

卫生部规划教材

全国中等卫生学校教材

供社区医学、护理、妇幼卫生、助产专业用

生理学

第三版

主编 甘声华

主审 柴慧霞



人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

生理学/甘声华主编. —3版. —北京:人民卫生出版社, 1997

ISBN 7-117-02564-6

I. 生… II. 甘… III. 人体生理学-专业学校-教材
W. R33

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第05291号

生 理 学

第 三 版

甘 声 华 主 编

人民卫生出版社出版发行
(100050 北京市崇文区天坛西里10号)

人民卫生出版社印刷厂印刷
新华书店经销

787×1092 16开本 11 $\frac{3}{4}$ 印张 264千字
1985年11月第1版 1997年9月第3版第21次印刷
印数:1 984 161—2 084 160
ISBN 7-117-02564-6/R·2565 定价:11.00元

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

著作权所有,请勿擅自用本书制作各类出版物,违者必究。

第三轮中等医学教材出版说明

卫生部曾于1983年组织编写、陆续出版全国中等卫生学校11个专业使用的77种教材。1992年又组织小修订,出版第二轮教材。为我国的中等医学教育作出了积极贡献。

为适应中等医学教育改革形势的需要和医学模式的转变,1993年11月,卫生部审定、颁发了全国中等卫生学校新的教学计划及教学大纲。在卫生部科教司领导下,我们组织编写(修订)出版第三轮全国中等医学12个专业96种规划教材,供各地教学使用。

这轮教材以培养中级实用型卫技人才为目标,以新的教学计划及大纲为依据,体现“思想性、科学性、先进性、启发性、适用性”,强调“基本理论知识、基本实践技能、基本态度方法”。教材所用的医学名词、药物、检验项目、计量单位,注意规范化,符合国家要求。

编写教材仍实行主编负责制;编审委员会在教材编审及组织管理中,起参谋、助手、纽带作用;部分初版教材和新任主编,请主审协助质量把关。第三轮中等医学教材由人民卫生、河北教育、山东科技、江苏科技、浙江科技、安徽科技、广东科技、四川科技和陕西科技九家出版社出版。

希望各校师生在使用规划教材的过程中,提出宝贵意见,以便教材质量能不断提高。

卫生部教材办公室

1995年10月

全国中等医学教材编审委员会

主任委员:姜寿葆

副主任委员:陈咨夔 殷冬生

委员:(以姓氏笔画为序)

马惠玲	王同明	方茵英	王德尚	延民	那功伟
朱国光	吕树森	李绍华	李振宗	李振林	陈心铭
吴忠礼	杨华章	洪启中	洪思勋	郭常安	张冠玉
张审恭	殷善堂	董品沪	谭筱芳		

前 言

本教材以 1994 年卫生部颁发的新教学计划及教学大纲为依据,编者通过认真学习,并深刻领会修订原则及特点的基础上,由主编拟出编写纲目,经编写会讨论、修改、完善后,由柴慧霞教授审阅、修改,再由各编者按编写纲目要求,撰写而成。

本教材具有以下特点:

1. 为了体现中等医学教育的任务是为农村和基层培养中级实用型卫生技术人才,本书在内容上能较好地把握住层次和类型需要,注意克服理论知识三偏(偏多、偏难、偏深)状况,努力做到取舍得当、深广适度、详略适度、学时字数适度(一般少于 3000 字/学时)。
2. 重视强化培养目标。将本学科的知识目标、技能目标、态度目标的要求融于教材之中,并与专业目标相一致,以利于实现专业培养目标。
3. 注意反映社会、心理因素对人体生理功能的影响,以适应医学模式由“生物-医学模式”向“生物-心理-社会医学模式”转变。
4. 理论联系实际。注意加强理论知识在临床学科中的应用,以及对基本动物实验技能和人体功能测试中操作技能的要求,以利于培养实用型人才。
5. 尽力作到教材整体结构合理、衔接严谨,内容阐述具有严密的逻辑性。以培养和提高学生认识事物及分析问题的能力。
6. 表述准确、文字精练、语言流畅、图文并茂。不仅利于教师教懂教活,也便于学生自学易懂。

本书统一使用法定计量单位及 1989 年由全国自然科学名词审定委员会公布的生理学名词。

向编写本教材所参考、使用的全国高等医药院校及中等卫生学校教材的编者致以诚挚的谢意!对支持和帮助教材编写的中等医学教材编审委员会委员洪思勉老师,全国中等卫校生理学教研会理事长奚平老师,胡瑞、张凤芝、范藏、吴梅初、古天明、谭得圣、朱履冰、孔繁之等理事,梁立老师,以及绘制本教材插图的张昌清老师一并致谢!

