



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 生理学

(第2版)

主编 高明灿 田 仁



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

1522324

普通高等教

二级规划教材

# 生 理 学

Shenglixue

(第2版)

主 编 高明灿 田 仁

副主编 郭明广 冯浩楼

编 者 (以姓氏拼音为序)

鲍道林(安徽医学高等专科学校)

陈湘秋(邵阳医学高等专科学校)

冯浩楼(河北大学医学院)

高明灿(商丘医学高等专科学校)

郭明广(开封大学)

季 华(山东医学高等专科学校)

马松涛(成都医学院)

莫 昀(商丘医学高等专科学校)

田 仁(邢台医学高等专科学校)

向国艳(漯河医学高等专科学校)

张会临(辽东学院医学院)



高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

## 内容简介

全书分为 12 章, 内容包括绪论、细胞的基本功能、血液、血液循环、呼吸、消化和吸收、能量代谢和体温、泌尿排泄、感觉器官、神经系统、内分泌系统、生殖。为使教材便于理解、好教易学, 我们仍坚持做到编排循序渐进, 表达深入浅出, 以图释文、图文并茂, 对重点、难点内容编入“学习提示”或“知识链接”, 借以启发学生思维、开拓视野, 增加教材的启发性和趣味性。

本教材适用于高职高专临床医学、护理、医学技术等相关医学类专业使用, 也可作为相应资格考试的生理学参考教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

生理学 / 高明灿, 田仁主编. —2 版. —北京: 高等教育出版社, 2011.6

ISBN 978-7-04-031950-7

I. ①生… II. ①高…②田… III. ①人体生理学—高等职业教育—教材 IV. ①R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 062630 号

策划编辑 夏 宇  
插图绘制 尹 莉

责任编辑 夏 宇  
责任校对 刘 莉

封面设计 于文燕  
责任印制 尤 静

版式设计 王 莹

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 100120  
印 刷 北京北苑印刷有限责任公司  
开 本 787 × 1092 1/16  
印 张 16  
字 数 390 000  
购书热线 010-58581118  
咨询电话 400-810-0598

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>  
版 次 2006 年 7 月第 1 版  
2011 年 6 月第 2 版  
印 次 2011 年 6 月第 1 次印刷  
定 价 27.00 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 31950-00

## 第2版前言

本教材自2006年7月出版以来,受到使用院校师生的一致好评,并有幸被推荐入选普通高等教育“十一五”国家级规划教材。经过几年使用,师生对教材的不足之处提出了诚恳的修改建议。根据广大读者对本教材的反馈意见及近5年来生理学研究的进展,我们对本教材进行了修订,以期教材内容更加科学合理,以适应我国医学高等专科学校教育应用型人才培养的目标要求。

本次修订的宗旨是:围绕培养目标合理安排教材内容,突出教学内容的实践性和应用性,既符合“必需、够用”的应用型人才培养要求,又涵盖国家执业医师资格考试大纲规定的全部内容,借以增强教材的适用性和实用性。修订中一是借鉴了近期生理学研究的新进展,参考了近年来新出版的生理学国家规划教材,使教材内容具有一定的先进性;二是本书编者将其丰富的教学经验与广大师生使用后的反馈意见融会到本教材的修订中,使本教材具有更强的适用性;三是对本教材内容进行更新或重组,删减了一些不必需或欠适当的内容,使教材内容更具科学性。为使教材便于理解、好教易学,我们仍坚持做到编排循序渐进,表达深入浅出,以图释文、图文并茂,对重点、难点内容编入“学习提示”或“知识链接”,借以启发学生思维、开阔视野,增加教材的启发性和趣味性。

为引导学生自学,在各章首、末分别编入学习要求及思考题。学习要求中,标“\_\_\_\_\_”者要求掌握,标“……”者要求理解,无标记者为要求了解的内容。

本书修订中得到各参编学校的大力支持,谨此一并致谢。由于编者水平有限,恳请同行和读者对教材中的缺点错误予以批评指正。

编 者  
2011年1月

# 第1版前言

本教材的编写宗旨是:围绕培养目标,兼顾学生特点,内容安排以“必需、够用”为度,突出实践性和应用性,突出基础课知识为专业课教学和临床实践服务,力求与国家助理执业医师资格考试贴近,以增强教材的实用性,并有利于学生岗位适应能力的培养。

本书将生理学核心内容“维持内环境稳态,促进人体健康”作为主线贯穿始终。应用整体性、动态性、相互联系和对立统一的思想观点对生理学基本理论进行阐述,注重实践技能的培养和训练。为使教材便于理解,我们努力做到内容编排循序渐进,内容表达深入浅出,图文并茂、以图释文,并对难点内容编写了“学习提示”。为启发学生思维、开阔视野,本书插入部分“知识卡片”,以增加趣味性和启发性。

为引导学生自学,分别在每章首、末编入学习要求及思考题。学习要求中,标“\_\_\_\_\_”者要求掌握,标“.....”者要求理解,无标记者为要求了解的内容。

本书编写过程中,得到各参编学校的大力支持,谨此一并致谢。由于编者水平有限,加之时间仓促,难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

