

第2版

高等医学院校教材

供临床、检验、中医、口腔、影像等专业用

生理学

主编 陈彦静 李建东



人民卫生出版社

高等医学院校教材

供临床、检验、中医、口腔、影像等专业用

生 理 学

第2版

主 编 陈彦静 李建东

副主编 张晓云

编 者 (以姓氏笔画为序)

马建伟 王雪芳 张晓云 李建东

陈立锋 陈彦静 赵兰平 温晓竞

焦 宏 葛赋贵

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

生理学/陈彦静等主编. —2 版. —北京:人民卫生出版社,2007. 11

ISBN 978-7-117-09295-1

I. 生… II. 陈… III. 人体生理学 IV. R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 154756 号

生 理 学

第 2 版

主 编: 陈彦静 李建东

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010-67616688)

地 址: 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

邮 编: 100078

网 址: <http://www.pmph.com>

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

印 刷: 北京蓝迪彩色印务有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 22.5

字 数: 528 千字

版 次: 2003 年 7 月第 1 版 2007 年 11 月第 2 版第 2 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-09295-1/R · 9296

定 价: 42.00 元

版权所有,侵权必究,打击盗版举报电话: 010-87613394

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)

前 言

《生理学》已出版使用近五年,为使本教材更好地适应医学各专业和各层次的需要,根据使用的情况,经充分征求教师和同学们的意见,在认真研究和分析原教材的基础上,对原使用的版本作了认真地修订。此次修订的原则是充实内容,突出基本观点,提高可读性,提升教科书质量。修订后,本教材力求在思想性、科学性、先进性和启发性等方面有进一步的提高;在内容上更加精炼、求新、适用性强,使之既适合医学各专业本科生,又适于大专生的使用。

在修订过程中,编者们的结合自己的教学经验和参考新近版本的国内外生理学教材,注意了各章内容的联系与衔接,使其更具整体性和可读性。在不增加总量的前提下,对部分内容进行了充实调整,增加了教材的信息量。如第二章,考虑到跨膜信息转导涉及到离子通道和生物电信号的传递,因而将这部分内容改置于生物电之后介绍,以使学生对电信号转导形式更易理解。第十章调整了脑的高级功能的部分内容;第十二章增加了性生理内容。其他各章内容也进行了一定的调整和增删,力求使本教材更好地反映生理学当前的发展水平,又能与后续课程和临床内容相互衔接和呼应。

为便于读者对某些复杂内容的理解,本次修订精选并增加了一些新的插图,规范了名词术语和计量单位,增加了中英文对照索引,以便学习查考。

由于水平所限,修订之后本教材仍难免存在些问题,敬请同道和读者不吝指正。

编 者

2007 年 8 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 机体的内环境和稳态	1
第二节 人体功能的调节	2
一、人体功能活动的调节形式	2
二、人体功能调节的自动控制原理	4
第二章 细胞的基本功能	6
第一节 细胞膜的基本结构与物质转运功能	6
一、细胞膜的结构和分子组成	7
二、细胞膜的跨膜物质转运功能	9
三、细胞膜上的离子运动和扩散电位	15
第二节 细胞的兴奋性和生物电现象	17
一、细胞的兴奋性及其特征	17
二、细胞的生物电现象及其产生的机制	19
三、动作电位的引起和传导	25
第三节 细胞的跨膜信号转导功能	28
一、离子通道受体介导的跨膜信号转导	29
二、G 蛋白质耦联受体介导的跨膜信号转导	30
三、酶耦联受体介导的跨膜信号转导	32
第四节 肌细胞的收缩功能	33
一、神经-骨骼肌接头处的兴奋传递	33
二、骨骼肌细胞的微细结构	35
三、骨骼肌细胞的收缩机制	36
四、骨骼肌的兴奋-收缩耦联	38
五、骨骼肌收缩的外部特征	39
六、平滑肌的结构和生理特性	42
第三章 血液	44
第一节 血液的组成与特性	44
一、血液的组成和血量	44
二、血液的理化特性	45
第二节 血细胞生理	47

