

全国高等学校医学规划教材配套用书

生理学学习指导

主编 王庭槐



高等教育出版社
Higher Education press

全国高等学校医学规划教材配套用书

生理学学习指导

主 编:王庭槐

副主编:韩太真 王子栋

主 审:潘敬运

编委(按姓氏笔画为序)

王子栋 暨南大学

杜剑青 西安交通大学

张 策 山西医科大学

周灿权 中山大学

莫书荣 广西医科大学

郭学勤 复旦大学

高建新 山东大学

韩 丹 武汉大学

管茶香 中南大学

王庭槐 中山大学

吴中海 第一军医大学

林 春 福建医科大学

柯道平 安徽医科大学

徐有秋 上海第二医科大学

郭廖南 中山大学

符史干 海南医学院

韩太真 西安交通大学



高等教育出版社

Higher Education Press

内容简介

《生理学学习指导》是全国高等学校医学规划教材《生理学》立体化教材的配套用书。

全书分为13章,每章均包括本章学习要点、基本概念、知识点、参考文献、导航网站5个部分。“学习要点”部分列出了需要学生掌握、熟悉和了解的内容,指导学生在学的过程中有所侧重。“基本概念”部分以中英对照的形式列出了重要的名词术语,引导学生对这些生理学的基本概念予以重视。“知识点”部分为本书的主体,对重点和难点问题做了阐述和扩展,并将生理学基础理论与临床实践相结合。其中的部分知识点还适当地介绍生理学的新知识、新进展。以增强学习兴趣、启发学生思维。“参考文献”和“导航网站”部分则为学生提供了寻获相关知识的途径。附录有“数字化生理学信息的检索策略和方法”,以指导同学们通过 Internet 主动获取生理学资讯。

本书可供临床、基础、预防、护理、口腔、药学等专业的医学本科生使用,也可供长学制医学生、研究生及青年教师学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

生理学学习指导/王庭槐主编. —北京:高等教育出版社,2004.10

ISBN 7-04-015621-0

I. 生… II. 王… III. 人体生理学—高等学校—
教学参考资料 IV. R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 078193 号

策划编辑 张 圩 翟德斌 责任编辑 杨 兵 封面设计 张 楠 责任绘图 朱 静
版式设计 马静如 责任校对 尤 静 责任印制 宋克学

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京印刷集团有限责任公司印刷二厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 18.5
字 数 440 000

版 次 2004年10月第1版
印 次 2004年10月第1次印刷
定 价 25.20元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号: 15621-00

前 言

2004年1月,由我们编写的全国高等学校医学规划教材《生理学》及配套光盘已由高等教育出版社出版发行。该教材是在新的教学理念指导下编写而成的。其内容在注重“基础理论、基本知识、基本技能”的基础之上,适度及时地反映了生理学领域的最新进展,强调培养学生的创造力和批判性思维能力,已被列为高等教育出版社“高等教育百门精品课程教材建设计划”精品项目。《生理学学习指导》是与《生理学》配套的立体化教材系列组成部分,随后的配套的《生理学习题集》电子教案、CAI课件、试题库以及学科专业网站等内容将陆续推出。

本书主要是以知识点的形式,对《生理学》教材中的重点和难点内容进行了扩充和详释,力求重点深入,难点浅出,联系临床实践,反映新进展,帮助学生更好地理解和掌握生理学的理论知识。全书在内容编排上与《生理学》教材对应,分为13章,每章均包括本章学习要点、基本概念、知识点、参考文献、导航网站5个部分。“学习要点”部分列出了学生需要掌握、熟悉和了解的内容,使学生在学的过程中有的放矢;“基本概念”部分以中英对照的形式列出了重要的名词术语,引导学生对这些生理学的基本概念予以重视;“知识点”部分为本书的主体,对重点和难点问题做了阐述和扩展,并将生理学基础理论与临床实践相结合。其中的部分知识点还适当地介绍生理学的新知识、新进展,以增强学习兴趣、启发学生思维。“参考文献”和“导航网站”部分则为学生提供了寻获相关知识的途径。附录中有“数字化生理学信息的检索策略和方法”,以指导同学们通过Internet主动获取生理学资讯。我们希望通过《生理学学习指导》一书,配合《生理学》教材,让学生在学习生理学知识的过程中,更好地掌握“三基”(基本理论、基本知识、基本技能)、养成“三严”(严肃的态度、严格的要求、严密的方法),理论联系实际,培养科学思维,并学会主动学习和研究性的学习,培养批判性思维和创新精神。