高明灿  
2006年3月

# 目 录

|                             |     |                       |     |
|-----------------------------|-----|-----------------------|-----|
| 第一章 绪论.....                 | 1   | 第六章 消化和吸收 .....       | 115 |
| 第一节 概述.....                 | 1   | 第一节 概述 .....          | 115 |
| 第二节 生命活动的基本特征.....          | 3   | 第二节 口腔内的消化 .....      | 116 |
| 第三节 人体与环境.....              | 6   | 第三节 胃内消化 .....        | 117 |
| 第四节 人体功能的调节.....            | 8   | 第四节 小肠内的消化 .....      | 121 |
| 第二章 细胞的基本功能.....            | 12  | 第五节 大肠的功能 .....       | 123 |
| 第一节 细胞膜的结构和<br>物质转运功能.....  | 12  | 第六节 吸收 .....          | 125 |
| 第二节 细胞的信号转导.....            | 18  | 第七节 消化器官活动的调节 .....   | 128 |
| 第三节 细胞的生物电活动.....           | 23  | 第七章 能量代谢和体温 .....     | 134 |
| 第四节 肌细胞的收缩功能.....           | 28  | 第一节 能量代谢 .....        | 134 |
| 第三章 血液.....                 | 36  | 第二节 体温 .....          | 138 |
| 第一节 血液的组成及理化特性.....         | 36  | 第八章 泌尿排泄 .....        | 146 |
| 第二节 血细胞.....                | 40  | 第一节 概述 .....          | 146 |
| 第三节 血液凝固与纤维蛋白溶解.....        | 47  | 第二节 尿液生成的过程 .....     | 150 |
| 第四节 血量、输血与血型 .....          | 52  | 第三节 尿液的浓缩和稀释 .....    | 158 |
| 第四章 血液循环.....               | 57  | 第四节 尿液生成的调节 .....     | 161 |
| 第一节 心脏的泵血功能.....            | 57  | 第五节 尿液及其排放 .....      | 164 |
| 第二节 心肌细胞生物电<br>活动及生理特性..... | 65  | 第九章 感觉器官 .....        | 168 |
| 第三节 血管生理.....               | 75  | 第一节 感受器与感觉器官 .....    | 168 |
| 第四节 心血管活动的调节.....           | 85  | 第二节 视觉器官 .....        | 169 |
| 第五节 器官循环.....               | 92  | 第三节 听觉器官 .....        | 177 |
| 第五章 呼吸.....                 | 96  | 第四节 前庭器官 .....        | 180 |
| 第一节 肺通气.....                | 97  | 第五节 嗅觉和味觉 .....       | 183 |
| 第二节 气体交换 .....              | 105 | 第十章 神经系统 .....        | 185 |
| 第三节 气体在血液中的运输 .....         | 107 | 第一节 神经元与神经胶质细胞 .....  | 185 |
| 第四节 呼吸运动的调节 .....           | 111 | 第二节 神经元的信息传递 .....    | 187 |
|                             |     | 第三节 反射活动的一般规律 .....   | 192 |
|                             |     | 第四节 神经系统的感觉分析功能 ..... | 195 |

---

|      |                    |     |            |                   |     |
|------|--------------------|-----|------------|-------------------|-----|
| 第五节  | 神经系统对躯体运动的调节 ..... | 201 | 第五节        | 胰岛 .....          | 235 |
| 第六节  | 神经系统对内脏活动的调节 ..... | 207 | 第六节        | 甲状旁腺和甲状腺C细胞 ..... | 237 |
| 第七节  | 脑的高级功能 .....       | 213 | 第七节        | 其他激素 .....        | 239 |
| 第十一章 | 内分泌系统 .....        | 218 | 第十二章       | 生殖 .....          | 241 |
| 第一节  | 概述 .....           | 218 | 第一节        | 男性生殖 .....        | 241 |
| 第二节  | 下丘脑与垂体 .....       | 225 | 第二节        | 女性生殖 .....        | 242 |
| 第三节  | 甲状腺 .....          | 228 | 参考文献 ..... |                   | 247 |
| 第四节  | 肾上腺 .....          | 232 |            |                   |     |

# 第一章

## 绪 论

### ■ 学习要求

新陈代谢、兴奋性、刺激与反应、刺激阈与兴奋性、兴奋与抑制。内环境的概念,内环境稳态的概念和意义。神经调节、体液调节、神经-体液调节、自身调节的概念及特点,反射与反射弧,反馈性调节的概念,正反馈和负反馈调节的概念及生理意义。

## 第一节 概 述

### 一、生理学研究的内容和任务

生理学(physiology)是生物学的一个分支,是研究生物体及其各组成部分正常功能活动规律的科学。因为生物体只有在活着的时候,即有生命的时候才能表现出功能活动,所以功能活动又称生命活动。因此,也可以说生理学是研究生物体生命活动规律的科学。根据生理学研究对象不同,可将其分为细菌生理学、植物生理学、动物生理学和人体生理学等。通常把人体生理学简称为生理学,它是医学的重要基础课程。

