

全国高等学校医学规划教材
(专科教育)

生理学

主编 张翼



高等教育出版社
Higher Education Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

（第4版）

生理学

（第4版）

人民卫生出版社

全国高等学校医学规划教材
(专 科 教 育)

生 理 学

主 编 张 翼



高等教育出版社
Higher Education Press

内容简介

该教材为全国高等学校医学规划教材(专科教育)之一,与国内生理学教科书传统的章节一致,分为绪论、细胞、血液、血液循环、呼吸、消化和吸收、能量代谢和体温、肾的排泄功能、感觉器官、神经系统、内分泌和生殖,共12章。本书内容丰富,重点突出,图文并茂,通俗易懂,适用于各类临床医学专科学生及成人教育专科学生,也可作为自学考试、医师执业资格考试的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

生理学/张翼主编. —北京:高等教育出版社,
2005.7(2006重印)

ISBN 7-04-017342-5

I. 生… II. 张… 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(2005)第056644号

策划编辑 席雁 责任编辑 张晓晶 封面设计 张楠 责任绘图 朱静
版式设计 王艳红 责任校对 金辉 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

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京人卫印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 16.25
字 数 390 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2005年7月第1版
印 次 2006年2月第2次印刷
定 价 22.30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 17342-00

本书编写人员

主 编 张 翼

副主编 赵锁安 张 敏

编 者 (以姓氏拼音为序)

李建秀	河北工程学院
李正红	蚌埠医学院
祁文秀	山西医科大学
宋立林	河北医科大学
佟长青	天津武警医学院
王道河	山东医学高等专科学校
王德宝	河北北方学院
吴培林	杭州师院
张翠英	长治医学院
张 敏	九江学院
张 翼	河北医科大学
赵锁安	白求恩军医学院

前 言

为适应我国高等医学教育发展的新形势和医学教材建设的新格局,满足我国当前医疗卫生和医学教育工作的实际需求,高等教育出版社适时地明确了“全国高等学校医学规划教材”编写的定位、特色和原则要求,专科教材“生理学”就是根据这一规划要求组织编写的。

本教材以临床医学类专业专科教材“生理学教学大纲”为依据,其目标是使学生达到专科学历应有水平,并为通过国家临床执业医师资格考试奠定基础。为此,本教材编写的深度和广度与传统的临床医学大专教材相当,并涵盖国家临床执业医师资格考试大纲规定的全部内容。

本教材在保证生理学基本内容基础上,力求突出重点、简洁明了。与同类临床医学大专教材比较,本书文字有较大篇幅缩减,适当增加直观、简明的图和表。缩减的内容主要是一般了解的内容和陈旧过时或太过前沿的内容。为突出“三基”和实用性,凡要求专科生应知必会的重点内容均在每章之首的学习目标框内列出,并在正文中将其关键词用粗体字提示要点所在。在每章的结尾处附有复习思考题。对于较为重要的生理学专业术语,在其后的括号内给出英文名词。

参加本教材编写的共有国内 11 所院校的 12 位教师,他们长年工作在生理学教学第一线,具有丰富的教学经验。大家也愿意将各自的教学经验和体会融会到本教材中。在本教材编写过程中,河北医科大学生理学教研室谷双振教授在教材编写筹备、稿件审阅等多方面给予了极大的帮助,河北医科大学生理学教研室张浩讲师在绘图方面给予了大力支持,河北医科大学生理学教研室郭淑梅、张丽华、马会杰、袁芳和王昕等老师,杭州师院医学院蔡桂华书记、张玲美老师在教材编写会议期间给予热情支持。因此,本教材凝聚了大家共同的心血,在此一并表示衷心的感谢。

