



中国科学院教材建设专家委员会规划教材
全国高等医学院校规划教材

供临床、预防、基础、口腔、麻醉、影像、药学、检验、
护理等专业使用



生理学

冯志强 主编



 科学出版社
www.sciencep.com

中国科学院教材建设专家委员会规划教材
全国高等医学院校规划教材

案例版TM

供临床、预防、基础、口腔、麻醉、影像、药学、检验、护理等专业使用

生 理 学

主 编 冯志强

副 主 编 高东明 裴建明 谢 露

科 学 出 版 社

北 京

郑 重 声 明

为顺应教育部教学改革潮流和改进现有的教学模式,适应目前高等医学院校的教育现状,提高医学教学质量,培养具有创新精神和创新能力的医学人才,科学出版社在充分调研的基础上,引进国外先进的教学模式,独创案例与教学内容相结合的编写形式,编写了国内首套引领医学教育发展趋势的案例版教材。案例教学在医学教育中,是培养高素质、创新型和实用型医学人才的有效途径。

案例版教材版权所有,其内容和引用案例的编写模式受法律保护,一切抄袭、模仿和盗版等侵权行为及不正当竞争行为,将被追究法律责任。

图书在版编目(CIP)数据

生理学:案例版 / 冯志强主编. —北京:科学出版社,2007

中国科学院教材建设专家委员会规划教材·全国高等医学院校规划教材

ISBN 978-7-03-017929-6

I. 生… II. 冯… III. 人体生理学-医学院校-教材 IV. R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 100864 号

责任编辑:李贻波 李国红 / 责任校对:桂伟利

责任印制:刘士平 / 封面设计:黄 超

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

天竺彩色印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 1 月第 一 版 开本:850×1168 1/16

2007 年 1 月第一次印刷 印张:17 1/2

印数:1—5 000 字数:620 000

定价:35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈双青〉)

《生理学》编写委员会

主 编 冯志强
副 主 编 高东明 裴建明 谢 露
编委名单 (以姓氏笔画为序)

王旭东	贵阳医学院	王莎莉	重庆医科大学
冉 兵	泸州医学院	冯志强	泸州医学院
刘亚莉	第四军医大学	岳利民	四川大学
周文琪	昆明医学院	庞 辉	广西医科大学
赵春玲	泸州医学院	莫书荣	广西医科大学
高东明	辽宁医学院	崔浩军	内蒙古医学院
焦金菊	辽宁医学院	谢 露	广西医科大学
裴建明	第四军医大学		

前 言

科学出版社为提高我国高等医学教育的教学质量,在总结过去成功经验的基础上,组织出版一套面向 21 世纪的全国医学院校本科案例式教改教材。

本书编委会由第四军医大学、四川大学、广西医科大学、重庆医科大学、贵阳医学院、昆明医学院、内蒙古医学院、辽宁医学院和泸州医学院的生理学教授和副教授组成。他们几十年来一直从事生理教学及其研究的工作,对教材的功能有深刻的理解,并熟悉目前国内外教材的编写内容和形式。在接受出版社委托的任务后,编委会成员对本书的编写目的和要求进行了认真的讨论,统一了编写的思想、内容和形式:①在编写过程中,坚持“用整体唯物、求实创新、动态发展、相互联系和既对立又统一的观点去思考、提出、研究、分析和阐述生理学问题”的辩证生理学的学术思想,以及“个人学术思想和水平服务于全书质量”的思想。②按医学本科教学大纲要求的内容进行编写,将精选的案例和生理学的知识进行有机的结合,做到叙述简明,重点突出。③将各章节间的知识进行适当的联系和整合。④在叙述生理学已知内容的同时提出未知。⑤结合生理学知识的介绍,适当地渗入国内外科学家的业绩和精神。

本书在构建生理学知识框架的基础上,首先介绍整体功能活动的神经和体液调节,其后叙述各内脏系统的功能。同目前国内的生理学教材比较,具有如下特点:①“案例”既使生理学知识得以适度地外延,又具有激发学生学习兴趣的作用。②整合性质的生理学知识的阐述,在增加知识广度和深度的同时,可培养学生对复杂问题的思考和分析能力。③辩证生理学的学术思想以及在已知的基础上提出未知等,为学生提供了探讨的空间,亦有助于他们形成正确的思想,培养其从哲学的高度去思考和探索自然科学中的问题的素质。④对国内外科学家的业绩,尤其是对我国林可胜、蔡翘、冯德培和杨雄理等生理学家的爱国思想和精神的介绍,可激发学生产生热爱祖国、崇尚科学、追求和坚持真理的思想和行动。故本书具有生理学知识载体和人文熏陶的双重功能。

本书主要作为 5 年制临床医学本科各专业和预防、基础、口腔、影像、麻醉、护理、药学和检验等专业学生的生理学教材,亦可作为基础和临床各专业成人教育本科学生的生理学教材,还可供医药学专科学生和从事基础、临床教学的教师参考。

本书编写过程中参考了国内外有关书刊中的相应内容,在此,谨向原著者表示感激。对各位编委在编写时间紧任务重的情况下,克服困难,为保证本书质量所付出的心血表示感谢。

由于编写时间紧,加之各个编委都有繁重的教学和科研工作,更因主编学术水平有限,故书中缺失和粗浅在所难免,请使用者不吝批评指正。

冯志强

2006 年 8 月

目 录

第 1 章 绪论	(1)	第 2 节 血细胞的功能与生理特性	(130)
第 1 节 概述	(1)	第 3 节 生理止血与血液凝固	(132)
第 2 节 机体生命活动的基本特征	(1)	第 4 节 血型与输血	(137)
第 3 节 机体功能活动与环境的关系	(3)	第 5 节 血细胞的发生及其调控	(140)
第 4 节 机体功能活动的调节和自动控制	(5)	第 7 章 循环系统	(143)
第 5 节 生理学研究的方法和水平	(7)	第 1 节 心脏的生物电活动	(143)
第 6 节 生理学的发展史和研究展望	(9)	第 2 节 心脏的泵血功能	(150)
第 7 节 学习生理学时提倡应用的思想观点和方 法	(11)	第 3 节 血管生理	(157)
第 2 章 细胞的基本功能	(13)	第 4 节 心血管活动的调节	(167)
第 1 节 细胞膜的结构和物质转运功能	(13)	第 5 节 器官循环	(175)
第 2 节 细胞的生物电现象	(18)	第 8 章 呼吸	(179)
第 3 节 肌细胞的收缩功能	(24)	第 1 节 肺通气	(179)
第 3 章 神经系统	(35)	第 2 节 肺换气和组织换气	(186)
第 1 节 神经系统活动的规律	(35)	第 3 节 气体在血液中的运输	(189)
第 2 节 神经系统对感觉的调节	(47)	第 4 节 呼吸运动的调节	(195)
第 3 节 神经系统对姿势和运动的调节	(55)	第 9 章 消化和吸收	(202)
第 4 节 神经系统对内脏功能的调节	(65)	第 1 节 机械性消化	(202)
第 5 节 脑的高级功能	(69)	第 2 节 化学性消化	(206)
第 4 章 感觉器官	(81)	第 3 节 营养物质的吸收	(211)
第 1 节 视觉	(81)	第 4 节 机体摄食和消化活动的调节	(214)
第 2 节 听觉	(88)	第 10 章 能量代谢和体温	(224)
第 3 节 前庭感觉	(92)	第 1 节 能量代谢	(224)
第 4 节 其他特殊感觉	(95)	第 2 节 体温及其调节	(230)
第 5 章 内分泌	(97)	第 11 章 尿的生成和排出	(237)
第 1 节 概述	(97)	第 1 节 肾的功能解剖和肾血流量	(237)
第 2 节 下丘脑-垂体系统	(102)	第 2 节 肾小球的滤过功能	(239)
第 3 节 甲状腺	(107)	第 3 节 肾小管与集合管的重吸收和分泌作用	(241)
第 4 节 钙磷代谢的内分泌调节	(111)	第 4 节 尿液的浓缩或稀释	(247)
第 5 节 肾上腺	(112)	第 5 节 尿生成的调节	(250)
第 6 节 胰岛	(116)	第 6 节 血浆清除率	(254)
第 7 节 其他内分泌器官和物质	(119)	第 7 节 尿液的排放	(255)
第 8 节 激素在机体功能活动中的协同和拮抗作用	(122)	第 12 章 生殖	(258)
第 6 章 血液	(128)	第 1 节 男性生殖	(258)
第 1 节 概述	(128)	第 2 节 女性生殖	(261)
		第 3 节 妊娠、分娩与泌乳	(268)
		第 4 节 性兴奋与性行为	(271)

