

全国高等医药院校试用教材
(供医学、儿科、口腔、卫生专业用)

生理学

湖南医学院 主编

人民卫生出版社

全国高等医药院校试用教材
(供医学、儿科、口腔、卫生专业用)

生 理 学

主 编 单 位
湖 南 医 学 院

编 写 单 位
上海第一医学院 上海第二医学院
山西医学院 中国医科大学
四川医学院 北京医学院
西安医学院 重庆医学院
湖南医学院 遵义医学院

人 民 卫 生 出 版 社

生 理 学

湖 南 医 学 院 主 编

人 民 卫 生 出 版 社 出 版

北 京 印 刷 二 厂 印 刷

新 华 书 店 北 京 发 行 所 发 行

787×1092毫米16开本 32印张 2插页 744千字

1978年12月第1版第1次印刷

印数：1—190,200

统一书号：14048·3659 定价：2.50元

编写说明

党的第十一次全国代表大会和第五届全国人民代表大会的召开，标志着我们社会主义祖国进入了一个新的发奋时期。英明领袖华主席代表党中央向全党、全国人民提出了这一新时期的总任务，提出了要于本世纪内在我国实现社会主义现代化的宏伟目标。一个向科学技术现代化进军的热潮正在全国迅猛兴起。在我们面前呈现了光辉灿烂的前景。在这大好形势的鼓舞下，我们十所医学院校的生理教研组，根据卫生厅（77）卫字第770号文“关于编写高等医药院校新教材的通知”，在各级党委的领导下，共同努力，编写出了这本全国高等医药院校试用教材《生理学》。本教材适用于高等医药院校的医学、儿科、口腔、卫生等专业。我们的共同愿望是响应华主席、党中央的号召，为提高整个中华民族的科学文化水平，为在我国早日实现四个现代化，为提高我国高等医药院校的教学质量贡献出一份力量。决心尽快地把“四人帮”造成的损失夺回来。

本书的编写原则是：以马克思主义哲学思想为指导，努力运用辩证唯物主义的观点阐明人体机能活动的基本规律；贯彻党的卫生工作方针；体现中西医结合的要求；理论联系实际；根据培养目标的要求，精选教学内容；加强基础理论、基本知识和基本技能的训练；反映世界最新的医学科学成就。在文字上力求做到明白易懂，便于自学。

在本教材的编写过程中，除了参加编写的十所院校的生理学教研组分工协作共同编写外，初稿写成后，即印发国内数十所医学院校的有关教研组征求意见，最后有二十八所院校的生理学教研组的代表参加了定稿会议，对本教材的初稿进行了讨论并提出了修改意见，这对提高本教材质量十分有益。由于我们的政治水平不够高，业务水平也有限，加之编写时间比较仓促，调查了解不够广泛深入，因此，本教材中的缺点错误在所难免。我们将在教材的试用过程中，广泛听取意见，总结经验，为今后进一步修改，提高教材质量作好准备，我们诚恳地希望得到广大师生和同志们的批评帮助。

上海第一医学院、上海第二医学院、山西医学院、中国医科大学、
四川医学院、北京医学院、西安医学院、重庆医学院、湖南医学院、
遵义医学院生理学教研组

一九七八年七月

目 录

第一章 绪论1	三、红细胞的生成.....56
第一节 人体生理学的内容和学习目的1	四、红细胞的破坏.....61
第二节 学习人体生理学的指导思想2	第四节 白细胞生理63
第三节 机体与环境4	一、白细胞的数量、生成与寿命.....63
一、新陈代谢.....4	二、白细胞的生理特性.....65
二、刺激与反应.....5	三、各类白细胞的机能.....67
三、人体机能活动对环境变化的适应.....5	第五节 血小板生理72
第二章 细胞的基本结构和机能9	一、血小板的形态和结构.....72
第一节 细胞膜的基本结构和机能11	二、血小板的数量、生成和破坏.....73
一、细胞膜的化学组成和分子结构.....12	三、血小板的生理特性.....73
二、细胞膜的物质转运机能.....14	四、血小板的机能.....74
三、细胞膜的受体机能.....18	第六节 血液凝固和纤维蛋白溶解77
第二节 细胞的生物电现象和兴奋性20	一、血液凝固.....77
一、细胞的静息电位和可兴奋细胞的动作电位.....22	二、纤维蛋白溶解.....82
二、生物电现象的产生原理.....24	第七节 血量、输血和血型84
三、动作电位的引起和传播.....28	一、血量.....84
第三节 肌细胞的收缩机能34	二、输血.....87
一、骨骼肌的微细结构.....35	三、血型.....88
二、骨骼肌的收缩原理及其控制.....36	第四章 血液循环94
三、肌肉收缩的外部表现和力学分析.....39	第一节 心脏的电生理特性94
四、平滑肌的生理特性.....43	一、心肌细胞的生物电活动.....95
第三章 血液45	二、心肌兴奋的发生与传播.....98
第一节 概述45	三、 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 对心肌生物电活动的影 响.....103
一、体液和内环境的概念.....45	第二节 心肌收缩的力学和心脏射血机能104
二、血液的组成及有关的特性.....46	一、心肌收缩的力学.....104
三、血液的机能.....47	二、心动周期.....106
第二节 血浆48	三、心输出量.....109
一、血浆的化学成分.....48	四、心音与心电图.....114
二、血浆的理化特性.....50	五、无创性心机能测定.....116
第三节 红细胞生理53	第三节 心电图116
一、红细胞的形态、数量和机能.....53	一、心脏兴奋过程中的电变化.....116
二、红细胞的生理特性.....55	二、容积导体和导联线的概念.....118

