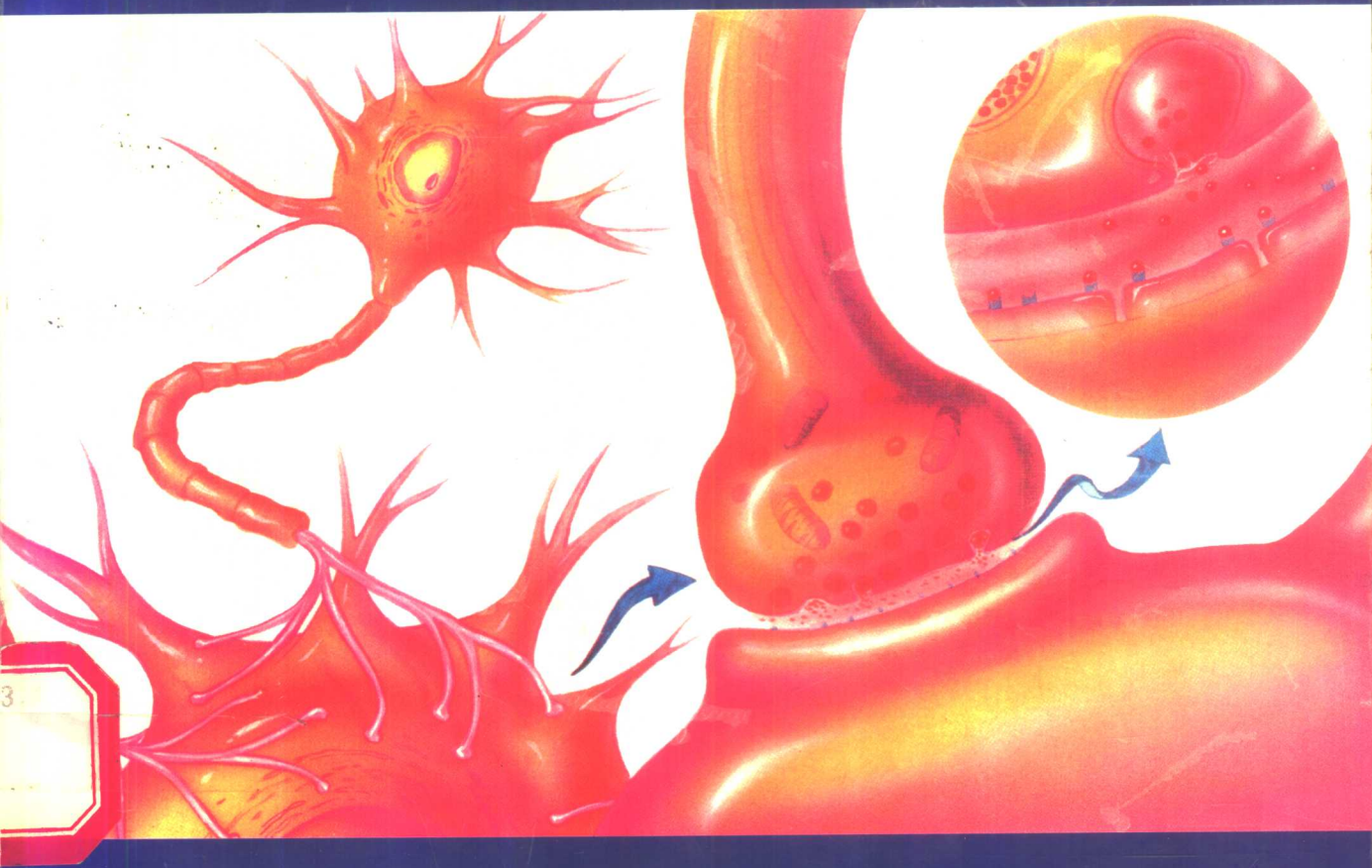


高等医药院校教材

人体生理学

Human Physiology

主编 张建福



第二军医大学出版社

高等医药院校教材

供基础、预防、临床、麻醉、影像、药学各专业用

人 体 生 理 学

主 编 张建福

副主编 阎长栋 董 榕 彭聿平 王正山

编 者 (以姓氏笔画为序)

王正山 史明仪 严 昌 张建福

李 平 邱一华 陈 琦 贾淑萍

阎长栋 彭聿平 董 榕

第二军医大学出版社

内 容 提 要

人体生理学是一门重要的医学专业基础课程。本书由江苏省四所本科医学院校长期从事生理学教学和科研工作、学术水平较高、具有副高以上职称的教师共同撰写。全书从分子、细胞、器官水平上,阐明人体各系统的生理功能及其调节机制。内容包括绪论、细胞、血液、循环、呼吸、消化、能量代谢和体温、肾脏、感觉器官、神经、内分泌、生殖生理共十二章,具有简明扼要、重点突出、层次分明、布局合理、通俗易懂的特点。本教材特别注重贯彻教改精神,坚持理论联系实际,基础服务临床的基本宗旨,力求反映当代生理学最新成果和进展。