由于编者学识水平有限,对医学教育改革和医学模式转变的认识和理解尚有差距,书中缺点错误在所难免,恳请广大师生批评、指正。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 概述	1
一、生理学的研究对象和任务	1
二、学习生理学的观点和方法	1
第二节 人体功能与环境	2
一、人体功能与环境的联系	2
二、内环境及其稳态	3
三、机体对外环境的适应	3
四、生物节律	4
第三节 人体功能的调节	4
一、人体功能调节的方式	4
二、人体功能调节与反馈	6
第二章 细胞的基本功能	8
第一节 细胞膜的基本功能	8
一、细胞膜的物质转运功能	8
二、细胞膜的受体功能	10
第二节 细胞的兴奋性与生物电现象	10
一、兴奋性	10
二、细胞的生物电现象	11
第三节 肌细胞的收缩功能	14
一、骨骼肌收缩的机制	14
二、骨骼肌收缩的形式	16
第三章 血液	18
第一节 血量和血液的理化特性	18
一、血量和血细胞比容	18
二、血液的一般理化特性	18
第二节 血浆	19
一、血浆的成分及其作用	19
二、血浆渗透压	20
第三节 血细胞	20
一、红细胞	20
二、白细胞	22
三、血小板	23
第四节 血液凝固与纤维蛋白溶解	24
一、血液凝固	24
二、纤维蛋白溶解	26

第五节 血型	27
一、ABO 血型系统	27
二、Rh 血型系统	29
第四章 血液循环	30
第一节 心的生理	30
一、心的泵血功能	30
二、心肌细胞的生物电现象和生理特性	34
三、心电图	38
第二节 血管生理	40
一、动脉血压和动脉脉搏	40
二、静脉血压	43
三、微循环	44
四、组织液和淋巴液	45
第三节 心血管活动的调节	46
一、神经调节	46
二、体液调节	49
第四节 心、肺、脑循环的特点	50
一、冠脉循环的特点	50
二、肺循环的特点	50
三、脑循环的特点	51
第五章 呼吸	53
第一节 肺通气	53
一、肺通气的原理	53
二、肺容量和肺通气量	56
第二节 气体的交换和运输	57
一、气体的交换	57
二、气体在血液中的运输	59
第三节 呼吸的调节	61
一、呼吸中枢	61
二、呼吸的反射性调节	61
第六章 消化和吸收	64
第一节 消化道各段的消化功能	64
一、口腔内消化	64
二、胃内消化	65
三、小肠内消化	66
四、大肠的功能	68
第二节 吸收	69
一、小肠是主要吸收部位的原因	69
二、几种主要营养物质的吸收	69
第三节 消化器官活动的调节	70
一、神经调节	70

二、体液调节	72
第七章 能量代谢和体温	74
第一节 能量代谢	74
一、能量的来源、转移和利用	74
二、能量代谢的测定	74
三、影响能量代谢的因素	76
四、基础代谢	77
第二节 体温	77
一、正常体温及其生理波动	77
二、机体的产热和散热	78
三、体温调节	80
第八章 肾的排泄	82
第一节 概述	82
一、排泄和排泄器官	82
二、肾的功能	82
三、尿液	82
第二节 尿生成过程	83
一、肾小球的滤过功能	83
二、肾小管和集合管的重吸收功能	84
三、肾小管和集合管的分泌功能	85
第三节 影响尿生成的因素	87
一、影响肾小球滤过的因素	87
二、影响肾小管和集合管泌尿功能的因素	88
第四节 尿的浓缩和稀释	90
一、尿的浓缩和稀释过程	90
二、肾髓质渗透压梯度的形成和保持	91
第五节 尿的输送、贮存和排放	92
第九章 神经系统	94
第一节 中枢神经活动的一般规律	94
一、反射和反射弧	94
二、神经元之间信息传递的方式	95
三、中枢神经系统活动的基本过程——兴奋和抑制	96
第二节 神经系统的感觉功能	98
一、感受器	98
二、脊髓和低位脑干的传导功能	99
三、丘脑和感觉投射系统的功能	99
四、大脑皮层的感觉分析功能	100
五、痛觉	100
第三节 神经系统对躯体运动的调节	101
一、脊髓对躯体运动的调节	101
二、脑干网状结构对肌紧张的调节	103

