



国家开放大学
THE OPEN UNIVERSITY OF CHINA

人体生理学

李效义 主编



中央广播电视大学出版社



国家开放大学
THE OPEN UNIVERSITY OF CHINA

人体生理学

李效义 主编

中央广播电视大学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

人体生理学/李效义主编. —北京: 中央广播电视大学出版社, 2013. 12

ISBN 978 - 7 - 304 - 06428 - 0

I. ①人… —II. ①李… III. ①人体生理学 IV. ①R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 320162 号

版权所有, 翻印必究。

人体生理学

RENTI SHENGLIXUE

李效义 主编

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 营销中心 010 - 58840200

总编室 010 - 68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号

邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 雷 宁

版式设计: 赵 洋

责任编辑: 王 普

责任校对: 王 亚

责任印制: 赵联生

印刷: 北京市全海印刷厂

印数: 0001 ~ 11000

版本: 2013 年 12 月第 1 版

2013 年 12 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

印张: 21.25 字数: 475 千字

书号: ISBN 978 - 7 - 304 - 06428 - 0

定价: 35.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

PREFACE 前言

“人体生理学”是国家开放大学（中央广播电视大学）护理学专业（专科）学生的必修课程，是一门重要的医学基础课。1994年，中央广播电视大学开设护理学专业（专科），选用北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社出版的医学高等专科学校教材《人体生理学》（于吉人、张大成主编）；2001年，为了适应学科发展，新编了《人体生理学》（朱文玉主编，北京大学医学出版社）。2009年，中央广播电视大学建立了人体生理学课程教学团队，坚持人体生理学与临床护理实践相结合的教学改革思想，以及“实用、适用和够用”的教学资源建设思路，依靠团队进行学生特点、课程特点以及学习资源需求情况调查研究，建设了一系列网上教学课件以及网络课程，备受师生欢迎，分别获得全国多媒体教学软件大奖赛的一、二、三等奖和国家开放大学精品课程。本次新编教材是在中央广播电视大学课程教学改革实践探索的基础上进行的，是学科发展的需要、教学改革的需要，也是更好地满足护理学专业学生学习需求的需要。

为了适应远程开放教育的特点，突出课程实践教学特色，满足学生在职在岗学习的需求，本教材的编写组在课程内容的选取和呈现方式上做了认真的设计和编排，其主要特点如下：

（1）内容比较完整，结构比较合理。本教材由理论和实验两大部分组成，体现了人体生理学实验科学的特点。理论部分共12章，第一章至第二章是总论的内容，介绍了人体生理学的学科特点、研究方法和基本原则以及细胞的生理功能；第三章至第十二章分别介绍了各个系统及其重要脏器的功能、调节及调节的机制等内容；实验部分为第十三章，介绍了10个与临床联系比较紧密的生理学实验。

（2）注重学科发展，突出实践教学。教学内容的选取注重学科的进展和内容的更新，注重生理学内容的临床应用价值，尽量满足在职在岗护理人员的学习需求。

（3）导学和助学功能比较强，适合远程在职学生学习。本教材各章由学习目标、学习内容正文、临床联系、小结、学习活动（临床案例生理学分析、问题讨论和网络课程学习交互）等部分组成。其中，学习目标将学习内容分为“掌握、熟悉、了解”三个层次，掌握的内容是学习和考核的重点。每个层次相对应的具体目标是：概念要能复述，功能、调节要能描述，机制要能简述，临床联系要能解释。学生可以在学习目标的指导下学习教材，有侧重地、联系实际地去重点理解、掌握有关知识，并在学习章节内容后，通过病例生理学分析、问题讨论和练习题等学习活动强化和检验学习效果。

(4) 教材采用了大量图片和照片资料, 并有配套的录像教材、网络课程和电子书, 能降低学生学习难度并满足个性化学习的需求。学生登录“国家开放大学人体生理学网络课程”(http://web2.openedu.com.cn/course/view.php?id=119) 即可完成一站式学习过程, 还可选择不同的学习模块(生理学重点知识与临床应用相结合设计)、生理实验、师生交互、案例共享、章节练习等进行学习和练习, 并分享学习经验。

