

★ 服务热线: 400-615-1233  
★ 配套精品教学资料包  
★ www.huatengedu.com.cn



高等医药院校新形态一体化教材

高等医药院校新形态一体化教材  
“互联网+”创新型教材

生理学



SHENGLIXUE

SHENGLIXUE

生理学

主编 王平 张雨薇

生理学

主编 王平 张雨薇

反映新知识、新技术、新方法、新发展  
以“必需、够用”为度，突出实践性和应用性  
突出专业基础课教学，为理论课程学习和临床实践服务



中国协和医科大学出版社



中国协和医科大学出版社

ISBN 978-7-5679-1731-6



9 787567 917316 >

定价: 49.80元

高等医药院校新形态一体化教材  
“互联网+”创新型教材



# 生理学

SHENGLIXUE

主 编 王 平 张雨薇

副主编 杨 杰

编 者 (按姓氏笔画排序)

王 平 (黑龙江农垦职业学院)

王 欢 (黑龙江农垦职业学院)

安 娜 (黑龙江农垦职业学院)

杨 杰 (黑龙江农垦职业学院)

张雨薇 (黑龙江中医药大学)

 中国协和医科大学出版社

北 京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

生理学 / 王平, 张雨薇主编. —北京: 中国协和医科大学出版社, 2022. 4  
ISBN 978-7-5679-1731-6

I. ①生… II. ①王… ②张… III. ①生理学—医学院校—教材 IV. ①Q4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2021) 第 086950 号

## 生理学

---

主 编: 王 平 张雨薇

策 划: 马子涵

责任编辑: 许进力 王朝霞

封面设计: 刘文东

---

出版发行: 中国协和医科大学出版社

(北京市东城区东单三条 9 号 邮编 100730 电话 010-65260431)

网 址: [www.pumcp.com](http://www.pumcp.com)

经 销: 新华书店总店北京发行所

印 刷: 三河市骏杰印刷有限公司

---

开 本: 850mm×1168mm 1/16

印 张: 16.5

字 数: 415 千字

版 次: 2022 年 4 月第 1 版

印 次: 2024 年 3 月第 2 次印刷

定 价: 49.80 元

---

ISBN 978-7-5679-1731-6

---

(版权所有, 侵权必究, 如有印装质量问题, 由本社发行部调换)



# 前言

## PREFACE

为了贯彻落实《国家职业教育改革实施方案》，编者积极调研医学护理等专业岗位的实际需求，紧密结合高等职业教育培养目标，编写了本书。

本书定位于高等职业教育医学护理等专业使用，具有适用性和实用性，侧重于生理学知识同临床案例和临床实践的结合，紧密围绕护士执业资格等考试标准和工作岗位需求，为后续课程的学习打下坚实的基础。

除绪论外，本书共分为十一章，具体内容包括细胞的基本功能、血液生理、血液循环、呼吸生理、消化与吸收、能量代谢与体温、尿液的生成与排放、感觉器官生理、神经系统的功能、内分泌生理、生殖。

本书的编写宗旨为紧密围绕高等职业教育医学护理等专业人才培养目标，兼顾现阶段学生特点，内容以“必需、够用”为度，突出实践性和应用性，突出专业基础课教学为理论课程学习和临床实践服务，并与执业资格考试相衔接，培养学生的岗位适应能力。本书的内容深入浅出，编排循序渐进，表达生动形象，并在每章首、末分别设计“学习目标”及“思考与练习”“护考关联”，以帮助学生学习、理解和掌握有关理论知识，注重学生实践技能的培养和训练。

由于编者学识和水平有限，加之时间仓促，书中难免会出现疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

编者  
2021年11月



# 目录

## CONTENTS

<b>绪论</b>	1
第一节 生理学概述	1
第二节 生命活动的基本特征	3
第三节 人体与环境	5
第四节 人体功能的调节	8
<b>第一章 细胞的基本功能</b>	<b>14</b>
第一节 细胞膜的物质转运功能	14
第二节 细胞的跨膜信号转导功能	20
第三节 细胞的生物电现象	22
第四节 肌细胞的收缩功能	25
<b>第二章 血液生理</b>	<b>34</b>
第一节 血液概述	34
第二节 血浆	36
第三节 血细胞	38
第四节 血液凝固与纤维蛋白溶解	44
第五节 血量、血型与输血	48
<b>第三章 血液循环</b>	<b>55</b>
第一节 心脏生理	55
第二节 血管生理	68
第三节 心血管活动的调节	77
<b>第四章 呼吸生理</b>	<b>87</b>
第一节 肺通气	88
第二节 气体交换	95

	第三节 气体在血液中的运输 .....	98
	第四节 呼吸运动的调节 .....	101
<b>第五章</b>	<b>消化与吸收 .....</b>	<b>109</b>
	第一节 消化概述 .....	109
	第二节 口腔内消化 .....	111
	第三节 胃内消化 .....	113
	第四节 小肠内消化 .....	117
	第五节 大肠的功能 .....	120
	第六节 吸收 .....	123
	第七节 消化器官活动的调节 .....	127
<b>第六章</b>	<b>能量代谢与体温 .....</b>	<b>136</b>
	第一节 能量代谢 .....	136
	第二节 体温 .....	141
<b>第七章</b>	<b>尿液的生成与排放 .....</b>	<b>149</b>
	第一节 肾脏的功能结构和血液循环 .....	149
	第二节 尿的生成过程 .....	152
	第三节 尿生成的调节 .....	159
	第四节 尿液及其排放 .....	162
<b>第八章</b>	<b>感觉器官生理 .....</b>	<b>169</b>
	第一节 感觉器官生理概述 .....	169
	第二节 视觉器官 .....	170
	第三节 听觉器官 .....	177
<b>第九章</b>	<b>神经系统的功能 .....</b>	<b>183</b>
	第一节 神经系统功能活动的基本原理 .....	183
	第二节 神经系统的感觉功能 .....	193
	第三节 神经系统对躯体运动的调节 .....	198
	第四节 神经系统对内脏活动的调节 .....	204
	第五节 脑的高级功能 .....	208

