

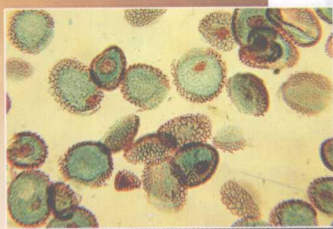


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

全国高等学校医学规划教材
(专科教育)

生理学

主编 刘慧荣



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

全国高等学校医学规划教材

(专科教育)

生 理 学

主 编 刘慧荣

主 审 赵荣瑞

副主编 谷瑞民

编 者 (以姓氏拼音为序)

陈 蕾	青岛大学医学院
陈永昌	江苏大学医学院
崔浩军	内蒙古医学院
谷瑞民	哈尔滨医科大学
李岷雯	广东医学院
廖春梅	湖南师范大学医学院
刘慧荣	山西医科大学
刘 健	山东高等医学专科学校
史明仪	扬州大学医学院
王晓樑	山西医科大学
向福云	武汉大学医学院
张 策	山西医科大学
张翠英	长治医学院
支建明	上海交通大学医学院



高等教育出版社

Higher Education Press

林慧荣主编“十一五”国家级规划教材

林慧荣主编生理学

(普通高等教育)

内容简介

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,全书分为绪论、细胞的基本功能、血液、血液循环、呼吸、消化和吸收、机体的能量平衡、体温及其调节、尿的生成和排出、感觉器官的功能、神经系统的功能、内分泌、生殖和临床生理学共十四章,内容囊括了生理学的基本概念、基本知识和基本理论,重点突出,图表清晰,语言精练,通俗易懂。

本书适用于医学各专业专科学生和成人教育专科学生,也可作为自学考试和执业医师资格考试参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

生理学/刘慧荣主编. —北京:高等教育出版社,

2007. 12

ISBN 978-7-04-022562-4

I. 生… II. 刘… III. 人体生理学—高等学校—教材 IV. R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 162156 号

策划编辑	杨 兵	责任编辑	张 好	封面设计	于 涛
版式设计	马敬茹	责任校对	殷 然	责任印制	朱学忠

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 煤炭工业出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 18.25
字 数 440 000

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.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2007 年 12 月第 1 版
印 次 2007 年 12 月第 1 次印刷
定 价 26.70 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 22562-00

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)58581897/58581896/58581879

传 真：(010)82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

前 言

为积极推进高职高专课程和教学改革,针对高职高专医学专业的培养目标,结合教学实际需求,高等教育出版社组织全国各医学院校长期从事生理学教学一线的专家、教授,共同编写了“全国高等学校医学规划教材”《生理学》,本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

在编写过程中,我们始终明确本书为专科教育教材,强调理论知识以必需和够用为度,因此对某些内容进行了缩减;另外,专科教育培养的学生主要是未来基层医疗单位临床应用型人才,因此编写时强调生理学理论与临床知识的密切联系,这主要体现在两方面,一是在教材中增加了“临床生理学”内容,介绍了与年龄相关的生理变化,并讨论了一些与生理学知识密切相关的临床病例,通过对这些疾病的分析,使学生能够利用生理学所学的基础知识对临床疾病的发病机制及治疗措施的原理进行分析,加深对生理学学习重要性的认识;其次,在附录中给出了重要的生理正常值,供参考使用。

目前,医学教学和临床工作中使用大量英文缩写词,为适应这一趋势,我们将教材中的重要缩略词附于书末,并给出对应的英文全称和中文注释,便于学生查找和记忆。

本教材共十四章,每章按照正文、学习要点和复习题进行编排,其中学习要点是对全章内容的概括和总结,复习题是对重点知识的考查,以便学生更好地掌握生理学知识。

本教材编写分工:绪论由刘慧荣编写,细胞生理由谷瑞民编写,血液由刘健编写,心脏生理由陈永昌编写,血管生理由王晓樑编写,呼吸生理由史明仪编写,消化和吸收由廖春梅编写,机体的能量平衡和体温由张翠英编写,尿液的生成与排出由支建明和王晓樑编写,感官生理由崔浩军编写,神经生理由张策编写,内分泌由李岷雯编写,生殖生理由向福云编写,临床生理由陈蕾和刘慧荣编写。全书由刘慧荣教授统稿,山西医科大学赵荣瑞教授、吴博威教授担任主审。江苏大学医学院生理学教研室贾俊海、山西医科大学生理学教研室杨小荣分别参编了心脏生理和神经生理内容的编写。赵焕新、贺忠梅、武烨、田珏、闫莉等同志承担了大量文字校对工作。谨在此向以上同志致以谢意。