此书可供临床、基础、预防、护理、口腔、药学等专业的医学本科生使用,也可供长学制医学生、研究生及青年教师学习参考。

由于编写时间较紧,编者水平有限,书中的缺点和疏漏之处在所难免,敬请广大师生批评指正。

编者

2004年6月于广州

目 录

第一章 绪论.....	1
学习要点.....	1
基本概念.....	1
知识点.....	1
一、内环境和内环境稳态	1
二、生物节律	2
三、机体生理功能调节的主要方式及其特点	2
四、反射弧的基本结构	3
五、非条件反射和条件反射	4
六、反馈控制系统的特点及生物反馈	5
第二章 细胞的基本功能.....	8
学习要点.....	8
基本概念.....	8
知识点.....	9
一、环核苷酸类第二信使	9
二、IP ₃ 、DG	11
三、Ca ²⁺ 信号系统	12
四、酪氨酸激酶受体	18
五、酪氨酸激酶耦联受体	19
六、信息通路中的蛋白质磷酸化	19
七、蛋白磷酸酶	22
八、转录因子	22
九、cAMP 反应成分结合蛋白	23
十、AP-1	23
十一、NF- κ B 家族	24
十二、STATs 家族	25
十三、核内受体家族	26
十四、膜电位	27
十五、膜电位的变易作用	28
十六、动作电位	28
第三章 血液	31
学习要点	31

基本概念	31
知识点	32
一、血液的生成和造血的主要物质	32
二、血型	32
三、造血干细胞及其功能	33
四、造血干细胞的特点	34
五、血浆渗透压的组成及其生理作用	34
六、红细胞的生理特性	35
七、红细胞的生成及其调节机制	36
八、血小板的来源及调节	37
九、影响血小板黏附与聚集的因素	38
十、血小板在凝血过程中的作用	39
十一、正常的止血机制	40
十二、体内凝血机制及其过程	41
十三、体内的主要抗凝物质	43
十四、体外延缓或阻止血液凝固的因素	44
十五、血栓形成的条件和机制	45
十六、血型的发现、种类及其与输血的关系	47
第四章 血液循环	50
学习要点	50
基本概念	50
知识点	51
一、心肌细胞的静息电位与神经、骨骼肌静息电位的区别及发生原理	51
二、心脏各部分心肌细胞的动作电位及其离子流的基础	51
三、心肌细胞膜离子通道的门控分类及特点	52
四、内向整流钾通道(I_{K1} 通道)及其在心肌细胞电活动中的重要意义	54
五、心肌细胞膜钠通道(I_{Na} 通道)的结构、功能特点及其生理和医学实践意义	55
六、心肌细胞的慢钙通道(I_{Ca-L} 通道)的生理功能	55
七、心肌细胞膜钾通道的特点、生理意义和临床联系	56
八、外向钾流 I_{Kr} 的衰减	57
九、超快离子流 I_{f} 通道	59
十、早期后除极及其在心律失常发生中的重要性	59
十一、离子浓度变化对心肌电生理特性的影响	60
十二、自主性神经递质对心肌生理特性的影响及其作用机理	62
十三、体表心电图产生的心肌细胞电生理基础	63
十四、负荷过度所致心功能不全及其血流动力学改变	65
十五、心功能的检查及生理学基础	66
十六、血管内皮细胞合成和释放 NO 的发现历史	67