本教材共分13章, 由首都医科大学人体生理学的资深教师和国家开放大学的教师共同组建编写组编写完成。其中, 第一章、第九章、第十三章由首都医科大学李效义教授编写, 第二章、第三章由首都医科大学贾军副教授编写, 第四章、第五章由首都医科大学傅小锁副教授编写, 第六章至第八章由首都医科大学徐敬东副教授编写, 第十章、第十一章由首都医科大学黄海霞副教授编写, 第十二章由广西广播电视大学白雪讲师编写。国家开放大学尹志英副教授负责教材的设计及教学目标和部分助学学内容的编写。全书由李效义教授进行统稿, 贾军副教授负责稿件的收集和初步整理。

湖南中医药高等专科学校郭争鸣教授和首都医科大学谢燕副教授、王艳玲副教授三位专家对书稿做了认真细致的修改和审定, 国家开放大学人体生理学课程教学团队的各位老师参与了课程教学改革、课程教学设计等方面的工作, 在此向他们表示衷心的感谢!

本教材内容贴合高职院校护理人才的培养目标, 符合成人护理学专业学生理论联系实际的学习需求, 适合各类医学院校护理学专业成人在职学生使用。

本教材的部分图片来自网络、相关书籍和同行交流。在此谨向其所有者表示谢意。

由于我们水平有限, 书中难免出现缺点和错误, 望同道和读者不吝指正。

编者

2013年11月

CONTENTS 目 录

第一章 绪 论 1

第一节 人体生理学的概念和研究

方法 1

一、人体生理学的概念 1

二、人体生理学的研究方法 2

第二节 生命活动的基本特征 3

一、新陈代谢 3

二、兴奋性 4

三、适应性 5

四、生 殖 5

第三节 内环境及其稳态 5

一、体 液 5

二、内环境 5

三、稳 态 5

第四节 生理功能的调节 6

一、生理功能的调节方式 6

二、人体功能调节的反馈控制 8

第二章 细胞的生理功能 11

第一节 细胞膜的跨膜物质转运 ... 11

一、细胞膜的基本组成 11

二、细胞膜的物质转运功能 12

第二节 细胞的生物电现象 17

一、静息电位 18

二、动作电位 21

第三节 兴奋的引起及在同一细胞

上的传导 22

一、兴奋性的周期变化 22

二、阈电位的概念 23

三、局部兴奋及其总和 24

四、兴奋在同一细胞上的传导 ... 26

第四节 肌细胞的收缩功能 27

一、神经—骨骼肌接头处兴奋的

传递 27

二、骨骼肌的收缩原理 30

三、骨骼肌收缩的外部表现 32

四、影响骨骼肌收缩的主要

因素 33

第三章 血 液 37

第一节 血液的生理特性 37

一、血液的组成 38

二、血 量 39

三、血液的理化特性 40

第二节 血细胞 43

一、红细胞 43

二、白细胞 46

三、血小板 49

第三节 生理性止血 50

一、生理性止血的过程	50	第五章 呼 吸	111
二、血液凝固过程和生理性凝血 机制	51	第一节 肺通气	112
三、抗凝和促凝	53	一、肺通气的原理	112
四、止血栓的溶解	55	二、肺通气功能评价	121
第四节 血型与输血	56	三、肺通气量	123
一、红细胞凝集	56	第二节 肺换气与组织换气	125
二、ABO 血型系统	57	一、气体交换的原理	125
三、Rh 血型系统	57	二、影响肺换气的因素	127
四、输血的原则	58	第三节 气体在血液中的运输	129