本教材难免存在不足之处,敬请使用本教材的教师、同学和医务工作者提出宝贵意见,供再版时修订。

刘慧荣

2007年7月18日

目 录

第一章 绪论	1	二、血液的理化特性	36
第一节 生理学研究的内容	1	第二节 血细胞生理	38
一、什么是生理学	1	一、血细胞的生成	38
二、生理学与医学的关系	2	二、红细胞生理	40
第二节 机体生理功能的调节	2	三、白细胞生理	41
一、内环境与稳态	2	四、血小板	43
二、机体生理功能的调节方式	3	第三节 生理性止血	44
三、机体功能调节的自动控制	4	一、生理性止血的过程	44
学习要点	5	二、血液凝固	45
复习题	6	三、抗凝血系统和纤维蛋白溶解系统	46
第二章 细胞的基本功能	7	第四节 血型与输血	49
第一节 细胞膜的结构和物质转运功能	7	一、ABO 血型系统	49
一、细胞膜的结构	7	二、Rh 血型系统	50
二、物质跨膜转运的方式和特点	8	三、输血	50
第二节 细胞的跨膜信号转导	13	学习要点	51
一、经细胞膜受体介导的信号转导	13	复习题	52
二、经细胞内受体介导的信号转导途径	16	第四章 血液循环	53
第三节 细胞的电活动	16	第一节 心肌的生物电现象和生理特性	53
一、静息电位及其产生机制	17	一、心肌细胞的生物电现象	53
二、动作电位及其产生机制	18	二、心肌的电生理特性	56
三、局部电位	20	三、体表心电图	61
四、组织的兴奋和兴奋性	21	第二节 心脏的泵血功能	62
第四节 肌细胞的收缩活动	23	一、心肌收缩的特点	62
一、骨骼肌	23	二、心脏泵血的过程和机制	63
二、平滑肌	33	三、心脏泵血功能的评定	65
学习要点	34	四、心脏泵血功能的调节	67
复习题	34	五、心泵功能的贮备	70
第三章 血液	35	第三节 血管生理	70
第一节 血液的组成和理化特性	35	一、各类血管的功能	70
一、血液的组成	35	二、血流量及其与血流动力和血流阻力的	

关系	71	三、胃肠激素	117
三、动脉血压和动脉脉搏	72	四、胃肠的神经支配及其作用	118
四、静脉血压和静脉回心血量	75	第三节 口腔内消化	119
五、微循环	76	一、咀嚼与吞咽	120
六、组织液和淋巴液的生成	79	二、唾液的分泌和作用	120
第四节 心血管活动的调节	80	第四节 胃内消化	121
一、神经调节	80	一、胃的机械性消化	121
二、体液调节	84	二、胃液的分泌和作用	123
三、局部血流调节	86	三、胃液分泌的调节	124
第五节 器官循环	87	第五节 小肠内消化与吸收	125
一、冠脉循环	87	一、小肠的机械性消化	125
二、肺循环	89	二、小肠内消化液的分泌与功能	127
三、脑循环	90	三、小肠内消化产物的吸收	130
学习要点	91	第六节 大肠内消化与吸收	133
复习题	92	一、大肠的机械消化	133
第五章 呼吸	93	二、大肠消化液的分泌和功能	133
第一节 肺通气	93	三、大肠的吸收功能	134
一、肺通气的原理	93	四、排便	134
二、肺通气功能的评价指标	98	学习要点	135
第二节 呼吸气体的交换	101	复习题	135
一、气体交换的原理	101	第七章 机体的能量平衡	136
二、气体交换的过程	102	第一节 平衡膳食的主要需求	136
三、影响肺换气的因素	103	一、机体能量的主要来源	136
第三节 呼吸气体在血液中的运输	104	二、机体内能量的去路	137
一、氧和二氧化碳在血液中的存在形式	104	三、能量代谢的测定	137
二、氧的运输	104	四、影响能量代谢的因素	139
三、二氧化碳的运输	107	五、基础代谢率	139
第四节 呼吸运动的调节	109	第二节 饮食摄入的调节	140
一、呼吸中枢	109	一、控制摄食的中枢	140
二、呼吸的反射性调节	111	二、调节摄食的各种因素	140
学习要点	113	第三节 营养状况的监控	141
复习题	114	一、对能量代谢进行量的调节	142
第六章 消化和吸收	115	二、对能量代谢进行质的调节	142
第一节 概述	115	学习要点	142
第二节 消化系统的组成	115	复习题	142
一、消化道平滑肌	115	第八章 体温及其调节	143
二、消化腺的分泌功能	116	第一节 人体体温	143
		一、正常体温	143