本书可供普通高等医药院校本科各专业使用,也可供成人教育专升本学生以及硕士研究生入学考试和国家医师资格考试复习迎考时使用。

图书在版编目(CIP)数据

人体生理学/张建福主编. —上海:第二军医大学出版社,2000.6

ISBN 7-81060-097-4

I. 人… II. 张… III. 人体生理学 IV. R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 30618 号

人 体 生 理 学

主 编:张建福

责任编辑:李 昕 吴 进

第二军医大学出版社出版发行

(上海市翔殷路 800 号 邮政编码:200433)

全国各地新华书店销售

徐州医学院印刷厂印刷

开本:787 mm×1092 mm 1/16 印张:20 字数:512 000

2000 年 6 月第 1 版 2000 年 6 月第 1 次印刷

印数:1~7 000

ISBN 7-81060-097-4/R·061

定价:26.90 元

前 言

本教材主要依据原国家教委颁发的《全国普通高等医学院校临床医学专业主要课程基本要求》和五年制医学本科生的培养目标而组织编写的。在编写过程中,参阅了卫生部规划教材《生理学》(第四版)以及近年来国内外多种生理学版本和文献资料,并结合各参编单位长期的教学实践经验,积极贯彻教学改革精神和“少而精”的原则;坚持理论联系实际,基础服务临床,以基础理论和基本知识为主,兼顾细胞和分子水平;同时对一些章节的条目及内容作了适当的调整,使之更趋合理,力求反映当代生理学最新成果和进展,使之成为一本在内容的深度、广度及文字的表述上删繁就简、深入浅出、布局合理、既适于学又适于教的好教材。

本书所用的生理学名词以全国自然科学名词审定委员会 1989 年公布的《生理学名词》为准,并参考了近年来相关学科公布的科技名词,力求生理学名词统一规范。英文的专业名词附于中文专业名词之后,不再专门集中列出,这样更能方便读者。

本教材主要供普通高等医药院校本科各专业学生使用,也可作为成人教育专升本学生、临床医师业务进修以及硕士研究生入学考试和医师资格考试复习迎考用书。

参加本教材编写的单位有徐州医学院、东南大学医学院、南通医学院、扬州大学医学院四所院校,由长期从事生理学教学和科研工作、学术水平较高、具有副高以上职称的教师共同撰写。在编写过程中徐州医学院生理学教研室的乔伟丽、王光明、王艺颖、张红星等老师担负了文字的校对和封面设计等工作,在此表示深深的谢意。

由于编写人员较多,时间又较紧促,加之编者的水平和能力的限制,本书肯定存在着一定的缺点,热忱欢迎广大师生和其他读者批评指正,以便修订时改进。

编者谨识

2000 年 2 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 概述	1
一、生理学在医学科学中的地位	1
二、生理学研究的内容及方法	2
第二节 人体生理功能的调节	3
一、机体的内环境与稳态	3
二、生物节律	4
三、人体功能活动的调节	4
第二章 细胞的基本功能	7
第一节 细胞膜的基本结构和物质转运功能	7
一、细胞膜的化学组成和分子结构	7
二、细胞膜的物质转运功能	9
第二节 细胞的兴奋性和生物电现象	13
一、细胞的兴奋性	13
二、细胞的生物电现象及其产生机制	15
第三节 细胞的跨膜信号传递功能	24
一、膜通道跨膜信号传递系统	24
二、受体蛋白、G-蛋白和第二信使跨膜信号传递系统	25
三、酪氨酸蛋白激酶信号传递系统	27
四、细胞内第三信使的信息传递	27
第四节 骨骼肌的兴奋和收缩	27
一、神经-肌接头处的兴奋传递	28
二、骨骼肌的结构与肌丝的分子组成	30
三、骨骼肌收缩的机制——肌丝滑行理论	33
四、骨骼肌的兴奋-收缩耦联	33
五、肌肉收缩的形式和力学分析	34
第三章 血液	39
第一节 概述	39
一、血液和体液	39
二、血液的组成和功能	39
三、血液的理化特性	40
第二节 血细胞及其功能	42
一、红细胞	42
二、白细胞	45
三、血小板	47
四、脾脏的功能	49
第三节 血凝、抗凝与纤维蛋白溶解	49
一、血液凝固	50
二、血液中的抗凝血物质	51
三、纤维蛋白的溶解	52