河北北方学院生理学教研室的王德宝教授在本教材定稿后,不幸因病去世。在此,我们对王德宝教授表示深切的哀悼。

由于水平有限,教材中难免存在不足之处,恳请广大教师和同学们给予批评和指正。

生理学教材编写组

2005 年 3 月于河北石家庄

目 录

第一章 绪论	1	一、骨骼肌神经肌肉接头处的兴奋传递	21
第一节 生理学的研究对象和任务	1	二、骨骼肌细胞的微细结构和肌丝的分子组成	22
一、生理学的任务	1	三、骨骼肌的收缩机制	24
二、生理学的不同研究水平	1	四、骨骼肌的兴奋收缩耦联	25
三、生理学的常用研究方法	2	五、骨骼肌收缩的形式	25
四、生理学学习的基本指导思想	3	六、影响骨骼肌收缩的因素	27
五、生理学的发展简史	3	复习思考题	28
第二节 生命活动的基本特征	4	第三章 血液	29
一、新陈代谢	4	第一节 血液的组成及理化特性	29
二、兴奋性	4	一、血液的组成及血量	29
三、适应性	5	二、血液的理化特性	31
第三节 机体的内环境及其稳态	5	第二节 血细胞	32
一、体液及其内环境	5	一、红细胞	32
二、内环境稳态	5	二、白细胞	35
第四节 生理功能的调节	6	三、血小板	37
一、机体生理功能调节的方式	6	第三节 血液凝固与纤维蛋白溶解	38
二、机体生理功能调节的自动控制	7	一、血液凝固	38
复习思考题	8	二、纤维蛋白溶解	42
第二章 细胞	9	第四节 血型与输血	43
第一节 细胞膜的物质转运功能	9	一、ABO 血型系统	43
一、单纯扩散	10	二、Rh 血型系统	44
二、易化扩散	10	三、输血	45
三、主动转运	12	复习思考题	46
四、胞吐（出胞）和胞吞（入胞）	13	第四章 血液循环	47
第二节 细胞跨膜信号转导功能	14	第一节 心脏生理	47
一、细胞跨膜信号转导的概念	14	一、心脏的生物电活动	47
二、细胞跨膜信号转导的主要方式	14	二、心肌的生理特性	52
第三节 细胞的生物电活动	15	三、体表心电图	56
一、静息电位及其产生机制	15	四、心脏的泵血功能	58
二、动作电位及其产生机制	16	第二节 血管生理	67
三、组织的兴奋和兴奋性	20	一、各类血管的功能特点	67
第四节 肌细胞的收缩功能	21		

二、血流量、血流阻力和血压	67	一、胃液的性质、成分和作用	112
三、动脉血压和动脉脉搏	68	二、胃的运动	114
四、静脉血压和静脉回心血量	71	第四节 小肠内消化	116
五、微循环	73	一、胰液及其作用	116
六、组织液的生成和回流	74	二、胆汁的分泌与排出	117
七、淋巴液的生成和回流	76	三、小肠液及其作用	117
第三节 心血管活动的调节	76	四、小肠的运动	118
一、神经调节	77	第五节 大肠内消化	118
二、体液调节	82	一、大肠液及其作用	119
第四节 器官循环	84	二、大肠内细菌的活动	119
一、冠脉循环	84	三、大肠的运动和排便	119
二、肺循环	85	第六节 消化活动的调节	119
三、脑循环	86	一、胃肠的神经支配及消化活动的神经	
复习思考题	87	反射	120
第五章 呼吸	88	二、消化器官功能活动的体液调节	122
第一节 肺通气	89	三、消化期胃液分泌的调节	123
一、肺通气的动力	89	四、消化期胰液分泌的调节	124
二、肺通气的阻力	92	五、胆汁分泌和排放的调节	126
三、肺通气功能的评价	94	第七节 吸收	126
第二节 呼吸气体的交换	97	一、吸收过程概述	126
一、气体交换的原理	97	二、小肠内主要营养物质的吸收	126
二、气体交换的过程	98	复习思考题	129
三、影响肺换气的因素	99	第七章 能量代谢和体温	130
第三节 气体在血液中的运输	100	第一节 能量代谢	130
一、氧的运输	100	一、机体能量的来源和去路	130
二、二氧化碳的运输	102	二、能量代谢的测定原理和方法	131
第四节 呼吸运动的调节	103	三、影响能量代谢的因素	134
一、呼吸中枢与呼吸节律的产生	104	四、基础代谢	135
二、呼吸的反射性调节	106	第二节 体温及其调节	136
复习思考题	108	一、正常体温及其生理波动	136
第六章 消化和吸收	109	二、产热和散热	138
第一节 概述	109	三、体温调节	140
一、消化管平滑肌的特性	109	复习思考题	142
二、消化腺的分泌功能	110	第八章 肾的排泄功能	143
第二节 口腔内消化	111	第一节 肾的结构和血液循环特点	143
一、唾液及其作用	111	一、肾的结构特点	143
二、咀嚼和吞咽	111	二、肾血液循环的特点	145
第三节 胃内消化	112	第二节 尿的生成	146