一、血细胞生成的部位和一般过程	47
二、红细胞生理	48
三、白细胞生理	50
四、血小板生理	52
第三节 血液凝固与纤维蛋白溶解	54
一、血液凝固	54
二、抗凝系统的作用	56
三、纤维蛋白溶解	57
四、凝血、纤溶与机体防卫	58
第四节 血型与输血原则	58
一、血型与红细胞凝集	58
二、红细胞血型	59
三、输血的原则	61
第四章 血液循环	62
第一节 心脏的泵血功能	62
一、心动周期	63
二、心脏的泵血过程	64
三、心脏泵功能的评定	67
四、心泵功能的调节	68
五、心力储备	71
第二节 心肌细胞的生物电现象和生理特性	71
一、心肌细胞的生物电现象	72
二、心肌的生理特性	76
三、体表心电图	81
第三节 血管生理	83
一、各类血管的功能特点	83
二、血流量、血流阻力和血压	84
三、动脉血压与动脉脉搏	86
四、静脉血压和静脉回流	89
五、微循环	91
六、组织液的生成	93
七、淋巴液的生成和回流	94
第四节 心血管活动的调节	95
一、神经调节	95
二、体液调节	101
三、局部血流调节	104
四、动脉血压的短期调节和长期调节	105
第五节 器官循环	106

一、冠脉循环	106
二、肺循环	108
三、脑循环	109
第五章 呼吸	112
第一节 肺通气	112
一、肺通气原理	113
二、肺容积和肺容量	119
三、肺通气量和肺泡通气量	121
第二节 肺换气和组织换气	122
一、气体交换的原理	122
二、肺换气	123
三、组织换气	125
第三节 气体在血液中的运输	125
一、氧的运输	126
二、二氧化碳的运输	128
第四节 呼吸运动的调节	130
一、呼吸中枢与呼吸节律的形成	130
二、呼吸的反射性调节	133
第六章 消化和吸收	138
第一节 概述	138
一、消化道平滑肌的特性	138
二、消化腺的分泌功能	140
三、胃肠激素	141
四、消化道的神经支配	142
第二节 口腔内消化	143
一、唾液分泌	143
二、咀嚼和吞咽	144
第三节 胃内消化	144
一、胃液分泌	145
二、胃的运动	149
第四节 小肠内消化	151
一、胰液分泌	151
二、胆汁的分泌和排放	154
三、小肠液分泌	155
四、小肠的运动	156
第五节 大肠内消化	157
一、大肠液的分泌和细菌的作用	157

二、大肠的运动	157
三、排便	158
第六节 消化道的吸收功能	158
一、吸收过程概述	158
二、各类营养物质的吸收	159
第七章 能量代谢和体温	165
第一节 能量代谢	165
一、能量代谢测定的原理和方法	166
二、影响能量代谢的因素	169
三、基础代谢	170
第二节 体温及其调节	172
一、体温	172
二、体热平衡	174
三、体温调节	176
第八章 尿的生成和排出	179
第一节 肾的功能解剖和肾血流量	179
一、肾的功能解剖	179
二、肾血流量及其调节	182
第二节 肾小球的滤过功能	184
一、滤过膜及其通透性	185
二、有效滤过压	186
三、影响肾小球滤过的因素	187
第三节 肾小管与集合管的物质转运功能	188
一、肾小管和集合管中物质转运的方式	188
二、肾小管和集合管中各种物质的重吸收与分泌	189
第四节 尿的浓缩和稀释	196
一、尿液的稀释	196
二、尿液的浓缩	197
三、直小血管在维持肾髓质高渗状态中的作用	200
四、影响尿浓缩和稀释的因素	200
第五节 尿生成的调节	201
一、肾内自身调节	201
二、神经和体液调节	202
第六节 清除率	206
一、清除率的概念和计算方法	206
二、测定清除率的意义	207
第七节 尿液及其排放	208

一、尿液	208
二、尿的排放	209
第九章 感觉器官	212
第一节 概述	212
一、感受器和感觉器官的定义和分类	212
二、感受器的一般生理特性	212
第二节 视觉器官	214
一、眼的折光系统及其调节	214
二、眼的感光换能系统	218
三、其他视觉现象	223
第三节 听觉器官	224
一、外耳和中耳的传音功能	225
二、内耳	226
第四节 前庭器官	229
一、椭圆囊和球囊的功能	229
二、半规管的功能	230
三、前庭反应	231
第五节 其他感觉器官	232
一、嗅觉器官	232
二、味觉器官	233
第十章 神经系统	234
第一节 神经元与神经胶质细胞的一般功能	234
一、神经元	234
二、神经胶质细胞	237
第二节 神经元的信息传递	238
一、突触和突触传递	238
二、神经递质	243
三、反射活动的一般规律	245
第三节 神经系统的感觉功能	250
一、脊髓的感觉传导功能	250
二、丘脑的感觉功能及感觉投射系统	251
三、大脑皮质的感觉分析功能	252
四、痛觉	255
第四节 神经系统对躯体运动的调节	256
一、脊髓对躯体运动的调节	256
二、脑干对肌紧张的调节	259
三、基底核对躯体运动的调节	261