第四章 血液循环	62	一、氧的运输	129
第一节 心脏生理	62	二、二氧化碳的运输	134
一、心脏的泵血功能	63	第四节 呼吸运动的调节	136
二、心肌细胞的生物电现象和 生理特性	70	一、呼吸中枢和呼吸节律的 形成	137
第二节 血管生理	81	二、呼吸的反射性调节	139
一、各类血管的结构和功能 特点	81	第六章 消化和吸收	147
二、血流量、血流阻力、血压及其 相互关系	82	第一节 消化和吸收概述	147
三、动脉血压和动脉脉搏	84	一、消化道平滑肌的特性	148
四、静脉血压和静脉回心血量	88	二、消化腺的分泌功能	149
五、微循环	90	三、胃肠的神经支配及其 作用	150
六、组织液的生成和回流	92	四、胃肠激素	151
七、淋巴循环	94	第二节 消化道的运动	153
第三节 心血管活动的调节	95	一、胃的运动	153
一、神经调节	95	二、小肠的运动	155
二、体液调节	101	三、大肠的运动和排便	156
三、局部血流调节	103	第三节 消化液及其分泌	157
第四节 器官循环	103	一、胃液的分泌	157
一、冠脉循环	104	二、胰液的分泌	162
二、肺循环	105	三、胆汁的分泌与排出	164
三、脑循环	106	四、小肠液的分泌	166
		五、大肠液的分泌	167
		第四节 消化道的吸收	167

一、消化道吸收概述	167	二、尿的排放	209
二、小肠内主要营养物质的 吸收	168	第九章 神经系统	214
第七章 能量代谢与体温	173	第一节 神经元与突触	214
第一节 能量代谢	173	一、神经元和神经纤维	214
一、机体能量的来源和转化	174	二、突 触	216
二、能量代谢测定的原理和 方法	174	三、神经递质	219
三、影响能量代谢的因素	177	四、受 体	220
四、基础代谢	178	第二节 反射活动的一般规律	221
第二节 体温及其调节	180	一、反射中枢的定义	222
一、体 温	180	二、中枢神经元的联系方式	222
二、体热平衡	182	三、中枢抑制	223
三、体温调节	183	第三节 神经系统的感觉功能	224
第八章 肾脏的排泄功能	186	一、丘脑的感觉功能	224
第一节 肾脏概述	186	二、大脑皮层的感觉分析 功能	225
一、肾的功能解剖	186	三、内脏感觉	227
二、肾血液循环的特征	188	四、痛 觉	227
三、肾的神经支配	190	第四节 神经系统对躯体运动的 调节	228
第二节 尿生成的过程	190	一、脊髓对躯体运动的调节	228
一、肾小球的滤过功能	190	二、低位脑干对躯体运动的 调节	230
二、肾小管与集合管的转运 功能	194	三、小脑对躯体运动的调节	231
第三节 尿液的浓缩和稀释	200	四、基底神经节对躯体运动的 调节	231
一、尿液的稀释	200	五、大脑皮层对躯体运动的 调节	232
二、尿液的浓缩	200	第五节 神经系统对内脏活动的 调节	234
三、直小血管在保持肾髓质高渗中 的作用	203	一、植物性神经系统	234
第四节 尿生成的调节	203	二、各级中枢对内脏活动的 调节	235
一、肾内自身调节	203	第六节 脑的高级功能	236
二、神经和体液调节	205	一、条件反射	236
第五节 尿液及其排放	208		
一、尿 液	208		

