

左明雪 主编

# 人体解剖生理学

Human Anatomy and Physiology



高等教育出版社

# 人体解剖生理学

左明雪 主编

高等教育出版社

## 内容提要

本书共分 13 章,系统阐述了人体基本组织及运动、神经、感官、血液和循环、呼吸、消化、营养及代谢、泌尿、内分泌和生殖系统的基本知识和基本理论,同时对神经系统作了重点介绍。本书大部分章节均反映了近年来在细胞和分子生理学方面的最新进展,同时配有丰富的插图。每章后附有小结和复习参考题。

本书适合作为高等院校心理学、教育学专业的基础课教材,也可作为高等院校生物科学专业的教材和参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

人体解剖生理学/左明雪主编. —北京:高等教育出版社,2003.8

ISBN 7-04-011431-3

I. 人... II. 左... III. 人体解剖学:人体生理学—高等学校—教材 IV. R324

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 079999 号

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 010-82028899

购书热线 010-64054588  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所  
排 版 高等教育出版社照排中心  
印 刷 北京中科印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16  
印 张 22  
字 数 540 000

版 次 2003 年 8 月第 1 版  
印 次 2003 年 8 月第 1 次印刷  
定 价 27.50 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**

# 《人体解剖生理学》编写人员

**主编** 左明雪(北京师范大学)

**编者** (按姓氏笔画排序)

左明雪(北京师范大学)

刘 贇(华东师范大学)

安书成(陕西师范大学)

朱宝长(首都师范大学)

李东风(华南师范大学)

张 铭(华中师范大学)

陈其才(华中师范大学)

郭炳冉(曲阜师范大学)

曾少举(北京师范大学)

辜 清(南昌大学)

# 前 言

“人体解剖生理学”是高等院校生物专业的基础课程之一,许多院校将其列为专业基础课的必修课或选修课,同时它又是高等院校心理系、教育系及相关专业的重要基础课程。近十年来,生理学各分支学科有了很大的进展,特别在细胞和分子水平的进展尤为迅速。考虑到目前国内已有的《人体解剖生理学》教材已出版多年,教材中的部分内容和概念已显陈旧,已不适合目前解剖生理学教学的需要,因而有必要编写一本新教材。

本教材在大量调研国内外同类教材的基础上,充分考虑了我国高等院校不同专业设置“人体解剖生理学”课程的特点,确定了总的编写原则。本书在重点介绍人体解剖生理学基础理论和基本原理基础上,适当反映了近年生理科学领域取得的最新进展,特别是在细胞和分子水平所取得的成果。本书在一般阐述人体结构与功能的同时,在各章节中重点介绍了人体机能的调节机制。此外,根据心理学和教育学科的特点,本书将神经统一章作为介绍的重点。为方便读者复习和查阅,每章后列出了复习参考题,书后列出了参考书目和中英文名索引。

参加本书编写的作者均为多年从事人体解剖学或生理学教学的教师。全书共分13章,绪论,第三章的第一、二、三节,第五章由北京师范大学的左明雪编写;第一、十三章由北京师范大学的曾少举编写;第二章由南昌大学的辜清编写;第三章的第四、五节由华东师范大学的刘贇编写;第四章由华中师范大学的陈其才、张铭编写;第六、九章由陕西师范大学的安书成编写;第七、十章由华南师范大学的李东风编写;第八、十一章由曲阜师范大学的郭炳冉编写;第十二章由首都师范大学的朱宝长编写。本书第八、十一章的绘图由曲阜师范大学的李玉丁老师完成。对所有参与本书编写并提出建设性意见的同仁表示谢意。