四、小脑对躯体运动的调节	263
五、大脑皮质对躯体运动的调节	265
第五节 神经系统对内脏功能的调节	268
一、自主神经系统的结构和功能特征	269
二、自主神经系统的功能	270
三、自主神经系统的递质与受体	271
四、各级中枢对内脏活动的调节	273
五、情绪对内脏活动的影响	274
第六节 脑电活动与觉醒和睡眠	274
一、大脑皮质电活动	274
二、觉醒与睡眠	276
第七节 脑的高级功能	277
一、学习和记忆	277
二、大脑皮质的语言中枢	281
三、大脑皮质功能的一侧优势现象	282
第十一章 内分泌	283
第一节 概述	283
一、激素的作用方式	283
二、激素的分类	284
三、激素的作用机制	286
四、激素的生理作用和一般特性	289
第二节 下丘脑与垂体的内分泌	290
一、下丘脑与垂体的功能联系	290
二、下丘脑调节肽	291
三、腺垂体的激素	292
四、神经垂体激素	295
第三节 甲状腺的内分泌	296
一、甲状腺激素的合成与代谢	296
二、甲状腺激素的生物学作用	298
三、甲状腺激素分泌的调节	300
第四节 甲状旁腺与调节钙、磷代谢的激素	302
一、甲状旁腺激素	302
二、降钙素	303
三、1,25-二羟维生素 D ₃	304
第五节 肾上腺的内分泌	306
一、肾上腺皮质激素	306
二、肾上腺髓质激素	309
第六节 胰岛的内分泌	311

一、胰岛素	311
二、胰高血糖素	313
第七节 其他内分泌激素	314
一、前列腺素	314
二、褪黑素	314
三、瘦素	315
 第十二章 生殖	316
第一节 男性生殖	316
一、睾丸的功能	316
二、睾丸功能的调节	317
第二节 女性生殖	318
一、卵巢的功能	318
二、卵巢功能的调节	321
第三节 妊娠与分娩	324
一、妊娠	324
二、分娩与哺乳	325
第四节 避孕的生理学基础	326
一、影响生殖细胞生成和成熟	326
二、防止卵子受精	326
三、影响受精卵着床	326
四、使胚胎排出子宫	327
第五节 性生理学	327
一、性成熟的表现	327
二、性兴奋与性行为	328
 中英文名词对照索引	330

第一章

绪 论

生理学(physiology)是生物科学的一个分支,是研究生物体生命活动现象和构成机体(有生命的个体统称机体)的各组成部分功能活动的一门科学。根据研究对象的不同,又分为植物生理学、动物生理学和人体生理学等。但习惯上也常把人体生理学简称“生理学”。本教材为人体生理学,以介绍正常人体的功能活动规律为主要内容。人体生理学虽也属生物科学领域,但由于它的研究对象是人体,因而与医学有密切关系,所以它也是一门重要的医学基础理论学科。

生理学是一门实验性科学,也就是说,生理学中的一切理论和知识,都是来自于实验研究和对人体的实验观察。从生理学的发展史来看,以实验研究为特征的近代生理学,开始于17世纪。1628年英国生理学家威廉·哈维(William Harvey)通过动物活体实验的方法,第一次科学地阐明了血液循环的途径和规律,被公认为近代生理学的奠基人。自此以后,人们通过动物实验和人体观察,获得了大量有关生命活动规律的知识。随着科学的发展和实验技术水平的不断提高,生理学发展到现在,已经能从不同的层次对生理功能进行全面和深入的研究。目前生理学的研究可分为三个水平,即整体水平、器官和系统水平及细胞和分子水平的研究。通过不同水平研究的互相配合和整合,从而阐明各种生命活动现象的发生规律及其形成的机制。