人体生理学是以正常人体为对象,研究人体整体及各组成部分的功能活动(如新陈代谢、生长发育、神经活动、躯体运动、腺体分泌、血液循环、呼吸和消化等),其主要任务是阐明人体各种功能活动发生的机制、与内外环境变化的关系和机体所进行的相应调节,从而掌握整体及部分功能活动的规律及意义,为学习其他医学基础课程和临床课程,为防治疾病、促进健康奠定必要的理论基础。



### 知识链接

#### 生理学是医学的重要基础课程

关于生理学与医学的关系,19世纪法国著名生理学家 Claude Bernard 指出:“医学是疾病的科学,而生理学则是生命的科学”。疾病时所表现出来的种种病理变化,无一不是正常生命活动发生量变和质变的结果。因此,只有首先认识正常生命活动的规律,才能深刻地认识疾病,正确地诊断和治疗疾病,即“欲知反常,必先知正常”,这充分说明了生理学为什么必然是医学的科学基础。此外,医务工作者在认识和处理临床实践中许多实际问题时也要运用生理学的基础理论和基本方法作为科学思维的依据和重要的研究手段。

## 二、生理学的研究方法

生理学是一门实验性科学,其系统理论多来自于对实验现象的科学总结。由于实验的方法会对机体造成不同程度的损伤,因此,多数生理实验是在动物身上进行的,只在保证不损伤人体及自愿的条件下才允许进行部分指标的人体实验观察。

### (一) 动物实验

动物实验分为急性动物实验和慢性动物实验两大类。

1. 急性动物实验 急性动物实验又分为离体和在体两种方法。

(1) 离体实验是将动物的器官、组织取出来,置于一个能保持其正常功能活动的人工环境中,观察某种因素对其功能活动的影响。如将蛙心取出,在一定条件下观察离子、药物、温度对心脏活动的影响。

(2) 在体实验是在麻醉状态下,通过手术暴露要观察的器官,观察和记录某些人为因素对其生理功能的影响。如剖开兔的胸腔暴露心脏,观察某些神经体液因素对心搏的影响。

急性动物实验的优点是实验条件比较简单,条件较易控制,便于进行直接的观察,尤其是离体实验,更能深入细胞和分子水平,有助于揭示生命现象的本质。但急性动物实验的结果与真实情况可能会有很大的差异。

2. 慢性动物实验 慢性动物实验是以清醒、健康的动物为研究对象,在接近自然的环境中观察和记录整体或某一器官对各种环境变化的反应规律。实验前一般需对动物进行一些预处理,待动物康复后再进行观察。如研究某种内分泌功能时,先摘除动物相应的内分泌腺,待其康复后观察内分泌激素缺乏以及人为替代后的生理效应。慢性动物实验适用于观察某一器官或组织在正常情况下的功能和在整体中的作用地位,但不宜用来分析某一器官、组织功能的详细机制,且实验的干扰因素多,实验条件不易控制。

### (二) 人体试验

人体试验目前主要应用于人群资料的调查,如人体血压、心率、肺通气量、肾小球滤过率以及红细胞、白细胞、血小板的正常值等,通过对大批人群采样及数据的统计分析得出结论;测试人体在某些特殊环境下(如高温、低温、低氧、失重、高压)生理活动的变化也可在人体进行。近年来,随着科学技术的快速发展,越来越多的无损检测技术被直接应用于人体功能的研究,为探索人类生命的奥秘,丰富生理学理论开辟了更为广阔的前景。

各种实验方法均有优、缺点,各有特殊的意义和适用范围,应根据不同的研究内容和目的,采用不同的实验方法。同时因为人与动物的差异,不可将动物实验结果简单地套用于人体。



## 知识链接

### 近代生理学的奠基人——威廉·哈维

威廉·哈维(Willinm Harrey, 1578—1657年)出生于伦敦南海岸的肯特郡。哈维16岁入剑桥大学,1602年在意大利巴都亚大学获医学博士学位,并当上了开业医生,32岁成为英国皇家学会会员。哈维根据人体及动物心脏的结构进行反复思考和大量的观察,认为古罗马权威医学家盖

伦(Galen, 130—220 年)提出的“血液在肝形成后,就流入右心房,再入右心室,然后从左右心室间隔膜上的微孔再转入左心室,在那里与来自肺部的血液混合。左、右心室的血液通过小孔可以相互流通,血液从心脏流入血管,在血管里像潮汐涨落那样,先朝着一个方向,然后再向相反的方向返回流动,流动动力是血管的收缩”这个经典医学理论是错误的。于是他提出了“血液通过流动在体内形成一个循环运动”的设想,为求证他的设想,哈维通过对 80 多种动物解剖和对人体的大量观察,证明了“血液从右心室进入肺动脉,经过肺组织再经肺静脉流回左心房……心脏是血液循环的中心”,并发表了著名的《论心脏与血液的运动》,为近代生理学的诞生奠定了基础,哈维也因此被后人公认为近代生理学的奠基人。

### 三、生理学研究的三个水平

构成机体基本结构和功能单位的是细胞,不同细胞构成不同的组织,进而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,生理学的研究包括细胞和分子水平、器官和系统水平及整体水平三个不同的研究水平。