二、脑电图	237	第六节 甲状旁腺激素、降钙素 和维生素 D ₃	267
第十章 感觉器官	241	一、甲状旁腺激素	267
第一节 感受器概述	241	二、降钙素	268
第二节 视觉器官	243	三、维生素 D ₃	268
一、眼的折光系统及其调节	243	第十二章 生殖	271
二、眼的感光换能作用	245	第一节 男性生殖	271
第三节 听觉器官	246	一、睾丸的生精作用	271
一、外耳和中耳的传音作用	246	二、睾丸的内分泌功能	272
二、内耳的感音换能作用	247	三、睾丸功能的调节	273
第四节 前庭器官	248	第二节 女性生殖	274
一、前庭器官的感受细胞	248	一、卵巢的产卵作用	274
二、前庭器官的适宜刺激和 生理功能	248	二、卵巢的内分泌功能	275
第十一章 内分泌	251	三、卵巢功能的调节	276
第一节 内分泌概述	251	第十三章 实验	280
一、激素的分类	252	实验一 出血时间和凝血时间的 测定	280
二、激素作用的一般特性	253	实验二 影响血液凝固的因素 ...	284
三、激素作用的机制	254	实验三 血型的鉴定和交叉 配血	288
第二节 下丘脑与垂体	255	实验四 影响心输出量的因素 ...	293
一、下丘脑—腺垂体系统	255	实验五 心电图测量	299
二、腺垂体激素	255	实验六 间接测量人体血压	305
三、下丘脑—神经垂体系统	257	实验七 心血管活动的神经体液 调节	310
第三节 甲状腺	257	实验八 肺活量测定	318
一、甲状腺激素的生物合成	257	实验九 呼吸运动的调节	321
二、甲状腺激素的生理作用	257	实验十 影响尿生成的因素	326
三、甲状腺功能的调节	260	参考文献	331
第四节 肾上腺	261		
一、肾上腺皮质	261		
二、肾上腺髓质	265		
第五节 胰岛	265		
一、胰岛素	266		
二、胰高血糖素	266		

绪 论

 学习目标

掌握:

1. 概念: 兴奋性、可兴奋组织、阈强度(阈值)、兴奋、内环境、稳态、反馈。
2. 内环境理化性质相对恒定在临床上的重要意义。

熟悉:

1. 概念: 适应性、自身调节。
2. 人体生命活动的基本特征; 人体生理功能三种调节方式的特点; 正反馈和负反馈的特点; 负反馈在维持内环境稳态中的作用。

了解:

刺激引起兴奋的条件。

第一节 人体生理学的概念和研究方法

一、人体生理学的概念

人体生理学是研究正常状态下人体功能活动规律的科学。人体生理学是实验性的科学, 是一门重要的医学基础课程。在现代医学课程体系中, 人体生理学是一门重要的基础医学理论课程。它以人体解剖学、组织学为基础, 同时又是药理学、病理学等后续课程和临床各课程的基础, 起着承前启后的作用。对于医护人员来说, 不具备人体生理学的基本知识, 就不能正确认识疾病; 不仅如此, 在认识和处理临床实践中的许多实际问题时, 生理学的基本理论和基本方法还是科学的思维方式和重要的研究手段。

临床联系

生理学是关于正常生命活动的科学，医学是关于疾病的科学。两者均具有各自独特和丰富的知识体系，因而成为两个独立的部分，但彼此间又具有内在的联系。一方面，生理学研究理论成果推动了临床诊疗技术和护理技术的发展。例如，细胞电活动及其机制的研究，促进了心电、脑电、肌电等检测技术在临床诊疗疾病中的应用，以及在病情监测等护理工作中的应用。而且，应用生理学理论可以帮助认识解决一些临床护理工作中的问题。例如发病机制、临床表现、护理措施和健康教育等，使护理工作者在工作中不仅能知其然，也能知其所以然。作为医学生和护理工作者，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应用，才能更好地理解疾病的发生和发展过程，以便准确地诊断、治疗疾病和护理好病人。另一方面，临床上某些疾病的发病机制尚未阐明，又为生理学工作者提出了新的研究课题。例如，对震颤麻痹发生、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。这也说明，生理学的发展需要临床工作人员不断发现问题和提出问题。

二、人体生理学的研究方法

人体生理学的研究方法包括人体观察方法和实验研究方法。人体观察方法主要通过对人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，进而得出各项体征的正常值及其变化范围。例如，心率、动脉血压、呼吸频率、体温和尿量等的正常值及其变化范围，就是通过对人体功能活动进行观察和分析而获得的。这种方法最大的特点是对人体无损伤，但获得的知识有限。实验研究方法是在人工创造的一定条件下，对生命现象进行客观观察和分析，以获得生理学知识的一种研究手段。实验研究方法往往会给机体造成一定的损害，因此主要是在动物身上进行。