一、肾小球的滤过作用	146	第三节 神经系统对躯体运动的调节	199
二、肾小管和集合管的物质转运功能	148	一、脊髓对躯体运动的调节	199
三、尿液的浓缩和稀释	153	二、脑干对肌紧张和姿势的调节	202
第三节 尿生成的调节	155	三、小脑对躯体运动的调节	203
一、肾内调节	155	四、基底神经节对躯体运动的调节	204
二、神经和体液调节	156	五、大脑皮质对躯体运动的调节	205
第四节 尿液排放	159	第四节 神经系统对内脏活动的调节	207
复习思考题	160	一、自主神经系统的功能	207
第九章 感觉器官	161	二、内脏活动的中枢调节	209
第一节 感受器的一般生理	161	第五节 脑的高级功能	211
一、感受器的概念和分类	161	一、学习与记忆	211
二、感受器的一般生理特性	162	二、大脑皮质的语言中枢	213
第二节 视觉器官	163	三、大脑皮质的生物电活动	214
一、眼的折光功能	163	四、睡眠和觉醒	216
二、眼的感光功能	166	复习思考题	217
三、与视觉有关的几种生理现象	169	第十一章 内分泌	219
第三节 听觉器官	171	第一节 概述	219
一、外耳和中耳的传音功能	171	一、激素的分类	220
二、内耳的感音功能	173	二、激素作用的机制	220
三、听阈和听域	175	三、激素作用的一般特性	222
第四节 前庭器官	175	四、激素分泌的调节	222
一、前庭器官的感受细胞	176	第二节 下丘脑与垂体	223
二、半规管的功能	176	一、下丘脑-腺垂体系统	223
三、椭圆囊和球囊的功能	177	二、下丘脑-神经垂体系统	226
四、前庭反应	177	第三节 甲状腺	227
复习思考题	178	一、甲状腺激素的合成与代谢	227
第十章 神经系统	180	二、甲状腺激素的生物学作用	228
第一节 神经元活动的一般规律	180	三、甲状腺功能的调节	230
一、神经元和神经纤维	180	第四节 肾上腺	231
二、神经胶质细胞	183	一、肾上腺皮质	231
三、神经元间的相互作用方式	183	二、肾上腺髓质	233
四、神经递质和受体	186	第五节 胰岛	234
五、反射活动的一般规律	189	一、胰岛素	234
第二节 神经系统的感觉功能	192	二、胰高血糖素	235
一、脊髓的感觉传导功能	192	第六节 甲状旁腺和甲状腺C细胞	236
二、丘脑及其感觉投射系统	193	一、甲状旁腺激素	236
三、大脑皮质的感觉分析功能	196	二、降钙素	236
四、痛觉	197	第七节 松果体激素与前列腺素	237

一、松果体的激素	237	第二节 女性生殖	241
二、前列腺素	237	一、卵巢的功能	241
复习思考题	238	二、卵巢功能的调节	242
第十二章 生殖	239	三、月经周期	243
第一节 男性生殖	239	四、妊娠	244
一、睾丸的功能	239	复习思考题	246
二、睾丸功能的调节	240	参考文献	247

第一章 绪 论

学习目标

1. 掌握兴奋性的概念,内环境稳态及其生理意义,反射及反馈的概念。
2. 熟悉人体功能调节的方式。
3. 了解生理学的概况,包括生理学的任务、研究水平和方法。

第一节 生理学的研究对象和任务

一、生理学的任务

生理学(physiology)是生物学的一个分支,是一门研究生物体生命活动规律的科学。生理学以生物机体的生命现象和机体各组成部分的功能为研究对象,其任务就是阐明各种生命现象和生理功能发生的条件、发生的机制,机体各组成部分功能的完整统一性,以及机体与环境之间的协调一致性,从而掌握生命活动的规律。