三、小脑对躯体运动的调节	104
四、大脑对躯体运动的调节	104
第四节 神经系统对内脏活动的调节	105
一、自主神经系统的主要功能及其生理意义	105
二、自主神经的递质和受体	107
三、调节内脏活动的中枢	108
四、社会心理因素对内脏功能的影响	110
第五节 脑的高级功能	110
一、条件反射	111
二、人类大脑皮层活动的特征	111
三、大脑皮层的电活动	113
四、觉醒与睡眠	113
第十章 感觉器官	115
第一节 视觉器官	115
一、眼折光系统的功能	115
二、眼感光系统的功能	116
三、与视觉有关的几个现象	117
第二节 位听器官	119
一、外耳与中耳的传音功能	119
二、内耳耳蜗的感音换能作用	119
三、内耳前庭器官的位觉功能	120
第十一章 内分泌	122
第一节 概述	122
一、激素分类和作用	122
二、激素作用的一般特征	123
三、激素的作用机制	123
第二节 垂体	124
一、下丘脑与垂体的联系	124
二、腺垂体	125
三、神经垂体	126
第三节 甲状腺	126
一、甲状腺激素的生理作用	127
二、甲状腺功能的调节	127
第四节 胰岛	128
一、胰岛素	128
二、胰高血糖素	128
第五节 肾上腺	129
一、肾上腺皮质	129
二、肾上腺髓质	130
第六节 甲状旁腺素、胆钙化醇和降钙素	130
一、甲状旁腺素	130
二、胆钙化醇(维生素D ₃)	131

三、降钙素	131
第十二章 生殖	132
第一节 男性生殖	132
一、睾丸的功能	132
二、睾丸功能的调节	132
第二节 女性生殖	133
一、卵巢的功能	133
二、月经周期及其形成机制	134
第三节 妊娠	135
一、受精和着床	135
二、胎盘的内分泌功能	136
三、分娩和哺乳	136
四、阻止妊娠	137
第十三章 衰老	138
第一节 寿命、衰老与死亡	138
一、寿命	138
二、衰老	138
第二节 衰老的表现和原因	139
一、衰老的表现	139
二、衰老的原因	141
第三节 延缓衰老	141
一、积极合理用脑, 情绪乐观稳定	141
二、适度的体力活动	142
三、科学的饮食调养	142
四、养成良好生活习惯, 积极防治疾病	142
生理学实验指导	144
实验总论	144
一、实验目标与要求	144
二、实验报告书写要求	144
三、生理实验室规则	144
四、生理实验方法及常用实验器材简介	145
五、常用生理盐溶液的配制	146
实验内容	147
实验一 反射弧分析	147
实验二 刺激与反应	147
实验三 神经干动作电位的观察	150
实验四 肌肉的收缩形式与刺激频率的关系	151
实验五 红细胞渗透压实验	151
实验六 血液凝固和影响血凝的因素	152
实验七 出血时和凝血时测定	153
实验八 ABO 血型的测定	154
实验九 蛙心起搏点的观察与分析	154