二、体温的生理波动	143	二、感受器的阈值	169
第二节 体热平衡	144	三、感受器的一般生理特性	169
一、产热过程	144	第二节 眼的视觉功能	170
二、散热过程	144	一、眼的折光系统及其调节	170
第三节 体温调节	145	二、眼的感光功能	173
一、温度感受器	145	三、与视觉有关的若干生理现象	176
二、体温调节中枢	146	第三节 耳的听觉功能	178
三、体温调定点学说	146	一、外耳和中耳的功能	178
学习要点	147	二、内耳(耳蜗)的功能	179
复习题	147	第四节 前庭器官的平衡感觉 功能	181
第九章 尿的生成和排出	148	一、前庭器官的感受装置和适宜 刺激	181
第一节 肾的功能解剖和肾血液循环 特点	148	二、前庭反应	182
一、肾的基本结构特点	148	第五节 其他感受器的功能	183
二、肾血液循环的特点	149	一、嗅觉感受器和嗅觉的一般性质	183
第二节 尿生成的基本过程	150	二、味觉感受器和味觉的一般性质	183
一、肾小球的滤过作用	150	三、皮肤感觉和皮肤感受器的功能	184
二、肾小管和集合管的重吸收	153	学习要点	184
第三节 尿液的浓缩和稀释	157	复习题	185
一、尿液的稀释机制	157	第十一章 神经系统的功能	186
二、肾髓质高渗梯度的形成	157	第一节 神经元及神经元之间的信息 传递	186
三、肾髓质高渗梯度的维持	159	一、神经元	186
第四节 尿生成的调节	159	二、神经元之间的信息传递	189
一、肾内自身调节	160	第二节 神经系统的感觉分析 功能	199
二、神经调节	160	一、脊髓和脑干的感觉传导功能	199
三、体液调节	161	二、丘脑及其感觉投射系统	200
第五节 血浆清除率	163	三、大脑皮质的感觉代表区	202
一、血浆清除率的测定方法	163	四、痛觉	203
二、测定血浆清除率的意义	164	第三节 神经系统对躯体运动的 调节	204
第六节 尿的排放	164	一、脊髓对躯体运动的调节	204
一、尿量及尿液的理化特性	164	二、脑干对肌紧张的调节	208
二、排尿活动	165	三、小脑的功能	210
学习要点	166	四、基底神经节对躯体运动的调节	211
复习题	167	五、大脑皮质对躯体运动的调节	212
第十章 感觉器官的功能	168		
第一节 概述	168		
一、感受器、感觉器官的定义和 分类	168		

