

第三版前言

本书原为1978年卫生部委托安徽省卫生厅组织有关高、中等医学院校共同编审的第一轮全国中等卫生学校试用教材，供医士、妇幼医士、护士、助产士专业使用。1979年10月出第一版，以后经修订于1983年2月出第二版，这次修订为第三版。

根据1983年全国中等卫生学校第二轮教材编写会议精神，1984年重行制订了各课教学大纲，要求将全部教材进行全面修订。由于不少卫生学校生理学教师反映本书原版具有的优点应该保留，主张根据新精神、新大纲对本书加以修订后，继续发行，以供采用。在卫生部有关领导关于“原有教材的作者和出版社如果愿意再版发行，欢迎一个学科两本教材，由学校择优使用”的精神鼓励下，安徽省卫生厅组织我们修订了本书。

这次修订本着少而精的原则，结合几年来教学实践，对教材进行删繁就简、除旧更新、扬长去短，力争修订后的教材更切合中专特点。教材各章均有不同程度的变动，部分内容采用小字排印，以适应不同专业学时上的差别，供教学中选用。书末附有1984年制订的《生理学教学大纲》，供参考。

为了提高教材质量，编写人员由6名增至10名，主审人增至2名。参加本书审编的单位有：安徽省卫生厅、安徽医科大学、芜湖中医学校、滁州卫生学校、阜阳地区卫生学校、天津第二医学院、广东省湛江卫生学校、广西壮族自治区柳州卫生学校、陕西省卫生干部进修学院、山东医科大学卫生学校、青岛卫生学校及浙江省金华卫生学校。

在修订过程中曾召开了审稿会和清稿会，先后邀请了北京、天津、广东、广西、山东、陕西、浙江和安徽等省、市、自治区一些中等卫生学校老师参加讨论。其中有刘治萌、洪思劬、王瑞云、王迪维、李志高、江让炳、孟庆瑾、吴苹、薛云香、陈良才、汪光宣、耿宏柱等同志，得到他们热情帮助。不少省、市卫生学校的生理教师对本教材的修订给予很大关注，寄来许多宝贵意见。滁州卫生学校陈君伯同志为本书绘制了全部插图。全书的汇集、整理、编排及校对等工作主要由胡崎、吴梅初、徐崇立三同志完成。借此，谨向参加审稿、清稿以及关心、支持和帮助我们所有单位和同志，表示衷心的感谢！

编 者

1986年9月

第四版前言

本书第三版自1986年出版发行以来,受到卫生部及许多省、市中等卫生学校师生的鼓励和支持。为了适应医学科学的发展和培养实用型人才的需要,我们根据1988年全国中等医学教育工作会议精神和各地同行们提出的宝贵意见、建议,结合三年来的教学改革实践,在安徽省卫生厅领导下,将本书修订为第四版。这次修订力争做到扬长、去短、更新、补缺,使本教材质量进一步提高;在保持中等卫生学校教学特点的前提下,删简了一些实用性不大的理论内容,充实了与临床有关的某些知识,并按规定更新了计量单位。为适应医学模式的转变,面向社会实践,本书增加了“老年生理”一章,供教学中选用。

为了广泛听取同行意见,使第四版教材更适用于中等卫校教学,在安徽科学技术出版社等单位的大力支持下,我们于1989年8月在青岛市召开了本书第四版审稿会议。会议邀请了广西壮族自治区梧州市卫生学校陈昭仪、广州军区军医学校汤梅兰、上海市第一人民医院护士学校刘淑凡、吉林省通化卫生学校朱履冰、江苏省苏州卫生学校周月华、贵州省毕节卫生学校夏远溪、浙江省卫生学校钱自强、福建省漳州卫生学校林长桑、安徽省六安卫生学校李志高等高级讲师或副教授,以及黄山卫生学校吴苹讲师等参加审稿,并得到他们的热情帮助。第四版更新的插图仍由安徽省滁州卫生学校美术师陈君伯同志绘制。胡崎、吴梅初、徐崇立三同志负责全书汇集工作。本书缺点、错误之处,欢迎批评、指正。

编 者

1989年12月

第五版前言

为培养实用型人才,以适应改革开放后城乡医疗卫生事业对中等卫生技术人才的需要,卫生部自1992年起,对西医、西药类12个专业的教学计划和教学大纲进行了修订或拟订,并于1994年3月颁布。新的教学计划和大纲强化了专业培养目标,构筑了三级目标体系;加强了实践性教学,增加了人文科学和预防保健的内容。这些革新,对开发学生智能,提高实用型人才的培养质量和适应医学模式的转变,都是十分有益和必要的。为了贯彻卫生部新颁布的教学计划和教学大纲,继续更好地发挥本书在中等医学教育中的作用,在安徽省卫生厅的领导下,我们对《生理学》第四版进行了修订。

本次修订以卫生部颁布的社区医学、妇幼卫生、护理、助产专业的《生理学》教学计划和教学大纲为依据,在保持第四版特色的基础上,作如下调整。

(1) 强化目标观念。每章开始增加“本章目标”,章末设“目标训练”。目标训练包括名词解释、判断、选择、问答等四种题型。为了培养学生独立思考能力,提高目标训练的质量,减少篇幅,测试题均不附答案。

(2) 反映中专层次。根据课程目标和基层医疗实践的需要,教材内容重点放在器官系统水平上,删减一些实用性不大的细胞分子水平的理论,加强与临床各科的联系,同时适当反映一些新进展。

(3) 适应新的医学模式。注意联系临床医疗和预防保健工作实际,适当增加心理、社会因素对机体生理活动影响的知识,增强学生卫生保健意识。

(4) 将大纲规定的实验项目分为人体生理功能测定和动物实验两部分。必做实验用“★”标出,其余实验供选做。鉴于目前各个学校实验设备条件不一,因此本书介绍的实验仪器和实验方法新老兼顾。如实验记录装置既有二道生理记录仪,也有记纹器。