第1章 绪论

第1节 概述

一、生理学的研究对象和任务

生理学(physiology)是研究机体正常生命活动的过程和规律及其发生机制的科学。本书面对的是医学生。生理学的研究对象是正常人体的功能活动。人体的各种思维和情感、感觉和运动、血液循环、呼吸、消化和吸收、产热和散热、排泄和生殖等,都是生命活动。生理学的任务是逐渐阐明人体各种功能活动及其变化的发生和发展的过程及机制、具有的特征和规律、受哪些因素的调节和影响以及在整体中的意义等问题。

二、生理学和医学的关系

生理学是实验性的科学,是一门重要的医学基础课程。生理学的知识是在人类与疾病作斗争的过程中,通过对动物的实验研究以及观察、思考、研究、分析和总结人体的正常功能活动,得以逐渐积累和发展的。生理学是关于正常生命的科学,医学是关于疾病的科学,由于均具有各自独特和丰富的知识而成为两个独立的部分,但彼此间具有内在的联系,故可视其为二圆互交模式(图1-1)。生理学的研究,促进了对疾病的过程和机制的理解。因为不知道正常的功能活动及变化,怎能判断病理的改变?生理学研究的理论成果,还推动了临床诊疗技术的发展,例如,细胞电活动及其机制的研究,促进了心电、脑电、神经-骨骼肌电和胃肠电活动等检测技术在临床诊疗疾病中的应用。临床上某些疾病的发病机制尚未阐明,又为临床和生理学工作者提出新的研究课题,例如,对震颤麻痹发生和发展及机制的研究,促进了对基底核内的环路联系、不同递质及其生理功能的进一步研究。

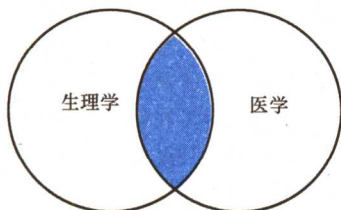


图1-1 生理学和医学的关系
生理学和医学呈二圆互交模式

作为医学生,只有在学习和掌握正常人体生命活动的发生过程和机制等方面知识的基础上,才能对后续医学课程的知识进行深刻的理解和正确的运用,才能更好地理解疾病的发生和发展过程,以准确地诊断和治疗疾病。

以下主要简述机体生命活动的基本特征、机体功能活动与环境的关系、机体功能活动的调节和自动控制机制、生理学研究的方法和水平、生理学研究的历史和展望以及学习生理学时提倡应用的思想观点和方法。

第2节 机体生命活动的基本特征

机体生命活动的基本特征主要有新陈代谢、信息传递、兴奋性、适应性、生物节律、生殖、衰老和死亡等。

一、新陈代谢

分子水平的研究表明,核酸和蛋白质是一切生物体共同的物质基础,糖、脂肪、氨基酸、水、无机盐、维生素和微量元素等是生命的重要组成部分。生命是物质的,物质是运动的,生命物质在运动中得以不断地更新,这就是新陈代谢的本质和功能。

新陈代谢(metabolism)是指机体不断地同自然环境进行物质交换的过程,包括物质代谢和能量代谢两个方面。物质代谢分为合成代谢和分解代谢,在物质代谢过程中伴随着能量的转换。合成代谢(anabolism)是指机体从外界摄取营养物质并形成体内的组织和储备能量的过程。在这个过程中,从消化道吸收入血的结构简单的物质被合成为结构复杂的物质,又称之为同化作用(assimilation)。合成代谢需要供给能量,是吸能反应。分解代谢(catabolism)是指体内的组织成分不断分解释放其中的能量以供给机体生命活动的需要,同时将分解的终产物排出体外的过程。在这个过程中,结构复杂的物质被分解成简单的物质,又称之为异化作用(dissimilation)。在分解代谢中,能量物质释放所蕴藏的化学能,是放能反应。体内的同化作用和异化作用是同时进行和互相依赖的,前者是后者的物质基础,没有同化就没有异化,但同化作用所需的能量又是物质分解过程中提供的。因此,同化是异化的前提,异化又是同化的必需条件。机体正是通过同化和异化的矛盾统一过程,使体内的物质不断地进行自我更新。

二、信息传递

机体一切生命活动的发生和发展过程及其调控,都涉及信息传递(information transmission)。从宏观上分析,信息是人与外界环境之间和人与人之间相互联系的一种形式,它存在于物质和意识过程中。这类信息主要通过感觉器官和感受器及语言活动等获得。从微观水平思考,机体结构和功能的基本单位是细胞,细胞在受到不同信息物质的作用后,在产生其功能活动变化的同时又会产生对自身或其他细胞活动具有影响或调节的物质。由此可见,在细胞活动过程中,必然伴有细胞间和细胞内的信息传递过程。

体内的信息物质主要是细胞在活动过程中产生的,例如,神经元活动时产生的神经递质和神经肽(第3章)、内分泌腺和内分泌细胞活动时合成和释放的激素、细胞活动过程中产生的多种细胞因子和气体分子以及代谢产物等(第5章)。上述信息物质在引起细胞内信息传递的过程中,又会产生环一磷酸腺苷和环一磷酸鸟苷、二酰甘油和三磷酸肌醇等新的信息分子。体内的每种信息物质都按其自身的规律运动和变化,进而控制和影响相应的功能活动。由于机体的生命活动是一个动态变化的过程,所以,任一变化着的生命活动都会不断产生新的信息。这些信息既可以引起其他的功能活动,又可以反馈调节自身的活动,为其功能活动的稳定提供了内在的保证机制。

三、兴奋性

传统的兴奋性(excitability)的概念是指机体对刺激具有发生反应的能力或特性。从现代细胞电生理定义,兴奋性是指可兴奋细胞受到刺激后具有产生动作电位的能力或特性。可兴奋细胞是指在受到刺激后能够产生动作电位的细胞,主要包括神经细胞、肌细胞和腺体细胞。在受到刺激后,分别表现为神经纤维传导电冲动、肌细胞产生收缩和腺体细胞出现分泌,但它们具有的共同特征就是产生动作电位。

机体生活在一个不断变化着的环境之中。环境中各种物质运动产生的变化,有的能被机体感知,这是机体同环境间保持联系的前提条件。凡是能引起机体(或组织细胞)发生反应的环境因素变化,均称为刺激(stimulus)。刺激可分为理化性刺激(光、声、电、机械和温度、酸和碱等)和生物性刺激(病原体)等种类。这里要强调的是,个体所处社会的政治和生活秩序的变化以及自身的经济地位和文化状况等,这些社会源性的因素也可成为刺激。这些刺激通过对个体精神和心理活动的影响,进而影响其疾病的发生和发展以及治疗的过程。

若要引起机体发生反应,刺激的强度、刺激的持续时间和刺激强度/时间变化率三个参数必须达到一定值。在生理学的实验和研究中,通常使用的是电刺激。电刺激的强度可以人为地控制,使用适度的刺激不会对组织造成损伤。在使用电刺激时,刺激强度/

时间变化率是固定的,只需调节刺激的持续时间(波宽)和强度(电压)。在保持刺激的时间一定时,引起组织细胞发生反应的最小刺激强度称为阈强度(threshold intensity),简称阈值(threshold)。引起组织细胞发生反应的最小强度的刺激,称为阈刺激(threshold stimulus)。强度小于阈值的刺激为阈下刺激;强度大于阈值的刺激为阈上刺激。对于兴奋性较高的组织细胞,引起兴奋所需的刺激强度较小;反之,兴奋性较低的组织细胞,引起兴奋所需的刺激强度则较大。所以,兴奋性同阈值之间呈反变关系。

机体受刺激后,体内的生化代谢和生理功能发生的变化称为反应(reaction)。机体对刺激发生的反应表现为兴奋和抑制两种形式:机体受刺激后,由相对静止变为活动或活动由弱变强,称为兴奋(excitation);机体受刺激后,由活动转为相对静止或活动由强变弱,称为抑制(inhibition)。从细胞电生理定义,刺激使细胞膜发生去极叫兴奋,只是受刺激的局部去极叫局部兴奋(local excitation),刺激使细胞膜出现动作电位的变化称为扩布性兴奋,刺激使细胞膜的去极电位减小或呈超极化电位变化称为抑制(第2章)。兴奋和抑制是体内功能活动发生和发展过程中所表现出的共同规律。抑制是兴奋的反面,意味着兴奋的减弱或不易发生兴奋,因此,抑制反应必须以兴奋为基础。兴奋和抑制两者互为前提,对立统一,相互间可随条件的变化而发生转化。