第四节 血压与脉搏	123	二、胃液的分泌	213
一、各类血管的机能特点	123	三、胰液的分泌	222
二、血流、阻力与血压	124	四、胆汁的分泌和排出	225
三、动脉血压	127	五、小肠液的分泌	226
四、动脉脉搏	130	六、大肠液的分泌	227
五、静脉血压与血流	131	第二节 消化道的运动	228
第五节 心血管活动的调节	134	一、咀嚼	229
一、神经调节	134	二、吞咽	229
二、体液调节	143	三、胃的运动	230
三、血量的调节	145	四、小肠的运动	234
第六节 微循环、组织液与淋巴	147	五、大肠的运动	236
一、微循环	147	六、食物残渣通过消化道的时	237
二、组织液与淋巴	154	第三节 吸收	237
第七节 器官循环	158	一、吸收过程概述	237
一、冠脉循环	158	二、各种主要营养物质的吸收	239
二、肺循环	162	第四节 胃肠道激素	244
三、脑循环	163	第七章 能量代谢和体温调节	247
第五章 呼吸	166	第一节 能量代谢	247
第一节 肺通气	166	一、能量的释放、贮存和利用	247
一、肺通气的结构基础	166	二、能量代谢的测定	249
二、肺通气原理	170	三、影响能量代谢的主要因素	254
三、肺的容量	175	四、基础代谢	256
四、肺通气量	177	五、劳动(肌肉活动)与能量代谢	257
第二节 呼吸气体的交换	179	第二节 体温调节	258
一、气体的分压和溶解度	179	一、体温及其正常变动	259
二、气体通过呼吸膜的扩散	181	二、产热和散热	261
三、肺通气和肺血流的相互关系	181	三、体温调节	265
第三节 气体在血液中的运输	184	四、过高与过低温度对机体的影响以	
一、O ₂ 的运输	185	及机体的服习	268
二、CO ₂ 的运输	188	第八章 肾脏的排泄	271
第四节 呼吸的调节	191	第一节 肾脏的结构与机能	271
一、呼吸中枢与呼吸节律	191	一、肾的结构特点	271
二、呼吸的反射性调节	195	二、肾脏的机能	275
三、二氧化碳、缺氧和氢离子对呼吸的影响	196	三、肾脏血液循环的特征	276
第五节 运动时呼吸循环的变化	202	第二节 肾小球的滤过	278
第六节 特殊环境对呼吸的影响	204	一、滤液形成的原理	279
一、与高海拔有关的呼吸生理问题	204	二、滤过膜	280
二、潜水生理	206	三、有效滤过压	281
第六章 消化和吸收	209	四、肾小球血浆流量	282
第一节 消化腺的分泌	210	第三节 肾小管与集合管的泌尿机能	283
一、唾液的分泌	211	一、肾小管和集合管的重吸收	284

二、肾小管和集合管的分泌和排泄·····	289	一、脊髓的运动神经元和运动单位·····	342
三、影响肾小管和集合管重吸收与分泌的因素·····	291	二、兴奋由神经向肌肉的传递·····	343
四、球-管平衡(肾小球与肾小管之间的机能关系)·····	295	三、脊髓反射·····	346
第四节 尿液的浓缩和稀释·····	296	四、脑干对肌紧张和姿势的调节·····	349
一、逆流系统的基本知识·····	296	五、大脑皮质对躯体运动的调节·····	351
二、尿液浓缩和稀释的原理——逆流假说·····	298	六、基底神经节·····	355
三、影响尿液浓缩的因素·····	300	七、小脑的结构和机能·····	357
第五节 血浆清除率·····	301	第五节 神经系统对内脏机能的调节·····	361
一、血浆清除率的概念·····	301	一、植物性神经系统的结构特征·····	361
二、血浆清除率的计算方法·····	302	二、植物性神经系统的机能·····	363
三、测定血浆清除率的理论和实践意义·····	302	三、植物性神经末梢的兴奋传递·····	364
第六节 尿的排放·····	304	四、脊髓对植物性机能的控制·····	370
一、膀胱和尿道的神经支配·····	304	五、延髓与中脑对植物性机能的调节·····	371
二、排尿反射及影响因素·····	305	六、丘脑下部对植物性机能的调节·····	371
第九章 神经系统 ·····	306	七、大脑对植物性机能的控制·····	374
第一节 神经纤维·····	308	第六节 脑的高级机能·····	375
一、神经纤维的传导机能·····	309	一、大脑皮质的生物电活动·····	376
二、神经纤维传导的一般特征·····	310	二、条件反射·····	377
三、神经纤维传导的速度·····	310	三、人类的语言机能·····	379
四、神经冲动传导的原理·····	311	四、睡眠与觉醒·····	381
五、神经纤维的轴浆运输·····	311	五、学习与记忆·····	386
六、神经纤维的分类·····	312	第十章 特殊感觉器官 ·····	389
第二节 反射中枢的生理·····	313	第一节 视觉器官·····	389
一、反射中枢·····	313	一、眼球的结构·····	389
二、突触和突触传递·····	314	二、眼的折光机能·····	391
三、中枢抑制·····	318	三、眼的感光机能·····	398
四、神经元的联系方式·····	320	四、双眼视觉·····	410
五、中枢递质·····	321	五、房水与眼内压·····	411
第三节 神经系统的感觉机能·····	324	第二节 听觉器官·····	411
一、感受器·····	324	一、外耳、中耳的机能·····	412
二、脊髓感觉传导的特征·····	327	二、内耳的机能·····	414
三、丘脑及其投射系统·····	329	三、声音的感受·····	417
四、大脑皮质的感觉分析功能·····	331	四、听觉器官对声音的分析·····	419
五、痛觉·····	336	五、听力及其测定方法·····	320
六、温度觉·····	341	六、对声源方位的辨别·····	422
七、触觉与压觉·····	342	第三节 前庭器官·····	423
第四节 神经系统对躯体运动的调节·····	342	一、前庭器官的结构·····	423
		二、前庭器官的适宜刺激·····	426
		三、前庭器官的姿势反射·····	427
		四、眼震颤·····	428
		五、前庭器官与植物神经、大脑皮质	