第四节 血量、输血和血型	54
一、血量	54
二、输血	54
三、血型	54
第四章 心血管系统	57
第一节 心脏的泵血功能	57
一、心脏的周期性活动	57
二、心脏泵血功能的评价指标	61
三、心脏泵血功能的调节	63
第二节 心肌细胞的生物电活动	65
一、工作细胞的跨膜电位及其形成机制	66
二、自律细胞的跨膜电位及其形成机制	69
三、体表心电图	71
第三节 心肌的生理特性	74
一、心肌的兴奋性	74
二、心肌的自动节律性	77
三、心肌的传导性	78
四、心肌的收缩性	79
五、自主神经系统对心肌电生理特性和收缩功能的影响	80
第四节 血管生理	81
一、各类血管的结构和功能特点	81
二、血流动力学	82
三、动脉血压和动脉脉搏	85
四、静脉血压和静脉血流	88
五、微循环	90
六、组织液的生成与回流	92
七、淋巴液的生成与回流	94
第五节 心血管活动的调节	94
一、神经调节	95
二、体液调节	101
三、自身调节	103
第六节 器官循环	104
一、冠脉循环	104
二、肺循环	106
三、脑循环	107
第五章 呼吸系统	110
第一节 肺通气	110
一、肺通气的有关结构及功能特点	110
二、肺通气的原理	114
三、肺容量和肺通气量	118
第二节 呼吸气体的交换	120
一、气体交换的原理	120
二、气体交换的过程	121
三、影响肺换气的因素	121
四、肺扩散容量	123

第三节 呼吸气体在血液中的运输	123
一、氧和二氧化碳在血液中的运输形式	123
二、氧的运输	123
三、二氧化碳的运输	126
第四节 呼吸运动的调节	128
一、呼吸中枢	128
二、节律性呼吸运动的形成	130
三、呼吸的反射性调节	130
四、化学因素对呼吸的调节	131
五、运动对呼吸的影响及调节	133
第六章 消化系统	135
第一节 概述	135
一、消化腺的分泌功能	135
二、消化道平滑肌的生理特性	135
三、消化道的神经支配及其作用	137
四、胃肠激素	138
第二节 口腔内消化	140
一、唾液及其分泌	140
二、咀嚼和吞咽	141
第三节 胃内消化	142
一、胃液及其分泌	142
二、胃的运动	146
第四节 小肠内的消化	148
一、胰液的分泌	148
二、胆汁的分泌和排出	150
三、小肠液的分泌	151
四、小肠的运动	152
第五节 大肠内消化	153
一、大肠液的分泌及大肠内细菌的活动	153
二、大肠的运动	154
第六节 吸收	154
一、概述	154
二、各种主要营养物质的吸收	155
第七章 能量代谢和体温	159
第一节 能量代谢	159
一、能量代谢的概念	159
二、能量的来源与去路	159
三、能量代谢测定的原理和方法	160
四、影响能量代谢的因素	163
五、基础代谢	164
第二节 体温及其调节	166
一、人体体温及其正常变动	166
二、机体热的平衡	167
三、体温调节	169
第八章 尿的生成和排出	171

第一节 概述	171
一、排泄的概念和途径	171
二、肾脏功能概述	171
三、肾脏的功能解剖及血液循环特征	172
第二节 肾小球的滤过功能	176
一、有效滤过压	177
二、滤过膜及其通透性	177
三、影响肾小球滤过的因素	178
第三节 肾小管和集合管的转运功能	179
一、肾小管和集合管的重吸收功能	179
二、肾小管和集合管的分泌和排泄功能	183
三、影响肾小管和集合管转运功能的因素	185
第四节 尿液的浓缩和稀释	185
一、尿液浓缩和稀释的概念及其意义	185
二、尿液稀释的机制	186
三、尿液浓缩的机制	186
四、影响尿液浓缩的因素	189
第五节 肾脏泌尿功能的调节	190
一、神经调节	190
二、体液调节	190
第六节 血浆清除率	193
一、血浆清除率的概念和计算方法	193
二、测定血浆清除率的意义	193
第七节 尿的排放	194
一、膀胱与尿道的神经支配	195
二、排尿反射	195
第九章 感觉器官	197
第一节 概述	197
一、感觉器官、感受器及其分类	197
二、感受器的一般生理特性	197
第二节 视觉器官	198
一、眼的折光系统及其调节	199
二、视网膜的感光功能	202
三、与视觉有关的一些现象	206
四、房水循环和眼压	208
第三节 听觉器官	209
一、外耳和中耳的传音功能	209
二、内耳耳蜗的感音换能作用	210
三、听觉器官对声音的感受	213
第四节 前庭器官	214
一、前庭器官的感受装置	214
二、前庭器官的适宜刺激	215
三、前庭器官反射	216
第五节 嗅觉和味觉	218
一、嗅觉	218