十七、NO 的生理作用	69
十八、动脉血压的形成的条件	70
十九、动脉血压的测量方法、测量时听到的声音及其意义	71
二十、高血压的定义	72
二十一、影响血压的因素	72
二十二、药物治疗高血压的生理基础	74
二十三、微循环及其生理功能	76
二十四、水肿发生的原因	76
二十五、淋巴液的成分及其生成和回流的影响因素	77
二十六、心血管中枢的紧张性活动	79
二十七、心血管中枢	80
二十八、颈动脉窦和主动脉弓压力感受性反射	84
二十九、肾上腺素与去甲肾上腺素	87
三十、肾素-血管紧张素-醛固酮系统	89
三十一、血管升压素	91
三十二、内皮素	92
三十三、应激性高血压、心律失常的生理基础	92
第五章 呼吸	98
学习要点	98
基本概念	98
知识点	99
一、肺通气的动力	99
二、肺通气的阻力	100
三、肺表面活性物质	103
四、肺通气功能的评价	105
五、肺部和组织气体交换过程	108
六、影响肺换气的因素	109
七、呼吸中枢及其节律形成	111
八、呼吸的反射性调节	112
九、 CO_2 、 H^+ 和 O_2 对呼吸的调节	114
十、氧在体内的运输过程	115
十一、氧离曲线的意义	116
十二、影响氧离曲线的因素	116
十三、缺氧	117
十四、异常呼吸	117
第六章 消化和吸收	120
学习要点	120
基本概念	120

知识点	120
一、消化道平滑肌的特性以及神经支配	120
二、胃肠激素	121
三、胃腺的分泌	122
四、胃液分泌的调节	122
五、胃的运动	123
六、胰液的分泌	124
七、胆汁的分泌和排出	124
八、小肠的运动	125
九、小肠内主要营养物质的吸收	125
十、几种主要的胃肠激素及其生理作用	126
十一、肝脏的代谢功能	129
十二、胃细胞的保护及其机制	134
十三、胃溃疡常见的原因	138
第七章 能量代谢	141
学习要点	141
基本概念	141
知识点	141
一、能量代谢与物质代谢	141
二、机体的能量主要来源、各种能源物质在供能上的特点、生理意义和临床实践意义	142
三、三大营养物质产生的能量在机体中变化的途径,对机体的作用及其临床意义	143
四、测定呼吸商和非蛋白呼吸商	143
五、机体产热量的测定、原理及意义	145
六、耗 O_2 量和 CO_2 产生量的测定及主要用途	146
七、衡量能量代谢的主要因素	147
八、其他因素	147
九、细胞因子与能量代谢	148
十、基础代谢、基础代谢率及其临床意义	150
第八章 体温	152
学习要点	152
基本概念	152
知识点	152
一、机体产热方式	152
二、皮肤散热方式	153
三、体温调节	155
四、中暑	158
五、低体温的并发症	159
六、冻伤	159

第九章 尿液的生成与排泄	162
学习要点.....	162
基本概念.....	162
知识点.....	162
一、肾脏的基本功能	162
二、肾脏的基本结构	163
三、肾脏生理学的基本术语	164
四、GFR 的决定因素和调节	164
五、RBF 的决定因素和调节	165
六、RBF 和 GRF 之间的相互关系	165
七、肾单位不同节段的一般特征.....	166
八、近端小管对盐类和水分的重吸收	166
九、近端小管对葡萄糖和氨基酸的重吸收	166
十、近端小管对重碳酸盐的重吸收	167
十一、髓袢对水和盐类的重吸收.....	167
十二、逆流倍增.....	167
十三、远端小管对盐类和水分的重吸收	168
十四、集合管对盐类和水分的重吸收	169
十五、集合管对 K^+ 和 H^+ 的分泌作用	169
十六、肾脏对 K^+ 浓度的调节	169
第十章 感觉器官的功能	171
学习要点.....	171
基本概念.....	171
知识点.....	171
一、感受器的生理特性	171
二、眼的折光系统及其调节	173
三、视网膜的结构和两种感光换能系统	176
四、视杆细胞的感光换能机制	177
五、视锥系统的换能作用和颜色视觉	178
六、视网膜的视觉信息处理	178
七、中枢视觉通路	179
八、视觉的兴奋过程和兴奋性	179
九、声音刺激的感受作用	180
十、前庭器官	183
十一、味觉和嗅觉	184
十二、皮肤感受器	185
第十一章 神经系统	188
学习要点.....	188