的关系.....	429	三、糖皮质激素.....	463
第四节 外部化学感受器.....	430	第七节 腺垂体.....	467
一、嗅觉.....	430	一、腺垂体的结构特征.....	467
二、味觉.....	431	二、腺垂体激素的生理机能.....	469
第十一章 内分泌.....	433	三、腺垂体机能的调节.....	472
第一节 概述.....	433	第八节 神经垂体.....	475
一、研究内分泌活动的方法.....	434	一、神经垂体的激素.....	475
二、激素作用的一般特征.....	436	二、神经垂体机能的调节.....	477
三、激素作用的原理.....	438	第九节 其它内分泌物质.....	477
四、激素分泌的调节.....	439	一、前列腺素.....	478
第二节 甲状腺.....	440	二、松果体激素.....	479
一、甲状腺激素的代谢.....	441	三、胸腺激素.....	480
二、甲状腺激素的生理作用.....	444	四、丘脑下部的神经激素.....	480
三、甲状腺机能的调节.....	445	第十二章 生殖.....	482
第三节 甲状旁腺与甲状腺“C” 细胞.....	448	第一节 男性生殖器官的生理.....	482
一、甲状旁腺.....	448	一、睾丸的机能.....	482
二、甲状腺“C”细胞与降钙素.....	451	二、附性器官.....	485
第四节 胰岛.....	452	第二节 女性生殖器官的生理.....	487
一、胰岛素.....	452	一、卵巢的机能.....	487
二、胰高血糖素.....	457	二、月经周期.....	493
第五节 肾上腺髓质.....	458	第三节 受精、妊娠和授乳.....	495
一、肾上腺髓质激素的代谢与生理作 用.....	459	一、卵子和精子的运行与受精过程.....	495
二、肾上腺髓质活动的调节.....	460	二、着床.....	497
第六节 肾上腺皮质.....	460	三、胎盘的机能.....	497
一、肾上腺皮质的结构特征及其激素.....	460	四、分娩.....	500
二、盐皮质激素.....	461	五、乳腺与授乳.....	500
		第四节 计划生育.....	501

第一章 绪 论

生理学是研究生物体的机能活动规律的科学，范围很广，可按照研究对象的不同，分为很多分支学科，其中有研究一切生物机能活动的基本规律的普通生理学，也有研究某一门、类生物机能活动规律的特殊生理学，如动物生理学、植物生理学、人体生理学等。本书按照医学院校教学计划的要求，主要限于论述人体生理学。

第一节 人体生理学的内容和学习目的

人体生理学是研究人体机能活动规律的科学，也是重要的医学基础理论学科之一。

人体的机能就是人体整体及其各组成系统、器官所表现的生命活动现象或生理活动，如循环、呼吸、消化、排泄、肌肉运动等等。人体生理学的任务就是要阐明这些机能活动的发生原理、发生条件、以及各种环境条件对它们的影响，从而认识人体整体及其各部分机能活动的规律。一般说来，人体生理学的研究是从以下三个不同的水平进行的。

第一是整体水平的研究。人体生命活动的特殊性最突出地表现于整体活动之中，例如人们的生产劳动，就个体而言，必然是整体的活动。因此，整体水平的研究，是研究人体生理学十分重要的一个方面。整体水平的研究主要是研究人体与环境的对立统一关系，以及体内各系统机能活动之间的相互关系。例如研究自然环境的变化和差异，如气温变化、高压、缺氧等等对人体机能活动的影响，以及人体对这些情况的适应过程；研究人们在社会实践中各种活动、各种环境条件，如生产劳动、体育运动以及思想、情绪变化等等对人体整体及各系统机能活动的影响；研究整体活动中各机能系统活动的调节机制与相互配合的规律，这些都属于整体水平研究的课题。

第二是器官、系统水平的研究。整体生命活动是建立在体内各系统、各器官机能活动协调配合的基础之上的。为了阐明整体生命活动的规律，必须首先认识各器官、系统的特殊机能。因而有必要研究体内各系统、各器官的机能活动有什么特殊性，这些特殊的机能活动是怎样发生和发展的，要求哪些条件，受哪些因素的影响，在整体生命活动中起什么作用等。例如劳动或运动时，心脏搏动和呼吸运动的变化，是整体水平研究的课题；但是进一步分析研究心脏是怎样射血的，心搏的快、慢、强、弱受那些因素的影响，空气是怎样进出肺的，肺为什么能随胸廓运动而扩张、缩小等问题，就必须选用一定的方法，分别对心、肺等进行实验研究。这一类生理学内容，又可称为器官生理学。

第三是细胞或分子水平的研究。各种器官都是由具有不同特征的细胞构成的，各器官的特殊机能与这些细胞的生理特性是分不开的，而细胞的生理特性，又决定于这些细胞内的特殊化合物的物理、化学变化过程。构成细胞的特殊化合物主要是蛋白质、核酸、脂类、糖原等生物所特有的物质，可以统称为生物分子 (biomolecule)。细胞和分子水平的研究，主要是研究细胞内各亚微结构的机能，以及各生物分子的特殊理、化变化过程。例如要阐明心脏生物电现象的来源、心肌收缩的原理等问题，就必须研究心肌细胞膜、内质网、肌原纤维等亚微结构的机能活动，以及心肌细胞中蛋白质等生物分子与有