根据具体研究对象的不同,生理学可分为动物生理学、植物生理学、人体生理学等;根据研究范畴和内容的不同,生理学又可分为高原生理学、潜水生理学、麻醉生理学、应用生理学 and 比较生理学等。

人体生理学(human physiology)是研究正常人体功能及其活动规律的科学,是重要的医学基础理论学科之一。其研究对象为正常人体及体内各系统、器官所表现的各种生命现象和生理功能,如血液循环、呼吸和消化等。人体生理学的任务就是阐明这些生命现象或生理功能活动的规律,以及内、外环境变化对这些生命活动的影响,从而为进一步学习医学基础和临床课程,为临床、护理、预防等医学实践活动提供必要的理论基础。

二、生理学的不同研究水平

构成机体的基本结构和功能单位是细胞,不同细胞构成不同的组织,进一步构成机体的器官和系统,各系统相互协调构成一个有机的整体。因此,生理学的研究可以从以下3个不同水平进行。

(一) 细胞、分子水平

细胞、分子水平的生理学主要研究细胞内的各种超微结构的功能、物质分子的理化特性及其变化过程。体内各器官的功能是由构成该器官的细胞的特性决定的,而细胞的生理特性又是由细胞的各组成成分,特别是细胞中各种生物大分子的物理、化学特性决定的。例如,心脏之所以

能够搏动,是由心肌细胞的生理特性(收缩性)决定的,而心肌细胞的收缩性则决定于心肌细胞中的特殊蛋白质。这些特殊蛋白质分子具有特定的排列结合方式,在离子浓度的变化和酶的作用下排列方式可发生变化,引起肌节及肌纤维长度变化,发生肌肉收缩或舒张。在体内,细胞的生理特性还取决于它们所表达的不同基因;而在不同的环境条件下,基因的表达可以发生改变。因此,对机体功能的研究必须深入到细胞和分子的水平。以细胞和它所含的物质分子为对象的生理学研究称为细胞和分子水平的生理学研究,这方面的生理学知识称为普通生理学或细胞生理学。

(二) 器官和系统水平

器官和系统水平的生理学主要研究机体内各器官和系统的功能、活动规律及各种因素对其活动的影响。例如,研究血液循环功能时,要了解心脏和血管具有哪些功能,这些功能实现的条件和过程,这些功能受到哪些因素的影响和调节。有关血液循环的这些研究必须以完整的心脏、血管为研究对象。以器官、系统为研究对象的生理学研究称为器官和系统水平的生理学研究,这方面的生理学知识称为器官和系统生理学,例如循环生理学、心脏生理学、血管生理学、内分泌生理学和肾生理学等。

(三) 整体水平

整体水平的生理学主要研究完整机体内各器官、系统之间的功能联系和相互影响,以及机体与环境之间的相互联系和影响。例如,在劳动、运动等情况下,人体内多种器官和系统都发生相应的变化,这些生理活动彼此相互联系、相互制约,机体表现为既对立又统一的协调过程(整合)。又如,机体的功能受环境的影响,环境的变化常常引起机体内各器官、系统功能发生适应性变化。所有这些研究必须以完整机体为研究对象。整体水平的研究比细胞、分子水平和器官、系统水平的研究更复杂。

上述3个水平的生理学研究之间并不是孤立的,而是相互联系、相互补充的。没有微观的细胞、分子水平研究,将无法了解生命活动和功能机制的细胞内变化及其物质基础;没有综合性的整体水平研究,将无法阐明机体生命活动规律及其功能的发生机制。因此,3个水平的生理学研究相辅相成,缺一不可。

三、生理学的常用研究方法

生理学实验是生理学的重要组成部分,是获得生理学知识的主要途径。生理学实验可以人体为研究对象,通过观察的方法了解人体某些功能及其变化规律。而大量的生理学实验是以动物为研究对象进行的。通过动物实验来探讨人体的某些功能和产生机制是生理学必不可少的研究手段。动物实验可根据其时间进程分为急性实验和慢性实验两大类。