(5) 书中名词以1989年全国自然科学名词审定委员会公布的《生理学名词》为准,并对常用生理学专有名词加注英文及其缩写,以适应学生提高的需要。

这次修订,因邓群根、齐德禧、林甘棠和黄沧萍等四位老师调离中等卫学生校,故编写人员作了调整。为了保证教材修订质量,我们在安徽科学技术出版社和北京护士学校的大力支持下,于1994年11月在北京召开了第五版审稿会。会上除编者外,还邀请浙江省卫生学校钱自强、山东省临沂卫生学校魏增祥、安徽省淮南卫生学校孟庆瑾、安徽省阜阳地区卫生学校常立明等高级讲师参加审稿,得到他们热情帮助和指点;湖南省怀化地区卫生学校谭得圣高级讲师和云南省昆明医学院杨炎华教授等对本书第四版提出不少宝贵的书面修改意见和建议。这些对提高教材质量起到重要作用。本版更新的插图,多数仍由陈君伯美术师绘制;书稿的汇集工作仍由胡崎、吴梅初和徐崇立完成。遗憾的是,主编胡崎在本版即将出版之际,不幸溘然去世。胡崎先生为我国中等医学教育和教材建设做出了贡献,他永远值得我们学习和怀念。

编 者

1995年8月

目 录

第一章 绪 论	1	一、血浆的成分及其作用	20
本章目标	1	二、血浆渗透压	21
第一节 生理学的研究对象和任务	1	第三节 血细胞	22
第二节 生命的基本特征	2	一、红细胞	22
一、新陈代谢	2	二、白细胞	24
二、兴奋性	2	三、血小板	25
第三节 机体与环境	3	第四节 血液凝固和纤维	
一、内环境与稳态	3	蛋白溶解	26
二、机体对环境的适应	4	一、血液凝固	26
三、生物节律	4	二、纤维蛋白溶解	28
第四节 机体活动的调节	5	第五节 血 型	30
一、机体活动调节的方式	5	一、ABO 血型系统	30
二、机体活动调节的反馈作用	6	二、Rh 血型系统	31
目标训练	7	目标训练	31
第二章 细胞的基本功能	8	第四章 血液循环	34
本章目标	8	本章目标	34
第一节 细胞膜的基本功能	8	第一节 心脏生理	34
一、细胞膜的物质转运功能	8	一、心动周期和心脏泵血过程	35
二、细胞膜的受体功能	10	二、心肌细胞的生物电现象	39
第二节 细胞的生物电现象	10	三、心肌的生理特性及其影响因素	41
一、静息电位及其产生原理	11	四、正常体表心电图	44
二、动作电位及其产生原理	12	五、心脏的内分泌功能	45
三、动作电位的传导	13	第二节 血管生理	45
第三节 肌细胞的收缩功能	14	一、血流量、血流阻力和血压	46
一、骨骼肌收缩的形式	14	二、动脉血压与动脉脉搏	46
二、骨骼肌收缩的原理	15	三、微循环和组织液更新	49
目标训练	17	四、静脉血压与血流	51
第三章 血 液	19	五、心、肺、脑的血流特点	52
本章目标	19	第三节 心血管活动的调节	54
第一节 血量和血液理化特性	19	一、神经调节	54
一、血量和血细胞比容	19	二、体液调节	56
二、血液的理化特性	20	目标训练	57
第二节 血 浆	20	第五章 呼 吸	62

本章目标.....	62	一、机体能量代谢的一般概况	87
第一节 肺通气.....	63	二、能量代谢的测定	87
一、肺通气的动力	63	三、影响能量代谢的因素	89
二、肺通气的阻力	65	四、基础代谢	89
三、肺容量和肺通气量	66	第二节 体 温.....	90
第二节 气体的交换和运输.....	67	一、正常体温及其生理变动	90
一、气体交换	67	二、机体的产热和散热	91
二、气体在血液中的运输	70	三、体温调节	93
第三节 呼吸运动的调节.....	71	目标训练.....	94
一、呼吸中枢	71		
二、呼吸运动的反射性调节	72	第八章 肾脏的排泄功能	96
目标训练.....	74	本章目标.....	96
第六章 消化和吸收	76	第一节 尿的生成过程.....	96
本章目标.....	76	一、肾小球的滤过功能	96
第一节 口腔内的消化.....	76	二、肾小管和集合管的重吸收功能	99
一、唾液及其作用	76	三、肾小管和集合管的分泌功能	101
二、咀嚼和吞咽	77	四、尿的浓缩和稀释	102
第二节 胃内的消化.....	77	第二节 肾脏泌尿功能的调节	103
一、胃液及其作用	77	一、肾小球功能的调节	103
二、胃的运动	78	二、肾小管和集合管功能的调节	103
第三节 小肠内的消化.....	79	第三节 尿液及其排放	106
一、胰液及其作用	79	一、尿 液	106
二、胆汁及其作用	79	二、尿的输送、贮存和排放	107
三、小肠液及其作用	80	目标训练	108
四、小肠的运动	80		
第四节 大肠的功能.....	81	第九章 感觉器官生理	110
一、大肠液及细菌的作用	81	本章目标	110
二、大肠的运动和排便	81	第一节 视觉器官生理	111
第五节 吸 收.....	82	一、眼折光系统的功能	111
一、吸收的部位	82	二、眼感光系统的功能	113
二、主要营养物质的吸收	82	三、视敏度、视野及双眼视觉	115
第六节 消化器官活动的调节.....	84	第二节 位、听觉器官生理	116
一、神经调节	84	一、耳的听觉功能	116
二、体液调节	85	二、内耳的位觉和运动觉功能	118
目标训练.....	85	目标训练	119
第七章 能量代谢和体温	87		
本章目标.....	87	第十章 神经系统生理	121
第一节 能量代谢.....	87	本章目标	121
		第一节 反射中枢	121
		一、突触与突触传递	122