关离子运动的理、化过程。这一类生理学内容又称为细胞与分子生理学。细胞与分子水平的研究，也是普通生理学的内容，其意义并不限于阐明有关器官的具体机能特征。因为细胞是体内可以单独存活的最小结构单位和机能单位，各种细胞虽各具有特殊性，但在各自的特殊机能活动中，又表现出最基本的生命活动的规律，如新陈代谢的基本过程、物质通过膜的运转、细胞间信息传递等。认识这些生命活动最基本的问题，对于研究其它各种生理学课题有很重要的指导作用。

人体生理学和别的科学一样，是人类实践的产物，反过来又为实践服务。在科学发展的历史上，生理学的形成和发展与临床医学有密切关系。劳动人民在长期与疾病作斗争的过程中，逐渐积累起关于人体正常机能的知识，并且由一些临床医学工作者将这些知识总结概括，形成了一些人体生理学的概念。最早的生理学理论主要是记载于医学书籍中的，我国最早的医书之一《内经》，成书于两千多年以前，就有了经络、脏腑、七情六淫、营卫气血等生理概念的描述。古希腊人的生理学理论也是记载于医书中的。这些生理学理论形成以后，当时即已用于指导医疗实践。欧洲的工业革命，带来生产的迅速发展，推动了现代自然科学的诞生和蓬勃发展，人体生理学也于十七世纪开始成为一门独立的学科。人体生理学在早期主要是利用动物实验进行器官、系统水平的研究；同时也结合临床观察，研究某些生理机能，特别是内分泌腺和中枢神经系统的机能。近二、三十年来，数学、物理、化学等基本科学飞速发展与新技术的广泛应用，又促使人体生理学一方面从器官、系统机能活动的描述，迅速深入细胞、分子水平的研究；同时也使整体水平的研究逐步深入到各种机能间复杂关系的探讨和特殊环境下机能变化的研究。因而人体生理学的基本理论不断更新、提高；反过来人体生理学的新成就又迅速运用于临床实践之中，促进了临床医学的进展。如关于心肌电生理的研究促进了对心律失常的认识和防治，就是其中一例。我们学习生理学，就要学好这一学科的基本理论和基本知识、基本技术，为掌握增进人体健康与防治疾病的知识和技能打下基础，为广大工农兵群众服务，为中国革命和世界革命服务。

我国古代医学以朴素的辩证观点认识人体的正常机能和疾病状态，从几千年丰富的医疗实践中总结出一套理论，使祖国医学很早就达到了较高水平，在保障中国人民的健康方面作出了重要贡献；在临床医疗实践方面，祖国医学有不少独创之处，如针灸疗法已在世界范围内广泛传布。但由于我国封建社会时间特别长，而在解放前近一百余年内又处于半封建半殖民地社会，在帝国主义、官僚资本主义和封建主义三座大山压迫下，旧中国生产停滞、科学技术落后，因而祖国医学长期未能在近代自然科学的基础上发展、提高。毛主席指出：“中国医药学是一个伟大的宝库，应当努力发掘，加以提高。”号召我们实行中西医结合，创造我国的新医学、新药学。学习人体生理学也正是为了实现毛主席的遗愿，整理、提高祖国医学遗产，创造我国新医学、新药学而作好必要准备的一个重要方面。

第二节 学习人体生理学的指导思想

人体生理学是一门理论自然科学，我们要坚持用辩证唯物主义的观点来认识人体生命现象及其活动规律。

生命活动是一种物质运动的形式，服从最基本、最一般的物质运动规律——物理学

和化学的规律；然而生命活动却是一种更为高级的运动形式，它是以复杂得多的特殊形式表现出这些物理学和化学规律的，与一般无机物的物理的、化学的运动形式有质的区别。在构成细胞的各种生物分子中，最具特征的是蛋白质和核酸。各种生物中的蛋白质共有上千亿种，各种生物、各种组织细胞都各有其特殊的蛋白质；核酸也有上百亿种，而且各种生物细胞的核酸也各有特殊性。各种细胞的特殊的蛋白质和核酸是构成这些细胞的主要物质，它们决定了这些细胞结构和机能的特殊性。各种细胞都经常合成自己特有的蛋白质和核酸，以代替那些已经分解了的特殊生物分子，而且各种细胞就是在这样不断自我更新其特有的蛋白质和核酸分子的过程中，才能保持它的特殊结构和机能。虽然细胞内这些蛋白质和核酸的合成与分解反应，丝毫不违背一般的物理、化学规律；但是，在不断自我更新中保持自己结构和机能的特殊性，这是任何非生物不可能发生的过程。早在 100 余年前，对于蛋白质的知识还极少的时候，恩格斯就以辩证唯物主义观点特辟地指出：“生理学当然是有生命的物体的物理学，特别是它的化学，但同时它又不再专门是化学，因为一方面它的活动范围被限制了，另一方面它在这里又升到了更高的阶段。”这一方面指出，生命现象不论如何复杂，它们都是以体内具体的物理、化学过程为基础的，并没有什么神秘的、非物质的力量在起作用，从而驳斥了各种唯心主义的谬论；另一方面，生命活动是一种更高级的运动形式，不能和一般无机物的物理、化学过程相提并论，从而驳斥了各种形而上学或机械论的错误观点。

辩证唯物主义是自然界和人类社会以及思维运动所共有的、最一般的规律，是放之四海而皆准的普遍真理。人体生理学只是自然科学中的一个学科，它研究的范围限于人体生命活动所具有的特殊矛盾性。必须以辩证唯物主义的普遍真理为指导，人体生理学的研究才能迅速地、富有成效地前进；而在人体生理学的研究中所获得的每一项重大成就，又将充实和加深人们对普遍规律的认识，促进辩证唯物主义的发展。但辩证唯物主义只能指导自然科学，而决不能代替自然科学。生搬哲学概念，以哲学代替自然科学基础理论，否认各门自然科学的特殊性，不但阻碍了自然科学的发展，也将阻碍辩证唯物主义的进展。