人体生理学虽以研究人体的功能活动规律为目的,但由于人体的机能及其活动规律,与动物尤其是哺乳类动物有许多共同的基本特征,因此除有些无创性的实验观察可以直接在人体上进行外,很多对人体不利及有创性的实验只能在动物体上进行,并以此来间接了解和推断人体的功能。因而动物实验已成为生理学的主要研究手段,人体生理学的知识也大多来自动物实验。因此本教材在介绍人体功能时,也常引用动物实验的资料和结果,这对认识和阐明人体的功能有重要参考价值。

第一节 机体的内环境和稳态

人体直接接触的外界环境称为外环境。外环境中的诸多因素,包括物理的、化学的和生物的因素所构成的自然环境,以及人类所特有的社会环境,都能对人体的机能产生影响,从而引起人体的各种反应。

细胞是构成人体的基本结构单位和功能单位,细胞要不停地进行新陈代谢。但人体

的细胞大都不能与外环境直接接触,而是浸浴在细胞外液(组织液、血浆、淋巴液)中,因而细胞外液是细胞直接生存的环境,因此称为机体的内环境(internal environment)。这一概念是由法国著名生理学家 Claude Bernard(1857)首先提出的,他认为机体生存在两个环境中:一是机体生存的变化万千的外环境;另一是组织和细胞生存的相对稳定的内环境。

内环境不仅能为细胞提供营养物质,接纳来自细胞代谢的终末产物,而且可使细胞间进行化学性沟通,进而实现细胞间的功能联系,保证了整体功能的协调性。正常人体内环境的成分和理化性质如 O_2 和 CO_2 含量、pH 值、渗透压、各种离子的浓度以及温度等都是相对稳定的,因而能使细胞的各种酶促反应和生理功能得以正常进行。总之,内环境不仅为细胞提供了适宜的生存条件,还能使全身的细胞活动能协调进行。

内环境的成分和理化性质之所以能保持相对稳定,是由于在神经和体液调节下,各器官、系统能进行相互协调活动的结果。例如,通过消化系统的活动,内环境中的营养物质可得到补充;通过呼吸运动,内环境的 O_2 含量能得到补给、 CO_2 得以清除;通过肾脏的泌尿活动,内环境中的代谢终产物能被及时排除;而血液循环则保证了各部的内环境得以沟通和均衡。由于物质有进有出,且在不停地代谢,因此内环境的成分和理化性质也不是固定不变的,而是在一定范围内波动,所以是一种动态的平衡。美国生理学家 Walte Cannon 等将这种平衡状态称为稳态(homeostasis),即不断变动中的相对稳定状态,并科学地揭示了内环境稳定的机理。内环境稳态是机体进行正常生理活动的重要保障和前提,因而是生理学上重要的概念。随着对生命现象认识的不断深入,现在稳态的概念不仅指内环境的相对稳定,而且已扩展到机体活动的各级水平,包括细胞内的活动,凡能保持协调、稳定的各种生理过程(如体温、血压的维持等)均属稳态。内环境及机体各种生理过程乃至整个机体稳态的保持,均有赖于神经和体液的精密调节,特别是负反馈控制系统的调控。

第二节 人体功能的调节

人体的结构极其复杂,各种结构在功能上高度分化,不同组织、器官和系统各有其特殊的功能。然而,通过信息联系,各部分的活动又都是紧密联系、互相制约和相互协调的。在应对复杂多变的环境时,人体各部分总是统一活动,对环境的变化共同作出适应性反应。例如,人在运动或劳动时,不仅有关肌群的舒缩活动在时间和空间上的配合极为恰当,而且交感-肾上腺素系统兴奋,心脏活动增强,呼吸加深加快,肌肉血管舒张,所有这些变化都与肌肉活动增强的需要相适应。

人体的各种功能之所以能与整体活动相配合,能与环境保持协调统一,是因为人体具有完善的功能调节系统。在内、外环境发生变化时,通过它们的调节,人体各部分能作为统一的整体进行活动。