最后要强调的是,在机体功能活动进行的过程中,任何刺激引起的反应都表现为各部分功能活动相互协调和配合的整体性,例如,在手部受到伤害性刺激时,必然会引起屈肌收缩(兴奋)和伸肌舒张(抑制)以及情绪和内脏活动的变化。

四、适应性

在人类遗传和进化的过程中,机体的结构与功能一方面不断地分化与特殊化,另一方面又不断地加强整体性。人类生存的环境是复杂多变的。机体不同的组织和细胞、器官和系统在执行其功能的同时,彼此密切配合和协调,以整体功能活动的形式去适应不断变化的环境。机体所具有的完善而精确的适应环境因素变化的能力称为适应性(adaptability)。这种能力表现为机体对环境因素的变化所产生的系列适应性反应。通过这些反应,避免了环境中的不利因素对机体的伤害,进而保持其功能活动的正常进行。例如,在强光下,瞳孔缩小以减少入眼光线,使视网膜得到保护的同时在视网膜上形成清晰的物像。又如,外环境的温度变化时,机体通过体温调节机制,调节产热和散热过程以维持体温的稳定;通过增减衣着和活动量,以及创造人工气候环境(如安装空调设备)等,亦有助于使体温保持相对的稳定。可见,人类不仅能依靠调节生理反应来被动适应环境的变化,还能通过自己的劳动和创造以主动适应其生存和生活的环境。另外,机体长期生活在—特定的环境中,本身可逐渐形成一种特殊的、

适合自身生存的方式,例如,血中的红细胞数,长期居住在高原的人明显多于生活在平原地区的人,这样就增加了血液运输 O_2 的能力,避免了高原缺氧给机体带来的损害;几代甚至是十几代都生活在高原环境的个体,在自然选择的压力下,通过遗传和变异已产生了适应于高原和低氧的遗传基因,这些基因控制机体的功能活动,使之与环境间的各种因素产生高度的适应,所以,也就不存在环境低氧等因素对其功能活动的影响。

五、生物节律

体内的功能活动常按一定的时间顺序、周而复始地发生和变化,由于这种变化具有节律性,故称之为**生物节律**(biorhythm)。体内的活动按频率的高低可分为高、中 and 低频三类节律。高频节律的周期小于1天,如心率和呼吸的周期性变化。节律周期大于7天的属于低频节律,如妇女的月经周期。节律周期介于上述两者之间的为中频节律。中频节律常为日周期,如睡眠和觉醒的周期性发生、体温和血压在清晨较傍晚稍低以及某些激素在血中浓度的周期性变化。中频节律是体内最重要的生物节律,例如,清晨体内糖皮质激素的分泌量增多,与该激素结合的受体数量增多,使得个体有旺盛的精力投入新一天的生命活动;在夜间,该激素的分泌量减少,受体结合激素的能力降低,使整体功能活动减弱而有利于体力和脑力疲劳的消除。

目前认为,生物节律的控制中枢与下丘脑的视交叉上核以及同其相联系的松果体和垂体等部位有关,它们共同组成松果体-下丘脑-垂体节律系统,负责控制和协调体内功能活动的时序性和节律性(第3章)。生物节律的存在,使机体对环境因素的变化能产生更为完善的适应。

六、生殖

生长发育成熟的机体具有产生与自己相似子代个体的能力称为**生殖**(reproduction)。人的生命是指从受精卵到死亡之间人的存在。个体出生后,许多器官的结构和功能还远未发育完善,需经历相当长时期的继续生长和发育才能成熟。机体的生长发育是在遗传因素作用的基础上,通过体内许多激素的调节和出生后机体与环境的互动过程中所进行的生命活动(第5章)。个体出生后的前三个月生长发育很快,2岁后生长速度渐减慢,至青春期生长速度又加快,直至发育成熟而具有生殖的能力,维持一段时间后继之衰老、死亡。由此可见,生命是一个单向发展和运动的过程。虽然个体的生命是有限的,但由于个体具有繁衍与自身相似子代的能力,故生命现象又是无限的。

七、衰老和死亡

衰老是一切生物体不可避免的自然规律。**衰老**(senescence)是指机体生长发育成熟以后,随年龄增长

而发生的组织结构、生理功能和心理行为上的一系列退化过程,是个体生命活动过程的最后阶段,属于生理性的。在临床工作中,可以观察到长期患病的个体比同龄的健康个体更显衰老,说明疾病可促进机体结构和功能的退化过程。疾病引起的衰老称为**病理性衰老**。岁月和疾病二圆互交必然加速个体的衰老。对多数人而言,衰老通常是两者的综合,故保持健康的状态可延缓衰老的发展。值得指出的是,在生命活动的过程中,存在细胞的增殖、分化和衰老,衰老的细胞不断被体内的免疫细胞吞噬,故细胞的衰老不同于整体的衰老。

衰老主要表现为机体大脑的反应力下降;各种感觉功能减退;肌力减弱,骨和关节退行性变,动作迟缓,运动过程中整体的协调性降低;心血管和呼吸的功能减弱,储备能力下降,体力劳动或运动时易于发生心累气急;消化道运动功能减弱,消化腺分泌减少,消化能力减退;肝的合成和解毒等方面的功能减弱;肾排泄功能和对尿的浓缩或稀释能力降低;内分泌功能低下,整体代谢水平和对外伤及感染的反应能力均减弱;由于神经和体液调节能力减弱,维持体内功能活动相对稳定的能力降低,进一步发展必然使整体对环境因素变化的调节和适应能力更加减弱,最终导致死亡。

个体来到世界时拥有宝贵的生命,获得生命的同时就注定死亡的不可变更性。死亡是生命过程的一部分,因而同样具有意义:①死亡使曾经的生命进入永恒。②个体生命终结的同时,为新的生命提供了生存和生活的空间。③有的个体生命虽然结束,但其思想和精神还会对人类社会产生深远的影响。

每一个体的生命虽然普通,但却是独特的,因而而是必须珍视的。来到世界上的生命,无论是健康或是身体功能有不方便者,不论其种族和性别,也不论其家庭和社会背景,都是有尊严的和平等的,都应该受到尊重。医务人员对患者的生命决不轻言放弃,应努力地去履行对他人生命的尊重、关爱和救护责任,运用正确的方法和自己生命的活力,去帮助患者树立生的希望,去创造生命的奇迹。

这里要指出的是,由于衰老和死亡的内容在后续的病理生理和有关临床学科都将涉及,故本书在以后的内容中不再予以叙述。

综上所述,新陈代谢是一切生命活动的基础,信息传递存在于生命活动的过程,两者使机体对环境因素的变化具有发生反应和产生适应的能力,同时,使机体发育成熟后获得创造新生命的能力。生命是一个单向运动的过程,衰老和死亡是生命活动的最后阶段,是生命活动发展的必然结果。

第3节 机体功能活动与环境的关系

机体的生命活动是在外环境和内环境中发生和发展的。**外环境**(external environment)是指机体赖以生存和生活的自然环境和社会环境。**内环境**(internal environment)是指供体内细胞生存和进行功能活动的环境,即细胞外液。

一、机体与外环境的关系

(一) 人类与自然环境是一种共生的关系

自然界是人类赖以生存和发展的基础以及永恒的物质前提,人类利用自然界中的物质经转化后构成其生命的组分。机体从自然环境的植物和其他动物中获取全面的营养物质,并从大气中摄入代谢所需的 O_2 ,同时将细胞代谢的产物(有机废物和 CO_2 等)以及多余的物质和热量排出体外。所以,没有自然环境的支持,机体就不可能维持其生存。另外,自然环境中各种因素的变化,还可成为人类进化和发展的动力。人类对环境温度、地磁场和太阳的辐射等都具有依赖性。研究表明,地下辐射能缓解人的神经紧张或减轻某些疾病对机体功能的损伤;自然界中的其他生物在活动过程中产生的特殊“生物场”,对人的神经和心理活动都可能产生良性的影响。在自然界,可能还存在着许多未知的但却影响着人类生命活动的过程。人类是自然界的一部分,生活在自然界各种力量相互作用的系统中。人类在依赖自然环境的同时,应爱护自身的环境和尊重其他生物的生存权利。只有这样,自然界才会为人类提供更多可利用的资源。由此可见,人类同自然界及其他生物体间呈二圆互交的关系,即是一种共生的关系。为了人类自身的可持续发展,每个社会公民应有爱护环境就是爱护人类自己的意识和具体的行动。人类是可以同自然环境和谐发展的。人类同自然环境的和谐也有助于人与人之间关系的和谐。