二、味觉	218
第十章 神经系统	220
第一节 神经元活动的一般规律	220
一、神经元和神经纤维	220
二、神经元之间的相互联系及其机制	222
三、神经递质和调质	226
四、递质的受体	231
五、去神经敏感	233
第二节 反射活动的一般规律	234
一、反射与反射弧	234
二、中枢神经元的联系方式	235
三、兴奋在反射弧中枢部分传布的特征	236
四、中枢抑制	237
五、反射活动的调节	239
第三节 神经系统的感觉功能	240
一、脊髓的感觉传导与分析功能	240
二、丘脑及其感觉投射系统	241
三、大脑皮层的感觉分析功能	243
四、痛觉	245
第四节 神经系统对躯体运动的调节	247
一、脊髓对躯体运动的调节	247
二、脑干对躯体运动的调节	250
三、小脑对躯体运动的调节	252
四、基底神经节对躯体运动的调节	254
五、大脑皮层对躯体运动的调节	255
第五节 神经系统对内脏活动的调节	258
一、自主神经系统对内脏活动的调节	258
二、脊髓及低位脑干对内脏活动的调节	260
三、下丘脑对内脏活动的调节	261
四、大脑皮层对内脏活动的调节	263
第六节 脑的生物电活动和高级功能	264
一、大脑皮层的结构	264
二、脑电图和皮层诱发电位	266
三、学习与记忆	268
四、大脑皮层的语言功能	272
五、觉醒和睡眠	274
第十一章 内分泌	276
第一节 概述	276
一、激素及其分类和传递方式	276
二、激素的作用及其特性	277
三、激素的作用原理	279
四、激素分泌的调节	280
第二节 下丘脑的内分泌功能	281
一、下丘脑 - 腺垂体系统	282
二、下丘脑 - 神经垂体系统	284

第三节 腺垂体	285
一、腺垂体的激素	285
二、腺垂体激素的生物学作用及其调节	286
第四节 甲状腺	288
一、甲状腺激素的合成及其代谢	288
二、甲状腺激素的生物学作用	290
三、甲状腺功能的调节	292
第五节 肾上腺	293
一、肾上腺皮质	293
二、肾上腺髓质	296
第六节 胰岛	297
一、胰岛素	298
二、胰高血糖素	299
第七节 调节钙磷代谢的激素	299
一、甲状旁腺激素	299
二、维生素 D ₃	300
三、降钙素	300
第八节 其他内分泌激素	300
一、前列腺素	300
二、松果体激素	301
第十二章 生殖	302
第一节 男性生殖	302
一、睾丸的功能	302
二、睾丸功能的调节	304
第二节 女性生殖	304
一、卵巢的生卵作用	304
二、卵巢的内分泌功能	305
三、卵巢功能的调节	306
四、月经周期及其激素基础	307
五、妊娠	309

第一章 绪 论

第一节 概 述

一、生理学在医学科学中的地位

(一)生理学的概念

生理学(physiology)是研究各种生物机体功能活动规律的科学,是生物学科的一个分支。人体生理学(human physiology)则是研究正常人体及其器官、组织等的生命现象或生理功能(诸如呼吸、循环、消化、泌尿、生殖、行为变化、思维活动等)的发生机制、条件及其活动规律的科学,是一门重要的医学基础课程。学习人体生理学的目的在于掌握正常人体生命活动的基本规律及内外环境对人体功能的影响,为今后学习其他医学基础和临床课程,为在医疗和护理实践以及预防、保健医学工作中有效地防治各种疾病奠定坚实的理论基础。

(二)生理学与医学的关系

生理学与临床医学有着密切的联系。通过医学实践和对人体、动物实验的分析研究,积累了许多关于人体生理功能的知识,逐渐形成了人和动物机体功能的系统性理论;同时,通过医学实践又可以检验生理学理论的正确性,并不断以新的内容和新的成果丰富生理学理论,从而进一步推动生理学的发展。因此,我们只有了解正常的生命活动规律,才能理解机体异常的生命活动规律和患病时所发生的某些病理现象,并通过医务人员的努力,使疾病向健康方面转化。这样我们才能在对疾病的防治中取得主动,不但知其然,而且知其所以然,不断提高预防疾病的水平。此外,一些基础医学如病理生理学、病理解剖学、药理学等也均以生理学作为基础,要学好这些学科,必须先学好生理学。所以,医学的发展促进生理学的研究,生理学的成就与突破又促进医学科学的进一步发展,两者互相促进,相辅相成。正因为生理学的发展与医学之间有如此密切的联系,所以在国际诺贝尔奖项中,设有“医学与生理学”奖。