一、人体功能活动的调节形式

机体各种功能活动的调节,主要通过三种方式来实现,即神经调节、体液调节和自身调节。

(一) 神经调节

通过神经系统的活动对机体功能进行的调节,称为神经调节(neural regulation)。它是调节全身各种功能活动的主要调节方式,在人体功能调节系统中起主导作用。神经系统活动的基本过程是反射(reflex)。反射是指在中枢神经系统的参与下,机体对内、外环境变化发生的适应性反应。反射活动的结构基础称为反射弧(reflex arc),反射弧由五个基本部分组成,即感受器、传入神经纤维、神经中枢、传出神经纤维和效应器。感受器能够感受体内某部分或外界环境的变化,并将这种变化转变成神经冲动(生物电信号),通过传入神经纤维传至相应的神经中枢,中枢对传入的信号进行分析整合并作出相应反应,再通过传出神经纤维改变效应器的活动。例如,在生理情况下动脉血压是保持相对稳定的,当动脉血压因某种原因高于正常时,分布在主动脉弓和颈动脉窦的动脉压力感受器就会受到刺激,并将这种刺激转变为神经冲动,后者通过传入神经纤维到达延髓的心血管中枢,该中枢对传入的神经信号进行分析,然后通过迷走神经和交感神经的传出纤维,改变心脏和血管的活动,最后使动脉血压下降。这个反射称为动脉压力感受性反射,对于维持动脉血压的稳定起着重要作用(详见第四章)。反射的完成有赖于反射弧结构的完整和功能正常,因此只要反射弧中的任何一个环节遭到破坏或功能失常,反射活动便将消失。

人和高等动物的反射,分为非条件反射(unconditioned reflex)和条件反射(conditioned reflex)两类。非条件反射是先天形成的,反射弧和反射方式都比较固定,多为维持基本生命活动所必需的反射,如上面所说的动脉压力感受性反射即属于非条件反射。条件反射是后天获得的,它是个体在生活过程中在非条件反射的基础上建立起来的反射,是一种高级神经活动。例如,人在情绪紧张或遇到危险信号时,心率会加快、血压会升高,这一心血管活动的变化,就是情绪或危险信号通过大脑皮质作用于上述的心血管中枢引起的,属于条件反射。条件反射和非条件反射相比,对环境的变化具有更大的预见性和适应性。机体通过建立条件反射,可以使大量的无关刺激成为预示环境即将变化的信号,从而极大地提高了人体和动物适应环境变化的能力。

神经调节是通过反射实现的,因此它具有反应迅速、精确和作用时间短暂等特点。调节的功能主要是由肌肉(骨骼肌、心肌、平滑肌)和腺体完成的快速生理功能。

(二) 体液调节

体液调节(humoral regulation)是指体内的某些细胞能生成并分泌某些特殊的化学物质,这些物质经体液运输,到达全身或某些特殊的组织细胞,通过作用于细胞上相应的受体(receptor),对这些组织细胞的活动进行调节。具有相应受体的细胞称为该物质的靶细胞(target cell)。

体液调节主要通过激素(hormone)来完成。体内有许多内分泌腺,能分泌多种激素,激素通过血液运输到达靶组织或靶细胞,来调节它们的活动。例如甲状腺分泌甲状腺素,这一激素经血液循环被运至骨和肾组织后,可促使骨钙释放入血,并促进肾脏对钙的重吸收,因而使血液中 Ca^{2+} 的浓度升高。因此,甲状腺素分泌的多少,成为调节血钙水平主要因素。此外,体内还有许多散在于其他组织或器官中的内分泌细胞也能分泌激素,如小肠粘膜的 S 细胞可分泌胰泌素,胃窦和小肠粘膜中的 G 细胞可分泌胃泌素。还有一些其他组织的细胞也能合成和分泌激素,如心房肌细胞合成释放的心房钠尿肽等,这些激素都能经血液运输至靶调节其靶细胞的活动。另外,某些神经细胞,如下丘脑的视上

核和室旁核也能合成激素(血管升压素、催产素),但并不直接释放,而是由神经轴突运送到垂体后叶再行释放入血;再如胃肠壁的神经末梢也能分泌和释放一些激素。这种由神经细胞合成释放激素的分泌形式,称为神经分泌(neurosecretion)。有些激素分泌后,也可不经血液运输,仅由组织液扩散至邻近的细胞发挥其调节作用,这种方式称为旁分泌(paracrine),属于局部性体液调节,如有些胃肠激素的分泌即属于此。除激素外,组织代谢产生的代谢产物如 CO_2 、乳酸等,有扩张小血管、增加血流量以及清除代谢产物的作用,也属于局部性体液调节因素。

体液调节虽主要是由内分泌腺分泌的激素来完成,但很多内分泌腺的分泌活动并不是独立进行的,又直接或间接受神经系统的调节,所以也可以将体液调节看成是神经调节的一个传出环节。因此这种有神经系统支配或参与的体液调节形式,又称为神经-体液调节。