#### (一) 细胞和分子水平

细胞和分子水平的研究是以细胞及所含的物质分子为对象,研究人体各种细胞超微结构的功能,以及细胞内各种物质分子的理化变化规律。例如,神经递质的合成与释放、细胞间的信息转导、肌细胞收缩时的肌丝滑行等,目的在于揭示生命活动最本质、最基本的规律。

#### (二) 器官和系统水平

器官和系统水平的研究是以器官和系统为对象,研究各器官和系统的功能,活动机制、活动规律及各种因素对其活动的影响。例如,心脏搏动是如何发生的,有什么特点,起什么作用,受哪些因素的影响和调节等。

#### (三) 整体水平

整体水平的研究以完整的机体为对象,研究人体各系统之间的相互作用和影响,以及人体与环境之间的相互联系和影响。例如,在运动、劳动或环境急剧变化的情况下,人体多种器官和系统的功能都发生相应的改变,但这些变化并非互不相关、各自为政,而是相互联系、相互影响、相互协调的,才能使机体成为一个完整的整体,在变化的环境中维持正常的生命活动。

上述三个水平的研究互相联系,相互补充、相辅相成。没有微观的分子细胞水平的研究,就无法了解组织和器官细胞内功能的变化及其物质基础;没有综合性整体水平的研究,将无法阐明生命活动的规律及发生机制。因此,对任何一种重要生命现象的认识都必须从不同水平综合研究、综合分析,才能得出正确的结论。

### ■ 学习提示

学习生理学的基本指导思想是坚持以辩证唯物主义、对立统一规律为指导思想,注重理论与实践结合、局部与整体结合、功能与形态结合。

## 第二节 生命活动的基本特征

生命活动又称生命现象或功能活动,是指生命的各种外在表现,如呼吸、心搏、肌肉运动、思

维活动以及大家所熟悉的“吃、喝、拉、撒、睡”等都是显而易见的生命活动。

生命活动的基本特征是指所有生命个体最本质、都具有的共同特征。自然界中的生命个体种类繁多,生命活动的表现形式也多种多样,如植物的生根、发芽、开花、结果是生命活动,动物的觅食、迁徙、求偶、争斗是生命活动,人体的运动、学习和思维也是生命活动。如此不同的生命现象,表面看不出有什么共同之处,但究其实质却有一些共同的特征。这些共同的特征即生命活动的基本特征,包括新陈代谢、兴奋性、适应性和生殖等。

## 一、新陈代谢

机体通过不断与周围环境进行物质和能量交换而实现自我更新的过程,称为**新陈代谢**(metabolism)。新陈代谢包括合成代谢(同化作用)和分解代谢(异化作用)。合成代谢是指机体从外界环境摄取营养物质,并将其合成自身成分的过程;分解代谢是指机体分解自身成分,并把分解产物排出体外的过程。

新陈代谢过程中,机体不断从外界摄取营养物质,合成自身成分,同时,又不断分解自身成分排出分解产物,这一过程称为物质代谢。物质代谢是生命活动的物质基础,使构成细胞的生物分子不断更新,保证生命活动正常运行。

机体进行物质代谢的同时,也进行着能量的释放、转化、储存和利用等过程,称为能量代谢。如合成代谢中以合成大分子(如利用葡萄糖合成糖原)的方式储存能量;在分解代谢中,分解大分子物质(如糖原分解为葡萄糖)释放能量,用以机体活动的需要及维持体温,多余的能量转变成热能从体表发散。

上述可见,新陈代谢又包括物质代谢和能量代谢。物质代谢为机体自身成分的不断更新和生长、发育、组织增生及修复提供物质基础,能量代谢为一切生命活动提供了必需的能源。因此可以说,新陈代谢是一切生命活动的基础,是生命体区别于非生命体的根本标志。新陈代谢一旦停止,人体的功能活动立即丧失,生命也就随之终结。

## 二、兴奋性

**兴奋性**(excitability)是指机体(一切活的细胞、组织或机体)对刺激发生反应的能力或特性。几乎所有的活组织细胞受到刺激后都具有不同形式、不同程度的反应能力,如肌细胞表现为收缩,腺体表现为分泌,神经纤维表现为发放神经冲动等。随着研究的深入和研究方法的进步,生理学家从电生理角度对兴奋性赋予了更加确切的含义,认为兴奋性的实质是细胞接受刺激后产生动作电位的能力和特性。在人体内因神经、肌肉和腺体组织细胞对刺激反应灵敏,容易产生动作电位,故其兴奋性高,称为可兴奋组织。

兴奋性是生命现象的一个重要特征,任何器官、组织和细胞对刺激发生的反应都必须以兴奋性为前提,丧失了兴奋性,机体就中断了与环境间的联系,生命也将终止。

### 1. 刺激与反应

(1) **刺激**: 机体生活在不断变化着的环境之中,其功能活动经常受各种因素的影响而改变,以适应环境条件的变化。例如,环境温度升高时,机体散热活动增强,表现为皮肤血管扩张、出汗增多等,以防体温过高;反之,环境温度降低时,机体散热减少,产热增加,表现为皮肤血管收缩、出汗减少或停止,甚至会出现肌肉颤抖,以防体温过低。能引起细胞或机体发生反应的内外环境