基本概念	188
知识点	189
一、人类认识神经系统的发展历程	189
二、神经元的命名	190
三、神经元的不同功能部位	190
四、离子通道与细胞的膜电位	191
五、神经胶质细胞的离子通道与膜电位	191
六、神经元的离子通道与静息电位	191
七、神经纤维的兴奋传导	193
八、突触定义、命名和突触功能结构特征	193
九、突触传递过程	194
十、突触后电位	194
十一、化学性突触传递的特征	194
十二、兴奋性突触后电位与终板电位	196
十三、突触后抑制	196
十四、突触后神经元的兴奋与抑制	196
十五、突触前抑制	197
十六、神经递质的受体多样性及受体的动力学特征	197
十七、静息突触	198
十八、反射的一般规律	198
十九、躯体感觉的形成过程	199
二十、内脏痛的特点	201
二十一、躯体运动控制系统的组成	201
二十二、脊髓在躯体运动中的作用	201
二十三、去大脑僵直	203
二十四、小脑对躯体运动的调节	203
二十五、基底核对躯体运动的调节	203
二十六、锥体系与锥体外系	204
二十七、常见的躯体运动障碍	204
二十八、帕金森病	204
二十九、内脏活动的神经调节	205
三十、脑的高级功能	206
三十一、睡眠的时相	208
第十二章 内分泌系统	210
学习要点	210
基本概念	210
知识点	210
一、内分泌系统和激素	210

二、激素的作用方式和特性	211
三、激素的作用原理	212
四、下丘脑与腺垂体	214
五、调控人体生长发育的激素及其作用特征	216
六、下丘脑-神经垂体结构功能联系	217
七、甲状腺激素	218
八、糖皮质激素的生理作用及其分泌的调节	220
九、儿茶酚胺	221
十、胰岛素	222
十一、胰高血糖素的生物学作用及其分泌的调节	224
十二、机体调节钙磷代谢的激素	225
十三、前列腺素与褪黑素的生物学作用	226
十四、常见的内分泌系统疾病的生理病理机制	227
十五、机体内其他组织器官内分泌细胞分泌的激素及其作用	228
十六、神经-内分泌-免疫网络	228
第十三章 生殖	231
学习要点	231
基本概念	231
知识点	232
一、精子发生的相关基因和分子生物学机制	232
二、雄激素分泌的调节	233
三、阴茎勃起的相关生物活性因子及其发生的分子机制	235
四、卵细胞发生的具体生命过程及其生命周期的划分	238
五、卵泡的发育及排卵发生机制	240
六、促发卵细胞成熟的调控机制的相关因素及其与LH峰出现的具体关系	243
七、调控雌激素分泌的双促性腺激素的双重细胞学说和支持其理论的依据	245
八、雌激素的心血管保护作用	248
附录 数字化生理学信息的检索策略和方法	253
参考文献	280

第一章 绪 论

学习要点

1. 掌握生命活动的基本特征：新陈代谢、兴奋性、适应性和生殖；内环境和稳态的定义。
2. 掌握体液调节、神经调节、自身调节的概念；反馈控制系统，正、负反馈；生物反馈。
3. 熟悉生理学的研究对象和任务；生理学研究的3个水平。
4. 了解生理学与医学的关系；生理学的常用研究方法；生物节律；生理学发展的历史；生理学展望。

基本概念

生理学(physiology)；慢性实验(chronic experiment)；急性实验(acute experiment)；新陈代谢(metabolism)；兴奋性(excitability)；适应性(adaptability)；生殖(reproduction)；刺激(stimulus)；反应(response)；兴奋(excitation)；抑制(inhibition)；阈强度(threshold intensity)；阈值(threshold)；内环境(internal environment)；稳态(homeostasis)；自身调节(auto regulation)；体液调节(humoral regulation)；旁分泌(paracrine)；自分泌(autocrine)；神经内分泌(neuroendocrine)；神经调节(nervous regulation)；反射(reflex)；反射弧(reflex arc)；前馈(feed-forward)；负反馈(negative feedback)；正反馈(positive feedback)