(一) 急性实验

急性实验又分为在体实验和离体实验两种。在体实验是指动物在麻醉或脑的高级中枢破坏条件下,进行的实验或观察,因此在体实验方法又称为活体解剖实验法。例如,在动物麻醉条件下,进行血压、呼吸、泌尿活动的研究。在体实验的优点是方法简便,实验条件易于控制。

离体实验是指由活的或刚被处死的动物体中取出所要研究的组织、器官或细胞,置于人工控制的实验条件中,使其在实验过程中维持正常的生理功能,以进行实验研究。例如,离体的大鼠心肌细胞生物电活动的记录和离体蛙心灌流。离体实验的优点是可以人为地改变各种实验条

件,易于观察某种因素对某一生理功能的影响。

这一类实验难以长期持久进行,实验后动物无法生存,一般及时予以处死,所以称之为急性实验。

(二) 慢性实验

所谓慢性实验,是指在完整而且清醒的动物身上,在机体内、外环境保持相对稳定的条件下,进行各种生理学实验研究的方法。例如,应用外科无菌手术制备各种器官的瘘管以及摘除、破坏或移植某些器官,进行慢性实验。慢性实验的优点是实验在正常生理状态下进行,因而结果更接近于机体的生理活动变化。但慢性实验时间长,要求实验条件高,影响因素多,结果不易分析。

这一类实验的动物可以存活较长时间,并可多次对其进行实验研究,因此这类实验称为慢性实验。

生理学的发展与自然科学的发展密切相关,现代高新技术以及多学科交叉、渗透,使生理学的研究方法不断更新、发展,并促进生理学研究日益深入。由于人与动物存在差异,不能简单地把动物实验结果和结论机械地应用到人,而且,应用不同实验方法得到的结果存在一定的差异,所以,对所获得的动物实验结果,必须全面考虑,充分分析和综合,以获得正确的认识和结论。

四、生理学学习的基本指导思想

在生理学学习的过程中,应该始终坚持一个观点:辩证唯物主义观点。辩证唯物主义是自然界和人类社会所共有的一般规律,对任何自然科学的研究都具有指导作用。人体生理学是自然科学的一个分支,是研究生命活动规律的科学。人体内的许多功能活动既对立又统一,遵循自然界的对立统一规律,如兴奋和抑制、凝血和抗凝血、交感神经系统和副交感神经系统活动。机体的功能正是在这种对立统一中实现的。生理学学习必须以辩证唯物主义、对立统一规律为指导。

生理学是一门理论性、实践性很强的学科,生理学的理论知识主要来源于实验研究。因此,在生理学学习中,应该强调两个方面:理论和实验。通过理论学习,掌握生理学的基本内容,掌握人体的基本功能及其活动规律。通过实验,验证生理学理论知识,加深对所学知识的理解和掌握。

人体各种器官、组织、细胞的功能是以其形态结构为基础的。例如骨骼肌的收缩是在运动神经控制下进行的。运动神经的兴奋通过神经肌肉接头传到肌细胞,通过横管系统传到细胞内,通过纵管系统触发肌肉收缩。肌肉收缩是以肌节为单位,通过细肌丝向粗肌丝之间滑动实现的。人体的功能活动是由构成机体的各器官、系统的功能共同组成的,但不是各器官、系统功能的简单总和。各器官、系统之间相互联系,功能活动相互配合、相互制约,共同维持整体功能活动。

因此,在生理学学习中,应该注重三个方面的结合:理论与实践结合,局部与整体结合,功能与形态结合。

五、生理学的发展简史

生理学是一门古老而又年轻的学科,生理学的发展经历了漫长的历程。生理学的发展与医学的发展密切相关。早在公元前,人类就开始对生命现象进行初步的观察。公元前5世纪,古希腊的希波克拉底(Hippocrates, 约公元前459—公元前377)就曾提出,人体是由空气、水和土等基