(三)现代生理学发展简史

现代生理学创立于17世纪。实验生理学的奠基人、英国医生哈维(W. Harvey)首次用实验的方法研究心脏与血液运动,发现了血液循环,并于1628年出版了《心与血的运动》一书,在历史上第一次科学地阐明了血液循环的途径和规律,使生理学开始成为一门独立的科学。17~18世纪,显微镜的发明及其他相关学科的进步为生理学的发展提供了良好的条件。意大利学者马尔庇奇(M. Malpighi)应用显微镜技术发现了微循环结构;法国科学家笛卡尔(R. Descartes)首次提出了反射的概念;意大利学者伽尔伐尼(L. Galvani)发现了生物组织的电活动,从而开辟了生理学中生物电现象及其机制研究的新领域。19世纪以来,自然科学的迅速发展极大地推动了生理学的实验研究。1847年法国学者路德维希(K. Ludwig)发明了记纹器(kymograph),首次将某些实验结果记录下来,这对生理学的发展起到了极大的推动作用;德国学者黑尔姆霍兹(H. von Helmholtz)等对感觉器官的开拓性研究,揭示了眼色觉的奥秘;著名法国学者伯尔纳(C. Bernard)提出的机体“内环境恒定”的概念,促进了体液生理学的发展;本世纪初,俄国生理学家巴甫洛夫(И. П. Павлов)用慢性动物实验的方法,创立了条件反射学说,极大地丰富了对

高级神经活动的研究内容,此外,他对循环、消化生理学的研究也作出了重要贡献;英国学者谢灵顿(C. S. Sherrington)提出了突触的概念,并通过对反射弧的分析,阐明了神经系统活动的基本规律;本世纪 20 年代乐魏(O. Loewi)用灌流的方法发现迷走神经末梢可释放一种化学物质,此物质有抑制心脏活动的作用,后来证实此化学物质是乙酰胆碱,从而为神经传递信息的化学机制的研究奠定了基础;本世纪 40 年代英国剑桥大学的 Hodgkin 与 Huxley 用微电极技术直接测量膜电位,进一步阐明了生物电的离子学说,揭示了神经动作电位的离子机制,极大地推动了细胞电生理学的理论研究;其后谢灵顿的学生 Eccles 等应用微电极技术研究中枢神经元与突触传递的机制,为阐明中枢神经系统的电活动作出了贡献。近 20 多年来,由于自然科学的进步以及许多高新实验技术的应用,生理学的研究工作已经深入到了细胞和分子水平,特别是分子生物学研究,揭开了细胞内的奥秘,促进了神经科学和分子生理学的发展。

我国近代、现代生理学是从 20 世纪 20 年代中期开始的。1926 年中国生理学会的成立以及翌年《中国生理学杂志》的创办,具有划时代的意义,其后 10 年堪称为我国生理学的鼎盛时期。我国近代生理学奠基人林可胜教授领导的北京协和医学院生理学系开展了极为出色的工作,在消化生理、神经生理、循环生理、肌肉和神经研究等方面取得了卓越的成就,同时培养出一大批生理学家。林可胜教授除了在消化、循环及痛觉生理学等研究领域取得了杰出成绩外,在带领和促进我国现代生理学发展方面所作出的卓越贡献,也是史无前例的;蔡翘教授是我国近代用中国语言和文字讲述生理学和编写生理学教材的第一位学者,同时,他也是一位杰出的神经解剖学家,国际上为了纪念他在这一领域的贡献,将他描述过的中脑的一个区域命名为“蔡氏区”;汪敬熙教授是我国研究皮肤电反射的先驱者之一;张锡钧教授在神经化学递质乙酰胆碱的研究中取得重大成果,并创立了迷走神经-垂体后叶反射理论;著名科学家冯德培教授在神经-肌肉接头生理学的一系列工作为近代所公认,是该研究领域最有贡献的学者之一;著名神经生理学家张香桐教授关于树突功能、皮层神经元及大脑皮层诱发电位的研究都取得了有一定国际影响的成就;徐丰彦教授对心血管压力感受性反射的研究也有重要的意义。

新中国成立后的 40 多年来,生理学的各个分支在原有的基础上都有了很大发展,填补了过去的一些空白,形成了门类齐全的中国生理学;特别是我国实行改革开放以来,国内外交流增多,极大地促进了生理学的发展,生理学界在老一辈科学家诸如蔡翘、张香桐、冯德培、王志均等教授的带领下,一批又一批的青年生理学家茁壮成长。老一辈科学家的爱国主义、发奋图强、艰苦创业等优良品质和作风是我们的宝贵财富,应代代相传。我国的生理学事业是大有希望的,我们要满怀信心地为建立具有中国特色的生理学研究体系,为 21 世纪生命科学的进步做出应有的贡献。

二、生理学研究的内容及方法

生理学是一门实验性科学,其知识的积累主要来自实验研究和临床实践。因此,生理学的研究必须从人体不同的结构水平出发,采用多层次、多种手段进行。

(一)宏观研究

1. 整体与系统水平的研究 主要是研究完整人体各系统之间的功能联系,人体与内外环境之间维持相互平衡的过程及其机制,以及社会条件对人体生理功能活动的影响等。近年来,由于电子计算机、遥控遥感、无创检测、核磁共振等技术的应用,可以直接观察机体内某些结构的功能活动,从而使整体与系统生理学的研究有了较快的发展。