条件的变化称为**刺激**(stimulus)。刺激按其性质不同可分为物理性(如机械、压力、电、温度、声、光等)、化学性(酸、碱)、生物性(如细菌、病毒及其毒素等)以及社会、心理性(如情绪波动、社会变革)等。这些刺激可引起相应的细胞、组织或机体产生反应。生理实验中常用的是电刺激。

刺激要引起细胞或机体发生反应必须具备三个要素,即达到足够的刺激强度、足够的作用时间和一定强度变化率才能成为有效刺激。强度过小或作用时间过短均不能引起反应,强度变率过小,则使刺激作用减弱。



## 知识链接

### 刺激要素在临床上的灵活运用

一种刺激能否使机体发生反应,除取决于机体所处的功能状态外,还与刺激的强度、刺激持续时间以及刺激的强度变率有关。这三个要素可相互影响,若其中一个或两个改变时,其余的也会发生相应的改变。如护理技术中的肌肉注射要求“两快一慢”,即进针和出针快,推药慢。“两快”可缩短刺激持续的时间,“一慢”能减弱刺激强度变率,这样可减轻患者在接受肌肉注射时的疼痛感觉。又如理疗时使用的高频电热疗法,虽然电压可高达上千伏,但因电脉冲频率高、刺激时间短,所以电流通过组织时只产生热疗效应,而无触电的感觉。相反,在针刺治疗时采用捻针、提插针具等手法,则可增强刺激强度变率,提高治疗效果。

(2) 反应:接受刺激后机体所发生的活动状态(包括内部代谢和外在表现)的改变,称为**反应**(response)。如前面述及的寒冷刺激引起的皮肤血管收缩,高温引起的出汗等均是反应。

2. 兴奋与抑制 机体接受刺激而发生反应时,按其活动特征可分为兴奋和抑制两种表现形式:

(1) 兴奋:机体接受刺激后由相对静止变为明显活动,或活动由弱变强,称为**兴奋**(excitation)。例如,心肌接受肾上腺素刺激后出现心搏加快、加强。近年来生理学家从生物电角度对兴奋的概念有了新的定义,认为尽管不同的可兴奋组织对刺激发生兴奋反应的表现形式不同,但其共同特点是先产生动作电位,然后才出现活动状态的改变。因此,把动作电位作为兴奋的标志或同义语。所以,也可以说,可兴奋组织接受刺激后,产生动作电位的过程称为兴奋。

(2) 抑制:细胞或机体接受刺激后由明显活动变为相对静止或活动由强变弱,称为**抑制**(inhibition)。例如,心肌接受乙酰胆碱类药物后,心率减慢,收缩减弱,即为抑制。

兴奋和抑制是人体功能活动状态的两种基本表现形式,二者互为前提,既对立,又协调,并可随环境的改变相互转化。一种组织接受刺激后究竟是发生兴奋还是抑制,取决于刺激的质和量以及组织接受刺激时的功能状态。同类刺激,由于强度不同,反应可以不同。如中等强度的疼痛可使人体兴奋,表现为烦躁不安、心搏加快、血压上升等;但过于剧烈的疼痛反而引起抑制,表现为心搏减弱、血压下降,甚至意识丧失。机体的功能状态不同,对同一刺激的反应亦不相同。例如,食物对饥饿和饱食两种不同状态的机体所产生的反应则大不一样。

3. 衡量兴奋性的指标——**阈值** 各种组织的兴奋性高低不同,同一组织在不同的功能状态下其兴奋性也不一样。判断一种组织的兴奋性通常用刺激强度作为指标。以肌肉收缩为例,将

刺激强度变化率和作用时间固定,从小到大逐渐增加刺激强度,可测得一个刚能引起肌肉收缩的最小刺激强度。生理学把能使机体发生反应的最小刺激强度称为**阈强度**或**阈值**(threshold)。阈值与组织细胞的兴奋性呈反变关系,即阈值越低,组织的兴奋性越高;反之,阈值越高,则组织的兴奋性越低。故阈值是衡量兴奋性高低的指标。以阈值为标准,把强度等于阈值的刺激称为**阈刺激**(threshold stimulus),强度小于阈值的刺激称为**阈下刺激**,强度大于阈值的刺激称为**阈上刺激**。阈下刺激不能引起细胞兴奋,阈刺激和阈上刺激都可引起组织细胞产生兴奋。

### 三、适应性

机体根据内外环境变化而调整自身活动以保持自身生存的能力或特性,称为**适应性**(adaptability)。例如,长期居住在高原地区的居民,其血中红细胞的数量和血红蛋白含量远高于平原地区的居民,血液运氧的能力大大提高,以适应高原缺氧而生存。

适应性包括行为性适应和生理性适应。**行为性适应**是生物界普遍存在的、本能性行为,常通过躯体活动的改变而实现,如夏天趋凉,冬天趋暖;遇到伤害性刺激时的躲避活动等。**生理性适应**是指机体内部的协调性反应,如在高温环境下皮肤血管扩张、血流量增加、汗腺分泌增多等,机体通过加强散热过程而保持体温的相对稳定。