知识点

一、内环境和内环境稳态

人体内的液体总称为体液。分布在细胞外的液体称为细胞外液，

约占体液的 1/3,包括血浆、组织液、淋巴液和脑脊液。由于体内细胞直接与细胞外液接触,所以生理学中的内环境通常指细胞外液。

内环境是细胞直接赖以生存的环境,细胞的正常生命活动需要一个相对稳定的环境条件,因此,细胞外液的各种理化因素包括渗透压、温度、酸碱度、水、电解质及营养成分都必须保持在一个适宜的相对恒定的水平。早在 1857 年,法国生理学家 Claude Bernard 就提出了内环境的概念,指出只有保持内环境的相对稳定,才能维持动植物的自由独立生活。后来 Walter Cannon 将希腊语的 homeo 与 stasis 合成 homeostasis(稳态)一词,来表述稳态的概念。这种表述揭示了生命活动赖以以内环境相对稳定的内在规律。内环境的稳态并不是静止不变的固定状态,而是各种理化因素在变化中达到动态平衡的一种相对恒定状态。首先,由于细胞的代谢活动所产生的代谢产物在不断破坏这种平衡,而体内几乎所有的器官和系统的功能都与内环境稳态的维持有关,主要表现在提供氧和营养物质,排出代谢终产物两个方面。另外,外环境中许多因素的改变也会扰乱内环境的稳态。如果内环境的理化条件发生重大变化,超过机体自身调节维持稳态的能力,则机体的正常生理功能会受到严重影响,导致疾病发生,甚至机体的死亡。例如血压升高或降低时,机体都能通过各种调节途径使血压恢复正常,但血压过高或过低,超过机体自身调节的能力,就有可能发生脑血管意外或休克,对机体造成不可逆的损伤。Cannon 进一步提出,许多生理调节机制只有一个目的——维持内环境相对恒定。因此,面对内外环境的变化,正常生理范围内的调节总是朝着使内环境保持相对稳定的方向进行。

二、生物节律

生物体内的各种功能活动按一定的时间顺序发生变化,如果这种变化能按一定时间规律周而复始的出现,就叫节律性变化,而变化的节律就叫生物节律。生物节律具有以下特性:一是它能世代相传;二是它的运转无需时间信号的启示;三是环境同步(明暗、温度等)能引起它的变化;四是存在物种特异性以及个体、性别、地区乃至种族等差异;五是在发生移位时,节律可表现变动,例如,与松果体有关的节律,几乎直接与明暗周期的改变同步。

节律性是生物(人)最基本的特性之一,它遍存于一切生物中。植物、昆虫、鸟类、爬行类、哺乳类,乃至人类,其生理生化功能都同样表现出各自的昼夜节律、月节律、年节律的变动。生物节律,不只限于睡眠觉醒和活动行走这两方面。实际上,生物体内的各级水平,包括整体行为、系统、器官、组织,乃至细胞水平(原核生物可能例外),无一不存在生物节律。生命活动的各种节律,并不是都以 24 小时,或近似昼夜为周期的。有的与太阳合拍,有的与月出月落同步,有的与大气潮或海洋潮汐相关,更有的则是以年为周期而有规律地重现。例如,呼吸节律的周期为分、秒级;人的体温节律,凌晨 4:00—6:00 最低,7:00—9:00 时迅速上升,随后上升缓慢,至 17:00—19:00 时达峰值,22:00 又缓慢下降;一天之中,凌晨 4 时前后是人类出生率最高的时间;人的出生率,除有日节律表现外,尚有月节律表现;月圆时出生率最高,新月前后最低。体重、儿童生长率、疾病的流行、慢性病的加重和缓解乃至死亡率等具有明显的年节律。

三、机体生理功能调节的主要方式及其特点

机体生理功能调节方式主要有自身调节、体液调节和神经调节。

自身调节是指某些细胞或组织器官凭借本身内在特性,而不依赖神经调节和体液调节,对内

环境变化产生特定适应性反应的过程。例如肾小球入球小动脉的血管平滑肌在受到牵拉刺激时,会发生收缩反应,故当小动脉的灌注压力升高时,血管壁受到牵张,其血管平滑肌就发生收缩,使血管口径变小,血流量不致增加,从而维持正常的肾小球滤过率。这种调节的特点是:调节强度较弱,影响范围小,且灵敏度较低,调节常局限于某些器官或组织细胞内,但对于该器官或组织细胞生理活动的功能调节仍然具有一定的意义。

神经系统是调节全身各种功能活动的调节系统。从解剖上看,神经纤维分布到全身各个器官和系统。将各系统的各种变化,以神经冲动的方式经传入神经传送到中枢(包括脑和脊髓),在中枢内对这些信息进行加工和处理后,再以神经冲动的方式,经传出神经传到效应器官,调节或改变它们的活动。机体内许多生理功能是由神经系统的活动调节完成的,称为神经调节。反射是神经调节的基本方式。反射活动的结构基础称为反射弧,它由感受器、传入神经纤维、反射中枢、传出神经纤维和效应器五个基本部分组成。神经反射的特点是反应迅速,起作用快,调节精确。通常神经反射包括非条件反射和条件反射。