<b>第十章</b>	<b>内分泌生理</b> .....	<b>216</b>
	第一节 内分泌生理概述.....	216
	第二节 下丘脑与垂体的功能.....	220
	第三节 甲状腺.....	224
	第四节 肾上腺皮质.....	227
	第五节 肾上腺髓质.....	231
	第六节 胰岛.....	232
	第七节 甲状旁腺激素、降钙素和维生素 D <sub>3</sub> .....	234
<b>第十一章</b>	<b>生殖</b> .....	<b>240</b>
	第一节 生殖概述.....	240
	第二节 男性生殖.....	241
	第三节 女性生殖.....	244
<b>参考文献</b>	.....	<b>255</b>







# 绪 论

## 学习目标

1. 掌握生命活动的基本特征,刺激引起反应的条件,内环境、稳态的概念及其意义,人体功能的调节方式,三种调节方式的特点比较。
2. 熟悉刺激与反应、兴奋与抑制、阈强度、兴奋性的概念,反射、反馈、正反馈、负反馈的概念及其意义。
3. 了解生理学研究的内容、任务和三个研究水平。

## 第一节 生理学概述

### 一、生理学研究和任务

生理学(physiology)是生物科学的一个分支,是研究生物机体及其细胞、组织、器官等组成部分的正常功能活动规律与原理的一门科学。生理学根据其研究对象的不同可分为人体生理学、动物生理学、植物生理学等。

医学生学习的是人体生理学(human physiology),通常简称为生理学。生理学以人体为研究对象,主要研究正常人体及其细胞、组织、器官等组成部分所表现出来的各种生命现象的基本活动规律及其发生机制,如呼吸运动、消化与吸收、血液循环等;研究不同系统、组织器官和细胞之间的相互关系、相互作用、内在的生物化学反应及内、外环境变化对机体的影响。

生理学的任务是研究生命活动产生的原理、条件和过程,以及人体内、外环境变化对机体的影响,从而认识和掌握正常人体生命活动发展、变化的规律,为人类防病治病、增进健康和延长寿命提供科学的理论依据。

### 二、生理学的研究方法和三个研究水平

生理学所研究的是复杂的生命现象,但其本质是物质的现象,是以体内具体的物理、化学过程为基础的。生物机体是一个完整、统一的有机体,其各种功能活动都是整体活动的一部分,并与环境有密切的联系。人体的各种功能活动还受到心理因素和社会因素的影响。因此,在学习生理学时,医学生必须以辩证唯物主义思想为指导,用对立统一的观点看待机体的一切功能活动。机体的所有正常功能活动是“动态”

的,是不断变化、发展的,因此,医学生必须用动态的思维与观点研究和分析人体的结构、功能及其相互关系:一方面将组织结构、功能活动和代谢机制相互联系起来,另一方面将各个章节的知识点联系起来,综合观察和理解人体的生命活动,全面、正确地认识人体生命活动的本质和规律。

生理学知识来源于科学实验,因此,医学生必须用科学实验的方法来验证理论知识,在验证过程中正确认识和理解正常人体功能;必须坚持理论联系实际,既要重视理论知识的学习,又要重视实验基本技能的训练,以便更好地掌握其活动规律,促进理论水平的不断发展和提高。

### (一) 生理学的研究方法

生理学是一门实验性科学,生理学理论知识主要来源于实验研究,即在人工创造的接近自然的条件下对机体的某种生命活动进行细致、周密的观察、分析与综合,进而得到规律性的结论。生理学的实验对象主要是各种实验动物,实验方法包括急性实验法和慢性实验法两大类。

1. 急性实验法 急性实验法的实验过程一般不能持续太久,实验后动物往往需要处死或因损伤严重而不能生存。急性实验法可分为离体实验法和在体实验法。

(1) 离体实验法:从活着的或刚刚处死的动物身上取下所要研究的器官、组织、细胞或细胞中的某些成分,置于一定的人工环境中,使它们在一定时间内仍保持生理功能,并根据特定的目的给予各种刺激或改变其所在环境的条件,观察这些刺激和变化对它们的功能及活动规律的影响。例如,取出蛙的坐骨神经,在离体条件下用电生理设备研究坐骨神经的神经冲动、兴奋性、兴奋过程等一些活动规律。离体实验研究的优点是可以排除无关因素的干扰,器官生存的人工环境条件易于控制,所得实验结果便于分析。

(2) 在体实验法:又称活体解剖法,需要在麻醉条件下进行活体解剖,对实验动物的器官进行条件干预和实验研究,观察其整体功能及调节机制。例如,在体直接观察哺乳动物胃肠运动的形式,以及神经和药物对胃肠运动的影响。

2. 慢性实验法 慢性实验法是在无菌手术条件下暴露实验动物的某个器官(如巴甫洛夫小胃),并在实验动物处于完全清醒的状态下观察在整体情况下某些器官对体内、体外环境变化的反应规律。这样所获得的结果更接近被研究器官在正常生活条件下的功能活动规律。

### (二) 生理学的三个研究水平

生理学的研究方法是随着社会的进步、人们思想观念的不断更新与科学研究手段的日益发展而深入发展和提高的。受限于生产力的发展情况,早期的生理学研究是从整体的角度进行的。

17世纪初,英国生理学家威廉·哈维(William Harvey)首创动物活体解剖实验法,发现了血液循环,使生理学成为一门独立的学科。此后,生理学家主要利用动物实验在器官、系统水平对机体功能进行了广泛的研究,一直到20世纪中叶才逐渐深入细胞和分子水平。近二三十年来,随着电子技术、电镜技术、免疫组织化学、同位素、三维成像技术和超微量测定技术的发展,特别是计算机技术在生理学研究中的应用,生理学研究方法的发展进入一个崭新的阶段。根据研究层次的不同,生理学研究可以分成三个水平。



图文  
生理学发展  
简史

### 知识链接

#### 近代生理学的奠基人——威廉·哈维

威廉·哈维是17世纪初的一位敢于向权威提出质疑的伟大学者,他发现了血液循环和心脏的功能。他的著作《心血运动论》发表于1628年,是历史上第一部基于实验证据的生理学著作,标志着现代生理学的诞生。这部划时代的伟大著作作为人们探索人体正常功能的奥秘指明了方向,即通过实验进行人体功能研究。