“理论与实践的统一，是马克思主义的一个最基本的原则。”在学习和研究生理学时，必须坚持用科学实验来分析、认识从实践中（包括医疗预防实践和科学实验）提出的问题，用科学实验来验证我们对这些问题的理论抽象和概括，将生理学理论逐步引向深入。必须通过实践来发现真理、又通过实践来证实真理和发展真理，学习和研究人体生理学时，轻视科学实验的态度是错误的。但是，科学的抽象才能更深刻、更正确、更完全地反映自然；“感觉只解决现象问题，理论才解决本质问题。”学习和研究人体生理学时，不重视科学的抽象和理论的概括，不去努力不断地完善、提高基础理论，就会阻碍我们深入了解事物的本质，阻碍人体生理学的发展。

研究人体生理学，常常需要分析认识体内某一特殊机能、某一活动过程产生的原因，影响的因素等，因而要求用药物或手术等方法控制观察条件，尽可能屏除无关因素的干扰。这些措施难免损害机体，有时还可造成严重损害。但人体的某些机能常可以利用动物来进行实验研究。例如在麻醉情况下剖开动物胸腔直接记录心房、心室的容积、压力变化来研究心脏射血的过程，这类方法称为活体解剖法。又如从活动物身上取出心脏，在体外用按一定处方配制的盐溶液灌注，来研究某些离子、药物对心肌活动的影响，这类方法称为离体器官、组织法。这两类方法，都只是在实验完成以前使动物或所观察

的器官组织保持存活，因而又称为急性动物实验。又如研究进食过程中胃液分泌的规律，可以用手术方法从动物的胃分出一小部分，制成一个“小胃”从腹壁处直接向外开口以收集胃液，然后于通常环境条件下对清醒动物进行观察。这类方法称为慢性动物实验方法。近二、三十年来，由于物理学、化学等基础理论科学的迅速发展，电子显微镜、组织培养、电子计算机以及遥感等新技术的应用，一方面使人体生理学的细胞、分子水平的研究愈来愈深入、细致；另一方面在无创伤的条件下，在完整人体上进行分析观察的范围也愈来愈大了。

第三节 机体与环境

各种生物机体都生活在一定的环境之中，他们的生存和发展决定于环境条件和机体对环境的适应性。为了掌握人体机能活动的规律，就要对机体与环境之间的相互作用有一个扼要的了解。

一、新陈代谢

早在百余年前，恩格斯就曾指出：“生命是蛋白体的存在方式，这个存在方式的基本因素在于和它周围的外部自然界的不断的新陈代谢，而且这种新陈代谢一停止，生命就随之停止，结果便是蛋白质的分解。”近年来，研究生命的物质基础的新成果，已反复证明了这个科学的论断。当时对所谓“蛋白体”（有时又称为“原生质”）的化学本质还不清楚；从现有资料看来，这很可能是以核酸和蛋白质为主要成分所组成的、一些最简单的有生命物质。如烟草斑纹病毒，就是由一个核酸中心和一个蛋白质外壳组成的。核酸和蛋白质也是构成人体细胞的主要化学物质。从病毒这样简单的生物到非常复杂的人类机体，都不断地从周围环境中摄取适当的物质并将这些物质转变为自身的化学组成，同时又将自身中较老的部分分解并排泄到周围环境中去。一切生物都是这样，在与周围环境的不断新陈代谢（metabolism）中实现自我更新。新陈代谢一旦停止，生命也就停止。生物的其他机能活动都是建立在新陈代谢的基础之上的。这说明，新陈代谢是生命的基本因素，也是生物机体与环境之间最基本的关系。

生物体的新陈代谢包括同化和异化两个方百。机体从外界环境中摄取营养物质，并把它们制造成为机体自身物质的过程，叫做同化作用；机体分解自身的物质，把分解产物排出体外，并在物质分解时释放能量，供给机体生命活动的需要，叫做异化作用。一般当物质分解时要释放能量，物质合成时要吸收能量，而后者所需的能量，正是由前者供给的。动物机体内各种营养物质分解供能的过程，主要是各种营养物质被完全氧化的过程，而且必须从环境中吸入所需要的氧并向环境中排出所产生的二氧化碳。机体与环境之间的这种气体交换一旦停止，新陈代谢即不能进行。由此可见，体内物质的分解与合成，以及物质变化与能量变化之间，是不可分割地相互联系着的。而气体交换则是代谢的必要条件。

人体包含有很多细胞，每个细胞都进行着新陈代谢，但它们不能象单细胞生物那样，可以直接由外界环境摄取营养物质和排出代谢终产物。在长期的进化过程中，高等动物体内出现了浸浴着全身各部分细胞的细胞外液，构成细胞生活的内环境，其中包括充填于各组织细胞间隙的组织液和存在于心脏与血管中的血浆（即血液的液体部分）。各细胞在代谢过程中从组织液摄取营养物质和排出代谢产物，组织液又与血液进行这种物质交换。

同时，高等动物的细胞或组织也发生了结构和机能上的分化。如消化器官主要是摄取食物，对食物进行消化和吸收；呼吸器官主要是由外界摄取氧和向外界排出二氧化碳；排泄器官如肾脏，主要是排出水和代谢终产物；而循环系统则推动血液不断循环流动，把进行代谢所需要的氧和营养物质运送给全身各细胞，并把各细胞的代谢终产物运送到肺和肾等器官去排泄，等等。这样看来，组成复杂的人类有机体的各种不同细胞组织，一方面各自进行新陈代谢；但从整体的角度看，它们的活动又是互相联系，围绕着整个有机体的新陈代谢进行的。