二、反射中枢的活动	124	第五节 肾上腺的功能	155
第二节 神经系统的感觉功能	127	一、肾上腺髓质激素	155
一、感觉投射系统	127	二、肾上腺皮质激素	156
二、丘脑与大脑皮质的感觉功能	128	目标训练	158
三、痛觉	128	第十二章 生殖	160
第三节 神经系统对躯体运动的		本章目标	160
调节	129	第一节 男性生殖器官生理	160
一、兴奋由神经向肌肉的传递	130	一、睾丸的功能	160
二、脊髓的躯体运动反射	131	二、睾丸功能的调节	161
三、高位脑中枢对躯体运动的调节	132	三、男性附性器官的功能	161
第四节 神经系统对内脏功能的		第二节 女性生殖器官生理	162
调节	134	一、卵巢的功能	162
一、自主神经的信息传递	134	二、月经周期及其形成原理	163
二、自主神经的功能及其生理意义	136	第三节 妊娠与授乳	165
三、内脏功能的中枢调节	137	一、妊娠	165
四、情绪对内脏功能活动的影响	138	二、授乳	167
第五节 脑的高级功能	138	目标训练	167
一、条件反射	138	第十三章 人体衰老	169
二、人类大脑皮质活动的特征	139	本章目标	169
三、知觉、学习与记忆	140	第一节 寿命、衰老与抗衰老	169
四、大脑皮质的电活动	140	一、寿命	169
五、觉醒与睡眠	141	二、衰老	170
目标训练	142	三、抗衰老	173
第十一章 内分泌	146	第二节 衰老的学说	176
本章目标	146	一、遗传因素学说	176
第一节 激素作用的特征和原理	146	二、环境因素学说	176
一、激素作用的一般特征	146	目标训练	177
二、激素作用的原理	146	实验指导	178
第二节 脑垂体的功能	148	总论	178
一、腺垂体激素	148	一、生理学实验课的教学目标	178
二、神经垂体激素	150	二、生理学实验方法和教学方式	178
第三节 甲状腺和甲状旁腺的		三、生理学实验要求和实验报告	
功能	150	形式	179
一、甲状腺激素	151	四、生理实验室规则	179
二、甲状旁腺素	153	五、常用实验器材简介	179
三、降钙素	153	六、有关生理实验溶液及试剂的	
第四节 胰岛的功能	154	配制	181
一、胰岛素	154		
二、胰高血糖素	154		

七、实验动物的麻醉、静脉注射 与取血	181	实验十九 神经干的动作电位	200
八、蛙坐骨神经腓肠肌标本制备	182	实验二十 肌肉的收缩形式与刺激 频率的关系	201
九、血浆、血清的制备与人体静脉 采血	183	★实验二十一 血液凝固和影响血凝的 因素	201
人体生理功能和指标的测定	183	实验二十二 蛙心搏动观察及心搏 起源分析	202
实验一 红细胞沉降率试验	183	实验二十三 期前收缩和代偿性 间歇	203
实验二 红细胞脆性试验	184	实验二十四 体液因素对离体蛙心 搏动的影响	204
实验三 出血时间和凝血时间的 测定	185	实验二十五 微循环血流观察	205
★实验四 ABO 血型的鉴定	185	★实验二十六 哺乳动物动脉血压的 调节	205
★实验五 人体心音听取	186	★实验二十七 呼吸运动的调节	208
实验六 人体心电图的描记	187	实验二十八 胸膜腔负压的观察	210
★实验七 人体动脉血压的测量	188	实验二十九 胃肠道运动的观察	210
★实验八 肺通气功能的测定	189	★实验三十 影响尿生成的因素	211
★实验九 人体体温测量	191	实验三十一 迷路破坏的效应	213
实验十 尿量及尿液理化性质 检查	192	实验三十二 去一侧小脑动物的 观察	214
★实验十一 瞳孔对光反射和近 反射	194	实验三十三 大脑皮质运动区 功能定位	215
★实验十二 视敏度测定	194	实验三十四 去大脑僵直	217
实验十三 视野的测定	195		
★实验十四 色盲检查	195	附 1 部颁教学大纲教学时间分配	218
★实验十五 声波的传导途径	196	附 2 本书使用的法定计量单位	219
★实验十六 人体腱反射检查	197		
动物急性实验	198		
★实验十七 刺激与反应	198		
★实验十八 反射弧的分析	199		

第一章 绪 论

本章目标

1. 简述生理学研究对象、任务及其与医学的关系,用辩证唯物主义的观点,解释生命活动的规律。
2. 说出生命活动的基本特征,说明刺激、刺激阈、反应、兴奋和抑制的概念。
3. 说出内环境的概念,叙述稳态及其意义,分析机体功能活动的完整统一性及其与环境的关系。
4. 比较神经调节、体液调节、自身调节的特点,举例说明反射、反馈、正反馈和负反馈及其意义。

第一节 生理学的研究对象和任务

生理学(Physiology)是研究机体生命活动规律的科学。它的研究对象是机体的生命活动,即机体在生命过程中所表现的一切功能活动,如呼吸、消化、血液循环等。人体生理学的任务是研究正常人体生命活动的过程、机理、意义以及机体内外环境对它的影响,从而认识和掌握生命活动的规律,为防病治病、增进人类健康、延长人类寿命提供科学的理论根据。因此,人体生理学是医学专业的重要基础课之一。医学生只有学好生理学,才能为进一步学习病理学、药理学以及临床各科打下必要的基础。

生理学的产生和发展与医学有密切的联系。生理学的理论可指导临床实践,并在实践中得到检验;而临床工作中发现的新问题,又向生理学提出新要求、新课题,推动生理学的发展。

人体的结构和功能极其复杂,对生命活动的研究必须在三个不同层次上进行。这三个层次是:①整体水平;②器官与系统水平;③细胞及分子水平。

整体水平 以完整机体为研究对象,例如研究运动时人体整体发生的变化,以及各种生理功能的协调及其规律等。

器官与系统水平 以器官系统为研究对象,例如研究心脏的射血功能,影响心脏活动的因素,以及心脏活动对于血液循环和整体生命活动的意义等。

细胞及分子水平 以细胞及其所含的物质分子为研究对象,例如研究肌细胞膜、肌质网、肌原纤维等亚显微结构的功能,以及细胞中蛋白质、无机盐等物质分子和离子运动的理化过程等。