哈维于1578年出生在英国福克斯通镇一个富裕的农民家庭,于19岁从英国剑桥大学毕业,之后到意大利留学,5年后成为医学博士。哈维对对不同动物的解剖中发现了同样的结果:血液由心脏“泵”出,经由动脉血管流向身体各处,再从静脉血管流回心脏,从而完成血液循环。他把这一发现写成了《心血运动论》一书,正式提出了关于血液循环的理论。

哈维的理论标志着新的生命科学的诞生,是17世纪科学革命的重要组成部分。哈维因为出色的心血管系统研究而成为与哥白尼、伽利略、牛顿等齐名的科学革命巨匠。他的《心血运动论》一书也像《天体运行论》《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》《自然哲学的数学原理》等著作一样,成为科学革命时期及整个科学史上极为重要的文献。

1. 整体水平的研究 人体的生命活动并不等于心、肺、肾等器官功能的简单总和,各器官的功能活动互相联系、互相制约、互相配合、互相依存,而对整个机体内的这些联系、变化、发展和制约的规律的研究称为整体水平的研究。整体水平的研究以完整的机体为研究对象,观察和分析在各种条件下不同的器官、系统之间,以及机体与环境之间相互联系和相互影响的规律。例如,人在进行体力劳动时,骨骼肌在进行协调收缩和舒张的同时,呼吸加深、加快,促进气体交换;心跳加快、加强,血液循环加速,骨骼肌血管舒张,血流量增多;消化、泌尿等器官的活动减弱,血量供给减少,以保证心脏、脑等重要器官的血液供应。

2. 器官和系统水平的研究 器官和系统水平的研究以器官、系统为研究对象,观察其功能和调节机制。这方面的研究着重于阐明器官和系统对机体有什么作用,它们是怎样活动的,它们的活动受到哪些因素的控制和影响等。例如,心脏射血、肺的呼吸、小肠的消化和吸收、肾的排泄等功能。其中,关于心血管组成的血液循环系统的正常功能研究需要阐明心脏各部分如何协同活动、心脏如何收缩射血、血液在血管中如何分配、血管内血液流动的动力与阻力的相互关系、心血管活动如何进行调节等规律。

3. 细胞和分子水平的研究 细胞和分子水平的研究是以细胞及构成细胞的分子为研究对象,观察其超微结构的功能和细胞内生物分子物理、化学变化的过程。细胞是构成机体的基本结构和功能单位,每个器官的功能都以组成该器官的细胞的生理特性为基础。例如,骨骼肌收缩时的肌丝滑行原理,细胞的生物电活动与不同状态下细胞膜对不同分子、离子的通透性密切相关等。细胞的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物理化学特性。例如,要研究细胞的物质转运功能,就需要对细胞膜的分子结构、细胞膜上转运蛋白的特性和功能活动进行研究。这类研究的研究对象是细胞和细胞中的物质分子,故称为细胞和分子水平的研究。

正常机体功能虽然以细胞和分子的特性为基础,且遵循物理、化学规律,但生理学毕竟不等同于物理学和化学,它既有细胞和分子水平的研究与科学规律,又有器官、系统和整体水平的研究与科学规律。生理学的三个水平的研究不是孤立的,而是相互联系、相互补充的。研究者要全面地理解某一正常功能的机制,就必须用发展的、联系的和对立统一的观点将整体、器官和系统、细胞和分子这三个水平结合起来进行研究。

## 第二节 生命活动的基本特征

生命科学家通过广泛而深入的研究发现,各种生命有机体都可表现出严密的组织性和高度的秩序性,其基本特征主要包括新陈代谢(metabolism)、兴奋性(excitability)、适应性和生殖,它们是生命有机体区别于无机体的本质上的差别。其中,新陈代谢为生命有机体最基本的特征。

### 一、新陈代谢

机体与环境之间不断进行物质和能量交换、实现自我更新的过程称为新陈代谢。新陈代谢包括合成代谢(同化作用, anabolism)和分解代谢(异化作用, catabolism)两个相辅相成的过程:机体不断地从外界环境中摄取各种营养物质,将其转化、合成自身所需要的新的物质,产生并储存能量的过程称为合成代谢;机体不断分解自身物质,释放能量,以满足各种生命活动的需要,并把分解产物排出体外的过程称为分解代谢。

人体内各种物质的合成、分解、转化和利用都是在生物分子的水溶液中进行的一系列生物化学变化,

其主要表现是利用从外界摄入的物质在一系列催化酶的作用下分解成为小分子,同时释放机体功能活动所需要的能量,这一过程称为物质代谢。伴随物质代谢而产生的能量储存、释放、转移和利用过程称为能量代谢。物质代谢是能量代谢的基础,也是生命的物质基础,是能量的根本来源。

从机体内所进行的各种反应来看,生命过程中表现出的生长、发育、生殖、运动、分泌等一切功能活动都是建立在新陈代谢的基础上的。因此,新陈代谢是生命活动最基本的特征,新陈代谢一旦停止,生命也就随之终止。

## 二、兴奋性

兴奋性是指机体或组织对刺激发生反应的能力或特性。兴奋性是一切生物体都具有的基本特征,能使生物体对环境的变化做出应变,因而兴奋性是生物体生存的必要条件。

### (一) 刺激与反应

刺激(stimulus)是指能引起机体或细胞发生反应的各种内、外环境条件的变化。反应(response)是指机体或细胞接受刺激后所出现的理化过程和生理功能的变化。例如,寒冷刺激可使机体分解代谢加强,产热量增加,皮肤血管收缩,散热减少,甚至寒战等,这就是机体对寒冷刺激的反应。

刺激的种类有很多,按刺激的性质可分为物理性刺激(如声、光、电、温度、机械、射线等)、化学性刺激(如酸、碱、盐、药物等)、生物性刺激(如细菌、病毒等)和社会心理刺激等。社会因素和心理活动构成的刺激对人体正常功能和疾病的发生、发展具有十分重要的作用。在所有刺激中,电刺激的三个条件易于控制,且可重复使用而不易损伤组织,故为生理学实验和医疗实践中常用的刺激方法。

