	306
二、 T_3 、 T_4 的生理作用	307
三、甲状腺机能的调节	308
第四节 肾上腺	310
一、肾上腺皮质激素	310
二、肾上腺髓质激素	313
第五节 胰岛与胰岛素	315
一、胰岛素的生理作用与分泌调节	315
二、胰高血糖素的生理作用与分泌调节	317
三、胰岛的其它激素	317
第六节 甲状旁腺素、维生素 D_3 和降钙素	318
一、甲状旁腺素的生理作用与分泌调节	318
二、维生素 D_3	319
三、降钙素	320
第七节 其它激素	320
一、前列腺素	320
二、胸腺激素(胸腺素)	322
三、松果体激素	322
第十二章 生殖	323
第一节 概述	323
第二节 男性生殖	324
一、睾丸的生理功能	324
二、睾丸功能的调节	325
第三节 女性生殖	326
一、卵巢的功能	326
二、月经周期	328
三、妊娠与胎盘内分泌功能	330
四、胎儿分娩	332
五、授乳育婴	333

第一章 绪 论

第一节 生理学概述

生理学 (physiology) 是研究生物体的正常机能活动及规律的科学, 是生物学的一分支; 按研究对象不同又分植物生理学、动物生理学、人体生理学等。

一、人体生理学的研究对象和任务

人体生理学是研究人体机能活动及规律的科学。人体的结构和机能极为复杂; 凡研究完整个体与外环境的相互关系和适应, 以及体内各系统机能活动的相关性和对立统一规律等, 均称为整体水平研究。例如, 运动时心搏血压呼吸的相关变化; 环境温度剧烈变化或机体处于高压、缺 O_2 条件下会促使机能活动随着改变, 甚至久之会发生机能适应等, 都是整体水平的研究内容。生命活动就是体内器官系统的机能活动相互作用的总表现。

自 17 世纪以来, 分别对各器官各系统的特有机能、活动条件、影响因素以及发生发展等开展研究, 此称器官、系统水平的研究。这为生理学充实了更多的内容。例如, 研究心脏, 阐明了心脏搏动所起的射血作用, 阐明了心搏起源及其影响因素等。研究肺, 阐明了呼吸过程及有关因素等等。

最近二、三十年以来, 细胞分子水平的研究进展较快, 主要研究细胞内各亚微结构和机能以及生物分子的理化过程等。例如, 研究细胞膜、内质网、肌原纤维等的结构和机能, 并研究细胞的蛋白质分子和种种离子运动的理化过程, 从而阐明了膜的物质转运、细胞间的信息传递和生物电现象等。

上述三个水平的研究既有区别又有联系。通过这许多研究, 使机体的大量机能活动及其发生机理和规律得以阐明, 今后将随着科学技术的不断进展, 更会进一步阐明目前尚未明了的问题。

人体生理学是人类长期与疾病作斗争的知识积累, 是实践的产物。17 世纪, 生理学奠基人威廉·哈维 (William Harvey) 首先开展动物实验进行器官系统水平的研究, 他剖开动物观察心脏活动, 并著有《心脏和血液运动》一书; 从此将实验引进生理学领域, 并使人体生理学成为独立的一门学科。实验和医疗实践所得的生理学成就又往往反过来是指导医疗实践的理论根据, 如此相互验证, 促进医学科学不断发展。心肌电生理的研究进展促进了对心律失常的认识和防治就是一例。

人体生理学又是医学科学的主要基础理论课之一。学习生理学, 牢固掌握其基本知识、基本理论和基本技能 (三基), 才能学习后继的医学课程, 为认识疾病、有效防治、促进健康的医学总任务打好基础, 才能为促进生产, 为祖国的四个现代化, 为世界医学科学的发展与提高做出贡献。