本元素构成的。我国医学的经典著作《黄帝内经》(公元前 400—公元前 300)中,有不少有关生理功能的描述。公元 2 世纪,古罗马名医盖伦(C. Galen, 130—200)曾根据人体解剖知识推断生理功能。16 世纪,著名解剖学家 Vesalius(1514—1569)也曾对生理功能进行过推断。但生理学成为一门独立的学科是在 17 世纪。1628 年,英国著名医生哈维(W. Harvey)首先在动物身上用活体解剖和实验的方法研究了血液循环,证明心脏是循环系统的中心,血液由心脏射入动脉,经静脉回流入心,不断循环。哈维的著作《心与血的运动》是历史上第一部基于实验证据的生理学著作,哈维也被公认为近代生理学的创始人。其后的 4 个世纪中,生理学在神经、心血管、呼吸、消化和内分泌等各个领域不断得到飞速的发展。尤其在近 1 个世纪中,随着现代工业技术和科技的迅猛发展,生理学获得了长足的进步。例如,电子显微镜的问世给生理学的微观研究奠定了发展的基础,微电极、电压钳和膜片钳技术的出现使测定细胞内电位、离子通道电流成为可能。生理学的进展又极大地促进了医学的进步,例如胰岛素的发现为糖尿病的治疗做出了巨大的贡献。展望未来,伴随着世界科技的突飞猛进,生理学必将以更快的步伐不断地向前发展。

第二节 生命活动的基本特征

生物体的生命活动表现出新陈代谢、兴奋性和适应性等基本特征。

一、新陈代谢

新陈代谢(metabolism)是指机体与环境之间的物质和能量交换过程,即机体的新老交替、自我更新的生命活动过程。新陈代谢包括物质代谢和能量代谢两个方面,可分为同化和异化两个过程。

同化过程是指生物体不断由外界环境摄取营养物质,将其合成、转化为机体本身物质的过程。同化过程中需要吸收能量。异化过程是指生物体不断分解自身成分,将分解产物排出体外的过程。异化过程释放能量,供给机体组织利用。

新陈代谢是生命活动的最基本特征,新陈代谢一旦停止,生命即将终结。

二、兴奋性

活的细胞、组织或机体接受刺激发生反应的能力或特性,在生理学中传统地称之为**应激性(irritability)**。应激性是一切活的细胞、组织或机体(包括植物、低等和高等动物)所共有的特性。刺激(stimulus)是指能引起机体发生反应的各种内外环境变化,包括物理性的(如电、机械、温度、声、光和射线等),化学性的(如酸、碱、盐和药物等),生物性的(如病毒、细菌和寄生虫等);对人类还应包括社会心理因素形成的刺激。机体的反应(response)包括两种基本类型:兴奋和抑制。机体由相对静止状态转变为活动状态或由活动弱转变为活动强,称为**兴奋(excitation)**,如肌肉收缩和腺体分泌;而机体由活动状态转变为相对静止状态或由活动强转变为活动弱,称为**抑制(inhibition)**。活的细胞、组织或机体对刺激具有产生兴奋的能力或特性,称之为**兴奋性(excitability)**。兴奋性是在应激性基础上发展起来的。具有兴奋性的组织称为可兴奋组织。可兴奋组织产生兴奋时的本质变化是首先出现动作电位(见第二章),而其他反应(如肌肉的收缩和腺体的分泌)是在动作电位的触发下进一步产生的。因此,近代生理学中将兴奋性定义为组织、细胞

接受刺激产生动作电位的能力,而将兴奋定义为产生动作电位的过程。

刺激能否引起组织产生兴奋,除决定于组织兴奋性之外,还决定于刺激的3个参数:刺激强度、刺激作用时间和刺激强度-时间变化率。通常在实验条件下,固定刺激强度-时间变化率和刺激作用时间,用不同强度的刺激去刺激组织细胞时,将引起组织细胞发生反应的最小刺激强度称为**阈强度或阈值(threshold)**。强度低于阈值的刺激称为阈下刺激,一次阈下刺激不能引起组织细胞兴奋;强度等于或高于阈值的刺激分别称为阈刺激和阈上刺激,这两种刺激均可引起组织细胞兴奋。阈值可作为衡量组织细胞兴奋性高低的指标,两者呈反变关系:

$$\text{兴奋性} \propto \frac{1}{\text{阈值}}$$

引起某种组织细胞兴奋的刺激阈值低,说明组织细胞容易产生兴奋,即兴奋性高;阈值高,说明组织细胞不易产生兴奋,即兴奋性低。

三、适应性

生物体长期生存在某种特定环境中,可逐步建立一整套与环境相适应、适合自身生存的自我调节反应方式。生物体所具有的这种适应环境的能力或特性,称为**适应性(adaptability)**。例如,长期居住高原地区的居民,其血中红细胞数量和血红蛋白含量远高于平原地区的居民,血液运输氧的能力大大增强,以适应高原缺氧而生存。