实验十 期前收缩和代偿间歇	156
实验十一 体液因素对离体蛙心搏动的影响	157
实验十二 人体心电图描记	158
实验十三 人体心音听诊	160
实验十四 人体动脉血压的测量	161
实验十五 微循环血流观察	162
实验十六 哺乳动物动脉血压的调节	162
实验十七 人体肺通气功能的测定	164
实验十八 呼吸运动的调节	166
实验十九 胸膜腔负压及周期性变化的观察	167
实验二十 胃肠运动的观察	168
实验二十一 人体体温测量	168
实验二十二 影响原生成的因素	169
实验二十三 人体腱反射检查	170
实验二十四 去一侧小脑动物观察	171
实验二十五 兔大脑皮层运动区功能定位	171
实验二十六 去大脑僵直	172
实验二十七 瞳孔对光反射和近反射	173
实验二十八 色盲检查	173
实验二十九 视敏度测定	173
实验三十 视野测定	174
实验三十一 声波的传导途径	175
实验三十二 迷路破坏的效应	176
实验三十三 胰岛素引起低血糖的观察	176

第一章 绪 论

第一节 概 述

一、生理学的研究对象和任务

生理学是生物科学的分支，其研究对象是机体的各种生命活动。机体是指包括人体在内的一切生物体。生命活动是指机体在形态结构基础上所表现的各种功能活动。生理学根据其研究的机体不同，分为动物生理学、植物生理学、人体生理学等。

医学生学习的是人体生理学，通常称为生理学。它是专门研究人体正常生命活动规律的科学。人体在生活过程中产生各种各样复杂的生命活动，如肌运动、腺体分泌、血液循环、呼吸活动、消化吸收、肾泌尿、大脑思维等。生理学的任务，就是要阐明生命活动产生的原理、条件和过程，以及人体内外环境变化对它的影响，从而掌握正常人体生命活动的规律，为个体（包括自身和他人）、家庭和社会的卫生保健，预防和治疗疾病，增进人类健康，提供科学的理论依据。

生理学是用物理、化学的理论和方法研究生命现象的科学，而生命现象必有其形态结构基础，故生理学与物理、化学、解剖学及组织胚胎学等有着密切的联系。来源于生活实践，主要是医学实践和科学实验的生理学理论知识，对临床医学和预防医学具有指导意义。而临床医学和预防医学的发展，又不断给生理学提出新的课题，推动着生理学的发展。疾病同健康一样，也是生命的表现形式。疾病时表现的种种异常变化，无一不是正常结构、功能发生量变和质变的结果。不掌握人体正常生命活动的规律，就不能提出保持和增进健康、提高生命质量的措施；不熟悉正常人体生理功能的知识，就不可能掌握防治疾病、促进康复的理论和技能。医学生只有先学好生理学，才能为今后学习生物化学、病理学、药理学、免疫学等基础医学，并进而为学好预防医学和临床医学奠定必要的理论基础。所以，生理学是一门重要的医学基础理论科学。19世纪法国著名生理学家克鲁特·伯尔纳（Claude Bernard）曾说过：“医学是关于疾病的科学，而生理学是关于生命的科学。所以后者比前者更有普遍性。这就是为什么说生理学必然是医学科学的基础”。

二、学习生理学的观点和方法

人体的生命活动是一种高级的物质运动形式，它既服从于最基本、最一般的物质运动规律，又有其自己独特的、更复杂的生物运动形式，而且还受到社会、心理因素的深刻影响。医学生在学习生理学时，应在辩证唯物主义思想的指导下，运用功能与结构、局部与整体、人体与环境等对立统一的观点，去认识和掌握人体生命活动的规律。

一定的结构决定一定的功能，而长期的功能改变，又可引起结构的变化，如肌细胞长似纤维，适宜于进行收缩运动，而经常的运动锻炼，可促使肌纤维粗壮发达。人体是

由许多器官、系统组成的整体，它们的各种功能活动互相联系、互相配合、互相制约、互相依存，作为一个完整的机体进行着有规律的活动。例如，人们在进行剧烈的体力劳动时，在骨骼肌进行协调收缩和舒张的同时，呼吸加深加快，促进气体交换；心跳加快加强，血液循环加速，骨骼肌血管舒张，血流量增多；消化、泌尿等器官的活动减弱，血量供给减少，以节省能源，保证重点。人体的功能活动还与周围环境保持着协调平衡。当环境气温下降时，可使皮肤血管收缩，血流量降低，散热减少；骨骼肌紧张性提高，内脏代谢增强，产热增多，使体温不致下降。人类还可通过加强运动、增加衣着、安装取暖设备等达到御寒的目的，从而使人体与环境协调平衡。人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，其生命活动必然受到社会、心理因素的影响，故应从生物学的、心理的、社会的水平去观察和理解人体的生命活动。