二、刺激与反应

一切有生命物质在受到周围环境条件改变的刺激时，有发生反应的能力。如最简单的单细胞动物变形虫，当受到环境变化的激惹时，会出现变形运动；动物的肌肉组织受到刺激时，会出现收缩，等等。我们把活组织或细胞这种对周围环境改变起反应的能力或特性，称为兴奋性（excitability）；而把各种引起反应的环境条件的变化统称为刺激（stimulus）。

机体组织在接受刺激而发生反应时，其表现可以有两种形式：一种是由相对地静止变为显著的变动状态，或由活动弱变为活动强，这叫作兴奋（excitation）；另一种是由显著的变动转化为相对静止，或由活动强变为活动弱，这叫抑制（inhibition）。刺激引起组织兴奋还是抑制，取决于刺激的质和量，以及组织当时所处的机能状态。

刺激必须有一定的持续时间和达到一定的强度，才能引起组织兴奋。保持一定的刺激时间不变，引起组织发生兴奋的最小刺激强度，称为刺激阈或阈值（threshold）。阈值可反映组织兴奋性的高低。阈值小，说明这一组织容易发生兴奋，即兴奋性高；阈值大则相反，说明受刺激组织的兴奋性低。在人体的各组织中，神经、肌肉和腺体的兴奋性最高。

人类机体和单细胞生物或很低级的多细胞生物不同，体内细胞发生了高度的分化，其中有一些细胞或结构是专门感受体内外环境条件变化的，叫做感受器（receptor）；另有一些细胞或结构如肌肉、腺体等，则是机体对体内外某些刺激起反应的器官，叫做效应器（effector）。感受器和效应器又通过神经系统联系起来，使机体对刺激发生反应。人作为整体来讲，受到刺激时的反应，主要是通过神经系统所实现的整体性的反应。

三、人体机能活动对环境变化的适应

人类所处的大气环境、温度、湿度、气压等条件差异很大，有些地区这些条件变化还很急剧。但人类对环境的适应能力却远远超出一切其他生物之上，这主要是人类能够主动地改造客观世界，另外也由于人类机体有一整套调节机构，能够随着环境的变化不断地调节机体机能活动的水平。在外界环境发生变化时，人体机能随之发生的变化有两个特点：一是人体机能活动的变化总是与环境变化相适应的；二是人体机能活动总是作为一个整体来进行的，即体内各器官、各系统机能活动的变化是紧密配合，相互协调的。这就提示，人体机能的调节方式是很复杂的。现将一些主要的调节方式扼要阐述于下：

（一）神经调节

神经调节是人体内最主要的调节方式。中枢神经系统通过传入神经纤维与体内外的

感受器相联接；通过传出神经纤维与骨骼肌、各内脏以及心血管系统等效应器相联接。这就是神经调节的结构基础。例如进食时，食物进入口腔后引起唾液分泌，同时还引起胃、胰腺等分泌消化液，为食物进入胃和小肠后继续消化做好准备。这是由于在咀嚼过程中，食物刺激舌和口腔粘膜的感受器，通过传入神经将感受器兴奋所激发的神经冲动传入中枢神经系统内调节这些消化腺活动的神经元所组成的核团——食物中枢，由食物中枢发出的神经冲动又通过相应的传出神经元及其纤维分别传送到这些消化腺，引起这些消化腺的分泌。神经系统通过这种方式进行调节的例子还很多，如疼痛引起局部肢体回缩；强光照射时瞳孔缩小；环境温度升高时皮肤血管扩张以及出汗；运动时心跳加快、呼吸加深加快等等。这些例子说明，在中枢神经系统的参与下，机体对内、外环境的刺激可以发生有适应意义的反应。这种神经调节过程称为反射 (reflex)。反射过程一般都有五个环节参与，这五个环节按顺序列出就是：感受器→传入神经纤维→中枢→传出神经纤维→效应器。这五个环节总起来称为反射弧(reflex arc)。在一般反射中，一定的刺激总是引起一定的反应，就是因为每一种反射都有一定的反射弧。反射弧的任何环节被破坏，都将使这一反射不能出现或发生紊乱，这时神经调节就不能进行。图 1-1 表示一个以脊髓为中枢的简单反射弧的组成。

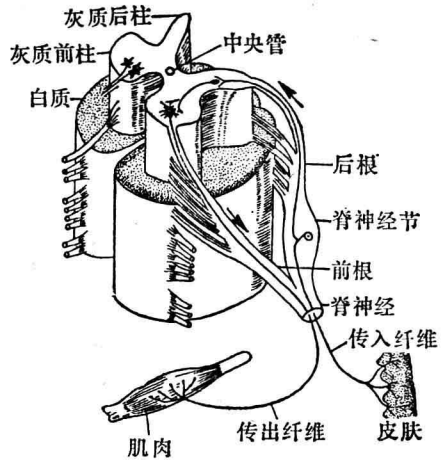


图 1-1 反射弧及其组成部分示意图

人和动物的反射活动，又可进一步区分为非条件反射 (unconditioned reflex) 和条件反射 (conditioned reflex) 两种类型。非条件反射是指人和动物所共有的一些反射活动。它们的反射弧是由种族遗传因素决定的，是生来就有的一些比较简单、比较固定的反射弧，因此受到一定的刺激就规律地出现相应的反应。我们前面谈到的例子，都是非条件反射。非条件反射的反射中枢，大都位于中枢神经系统的较低级的部位，因而是一种较为低级的神经调节方式。条件反射则与此不同，它是后天获得的，是人或高等动物的个体在长期生活过程中根据个人所处的生活条件而“建立”起来的。建立条件反射，一般要有大脑皮质的参加，因而是一种较为高级的神经调节方式。条件反射是建立在非条件反射的基础上的。例如在动物实验中，狗吃食物时有唾液分泌，这是非条件反射，而某种声响则不能引起唾液分泌；但若在每次饲喂这条狗时，都预先或同时伴有这种声响，经过多次将声响与食物两种刺激这样结合后，则单单有声响而不伴有食物时也能引起唾液分泌。这就是在一定条件下，建立了由这种声响引起唾液分泌的反射，因而称为条件反射，这种声响就由无关刺激变成了条件刺激。通过建立条件反射，可以使大量无关的刺激成为预示着某些非条件刺激出现的信号，使机体能对环境条件的变化预先作好准备，因而能及时作出适宜的反应，这样就使机体适应环境的能力更增强了。