第四节 神经系统对内脏活动、本能行为和情绪反应的调节	215	腺素	246
一、内脏活动的神经调节	215	一、褪黑素	246
二、本能行为和情绪反应的神经调节	218	二、前列腺素	247
第五节 脑的高级功能	219	学习要点	247
一、学习和记忆	219	复习题	248
二、大脑皮质的语言功能与一侧优势	220	第十三章 生殖	249
三、大脑皮质的电活动	221	第一节 男性生殖	249
四、觉醒和睡眠	223	一、睾丸的功能	249
学习要点	224	二、睾丸功能的调节	250
复习题	224	三、男性附性器官的功能	251
第十二章 内分泌	226	第二节 女性生殖	252
第一节 概述	226	一、卵巢的功能	252
一、激素的分类	227	二、月经周期	253
二、激素作用的一般特性	227	三、妊娠	255
三、激素作用的机制	228	四、分娩与授乳	258
第二节 下丘脑与垂体的内分泌	229	学习要点	258
一、下丘脑调节肽	230	复习题	259
二、腺垂体激素	231	第十四章 临床生理学	260
三、神经垂体激素	234	第一节 与年龄相关的生理变化	260
第三节 甲状腺的内分泌	235	一、衰老的概念	260
一、甲状腺激素的合成与代谢	235	二、衰老与疾病的关系	261
二、甲状腺激素的生物学作用	236	三、衰老对主要器官、系统的影响	261
三、甲状腺功能的调节	237	第二节 基础与临床	263
第四节 肾上腺的内分泌	238	一、重症肌无力和神经肌肉接头兴奋传递	264
一、肾上腺皮质激素	238	二、嗜铬细胞瘤和儿茶酚胺的作用	265
二、肾上腺髓质激素	241	三、一氧化碳中毒和氧气在血液中的运输	267
第五节 胰岛的内分泌	243	四、卓-艾综合征和胃与小肠的消化	268
一、胰岛素	243	五、抗利尿激素分泌失调综合征	270
二、胰高血糖素	244	六、甲状腺功能亢进和甲状腺激素的作用	271
第六节 甲状旁腺及调节钙、磷代谢的激素	245	附录 I 正常生理值	275
一、甲状旁腺激素	245	附录 II 英文缩略词表	277
二、降钙素及 1,25-二羟维生素 D ₃	246		
第七节 松果体的激素和前列			

第一章 绪 论

第一节 生理学的内容

一、什么是生理学

(一) 什么是生理学

生理学(physiology)是生物科学的一个重要分支,是一门研究生物体生命活动现象和功能规律的科学。生理学涉及的领域很广,是生物学中发展相对较早的一门学科。随着科学的发展,人们用不同的方法从不同的角度和水平对机体的功能进行研究,从而不断产生生理学新的分支,如生物化学、生物物理学、营养学等。

虽然很多生命过程在整个生物学领域里是相似的(如遗传密码的复制),但是不同的物种,其生命发生、发展的过程依然是相对独特的。因此,为了阐述不同物种间各自独具的生命特征,广义上的生理学分成多个部分,例如细菌生理学、植物生理学、人体生理学和动物生理学等。本书所要探讨的是人体生理学。

(二) 生理学研究的三个水平及其研究的内容

生理学是一门实验性科学,也就是说,生理学的知识主要是通过实验获得的。人体是由各个器官系统相互联系、相互作用而构成的一个复杂的生物机体。因此,需要从不同的角度提出问题,用不同的方法和技术,在不同的水平上对机体的功能进行观察和研究。根据研究的层次,生理学研究基本可以分成三个水平。

1. 细胞和分子水平的研究

细胞和分子水平的研究对象是细胞及其所含的物质分子,主要研究内容是生命现象的细胞和分子机制。细胞是生命活动的基本单位,其生理特性取决于构成细胞的各种物质,尤其是生物大分子的理化特性。如,肌细胞发生收缩,是由于在某些离子浓度的改变及酶的作用下肌细胞内若干种特殊的蛋白质分子的排列方式发生变化的结果(见第二章)。此外,细胞的生理特性还取决于特殊的基因,在不同条件下基因的表达也可发生改变。因此,生理学研究可以进一步深入到细胞的超微结构和分子水平,即生命活动的最基本的物理化学变化过程。关于这方面的研究内容称为细胞生理学(cell physiology)或普通生理学(general physiology)。功能相同的细胞构成了组织,多种组织构成了具有特定功能的器官,后者的功能取决于构成该器官的各种组织细胞的特性。如肌肉的收缩功能和腺体的分泌功能分别是由肌细胞和腺细胞的生理学特性决定的。

2. 器官和系统水平的研究

器官和系统水平的研究对象是器官和系统,主要研究内容是阐明器官和系统在机体生命过

程中所起的作用、机制以及各个因素对这些活动的影响。例如,心脏如何射血、血管如何进行血液的分配、血液在血管内流动的规律以及神经体液因素对心血管活动的调节等内容,均是在器官和系统水平进行研究得出的结论。在器官、系统水平上进行研究所得到的知识,构成器官生理学(organ physiology)。