由于我们知识水平所限,本教材必然存在某些缺点和错误,恳切希望读者在使用过程中提出批评和建议,以便将来再版时改正。

左明雪

2003年3月于北京

# 目 录

绪论 .....	1	一、突触的结构及传递 .....	60
一、人体解剖生理学研究对象和方法 .....	1	二、突触后电位 .....	63
二、生命活动的基本特征 .....	4	三、兴奋由神经向肌肉的传递 .....	64
第一章 人体基本结构概述 .....	7	四、递质和受体 .....	71
第一节 细胞的结构与功能 .....	7	五、神经反射活动的特征 .....	74
一、细胞的化学组成 .....	7	第四节 神经系统解剖 .....	79
二、细胞的结构 .....	9	一、脊髓和脊神经 .....	79
第二节 基本组织 .....	15	二、脑和脑神经 .....	83
一、上皮组织 .....	15	三、脑脊髓被膜、脑室、脑脊液、脑屏障 .....	95
二、结缔组织 .....	18	第五节 神经系统的功能 .....	99
三、肌肉组织 .....	20	一、神经系统的感觉功能 .....	99
四、神经组织 .....	22	二、神经系统的躯体运动功能 .....	106
第三节 器官、系统、人体形态 .....	27	三、神经系统对内脏活动的调节 .....	111
一、器官、系统 .....	27	四、中枢神经系统的高级功能 .....	118
二、人体形态 .....	27	第四章 感觉器官 .....	130
第二章 运动系统 .....	30	第一节 概述 .....	130
第一节 骨骼 .....	31	一、感受器的类型 .....	130
一、骨 .....	31	二、感受器的生理特性 .....	130
二、骨连接 .....	32	第二节 视觉器官 .....	133
三、全身骨的分布概况与特征 .....	33	一、眼的构造 .....	133
第二节 骨骼肌 .....	41	二、眼的成像与折光调节 .....	135
一、骨骼肌的一般形态与作用 .....	41	三、眼的感光功能 .....	137
二、全身骨骼肌的分布概况 .....	42	四、视觉传导通路 .....	142
三、骨骼肌的特性 .....	44	五、视觉信息处理 .....	142
四、骨骼肌的肌肉收缩 .....	45	六、双眼视觉 .....	145
第三章 神经系统 .....	48	第三节 听觉器官和前庭器官 .....	146
第一节 概述 .....	48	一、耳的结构 .....	146
一、神经系统的组成 .....	48	二、听觉生理 .....	149
二、神经系统的进化 .....	49	三、前庭器官及其生理功能 .....	152
第二节 神经的兴奋与传导 .....	51	第四节 其他感受器 .....	154
一、神经细胞的生物电现象 .....	51	一、嗅觉感受器 .....	154
二、神经冲动的传导 .....	57	二、味觉感受器 .....	155
第三节 神经元间的功能联系及活动 .....	60	三、皮肤感受器 .....	156
		第五章 血液 .....	159

第一节 概述 .....	159	一、淋巴系统的组成及主要功能 .....	197
一、体液和内环境 .....	159	二、淋巴液的生成与淋巴循环 .....	200
二、血液的基本组成和血量 .....	160	三、淋巴循环的生理意义 .....	200
第二节 血液的化学成分及理化特性 .....	161	第六节 儿童和青少年血液循环的功能特点 .....	201
一、血浆的化学成分 .....	161	一、儿童和青少年心脏功能特点 .....	201
二、血浆的理化特性 .....	162	二、血压 .....	201
第三节 血细胞生理 .....	163	第七节 冠脉循环和脑循环 .....	202
一、红细胞 .....	163	一、冠脉循环 .....	202
二、白细胞 .....	164	二、脑循环 .....	203
三、血小板 .....	166	第七章 呼吸系统 .....	205
四、免疫系统 .....	166	第一节 呼吸器官 .....	205
第四节 血液凝固 .....	168	一、呼吸道 .....	205
一、血凝的基本过程及其原理 .....	168	二、肺 .....	208
二、抗凝系统 .....	168	三、胸膜和胸膜腔 .....	209
第五节 血型 .....	169	第二节 呼吸运动与肺通气 .....	209
一、人类的血型 .....	169	一、呼吸运动 .....	210
二、ABO 血型 .....	170	二、肺内压与胸膜腔内压 .....	210
三、Rh 血型 .....	170	三、肺容量与肺通气量 .....	211
四、白细胞血型 .....	171	第三节 呼吸气体的交换与运输 .....	213
五、输血的意义及输血原则 .....	171	一、呼吸气体的交换 .....	213
第六章 循环系统 .....	174	二、气体在血液中的运输 .....	214
第一节 概述 .....	174	第四节 呼吸运动的调节 .....	216
一、血液循环的意义 .....	174	一、呼吸中枢与呼吸节律的形成 .....	216
二、体循环与肺循环 .....	174	二、呼吸的反射性调节 .....	218
第二节 心脏 .....	175	三、运动时呼吸的变化与调节 .....	220
一、心脏的位置和形态 .....	175	第八章 消化系统 .....	222
二、心脏的结构 .....	176	第一节 概述 .....	222
三、心肌的生理特性 .....	178	一、消化系统的组成与功能 .....	222
四、心动周期 .....	181	二、消化管的一般结构 .....	222
五、心泵功能的评定 .....	184	三、消化管平滑肌的生理特性 .....	224
第三节 血管 .....	186	四、消化腺的分泌功能 .....	225
一、动脉、静脉和毛细血管 .....	186	第二节 消化器官的形态结构 .....	225
二、动脉血压和动脉脉搏 .....	188	一、消化管 .....	225
三、静脉血压与血流 .....	191	二、消化腺 .....	231
四、微循环和组织液生成 .....	191	第三节 消化 .....	234
第四节 心血管活动的调节 .....	193	一、口腔内消化 .....	234
一、神经调节 .....	193	二、胃内消化 .....	235
二、体液调节 .....	196	三、小肠内消化 .....	236
第五节 淋巴系统 .....	197	四、大肠内消化 .....	237