生理学研究的三个层次,可大体反映生理学研究的历史。早期生理学的研究主要是整体水平的观察。从1628年威廉·哈维(William Harvey, 1578~1657)的《论心脏和血液的运动》一书问世后的200多年中,生理学在器官与系统水平积累了大量知识。到本世纪50年代,由于研究方法的深入和新技术的应用,生理学的研究进入细胞及分子水平。生理学三个水平的研究是相互联系和相辅相成的。只有宏观与微观相结合,分析与综合相结合,把整体生理学作为研究的总目标,才能全面、正确地认识完整机体生命活动的规律。

机体是一个完整、统一的整体，它的各种功能活动都是整体活动的一部分，并与环境保持密切联系。人类的各種功能活动还受语言、文字以及心理和社会因素的影响。因此，我们在学习生理学时，必须以辩证唯物主义思想为指导，用对立统一的观点去看待机体的一切功能活动；并应把人体作为包括自然环境和社会环境在内的生态系统的组成部分，从生物的、社会的、心理的水平来综合观察和理解人体的生命活动。

第二节 生命的基本特征

生命现象有多种多样，它的基本特征是什么呢？科学家通过对各种生物体，特别是对细菌和原生动物等简单生物的研究，发现生命现象至少有两种基本活动，即新陈代谢和兴奋性。新陈代谢贯穿于生物体整个生命过程的各种生命活动之中；而兴奋性是一切生物体对环境变化发生反应的基本能力。因此，新陈代谢和兴奋性是生命的基本特征。

一、新 陈 代 谢

生命物质或机体与其周围环境之间所进行的物质交换和能量转换的自我更新过程，称为新陈代谢（metabolism）。它包括同化作用（合成代谢）和异化作用（分解代谢）两个方面。同化作用是指机体不断从外界环境中摄取营养物质来合成自身成分，并贮存能量的过程。异化作用是指机体不断分解自身成分，释放能量供生命活动的需要，并将废物排出体外的过程。物质的合成和分解，称为物质代谢；伴随物质代谢而产生的能量的贮存、转化、释放和利用的过程，称为能量代谢。物质代谢和能量代谢是不可分割地联系在一起。

新陈代谢是生命的最基本特征，也是机体与环境联系的基本方式。机体在新陈代谢的基础上表现出生长、发育、生殖、运动等一切生命活动。新陈代谢一旦停止，生命活动也就停止。

二、兴 奋 性

兴奋性（excitability）是指机体或组织对刺激发生反应的能力或特性。作用于机体或组织的环境条件变化，称为刺激（stimulus）。机体或组织接受刺激后所出现的理化过程和生理功能的变化，称为反应（response）。例如，骨骼肌受到电流刺激，肌细胞发生一系列理化变化，引起肌肉收缩，这是肌肉组织对电流变化的反应。又如，寒冷刺激可使机体分解代谢加强，产热量增多，皮肤血管收缩，散热减少，甚至肌肉颤抖等，这是机体对寒冷刺激的反应。

在机体各种组织中，神经、肌肉和腺体兴奋性最高，它们的反应迅速、易被观察，并有电变化作客观标志。在生理学中，这些组织被称为“可兴奋组织”（excitable tissues）。它们对刺激发生兴奋反应的形式各异，如神经纤维兴奋表现为动作电位的产生和传导，肌肉兴奋表现为收缩，腺体兴奋表现为分泌。可见，组织的兴奋反应就是它特殊功能的表现。

（一）刺激与反应的关系

刺激的种类很多，按其性质可分为：①物理性刺激，如声、光、电、射线、机械、温

度等。②化学性刺激，如酸、碱、离子、药物等。③生物性刺激，如细菌、病毒等。在人类，社会因素和心理活动构成的刺激对人体的生理功能和疾病的发生、发展具有十分重要的作用。作为刺激，要引起组织发生反应必须具备三个条件，即强度、时间和强度变率。

强度 刺激必须达到一定强度，才能引起组织反应。引起组织发生反应的最小刺激强度，称为阈强度或阈值 (threshold)。组织的兴奋性与阈值呈反变关系，即阈值愈小，说明组织的兴奋性愈高，故阈值可反映组织兴奋性的高低。阈强度的刺激称为阈刺激；强度小于阈强度的刺激，称为阈下刺激；强度大于阈强度的刺激，称为阈上刺激。

时间 刺激必须持续一定时间，才能引起组织反应。如果时间持续太短，即使强度足够，也不能引起组织反应。如高频电疗法，虽然电压很高，甚至达上千伏，但因电流脉冲在 100 000Hz 以上，电流每次通过组织时间太短，只能产生热，却不能产生兴奋反应。

强度变率 刺激作为引起组织反应的一种动因，必须有变化。刺激由弱变强，或由强变弱，均可引起组织反应。单位时间 (秒) 内强度增减的量，也即强度变化的速度，称为强度变率。强度变率愈大，刺激作用愈强；反之，则刺激作用弱。例如，从午后到黄昏阳光逐渐减弱，视觉器官无明显反应；而电灯突然关闭，则可强烈地刺激视器，使人感到眼前一片漆黑。

刺激的三个条件是互相影响的。其中一个或两个的值发生变化，其余的值也会发生相应的改变。机体或组织对刺激的反应是三个条件综合作用的结果。在所有刺激中，电刺激的三个条件易于控制，且可重复使用而不易损伤组织，故为生理学实验和医疗实践中常用的刺激方法。

(二) 兴奋与抑制

组织对刺激的反应有两种基本形式，即兴奋 (excitation) 和抑制 (inhibition)。兴奋是指组织接受刺激后，由静息状态变为活动状态，或活动由弱增强。例如，处于静息状态的肌肉受到刺激发生收缩活动；肾上腺素作用于心脏，使心跳加快、加强等，都是发生了兴奋。抑制是指组织接受刺激后，由活动状态转入静息状态，或活动由强减弱。例如，吸入过多的二氧化碳可致呼吸暂停；乙酰胆碱作用于心脏，可使心脏跳动减弱、减慢等，都是发生了抑制。组织接受刺激后究竟发生兴奋还是抑制，主要取决于刺激的质和量以及组织当时的功能状态。同样的功能状态，刺激的强弱不同，反应可以不同。例如，疼痛刺激可以引起心跳加强、呼吸加快、血压升高等，这是中枢兴奋的表现；但剧烈的疼痛则引起心跳减弱、呼吸变慢、血压下降，甚至意识丧失等，这是中枢抑制的表现。当功能状态不同时，同样的刺激，引起的反应可不同。例如，饥饿、饱食或不同精神状态的人，对食物的反应是不同的。