3. 整体水平的研究

整体水平研究对象是整个机体,主要研究内容是观察和分析完整机体在不同的环境条件和生理状态下,各个器官、系统之间通过相互联系、相互协调,最终在不断变化的环境中,维持正常生命活动的规律。人体生理学的研究对象是人体,但人体的生理活动并不等于各个器官生理功能的简单总和,而是在各种生理功能之间体现着彼此联系、相互制约的完整而协调的过程。

上述三个水平的研究,相互间不是孤立的,而是相互联系、相互补充的。要阐明某一生命活动的现象及其机制,必须从细胞和分子、器官和系统以及整体三个水平进行研究。

二、生理学与医学的关系

对于医学生来说,生理学是一门基础学科。医学生只有在了解正常人体各个部分正常功能的基础上,才能进一步学习和理解在各种疾病状态下,身体某个或某些部分发生的病理改变,这些病理改变与疾病中临床表现的关系,以及一个器官发生病变时如何影响其他器官的功能等;同时也才能理解各种药物治疗疾病的原理。在此基础上,可以进一步学习和掌握各门临床医学的内容,学习和掌握各种器官、系统疾病的临床表现、诊断和治疗的原则。

实际上,生理学的形成和发展与医学有着极其密切的关系,生理学的每一个进展都会对医学产生巨大的推动作用。例如,生理学有关生物电研究的成果,使诊断疾病的技术发生了革新;对胰岛内分泌生理的研究,有助于阐明糖尿病发病的机制;心、肺功能生理实验方法的建立为体外循环技术的建立提供了实验基础;受体研究的发展为多种疾病的预防及治疗提供了更加有效的治疗手段等。因此,对于医学生来说,生理学是一门非常重要的基本理论课程,是以后学习病理生理学、药理学及各门临床课程的基础。

第二节 机体生理功能的调节

一、内环境与稳态

(一) 内环境

人体内的液体总称为体液,在正常人体内体液量约为体重的60%。体液按其分布可分为两大类:约2/3的液体(约占体重的40%)分布在细胞内,称为细胞内液;其余1/3的液体(约占体重的20%)分布在细胞外,称为细胞外液。细胞外液中,约1/4(约占体重的5%)分布在心血管系统内,也就是血浆;其余的3/4(约占体重的15%)分布在心血管系统之外,即全身的各种组织间隙中,称为组织液。

人体生存的自然环境称为外环境,但人体绝大多数细胞并不与外环境直接接触,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,然

后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,我们称之为机体的内环境(internal environment)。

(二) 稳态

内环境直接为细胞的代谢活动提供必要的物理和化学条件,也是细胞摄取营养物质和排泄代谢产物的场所。生理学中一个十分重要的概念是,内环境的各项物理、化学因素是保持相对稳定的,称为内环境的稳态(homeostasis)。然而,由于细胞不断进行代谢,就不断与内环境发生物质交换,也就不不断地扰乱或破坏内环境的物理、化学性状。外界环境因素的改变也可影响内环境的稳态。所以,机体的生命活动是在内环境稳态的不断破坏与恢复过程中进行的。可见,内环境的稳态是一个动态过程。调节内环境稳态的过程是由机体很多复杂的机制来执行的,而且每个独立的细胞都会参与这些机制的调节。

内环境的稳态是细胞维持正常生理功能的必要条件,也是机体维持正常生命活动的必要条件。如果内环境的各种理化性质的变动超出一定范围,表明机体进入病理状态。例如,心脏的跳动依赖于心肌细胞有节律的收缩。这个收缩活动决定于电信号的产生,而这个电信号是由细胞内液和细胞外液中钠、钾离子浓度决定的。如果细胞外液钾离子浓度过高,那么心肌电信号的传导就将变得非常缓慢,从而改变其正常的收缩节律,这将会导致心脏的功能异常乃至停跳。所以在心脏正常搏动的时候,心肌细胞外液中的钾离子浓度一定会被机体控制在一个稳定的动态平衡内,以维持心脏正常的功能。

二、机体生理功能的调节方式

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,并始终维持内环境的相对稳定,是通过机体功能活动的改变所实现的。这一过程称为生理功能的调节,其调节方式主要有三种,即神经调节、体液调节和自身调节。