二、生理学的研究方法和指导思想

人体的生命现象和活动规律，既有符合于一般有机物、无机物所共同的理化运动规律和形式，又有质的区别；质的区别在于生物细胞所具有的蛋白质和核酸分子（统称为生物分子）则是无机物所没有的。如今已知蛋白质约有上千亿种，核酸有十亿种，不同生物细胞各有其特征性表现，即取决于特殊的蛋白质和核酸及其不断进行的自我更新。因此研究以人为主题的这门理论自然科学，须排除神秘不可知论等唯心观点，须防止生搬硬套、将无机有机混为一谈等机械唯物论观点。换句话说，必须有辩证唯物主义的思想方法，以辩证唯物主义的观点进行客观的观察，全面地分析综合才能正确认识人的生命活动现象和规律。

生理学是一门实验性科学，其理论根据来自实验和实际观察。学习上要理论联系实际；既以理论指导实验，又以实验印证理论。多数实验利用动物，常用的实验动物有蛙（或蟾蜍）、鸽、鼠、猫、兔、狗和猴等。在人体，除了正常与病理情况下的观察，也可进行无损于健康的实验研究。

凡用于器官水平生理学研究的动物实验法，通常分为急性实验法和慢性实验法两类。

急性实验法（acute experiment）又名分析法，指在短暂的实验时间内，可以观察分析某离体器官或组织（置于适宜的人工条件下）的机能活动，因此又称“离体器官组织法”。另有一种经麻醉或切断神经联系的，称活体解剖法，可以观察剖露器官的功能活动。

急性实验法有利于排除其它因素，专对某器官组织的基本功能和生理特性进行较细致研究。例如研究肌肉的收缩和舒张活动，当时还可测知肌肉的化学变化和电变化等，此法为生理学充实大量的片段知识，但是，从离体器官或切断神经联系而分析的机能活动并不足以代表整体内的机能状况，故要防止结论的片面性。

慢性实验法（chronic experiment）又称综合法，指长期观察完整机体内某器官的机能活动。其方法是事先施行尽可能不损伤神经的外科手术，“创口”愈合后，在接近通常生活情况下进行实验。例如，对施行唾液腺瘘管术后的狗，观察、测定其唾液的分泌及影响因素等。此法的实验结果比较符合整体内的生理功能活动，但是实验的设备条件复杂，故应用有限制。

上述两种实验法可以取长补短，相互补充。

第二节 生命的基本特征

生物从最原始的单细胞到最高等的人类，都具有新陈代谢、兴奋性和自我复制等标志生命存在的基本特征。

一、新 陈 代 谢

有机体与外环境不断进行物质交换，包括摄取营养物质、排除废物，这些称为新陈代谢（metabolism）的过程是生命活动的物质基础，是有机体所共有而无机物所没有的特性。机体通过新陈代谢不断自我更新而表现生长、发育、繁殖和其它种种生命活动。恩格斯曾指出：“生命是蛋白体的存在方式。”换句话说，生命随着蛋白质不断自我更新

而存在；代谢一旦停止，生命也就结束。

新陈代谢包括合成代谢和分解代谢，这是一对相互依存、伴随进行的矛盾统一过程。合成代谢指机体从外界摄取营养物质组成自身（组织、细胞等）的物质，故又名同化作用。在此同时，机体分解自身的衰老组织细胞，使废旧物质得以排出体外，这一过程称为分解代谢，又名异化作用。个体的生长发育是同化占优势的表现，消瘦衰老则反映异化占了优势。通常物质合成时需要吸收能量，并储存能量于 ATP 的高能磷酸键上，而当物质分解时则释放；合成代谢所需的能量正来源于物质氧化等分解代谢。由此可知，新陈代谢过程既有物质代谢，又有能量代谢。能量代谢是能量释放、转移和利用的统称，详见第七章。机体内物质的分解、合成及其能量转变是相互联系、缺一不可的，并且与物质不灭、能量守恒等宇宙规律符合。