第三节 机体与环境

机体的一切生命活动都是在一定的环境中进行的。机体的环境有内环境和外环境之分。

一、内环境与稳态

作为人体生命活动基本单位的细胞，绝大部分不与外界自然环境接触，而是生活在细胞外液中，细胞外液是体液的一部分。体液 (body fluid) 是体内液体的总称，在成人

约占体重的 60%。体液可分为两大部分：存在于细胞内的约占 2/3，称为细胞内液；存在于细胞外的约占 1/3，称为细胞外液，包括组织液、血浆、淋巴液和脑脊液等。在细胞内液与细胞外液之间隔有细胞膜；在组织液与血浆或淋巴液之间隔有毛细血管壁或毛细淋巴管壁。由于细胞膜、毛细血管壁和淋巴管壁均有一定的通透性，因而各部分体液既彼此隔开，又相互沟通。人体摄入的营养物质必须通过细胞外液才能进入细胞，而细胞代谢产物也首先排至细胞外液，最后才能排出体外。所以，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）。

内环境的化学成分及理化性质，如各种离子的浓度、温度、酸碱度及渗透压等，在正常情况下，变动范围很小，保持着相对稳定状态，称为稳态（homeostasis）。例如，人体每日产生大量的酸，但正常人血液的 pH 值仅变动在 7.35~7.45 之间。这是机体有一系列缓冲功能，并通过血液循环将多余的酸运至肾、肺等器官排出的缘故。内环境的稳态是细胞进行正常生命活动的必要条件。因为新陈代谢的各个过程都是酶促反应，而酶促反应要求理化条件必须保持在一个狭小范围内才能顺利进行；组织细胞的兴奋性等生理特性，也只有在一定的理化条件下才能维持正常。如果内环境的稳态遭到破坏，机体就会发生疾病，甚至危及生命。

二、机体对环境的适应

机体的外环境是自然界。自然界的许多因素，如气温、气压、湿度、光照等变化，都可构成对机体的刺激而影响生命活动。但机体能够随环境条件的变化，不断地调整各部分的功能和相互关系，使机体与环境取得平衡统一，保证生命活动的正常进行。机体这种按外部情况来调整内部关系的生理特性，称为适应性（adaptability）。例如，人从光亮处突然进入暗室，起初一无所见，但片刻之后，眼对光的敏感性可提高 1 万多倍。这样，人就能适应暗室工作。机体的适应能力随生物的进化而不断地加强和完善。例如，热带动物无法在寒带生存，而人却可从赤道迁居南极。

人类生存的环境除了自然环境，尚有社会环境。社会环境的剧烈变化，可成为致病因素。人体作为生态系统的组成部分，一方面要依赖环境、适应环境，另一方面又不断地影响环境、改变环境。由于科学技术的发展，人们已不再消极地适应环境，而能主动地改善环境和保护自然生态，使环境适应人体生命活动的需要。

三、生物节律

自然环境的变动常具有周期性。例如地球的自转、公转及月球的公转所造成的变动。所有生物都在这种周期性变动的环境中生存、进化、发展，必然产生适应现象。这种适应表现为生物体内的各种功能活动常按一定的时间顺序发生周而复始的节律性变化，此称为生物节律（biorhythm）。生物节律可分为高频、中频和低频三类。高频节律的节律周期短于一天，如呼吸周期、心动周期等。中频节律为日周期，如体温、血细胞数、血压、尿成分、代谢强度等内环境稳态水平以及对药物反应的昼夜节律性波动。低频节律有周周期、月周期和年周期，如人类的月经周期为月周期，候鸟的迁徙活动属于年周期。

生物节律既决定于生物体本身具有的内在节律，即“生物固有节律”，同时也能与自然界环境变化同步。据研究，下丘脑视上核存在有控制生物节律的中心，但其机制尚待阐明。

生物节律是机体对环境变化所作的前瞻性适应。如日节律可使一切生理功能根据昼夜变化有秩序、有节奏地进行。掌握生物节律知识，有助于理解和记忆因生理功能的周期变化而引起的生理数据的变

动；并可指导临床选择最佳用药时间，以提高疗效，减少副作用。

第四节 机体活动的调节

机体能够保持其自身的稳态和对环境的适应，这是因为机体有一整套调节机构，它根据体内外环境的变化来调整和节制机体各部分的活动，使机体内部以及机体与环境之间达到平衡统一，这一生理过程称为调节或调控。

一、机体活动调节的方式

神经调节 神经调节 (neuroregulation) 是指通过神经系统的活动对机体生理功能的调节。它是机体活动调节的最主要方式。神经调节主要是通过反射活动来实现的；反射 (reflex) 是指在中枢神经系统的参与下，机体对刺激所作的规律性反应。完整机体的一切活动，就其本质来说，都是反射活动。例如，食物进入口腔，引起唾液分泌；手指触及火焰，立即缩回；环境温度升高，引起皮肤血管扩张和出汗等等。

反射活动的结构基础为反射弧 (reflex arc)。它通常包括感受器、传入神经、中枢、传出神经和效应器五个部分 (图 1-1)。每种反射，都有一定的反射弧，故一定的刺激便引起一定的反射活动。反射弧的任何一个环节损伤，都将使相应的反射活动消失。反射活动的种类很多，按其形成的过程和条件的不同，可分为非条件反射和条件反射两类。