(二) 机体与社会环境应是一种和谐的关系

机体从社会环境中获得生活所需的条件。社会环境为个体提供平等的人格和尊严、居住的环境和医疗保障、物质和精神生活的条件、学习以获得知识和技能的机会、发挥个人创造力和行使社会责任的空间和舞台。在生活需要得到满足、且身体和精神均健康的个体,就会对自己的祖国和所处的社会人群充满爱,对祖国事业的进步和发展具有责任感,对未来的生活和前途充满信心和希望。身心健康的个体能以积极的和发展的态度去对待和适应社会,用自己的力量去推动社会的进步和创造和谐的人文环境。在这个过程中,个人有明确追求的价值目标,就能自觉地融入社会并成为其中的和谐分子。

二、机体生命活动与内环境及其稳态的关系

(一) 内稳态的概念

内环境这个概念是由法国生理学家 Bernard 提出的。他通过对生命活动的整合思考和逻辑思辨,创造

性地提出细胞外液是体内细胞赖以生存和发挥其功能的环境,是机体的内环境。美国生理学家 Cannon 在深刻理解内环境的概念及功能的基础上,提出内稳态的概念。内稳态(homeostasis)是指细胞外液的理化性质保持相对稳定的状态。细胞外液的理化性质包括细胞外液的容积、渗透压、酸碱度、温度、营养物质和各种生物活性物质的浓度等。

(二) 机体生命活动与内稳态的关系

细胞外液包括血浆和组织液,在体内处于循环的状态。从整体各种功能活动及相互联系的角度思考,运动着的细胞外液既是细胞发挥功能活动的环境,又是机体各部分细胞间相互联系和同外环境间进行物质交换的媒介;内稳态为机体各种组织细胞的生化代谢和生理功能的正常进行提供了必需的条件,其维持又是体内各系统的功能活动相互配合和协调所致,故两者互为因果关系。

在神经和内分泌系统(第3、5章)既对立又统一的调节下,体内其他各系统在行使其功能的过程中,相互协调和配合以维持内稳态。各系统的主要作用如下:通过免疫系统的作用,使机体具有抵御外来损伤因素和清除内部有害因素的能力(第6章);血液循环和呼吸系统的活动,在供给内环境中的 O_2 和营养物质及各种生物活性物质的同时,将 CO_2 和其他代谢产物运送至相应的器官并排出(第7、8章);消化和吸收功能系统的活动,通过对进入消化道的营养物质的吸收和对消化液的重吸收,以不断补充体内代谢所需的物质。肝脏的解毒和过滤血液的功能,参与对内环境的净化(第9章);体内的物质代谢不断产生能量和热量,以供细胞活动和维持体温(第10章);排泄系统的活动在重吸收营养物质的同时,清除体内的代谢产物和多余的物质,使内环境得以净化(第11章)。这里要强调的是,内稳态的维持是一种高度整合的生命活动。体内各个系统尽管具有特殊的作用,但其作用必须在其他系统功能的配合下才能实现,如呼吸系统的功能是在血液和循环以及神经系统等功能的配合下完成的。

案例

20岁男性大学生。发病前5小时曾与同学在校外餐馆进餐,吃了较多的凉菜和喝了大约4瓶加冰啤酒;现腹痛和腹泻6小时,已呕吐3次和排水样大便9次,排小便一次且量少;全身乏力。与其进餐的另外两位同学亦发生腹痛和腹泻,但症状较之为轻。患者精神萎靡;眼眶凹陷,皮肤弹性较差;血清钠 132mmol/L,血清钾 2.4mmol/L,标准碳酸氢盐 16.0mmol/L。

诊断:急性胃肠炎。

问题与思考

1. 机体各系统功能在维持内稳态中的作用如何?

2. 呕吐和腹泻主要引起机体内环境理化性质发生哪些改变?

提示

1. 由于不洁饮食(进食者均发病是食物被细菌污染的重要依据)而引起剧烈的呕吐和腹泻,导致体液从消化道大量丧失。

2. 正常情况下,成人每日从消化腺分泌的液体为6~8L。消化液的渗透压与血浆的基本一致,其中的成分绝大部分被消化道黏膜细胞重吸收入血(见第9章)。

3. 剧烈的呕吐和腹泻导致内环境的理化性质发生以下改变:①食入的物质和消化液同时丧失。由于消化液的渗透压与血浆的基本一致,故主要是等渗性脱水(血钠由142mmol/L降为132mmol/L,仅轻度降低)。②由于体液是循环的,脱水使细胞外液容量减少,表现为眼眶凹陷和皮肤弹性差。③消化液中钾的含量较血浆的高(血浆和组织液的为3.5~5.5mmol/L,胃液和小肠液的可为20mmol/L),呕吐和腹泻导致血钾降低。④胰液、胆汁和小肠液均为碱性液体。此时,体内碳酸氢盐减少(标准碳酸氢盐由正常24mmol/L降为16mmol/L),呈代谢性酸中毒改变。⑤整体细胞外液容量不足,反射性地使肾血流量减少,生成尿量减少以阻止体液量的进一步丧失。

4. 体内水、电解质和酸碱紊乱等因素综合作用,致患者精神萎靡和感觉全身无力。

这里要指出的是,正常人的内环境处于一种变化的状态,即是一种动态稳定。内稳态保证了细胞代谢活动的正常进行,不断变化着的机体功能状态和细胞的代谢活动又可使稳态受到暂时的破坏。例如,机体剧烈运动期间,运动着的骨骼肌代谢活动增强,导致营养物质和氧的消耗以及二氧化碳生成增多、体温升高等变化,使原有的稳态受到破坏(第2章)。在这种情况下,通过神经和内分泌以及免疫系统调节体内其他系统、器官的相互协调活动,以及内环境中某些成分的缓冲作用(如水分可吸热,蛋白质与弱酸盐缓冲酸碱的变化)等机制,又可迅速建立新的稳态。在体

内某一器官或系统的功能活动发生病理性改变的过程中,机体维持内稳态的能力逐渐降低直至内环境的理化性质紊乱,此时,体内的代谢活动不能正常进行又会加重其紊乱的程度。在这种情况下,则需借助医疗手段祛除病因和协助病人重建内稳态。

从上可见,机体生活的内、外环境因素尽管不断变化并对其功能活动产生影响,但是,机体的各种生命活动仍能保持稳定和有序的状态,这是因为体内存在的调节系统不断地调整其功能活动以适应环境因素变化的结果。

第4节 机体功能活动的调节和自动控制

调节(regulation)是指通过机体的内在控制机制,保持各种功能活动在内外环境因素变化时能相对稳定地进行的过程。人类适应环境因素变化的能力在自然界的其他生物之上,其根本原因在于人类同外环境互动的过程中,除促进了人类智慧和社会的发展外,还发生和发展了对自身功能活动进行自动、精确的调节系统,该系统使体内的各种功能活动紧密配合和相互协调,使之作为一个整体对环境因素的变化产生适应。

一、机体功能活动的调节

机体功能活动主要受神经、内分泌和免疫系统的调节,自身调节的作用较小。由于免疫的调节功能将在免疫学中详尽阐述,故通常情况下,生理学涉及的机体功能调节不包括免疫调节,本书只是从整体调节机制的角度,简述其主要作用。

已研究表明,体内多种生物活性物质(神经递质、神经肽、激素和细胞因子等)是神经、内分泌和免疫调节系统共同的信息物质(第3章)。从整合生理学的角度,可把神经、内分泌和免疫调节系统视为三圆互交调节模式,三者相互作用,组合为一个整体;同时,三者又呈三角形样的调节模式,调节体内其他系统的功能活动,以使机体同环境因素的变化保持高度的适应,进而维持内环境理化性质的相对稳定(图1-2)。