并非所有刺激都能使机体产生反应。实验表明,能引起机体或组织反应的刺激一般具备三个基本条件(刺激三要素),分别是刺激强度、刺激作用的时间和刺激强度-时间变化率。

1. 刺激强度 若刺激的时间和刺激强度-时间变化率保持不变,能使组织发生反应的最小刺激强度称为阈强度(threshold,刺激阈或阈值)。强度等于阈值的刺激称为阈刺激(threshold stimulus),强度高于阈值的刺激称为阈上刺激,强度低于阈值的刺激称为阈下刺激。对于同一组织,阈刺激和阈上刺激都能引起组织的反应,所以是有效刺激;而单个阈下刺激则不能引起组织的反应。

组织的兴奋性可用阈值来衡量,组织的兴奋性与阈值成反比关系(兴奋性 $\propto$ 1/阈值),即阈值越小,组织的兴奋性越高;阈值越大,组织的兴奋性越低。各种组织的兴奋性是不同的,阈值可以作为衡量组织兴奋性的客观指标。

在生理学中,接受刺激后能迅速产生某种特定生理反应的组织称为可兴奋组织,如神经、肌肉和腺体组织。它们反应迅速,易于观察,并有电位变化作为客观标志。但是,可兴奋组织对刺激的反应形式各异,如神经组织兴奋的表现为神经冲动,肌肉组织兴奋的表现为肌纤维收缩,腺体兴奋的表现为腺细胞分泌。

2. 刺激作用的时间 刺激作用必须持续一定的时间才能引起组织的反应。如果刺激作用的时间太短,那么即便刺激强度再大,也不能引起组织的反应。

3. 刺激强度-时间变化率 作为引起组织反应的一种动因,刺激必须有变化。刺激由弱变强或由强变弱均可引起组织反应。单位时间(s)内刺激强度增减的量即刺激强度变化速度。刺激强度-时间变化率是指作用到机体组织的刺激的强度由零达到阈值而成为有效刺激所用的时间。刺激强度-时间变化率越大,刺激作用越强。

### 知识链接

#### 肌内注射的“两快一慢”原则

在临床治疗中,护士为患者进行肌内注射或皮下注射时应遵循“两快一慢”的原则,即进针快,出针快,推药慢。进针快和出针快可以使刺激的作用时间变短,推药慢可以降低刺激强度-时间变化率,从而使患者感受到的疼痛降至最低。

## （二）反应的表现形式

当机体受到刺激而发生反应时,从其外表活动特征来看,有兴奋(excitation)和抑制(inhibition)两种基本表现形式。

1. 兴奋 兴奋是指组织受到刺激后由相对静止状态转变为活动状态或活动由弱变强。例如,肌肉受到刺激发生收缩,肾上腺素使心率加快、心收缩力加强、心输出量增多,都是相应组织兴奋的表现。

2. 抑制 抑制是指组织受到刺激后由活动状态转变为相对静止状态或活动由强变弱。例如,人吸入过多的二氧化碳而使呼吸运动减弱甚至暂停,乙酰胆碱作用于心脏引起心率减慢、心收缩力减弱、心输出量减少,都是组织抑制的表现。

## 三、适应性

机体能够随环境的变化而不断调整自身各部分的功能,使机体与环境取得平衡统一,保证生命活动的正常进行。机体能根据内外环境的变化调整为各种活动,以适应变化的能力称为适应性。

适应可分为行为性适应和生理性适应。

### （一）行为性适应

行为性适应常有躯体活动的改变。例如,机体处在低温环境中会出现趋热活动,遇到伤害时会出现躲避活动,这种适应在生物界普遍存在,属于本能性行为适应。人类的大脑皮质高度发达,因而其行为适应更具有主动性。

### （二）生理性适应

生理性适应是指机体内部的协调性反应。例如,人到高海拔地区生活时,血液中的红细胞和血红蛋白均增加,以增强运输氧的能力;在光照下,人的瞳孔缩小,以调整进入眼的光线,使视网膜成像更清晰。生理性适应以体内各器官、系统活动的改变为主。

人体一方面依赖环境、适应环境,另一方面不断地影响环境、改变环境。目前,人们已不再消极地适应环境,而是十分重视和全面认识环境与生命活动的关系,主动地改善和保护自然生态环境,科学地改造、利用环境,使环境更适合人体生命活动的需要。

## 四、生殖

生物体生长发育到一定阶段后能够产生与自己相似的子代个体的功能称为生殖(reproduction)。通过生殖功能,人类或其他生物实现了种族的延续,即生命活动的延续。因此,生殖是生命活动的基本特征之一。

## 第三节 人体与环境

### 一、人体与外环境

外环境是指人类生活的自然环境和社会环境。

#### （一）自然环境对人体的影响

存在于人们周围的客观物质世界称为自然环境。自然环境是人类及其他一切生命赖以生存和发展的基础。自然环境的变化可对人产生影响,天然形成的环境条件为原生环境,其中许多自然因素都对健康起促进作用,但有些地域水或土壤中的某些元素含量过多或过少,可以导致地方性甲状腺肿大、克山病等疾病。而人类的生产、生活也可对自然环境产生影响,包括人工优化环境(如绿化美化环境)和污染环境,前者利于人类的健康,后者严重危害人类的健康。例如,超量开采地下水、噪声、过度砍伐森林、大气污染、臭

氧层空洞增大等都是人类过度影响自然环境所造成的,严重威胁人类的健康和生存。

### (二) 社会环境对人体的影响

社会环境是指人类在生产、生活和交往中相互间形成的一种特殊关系,包括社会因素和心理因素,如社会制度、教育程度、医疗卫生保健服务、人的心理状况和行为方式等。社会环境是影响人体功能的重要因素。

社会环境不但可以直接影响人的健康状况,还可以影响自然环境和人的心理环境。社会心理因素已成为引起严重威胁人类健康的心脑血管疾病、恶性肿瘤、胃肠道溃疡、内分泌紊乱等疾病的主要原因。

在现代社会中,经济高速发展,物质越来越丰富,但生活的压力也与日俱增,一些身心疾病如高血压、高血脂、冠心病、溃疡病、糖尿病、癌症、精神障碍、各种心理障碍等应运而生,且个体的发病年龄提前已经成为不可阻挡的趋势。据《中国居民营养与慢性病状况报告(2020年)》统计结果显示,2019年,我国居民因心脑血管疾病、癌症、慢性呼吸系统疾病和糖尿病等四类重大慢性病导致的过早死亡率为16.5%,与2015年的18.5%相比下降了2个百分点,降幅达10.8%。