学习生理学应坚持理论与实践结合的原则，既要重视基本理论知识的学习，又要重视基本技能的训练和态度素质的培养。医学实践是生理学知识的源泉，具有辉煌历史的中医曾积累了丰富的生理学知识。如成书于春秋战国时期的《内经》，将整体观点、阴阳五行学说和脏腑经络学说有机地结合，构筑了辨证施治的理论体系，并有许多关于人体生理功能的记载。科学实验是现代生理学理论知识的主要源泉，17世纪威廉·哈维(Willian Harvey)首创动物活体解剖实验法，发现了血液循环，使生理学成为一门独立的学科。此后，主要利用动物实验，在器官、系统水平对机体功能进行了广泛的研究。一直到本世纪中叶开始，由于数学、物理、化学等基础科学的飞速发展以及新技术的推广应用，生理学的研究才向细胞分子水平和整体水平两个方面深入发展。通过细胞分离和培养、生物电子学、超微量测定、电子显微镜、组织化学、同位素等新技术的运用，阐明了有关器官、组织功能活动的原理，深入揭示了生命活动的基本规律，使生理学的研究进入到了细胞、分子水平。由于电子计算机的应用和生物电子学的发展，遥控、遥测、体表无创检测(如磁共振成像、正电子发射成像)等技术日臻完善，使生理学整体水平的研究有了很大的进展。为了比较全面和深入地了解生命现象，必须有多个水平、多种手段研究的配合。医学生在学习生理学时，既要认真学好基本理论知识，又要积极参与实验实习，以验证、深化、巩固理论知识，训练基本技能，培养科学求实的学风；还要注意适当联系生活实际和临床实际，在实践中学习生理学，并把已学到的生理学知识和技能，努力应用到个体、家庭、社会卫生保健的实践中去。

第二节 人体功能与环境

一、人体功能与环境的联系

人是地球上最复杂的生物，其组成元素达几十种，其中C、H、O、N 4种元素含量最多。组成人体的元素都以无机化合物(包括水和无机盐)和有机化合物(主要是糖类、脂类、蛋白质和核酸等生物大分子)两种形式存在，其中蛋白质和核酸为人体内最重要的物质，它们是生命现象的物质基础。人体在生活过程中，一方面不断地破坏自身已衰老的结构，分解旧的物质，释放能量，供机体生命活动的需要，并把分解产物排出体外，即异化作用；另一方面，人体又不断地从外环境摄取营养物质，重建新的结构，合成新的物质，贮存能量，即同化作用。机体在与周围环境进行物质交换和能量转换基础上的

自我更新过程，称为新陈代谢。新陈代谢是人体与外环境最基本的联系，也是生命现象最基本的特征。在新陈代谢的基础上，人体才具有对环境中的一定变化作出反应的能力（即兴奋性），人体才能在生长发育到一定阶段后具有复制新个体的能力（即生殖功能）。新陈代谢伴随人体生命现象的始终，如果新陈代谢停止，那么生命也就终止了。

二、内环境及其稳态

（一）体液分布及内环境的概念

同其他生物体一样，细胞亦是人体结构和功能的基本单位。人体绝大部分细胞并不与外环境直接接触，而是生活在体内的液体环境之中。人体内的水分及其中溶解的物质

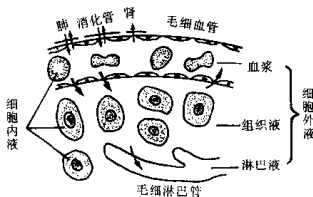


图 1-1 体液分布示意图

统称为体液，约占人体重的 60%；其中 2/3 存在于细胞内称为细胞内液，约 1/3 分布于细胞外，包括血浆、组织液、淋巴液、脑脊液等，称为细胞外液。在细胞内液和细胞外液之间隔有细胞膜，在组织液和血浆之间隔有毛细血管壁。由于细胞膜和毛细血管壁都属于生物半透膜，具有一定的通透性，因而各部分体液既彼此隔开，又互相沟通（图 1-1）。组织液直接浸浴全身组织细胞，供给细胞以氧和营养物质，并接纳细胞代谢产