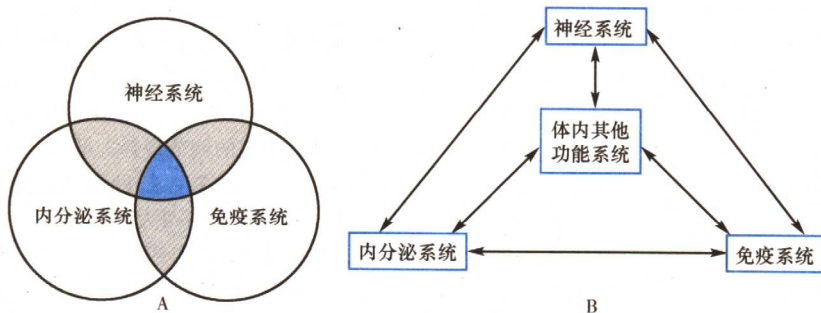


图1-2 神经和内分泌及免疫系统的相互作用以及对机体功能活动的调节

A. 三圆互交调节模式; B. 三角形样调节模式

笔记栏

(一) 神经调节

神经系统由大脑皮质及以下各级中枢和周围神经纤维组成,是机体功能的主导调节系统。在中枢的整合作用下,通过传入和传出神经的活动对机体功能的调节,称为**神经调节**(neural regulation)。神经调节的基本方式是反射。**反射**(reflex)是指在中枢神经系统的参与下,机体对所感知的体内、外环境因素变化所作出的规律性应答活动。反射的结构基础是反射弧。反射弧由5个部分组成,其组成和各部分的作用如下:①感受器:接受刺激并产生换能编码作用。②传入神经:把刺激的信息传送到中枢。③中枢:对传入的信息进行整合并产生传出信息。④传出神经:把反射中枢的信息传到效应器。⑤效应器:产生规律性的应答活动(图1-3)。

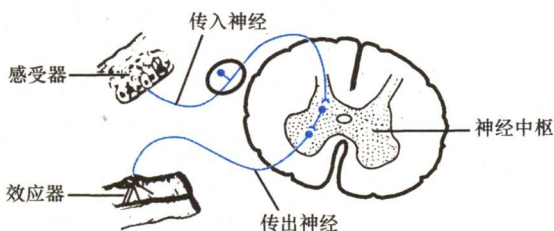


图1-3 反射弧示意图

反射分为非条件反射和条件反射两类。非条件反射是人类和其他动物在种族进化过程中形成并遗传于后代的反射,有固定的反射弧,反射的数量有限,为维持个体生存和种族繁衍所必需,如防御和探究反射,各种自主性反射(吸吮反射、渴反射、压力和化学感受性反射等)和性反射等。条件反射是在非条件反射的基础上,通过个体在后天的学习和训练中逐渐形成的,无固定的反射弧,需大脑皮质参与。人类因为有发达的大脑皮质,能通过语言和文字等信息刺激建立条件反射,故该反射可随个体生活、工作环境条件的改变而不断增加新的内容,因而有极大的易变性和灵活性,且数目可以是无限的,这就极大地提高了人类认识世界和适应环境的能力,并增强了进行各项活动的精确性以及对一些事物发展的预见性。在生命活动中,两种反射紧密配合以发挥作用,如在进食过程中,条件反射和非条件反射都能引起消化道的运动和消化液的分泌,两者均有利于消化和吸收功能的进行。

神经调节的主要作用是调节机体的感觉和运动、思维和情感、学习和记忆等功能活动。

(二) 体液调节

体液调节(humoral regulation)是指体内细胞产生和分泌的某些特殊化学物质,经体液运输到相应的靶细胞对其功能活动的调节。根据调节范围的大小,可分为全身性和局部性的体液调节两类。

1. **全身性体液调节** 是指内分泌腺或内分泌细

胞分泌的激素,通过血液循环或其他体液途径运送到相应的靶器官或靶细胞,对其功能活动进行的调节。由于内分泌腺和内分泌细胞的活动直接或间接地受神经系统的调节,故这类体液调节可视为神经调节的一个传出环节,常称之为**神经-体液调节**(neurohumoral regulation)。各种内分泌腺分泌的激素,主要调节机体的物质代谢、生长发育和生殖等功能活动。

2. **局部性体液调节** 是指某些散在的内分泌细胞(如胃肠道内的)或其他具有分泌功能的细胞,在所处境因素变化时,分泌的激素或其他生物活性物质,经组织液扩散到相邻细胞,对自身或相邻细胞功能活动的调节。此外,组织细胞代谢产生的乳酸和 CO_2 等产物对局部血管的扩张作用,也视为局部性体液调节。

(三) 免疫调节

免疫调节(immunological regulation)是指通过免疫系统的活动对整体防御功能的调节。免疫系统是由免疫器官(骨髓和淋巴结等)、免疫细胞(淋巴细胞和单核-巨噬细胞等)和免疫活性分子(免疫球蛋白和细胞因子等)组成。免疫系统的主要功能有3个方面:①防止外界病原体的入侵和清除已进入体内的病原体。②对其他有害生物性分子产生免疫反应并将其清除。③清除体内已衰老的和突变的细胞或早期的肿瘤细胞。故从本质上讲,机体免疫系统的功能是识别“自己”和排除“异己”。正常情况下,免疫系统同神经和内分泌系统一起,通过相同的信息物质,构成机体的网络调节系统以维持内稳态。

(四) 自身调节

自身调节(auto-regulation)是指某些器官或组织在不依赖神经或体液调节的情况下,自身对刺激产生的适应性反应。例如,机体的平均动脉血压在60~140mmHg范围内变动时,脑血管通过自身调节机制,改变其管径以使血流量保持相对恒定,即动脉血压升高时,脑血管收缩,血流阻力增大;血压降低时,脑血管舒张,血流阻力减小。自身调节的调节幅度较小,仅对维持某些器官功能活动的稳定有一定的意义。

二、机体功能活动的自动控制

机体功能活动的调节过程与工程技术的控制过程具有极其相似的调节规律。研究表明,体内的功能活动均受相应的控制系统的调节。控制系统分为非自动控制和自动控制两大类。任一控制系统均主要由控制部分和受控部分组成。在体内,控制系统包括神经中枢、内分泌腺和细胞信息传递中的控制部分等,受控系统主要包括组织和细胞、参与反应的酶、信息传递中的某些信息分子等。

由于机体的功能活动受非自动控制调节很少见,

故以下只介绍自动控制系统对机体功能活动的调节。自动控制系统是一闭合环路,存在反馈和前馈两种调节形式(图 1-4)。

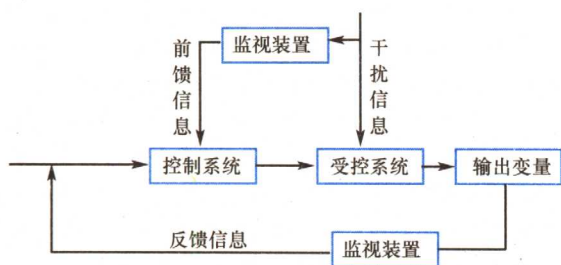


图 1-4 机体功能活动的自动控制

(一) 反馈控制系统

从图 1-4 可见,在反馈控制系统中,控制部分和受控部分之间,存在着往返的信息联系。受控部分不断地把信息回输到控制部分,以纠正或调整控制部分对受控部分的影响,从而实现自动精确的调节。由受控部分回输到控制部分的信息,称为**反馈信息**(feedback information)。反馈信息的作用与控制部分的作用方向相反,使控制部分的活动抑制,这种调节方式称为**负反馈**(negative feedback);反之,反馈信息的作用与控制部分的作用方向一致,使控制部分的活动加强,这种调节方式则称为**正反馈**(positive feedback)。正常体内的功能活动大部分受负反馈控制系统的调节,少量受正反馈控制系统的调节。除神经和体液因素对机体系统和器官功能活动的调节是在自动控制下进行的以外,体内细胞和分子水平的功能活动都是在有关信息物质的调节下自动地进行的。因此,不管是在哪个水平的功能活动,都存在反馈控制。

1. 负反馈的调节及作用 负反馈的作用是维持体内某些功能活动处于相对稳定的状态,因而是可逆的过程。机体各种功能活动的正常进行和内稳态的维持,就是通过相应的负反馈控制系统发挥其作用来实现的。例如,在心血管中枢的控制下,通过心脏和血管的活动使机体血压保持在正常的水平。当个体情绪激动时,因大脑皮质兴奋性增高,延髓心血管中枢活动增强,使心输出量增多,外周血管收缩,血压高于正常状态。血压升高,对颈动脉窦和主动脉弓压力感受器的刺激增强,通过传入神经将该信息反馈到心血管中枢,中枢活动减弱,血压回降到正常水平。而当机体由持久的下蹲位突然转为直立时,因一部分血液滞留在下肢静脉内,回心血量减少,血压降低,通过调节,使血压回升到正常水平(第 7 章)。