2019年,我国因慢性病导致的死亡占总死亡的88.5%,其中心脑血管病、癌症、慢性呼吸系统疾病死亡比例为80.7%。高血压、糖尿病、高胆固醇血症、慢性阻塞性肺疾病患病率和癌症发病率与2015年相比有所上升,中国18岁及以上居民高血压患病率为27.5%,糖尿病患病率为11.9%,高胆固醇血症患病率为8.2%,40岁及以上居民慢性阻塞性肺疾病患病率为13.6%,与2015年发布结果相比均有所上升。我国慢性病防控工作仍面临巨大挑战。

### (三) 人与外环境的关系

人与其他生物之间,生物与环境之间都保持着密切的联系,彼此相互影响、相互适应和相互制约(图0-1)。人与外环境的关系主要表现在三个方面:人不断与环境进行物质和能量交换,两者保持动态平衡关系。人对外界环境有较强的适应能力,外界环境的变化只要不超过一定的限度,就不至于损害人的健康;一旦自然环境急剧变化并超过一定限度,即可引起疾病或死亡。人对改变环境有主观能动作用,但人们在改变环境的同时必须充分估计和尽量避免环境对人类的反作用,使环境朝着对人类有利的方向发展。

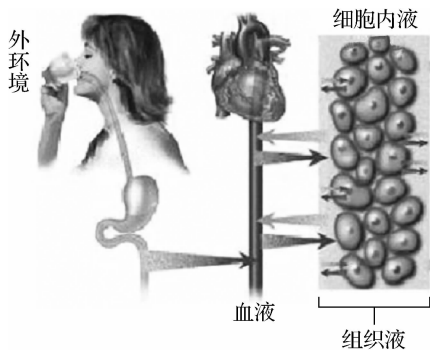


图0-1 人与外环境的关系

## 二、内环境及其稳态

人体的大多数细胞并不与外环境直接接触,而是生活在体内的液体环境之中。人体内各部位的水分及其中溶解的物质总称为体液(body fluid)。在成人,体液约占体重的60%,其中存在于细胞内的体液称为细胞内液(intracellular fluid, ICF),约占2/3;存在于细胞外的体液称为细胞外液(extracellular fluid, ECF),约占1/3,包括血浆、组织液、淋巴液、脑脊液、房水、体腔液(胸膜腔液、滑膜液、心包液)等。在细胞外液中,血浆约占1/4,组织液约占3/4(图0-2和图0-3)。

体液的各部分彼此隔开而又相互沟通。细胞内液与细胞外液主要通过细胞膜进行物质交换,组织液与血浆则通过毛细血管壁进行物质交换。血浆的组成与性质不仅可以反映机体与外环境的物质交换情况,还可作为沟通各部分体液与外环境的媒介,并反映组织代谢与内环境的物质交换情况。

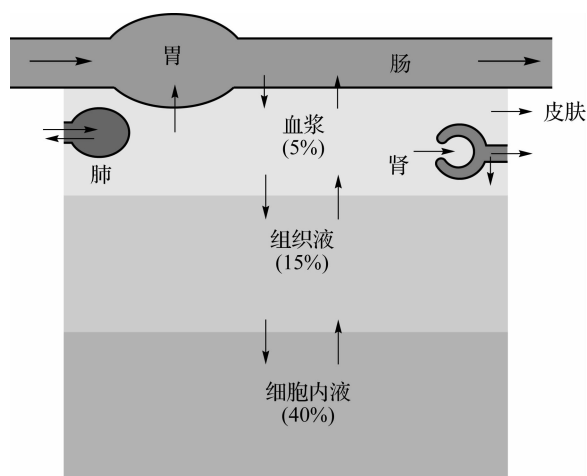


图 0-2 体液的分布

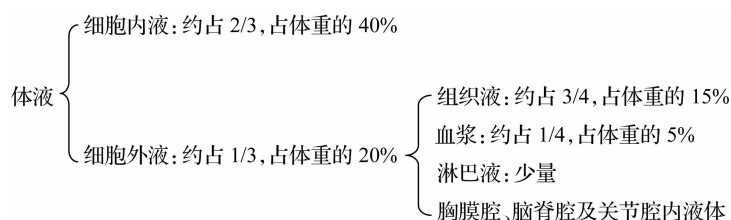


图 0-3 体液的成分

### (一) 内环境

人体的细胞从细胞外液中摄取氧和其他营养物质,同时将二氧化碳和其他代谢产物直接排到细胞外液中。因此,细胞外液是细胞生存和活动的直接环境,称为机体的内环境(internal environment),以区别于机体赖以生存的外环境。

内环境的概念是由法国生理学家伯尔纳(Claude Bernard)在 19 世纪提出的。伯尔纳首先指出,只有使内环境保持相对稳定,复杂的多细胞动物才有可能生存。这一观点强调了内环境稳定的生理学意义。

### (二) 稳态

美国生理学家坎农(Walter Bradford Cannon)在长期研究自主神经系统生理的基础上于 1929 年提出了著名的稳态(homeostasis)概念,用来表示内环境的稳定。坎农进一步发展了伯尔纳的内环境恒定的理论,认为内环境的理化因素之所以可以在狭小范围内波动而始终保持相对稳定状态,主要依赖于自主神经系统和某些内分泌激素的经常性调节。内环境的理化特性,如细胞外液的化学成分、pH 值、渗透压和温度等都是影响细胞正常生命活动的重要因素。细胞的正常生命活动需要内环境的各种理化因素和各种物质的浓度在一定范围内保持动态的相对恒定。

生理学中将内环境的各种理化因素保持相对恒定的状态称为稳态。稳态是一种复杂的生理过程,一方面外环境变化的影响和细胞的新陈代谢不断破坏内环境的稳态,另一方面机体通过各种调节机制使其不断地恢复平衡状态,因此稳态又是一种动态的、相对平衡的状态。