高等动物由于结构和机能上的分化，由消化器官主管摄食和消化吸收，由呼吸器官摄取 O_2 和排除 CO_2 ，由排泄器官如肾脏排出代谢终产物以及多余的水，由血液循环完成运输和联系等。几乎每一瞬间，生活机体的各部都在进行物质交换；同位素实验证明，牙齿的结构也经常不断在更新。尽管不同的器官和组织细胞各有不同的机能表现，从整体的角度看，都是围绕着新陈代谢这物质基础进行的。

二、自我复制或生殖

生物个体的寿命有限，但是个体生长发育到一定阶段，能通过自我复制（self-replication）（生殖）来延续种系，这种自我复制，产生子代个体的功能也是生命的基本特征之一，详见本书最后一章。

三、兴奋性也称应激性

机体和外环境的密切联系已如前述。机体受环境变化的激惹诸如声、光、味、嗅、语言、文字等等而引出相应的活动表现，称为反应（reaction）。凡能使机体或活组织引出反应的内外环境的种种变化因素均称刺激（stimulus）。一切活组织和机体都具有对刺激发生反应的能力或特性，这称为兴奋性（excitability）或应激性。兴奋性以新陈代谢为基础，兴奋性高的组织其代谢率必高。代谢一旦停止，兴奋性也就丧失。因此，兴奋性也是生命的特征之一。

不同组织对刺激各有不同的反应形式；例如肌肉组织表现的反应形式为收缩，腺组织则表现为分泌，神经则表现为发放冲动并传导冲动等。

当组织接受刺激而发生反应时，又有不同的表现过程——兴奋与抑制，这二者既对立矛盾，又相互依存。当具有兴奋性组织，接受刺激后，其机能活动表现加强或相对加强的，称为兴奋（excitation）。反之，其机能活动被制止或相对变弱的，则称抑制（inhibition）。刺激引起组织兴奋或者抑制，取决于刺激的质和量以及组织当时的机能状态。例如，疼痛刺激可引起心搏增强、呼吸加快、血压上升等属兴奋表现，但剧烈疼痛时则血压下降、意识消失，这是由兴奋转化为抑制的表现。

刺激必需有足够的强度和作用时间才能引起组织反应使表现兴奋或抑制，否则无效；通常以兴奋为例，因其易于观察。引起组织兴奋的最小有效刺激称为阈刺激（threshold stimulus），也称阈值（threshold），threshold 一词意为界限（阈）。阈值

包含强度阈值 (intensity threshold 阈强度) 和时间阈值, 通常以强度阈值作为阈值的代表。凡阈强度越小的, 表示该组织的兴奋性越高; 组织的兴奋性越低, 则引起兴奋所需的阈强度越大。

第三节 机体活动的完整性及其调节

一、机体的完整统一性——“整合”与“自稳态”

体内各系统器官、各组织细胞既有由于机能专门化的不同分工, 又是密切配合、相互协调的, 并且总是依有利于整体生存的活动方向而表现其适应性反应。换句话说, 体内许多不同的生理活动, 通过机体调节机构的调整组合就会成为整体性活动, 这种调节特点称为“整合”(integration)。大脑皮层是控制机体广泛活动和高度整合的部位。躯体的随意运动是“整合”的结果。劳动、运动时的代谢旺盛, 血液循环和呼吸活动加强, 此时消化器官的活动则相对抑制, 这也是整合的效果; 使能适应肌肉活动时的营养需要和废物排除, 由此体现机体的完整统一性。

机体的生存环境复杂多变, 体内代谢产物等干扰因素也很多, 然而机体通过自动调控, 仍能以相应的机能改变使机体的内环境保持相对稳定, 这种处于动态平衡的状态称为“自稳”(homeostasis), 它是著名生理学家坎农 (W. B. Cannon) 所提出的。

机体的“自稳态”和“整合”作用所体现的机体完整统一性, 是依靠机体的控制系统以下述的调节方式实现的。

二、机体活动的调节

机体的调节机制通常包括神经调节和体液调节。此外, 器官、组织、细胞还有自身调节作用。调节机制中以神经调节量重要。

(一) 神经调节

神经调节 (nervus regulation) 通过神经系统活动实现, 反射 (reflex) 是神经调节的基本方式。例如手指皮肤受针刺或火烫会立即引起手指退避地缩回来, 强光照射眼睛时瞳孔就缩小, 角膜受刺激眼睑就闭合, 这些都是通过神经系统调节完成的反射动作; 其作用迅速而且精确正是神经调节的特点。