生理学真正成为一门实验性科学是从17世纪开始的。1628年，英国医生威廉·哈维(William Harvey, 1578—1657年)所著的《心血运动论》一书出版，标志着生理学真正成为一门实验性科学。他通过对动物进行活体解剖和生理实验，结合对人体功能的观察和分析，证明了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。威廉·哈维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，才有可能阐明人体生命活动的发生过程和影响因素，才有可能对各种生理功能的发生机制进行深刻的分析。恩格斯曾高度评价威廉·哈维的工作，他说：“血液循环的发现把生理学确立为科学。”

在生理学研究，常采用的实验研究方法有急性和慢性两种。

(一) 急性实验方法

急性实验方法一般在短期内完成,获得结果后即处死样本动物。

急性实验根据研究的目的不同,又可分为离体实验和活体解剖实验两种方法。

1. 离体实验方法

离体实验方法是指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,使其在一定时间内功能活动得以相对正常地进行。例如,将蟾蜍的坐骨神经分离后放置于屏蔽盒中,记录神经干的动作电位。又如,把蟾蜍的心脏离体后,用任氏液进行灌流,观察不同影响因素对心率变化的影响。离体实验可在排除神经和体液因素的影响下,观察某一器官、组织的生理特性,但所得的结果不能代表它在正常体内的情况。

2. 活体解剖实验方法

活体解剖实验方法是指将实验动物麻醉后进行解剖,并对其体内某一器官进行实验研究。这是我们在生理实验中经常采用的方法。例如,解剖暴露家兔迷走神经,用电刺激迷走神经,观察动脉血压的变化。需要说明的是,由于活体解剖实验是在麻醉和创伤的条件下进行的,因此所得结果与正常情况下的功能活动是有差别的。

(二) 慢性实验方法

在有目的地对样本动物进行一次外科无菌手术,对其体内某器官进行处理后,让动物完全恢复过来,随之再长时间地对其进行研究,这称为慢性实验。例如,用狗做实验,研究胃液头期分泌的“假饲实验”。该实验用事先做过食管切断术并具有胃瘘的狗进行假饲:当食物经过口腔进入食管后,随即从食管的切口流出体外,食物并没有进入胃内,却引起胃液分泌。

第二节 生命活动的基本特征

生命活动的基本特征主要有新陈代谢、兴奋性、适应性和生殖四方面。

一、新陈代谢

机体不断地从环境中摄取营养物质并合成为自身的物质(合成代谢),同时又不断地分解自身原有的物质(分解代谢),并将分解产物排出体外。机体这种不断破坏和清除衰老结构,重建新结构的吐故纳新过程称为新陈代谢。

物质的合成需要摄取利用能量,而物质在分解过程中又会将蕴藏的化学能量释放出来,作为机体各种生理活动的能量来源并维持体温。因此,新陈代谢包含物质的转化(物质代谢)和能量转换(能量代谢)两个密不可分的过程。

二、兴奋性

机体所处的环境是经常发生变化的,正常情况下,机体会对环境的变化做出适当的反应。生理学常将能引起机体发生一定反应的内外环境条件的变化称为刺激,而将刺激引起机体的变化称为反应。反应的表现有两种形式:细胞组织由相对静止状态变为活动状态,或活动由弱变强,称为兴奋;细胞组织由原来活动状态变为相对静止,或活动由强变弱,称为抑制。

刺激引起兴奋必须具备三个条件(三要素),即足够的强度、足够的作用时间和刺激强度对时间的变化率。任何性质的刺激如果没有足够的强度,就不会引起组织细胞发生兴奋。若将刺激强度固定,时间过短也不能引起组织细胞发生兴奋。强度对时间的变化率是指刺激强度随时间的变化而发生变化的速度。实验表明,当刺激强度以较慢速率增长时,这样的刺激必须作用较长时间,才能最终使刺激强度达到一个较大值时,组织细胞才会发生兴奋;并且,如果刺激的增强过慢,无论刺激延续多久,也不能引起组织细胞兴奋。