体液调节是指机体的某些组织细胞所分泌的特殊的化学物质,通过体液途径到达并作用于靶器官,调节靶器官生理活动的一种调节方式。这种特殊的化学物质可以是内分泌细胞或内分泌腺分泌的激素,如胰岛素、糖皮质激素,也可以是某些组织细胞产生的特殊化学物质,如细胞因子、组胺,抑或是组织细胞代谢过程中产生的某些代谢产物,如 CO_2 , H^+ 。上述所指的体液途径主要是通过血液循环,但也有一些化学物质不通过血液循环而直接进入周围的组织液,经扩散作用到达邻近的细胞后发挥特定的生理作用,这种调节可以看作是局部性体液调节,或称为旁分泌调节。有些细胞分泌的激素或化学物质分泌后在局部扩散,又反馈作用于产生该激素或化学物质的细胞本身,这称为自分泌调节。另外,下丘脑内有一些神经细胞能合成激素,激素随神经轴突的轴浆流至末梢,由末梢释放入血,这种方式称为神经内分泌。人体内也有很多内分泌腺的活动接受来自神经和体液的双重调节,称为“神经-体液调节”。体液调节是一种较为原始的调节方式。与神经调节相比较,体液调节作用缓慢而持久,作用面较广泛,调节方式相对恒定,它对人体生命活动的调节和自身稳态的维持起着重要作用。生物体整个生命过程中,自始至终都要受遗传信息及环境变化信息的调节控制,遗传信息决定生物体新陈代谢、生长发育及各种生物功能活动的基本模式。而环境变化信息则调控上述所有过程,这些信息主要是指生物体外界及身体内部环境变化的信息,即各种刺激信号。这些刺激信号作用于细胞的特殊结构(通常是受体),通过一系列反应,实现对细胞功能活动调控的过程称为信号转导。例如雌激素与其受体结合后,激活受体,再与靶基因结合,并启动转录的过程,实现对细胞功能活动的调控。因此,信号转导也可以看作是细胞内的一种调节方式。

上述三种调节方式既有各自的特点,又密切联系、相互配合、共同调节,维持内环境的稳态,保证机体生理活动的正常进行。因此,面对内外环境的变化,正常生理范围内的调节总是朝着使内环境保持相对稳定的方向进行。

四、反射弧的基本结构

反射活动的结构基础为反射弧,它由五个基本成分组成,即感受器、传入神经、中枢、传出神经和效应器(图 1-1)。反射弧任何一个部分受损,反射活动将无法进行。

通常感受器接受内外环境变化的刺激而产生兴奋,其兴奋冲动通过传入神经传至相应的神



图 1-1 反射弧

经中枢,中枢对传入信号进行分析处理,并发出指令,由传出神经改变效应器的活动。当人们看到食物或进食时,通过神经调节,引起唾液腺分泌的过程,就是一个典型的例子(图 1-2)。