第四节 吸收 .....	238	一、内分泌的概念 .....	276
一、吸收部位 .....	238	二、激素的种类和一般特征 .....	277
二、几种主要营养物质的吸收 .....	239	三、激素的作用机制 .....	277
第五节 消化器官活动的调节 .....	240	第二节 下丘脑与垂体 .....	279
一、神经调节 .....	240	一、下丘脑 .....	279
二、体液调节 .....	241	二、垂体 .....	280
<b>第九章 营养、代谢与体温调节</b> .....	245	三、下丘脑—垂体—靶腺之间的联系 .....	282
第一节 食物的营养成分及其生理功能 .....	245	第三节 甲状腺与甲状旁腺 .....	284
一、糖类及其主要生理功能 .....	245	一、甲状腺 .....	284
二、脂肪及其主要生理功能 .....	246	二、甲状旁腺 .....	286
三、蛋白质及其主要生理功能 .....	246	第四节 胰岛 .....	287
四、维生素 .....	248	一、胰岛的位置、形态和结构 .....	287
五、无机盐 .....	249	二、胰岛素的生理作用 .....	288
第二节 能量代谢 .....	251	三、胰高血糖素的生理作用 .....	288
一、能量的来源与利用 .....	251	四、胰岛分泌功能的调节 .....	288
二、能量代谢的测定原理和方法 .....	251	第五节 肾上腺 .....	289
三、影响能量代谢的因素 .....	252	一、肾上腺的位置、形态和结构 .....	289
四、基础代谢 .....	253	二、肾上腺皮质激素 .....	290
第三节 体温及其调节 .....	254	三、肾上腺髓质激素 .....	291
一、体温 .....	254	第六节 其他内分泌腺和激素 .....	292
二、产热与散热 .....	255	一、松果体 .....	292
三、体温调节 .....	256	二、胸腺 .....	292
<b>第十章 泌尿系统</b> .....	259	三、前列腺素 .....	292
第一节 肾的构造 .....	260	四、胃肠激素、APUD 细胞系与 DNES .....	293
一、肾的位置与形态 .....	260	<b>第十二章 生殖系统</b> .....	295
二、肾的结构特征及其血液循环 .....	261	第一节 有性生殖过程 .....	295
第二节 尿生成过程 .....	264	一、受精过程 .....	295
一、尿的化学成分与理化特性 .....	264	二、受精卵发育及性别分化 .....	296
二、肾小球的滤过功能 .....	265	第二节 生殖系统的构造 .....	297
三、肾小管与集合管的重吸收和分泌 .....	266	一、男性生殖系统 .....	297
第三节 尿液的浓缩与稀释 .....	268	二、女性生殖系统 .....	301
第四节 尿生成的调节 .....	270	第三节 生殖功能 .....	304
一、肾内自身调节 .....	270	一、雄性生殖功能 .....	304
二、神经和体液调节 .....	270	二、雌性生殖功能 .....	305
第五节 排尿及其调节 .....	272	第四节 着床、妊娠、分娩与授乳 .....	309
一、输尿管、膀胱和尿道的构造 .....	272	一、着床 .....	309
二、输尿管、膀胱和尿道的排尿功能 .....	272	二、妊娠 .....	310
<b>第十一章 内分泌系统</b> .....	276	三、分娩 .....	310
第一节 概述 .....	276	四、授乳 .....	311
		第五节 生殖调控技术 .....	312
		一、避孕 .....	313