反射的定义是: 机体对作用于感受器的刺激, 通过中枢神经系统作用致使感受器刺激的信息, 表现为效应器的一定反应, 这种应答式反应称为反射。反射活动所通过的途径, 通常为感受器→传入神经→中枢→传出神经→效应器这五个环节, 合称反射弧。图 1-1 示反射弧为开口回路 (open-loop), 但由于效应器的活动随时也能为感受器感受而传送信息至相应中枢, 藉以调整效应活动使准确、协调, 故如同闭合回路 (closed-loop)。

前面列举的许多简单反射活动是生下来就有, 不学而会的, 其反射中枢是大脑皮层以下的较低部位, 反射弧比较固定, 是种族进化的产物, 这种先天遗传的反射称为非条件反射。非条件反射的数量有限, 人体的大量反射活动则属于后天获得, 是在个体生活经历等条件下和非条件反射相结合的基础上产生的, 因此称为条件反射。例如“望梅止渴”只发生在吃过梅子的人, 其发生机制详见神经系统章。条件反射需要大脑皮层参加,

是较高级而为数无限的神经调节方式。人类能够生存在复杂多变的环境之中，建立种种条件反射，使机体能适应各种环境。

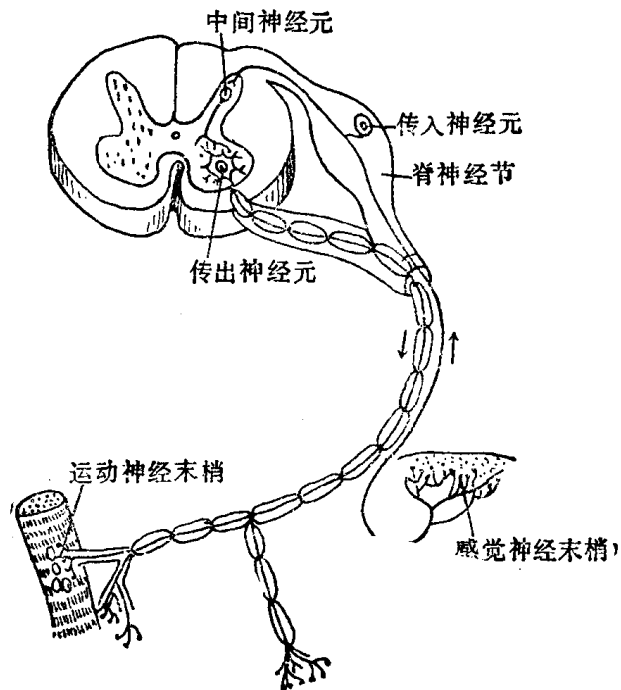


图 1-1 反射弧构成示意图

(二) 体液调节

由内分泌腺产生的激素以及代谢产物 CO_2 、乳酸等物质，经体液循环方式传递到全身各处，调节人体的代谢、生长、发育、繁殖等重要基本机能作用广泛。这种通过血液运输以及其它体液传递的调节方式，称为体液调节 (humoral regulation)。

体液调节的作用较神经调节的作用缓慢而效应持久，对人体生命活动的调节和自稳态的维持具有重要意义。体液调节是较古老、较原始的调节方式，在神经系统尚未发育的低等动物，则是唯一重要的调节方式。

人类及高等动物的许多生理机能，既接受神经调节又接受体液调节，二者相辅相成。但由于中枢神经系统的高度发展，就整体的机能调节来看，神经调节起着主导作用。神经为主导不仅因为神经系统和全身各部有广泛的联系，而且因为多数内分泌腺直接或间接地接受中枢神经系统的调节；因此，也可将内分泌看作是神经调节的一个环节，并相当于反射弧传出神经的延长部分，称之为神经-体液调节。