第三节 机体的内环境及其稳态

一、体液及其内环境

人体内的液体总称为**体液(body fluid)**,在正常成人,体液量约为体重的60%。根据体液在细胞内、外的分布,体液分为**细胞内液(intracellular fluid)**和**细胞外液(extracellular fluid)**两种。细胞内液占体液总量的2/3,细胞外液占体液总量的1/3,包括血浆、组织液和淋巴液等。

人体生存的大自然环境称为外环境,但人体绝大多数细胞并不与外环境相接触,而是浸浴在细胞外液之中。通过细胞外液,细胞获得营养物质;细胞的代谢产物也是首先排入细胞外液,再进一步通过排泄器官排出体外。因此,细胞外液是细胞生存的直接环境,称为**机体的内环境(internal environment)**。

二、内环境稳态

正常体内,细胞外液的化学成分和各种理化因素包括渗透压、酸碱度、温度保持在一个相对恒定的水平,称为**内环境稳态(homeostasis)**。

内环境稳态是机体的一种复杂的动态平衡过程:一方面,细胞的新陈代谢使内环境稳态不断地受到破坏;另一方面,机体通过各种调节使内环境稳态不断恢复。新陈代谢和机体的调节同时发生,两者既对立又统一,维持内环境的稳态。由此可见,稳态的概念不仅包括内环境理化性质的动态平衡状态,而且还应包括机体各级水平的生理功能的动态平衡状态,以及维持这些稳定状态的调节机制。所以,稳态是通过机体各种调节机制,尤其是负反馈控制系统(见本章第四节)

维持机体内环境理化性质以及机体各级水平生化反应和生理功能的相对稳定状态的。稳态是内环境稳态概念的延伸和发展,是生命科学中最具普遍意义的一个基本概念。

稳态是机体各种生理功能得以实现,生命活动得以维持的根本条件。一旦稳态受到破坏,机体则发生疾病。临床医学工作者的责任就是帮助患者恢复稳态,从而恢复健康。

第四节 生理功能的调节

正常机体的各系统、器官功能保持协调一致,机体与环境之间保持协调一致,是通过机体组织、器官功能活动的改变所实现的。这一过程称为生理功能的调节。

一、机体生理功能调节的方式

(一) 神经调节

通过体内神经系统而实现的调节称为神经调节(nervous regulation),神经调节是人体最主要的调节方式。

神经调节的基本方式是反射。反射(reflex)是指在中枢神经系统参与下,机体对内外环境变化所做出的适应性反应。例如,异物触及角膜引起的眨眼反射,强光照射眼球引起的瞳孔对光反射。反射的结构基础是反射弧,包括感受器、传入神经、中枢、传出神经和效应器5部分。通常感受器接受内、外环境变化的刺激而产生兴奋,兴奋通过传入神经传至相应的中枢,中枢对传入的信息进行综合、分析和处理,发出指令通过传出神经到效应器,改变效应器官的活动。反射弧任何一个部位发生损伤,反射活动将无法进行。

神经调节的特点是:反应迅速、短暂、精确。

反射可分为非条件反射与条件反射两类。非条件反射(unconditioned reflex)是先天的、与生俱来的、较低级的反射,其反射弧较为固定,数量有限。例如,食物进入口腔所引起的唾液分泌。非条件反射可使机体简单适应环境变化,维持个体的生存。条件反射(conditioned reflex)是后天个体发育过程中,在非条件反射基础上形成的高级的反射,其数量无限。例如,食物的形象和气味所引起的唾液分泌。条件反射可使机体高度适应环境的变化,并使机体的行为具有一定的预见性。

(二) 体液调节

体液调节(humoral regulation)是指机体的某些细胞分泌的特殊化学物质经体液的运输到达机体的特定部位,调节组织细胞的生理活动。体液调节作用主要表现在机体的新陈代谢、生长、发育和生殖等方面。这些特殊化学物质所作用的器官,称为靶器官;作用的细胞,称为靶细胞;作用的内分泌腺体,称为靶腺。