物。血浆在心血管系统内循环流动，一方面与组织液进行物质交换；另一方面又通过肺、肾、消化器官等与外环境沟通，摄取氧和营养物质，排出代谢产物。所以，组织液、血浆等细胞外液是细胞直接生活的场所，特称其为机体内环境，以区别于机体所生存的外环境。

（二）内环境稳态

在正常情况下，细胞外液的化学成分和理化特性，经常随着细胞代谢水平的高低和外环境的影响而处于变动之中，但是由于在神经、体液调节下各器官、系统协同作用的结果，使其变动幅度很小，如血钾浓度为 $4.1 \sim 5.6 \text{ mmol/L}$ ，血浆渗透压为 $720 \sim 797 \text{ kPa}$ ，血浆 pH 值为 $7.35 \sim 7.45$ 等。细胞外液化学成分和理化特性保持相对稳定的状态，称为稳态。稳态是细胞进行正常生命活动的必要条件，稳态一旦遭到破坏，机体某些功能将会出现紊乱，甚至引起疾病。目前，稳态的概念已经扩展开来，它不仅用于内环境化学成分和理化特性的动态平衡，也可用于某一细胞功能、某一器官活动，以至整体的相对稳定状态的维持和调节。

三、机体对外环境的适应

对人类而言，外环境包括自然环境和社会环境。自然环境是指存在于自然界中的各种因素，如空气、阳光、水、土壤、动物、植物等的总和，它是人类赖以生存和发展的物质基础。社会环境是指人与自然之间、人与人之间双重关系的复合体。人既生活在自然环境中，又生活在社会环境中；既是生物躯体，又有精神世界；既是个体，又是群体

中的一员。人不仅有衣食住行方面的基本生理需求,更具有被尊重、实现自我价值等精神方面的高层次需求。所以,社会心理因素对人体生命活动有很大的影响。

自然界中的生物、物理、化学等因素以及语言、文字、思维、情绪等社会心理因素的变化达到一定阈值时,均可构成对人体的刺激而影响生命活动。而人体则能随着环境条件的变化,不断地调整各个部分的生理功能和心理活动,使其与环境保持协调平衡。人体按外环境的变化调整自身生理功能和心理活动的过程称为适应。例如,人从明亮处突然进入暗处,起初一无所见,随之眼对光的敏感性提高,逐渐恢复了暗视觉,这就是眼的暗适应过程。又如,当人变换生活环境时,起初会在饮食起居、人际关系等方面产生不适应,出现胃纳不佳、睡眠不深、生疏孤独等现象。经过一段时间的自我调适、互相关照、沟通理解,就能适应新的生活学习环境。

人类是生态系统的主人,不但有适应环境的能力,而且有能动地认识环境和改造环境的能力。人类改造和利用环境的结果,又会给自身带来巨大的影响。例如,煤和石油的开采,化学工业和原子能工业的发展,森林的砍伐和山地的垦种等,扩大了原料的利用,提供了丰富的能源,既为改善生活,提高生命质量创造了条件,却又带来了环境污染、植被破坏等问题,直接和间接地影响了人体生命活动。为此,人们要十分重视和全面认识环境与生命活动的关系,科学地改造、利用环境,使其互相适应、互相协调,以增进人体健康,造福人类。

四、生物节律

机体在维持内环境稳态和对外环境适应的过程中,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,称为生物节律。有按年、按月、按周变化的低频节律,如育龄妇女的月经周期,又称为月周期。有按日变化的中频节律,如体温、血压、血细胞数、糖皮质激素、代谢水平等均呈昼夜节律变动,又称日周期。还有节律周期短于1天的高频节律,如呼吸周期、心动周期等。生物节律的构成包括两个方面:一是机体本身具有的内在节律;二是受自然环境变化的影响,生物节律与环境同步。据研究,下丘脑存在有控制生物节律的中心。