若将刺激作用时间和强度对时间的变化率固定不变,只改变刺激强度,则刚能引起组织细胞产生兴奋的最小刺激强度称为阈强度,简称阈值。刺激强度小于阈值的刺激称为阈下刺激,刺激强度大于阈值的刺激称为阈上刺激。

临床联系

肌肉注射是临床护理中常用的一种治疗方法。要减少病人疼痛,注射时要做到“两快一慢”,即进针和拔针要快,推药要慢,这在临床上称为无痛注射技术。运用引起刺激的条件,即刺激的三要素理论可解释此技术。“两快”是针头快速通过皮肤,从而缩短刺激作用的时间;“一慢”是起到延缓强度—时间变化率的作用。由于“两快一慢”使刺激持续时间缩短,强度对时间的变化率减慢,则刺激强度降低,因此可以减轻疼痛。

组织细胞对刺激所产生的兴奋是多种多样的,如肌肉表现为收缩、腺体表现为分泌、神经表现为产生和传导冲动等。但它们在上述表现之前都会产生一种共同的生物电反应——动作电位。近代生理学将组织细胞对刺激产生动作电位的能力称为兴奋性;将对刺激能产生动作电位的组织称为可兴奋组织;将组织细胞受刺激后产生动作电位的现象称为兴奋。

兴奋性是机体生命活动的基本特征之一,但不同组织细胞或同一组织细胞在不同情况下,对刺激产生兴奋的能力并不相同,即组织细胞的兴奋性是不同的。用什么来衡量组织的兴奋性呢?最常用的指标就是刺激的阈值。兴奋性越高的组织细胞,对弱的刺激便能产生兴奋,即其刺激阈值越低;只对很强的刺激才产生兴奋的组织,表示其兴奋性较低,其刺激阈值较高。简言之,组织细胞兴奋性的高低与阈值的大小呈反变关系,即

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

三、适应性

机体根据内外环境的变化而调整体内各部分活动和关系的功能称为**适应性**。适应分为行为适应和生理适应两种。

行为适应常有躯体活动的改变,如在低温环境中机体会出现产热活动,遇到伤害性刺激时会出现躲避活动等。行为适应在生物界普遍存在,属于本能性行为适应。

生理适应是指身体内部的协调性反应。例如在高原低氧环境中生活的人,其血液中红细胞和血红蛋白的数量会比在普通环境下有所增加,以增强运输氧的能力;又如在强光照射下,瞳孔会缩小以减少光线进入眼内,使视网膜免遭损伤。

四、生殖

人体生长发育到一定阶段时,男性和女性两种个体中发育成熟的生殖细胞相结合,便可形成与自己相似的子代个体,这种功能称为**生殖**。生殖是人类得以繁衍后代、延续种系的基本生命特征。

第三节 内环境及其稳态

一、体 液

人体内的液体总称**体液**。体液总量约占身体重量的60%,按其分布分为细胞内液和细胞外液两大类。分布于细胞内的体液为细胞内液,约占体液总量的 $\frac{2}{3}$ (占体重的40%);分布于细胞外的体液称为细胞外液,约占体液总量的 $\frac{1}{3}$ (占体重的20%)。细胞外液包括血浆、组织液、淋巴液和脑脊液。

二、内环境

人体内绝大多数细胞与外界环境没有直接接触,它们的直接生活环境是细胞外液。因此,生理学中常将细胞外液称为**内环境**。内环境是相对于人体所处的外环境而言的。

三、稳 态

内环境是细胞生存的环境。细胞通过新陈代谢不断地与内环境发生物质交换,从内环境

中摄取氧气和营养物质。内环境的各项物理、化学因素,如 O_2 与 CO_2 分压、pH 值、各种离子和营养物质浓度、温度、渗透压等保持相对稳定,给细胞创造一个适宜的环境,是细胞维持正常生理功能的必要条件。生理学上将内环境的理化性质相对恒定的状态称为稳态。