体液调节的特点是作用比较缓慢、持久和弥散,调节的功能主要是新陈代谢、消化、生长、发育和生殖等较为缓慢的生理功能。

(三) 自身调节

自身调节(auto regulation)是指有些组织或细胞,当周围环境发生变化时,并不依赖于外来的神经或体液因素,自身就能发生适应性反应。例如,心肌细胞被拉长后,其收缩力明显增强,这是心肌本身的一种特性。其意义在于,每当回心血量突然增加时,由于心肌被拉长,其收缩力也会自动增强,以输出更多的血液,使心脏不致过度扩张。再如血管的平滑肌在受到牵拉刺激时,会自动发生收缩反应。这样当小动脉的灌注压力升高时,由于对血管壁的牵拉刺激增强,小动脉就自动收缩、口径变小,使血流量不致过分增大,这对维持局部血流量的相对恒定有一定作用。一般来说,自身调节的幅度较小,并常局限于一个器官或一部分组织内,但对某些生理功能的调节仍有重要意义。

以上分别介绍了三种基本的调节形式,但对某种生理功能来说,这三种方式的调节并不是孤立进行的。尤其对一些复杂的生理活动,这三种调节常常同时参与并协调地发挥作用,才能保证这些功能的正常进行。如对心血管系统活动的调节,既有神经调节,也有体液调节,同时还存在心肌组织和局部血流的自身调节。这样才能使血液循环的功能随时适应环境的变化,保证整体活动的正常进行。

二、人体功能调节的自动控制原理

通过对人体功能调节活动的进一步研究发现,机体功能调节的过程和现代工程技术所应用的自动控制系统有基本相同的工作原理。控制系统的作用是使高度自动化的工作系统能排除干扰,保持一定的稳定工作状态。这就需要它的控制部分和受控部分之间,随时保持双相的信息联系:控制部分能发出指令,指示受控部分的工作;受控部分工作状态的信息(输出变量)又可回输至控制部分,不断调整和纠正控制部分的指令。这种具有双相信息联系的闭环式控制系统,称反馈控制系统(feedback control system)。受控部分向控制部分回输工作信息的过程称为反馈(feedback)。反馈有两种类型:反馈信号能减低控制部分活动的称为负反馈(negative feedback);反馈信号能加强控制部分活动的,称为正反馈(positive feedback)。人体功能活动的调节也存在大量的反馈控制系统,既有器官和整体水平上的各种控制系统,也有细胞水平上的各种控制系统。负反馈控制系统可使

人体的各种功能保持平衡,维持内环境的稳态;正反馈控制系统能在特定的生理状态下,使某些特殊的功能活动持续增强,快速完成。

在正常生理情况下,体内的控制系统包括上述的神经调节和体液调节在内,绝大多数是负反馈控制系统。在神经调节中,神经中枢是控制部分,效应器(肌肉、腺体)是受控部分,神经纤维起传递信息的作用。在体液调节中,内分泌腺是控制部分,它的靶细胞是受控部分,激素是传递指令的化学信息。负反馈控制系统的工作原理是,如果受控部分的活动增强,可通过反馈机制传递至控制部分,抑制控制部分的活动,于是受控部分的活动也随之减弱。相反,如果受控部分的活动降低,又可通过反馈信息的减弱使控制部分的活动恢复和增强。通过这种双相联系的反复调控,则可使功能系统的活动始终保持在平衡状态,并使由受控部分完成的适应性反应更为准确完善。例如前述的动脉压力感受性反射,就是通过负反馈机制使血压保持稳定的。其他如呼吸中枢通过控制呼吸运动调节血液中 O_2 和 CO_2 的水平,而血液中 O_2 和 CO_2 水平的变化,又可通过化学感受性反射调节呼吸运动,这也是通过负反馈机制实现的。激素的分泌调节也是如此,如甲状旁腺分泌的甲状旁腺素增多时,血钙水平升高,而血中 Ca^{2+} 的升高反过来又可抑制甲状旁腺的分泌活动,通过这种负反馈作用,可以使血液中甲状旁腺素的含量和血钙的浓度维持在适当的水平。其他激素的分泌也大都存在这种负反馈的调节机制。机体内环境之所以能维持稳态,正是因为有许多负反馈控制系统的存在和发挥作用的结果。