二、人工受精 .....	313	第三节 影响生长发育的因素 .....	327
三、体外受精 .....	314	一、营养因素的影响 .....	327
四、胚胎干细胞 .....	314	二、生态因素的影响 .....	328
<b>第十三章 人体的生长和发育</b> .....	<b>319</b>	三、遗传因素的影响 .....	329
<b>第一节 人体生长的一般规律</b> .....	<b>319</b>	四、疾病的影响 .....	329
一、身高 .....	319	五、体育锻炼和劳动的影响 .....	329
二、体重 .....	320	六、精神因素的影响 .....	329
三、肢体形态的发育 .....	320	<b>第四节 衰老</b> .....	<b>330</b>
<b>第二节 人体各器官的发育</b> .....	<b>321</b>	一、衰老的定义 .....	330
一、一般型器官的生长 .....	321	二、衰老的生理学特征 .....	330
二、神经型器官的发育 .....	323	三、衰老的各种学说 .....	331
三、淋巴型器官的生长 .....	324	<b>参考书目</b> .....	<b>334</b>
四、生殖系统的发育 .....	324	<b>中英文名词索引</b> .....	<b>336</b>

# 绪 论

## 一、人体解剖生理学研究对象和方法

人体解剖生理学是以人体解剖学为基础,研究人体的生命活动规律及其功能的一门学科。结构是生理功能实现的物质基础,结构与功能是相适应的。人体解剖生理学是在学习机体组成结构的基础上,理解机体及各个组成部分所表现的各种生命活动现象和生理活动的调节机制,例如循环、呼吸、消化和生殖等。

### (一) 解剖生理学的研究历史

解剖生理学的创立和发展一开始就与动物解剖和生理现象的观察和研究有关。我国人民对解剖生理学的知识在古代就有记载。公元前6世纪医书《内经》中有很多地方描述了人体的结构;《灵枢》的“经水”篇有“若夫八尺之士,皮肉在此,外可度量切循而得之,其死可解剖而视之”;《痿论》有“心主全身之血脉”等等,可见古人对人体结构已经积累了不少知识,而且有很多都是正确的。

《齐民要术》(贾思勰,公元533—544年)是被完整保存下来的一部杰出著作,其中的“相畜法”就对家畜的外部形态、内部脏器、家畜机体结构与功能间的关系进行了描述,具有相当高的学术价值。《本草纲目》是我国明末医药学家李时珍的一部举世闻名的重要著作(1518—1593),在这部著作中他对许多动物的外部形态、生活习性及内部解剖等方面,都作了详尽的描述,其中有些内容早于林奈的《自然系统》160多年。宋代王惟一(1026年)铸铜人,分脏腑十三经,将人体的穴位在铜人模型中标示出来,是我国人体模型制作的创始者。清代王清任(1768—1831)亲自到坟地和刑场去解剖尸体,察看人体内脏,写成《医林改错》一书,补充和纠正了古书中的一些错误,是我国近代解剖学的重要著作。该书特别阐述了对脑的看法,如“灵机记性于脑”,“听之声归于脑”,“两目即脑汁所生”等,这在当时条件下,应该说已经具有相当高的科学水平。

古今中外有许多杰出的科学家为动物解剖学和生理学的创立和发展做出了杰出的贡献,他们的研究对自然科学的形成与发展起了重要的作用。下面介绍在此领域做出重要贡献的部分著名科学家:

**亚里士多德(Aristotle, 公元前384—322)** 古希腊著名生物学家,动物学的远祖。最早对动物进行分类研究的生物学家,对鱼、两栖、爬行、鸟、兽等动物的结构和功能作了大量工作。

**盖伦(Galen, 129—199)** 古希腊解剖学家、医生。写出了大量医学和人体解剖学方面的文章。

**维萨力欧(Vesalius, 1514—1564)** 比利时解剖学家。开始用人尸体作解剖材料,被誉为现代解剖学奠基人,1543年发表《人体的结构一书》,首次引入了寰椎、大脑胼胝体、砧骨等解剖学

名词。

**哈维(Harvey, 1578—1657)** 英国动物生理学家,血液循环理论的创始人。1628年发表《动物心脏和血液运动的解剖论》一书,其研究标志近代生理学的开始。

**洛维(Lower R, 1631—1691)** 英国解剖学家。首次进行动物输血实验,后经丹尼斯(Denis)第一次在人类进行输血并获得成功。

**列文虎克(Avan Leewenhock, 1632—1723)** 荷兰生物学家。改进了显微镜,观察了动物组织的微小结构,是首次观察到细菌和原生动物的微生物学家。

**林奈(Linnaeus, 1707—1778)** 瑞典博物学家。1735年出版《自然系统》,奠定了动物学分类的基础。

**伽尔佛尼(Galvani L, 1737—1798)** 意大利生理学家。首次发现机体中的带电现象,进行了大量“动物电”方面的实验,开创了生物电研究的先河。

**巴甫洛夫(Sechenov IM, 1829—1905)** 俄国著名生理学家。在心血管神经支配、消化液分泌机制方面进行了大量研究,首次提出高级神经活动的条件反射学说。

**施塔林(Starling EH, 1866—1927)** 英国生理学家。1915年首次宣布“心的定律”的发现,对循环生理作出独创性成就。1902年与裴理斯(Bayliss WM)合作,发现刺激胰液分泌的促胰液素,1905年首次提出“激素”一词。