内环境的理化因素不是静止不变的。由于细胞不断地进行新陈代谢,不断地与内环境发生物质交换,就会不断地扰乱或破坏内环境的稳态,如外界环境因素的改变、疾病都可影响内环境的稳态。与此同时,体内各器官、组织又从不同方面参与了内环境稳态的维持。例如,呼吸器官通过呼吸运动补充 O_2 排出 CO_2 ; 消化器官通过消化和吸收摄入营养成分;泌尿器官通过生成和排出尿液,排出各种代谢尾产物,并参与水、电解质及酸碱平衡的调节;等等。因此,内环境稳态的保持是一个复杂的生理过程,是一个不断破坏和不断恢复的过程,是一个动态的、相对稳定的状态。

当外界环境剧烈变化或疾病时,如缺少 O_2 、高烧、酸中毒等,内环境的理化性质可发生较大变化;当器官组织的代偿性活动不能维持内环境的稳态时,整个机体的功能将发生障碍,严重时可危及生命。例如,肾功能衰竭时,由于代谢产物不能通过尿液排出体外,可引起尿毒症。

第四节 生理功能的调节

当机体的内外环境发生变化时,体内各器官组织的功能及相互关系也会发生相应的变化,使机体适应环境的变化,并维持内环境的稳态。人体各器官功能的这种适应性反应称为生理功能的调节。

一、生理功能的调节方式

人体存在着精确的调节系统,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

通过神经系统进行调节的方式称为神经调节。神经调节的基本方式是反射。反射是指在神经系统参与下,机体对刺激产生的规律性反应。完成反射的结构基础是反射弧,它包括 5 个部分:感受器、传入神经、中枢、传出神经和效应器(如图 1-1 所示)。其中,感受器的作用是感受内外环境变化的刺激,并将各种刺激的能量转换为电信号(神经冲动),沿传入神经传至中枢。中枢包括脑和脊髓,中枢对传入信号进行处理、分析,综合后将指令由传出神经传到效应器,改变效应器的活动。例如,当强光刺激人眼的感受器时,刺激信号通过传入神经到中枢,再由传出神经至瞳孔括约肌,引起瞳孔缩小,这就是一种反射活动(瞳孔对光反射)。反射活动的完整有赖于反射弧结构和功能的完整。反射弧的 5 个部分中,任

何一个部分的结构或功能遭受破坏, 反射活动都将不能完成。

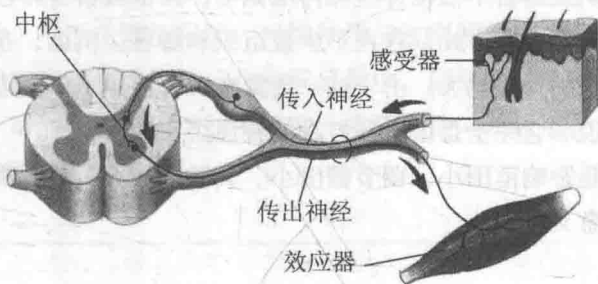


图 1-1 反射弧组成示意图

反射分为非条件反射和条件反射两种。非条件反射是天生具有的, 多是人维持生命的本能活动, 其反射弧和反射都是比较固定的, 如食物入口后对口腔内感受器的刺激引起的唾液分泌。条件反射则是后天养成的, 是个体在生活过程中建立起来的。例如, 人们在谈论美味食品时, 虽然没有食物的具体刺激, 也会引起唾液分泌。条件反射是建立在非条件反射基础上的一种高级神经活动, 它大大地扩展了机体适应环境的能力。