### 四、生殖

人体生长发育到一定阶段后,通过男、女成熟生殖细胞的结合,产生与自身相似的子代个体,这种功能称为**生殖**(reproduction)。生殖是生物体繁衍后代、延续种系的基本生命特征。

## 第三节 人体与环境

环境是机体赖以生存和生长发育的必要条件,脱离环境的机体或细胞将无法生存。人体生存的环境包括外环境和内环境。

### 一、人体与外环境

人体生存的外环境包括自然环境和社会环境。自然环境的各种变化如光照、气压、温度、湿度的变化等形成刺激,不断地作用于人体,而人体能够对此作出相应的反应,以适应环境,维持正常生命活动。但过于剧烈的环境变化,超过人体适应能力时将会造成不良影响,甚至危及生命。

社会环境变化对人体生理功能及疾病的发生、发展的影响十分重要,因为人不仅有生物属性,同时也有社会属性。每个人都生活在特定的社会环境中,不断变化的社会因素、纵横复杂的人际关系无不对人的身心健康产生影响。稳定和谐的社会环境、和睦友好的人际关系,健康的人生观、世界观、价值观及良好的心理素质可促进健康,延长寿命;反之,动荡的社会环境、失和的人际关系、消极的情绪、恶劣的心境则可导致人体多种功能紊乱,甚至引起疾病。

### 二、内环境与稳态

#### (一) 体液与内环境

1. 体液 人和动物体内含有大量的液体,机体内的液体总称为**体液**(body fluid)。正常成年

人的体液量约占体重的 60%，其中分布在细胞内的称为**细胞内液**，约占体重的 40%；分布在细胞外的为**细胞外液**，约占体重的 20%；细胞外液中组织液占 15%，血浆占 4%~5%，淋巴液和脑脊液等约占 1%。由于细胞膜、毛细血管壁、毛细淋巴管壁都有选择通透性，所以，各部分体积彼此分开，又相互沟通。细胞内液与组织液通过细胞膜进行物质交换，血浆与组织液则通过毛细血管壁进行水分和物质交换。在各种体液中，血浆是最活跃的部分，成为各部分体液与外界进行物质交换的媒介(图 1-1)。

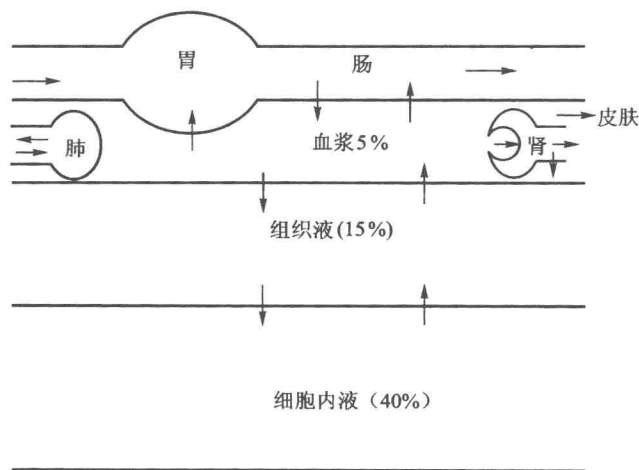


图 1-1 体液的分布及相互关系示意图

2. 内环境 人体内绝大多数细胞并不直接与外界环境接触，而是浸浴在体内的细胞外液之中。因此，细胞外液是细胞直接接触和赖以生存的环境。生理学中将围绕在体内细胞周围的体液，即细胞外液，称为机体的**内环境** (internal environment)，以区别于整个机体所处的外环境。

## (二) 稳态

1. 稳态的概念 内环境中各种化学成分(水、无机盐、有机物及气体成分等)和理化性质(如温度、渗透压、pH 和各物质的浓度等)保持相对稳定的状态，称为**内环境稳态**，简称**稳态** (homeostasis)。稳态并非是内环境的各种成分及理化性质固定不变，而是可在一定范围内变动的相对稳定的状态。例如，人血浆 pH 正常值是 7.35~7.45，低于 7.35 时机体发生酸中毒，高于 7.45 时机体发生碱中毒，机体在酸中毒和碱中毒的状态下均不能进行正常的功能活动；正常成年人的腋窝体温可在 36.0~37.4℃ 波动，但每天的变动不超过 1℃。稳态是机体进行正常生命活动的必要条件，一旦稳态不能维持，就会干扰新陈代谢，影响生命活动。

2. 稳态的维持和生理意义 稳态的维持是机体自我调节的结果。正常情况下，由于细胞的代谢， $O_2$  和营养物质因不断消耗而减少， $CO_2$  和代谢产物也因组织的不断释放而增多，其他多种因素如高温、严寒、脱水、饥饿等均可干扰稳态。但机体在神经和体液的调节下，通过各器官系统的功能活动使稳态得以维持。如通过产热和散热调节体温；通过加强呼吸补充  $O_2$ ，排出  $CO_2$ ；通过肾的泌尿作用排出多余的代谢产物；通过消化器官从外界摄入水分及营养物质等。因此，可以说稳态是在体内各种调控机制的作用下，通过各系统的功能活动所维持的一种动态平衡。如果内环境某种条件变化范围过大(如 pH)，不能及时纠正，则疾病就随之发生，甚至危及生命。