**明德虚太纳(Landsteiner K, 1868—1943)** 德国生理学家。首先发现ABO血型,为临床人工输血的实践和理论研究做出了巨大贡献,1930年获诺贝尔生理学或医学奖。

**坎农(Cannon WB, 1871—1945)** 美国生理学家。1926年首先提出“稳态”一词,他认为:生活的机体是稳定的,这种稳定有赖于许多调节机制的作用才得以保持,机体功能的任何变化,都是为保持其内环境生活状态的稳定。稳态已经成为生理学中最基本的概念之一。

**谢灵顿(Sherrington CS, 1857—1952)** 英国神经生理学家。1897年首次提出“突触”一词,对大脑和整个中枢神经系统进行了大量研究,如膝跳反射的本质、大脑皮质运动区的交互神经支配、本体感受器及其通路原则等,为神经系统生理学做出了巨大贡献,于1932年和安德里思(Adrian)共同获得诺贝尔生理学或医学奖。

**娄维(Loewi O, 1873—1961)** 德国药理学家和生理学家。1920年用蛙心灌流实验证明迷走神经末梢释放的“迷走物质”使心脏得到抑制,在此基础上,建立了突触的化学传递理论。

**班丁(Banting FG, 1891—1941)** 加拿大生理学家。1922年首次报道发现胰岛素,并在此之后获得胰岛素晶体,其发现具有极为重要的理论及临床意义,班丁和Macleod于1923年获诺贝尔生理学或医学奖。

**林可胜(1897—1969)** 中国卓越生理学家。中国生理学会第一届会长,23岁获英国爱丁堡大学博士学位,1942年当选为美国国家科学院院士。主要从事消化生理的研究,首次提出“肠抑胃素”一词,获得国际上的广泛应用。

**蔡翹(1897—1990)** 中国生理学会奠基人之一。1948年当选为中央研究院院士,1955年当选为中国科学院院士。主要从事神经生理学研究,发现间脑和中脑区间的“蔡氏区”(Tsai' area),与视觉信息的调制有关。

**霍奇金(Hodgkin AL, 1914—)** 英国剑桥大学生理学家。利用枪乌贼巨轴突为实验材料,研究了静息电位和动作电位形成的离子基础,奠定了神经电生理学研究的基础,与赫胥黎(Huxley

AF)和埃克斯(Eccles JC)共获诺贝尔生理学或医学奖。

**海门斯(Heymans JF, 1925—1927)** 比利时药理学家和生理学家。海门斯父子共同发现主动脉弓区域的化学感受器,这些感受器对血液中的氧和二氧化碳分压敏感,并反射作用于呼吸中枢,对呼吸中枢及外周感受器的研究做出了杰出贡献,1938年获诺贝尔生理学或医学奖。

## (二) 人体解剖生理学的研究方法

解剖生理学是一门实验性科学,欲了解人体器官、组织和细胞的生理活动,必须运用实验的方法,了解其活动的机制。有些生理实验,在不损害人体健康的前提下,可以而且必须尽可能地在人体上进行,才能满足对人体生理学的需要,但大多数生理实验,对人体健康有害,无法在人体上进行,而必须在动物体上进行。因哺乳动物各器官、系统的结构与功能基本上和人体相似,所以用动物实验方法所获得的生理知识,可以间接丰富人体生理学的内容。当然,将哺乳动物生理学的知识应用到人体时,必须考虑到人体的特点,必须在人体上做验证的工作,不能机械地搬用。

解剖生理学的实验方法主要分为急性实验和慢性实验两类。

1. 急性实验法 由于研究目的不同,又可将其分为两类:

(1) 离体组织、器官实验法 把要研究的某一组织或器官从活着的或刚死去的动物体上分离出来,放在一个能使它的生理功能保持一定时间的人工环境中,作为实验研究的对象。例如,将蛙的心脏取出,用近似血浆成分的溶液进行灌流,这样蛙心就能搏动数小时以上,从而可以进行对于心脏的各种研究。