2. 器官水平的研究 主要是研究人体各器官生理功能活动的规律及其调节机制,以及它

们对整体生理功能的影响等。有关这方面的研究内容,被称为器官生理学。在研究手段上主要运用动物实验的方法。

(1)急性实验 即在麻醉条件下解剖动物,对其某些器官进行实验观察。优点是方法简便,易于控制条件,有利于观察和分析某一器官功能活动的过程与特点;缺点是实验难以持久进行,实验后动物不能存活。

急性实验又可分为在体(*in vivo*)与离体(*in vitro*)两种。在体实验是指所观察的器官仍在体内原位置,在麻醉或破坏动物脑的高级部位的情况下,进行活体解剖观察或实验;离体实验是从动物体内取出某一器官或组织(如心脏、肌肉)置于适宜的人工环境中,在短期内维持其功能活动,进行实验观察。

(2)慢性实验 指在麻醉、无菌条件下对健康动物进行手术,如制备消化道的瘻管或摘除、破坏某一器官,然后在恢复正常生活的情况下,观察器官功能的改变或观察在摘除、破坏某一器官后所产生的功能紊乱等。这种实验方法的优点是动物存活时间长,便于研究某一器官正常情况下的功能活动及其在整体功能活动中的作用;缺点是不便于具体分析这一器官的生理特性以及与其他器官间的关系。

(二)微观研究

1.细胞水平研究 主要是研究细胞的各种亚微结构的功能活动,有关这方面的研究内容称为细胞生理学。近三四十年来生物电子学技术、细胞培养技术、电压箝(voltage clamp)和膜片箝(patch clamp)技术、电镜技术以及核磁共振光谱技术等的应用,为研究生命活动现象的基本过程及其机制奠定了细胞生理学的基础。

2.分子水平研究 主要是研究细胞内生物分子的各种物理、化学变化。采用分子生物学、分子遗传学及超微量测定等技术进行分析。

微观的研究方法为生理学的整合研究提供一系列全新的研究策略和手段,对阐明器官、组织功能活动的原理和生命活动的基本规律,具有重要的推动作用。

(三)整合生理学研究

人体生理学既然是研究生命活动规律的科学,而生命活动又是一种复杂的生理现象,因此不能只靠某个单一水平的研究或单一的研究技术来阐明这些规律,必须有多层次、多个水平的研究和多种研究手段的配合,最终才能揭示生命活动的奥秘,这就是整合生理学研究。所以,宏观和微观水平上的研究是相辅相成的,两者不可偏废。注重对整合生理学的研究,既不是生理学宏观研究的简单重复,也不是单纯的分子水平变化的观察,而是两者的交叉渗透和有机结合。只有这样,才能为生理学的研究带来新的突破。

第二节 人体生理功能的调节

人体是一个统一的整体,机体与外界环境之间也是保持相互联系和彼此影响的,这正是因为人体具有完善的调节机制,从而保证了机体生命活动的完整统一性。

一、机体的内环境与稳态

(一)机体的内环境

细胞是构成人体的结构和功能单位,生命活动的基本特征——新陈代谢、兴奋性、适应性

及生殖等重要生理活动的正常进行,有赖于细胞结构与功能的正常。人体细胞大部分不与外界环境直接接触,而且浸浴在细胞外液(血液、淋巴、组织液)之中。因此,细胞外液成为细胞生存的液体环境。法国生理学家伯尔纳(C. Bernard)将细胞外液称为**机体内环境**(internal environment),以区别于整个机体所生存的外环境。

内环境最重要的特征是它们的理化性质(如温度、pH、渗透压、各种离子成分)能保持相对稳定,从而为机体细胞的活动提供必要的基本条件,确保各种酶促反应和生理功能的正常进行,同时它又能为细胞提供营养物质,并接受和清除来自细胞的代谢产物。

(二)稳态

机体内环境理化性质保持相对稳定的状态称为**稳态**(homeostasis)。这是 20 世纪 40 年代美国生理学家坎农(W. B. Cannon)提出的概念。因为细胞的新陈代谢本身不断地破坏着内环境的稳定,同时机体又通过各种调节机制使其恢复平衡。所以,整个机体的生命活动正是在稳态不断受到破坏而又不断得到恢复的过程中得以维持和进行的。一旦稳态不能维持,新陈代谢将不能正常进行,机体的生命活动将会受到威胁。

二、生物节律

生物体的各种功能活动经常按照一定的时间顺序发生周期性变化,周而复始地重复出现,这种变化的节律称为**生物节律**(biorhythm)。按频率的高低分为高频、中频和低频 3 类节律。凡是节律周期短于 1 d 的,属于高频节律,如心脏活动的周期性变化、呼吸自动节律等。节律周期为 1 d 的属中频节律,也是最重要的生物节律。人体内几乎每种生理功能都有日周期,如体温、血压、血细胞数目、觉醒与睡眠、激素分泌等。低频节律有周周期、月周期(如女性的月经周期)和年周期(如候鸟的迁徙)。