在新陈代谢过程中,细胞的代谢活动和外环境的变化经常使内环境的稳态遭到破坏,但通过机体调节系统的作用,改变各器官组织的活动,可以使被破坏的内环境中各种理化因素和物质的浓度恢复相对稳定的状态。内环境的稳态是细胞进行正常生命活动的必要条件。稳态一旦遭到破坏,调节系统或器官、组织的活动就不能正常进行。内环境的稳态不能维持,各种理化因素就会发生紊乱,使细胞发生新陈代谢障碍,并引起疾病甚至危及生命。因此,机体的一切调节活动的生物学意义在于维持内环境的稳态。



## 第四节 人体功能的调节

机体内各种细胞、组织都在进行各不相同而又紧密联系的功能活动,当机体的内、外环境发生变化时,人体功能也会发生相应的变化,以维持内环境的稳态和对外环境的适应。人体各器官功能的这种适应性变化过程称为人体生理功能的调节。这种调节可以使机体内部各器官和系统功能协调一致,使机体与环境保持协调一致。

### 一、人体功能的调节方式

人体生理功能的调节是由人体内的神经调节(neuroregulation)、体液调节(humoral regulation)和自身调节(autoregulation)三种调节机制来完成的,其中以神经调节最为关键。

#### (一) 神经调节

神经系统是调节全身各种功能活动的系统。通过神经系统的活动对机体生理功能进行的调节称为神经调节。神经调节在整个调节系统中起主导作用,是人体最主要的调节方式。神经调节的基本方式是反射(reflex)。反射是指在中枢神经系统的参与下,机体对内、外环境变化产生的适应性、规律性应答反应。反射的结构基础是反射弧(reflex arc),它由感受器(receptor)、传入神经(afferent nerve)、中枢(center)、传出神经(efferent nerve)和效应器(effector)五部分组成(图 0-4 和表 0-1)。

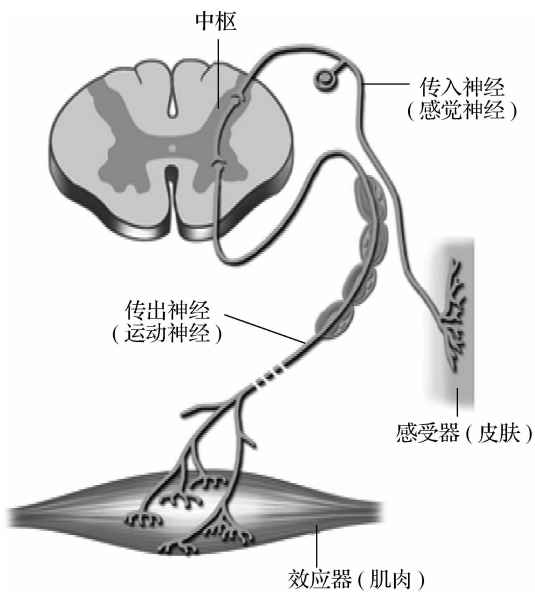


图 0-4 反射弧及其组成

表 0-1 反射弧的组成及作用

组成成分	概 念	作 用
感受器	分布在体表或组织内部的一些专门感受机体内、外环境变化的结构和装置	感受刺激并转换成相应的传入神经冲动(换能)
传入神经	将来自内脏、躯体和本体感觉的信息传导到神经中枢的结构	感受器与神经中枢的联系通路
中枢	中枢神经系统中与某一功能有关的神经元所在的部位称为该功能的神经中枢,即调节某一特定生理功能的神经元群	分析、整合传入的信息,并发动冲动;能决定反应的性质和强度
传出神经	将中枢的冲动传导到效应器的结构	中枢与效应器的联系通路
效应器	产生反应的器官	执行动作,产生反应

手无意间碰到火时会立即缩回就是通过反射进行的。火的热刺激作用于手部皮肤,皮肤上的痛觉和温觉感受器把痛和热刺激转换成电信号,以神经冲动的方式沿传入神经传向中枢,中枢经过分析、综合做出判断并发出指令,再以神经冲动的方式沿传出神经传向相应的肌肉,使肌肉收缩或舒张,协调配合,完成缩手动作。反射弧结构和功能的完整性是反射得以顺利进行的基础。反射弧任何一部分的损害都将使该反射弧的反射活动不能正常进行。



动画  
反射弧

按反射形成的过程,可将其分为非条件反射(unconditioned reflex)和条件反射(conditioned reflex)两大类。

1. 非条件反射 是先天的,结构比较简单,其反射弧和反射活动较为固定,数量有限,是一种较低级的神经活动,多与维持生命的本能活动有关。非条件反射的生理意义是使机体具有基本的适应能力,以维持个体生存和种族延续,是形成条件反射的基础。例如,食物进入口腔引起唾液分泌的分泌反射、用光照眼睛引起双侧瞳孔缩小的瞳孔对光反射、物体触及婴儿唇部引起吮吸动作的吮吸反射、异物触及眼睫毛而引起眨眼动作的角膜反射等均为非条件反射。

2. 条件反射 条件反射是个体在生活过程中后天获得的,是在非条件反射的基础上根据个体生活实践而建立起来的一种高级神经活动。例如,望梅止渴、谈虎色变等都是条件反射。条件反射具有极大的易变性,反射活动灵活可变,数量无限,并具有预见性。个体能随环境的变化不断建立新的反射,能高度精确地适应内、外环境的变化,可以提高机体适应环境变化的能力。条件反射能控制非条件反射活动。

非条件反射与条件反射的区别如表 0-2 所示。

表 0-2 非条件反射与条件反射的区别

比较项目	非条件反射	条件反射
形成	与生俱来,由遗传决定	建立在非条件反射的基础上,经后天学习和训练获得
神经联系	反射弧固定	反射弧不固定,易变
中枢	皮质下中枢就能形成	大脑皮质参与才能完成
意义	数量有限,适应性弱	数量无限,适应性强
举例	吮吸反射、屈肌反射	望梅止渴

神经调节的特点是作用迅速、准确、短暂,作用范围较小,表现为高度的自动化,是人体功能调节中最主要的调节方式。

## (二) 体液调节

体液调节是指机体的某些组织细胞能生成并分泌某些特殊的化学物质,这些化学物质可经体液运输到达全身的组织细胞或体内某些特殊的组织细胞处,调节其功能活动。体液调节的特点是作用缓慢、广泛、持久。