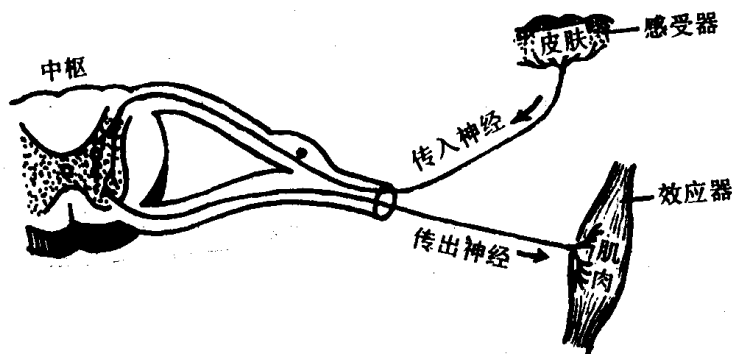


图 1-1 反射弧

1) 非条件反射 (unconditioned reflex) 食物进入口腔引起唾液分泌，手指触及火焰引起的缩回动作等，都是非条件反射。这类反射是先天遗传的，有固定的反射弧，是机体适应环境的基本反射。

2) 条件反射 (conditioned reflex) 例如，人们看到梅子，并没有吃梅子，就已流涎，这种“望梅止渴”现象，就是一种条件反射。它是人和高等动物个体生活过程中在一定条件下建立起来的反射活动。这种反射活动不是一成不变的，当环境条件改变时，相应的条件反射也会发生改变。因此，它没有固定的反射弧。与非条件反射相比，它可使机体对环境的适应有预见、更广泛和更灵活，故是一种高级的调节方式。

神经调节的特点是反应迅速，作用精确。正常机体，只要内、外环境变化达到一定程度，就能刺激某些感受器，从而通过一定的反射途径引起有关器官的规律性反应。

体液调节 体液调节 (humoral regulation) 是指激素等生物活性物质通过体液的运输，对机体各部分发挥的调节作用。激素 (hormone) 由内分泌细胞分泌，被激素作用的

细胞称为靶细胞 (target cell)。例如, 肾上腺髓质嗜铬细胞分泌的肾上腺素经血流运至心脏, 使心肌收缩加强、加快; 运至消化器官, 影响胃肠运动和消化腺的分泌等。这种激素经血流运至远隔器官, 并影响多种器官的活动, 称为全身性体液调节。某些细胞分泌的组胺、激肽、前列腺素等生物活性物质, 以及组织代谢产物如腺苷、乳酸、氢离子、二氧化碳等, 可借细胞外液扩散至邻近细胞, 调节其活动, 例如使局部血管扩张、通透性增加等, 称局部性体液调节。

体液调节的特点是反应速度较慢、作用广泛、持久, 对调节机体的新陈代谢、生长、发育和生殖等生理过程有重要意义。

在完整机体内, 神经调节与体液调节是相辅相成的, 而神经调节在多数情况下处于主导地位。神经系统同全身各器官有广泛的联系, 多数内分泌细胞也直接或间接受神经系统的调节。所以, 体液调节常作为反射弧传出途径中的一个中间环节或辅助部分而发挥作用, 形成“神经-体液调节”。(图 1-2)

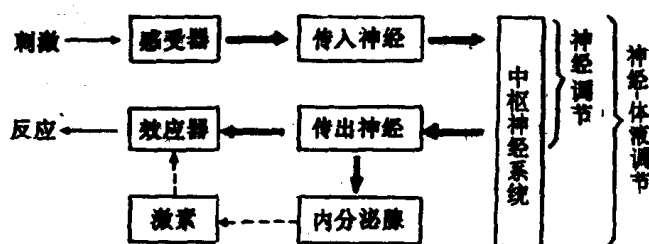


图 1-2 神经调节与体液调节的关系

→ 神经联系 --- 体液联系

自身调节 自身调节 (autoregulation) 是指当细胞、组织或器官受到环境变化的刺激时, 其本身所呈现的一种适应性反应。例如, 在一定范围内, 动脉血压降低, 脑血管就舒张, 血流阻力减小, 使脑血流量不致过少; 动脉血压升高, 则脑血管收缩, 血流阻力增大, 使脑血流量不致过多。这种反应在去除神经支配和体液因素的影响以后仍然存在, 故称为自身调节。自身调节是一种比较简单、局限的原始调节方式, 其调节幅度较小, 但仍有一定的生理意义。

二、机体活动调节的反馈作用

在机体活动调节中, 不仅是调节 (控制) 部分对受调节 (受控) 部分的调控, 而且受调节部分对调节部分有返回性影响。例如, 在神经调节中, 不仅感受器受刺激通过中枢的活动引起效应器的反应, 而且效应器的反应又可反过来影响中枢的活动; 在体液调

节中, 不仅内分泌腺分泌激素作用于靶细胞, 而且靶细胞的活动又可反过来影响内分泌腺的活动。这种受调节部分反过来对调节部分的影响, 称为反馈作用 (feedback action)。

反馈作用可分为负反馈 (negative feedback) 和正反馈 (positive feedback) 两种类型。负反馈是指受调节部分的活动反过来使调节部分的原发作用向相反方向发展。它在机体

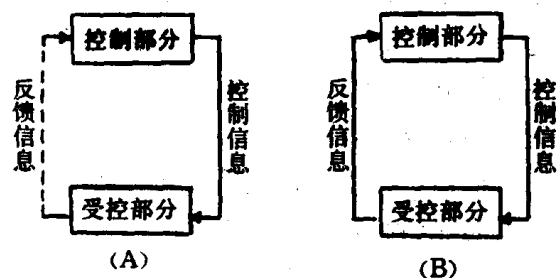


图 1-3 负反馈 (A) 与正反馈 (B) 示意图

活动调节中最为常见,可使某种生理活动保持相对稳定的水平。正负反馈是指受调节部分的反馈作用与调节部分的原发作用一致,使原发作用进一步加强,以尽快完成某项生理活动(图 1-3)。