(2) 活体解剖实验法 使动物处于麻醉状态,然后进行活体解剖,针对需要研究的器官或组织,通过研究细胞、组织或器官系统的细微活动的变化,从而了解其功能。

由于离体组织或器官和活体解剖实验过程时间较短,实验后动物一般死亡,所以将此称为急性实验法。此法的优点在于实验条件和研究对象较为简单,影响实验最终结果的因素较少,因此可以较快获得结果。其缺点是实验是在脱离整体条件下,或者是在受到解剖或麻醉的情况下进行的,故所得实验结果常有一定的局限性。

2. 慢性实验法 是以完整、清醒的动物为研究对象,在保持比较自然的外界环境条件下进行实验。慢性实验可以研究复杂的生理活动、器官之间的协调关系,以及机体的生理活动如何与外界环境相适应。例如,将埋藏电极植入动物脑内某一部位,施予电刺激以观察分析与此部位相关的生理功能活动。又如,在正常的狗身上对胃进行无菌手术后,来研究影响胃液分泌的条件、数量等。这种实验方法常需预先进行无菌外科手术,待手术创伤恢复后才能进行实验。

慢性实验法的优点在于研究对象处于正常状态下,所得实验结果是在机体正常生理活动状态下获得的,其结论可以用来分析整体动物及各种生理活动的调节机制,其缺点是应用范围常受限制,如许多生理学问题目前仍然无法找到合适的方法加以解决。

由于急性实验和慢性实验各有其优缺点,所以有时常把两者结合起来,以便对某一生理活动机制进行深入的探讨。

解剖生理学的研究与其他学科的发展密切相关。随着电子学、生物化学、生物物理学、神经生物学和分子生物学的发展,促进了解剖生理学的研究从宏观向微观领域的不断深入。例如,应用神经生理和药理学相结合方法,已经能在细胞水平研究单个细胞膜受体活动的特性。应用多

学科高度综合技术,目前使用的计算机断层扫描、磁共振成像、正电子发射断层扫描等已能对脑的活动进行更为精细的研究,可以在荧光屏上直接观察到大脑不同部位的功能活动变化,这对研究脑的高级神经活动,如学习和记忆的生理机制具有划时代的重要意义。

## 二、生命活动的基本特征

### (一) 新陈代谢

**新陈代谢**(metabolism)是指机体主动与环境进行物质和能量交换的过程。新陈代谢过程包括两个基本方面:一方面机体从外界不断摄取各种物质,如糖、脂肪、蛋白质、维生素及无机盐等,形成自身的物质,或暂时储存起来,这种过程称为同化作用(或组成代谢);另一方面将组成自身的物质或贮存于体内的物质分解,并把分解后的终产物废物排出体外,这种过程称为异化作用(或分解代谢)。在进行同化作用时要吸收能量,在进行异化作用时要释放能量。后者所释放的能量,除一部分用于同化作用外,其余的供应机体各种生命活动的需要及产生热量。因此,新陈代谢又可分为物质代谢与能量代谢两个方面,两者密切联系,物质的变化必定伴有能量的转移。

新陈代谢是生命活动的最基本特征,新陈代谢一旦停止,生命也就停止。不同的机体,以及同一机体在不同的情况下,其代谢过程和形式,都各有特点。在新陈代谢过程中,每一环节都涉及大量的酶、蛋白和各种调控因子的参与。

### (二) 生殖和生长发育

1. 生殖 生命体生长发育到一定阶段后,能够产生和自己相似的子代,称为**生殖**(reproduction)。生殖是生物通过自我复制延续种系的过程,是生命的最基本特征之一。在生殖过程中,机体会表现出另一些生命特征,即遗传变异。各种生物都能通过生殖产生子代。亲代和子代之间无论在形态结构或生理功能方面都很相似,这种现象称为**遗传**(heredity)。亲代和子代每个个体间又不会完全相同,总会产生一定的差异,这种现象称为**变异**(variation)。

2. 生长和发育 生长和发育一般指生命个体的生长,从生物学意义上说,当受精卵开始发育时,即意味着生命开始了其生长的过程。**发育**(development)是生命个体在生长过程中,各系统、器官和组织都要经历从简单到复杂的变化过程,直至机体各部器官系统功能的完善和成熟。一般性的成熟即表明该个体发育的成熟,具有了生殖的能力。

### (三) 人体生理功能的调节

机体内各器官、系统各自进行着各种生理功能活动,而机体内、外环境又经常处于变动之中,因此机体内必须具有整套精确的调节机构,以不断地调节体内各器官、系统的活动,使它们相互密切协调配合,使机体形成一个统一的整体;同时也要不断地调节机体的各种功能活动,以便与内、外环境的变化相适应。机体的这种调节作用主要是通过神经调节、体液调节和自身调节几种方式进行的。