2. 正反馈的调节及作用 正反馈的作用是使体内某种功能活动得以及时完成,是不可逆的过程。在正反馈调节中,控制部分的活动处于再生状态(即逐渐增强的状态)。例如,在分娩活动中,胎儿发育成熟和母体内激素浓度变化等因素诱发子宫肌收缩,子宫收缩使胎儿头部压迫宫颈部,宫颈受到牵张,反射性地导致下丘脑-神经垂体分泌释放催产素增加,后者

进一步加强宫缩(再生状态),使宫颈受到进一步牵张,如此反复,直至胎儿娩出为止(第 12 章)。

(二) 前馈控制

体内、外环境因素变化所构成的干扰信息,在作用于受控部分的同时直接作用于控制部分,以使机体及时产生适应性反应。干扰信息对控制部分的这种直接作用,称为**前馈**(feed-forward)或前馈控制(图 1-4)。

由于前馈控制是干扰信息对控制部分的直接作用,故可以在生理效应未出现变化之前,控制部分就对效应器可能出现的变化进行调节。同负反馈控制比较,前馈控制更为快速,可避免生理变化的波动和滞后。例如,当冬泳者刚进入冬泳场时体温还没有降低,但皮肤冷感受器受到刺激的信息就已传入大脑,气温低的信息还经视、听器官传入大脑。大脑即刻将此信息下传至下丘脑体温调节中枢,使体内代谢增强和肌战栗,产热增加,皮肤血管收缩使散热减少,两者协同作用以保持体温的相对稳定。

综上所述,调节及其过程中的自动控制机制,使整体功能活动得以协调、稳定地进行。调节意味着变化,变化又会产生新的调节信息。体内各器官和组织的活动都是在神经、体液和免疫三大调节系统构成的网络体系中进行的,在活动过程中又可引起新的变化,进而使调节体系的作用范围和强度以及持续时间等发生相应的变化,这样就使整体功能活动始终维持在一动态的稳定之中。

第 5 节 生理学研究的方法和水平

生理学是一门实验性科学。生理学的知识是通过对人体生命活动及规律的观察和对动物进行实验研究获得的。随着研究技术和方法的发展,生理学研究由整体、系统和器官水平,逐渐进入到细胞和分子水平。

一、生理学研究的方法

(一) 人体观察的方法

人体观察的方法主要通过对体内的某些功能活动进行直接测定,然后将获得的数据进行分析和统计处理,进而得出正常值及其变化范围。在本书中涉及的人体的多种指标,如心率、动脉血压、呼吸频率、体温和尿量等的正常值及其变化,就是通过对人体功能活动进行观察和分析而获得的。该方法的最大特点是对机体无损伤(无创),但获得的知识有限。随着科学技术的发展,现已开始将遥控和遥测、核磁共振和正电子发射断层扫描等无创技术应用于人体内某些功能活动的研究。随着研究的深入,将逐渐认识体内的功能活动及其变化规律。

(二) 实验研究的方法

通过实验,可对体内不能直接观察的功能活动进行研究。在进行实验研究的过程中,由于有的处理会给人体带来损伤,甚至危及生命,所以,生理学实验研究的对象主要为动物。

机体的结构和功能是在漫长的生物进化过程中,从低级到高级、从简单到复杂逐渐进化而来。人和其他高等动物比较,显著的特征是人具有发达和完善的大脑皮质,除人独有的思维、语言和心理等高级神经活动以外,躯体运动和内脏器官的活动以及神经系统的某些功能,彼此是相似的。选用在进化程度上愈接近于人的动物做实验,其结果就愈能反映人体内的功能活动及其规律。因此,利用动物实验研究来探讨人体的某些生理活动的发生、过程 and 变化以及调节机制等是符合逻辑的。本书的生理学知识,主要通过实验研究的方法获得。

在生理学研究,常采用的实验方法有急性和慢性两种。实验在短期内完成,获得结果后即处死动物,称为急性实验(acute experiment);在有目的地进行一次外科无菌手术对体内某器官处理后,让动物从中完全恢复过来,随之再长时间地对其进行研究,称为慢性实验(chronic experiment)。

1. 急性实验方法及其特征 急性实验根据研究的目的不同,可采用离体实验和活体解剖实验两种方法。

(1) 离体实验方法:从活着的或刚被处死的动物身上取出所要研究的细胞、组织或器官,放置于人工创造的环境中以保持其新陈代谢,使之在一定时间内的功能活动得以相对正常地进行。如在生理实验中,将蛙的坐骨神经分离后置于屏蔽盒中,记录其动作电位和测定一次兴奋后的不应期变化;把蛙的心脏离体置于任氏液中,观察其不同温度中的自动节律性活动的变化等。

(2) 活体解剖实验方法:这是学生实验中常采用的方法。将实验动物麻醉或破坏其脑的高级部位后进行解剖,并对体内某一器官进行各种预定的实验研究,如解剖暴露动物的迷走神经和心脏,用电刺激迷走神经,观察心脏活动频率和收缩力的变化;用电刺激或分别离断脑的不同部位,以探讨中枢神经系统各部分对机体功能活动的调节作用。

急性实验方法简单,易于严格控制条件,可对所研究的对象进行直接观察和分析。离体实验可在排除神经和体液以及其他因素的影响下,观察某一器官、组织的基本生理特性,但所得结果不能代表它在正常体内的情况。因为,从生物个体取其一小部分用于实验,使其同整体间的联系不复存在。活体解剖可对体内某一器官的功能活动过程与特点进行观察和分析,但由于实验是在麻醉和创伤的条件下进行的,所得结果与正常情况下的功能活动仍有差别。

2. 慢性实验方法及其特征 这种实验方法主要用于科学研究。首先让动物在麻醉状态下接受无创

手术,术中有目的地在某器官上制备瘘管或安放探测装置,或切除、破坏某器官;然后使动物从手术创伤中恢复,机体内环境处于相对稳定的条件下,再对其进行长时间的研究。例如,在犬的胃壁上切口,把胃黏膜层完全切开,保留部分完整的肌层和浆膜,制成巴甫洛夫小胃,在小胃上安置导管以收集胃液;同时,在颈部切开食管,安装一个食管瘘,进而研究条件反射和非条件反射对胃液分泌的作用(第9章);又如,用不同的犬分别切除小脑的不同部位后,观察术后动物肌张力和随意运动以及平衡方面的改变,以研究小脑及各组成部分在整体功能活动中的作用(第3章)。

慢性实验避免了急性手术创伤和麻醉的影响,实验研究可在近于生理条件下进行,故有利于对某一器官在正常情况下的功能活动和规律以及在整体功能活动中的地位进行研究。但此实验方法复杂,影响因素较多,不便于分析这一器官的生理特性以及与其他器官之间的具体关系,而且并不是所有的生理学问题都能在完整的机体内进行研究。

基于以上所述,持一个正确的态度去认识生理学的研究方法和所得的结果是重要的。每种方法都有它的特殊目的,任何一种方法都有其优越性和局限性。在应用动物实验所得的结果时,还必须考虑人和动物之间的差别,不可简单地将其结论机械地套用于人。同时,还应当注意到急性动物实验和慢性动物实验以及人体的无创性实验所得的结果,彼此间是有一定差异的。因此,对所得到的实验结果必须进行分析 and 综合,才能得出正确的认识和结论。采用两种方法对机体功能活动在整体、器官和系统、细胞和分子三个水平上进行的研究,所得结果是相互补充的。

二、生理学研究水平

人体是由分子、细胞、器官和系统组成的与环境相统一的有机整体。现代辩证层次的人体观认为,整体状态下的功能是高层次的生命活动;低层次与高层次之间存在复杂的双向联系,低层次是高层次形成的基础,高层次对低层次具有控制和支配作用。

(一) 整体水平

该水平的研究以整体为对象,揭示体内各器官和系统之间的相互联系和作用,以及外界环境因素对各种功能的影响。例如,研究机体运动时体内代谢、循环、呼吸和其他功能系统的活动变化及机制;生物和心理以及社会因素对整体功能活动的影响;脑对机体其他功能活动的整合作用等。