反馈作用反映了机体活动调节的自动化。通过反馈作用,使机体对刺激的反应能足量、及时、适度地达到某种生理需要的状态,从而对内、外环境的适应更加完美。

目 标 训 练

一、名 词 解 释

新陈代谢 兴奋性 阈值 兴奋 抑制 内环境 稳态 适应性 生物节律 反射 反馈作用

二、判 断 题

1. 反射是反应,反应不一定是反射。
2. 除“可兴奋组织”外,其他活组织也有兴奋性。
3. 组织的刺激阈值愈大,其兴奋性愈高。
4. 组织接受刺激后活动增强,说明其兴奋性增高。
5. 同样刺激作用于同一组织,其反应必然相同。
6. 内环境稳态是保证机体各种酶促反应和生理功能正常进行的必要条件。

三、选 择 题

1. 关于刺激与反应的叙述,正确的是:
A. 组织接受刺激后必然引起反应
B. 组织一旦发生反应就出现兴奋活动
C. 组织的兴奋反应就是它特殊功能的表现
D. 反应必须有中枢神经的参与
2. 机体的内环境是指:
A. 细胞内液 B. 组织液
C. 细胞外液 D. 血液
3. 属于中频生物节律的是:
A. 心动周期
B. 体温的昼夜变化
C. 月经周期
D. 候鸟春、秋两季的迁徙活动
4. 机体活动调节的最主要方式是:
A. 自身调节
B. 神经调节
C. 体液调节
D. 条件反射调节
5. 对调节新陈代谢和保持机体稳态具有重要意义的调节方式是:
A. 自身调节
B. 神经调节
C. 体液调节
D. 条件反射调节
6. 关于反馈作用的叙述,错误的是:
A. 是保证调节精确性的重要机制
B. 各种调节方式均存在有反馈作用
C. 正反馈在机体功能调节中表现较为突出
D. 负反馈能使某种生理功能保持相对稳定
7. 在反射弧分析实验中,捣毁脊蛙的脊髓以后:
A. 反射、反应都消失
B. 反应存在,反射消失
C. 反射存在,反应消失
D. 反应、反射均存在

四、问 答 题

1. 刺激、反应、兴奋性、兴奋与抑制之间的关系如何?
2. 机体活动调节的三种调节方式及其特点如何?举例说明。

(安徽省阜阳地区卫生学校 徐崇立)

第二章 细胞的基本功能

本章目标

1. 叙述细胞膜的物质转运和受体功能, 比较细胞膜物质转运的形式和特点。
2. 概述静息电位和动作电位产生的基本原理, 动作电位的引起及其传导特点。
3. 简述骨骼肌的收缩形式和原理。
4. 说出钠泵、受体、极化、去极化、超极化、静息电位、动作电位、阈电位、兴奋收缩耦联、前负荷、后负荷的概念。

机体各种生理活动都是在细胞的基础上进行的。细胞功能变化, 也可影响整体活动。因此学习细胞的基本功能, 有助于深入地认识整个机体及各系统、器官的生命活动。

细胞功能涉及多方面, 本章仅讨论细胞膜的基本功能、细胞的生物电现象和肌细胞的收缩运动。

第一节 细胞膜的基本功能

一、细胞膜的物质转运功能

细胞膜为细胞与其周围环境之间的屏障, 是一种具有特殊结构和功能的半透膜。细胞内外的物质交换, 都必须通过细胞膜转运。膜对物质转运的方式, 按被转运物质的大小可分为两类。

(一) 离子和小分子物质的转运

单纯扩散 脂溶性物质由膜的高浓度一侧向低浓度一侧的扩散过程, 称为单纯扩散 (simple diffusion)。这种扩散有两个特点: ①只有脂溶性物质 (如 O_2 、 CO_2) 能以单纯扩散的方式通过细胞膜; ②物质是顺浓度差扩散, 细胞不消耗能量。影响单纯扩散的主要因素是膜两侧物质的浓度差和膜对该物质的通透性。浓度差大, 通透性大, 物质扩散就多; 反之, 则少。

易化扩散 非脂溶性物质在细胞膜上的特殊镶嵌蛋白质的帮助下, 顺浓度差或 (和) 电位差跨膜扩散的过程, 称为易化扩散 (facilitated diffusion)。易化扩散可按镶嵌蛋白质作用特点不同分为两种类型: 一种是依靠膜上离子通道 (ion channel) 转运的易化扩散; 另一种是依靠膜上载体 (carrier) 转运的易化扩散。离子通道在膜两侧电位差或某种化学物质的作用下, 使膜上通道蛋白的内部分子结构改变, 形成一个“孔道”, 让被转运的物质顺浓度差或顺电位差运往膜的另一侧。体内 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等均是经过相应的离子通道进行跨膜转运的。载体能在细胞膜一侧与被转运的物质相结合, 引起本身构型改

变而将该物质运至膜的另一侧。体内葡萄糖、氨基酸等物质是由相应的载体转运的。

易化扩散有三个特点：①特异性，即一种离子通道或载体一般只转运某一种物质。其中离子通道不如载体的特异性高。②饱和性，即离子通道或载体转运物质的能力有一定限度，当被转运物质增加到一定限度时，转运量不再随之增加，这是由于离子通道或载体的数量有限的缘故。③竞争性抑制，即一种离子通道或载体在同时转运两种或两种以上物质时，一种物质浓度增加，将减弱对另一种物质的转运。易化扩散和单纯扩散都是顺浓度差扩散，细胞本身不消耗能量，属于被动转运（图 2-1）。