1. 神经调节 机体不同部位之间的信号传递,可通过神经系统的快速传递完成,它可能仅需要几毫秒的时间。神经系统建立了一种相对独立活动的组织形式,它能够将信息从一个部位传到另一部位而相互独立,互不干扰。信息以动作电位的形式在神经纤维上传导,经过神经元之间或神经元与效应器之间的突触,将信息传递到靶细胞。神经细胞间的传递是通过神经终末释

放的递质(neurotransmitters)来实现的。在靶细胞膜上存在特异的受体分子(receptor)可选择性与神经递质结合。在今后有关章节中我们将详细介绍各种神经递质与受体的作用,细胞间的信号传递,以及神经系统在协调和控制机体活动中的调节(nervous regulation)作用。

通过神经系统而实现的调节机制,不仅使机体内部联系起来,而且使机体与外部环境联系起来。神经调节主要是通过反射(reflex)来实现的。反射是指在中枢神经系统参与下,机体对内、外环境刺激所发生的反应。

2. 体液调节 机体的某些细胞能产生某些特异性化学物质,如内分泌腺(endocrine gland)细胞所分泌的激素(hormone),可通过血液循环输送到全身各处,调节机体的新陈代谢、生长、发育、生殖等功能活动,这种调节称为**体液调节**(humoral regulation)。

与神经系统不同的是,在体液调节中激素激起的反应常常是相当缓慢的(数秒到几小时),而且持续的时间很长。激素可以通过血液循环流经身体的所有部位,但仅具有特异受体的细胞才能对特异的激素发生反应。激素的作用具有选择性,例如,抗利尿激素能增加肾集合管细胞对水的通透性,但却不能改变其他细胞对水的通透性。激素的作用又可能是弥散的,不具体地针对一种类型的细胞,如甲状腺素能刺激机体总代谢的改变。激素在控制机体代谢、生长和生殖活动中发挥着至关重要的作用。

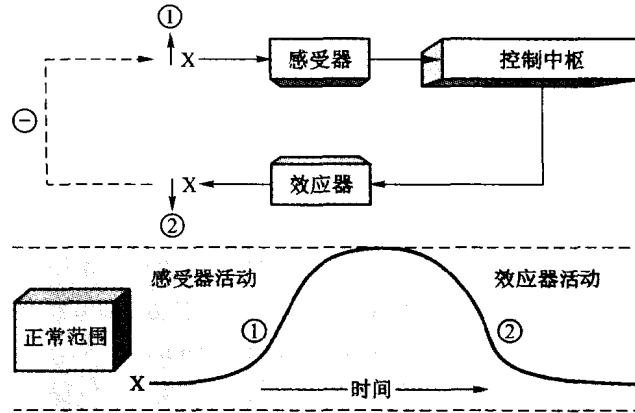
3. 自身调节 许多组织、细胞自身也能对周围环境的变化发生适应性反应,这种反应是组织、细胞本身的生理特性,不依赖于外来神经和体液因素的作用,因此称为**自身调节**(autoregulation)。例如,当组织细胞的一些代谢产物在组织中含量增加时,能引起局部的血管舒张,使局部血流量增加,从而使积蓄的代谢产物能迅速地运走,这种现象又可称为局部体液因素调节。

上述3种调节,各具有其重要性和特点:神经调节的特点是迅速而精确,作用部位较局限,持续时间较短;体液调节的特点是效应出现缓慢,作用部位较广泛,持续时间较长;自身调节是作用精确的局部调节,对维持机体细胞自稳态具有重要意义。

#### (四) 机体维持稳态的反馈调节

20世纪40年代,在研究各种工程技术的控制过程中,产生了一个新的学科,这就是控制论。人们发现稳定状态的实现和维持是通过负反馈控制系统来实现的。反馈是信息沿着一个封闭环路(closed loop)的流动。最简单的反馈系统由输出变量(regulated variable)、感受器(或监测器,detector)、控制器(或比较器,comparator)和效应器环节组成(图绪-1)。输出变量的部分信息经监测装置检测后转变为反馈信息,回输到比较器,构成一个闭合回路。环路中的每一个成分都控制下一个成分,系统内外的各种干扰可能引起输出变量的变化。人体在分子、细胞、组织、器官和系统的不同水平均存在极其复杂的类似工程上的控制系统,因此,控制论原理可以被用来分析人体的调节活动。反馈表示的即是生理变化过程中产生的终产物或结果,反过来影响这一过程的发展速度。如果其终产物或结果降低这一过程的进展速度,则称之为**负反馈**(negative feedback)。例如通过负反馈环路,输出变量的信息经监测器检测后转变为反馈信息,回输到控制器。反馈信息与原设定的信息比较后,即获得偏差信息,这些将通过效应装置使其向相反方向活动,使输出变量回到原有的水平。