参与体液调节的化学物质主要是激素。激素是由内分泌腺或散在的内分泌细胞所分泌的高效能的生物活性物质,可经组织液或血液传递并发挥调节作用。例如,肾上腺髓质分泌的肾上腺素可通过血液循环运达心脏,使心肌收缩力增强、心率加快、心输出量增多。这种通过血液循环运送激素到达全身各组织、器官,影响全身组织、器官的活动的调节作用称为远距分泌调节。某些组织细胞分泌的一些化学物质(如激肽、组胺、前列腺素、5-羟色胺等)和组织代谢产物(如 CO<sub>2</sub>、腺苷、乳酸等)可借助细胞外液扩散至邻近组织细胞,调节邻近组织细胞的活动,如使局部血管扩张、通透性增加等,称为局部性体液调节或称为旁分泌调节。局部性体液调节的作用主要是使局部与全身的功能活动相互配合、协调一致。还有些细胞分泌的激素或化学物质在局部扩散,又反馈作用于产生该激素或化学物质的细胞本身,这种方式称为自分泌调节。

在完整的机体内,神经调节和体液调节相辅相成,密切相关。神经调节在多数情况下处于主导地位。参与体液调节的大多数内分泌腺或内分泌细胞直接或间接地接受中枢神经系统的控制,这种情况下,体液调节就成为神经调节的一个传出环节,是反射传出途径的延伸,称为神经-体液调节(neuro-humoral regulation,图 0-5)。例如,人在恐惧、焦虑、失血、缺氧、剧痛等紧急情况下,中枢神经系统在通过交感神经直接调节有关器官功能的同时可通过交感神经支配肾上腺髓质,当交感神经兴奋时,可促使肾上腺髓质分泌肾上腺素和去甲肾上腺素增加,间接调节有关器官的功能活动,从而使机体通过神经和体液因素的调节适应内、外环境的急剧变化。前者为神经调节,后者为神经-体液调节。

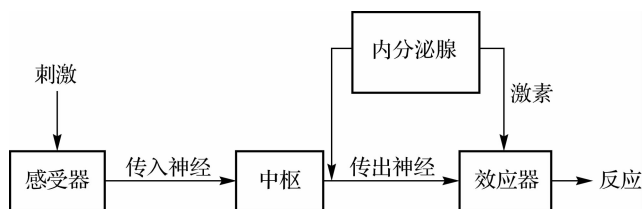


图 0-5 神经-体液调节

### (三) 自身调节

当内、外环境发生变化时,某些组织、器官甚至细胞在不依赖神经或体液因素的情况下,自身对内、外环境变化产生的适应性反应称为自身调节。这种调节只局限于少部分器官、组织或细胞,在心肌和平滑肌表现明显。例如,在一定范围内,心肌收缩力与心肌纤维收缩前的长度成正比,即心肌收缩前心肌纤维越长,其收缩力越强。又如,随着全身动脉血压在一定范围内升高或降低,肾入球小动脉可通过相应的舒缩活动来改变血流阻力,使肾血流量保持相对恒定,以保证肾功能的正常。

一般来说,自身调节的特点是调节强度较弱、影响范围小、灵敏度较低,但对维持细胞、组织和器官功能的稳态仍有一定的意义。

## 二、人体功能调节的反馈控制系统

20 世纪 40 年代,研究者通过运用数学及物理学的原理和方法分析研究各种工程技术的控制及人体的各种功能调节,得出了一些有关调节和控制过程的共同规律,因而一个新的学科——控制论得以产生。根据控制论的原理,人体生理功能的各种调节实际上是一种自动控制系统。任何控制系统至少都由控制部分和受控部分组成,其中控制部分相当于反射中枢或内分泌腺;受控部分相当于效应器或靶器官、靶细胞。控制部分即调节者(如反射中枢、内分泌腺)与受控部分即被调节者(如效应器、靶器官)之间存在双向信息联系,通过闭环回路完成控制与被控制的过程。

在控制系统中,由受控部分发出并能够影响控制部分的信息称为反馈信息,由受控部分发出的信息反过来影响控制部分的活动过程称为反馈(feedback,图 0-6)。

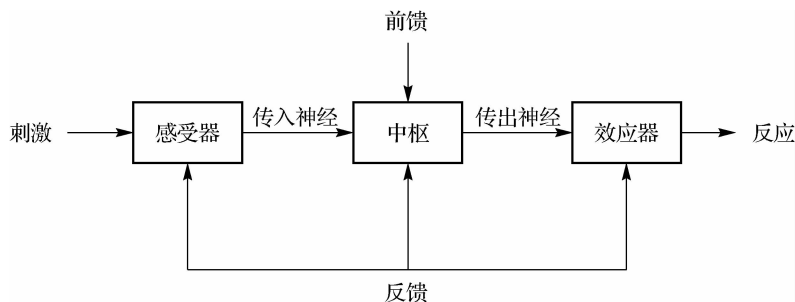


图 0-6 反馈



图文  
控制论诞生  
史话

### 知识链接

#### 控制论与反馈

控制论的奠基人美国数学家维纳指出,一切类型的控制系统都是用揭露在目标实现过程中的错误和采取纠正措施的信息反馈来控制自己的。换言之,各种系统都是用自身的某些能量在成效与标准之间进行反馈,从而比较所得信息的。反馈控制则根据最终结果产生的偏差来指导将来的行动。

反馈控制的基本过程为：以预期业绩为标准—衡量实际业绩—将实际业绩与标准相比较—确定偏差—分析造成偏差的原因—确定纠正方案—贯彻纠正措施。可见，反馈控制是保证计划不出现偏差和得以顺利实施的必要环节，在管理系统中具有极其重要的地位。反馈信息是管理者对客观实际情况变化(结果)做出正确反应的重要依据。管理成功与否的关键在于管理者是否能接收到灵敏、准确、迅速的反馈。

前馈控制是面向未来的控制，也是通过信息反馈来实施的控制，但这种信息反馈是在投入一端，即在投入未受到影响前就加以纠正，因而具有及时性。前馈控制采用的普遍方式是利用所能得到的最新信息进行认真、反复的预测，把计划所要达到的目标与预测结果相比较，并采取修改计划，以使预测结果与计划目标相吻合。目前，得到运用的比较先进的前馈控制技术之一是计划评审法，或称网络分析法。它可以预先知道哪些工序的延时会影响到整个工期，会在何时出现何种资源需求高峰，从而采取有效的预防措施与行之有效的管理办法。