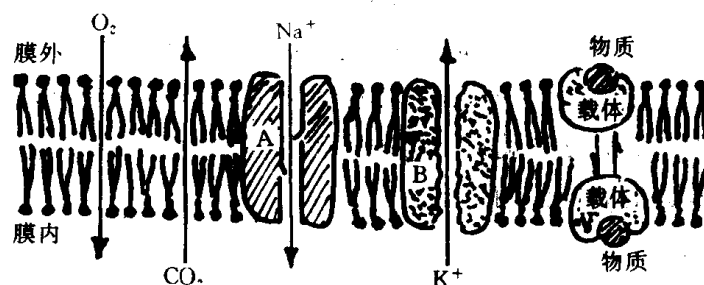


图 2-1 膜对物质的被动转运方式

A. Na^+ 通道 B. K^+ 通道

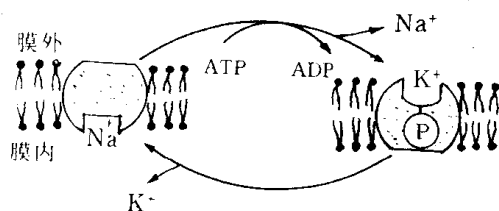


图 2-2 钠泵主动转运 Na^+ 、 K^+ 示意图

P: 磷酸根

主动转运 离子或小分子物质在膜上“泵”的作用下，逆浓度差或逆电位差的耗能性跨膜转运的过程，称为主动转运 (active transport) 或泵转运。泵是细胞上一种不同于离子通道或载体的镶嵌蛋白质，这种蛋白质具有三磷酸腺苷 (adenosine triphosphate, ATP) 酶的作用，并在膜两侧一定离子浓度发生改变时被激活，使 ATP 分解，释放能量，供物质逆浓度差或逆电位差转运。故主动转运的特点是

物质的转运是逆浓度差或逆电位差进行的，细胞要消耗能量。细胞膜内外离子分布不同和浓度差的存在，就是经泵主动转运形成和维持的。

在细胞膜上有多种离子泵，分别转运不同的离子。其中对钠泵 (sodium pump) 研究比较充分，钠泵又称钠-钾泵，它是细胞膜上一种 Na^+ - K^+ 依赖式 ATP 酶。当细胞内 Na^+ 浓度增高和 (或) 细胞外 K^+ 浓度增高时，钠泵就被激活，对 Na^+ 和 K^+ 同时进行逆浓度差转运，把细胞外 K^+ 运至细胞内；将细胞内 Na^+ 运至细胞外，从而使 Na^+ 和 K^+ 在细胞膜两侧呈不均匀分布。这种逆浓度差转运消耗的能量由分解 ATP 来提供 (图 2-2)。

Na^+ 还可与其他物质同用一个载体，由钠泵提供能量进行联合跨膜转运，此称为协同转运或联合主动转运。如肠上皮细胞或肾小管上皮细胞对葡萄糖、氨基酸的吸收，就是以 Na^+ /葡萄糖、 Na^+ /氨基酸的形式进行协同转运的 (图 2-3)。

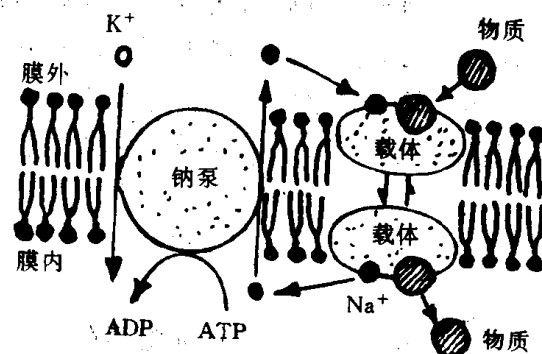


图 2-3 协同转运

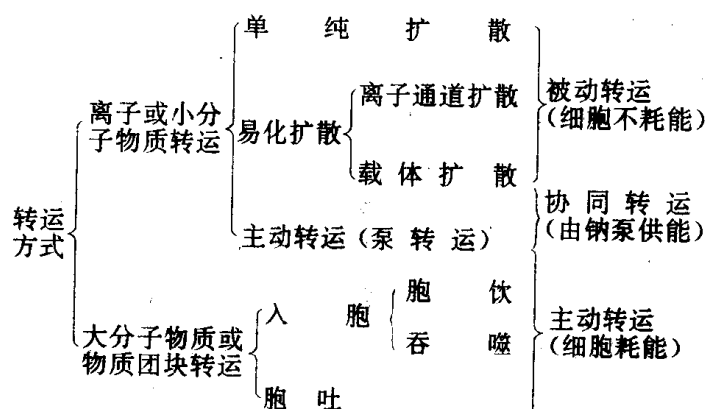
(二) 大分子物质或物质团块的转运

大分子物质或物质团块的转运是通过入胞和胞吐作用来实现的，属于耗能性主动转运过程。

入胞 物质通过细胞膜的运动从细胞外进入细胞内的过程称为入胞 (endocytosis)。入胞过程先是胞外物质与细胞膜接触后，引起该处膜内陷，将物质包围和封闭，然后通过膜的融合和断裂将物质移入细胞内；有些细胞（如白细胞）是先向细胞外物质伸出伪足将物质包围和封闭起来，再经膜的融合和断裂进入细胞内。液态物质入胞称为胞饮 (pinocytosis)；固体物质入胞称为吞噬 (phagocytosis)。

胞吐 物质通过细胞膜的运动从细胞内排到细胞外的过程称为胞吐 (exocytosis)。细胞的代谢产物或腺细胞的分泌物就是以胞吐方式排出的。

现将膜对物质转运的方式归纳如下：



二、细胞膜的受体功能

受体 受体 (receptor) 是指细胞膜或细胞内的一类特殊蛋白质，它们能选择性地与体液中某些化学物质相结合而产生一定的生理效应。受体按其存在的部位，可分为膜受体和胞浆或胞核受体两大类。其中膜受体占绝大多数，膜受体是细胞膜重要功能之一。

受体的基本功能有二：①能识别和结合体液中特殊的化学物质，从而保持细胞对特殊的化学物质的高度敏感性和不受其他化学物质的干扰，使信息传递精确、可靠。②能转发化学信息，可激活细胞内许多酶系统产生生理效应。体内神经末梢释放的递质和内分泌腺分泌的激素，都属于细胞间传递信息的化学物质，必须与受体结合后才能发挥调节作用。其中以递质为信息的跨膜传递，通过膜受体 - 离子通道系统；以含氮类激素为信息的跨膜传递，通过膜受体 - 第2信使系统（详见神经系统和内分泌章）。

第二节 细胞的生物电现象

生物电现象是指生物细胞膜在安静状态和活动时伴有的电现象。它与细胞兴奋的产生和传导有着密切的关系。现以神经细胞为例来讨论细胞的生物电现象。