## 知识链接

### 稳态概念的扩展

目前,稳态的概念不只限于内环境的理化性质,而是扩展到某一细胞功能、某一生化反应、某一器官系统的功能活动乃至整体功能相对稳定的维持和调节。总之,凡能保持协调稳定的各种生理过程均属于稳态。

## 第四节 人体功能的调节

机体各系统、器官的功能活动能够相互配合、协调一致,形成一个统一的整体而活动和生存,同时,机体还能对内、外环境的复杂变化及时作出适应性反应,从而维持内环境的稳态,这些都是通过人体的调节功能实现的。

### 一、人体功能的调节方式

人体内存在精确的功能调节机制,主要调节方式有神经调节、体液调节和自身调节。

#### (一) 神经调节

**神经调节**(nervous regulation)是指通过神经系统的活动对人体功能所进行的调节,它在人体功能的调节中起主导作用。神经调节的基本方式是反射。

1. 反射及反射弧 反射(reflex)是指在中枢神经系统参与下,机体对刺激作出的适应性反应。例如,手指受到伤害性刺激时立即缩回,就是一种简单的反射活动。

反射弧(reflex arc)是指完成反射所必需的结构。反射弧包括五个环节:感受器→传入神经→神经中枢→传出神经→效应器(图 1-2)。感受器能感受内、外环境条件的变化,把不同形式的刺激转变为电信号(神经冲动);传入神经可将来自感受器的电信号传至相应的神经中枢;反射中枢能对传入信号进行分析并发放指令;传出神经可将反射中枢发放的指令以神经冲动的形式传至效应器;效应器是完成反射动作的器官,一般是指肌肉或腺体。反射的实现有赖于反射弧结构和功能的完整性。反射弧五个环节中任一环节损坏或功能障碍,反射活动都不能正常进行。在以后各章的学习中,要相继讲述神经系统对各器官生理功能的调节过程。以肢体躲避反射为例,初步介绍神经系统的反射性调节:当手无意中受到烧灼或针刺时,皮肤感受器将信息经传入神经传至脊髓反射中枢,中枢经分析综合作出判断,发出指令,再以神经冲动的方式沿传出神经传到相应的肌肉,引起屈肌收缩,伸肌舒张,完成上肢缩回动作,以避免刺激,防止伤害。神经系统对各器官功能的调节方式基本如此,只不

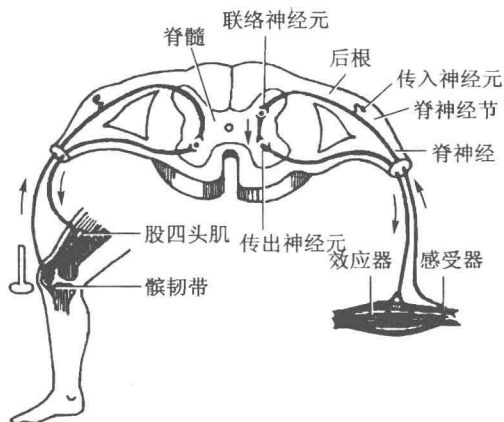


图 1-2 反射弧示意图

过是更为复杂而已。

2. 反射的种类 反射的种类很多,按其形成条件和反射弧的特点,主要分为非条件反射和条件反射两类:

(1) 非条件反射:生来就有的反射称为**非条件反射**(unconditioned reflex)。如新生儿的吮吸活动、食物刺激口腔引起的唾液分泌、异物刺激角膜引起的眨眼反射、刺激足趾引起的缩腿反射等均属于非条件反射。非条件反射的反射弧固定,反射数量有限,反射中枢位于中枢神经系统的较低级部位,因而是较初级的神经活动,是人和动物维持生命的本能性活动,可使机体简单适应环境变化,对个体生存和种族繁衍具有重要意义。

(2) 条件反射:通过后天学习、训练获得的反射称为**条件反射**(conditioned reflex)。如“望梅止渴”“谈虎色变”就是典型的条件反射。条件反射是人和动物在非条件反射的基础上结合个体生活经历而建立起来的,其反射中枢位于大脑皮质,所以是一种较高级的神经调节方式。

不同个体由于生活经历不同,所形成条件反射的种类及数量亦不相同。即便是已经形成的条件反射也会随着环境的改变而改变。可见,条件反射是灵活可变、数量无限的。机体通过建立条件反射,使其活动更具有灵活性和预见性,从而大大提高了人及动物适应环境变化的能力。

## (二) 体液调节

体液因素(激素、特殊化学物质和某些代谢产物)通过体液途径对机体各部分的功能所进行的调节,称为**体液调节**(humoral regulation)。体液调节有以下几种方式。

1. 全身性体液调节 主要是指内分泌细胞所分泌的**激素**(hormone)随血液循环运往全身,调节远隔部位器官、组织的生理活动。如甲状腺素、肾上腺皮质激素的作用等属于全身性体液调节。