目前在体内发现的正反馈控制系统较少,都是在特定的生理状况下才表现出来。它的作用过程是,受控部分发出的反馈信息能增强控制部分的活动,从而使受控部分的活动也随之增强,受控部分活动增强后通过反馈信息使控制部分的活动更加强,因而使整个系统处于一种再生增强状态。由于受控部分活动的持续增强,最终导致这一生理功能快速完成。例如血液凝固过程、排尿过程、射精过程、分娩过程都是正反馈控制系统,这些过程一旦被启动,就会通过正反馈机制使这些过程不断加强加快,直到全部过程快速完成为止。

除反馈控制系统外,体内还存在一种前馈控制系统(feed-forward control system)。所谓前馈(feed-forward)是指控制系统的控制部分,除可接受受控部分的反馈信息外,有的还可接受来自系统之外其他信息的影响,然后发出前馈信号通过更为快捷的途径来改变受控部分的工作。这些来自系统之外的信息也可称为干扰信号,有的来自受控部分的活动经其他的感受器再传入控制部分的信号,有的直接来自系统之外的无关信息。前者如中枢引起肌肉收缩之后,肌肉的收缩又可刺激肌肉的内感受器,由内感受器发出的信息再传入中枢,来调整中枢的活动使肌肉收缩更为精确、适时。后者如条件反射的形成,本属无关的刺激,可通过中枢联系作用于控制部分,因而对受控部分的活动发生影响。与反馈控制相比,前馈控制对受控部分活动的调控更快捷,因而能使受控部分的活动更为精确、稳定,而且能使这一系统的工作在整体活动中更具有适应性和预见性。

(葛赋贵)

第二章

细胞的基本功能

细胞是组成人体和其他生物体的基本结构单位和功能单位。生物体的种类虽然繁多、形态各异,但组成各种生物体的细胞,其基本结构与一般功能却基本相同,人体的细胞也同样如此。但是,由于构成人体各器官、组织的细胞已经发生了高度分化,具有了专门的功能和精细分工,因此不同组织的细胞在形态、结构和功能上又各具特点。人体的功能虽然复杂,但所有生理功能都是在细胞活动的基础上完成的,可以说人体的各种功能都是体内不同的组织细胞协同活动的总体表现。因此,要认识人体的各种生理功能,首先须了解细胞的功能,包括细胞的一般功能和某些组织细胞的特殊功能,以及细胞与细胞间的功能联系过程。细胞的功能十分广泛,涉及生命活动的各个方面,有些已在其他各有关学科中进行过介绍。本章仅简要介绍细胞膜的物质转运功能、细胞的兴奋功能、跨膜信号转导功能和肌细胞的收缩功能。有关其他一些组织细胞如神经细胞、血细胞、腺细胞等的特殊功能,将在以后的各有关章节中逐步介绍。

第一节 细胞膜的基本结构与物质转运功能

每个细胞的表面都被覆着一层很薄的膜,这就是细胞膜。细胞膜不仅覆盖着细胞表面,它的一部分还能延伸到细胞内,形成一些皱褶和小管腔的表面,所以又称质膜(plasma membrane)。细胞膜不仅在细胞的结构上有重要作用,而且具有多方面的功能:首先它是细胞的界膜,能把细胞内容物和细胞的外界环境分隔开,使细胞成为一个独立的生命单位;它又是细胞的屏障,可使细胞免受外界的不利影响,对细胞起着保护作用;细胞膜还是细胞与细胞外环境进行物质交换的通道,具有输送物质的转运功能,这是细胞新陈代谢所必需的;细胞膜对各种物质的输送是有选择、有控制地进行的,这不仅能保持细胞内代谢环境的稳定,而且膜通过对一些离子通透性的改变,可使细胞内外出现生物电现象,这种生物电变化是细胞产生兴奋活动的基础;细胞膜上还存在着专门能和细胞外环境中不同的化学物质进行特异性结合的各种受体,它们具有识别信息、接受细胞外化学性影响的作用,体内的各种激素、神经递质及药物等大都是首先通过膜上的这些受体,再影响细胞内的各种生理过程的,因此膜也是实现细胞间功能联系的关键部位;此外,细胞膜还与机体的免疫功能、细胞的分裂、分化及癌变等生理和病理过程有关。细胞膜之所以具有如此复杂和重要