(一) 神经调节

通过体内神经系统而实现的生理功能的调节称为神经调节(nervous regulation),神经调节是人体一种主要的生理功能调节方式。

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、传出神经和效应器五部分。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。反射弧任何一个部分发生损伤,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。

体液调节主要由内分泌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输到全身,而发挥调节作用。由于激素作用的靶器官距离远、范围广,一般将经血液运输的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,所以称之为局部性体液调节,包括旁分泌和自分泌调节。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。总之,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。

自身调节通常起一种局部的调控作用,其调节范围较小,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。

三、机体功能调节的自动控制

一个成年人每天大约消耗1 kg食物和2~3 L水。但是,一般来说机体的重量会保持相对稳定,即处于一种平衡状态。我们日常通过食物摄入的能量是与维持机体正常活动和通过各种途径流失的总的能量相匹配的。在一些情况下,比如在饥饿的时候,能量的摄入和机体的需求不相匹配,此时肌肉组织开始分解产生葡萄糖来产生能量;而且在这个时候蛋白质的摄入率也比它的分解率低,这种情况下的个体处于负氮平衡。同样的,如果机体组织正在增殖或者修复,比如正在生长的儿童、孕妇和在早期训练中的运动员,他们日常蛋白质的摄入比机体正常消耗的多,这些个体就处于正氮平衡。这个平衡的概念可以应用于机体中的任何组成成分,而且这一观点对于研究机体是怎样调节自身组成是非常重要的。摄入量必须和需求相匹配,任何一方的过量都会引起平衡失调。

此外,机体中每一种化学成分都有一个受到严格调控的理想浓度范围。比如在两餐之间,血浆(血液中的流体成分)中的葡萄糖浓度大约为4~5 mmol/L。而在进食后,血浆中的葡萄糖浓度就开始高于这个水平,这样就引起胰腺中胰岛素的分泌,由此降低血糖浓度。同理,当葡萄糖浓度下降的时候,胰岛素的分泌也会相应减少。我们把这种调节方式称作负反馈(negative feedback),即通过调节,使机体被调节部分的功能活动产生反向影响的生理功能调节过程。

尽管上述例子只讲了葡萄糖,但是其他生理变化同样适用于这个基本规律,比如人体正常血压水平的维持就是通过负反馈机制进行的。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,降压反射活动减弱,导致血压回升。机体通过压力感受性反射的增强或减弱,使动脉血压维持在正常范围内。

有关负反馈调节的机制目前认为是在体内设置了一个“调定点”,机体对受调节组织器官活动的调节就以这个调定点为参照水平,规定受调节组织器官的活动只能在靠近调定点的一个狭小范围内变动,当其活动超过该范围或者偏离调定点时就会启动负反馈调节。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,负反馈是机体维持稳态的最重要的调节方式。

在多数情况下,机体通过负反馈机制使各种功能活动保持相对稳定,然而在另一些情况下,机体也有相反的调节模式,叫做正反馈(positive feedback)。即通过调节,使机体被调节部分的功能活动产生同向影响的生理功能调节过程。我们以排尿过程介绍正反馈过程。当膀胱内尿液达到一定量时,引起位于膀胱壁内的压力感受器兴奋,通过传入神经,使脊髓排尿中枢兴奋,进而通过传出神经,使膀胱逼尿肌收缩,尿液排出;当尿液流经后尿道时,刺激尿道感受器兴奋,引起排尿中枢活动加强,膀胱收缩进一步加强,通过这种作用,使排尿反射不断加强,直到膀胱内尿液排空为止。从这一过程可以看出,正反馈是一个再生性加强的过程,其作用在于使机体的某一功能迅速达到最大效应,以满足机体的需要。在正常人体内,正反馈较少,除了排尿反射外,血液凝固、动作电位去极化过程、排便、射精和胎儿分娩过程等也属于正反馈过程。

近年来发现,当中枢向受调节组织器官发出活动指令的同时,又通过另一快捷通路向其发出前馈信息,使该组织器官在接受中枢指令进行活动的同时,还能及时得到前馈信息的调控,使活动更加准确,这种调控称为前馈(feedforward)。前馈可以避免负反馈调节时矫枉过正产生的波动和反应滞后现象,使调控具有预见性、适应性。某些条件反射活动就是一种前馈活动。例如,当人们进行冬泳锻炼时,尽管还没有跳入水中,人体的体温还未降低,但由于皮肤的感受器已经受到体外低温刺激,所产生的前馈信号已经作用于控制系统,即中枢神经系统,对体温及时进行调整,增加产热并减少散热,维持体温的恒定。再如,动物见到食物就引起唾液分泌,这种分泌比食物进入口中后引起唾液分泌来得更快,而且富有预见性,更具有适应性意义。