由于整体水平的研究必须坚持对人体无创的原则,加之在研究过程中难以控制体内极为复杂的因素对所研究指标的影响,所以,长期以来该水平的研究进展较为缓慢。随着体表无创性研究技术的发展和利用,必将促进整体水平的研究。

(二) 器官和系统水平

该水平研究某一器官和系统功能活动的产生机制、调节和影响因素、在整体中的作用等问题。例如,肾脏生成尿液的过程,在不同的机体功能状态下尿量和成分变化的机制,以及肾脏在内稳态中的作用等。

在临床实践中,医务人员在整体思想的指导下,通常是以器官和系统的生理学知识为基础而对各种疾病进行认识和理解。

(三) 细胞和分子水平

该水平主要是对细胞和组成细胞的生物大分子的特性和功能进行研究,其目的是为了认识和阐明由细胞构成的组织、器官的功能活动及其机制。例如,对肌细胞的研究表明:在不同的状态下,细胞膜对体液中带电离子具有选择性通透,离子的跨膜运动导致细胞膜的电位变化;其收缩和舒张的机制,是因为细胞中按一定规律排列的蛋白质分子,在不同的细胞膜电活动和细胞内 Ca^{2+} 浓度的触发和中介下发生相互作用的结果。

从上可见,三个水平的研究是相互联系和补充的。要全面揭示某一生理功能及其产生机制,通常需要从细胞和分子、器官和系统以及整体三个水平进行研究。由于整体功能的复杂性,故在具体研究体内某器官和系统的活动及发生机制时,只能从局部着手去探讨其功能活动的变化和规律,或从细胞和分子水平去探索其物理和化学性质的运动变化及规律,使之能逐渐阐明其活动的机制。然后,再把有关器官、细胞和分子水平的研究结果还原到整体去思考,以探讨其在整体生命活动中的作用。

第6节 生理学的发展史 和研究展望

生理学因医学实践的需要而产生和发展。医学实践自有人类以来即已开始,故生理学的历史是古老的。但若以1628年Harvey发现血液循环并把生理学确立为科学计算,则只有300多年的历史,因而生理学又是年轻的和充满无限生命力的科学。当今的生理学知识,是许多世纪以来的医学家和生理学家在当时的哲学思想指导下,结合其他自然和社会科学的知识并应用有关的技术和方法,不断对人体生命活动及其规律进行探索和研究的成果。尽管生理学已经历了漫长的发展史,但机体功能活动的发生和机制等尚有许多问题还没有阐明。本节仅就生理学发展中的某些历史事件予以简述,并根据目前的研究趋势对其进行展望。

一、生理学的发展史

(一) 古代对生理学的认识

1. 我国对生理学的认识 《内经》是我国在2000

多年前(公元前403~221年)的医学经典。该著作在对人体的功能活动进行的描述中,指出心主血脉,肺主气司呼吸,肾主水、主骨等;有关“心主血脉”,气血循行体内“如环之无端,莫知其继,周而复始”的叙述,提示了血液循环的概念;在“心为君主之官”和“怒伤肝,喜伤心,思伤脾,忧伤肺,恐伤肾”等的解释中,表明神经系统在整体中的主导地位,以及人的情感和意志等对体内多种功能活动的影响;尤其认为“经络”遍布全身,统率脏腑,联络肢体,通表达里,沟通上下,是机体同环境之间的联系通路,若经络失常、气血不和,则导致机体功能紊乱,表明了人体是一个统一的整体,人体与环境间有着密切的联系。通过进一步的发展,建立了独特而完整的祖国传统医学理论体系。传统医学认为,精气是构成人体和维持生命功能的物质基础。维持生命活动的精气分为阴、阳两个方面,两者既对立又统一,相互消长转化是体内各种功能发生变化的根本原因。阴阳平衡时,整体生命活动正常;阴阳失调则表现为疾病。

2. 国外对生理学的认识 古代希腊医学家 Hippocrates(约公元前459~377年)提出人体中存在着水、火、土和气四种元素,与之对应的有黑胆汁、血液、黏液和黄胆汁四种液体,这些液体的比例正常,人体处于健康状态,否则导致疾病。Galen(公元130~201)继承了Hippocrates的主要理论并加以发展,提出的“三元气”学说认为生命的基本要素是元气。他把人体的生长、运动和思维三大功能归之于自然灵气、活力灵气和理性灵气这三种非物质的“灵气”作用,疾病则是因灵气的改变所致。

(二) 近代生理学的发展

1. 解剖和实验生理学的发展 Vesalius(1514~1564)在汲取前人正确知识的基础上,敢于向其错误提出挑战。他认为自然的研究必须是真实地描述人体的构造,而不管这些描述与古代权威观点有何不同。在这种创新性思想的支配下,通过对动物活体解剖和人尸体解剖的观察,他对人体的生理功能有了一定的认识,在1543年发表的《人体构造》一书中对Galen的错误提出批判。Vesalius的工作为Harvey的实验生理学打下了基础。Harvey(1578~1657)通过对多种动物进行活体解剖和生理实验,结合在人体内的观察和分析,证明心脏和动脉及静脉构成了循环运输血液的功能系统,心脏是循环系统的中心并将血液压入动脉,血液通过静脉回流入心。1628年,Harvey所著的《心与血的运动》一书出版,标志生理学真正地成为一门实验性科学。Harvey的功绩不仅在于证明了血液循环的基本规律,更重要的是开创了“活体解剖”的研究方法,为生理学开辟了实验研究的道路。因为,只有通过实验研究,才可能阐明人体生命活动的发生过程和影响因素,才可能对各种生理功能的发生机制进行深刻的分析。恩格斯曾高度评价Harvey的工作,他说:“血液循环的发现把生理学确立为科学。”

2. 分析和综合生理学的发展 法国生理学家 Bernard(1813~1878)在分析和概括人体内复杂的生化反应时,提出了内环境的概念,指出各部分功能活动是相互联系和彼此制约的整体作用过程。美国生理学家 Cannon(1871~1945)在 Bernard 工作的基础上,提出了内稳态的概念。在 Bernard 提出的内环境和 Cannon 提出的内稳态概念的基础上,Wiener(1894~1964)于 1947 年创立了控制论,随即反馈自动控制理论用于阐述机体功能活动的调节及内稳态的维持机制。

俄罗斯生理学家巴甫洛夫(1849~1936)创立了保持机体完整性的慢性实验方法,为动态、综合地研究动物整体功能活动开辟了新的途径。他对消化、循环和脑的高级神经活动进行了研究,尤其是提出了条件反射和大脑皮质的两个信号系统的学说,表明大脑皮质是神经调节的最高级中枢。1902 年,Bayliss 和 Starling 发现促胰液素,建立了激素对机体功能调节的新概念。

德国生理学家 Ludwig 在 1847 年设计制造的记纹鼓,其作用发挥了一个多世纪。记纹鼓的出现,使一些生理活动及变化(如肌的收缩、血压和呼吸运动等)得以记录和保存。Ling 在 1948 年研制出尖端直径小于 $1\mu\text{m}$ 的玻璃微电极,Hodgkin 等随即将其用于细胞内记录并发现神经纤维的动作电位和超射,同时提出膜电位的钠离子学说。Neher 等在 1976 年建立了测定单通道离子流的膜片钳技术,为不同离子通道的开、闭特征和作用等的研究提供了条件。

20 世纪以来,科学技术的飞速发展和各自然学科知识的相互交叉和渗透,为生理学的研究提供了新的理论和技术。分子生物学和计算机等技术在生理学研究中的应用,阐明了生命的物质基础是核酸和蛋白质等生物大分子物质为主构成的复合体系。1990 年,美国进入“脑的十年”,各国神经科学家把工作的重心投入对脑的研究。2000 年,历时 10 年的人类基因组测序工作完成,生命科学进入了后基因组时代(post-genome era),使人能从 DNA 链及其变化中去探索生命活动发生的信息和疾病的产生机制。在 20 世纪末,国内外的一些资深生理学家认为,在对生命活动进行微观分析研究的同时,必须重视整体功能活动的发生及其调节机制的研究,由此提出现代生理学应走整合生理学(integrative physiology)研究的道路,这就为生理学的发展指明了方向。