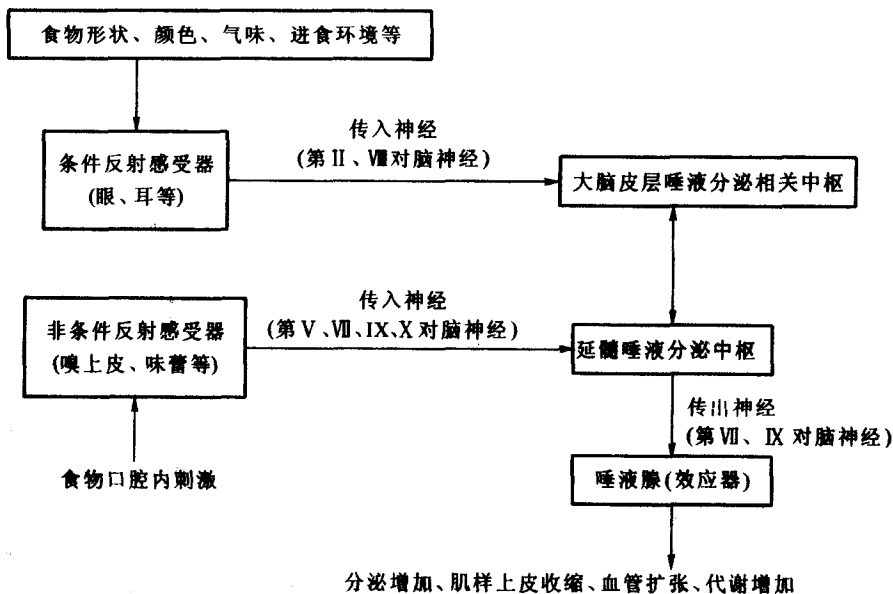


图 1-2 唾液腺分泌的神经调节

五、非条件反射和条件反射

许多神经反射是与生俱来的,其反射中枢基本上是在大脑皮层以下较低部位,反射弧比较固定,是生物进化的产物,这种反射称为非条件反射。

条件反射是建立在非条件反射的基础上,是人或高等动物在生活过程中根据不同环境条件和体验后天建立起来的一种高级神经活动。传统上按照条件反射的建立把学习分为两类。一类就是巴甫洛夫研究的那种条件反射,也称经典条件反射。他在给狗吃食物之前先出现一次铃声,然后再给以食物,这样多次结合以后,当铃声一出现,动物就会出现唾液分泌,这是无关刺激(铃声)与非条件刺激(食物)在时间上的多次结合(即强化)所形成的一种反射,巴甫洛夫还证明了血压的改变、骨骼肌和内脏平滑肌的运动均可以形成条件反射。这种条件反射的建立是不随意性的,任何无关刺激与非条件刺激结合应用都可以建立这种条件反射,所以也是比较简单、比较低级的。另一类学习方式是操作性条件反射(operant conditioned reflex),该反射的目的要求动物完成一定的操作动作。例如,将大鼠放入实验箱内,当它在走动中偶然踩在杠杆上时,即喂食以加强这一操作,如此重复多次,大鼠即学会了自动踩杠杆而得食。这类条件反射的特点是,动物

必须通过自己完成某种运动或操作后才能得到强化(即用行为的后果来进行强化)。这种条件反射的建立要通过一定的操作或使用工具,并经过尝试错误的过程,所以是受意志控制的,因而是比较复杂、比较高级的学习。骨骼肌的反应可以通过操作性条件反射来改变,这是人们已经熟知的事实。有时完成某些巧妙的觉察不到的骨骼肌反应,也能改变内脏活动。Miller 等人设计了一个研究自主神经系统的操作条件反射的动物实验。为了避免躯体运动所引起的内脏活动改变,Miller 用箭毒松弛了鼠的全身随意肌,而给予人工呼吸。箭毒麻痹骨骼肌,但不影响意识,也不影响内脏器官活动。用电刺激脑内的“愉快中枢”,对动物内脏的正确活动反应给予强化,即训练箭毒化动物增高或减低心率以获得(奖励)愉快的脑刺激。结果在 90 min 的训练期内,可使大鼠的心率增高或降低 20%。Miller 证实了通过工具的训练程序,动物能够产生任何通过经典条件反射获得的内脏反应,并于 1969 年发表了《内脏和腺体反应的学习》的论文。

六、反馈控制系统的特点及生物反馈

反馈控制系统是由比较器、控制部分和受控部分组成的一个闭环系统。控制部分发出信号指示受控部分发生活动,受控部分发出的信息经监测装置检测后转变为反馈信息,回输到比较器,经比较后,及时改变控制部分的活动,从而对受控部分的活动进行调节。如此,在控制部分和受控部分之间形成一种闭环联系(图 1-3)。