生物节律这一机体功能活动的特征,使机体对环境的变化能作出更好的前瞻性适应。如日周期可使机体生理功能根据昼夜变化有序地进行。了解生物节律的知识,有助于医护人员理解各种功能活动和生理数据的周期变化,选择最佳的用药时间,提高治疗效果。

第三节 人体功能的调节

组成人体的各种细胞、组织和器官都在进行着各不相同而又紧密联系的功能活动,当环境发生变化时,人体功能也将发生相应的变化,以维持机体内环境的稳态和对外环境的适应。这是通过人体对其功能活动进行完善而精确的自动调节实现的。

一、人体功能调节的方式

(一) 神经调节

神经调节是指通过中枢神经系统的活动,经周围神经纤维对人体功能发挥的调节作用。神经调节的基本方式是反射。反射是指在中枢神经系统的参与下,机体对内外环境的

刺激作出的有适应意义的规律性反应。例如,强光照眼瞳孔缩小、新生儿的口接触乳头发生的吮吸动作、望梅止渴、谈虎色变等。实现反射活动所必需的结构基础称为反射弧,通常由感受器、传入神经纤维、反射中枢、传出神经纤维和效应器5个部分组成(图1-2)。反射弧中任何一个部分被破坏,均会引起反射活动的丧失。现按反射弧中信息传递的顺序将其各个部分的关系用箭头表示如下:

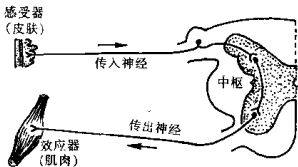


图1-2 反射弧模式图

感受器 → 传入神经纤维 → 反射中枢 → 传出神经纤维 → 效应器
(接受刺激) → (传导冲动) → (分析综合) → (传导冲动) → (作出反应)

从上图看来,似乎神经信息由感受器一次性直接传到效应器,反射过程即告结束了,因而认为反射弧是一个开放的系统。实际上,各种效应器内也都分布有特殊的感受细胞或感受器,在反射的实现过程中它随时向中枢传回信息,以适时调整中枢所发出的冲动,使各效应器的活动能够准确协调地完成。因此,在实际的反射进程中,神经调节是通过闭合回路来完成的。

按反射形成的过程,可将反射分为非条件反射和条件反射两类。非条件反射是先天遗传的、比较固定的、结构比较简单的反射,是一种较低级的神经活动,如前述的瞳孔对光反射、吮吸反射等,非条件反射是机体适应环境的基本手段。条件反射是个体在生活过程中后天获得的、在非条件反射基础上建立起来的高级神经活动,如前述的望梅止渴、谈虎色变等。条件反射具有极大的易变性,扩大了机体适应环境的能力。

一般说来,神经调节的特点是迅速、精确、短暂,并具有高度协调和整合功能,是人体功能调节中最主要的调节方式。

(二) 体液调节

体液调节是指能传递信息的化学物质,经过体液的运送,对人体功能进行的调节作用。主要是指内分泌腺分泌的激素,通过血液循环,对新陈代谢、生长、发育、生殖等生理功能的调节。例如,甲状腺分泌的甲状腺激素,经过血液运输到各组织器官,促进组织代谢,增加产热量,促进生长发育,提高中枢神经系统兴奋性等。激素由血液运至远隔组织器官发挥其调节作用,属于全身性体液因素。而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、二氧化碳等,可借细胞外液扩散至邻近细胞,以影响其功能,例如使局部血管舒张、通透性增加等,属于局部性体液因素。一般说来,体液调节的特点是缓慢、广泛和持久。

参与体液调节的多数内分泌腺直接或间接受中枢神经系统的控制,在这种情况下,体液调节成了神经调节传出途径中的一个环节,称为神经-体液调节。如人体在遇到剧痛、失血、窒息等紧急状态时,中枢神经系统通过交感神经直接调整有关器官功能的同时,还可通过交感神经,支配肾上腺髓质,增加肾上腺素的分泌,间接调控有关器官的功能,从而使机体能适应内外环境的急剧变化。前者属于神经调节,后者为神经-体液调节。