生物节律的调控中枢可能在下丘脑视交叉上核。

生物节律的重要生理意义是使机体对环境变化作更完善的适应。医务工作者可利用其周期性变化特征和机体对药物反应强度的差异,来提高防治疾病的效果。

三、人体功能活动的调节

人体功能活动的调节是指人体对内外环境变化所作出的适应性反应的过程,以保持机体稳态。通常是由神经调节、体液调节和自身调节来完成的,其中以神经调节最为重要。

(一)神经调节

神经调节(neuroregulation)是通过反射活动来完成其调节功能的。所谓**反射**(reflex)是指在中枢神经系统的参与下,机体对内外环境的刺激发生的规律性的适应性反应。完成反射所必需的结构是**反射弧**(reflex arc),它由感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器 5 个部分组成。反射弧本身是一开放回路,但由于在人体的效应器内存在感受器,能将效应器活动的信息回输到中枢,适时地调整中枢的活动,使效应器的反应更加准确协调,因此,神经调节实际上是一个闭合回路的反射过程。

反射可区分为**非条件反射**(unconditioned reflex)和**条件反射**(conditioned reflex)两大类型。非条件反射是先天遗传的、生来就有的本能行为,其反射弧较为固定,只需低级中枢便可完成反射,为种族共有,刺激与反应之间的因果关系固定;条件反射是后天获得的,建立在非条件反射的基础上,为个体所特有的一种高级神经活动,其刺激性质与反应之间的因果关系是不固定的,灵活可变,具有预见性,从而扩大了人或动物适应环境变化的能力。

神经调节的特点是反应迅速,历时短暂,作用准确、局限。

(二)体液调节

体液调节(humoral regulation)主要是指内分泌细胞所分泌的激素(hormone)或组织细胞所产生的一些化学物质或代谢产物经体液(血液或组织液)循环到全身各处或某局部,调节各器官、组织或细胞的生理活动。

体液调节有多种方式。由内分泌细胞分泌的激素通过血液循环,运送到距离较远的部位发挥作用,称为远距分泌(telecrine);有些内分泌细胞分泌的激素只是通过局部组织液的扩散,作用于邻近的效应细胞,这叫旁分泌(paracrine);有的细胞兼有神经分泌和内分泌的双重功能,称为神经分泌(neurocrine);有些内分泌细胞释放的胃肠激素可弥散入胃肠腔内起作用,称为腔分泌(channecrine);一般组织细胞的代谢产物只是在局部发挥作用,也可看做是局部体液调节。

大多数内分泌腺或内分泌细胞是直接或间接受中枢神经系统控制的。在这种情况下,体液调节就成为神经调节的一个环节,相当于传出通路的延伸部分,因此称为神经-体液调节。

体液调节的特点是作用缓慢,历时持久,影响广泛,精确度差。

(三)自身调节

自身调节(autoregulation)是指器官、组织、细胞在内外环境变化时,不依赖于神经或体液调节而自身产生的适应性反应。例如,心肌收缩力在一定范围内与收缩前心肌纤维的初长度呈正相关;肾血流量在血压为10.6~23.9 kPa(80~180 mmHg)之间变动时保持相对稳定,不随全身血压变化而波动;脑血流量在全身血压变动于8.0~18.6 kPa(60~140 mmHg)范围内仍然可以维持恒定。

自身调节是一种局部调节。其主要特点是常常局限在一个器官或一小部分组织或细胞内,调节准确、稳定,但调节幅度和范围较小。

(四)生理功能调节的自动控制原理

1. **反馈与自动控制** 用控制论原理来分析人体生理功能的调节时,可以把人体的各种功能调节系统看做一种自动控制系统,神经、体液调节是属于控制部分,其所发出的信息称为控制信息,能够改变受控部分的状态或效应;而效应器则属受控部分,它的状态及其所产生的效应称之为输出变量,其返回至控制部分的信息称为反馈信息,从而能不断纠正和调整控制部分对受控部分的影响,以达到精确的调节,这种调节方式称为反馈调节,即在控制部分与受控部分之间存在着控制信息和反馈信息往返双向的联系,形成了一个闭合回路。

当反馈信息的作用与控制信息的作用相反,使控制信息的效应减弱或抑制,这种反馈方式称为负反馈(negative feedback)。体内大多数反馈性调节均为负反馈,它是机体维持稳态最重要的调节方式。反之,当反馈信息的作用与控制信息的作用相同,使控制信息的效应加强,这种反馈方式称为正反馈(positive feedback),它具有不断增强的特点,最适于那些需要迅速发起并尽快终结的生理过程。人体内这类反馈并不多见,例如排尿反射、分娩、血液凝固过程及动作电位的形成等,这些过程一旦发动,就会逐步加强、加速,直至完成。