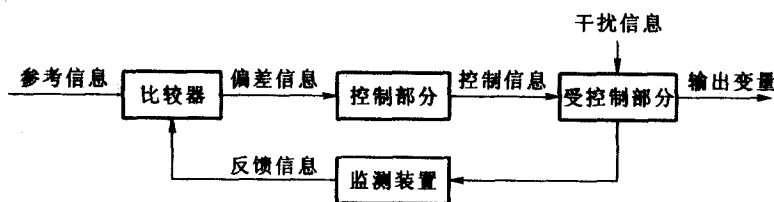


图 1-3 反馈控制系统

在反馈控制系统中,反馈信号对控制部分的活动可发生不同的影响,据此,可将反馈分为两种:负反馈和正反馈。

在闭环控制系统中,受控部分发出的反馈信息抑制控制部分的活动,使其活动减弱,这种反馈称为负反馈。通过负反馈调节可使系统处于一种稳定状态。如果因某种外界因素使该系统的受控部分活动改变时,此信息可通过反馈机制传递至比较器,反馈信息与参考信息进行比较后,产生的偏差信息作用于控制部分,改变控制部分的活动,从而使受控部分活动改变,恢复原先的平衡状态。在正常生理情况下,体内的控制系统绝大多数都是负反馈控制系统,它们在维持机体内环境稳态中起重要作用。例如,人体中体温调节就属于负反馈调节。当体温高于 37℃ 时,通过各种调节作用,使散热增加,产热受到抑制,体温降低。当体温低于 37℃ 时,通过各种调节作用,使散热降低,产热增加,体温回升。血压、血液中葡萄糖、 Ca^{2+} 以及其他物质的浓度也是在负反馈控制系统的作用下保持稳定的。

在闭环控制系统中,受控部分发出的反馈信号加强控制部分的活动,使其活动增强,这种反馈称为正反馈。在正反馈情况时,反馈控制系统处于再生状态。与负反馈相反,正反馈不可能维持系统的稳态或平衡,而是破坏原先的平衡状态。在正常人体内,正反馈控制系统较少。例如,

排尿过程是正反馈控制的一个典型例子。当膀胱尿液充盈到一定程度时,感受器兴奋并将此信息通过传入神经传至排尿中枢,而后冲动经传出神经引起逼尿肌的收缩、内括约肌的松弛,尿液进入后尿道。尿液对尿道的刺激可进一步加强排尿中枢的活动,使排尿反射一再加强,直至尿液排完为止。再如血液凝固过程,血管壁的破坏相继激活各种凝血因子,最终导致血液凝固成块,封住血管的破口。

生物反馈(biofeedback, BF)是应用现代科学技术,将人们正常意识不到的生物信号,转变为可以被人察觉到的信号,再让患者根据这些信号,学会在一定范围内用意识来控制内脏器官的活动,纠正偏离正常范围的内脏活动的治疗和训练方法。

生物反馈具有以下特点:① 生物反馈疗法是在心理学、生理学、临床医学和现代电子学等诸学科发展的基础上,在“生物-心理-社会”医学模式的大背景下,综合各学科的最新研究成果而发展起来的。② 它是在行为疗法的基础上发展起来的心理治疗技术,它更加强调了个体在防病治病中的主观能动性。③ 生物反馈最大的特点是针对性强。它在心身疾病的致病原因水平上进行治疗,起到釜底抽薪的作用,与目前的生物医学高新技术相结合,大大丰富了传统治疗学的内容,成为增进人类健康的有力工具。④ 反馈方式多样化。目前生物反馈的方法有肌电反馈、皮肤温度反馈、脑电反馈、心率反馈、血压反馈、胃肠 pH 反馈、呼吸反馈等众多针对性强的反馈模式,明显提高了生物反馈的治疗效果。目前生物反馈已经广泛应用于心身疾病的治疗、心理咨询、康复医学以及其他临床应用中。生物反馈是医学发展过程中、在新的医学模式指导下,系统论、信息论、控制论和现代微电子技术相结合,在医学领域产生的一个新的子学科,而且它已经越来越引起生理心理学界和医学界的重视。它将使传统医学出现新的变革,将改变心理学和生理学的现有认识。它作为一种新的治疗方法大大丰富了传统治疗学的内容,成为增进人类健康的有力工具之一。

(王庭槐)

参 考 文 献

1. Davies A, Blakeley A G H, Kidd C. Human physiology. London: Harcourt Publishers Ltd, 2001
2. Fox S I. Human physiology. 7th ed. New York: McGraw-Hill Co, 2002
3. Silverthorn D U, Ober W C, Garrison C W. Human physiology an integrated approach. New Jersey: Prentice-Hall Inc, 1998
4. Berne R M, Levy M N, Koeppen B M I. Physiology. 4th ed. St. Louis: Mosby Electronic Production, 1998
5. Guyton A C, Tohn E H. Textbook of medical physiology. 10th ed. Philadelphia: WB Saunders Co, 2000
6. Ganong W F. Review of medical physiology. 12th ed. Los Altos California: Lange Medical Publications, 1985
7. 朱妙章主编. 心血管生理学. 北京: 高等教育出版社, 2004