体液调节主要由内分泌腺所产生的具有生物活性的物质——激素(hormone)所完成。内分泌腺所产生的激素通过血液循环运送到全身,而发挥调节作用。由于激素作用的靶器官距离远,范围广,一般将血液激素完成的体液性调节称为全身性体液调节,或称为远距分泌(telecrine)调节。例如,胰岛 β 细胞分泌的胰岛素可调节各种组织细胞的糖代谢,促进组织细胞对葡萄糖的摄取和利用,在维持血糖浓度的稳定中起重要作用。

体内散在的内分泌细胞和某些组织细胞也可产生某些特殊化学物质,包括激素、生物活性物

质及代谢产物。这些特殊化学物质分泌后不经过血液运输,而通过局部的组织液弥散到周围组织细胞,发挥调节作用。由于这种调节作用范围小而且局限,所以称为局部性体液调节,包括旁分泌(paracrine)和自分泌(autocrine)调节(见内分泌章)。局部性体液调节不如全身性体液调节作用重要。

此外,一些内分泌腺直接或间接受神经系统的调节。在这种情况下,体液调节可认为是神经调节反射弧传出部分的延伸或补充,称为神经-体液调节。例如,当交感神经兴奋时,可引起它所支配的肾上腺髓质分泌肾上腺素、去甲肾上腺素,通过血液循环运输,调节机体各器官的功能活动。

体液调节的特点是:反应较缓慢、广泛和持久。

(三) 自身调节

自身调节(autoregulation)是指当内、外环境变化时,机体组织或细胞不依赖神经和体液调节而发生的一种适应性反应。例如,心肌收缩力在一定范围内与收缩前心肌纤维的初长呈正相关,即在一定范围内,收缩前的心肌纤维越长,收缩时产生的收缩力量就越大。

自身调节是一种局部的调控作用,其调节范围较小,灵敏度较低,但仍是机体调节中不容忽视的一种方式,对组织、器官生理功能及其稳态的维持具有一定的调节意义。

二、机体生理功能调节的自动控制

人体生理功能的调控过程与工程技术中的某些控制过程有许多相似之处,有着许多共同的规律。按照控制论的原理,人体的调节系统可以看成是一个自动控制或反馈控制系统(feedback control system)。自动控制系统是一个闭环系统,控制部分与受控部分之间存在双向的信息联系(图1-1)。控制部分发出控制信息到受控部分,引起受控部分活动;而受控部分可发出反馈信息(反映输出变量变化情况的信息),返回到控制部分,纠正或调整控制部分对受控部分的影响,从而达到自动精确的调控。

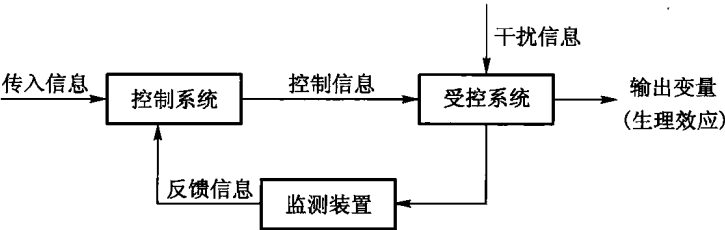


图1-1 机体生理功能调节的自动控制系统模式图

根据反馈信息对控制部分的作用,反馈控制系统分为负反馈和正反馈两种。

在人体生理功能自动控制系统中,如果受控部分反馈信息的作用与控制信息的作用方向相反,使控制部分的活动向相反方向发展,则称为负反馈(negative feedback)。负反馈的作用是可逆的,正常机体生理功能的调节大部分是通过负反馈方式进行的。负反馈调节是机体稳态维持的最常见调节方式,是维持人体生理功能稳态的重要调控机制。例如,人体正常血压水平的维持是通过负反馈调节机制进行的。当血压升高时,通过颈动脉窦、主动脉弓压力感受性反射(降压反射)活动加强,反射性引起心脏活动减弱,血管舒张,导致血压回降;相反,动脉血压下降,降