2. 局部性体液调节 指某些组织细胞所产生的特殊化学物质或代谢产物,通过组织液扩散到邻近的细胞组织,并对其活动进行的调节。例如,一般组织细胞的酸性代谢物可引起局部血管舒张,就属于局部性体液调节。

3. 神经-体液调节 在完整机体,体液调节与神经调节是密切联系的,因为内分泌细胞分泌激素直接或间接受神经系统的控制,在这种情况下,体液调节就构成了神经调节的一个传出环节而发挥作用,故将这种情况称为“神经-体液调节”(图 1-3)。

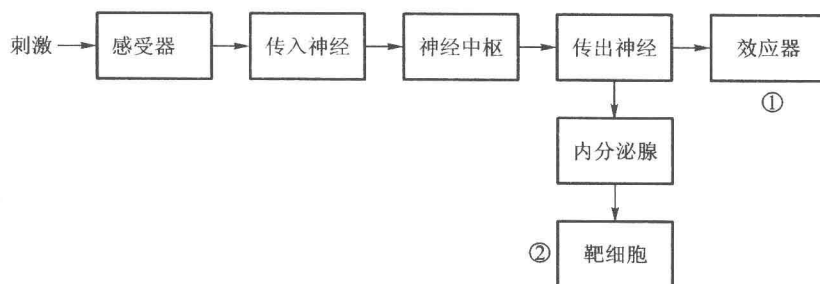


图 1-3 神经调节和神经-体液调节示意图

①神经调节;②神经-体液调节

### (三) 自身调节

自身调节 (autoregulation) 是指组织细胞或器官不依赖神经、体液因素, 仅通过自身功能的改变而对环境变化发生的适应性反应。例如, 心肌的收缩强度在一定限度内与收缩前心肌纤维的初长成正比, 肾血流量在一定范围内可不随动脉血压的变化而变化, 这些都属于自身调节。

上述三种调节各有特点。神经调节迅速、准确, 持续时间短, 适用于快速变化的生理过程, 如对躯体运动和内脏活动的调节。体液调节的特点是缓慢、广泛、作用持久, 适用于对缓慢的, 持续进行的生理过程的调节, 如新陈代谢、生长发育、生殖等。自身调节的特点是常局限于一个器官或一小部分组织、细胞内, 调节准确而稳定, 调节幅度小, 不很灵敏, 但对人体功能活动相对稳定仍有重要作用。在机体内, 神经调节、体液调节、组织器官的自身调节紧密联系、相互配合, 共同调节机体的各项功能, 其中神经调节起主导作用。

## 二、人体功能调节的自动控制

机体通过调节把许多不同的生理反应统一起来, 组成完整的、互相协调的生理过程, 从而时刻保持机体内部各种生理功能的相对稳定, 并与环境达到动态平衡, 然而这种强弱适中、恰到好处的调节效果的实现, 则有赖于机体功能调节中的自动控制。

人体生理功能的调节过程与工程技术中的控制过程有许多相同的规律, 因此借用该控制论中的术语来解释人体功能的调节。人体的控制系统由控制部分和受控部分组成, 可将神经中枢或内分泌腺看做是控制部分, 而把效应器或靶细胞看做是受控部分。按其工作方式控制系统可分为三类。

### (一) 自动控制系统

自动控制系统又称反馈控制系统。在这类控制系统中, 控制部分发出指令调节受控部分的活动, 同时受控部分又将其活动效应作为反馈信息, 反过来影响控制部分的活动 (图 1-4), 这种受控部分通过反馈信息影响控制部分活动的过程称为反馈 (feedback)。根据反馈作用的效果不同, 可将反馈分为正反馈和负反馈两种:

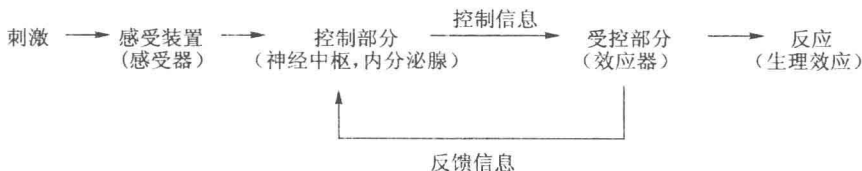


图 1-4 反馈控制

1. 正反馈 反馈信息的作用与控制信息的作用方向相同称为正反馈 (positive feedback), 即受控部分发出的反馈信息能促进或加强控制部分的活动, 从而使那些连续发生的生理过程不断增强或愈演愈烈, 直至完成。在生理调节中正反馈调节很少, 只见于一些速发速止, 需“一次进行到底”的活动, 如排尿、分娩和血液凝固等。

2. 负反馈 反馈信息的作用与控制信息的作用方向相反称为负反馈 (negative feedback), 即当受控部分活动增强时, 其反馈信息可抑制控制部分的活动, 使原有的调节效应减弱, 使受控部分的活动不至于过强; 相反, 当受控部分的活动减弱时, 反馈信息可加强控制部分的活动, 使原有