神经调节的特点是反应迅速、准确, 作用时间短暂。

(二) 体液调节

体液调节是指体内产生的一些特殊化学物质通过体液途径对某些组织或器官的活动进行调节的过程。这一类化学物质主要有: ① 由内分泌腺或内分泌细胞分泌的激素, 如胰岛素、肾上腺素等; ② 一些组织细胞产生的特殊化学物质, 如组胺、5-羟色胺等; ③ 细胞代谢的某些产物, 如 CO_2 、乳酸等。

这些化学物质主要是通过血液循环到达被调节的组织或器官, 但有一些化学物质并不通过血液循环运送, 而是直接扩散到周围的组织液中再作用于其邻近的组织细胞。

体液调节的特点是反应较缓慢, 作用持续时间较长, 作用范围较广泛。

一般来讲, 体液调节是一个独立的调节系统, 但是人体内很多内分泌腺的活动都直接或间接受到神经的支配和调节。在这种情况下, 内分泌腺往往是神经反射传出通路上的一个分支 (如图 1-2 所示)。例如, 交感神经中枢兴奋时, 既可通过神经纤维直接作用于心脏, 同时交感神经纤维还作用于肾上腺髓质, 使肾上腺素分泌增加, 并通过血液循环加强心脏的活动。这种神经和体液复合调节的方式被称为**神经-体液调节**, 神经在其中起主导作用。



图 1-2 神经-体液调节示意图

(三) 自身调节

自身调节是指组织或器官不依赖神经和体液调节，而由其自身特性对内外环境变化产生适应性反应的过程。这种调节方式只存在于少数组织和器官。例如，在一定范围内，心肌纤维被牵拉得越长，其收缩力将越大。由于这一现象在没有神经和体液因素影响下的离体灌流心脏中也同样存在，说明它完全是由心肌自身的特性决定的。

自身调节的特点是影响范围小、调节幅度小、灵敏度较低。自身调节在维持某些器官功能的稳定中具有一定意义。

二、人体功能调节的反馈控制

对于人体，通常将反射中枢或内分泌腺看作控制部分，而将效应器或靶细胞看成是受控部分。但在多数情况下，控制部分与受控部分之间往往并不是一种单向信息联系，而是双向的信息联系，即除控制部分发出控制信息（神经冲动或激素）改变受控部分的活动外，受控部分也不断有反馈信息返回到控制部分，纠正和调整控制部分的活动。因此，在控制部分与受控部分之间形成一闭环式的控制回路（如图 1-3 所示）。生理学上通常将受控部分的信息返回作用于控制部分的过程称为反馈。不难看出，由于反馈的存在，使机体活动的调节达到更精确的程度。

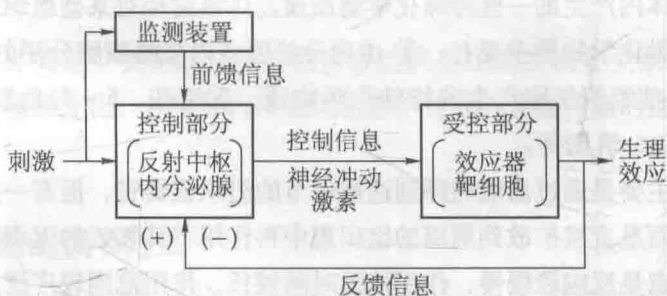


图 1-3 反馈控制示意图

(+) — 正反馈；(-) — 负反馈

根据受控部分对控制部分发生的作用效果不同，反馈可分为两种：负反馈和正反馈。

(一) 负反馈

受控部分发出的反馈信息对控制部分的活动产生抑制作用，使控制部分的活动减弱（如图 1-3 所示），这一类反馈称为负反馈。例如，当动脉血压升高时，压力感受性反射使动脉血压下降，当动脉血压下降时，压力感受性反射使动脉血压升高，从而使动脉血压维持相对稳定。再如，胰岛分泌胰岛素使血糖浓度降低，当血糖浓度降低后，通过反馈信息反过来抑制胰岛素的分泌，从而使血糖浓度不至于过度降低。

负反馈普遍存在于机体调节过程中，它是维持机体与外环境协调及维持内环境稳态的重要控制机制。