2. **前馈与自动控制** 虽然负反馈调节是维持机体内环境稳态的重要方式,但是它存在反应滞后和波动的缺点,因为它只有在输出变量出现偏差以后,才能通过反馈来加以纠正,因此总要滞后一定时间,并且在纠正偏差的过程中易于矫枉过正,而产生一系列的波动。实际上,正常机体在各种环境因素(即干扰信息)的不断干扰下,仍能够保持良好的稳态,这是因为多种干扰信息可以直接通过体内有关的各种感受装置作用于控制部分,在输出变量尚未出现偏差而发生负反馈时就能及时发出纠正信息,做到防患于未然,从而使机体的调控过程不至于出现

较大波动和反应滞后现象。这种干扰信息对控制部分的直接作用称为前馈(feed-forward)。如运动员进入训练或比赛场地,通过各种视觉、听觉的刺激,以条件反射的方式通过神经系统对心血管、呼吸和骨骼肌等器官活动预先进行调控,增强心血管活动及呼吸功能等,以适应即将发生的代谢增强的需要,这就是前馈控制的表现。

(徐州医学院 张建福)

第二章 细胞的基本功能

细胞是人体和其他生物体的基本结构和功能单位。体内所有的生理功能和生化反应,都是在细胞及其产物的物质基础上进行的。因此要了解整个人体及其各器官、系统生命活动现象及其根本原理,学习细胞的基本功能是十分必要的。

人体细胞的数量极大,形态各异,功能也各有不同。但它们都是由细胞膜、细胞质和细胞核 3 部分构成,并具有一些共有的基本功能。本章主要讨论细胞膜的基本结构和物质转运功能,细胞的兴奋性和生物电现象,细胞的跨膜信号转导机制,骨骼肌的兴奋和收缩功能。

第一节 细胞膜的基本结构和物质转运功能

所有动物细胞都由一层薄膜包围,称为细胞膜或质膜(plasma membrane)。它把细胞内容和细胞周围环境分隔开来,使细胞内容物不致流失,又能保持其理化成分的相对稳定,以维持细胞的正常生命活动。同时,细胞在不断进行新陈代谢活动,需要从外界摄取 O_2 和营养物质,排出 CO_2 和代谢产物,这就要通过细胞膜与周围环境进行物质交换。要实现上述功能,细胞膜必须是一个对物质具有选择性通透的半透膜,允许某些离子和物质进出细胞,而对另一些物质则有阻碍或屏障作用。如果这些屏障作用受到损害,细胞的正常功能就会受到影响甚至丧失。细胞膜也是接受外界环境理化因素或其他细胞影响的门户。外环境中各种理化因素的变化,体内产生的激素或递质等化学刺激物,以及进入人体内的异物或药物等,很多都是先作用于细胞膜,然后再影响细胞内的生理过程。这时,到达细胞表面的这些生物活性物质本身并不进入细胞内,而仅是同细胞膜结构中的一些特殊蛋白质或其他特殊物质相互作用,从而导致膜本身功能的改变,或导致膜内某些能够调控细胞内过程的物质含量发生改变,进而再引起细胞内某些生命过程发生改变。因此,细胞膜是细胞进行生命活动的重要结构基础,对于细胞内环境的稳定、能量的转移、信息的传递、物质的交换等都起着重要作用。此外,细胞膜还与机体的免疫功能,细胞的分裂、分化,以及癌变、衰老等生理和病理过程有着密切的关系。可以说,细胞的每一种功能活动,都与膜的作用相关联。因此,正确认识膜的结构功能,不仅对揭开生命的奥秘有重大理论意义,而且对于解决医学实践问题也具有重要价值。

一、细胞膜的化学组成和分子结构

电镜下观察发现各种细胞膜均有类似的 3 层结构,即在膜的内外两侧各有一层致密带,中间夹着一层疏松的透明带。两层致密带和中间的透明带厚度各约 2.5 nm,3 层总厚度约为 7.0 ~ 7.5 nm。这种结构不仅见于各种细胞膜,亦见于各种细胞器的膜性结构,如线粒体膜、内质网膜和溶酶体膜等,因而它被认为是细胞膜中普遍存在的基本结构形式,称为单位膜(unit membrane)或生物膜(biological membrane)。

细胞膜的组成成分主要是脂质、蛋白质和糖类,其中脂质约占 40% ~ 50%,蛋白质占 30% ~ 40%,糖占 1% ~ 5%,还有少量金属离子、水分和无机盐等。这些组分的有机排列及相互作用形成了细胞膜的特有结构,并且赋予各种细胞膜的特定功能。膜上的水约有 20% 呈结合状