### (一) 负反馈

负反馈(negative feedback)是指受控部分发出的信息反过来抑制或减弱控制部分活动的调节方式。它是正常生理功能调节中重要而又常见的方式，是可逆的过程。负反馈的意义在于使机体的某项生理功能保持相对恒定的状态。例如，动脉血压的相对恒定就是以减压反射为基础的典型的负反馈过程。当动脉血压偏高时，可刺激颈动脉窦和主动脉弓的压力感受器，经传入神经将血压升高的信息传到心血管中枢，通过心血管中枢的整合使心血管活动水平降低，动脉血压回降至正常水平；相反，当动脉血压下降时，其对心血管中枢的抑制作用减小，使心血管系统功能活动增强，血压得以回升，从而使动脉血压保持在某种相对稳定的水平。其他如体温、呼吸等的相对稳定也都是通过负反馈调节机制完成的。

### (二) 正反馈

从受控部分发出的信息促进与加强控制部分活动的调节方式称为正反馈(positive feedback)。正反馈使整个系统处于再生状态，使这一过程最后到达极端或结束，是一个不可逆的过程。正反馈的意义在于促使某些生理功能一旦发动就迅速加强直至完成。人体的正反馈现象很少，主要有排尿、排便、分娩、血液凝固等生理过程。

在正常人体功能的调节控制中，除反馈控制外还有前馈控制(feed forward control)。前馈控制即控制部分在向受控部分发出信息的同时，通过另一途径向受控部分发出前馈信号，及时调控受控部分的活动，使其更加准确、适时和适度。有些条件反射被认为是一种前馈控制，如进食前胃液的分泌，胃液分泌的时间比食物进入胃中直接刺激胃黏膜腺体分泌的时间要早得多。前馈控制系统可以使机体的反应具有预见性和超前性，使功能活动更准确。

## 【思考与练习】

### 一、名词解释

新陈代谢 兴奋性 阈强度 内环境 稳态 反射 负反馈 正反馈

### 二、单项选择题

- 生命活动的基本特征不包括( )。
  - 新陈代谢
  - 能量代谢
  - 兴奋
  - 兴奋性
  - 生殖
- 生物体的新陈代谢不包括( )。
  - 合成代谢
  - 分解代谢
  - 能量代谢
  - 自我复制
  - 自我更新

3. 维持某种机能状态的稳定主要有赖于( )。
  - A. 负反馈
  - B. 自身调节
  - C. 正反馈
  - D. 自我复制
  - E. 前馈控制
4. 下列生理过程中不属于负反馈调节的是( )。
  - A. 循环血液中红细胞数量的恒定
  - B. 降压反射
  - C. 正常呼吸节律的维持
  - D. 体温相对恒定的维持
  - E. 月经周期中卵泡期末 LH 高峰的出现
5. 下列生理过程中不属于正反馈调节的是( )。
  - A. 膜去极化引起  $\text{Na}^+$  的再生性循环
  - B. 血液凝固过程
  - C. 血浆晶体渗透压升高时 ADH 释放增加
  - D. 排尿反射
  - E. 分娩过程
6. 能使生物机体发生反应的各种环境变化统称为( )。
  - A. 反射
  - B. 兴奋
  - C. 刺激
  - D. 反应
  - E. 兴奋性
7. 生命活动最基本的结构和功能单位是( )。
  - A. 细胞
  - B. 内环境
  - C. 器官系统
  - D. 细胞膜
  - E. 组织
8. 内环境是指( )。
  - A. 细胞内液
  - B. 细胞外液
  - C. 组织间液
  - D. 血液
  - E. 血浆
9. 机体处于应激状态时,糖皮质激素分泌增多属于( )。
  - A. 神经调节
  - B. 体液调节
  - C. 神经-体液调节
  - D. 自身调节
  - E. 激素调节
10. 神经调节的基本方式是( )。
  - A. 反射
  - B. 非条件反射
  - C. 条件反射
  - D. 反馈
  - E. 负反馈
11. 反映兴奋性大小的常用指标是( )。
  - A. 动作电位去极化幅度
  - B. 动作电位去极化速度
  - C. 膜电位水平
  - D. 阈强度
  - E. 动作电位
12. 最能反映内环境状况的体液部分是( )。
  - A. 细胞内液
  - B. 淋巴液
  - C. 尿液
  - D. 血液
  - E. 脑脊液
13. 反射活动的结构基础是( )。
  - A. 中枢神经系统
  - B. 感受器
  - C. 效应器
  - D. 突触
  - E. 反射弧
14. 下列叙述中不正确的是( )。
  - A. 反射是神经系统活动的基本过程
  - B. 反射包括非条件反射和条件反射
  - C. 反射中枢均位于大脑皮质
  - D. 条件反射建立在非条件反射之上
  - E. 反射弧必须完整才能进行反射
15. 下列关于条件反射的描述中正确的是( )。
  - A. 刺激的性质与反应之间的关系是可变的
  - B. 刺激的性质与反应之间的关系是由种族遗传决定的

- C. 条件反射是与生俱来的
- D. 反射活动的适应性比较有限
- E. 条件反射不是在非条件反射的基础上建立的

### 三、填空题

1. 生命活动的基本特征是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_，其中最基本的是\_\_\_\_\_。
2. 机体内细胞直接生存的环境称为\_\_\_\_\_，即\_\_\_\_\_。
3. 人体功能的主要调节方式有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
4. 神经调节的基本方式是\_\_\_\_\_，其反射结构为\_\_\_\_\_，调节特点是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
5. 刺激引起的反应必须具备的三个条件是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
6. 组织细胞对刺激发生反应的基本形式为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
7. 衡量兴奋性的指标是\_\_\_\_\_，它与兴奋性成\_\_\_\_\_关系。

### 四、简答题

1. 人体生命的基本特征有哪些？
2. 何谓内环境和稳态？其有何重要生理意义？
3. 机体功能活动的调节方式有哪些？它们各有何特点？
4. 何谓正反馈、负反馈？两者各有何特点？