3. 我国生理学的发展 1926 年,中国成立了生理学会。从 1926 年至今,我国科学家除肾脏生理外,在神经、细胞、血液、循环、呼吸、消化、内分泌和生殖生理的研究中,均获得许多创新性的成果,为生理学的发展做出了重要贡献。

在我国对生理学发展做出的贡献中,许多都是老一辈生理学家的开创性工作。老一辈生理学家是一个优秀的群体,如林可胜、蔡翘、张锡钧、冯德培、侯宗濂、徐丰彦、易见龙、朱鹤年、张香桐、王志均、吴襄、方怀时、程治平、卢振东、陈宜张、韩济生和杨雄里等。

他们热爱祖国,把自己的才智和生命同祖国的命运和科学事业的发展融为一体;他们一身正气,坚持真理,两袖清风,淡泊名利;他们是中华民族的精英和骄傲。

林可胜不但发起组织了中国生理学会,而且还系统地研究了胃黏膜的组织结构和功能的相互关系,首先发现组胺具有刺激胃酸分泌的作用和肠抑胃素及其作用。蔡翘在研究视神经和视觉中枢结构时,发现在间脑和中脑之间有一未被描述过的以小细胞为主的神经核团,这一核团具有参与视觉和其他功能活动的作用,被国际文献称为“蔡氏区”。张锡钧在 30 年代和同事合作首创用蛙腹直肌进行乙酰胆碱生物测定的方法,为证明乙酰胆碱是神经递质起到重大作用;他还与同事们创立了“迷走神经-神经垂体后叶反射”理论,开辟了神经对垂体内分泌调节作用研究的新途径。冯德培发现静息骨骼肌在拉长时代谢增加的现象,被国际生理学术界称为“冯氏效应”;他还证明 Ca^{2+} 对神经肌接头兴奋传递具有重要作用。张香桐首先研究树突的功能,提出中枢神经系统有细胞体和树突上的两种突触兴奋的理论;他发现光线照射视网膜可提高大脑兴奋性的现象,被国际学术界称为“张氏效应”。杨雄理对视信息在视网膜神经回路中传递、调节及机制等方面进行了系统的研究,首先报道视杆细胞-视锥细胞间的电耦合因背景光而增强,发现视觉信息在暗处受压抑等现象。

这里要强调的是,上述的老一辈生理学家大多数都有在国外留学或工作的经历。他们一旦学成即回到祖国,并在艰苦的条件下为祖国的科学和教育事业的发展做出重大贡献。所以,他们不但是著名的生理学家,而且是坚定的爱国主义者,是值得我们崇敬和学习的。

我国现代生理学的研究已有 80 年的历史,已获得的研究成果对生理学的发展做出巨大贡献,使我国生理学的研究水平在国际上享有较高的地位,这是值得我们引以自豪的。但是,我国生理学研究的总体水平,尤其是肾脏、血液和内分泌等方面的研究同国际先进水平比较还存在较大的差距,肾脏生理的研究至今仍然处于空白;我国生命科学研究中还没有理论和方法学方面的重大突破和创新。作为中国大学生,面对差距,既认识到自己对祖国科学发展肩负的责任和使命,以刻苦地为国而学,又可从中选择自己将来为之奋斗的方向。

二、生理学研究的展望

21 世纪是生命科学的世纪。随着自然科学研究中的跨学科和跨领域的新理论和新技术的不断涌现,以及各学科间知识的相互交叉和联系,将为生理学的发展提供更多和更有利的条件。生理学的研究已进入整体、系统和器官、细胞和分子三个水平以及功能基因组学的时代。在不同水平以及各个基因和蛋白质之间,都存在着复杂的相互作用和有机的联系,由此构成多层次的统一整体。人体是一个复杂的巨大

系统,即使作为人体生命活动最基本单元的细胞也是一个复杂系统。在本世纪,一方面通过对细胞和分子、基因和蛋白质功能的研究以逐渐阐明各种生命活动的发生机制,另一方面将加强对整合生理学的研究,以逐渐深入地阐明人体各系统、器官功能活动相互依存和协调的内在机制,以及神经、体液和免疫系统对整体功能活动的调节规律和机制。

生理学最终要阐明各种感觉和运动、语言、计算、学习和记忆、情绪和意识等人脑的高级活动。脑的重要功能是多层次的整合。脑的研究虽然已取得某些进展,但基本上还是一个黑箱。1997年开始的国际性科研计划——人类脑计划(human brain project),将在本世纪得到进一步的实施和发展。对于有志于从事神经科学研究的青年学生而言,最具有挑战性的工作就是探索脑功能活动的奥秘所在。目前使用的无创性脑成像技术,如正电子发射断层扫描和功能性磁共振成像等技术,对了解1~4mm范围的脑区在不同状态下的血流和代谢等功能活动的变化提供了条件。随着研究脑功能的新技术的不断问世和发展完善,期望本世纪内在脑功能的研究方面能取得新的突破。

第7节 学习生理学提倡应用的思想观点和方法

一、学习生理学提倡应用的思想观点

学习生理学时,提倡应用“整体唯物、求实创新、动态发展、相互联系和既对立又统一思想和观点”。因为人体是由多层次结构组成的统一整体,体内任何功能都伴随相应的物质运动,故应坚持整体唯物的观点。虽然对上述三个水平都有不同程度的研究,但体内不同功能活动的发生以及相互作用和协调的机制,尤其是对脑的功能,尚需进一步进行研究和阐明。因此,在学习时,应坚持求实的科学原则,对书本中和老师讲述的知识进行认真思考,以不断产生新的思想和探索解决新问题的方法。生命活动是以复杂的特殊形式表现物理和化学规律的,是一个动态发展和变化的过程,体内的各种功能活动通过相互联系和作用而形成复杂的整体行为。整体功能的稳定,则有赖于神经、体液和免疫等机制既对立又统一的调节。既对立又统一是体内各种功能活动调节的共同规律。例如,在心交感和心迷走神经对心脏活动的调节中,可观察到矛盾着的双方,一方处于主要地位,另一方成为次要方面,它们既相互排斥,又彼此联系和协调,共同维持心脏活动的动态平衡;随着整体功能活动的变化,两者的地位发生转化,在转化的过程中,原有的平衡被打破,新的平衡得以建立。正是由于矛盾着的双方既对立又统一的作用,才促进了体内生命活动的不断更新和发展。

基于上述,在学习生理学时,应用该思想观点,将有助于培养自己严密的科学理论思维的习惯,有助于对生理学的问题充满兴趣并不断激发探究的欲望,有

助于对生理学的知识进行更深刻的理解和正确的运用,有助于培养对复杂问题进行分析并加以解决的能力。

二、学习生理学提倡应用的方法

在学习生理学的过程中,除应用上述的思想观点外,还必须坚持正确的方法和认真、刻苦的学习精神;既要注意对知识的学习,更要重视对自己能力的培养。

(一) 复习有关的知识

生理学主要研究的是功能,而有关结构和代谢方面的知识是认识和理解功能的基础。所以,在学习生理学时,应复习相关课程的知识,把体内的结构、物质代谢和功能活动有机地结合起来进行学习,以形成具有整体意义的知识结构。

(二) 课前预习

在课前,结合教学大纲和进度对即将讲授的知识进行预习以发现问题。这样,在听课时就可做到有的放矢。

(三) 愉快地听课

教师讲授的生理学知识,可能是你以前未知的,但又是正在你体内发生着的生命活动。探索自身的未知,是值得保持愉快的心情并用心去对待的。通过老师不断地提出新的问题和讲解,可把你的思想带入你体内动态变化的功能活动之中。另外,老师在讲述生理学知识的同时,还会传授其正确的思想和处理问题的方法,这些都有助于你对生理学和其他知识的理解和应用。所以,在听课时,应保持愉快的心情并使自己的思维同老师讲授的内容同步,这样,就能与老师输出的知识和思想情感产生积极的互动,使学习效率得以提高。

(四) 重视实验的学习

生理学是实验性的科学。生理学知识和技能的学习,有的需在实验室完成。所以,实验课是生理学学习的重要组成部分。实验学习具有如下功能:①获得新的知识和加深对已有的理论知识的理解。②培养自己敏锐的观察力和服从客观的科学原则;尊重他人并乐意与他人配合以完成某项工作的思想;积极思考和提出问题并动手解决问题的能力;承受实验失败并从中总结教训的能力以及善待实验动物的人文思想和精神。

(五) 及时复习和整理笔记

在认真阅读教科书的基础上,应看几本参考书以