(二) 体液调节

人体的各种内分泌腺 (endocrine gland) 能分泌多种激素 (hormone)，经血液运送

到全身各处，调节人体的新陈代谢、生长、发育、生殖等重要的基本机能。因为激素是通过血液运输的，因而这种调节方式称为体液调节。血液中某些激素的浓度是相对稳定的，激素过多或过少都将引起疾病。一般说来，对于大多数器官或机能，神经调节与体液调节是相辅相成的，但就整个机体的调节机能来看，神经调节在大多数情况下处于主导地位，这不仅因为神经系统同全身各系统器官有极其广泛的联系，可以直接调节和影响它们的机能；而且大多数内分泌腺也直接、间接受中枢神经系统的调节，在这种情况下，体液调节成了神经调节的一个环节，相当于反射弧上传出纤维的一个延长部分。这种情况，又称为神经-体液调节。

除激素而外，组织细胞的一些酸性代谢产物在组织中含量增加时，可引起局部的血管舒张，局部血流量增加，使蓄积的代谢产物较快地被清除。这也可以看作是一种体液调节，常称为局部体液因素，对机体的机能调节有一定的意义。

(三) 器官、组织、细胞的自身调节

所谓自身调节 (autoregulation) 就是在内外环境变化时，器官、组织、细胞不依赖于神经或体液调节而产生的适应性反应。例如心肌收缩产生的能在一定范围内与收缩前心肌纤维的长度成正比；即收缩前心肌纤维愈长，收缩时释放的能愈多。又如脑血管的血流量在很大程度上决定于动脉血压的高度；但平均动脉压在一定范围内升降时，脑血管即相应地收缩或舒张以改变血流阻力，使脑血流量能保持相对恒定。一般说来，自身调节所能调节的范围较小，也不是十分灵敏，但对于生理机能的调节仍有一定意义。

上面概略地介绍了体内常见的三种机能调节形式，这些调节形式的具体内容和过程虽然不同，但调节的结果都是使体内某一机能活动在某一水平上保持相对恒定或达到某种规定的状态。那么，这些调节形式之间有什么共同之处呢？近年来在工程技术领域中迅速发展起来的自动控制理论 (cybernetics)，不但概括了工程技术领域自动控制过程中的一些基本原则，而且也帮助我们理解生物体内调节过程的某些基本的、共同的特点。图 1-2 是一个恒温调节系统的模式图，从中可以看出自动控制装置的一些基本原则。

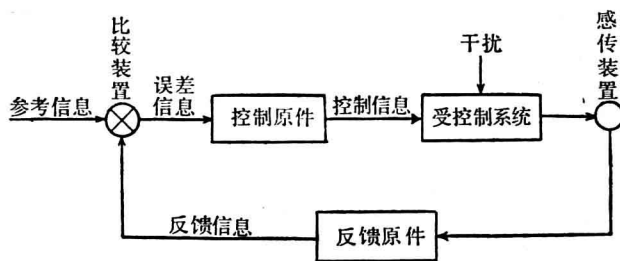


图 1-2 反馈控制示意图

根据自动控制理论，首先，一个自动控制系统必须是一个闭合的回路，也就是在控制部分与受控部分之间存在着往、返的双向联系，虽然联系的形式可以是多种多样的。从现有资料看来，人体内各种形式的调节几乎全都有这种双向联系，即几乎都是闭合回路。

第二，控制部分和受控部分之间必有某种信息 (information) 传递，即控制部分有信息或“指令”到达受控部分，受控部分也不断有信息送回到控制部分，而且这两种信

息之间还必然存在着某种函数关系。在不同的自动控制过程中，传递“指令”或信息的方式可以是多种多样的，可以是电信号(神经冲动)、化学信号或机械信号；最重要的是这些信号的数量和强度的变化中包含了准确的和足够的信息量。例如机体控制血糖水平相对恒定的信息，是由神经信号和激素的化学信号传递的，正是激素的量和神经冲动的频率和数目决定了血糖稳定在某一水平。在体内有些机构(如致密斑)在自动调节过程中控制信息传递的形式，目前还不清楚，但是既然完成了这种调节过程，就不能没有信息传递。

第三，在自动调节过程中，来自受控部分的信息有很重要的意义。由控制部分发出信息改变受控部分的状态，这是控制和调节过程的一个方面。但这样还不能完成调节过程，还要由受控部分发出信息不断地送回到控制部分，不断纠正和调整控制部分对受控部分的影响，才能达到精确的调节。这种由受控部分送回到控制部分的信息称为“反馈”(feedback)信息，这种联系称为反馈联系。人体内的效应器官中，大都有各种感受器，如骨骼肌中有肌梭感知肌肉张力的产生和变化情况，并将信息回送到中枢神经系统，使中枢神经系统对肌肉活动的控制更为精确；在血管和其他组织中也有各种机械和化学感受器等感受装置存在。

按照反馈信息的效果，可以将反馈联系分为两类：若反馈信息的效果是抑制控制部分的活动(图 1-3 ①)，则称为负反馈(negative feedback)；若反馈信息的效果是加强控制部分的活动(图 1-3 ②)，则称为正反馈(positive feedback)。