除激素之外，尚有组织细胞的代谢产物，如 CO_2 、乳酸等，称局部的体液因素；当它蓄积增多时，可以引起局部血管舒张，有利局部血流量增加和废物的排泄。这些局部体液因素具有使局部与全身的机能活动配合协调的一定作用。体液调节因素的相对恒定也使机体内环境稳态得到保证。

(三) 自身调节

自身调节 (autoregulation) 指器官、组织、细胞所固有的一种能适应环境变化的适应性反应，它并不依赖于神经调节或体液调节。组织的正常血液灌流量可以通过自

身调节机制决定就是例子。脑、肾的血流量通常不随血压（在一定范围内）的升降而改变，而是通过自身调节改变器官血管的舒缩状态以调节血流阻力，使其血流量保持相对恒定。人体体温恒定也是通过自身调节保持的，其自动机制犹如恒温装置自动控制系统的反馈原理。机体内维持稳态的主要途径也总是通过反馈调节，尤其通过负反馈使获得控制。

三、生理功能的自动控制原理——反馈调节

根据近代控制论（cybernetics）观点，生理功能调节属“自动控制”系统，并通过“反馈”机制进行。

反馈（feedback）：反馈原是自动控制系统中的主要装置名称。反馈作用在工业上已广泛应用，现以反馈说明机体内维持稳态的机理。图1-2示自动控制系统的闭合回路（也称反馈环路）中，控制部分与受控部分之间依靠反馈实现信息往返传递的双向联系。图示控制部分发出控制信息（也称参考信息或指令）到达受控部分可改变受控部分的机能状态，调节输出变量，同时受控制部分也不断将输出变量出现的偏差信息送回控制部分，提供与参考信息相对比，可以及时纠正和调整对受控部分的影响，从而达到精确调节。例如，闭目时以手指仍能准确指向自己的鼻尖（临床上称指鼻试验），这是上肢有关肌肉接受中枢控制信息作该动作反应的同时，自肌肉与关节又不断有反馈信息到达有关中枢，经与指令相比较而随时纠正控制信息，故动作稳定精确。

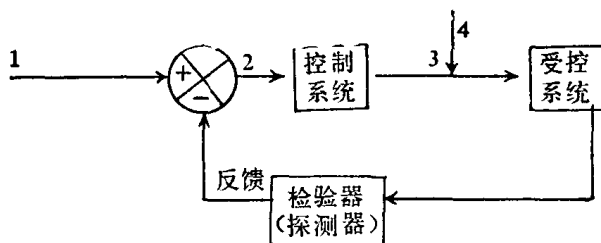


图 1-2 自控系统模式图示反馈环路

1. 参考信息 2. 偏差信息 3. 控制信息 4. 干扰

这个由受控部分送回信息至控制部分从而影响后者机能状态的过程称为反馈，并称送回的信息为反馈信息或偏差信息。按反馈信息所起作用的效果而分，反馈分为负反馈与正反馈两类。负反馈指反馈信息与控制信息的作用方向相反，有纠正控制信息的效应。换句话说，反馈信息增强时使控制部分的机能活动减弱，反之使增强。这也即是说，通过负反馈可减弱或制约控制部分的活动。正反馈则相反，它是指由受控部分发回的信息会使控制部分的活动不断加强的过程。正反馈较少见，但存在于血液凝固、排尿、分娩等生理过程中。使各该过程从启动至终了起着促速作用。病理情况出现正反馈会破坏稳态，对机体存活不利。

负反馈在体内大量存在，它对保持稳态特别重要。换句话说，机体主要依靠负反馈而使各种机能活动得以保持相对恒定的水平。例如血压升高的偏差信息可上达心血管中枢，通过负反馈作用改变控制信息而对心率、血流等进行调节，达到使血压回降从而保持相对稳定的效应（详见循环章）。由于负反馈调节总是发生在输出信息出现偏差之后，