(三) 自身调节

自身调节是指当内外环境变化时,细胞、组织、器官的功能自动产生的适应性反应。例如,在一定范围内心肌收缩的力量与心肌纤维收缩前的长度成正变,即收缩前心肌纤维愈长,其收缩力愈强。又如,平均动脉压在 $10.7 \sim 24\text{kPa}$ 内升降时,肾入球小动脉会相应地发生收缩或舒张,以改变血流阻力,使肾血流量保持相对恒定。这种适应性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。虽然,自身调节比较简单、局限,调节幅度较小,但对维持细胞、组织、器官功能的稳态仍有一定的意义。

综上所述,机体内环境稳态的维持和各组织器官功能的完整统一,以及与外环境的协调平衡,都是通过神经调节、体液调节、自身调节而实现的。现将这三种调节方式综合归纳如图 1-3。

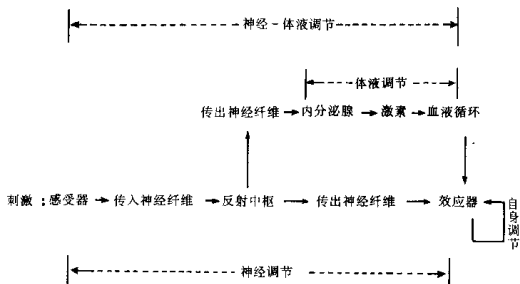


图 1-3 人体功能调节示意图

二、人体功能调节与反馈

人体功能的各种调节机构都属于自动控制系统,控制部分即调节者(如反射中枢、内分泌腺)与受控制部分即被调节者(如效应器、靶器官)之间存在着双向联系。由控制部分发出的调节受控部分活动的信息,称为控制信息。由受控部分返回的调整控制部分活动的信息,称为反馈信息。例如,在神经调节中,不仅由感受器发放并传入的冲动,通过反射中枢发出控制信息引起效应器的活动,而且效应器的活动亦可送回反馈信息,调整反射中枢的活动,从而达到精确的调节作用。

这种受控部分的反馈信息调整控制部分活动的作用,称为反馈。

根据反馈信息作用的效果,可将其分为负反馈和正反馈两类(图 1-4)。反馈信息抑制或减弱控制部分活动称为负反馈。它是人体功能维持稳态的重要而又常见的调节机制,是可逆的过程。例如,动脉血压升高时,可刺激激动

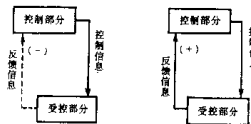


图 1-4 负反馈 (左) 和正反馈 (右)

脉窦、主动脉弓压力感受器，经传入神经将血压升高的信息送回心血管中枢，调整其功能活动状态，再经传出神经使心脏活动抑制，血管舒张，将上升了的血压降到正常水平。反之，当动脉血压下降时，则可通过反馈调节使血压回升。其他如呼吸、体温、血细胞数、激素含量等的相对稳定，也都是通过负反馈调节机制实现的。反馈信息促进和加强控制部分活动称为正反馈。它使某些生理功能一旦发动起来，迅速加强，在短时间完成，是不可逆的。例如当排尿开始尿液进入后尿道时，可刺激后尿道的感受器，使其发放冲动，经传入神经进一步兴奋脊髓排尿中枢，使膀胱逼尿肌继续加强收缩，尿道外括约肌松弛，将尿液排出体外。其他如分娩、血液凝固等生理过程均存在正反馈调节机制。

反馈作用反映了入体功能调节的自动化，但尚不尽完善。例如，负反馈调节只有在干扰因素使受控变量出现偏差之后才能发生作用，存在着偏差纠正滞后和易于矫枉过正的缺点。然而，人体的各种功能都在内外多种因素不断干扰下而保持较好的稳态，这提示除负反馈调节外，可能还有其它的控制方式参与稳态的维持。

复习思考题

1. 说明生理学的研究对象、任务以及与医学的关系。
2. 说明学习生理学的观点和方法。
3. 简述人体与环境最基本的联系及其基本过程和意义。
4. 生命活动与其内、外环境有何关系？试分别举例说明。
5. 列出人体功能调节的方式，并从概念、特点和意义等方面进行比较。
6. 简述人体功能调节与反馈，举例说明负反馈的意义。

(浙江省绍兴卫生学校 洪立昌)