(山西医科大学 刘慧荣)

学习要点

1. 生理学是生物科学的一个重要分支,是一门研究生物体生命活动现象和功能规律的科学。生理学的知识主要是通过实验获得。根据研究的层次不同,生理学研究可以分成细胞分子水平、器官系统水平和整体水平。

2. 细胞外液是细胞生存的直接环境,构成内环境。内环境的理化性质相对平衡的状态称为内环境的稳态,这一稳态通过神经调节、体液调节和自身调节得以实现。

3. 机体生理功能的反馈调节方式分为正反馈和负反馈两种。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,其作用是维持人体生理功能稳态;正反馈在机体生理功能调节中

复 习 题

复 习 题

1. 什么是生理学? 生理学的研究内容是什么?
2. 什么是内环境和稳态? 它们具有什么生理意义?
3. 请比较神经调节、体液调节、自身调节的特点及其之间的联系。
4. 举例说明什么是负反馈、正反馈、前馈? 它们各有什么样的生理意义?

第二章 细胞的基本功能

细胞是构成人体和其他生物体的基本结构和功能单位。体内所有的生理活动和生化反应,都是在细胞及其产物的物质基础上进行的。虽然细胞的形态和功能千差万别,但一些基本功能活动却具有共同的特征。因此,要理解整个人体及其各器官、系统的生命活动规律,以及理解人体的新陈代谢、生长、发育、生殖和衰老等最根本的生命现象,须从细胞生理学开始。

本章将主要讨论如下内容:细胞膜的基本结构和跨膜物质转运;细胞的兴奋性和电活动;细胞的跨膜信号转导;骨骼肌和平滑肌的兴奋和收缩。

第一节 细胞膜的结构和物质转运功能

所有动物细胞都由一层薄膜包被,称为细胞膜或质膜。它把细胞的内容物与其周围环境隔离开来,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 和其他代谢产物,这就要通过细胞膜与周围环境进行物质交换。要实现这一功能,细胞膜必须是一个对物质具有选择性通透的半透膜,即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。细胞膜也是细胞接受周围环境中各种理化因素影响的门户。外界环境中的各种理化因素的变化,如体内产生的神经递质或激素,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。因此,细胞膜在细胞内外的物质交换、信息传递和能量转移等方面均发挥十分重要的作用,是细胞实现其生理功能的重要结构基础。本节重点讨论细胞膜的结构和跨膜物质转运功能。

一、细胞膜的结构

在电子显微镜下观察细胞,发现细胞膜均有类似的三层结构,即在膜的内外两侧各有一层约 2.5 nm 致密带,中间夹有一层厚约 2.5 nm 疏松的透明带,总厚度约为 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以及细胞内各种膜性结构中普遍存在的一种基本结构形式,称为单位膜或生物膜。

对各种膜性结构的化学分析表明,尽管不同来源的膜中各种物质的组成和比例有所不同,但细胞膜的组成成分主要是脂质和蛋白质,还有少量的糖类。

关于膜的分子结构,即这几种物质分子在膜中存在和排列的方式,人们曾提出各种各样的假说。但得到较多实验事实支持并为大家所接受和应用的是 1972 年由 Singer 和 Nicholson 提出的液态镶嵌模型(fluid mosaic model)学说。这一学说的基本内容是:膜是以液态的脂质双分子层