在人体内，负反馈联系是大量的，也是十分重要的。凡是使某一种机能在一定水平上保持相对恒定的自动控制过程，都属于这一类。但一般还有一个决定调定点(即保持恒定的水平)的机构，反馈信息必须与这个机构发出的参考信息比较之后，才能准确地调节控制部分，纠正控制指令的误差(图 1-2)。例如人的动脉血压在一定水平上保持相对恒定，就是一种负反馈调节。中枢神经系统内有心、血管中枢(控制元件)，它发出的控制信息以神经冲动的形式传送到心脏和血管(受控系统)；在动脉壁上又有压力感受器(感传装置)，可感受动脉血压变化并发出反馈信息通过传入神经传回心、血管中枢。动脉血压经常保持一定水平，提示中枢神经系统内可能有决定动脉血压水平(调定点)的机构能发出参考信息到心、血管中枢。当某种干扰使动脉血压上升时，血管壁上的压力感受器受到的刺激增强，就发送回相应的反馈信息，在中枢与调定点的参考信息进行比较，并纠正心、血管中枢的控制指令，使动脉血压回降到原来的水平。总之，各种机能活动保持相对恒定主要是由于负反馈信息的作用；而在什么水平上保持相对恒定，则决定于调定点的水平。

正反馈主要见于需要迅速达到某种状态的过程，如血液凝固的过程等。这一类反馈调节，以后将结合具体问题说明。

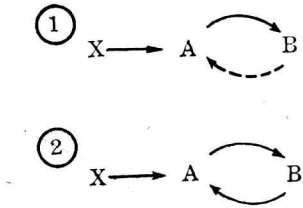


图 1-3 反馈调节示意图
虚线箭头表示抑制效应，实线箭头表示兴奋效应

- ①负反馈：X 加强 A，A 加强 B，B 反过来抑制 A。
- ②正反馈：X 加强 A，A 加强 B，B 反过来加强 A。

(湖南医学院 周衍椒)

第二章 细胞的基本结构和机能

细胞是人体和其它生物的基本构造单位。体内所有的生理机能和生化反应，都是在细胞及其产物（如细胞间隙中的胶原和蛋白聚糖等）的物质基础上进行的。一百多年前，当光学显微镜的出现促成细胞的发现的时候，革命导师恩格斯对此给以很高的评价，把它列为十九世纪自然科学的三大发现之一。细胞的发现，促使人们对细胞的结构、机能、发育和分化进行更深入的研究，使生物学进入一个新的水平。经过一百多年的资料积累，关于细胞结构和机能的研究在一般生物学和医学领域内的重要地位，已逐渐为人们所公认；特别是近十余年来，由于高分辨率的形态学研究技术和日益精密的生物化学研究技术的应用，人们对细胞以及构成细胞的各种亚单位即所谓细胞器的结构和机能，已从分子水平获得了更加深入的认识。可以认为，离开了对细胞及其亚单位的结构和机能的认识，要阐明物种进化、生物遗传、个体发育以及生长、繁殖、衰老等最根本的生物学现象，要阐明整个人体及各系统、器官的生命活动的最根本原理，将是不可能的。因此，学习生理学由细胞生理开始，是一个有益的开端。

本章将在概略地复习细胞的一般结构和机能的基础上，重点讨论细胞膜的结构和机能、细胞的兴奋性和生物电现象、以及细胞的运动等机能，为学习以后的生理学内容作准备。

细胞在结构上大致可区分为三部分，即细胞质、细胞核和细胞膜（图 2-1）。

细胞质 又称胞浆。但细胞质并不是均匀的浆状物，而是包含有各种具有特殊结构和功能的细胞内小器官，称作细胞器。除去细胞器，细胞质还剩下目前用电子显微镜还看不出结构来的物质，称作基质。最常见的细胞器有如下一些：

线粒体：是由内外两层膜包绕成的球形或椭圆形小体。不同细胞里的线粒体在形态、大小、数目上都有不同；细胞和线粒体本身的代谢状态也可影响线粒体的形态，如缺氧可导致线粒体的肿胀和破裂。线粒体膜上分布着与生物氧化有关的三羧酸循环和电子传递系统的各种酶类，说明线粒体是细胞内进行生物氧化和氧化磷酸化的主要场所；据估计，细胞内约 80% 的三磷酸腺苷（ATP）在这里生成，因而它是细胞主要的能量供应站。目前已知，细胞所做的机械功、物质转运功以及合成新物质都必须通过 ATP 获得能量，因而线粒体结构和机能的正常，对维持整个细胞结构和机能的正常是十分重要的。线粒体中有一些蛋白质可与钙离子结合，因此它也是细胞内贮存 Ca^{2+} 的装置。

过氧化体：也称微体，是由单层膜构成的小泡，泡内含有催化过氧化氢生成的氧化酶，以及催化过氧化氢分解的过氧化氢酶。过氧化体尚未在所有细胞内被发现，它只存在于某些细胞，如肝细胞和肾小管上皮细胞。过氧化体的机能可能是通过某种特殊的方式使底物氧化。据估计，肝细胞中约有 35% 的生物氧化不是在线粒体进行。这种非线粒体性生物氧化主要是在过氧化体进行的。

核蛋白体：是由核蛋白构成的直径约 200 Å 的小粒。核蛋白体所含的核糖核酸，称作核蛋白体核糖核酸（rRNA），是在细胞核内合成的。核蛋白体是细胞内制造蛋白质的小器官。在合成蛋白质时，常看到几个或几十个核蛋白体附着在一条信息核糖核酸（mRNA）长链上，形成串珠样，这种结构叫作多聚核蛋白体。

粗面内质网：是由单层膜构成的大小不等的小泡，表面有许多核蛋白体，形成“粗面”。粗面内质网的主要机能是合成那些需要送出细胞或送到细胞别处去的蛋白质。在一些以分泌蛋白质为主要机