为基架,其中镶嵌着具有不同分子结构和生理功能的、以 α -螺旋或球形形式存在的蛋白质,如受体、载体、通道及各种酶等(图2-1)。

(一) 脂质双分子层

在细胞膜的脂质中以磷脂类为主,约占脂质总量的70%以上,其次是胆固醇,一般低于30%,还有少量属鞘脂类脂质。磷脂的基本结构是:一分子甘油的两个羟基同两分子脂肪酸相结合,另一个羟基则同一分子磷酸结合,后者再同一个碱基结合。根据这个碱基的种类,动物细胞膜中的磷脂主要有四种:磷脂酰胆碱、磷脂酰乙醇胺、磷脂酰丝氨酸和磷脂酰肌醇。鞘脂类的基本结构和磷脂类类似,但不含甘油。所有膜的脂质都是双嗜性分子。以磷脂为例,每一磷脂分子的头端是由磷酸和碱基组成的、亲水性的极性基团,尾端是由脂肪酸烃链组成的、疏水性的非极性基团。由于细胞膜的内外两侧均是水溶液,所以,磷脂分子的亲水端都朝向细胞膜内、外两侧的表面,疏水端朝向细胞膜的中间,即尾—尾相对,因而形成脂质双分子层结构。由于脂质的熔点较低,在体温条件下,一般呈流体状态,使膜具有柔软性和一定的流动性,使嵌入的蛋白质可以在脂质双分子层中作横向运动。脂质双分子层的这种稳定性和流动性,使细胞在承受相当大的压力和外形改变时不致破裂,即使发生较小的破裂,也能很快自动融合修复。体内某些吞噬细胞通过血管壁时的变形运动,红细胞在通过毛细血管时被扭曲而不破裂等,都与膜的这种特性有关。

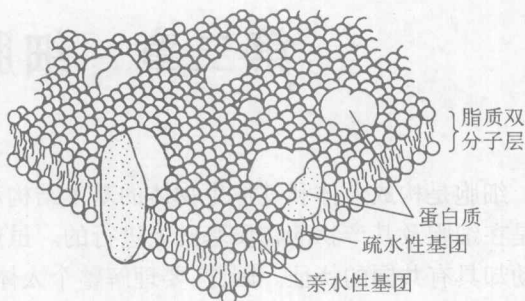


图2-1 膜的液态相嵌模型

细胞膜中的蛋白质以 α -螺旋或球形结构分散镶嵌在膜的脂质双分子层中。根据蛋白质在膜上的分布位置,将其分为两大类:表面蛋白和整合蛋白。表面蛋白分布在脂质双分子层的内、外侧表面,约占膜蛋白质的30%。此类蛋白质以其肽链中带电的氨基酸或基团与两侧的脂质极性基团相互吸引,像是被吸附在膜的表面。整合蛋白以 α -螺旋结构与膜脂质的疏水部分相互作用,一次或反复多次贯穿整个脂质双分子层。整合蛋白约占膜蛋白质的70%。

(二) 细胞膜的蛋白质

细胞膜中的蛋白质以 α -螺旋或球形结构分散镶嵌在膜的脂质双分子层中。根据蛋白质在膜上的分布位置,将其分为两大类:表面蛋白和整合蛋白。表面蛋白分布在脂质双分子层的内、外侧表面,约占膜蛋白质的30%。此类蛋白质以其肽链中带电的氨基酸或基团与两侧的脂质极性基团相互吸引,像是被吸附在膜的表面。整合蛋白以 α -螺旋结构与膜脂质的疏水部分相互作用,一次或反复多次贯穿整个脂质双分子层。整合蛋白约占膜蛋白质的70%。

镶嵌在细胞膜上的蛋白质有多种功能,包括:①跨膜转运各种物质,如以载体、通道、离子泵等方式;②辨认和接受特异性的化学信号,如各种受体蛋白;③催化细胞内、外某种酶的化学反应;④在细胞表面起标志作用如表面特异性抗原,可供免疫物质辨认等。由此可见,细胞的多种功能主要是由镶嵌在细胞膜上的蛋白质所决定的,细胞膜上蛋白质的种类及含量越多,细胞的功能越复杂。

(三) 细胞膜的糖类

细胞膜含糖类很少,主要是一些寡糖和多糖链,它们以共价键的形式与蛋白质或膜脂质结合,形成糖蛋白或糖脂。由于这些糖链具有特异的化学结构,因而可作为细胞的“标记”。

二、物质跨膜转运的方式和特点

在进行正常新陈代谢的条件下,细胞与外界环境的物质交换是非常活跃的,它包括不断地摄取营养物质和及时地排出代谢产物。而细胞膜是进行这种交换的唯一途径。现将跨细胞膜转运