我们知道,机体中的活细胞是生活在一个充满液体的内环境中。绝大部分细胞都不直接暴露在外界中,而是通过血液循环系统不断更新细胞间液,并通过细胞间液彼此相互作用。因此,对于处于理想状态的细胞、组织和器官来说,机体内环境必须在一个相对窄的范围内变动。机体



图绪 - 1 负反馈调节示意图

内环境中某些因子的变化(↑X)被感受器所监测,变化的信息被传送到控制中枢(比较器),控制中枢发出指令使效应器产生一个相反方向的变化(↓X),因此开始时出现的偏差得到了纠正。图中的数字表示变化的顺序

稳定状态的维持是在不同生理机制的协调下完成的。内环境各种理化因素的相对稳定是高等动物生存的必要条件。然而,内环境的理化性质不是绝对静止的,而是各种物质在不断变化中达到相对平衡状态,使内环境的理化性质只能在一定生理功能允许的范围内发生小幅度的变化,这种内环境相对稳定的状态称为稳态(homeostasis)。

负反馈调节是机体实现其稳态的重要保证。例如,人的体温经常可稳定在 37℃ 左右,就是负反馈调控的结果。现在认为在下丘脑存在有决定体温水平的调定点神经元,这些神经元发出参考信息使体温调节中枢发出控制信息来调节机体的产热和散热过程。当人体剧烈运动时,产热突然增加(产生的干扰信息使输出变量增加),体温也随着增加,则下丘脑中的温感神经元(监测装置)就发出反馈信息与参考信息进行比较,由此产生的偏差信息作用于体温调节中枢,通过各种调节作用,使散热增加,产热受到抑制,降低体温。当体温低于 37℃ 时,又可通过各种调节作用,使散热降低,产热增加,体温回升。通过这种负反馈调节使体温维持在正常水平(见第九章:体温调节)。正常体温是这一负反馈调节的调定点(setpoint)。人体的稳态是通过大量各种各样不同的负反馈作用实现的。

反馈系统中的另一个调节方式为正反馈(positive feedback)。如果生理过程中的终产物或结果可使某一反应的进程加速或加强,使其到达过程的极端或结束这一进程,这种现象则称之为正反馈。例如,当膀胱内的尿液达到一定量时,可以刺激膀胱的牵张感受器,冲动经盆神经传入脊髓,由脊髓发出的传出冲动经盆神经到达膀胱引起膀胱平滑肌的收缩,使尿液排出体外。当尿液经过尿道时可以刺激尿道的感受器,由尿道感受器传入的冲动,到达脊髓后可进一步加强排尿反射的作用,使膀胱进一步持续收缩,形成正反馈,直到将膀胱中的尿液全部一次排尽。

# 第一章 人体基本结构概述

人体结构按其功能可以分为不同系统(system),如运动、消化、呼吸、循环、泌尿、生殖、内分泌和神经系统等。每一系统由若干器官(organ)组成,如消化系统由口腔、食管、胃、肠及多种消化腺等组成。每种器官又由几种组织(tissue)组成。人体有4种基本组织,即上皮组织、结缔组织、肌肉组织和神经组织。各种组织又由大量细胞(cell)和细胞间质(intercellular substance)组成。因此,细胞是人体形态结构和功能的基本单位。

在神经与体液的调节下,人体各器官、系统协调配合,执行人体的各种生理功能。虽然某一系统的器官主要执行该系统的特定功能,但有的常兼有其他功能,如骨骼是运动系统的主要成分,但它也是身体的重要造血器官。

## 第一节 细胞的结构与功能

细胞是人体结构和功能的基本单位。其形态大小依其所处的环境、生理功能不同而有很大的差别(图1-1)。例如,游离在血浆中的红细胞,呈双面凹的圆盘状;分布在身体表面及衬贴于体内各种管、腔、囊内表面的上皮细胞,呈扁平形、立方形、柱状;接受刺激、传导冲动的神经细胞具有多分支的突起;执行收缩功能的肌细胞呈梭形或细长的纤维状。细胞大小变化很大,如人的成熟卵细胞直径可达200  $\mu\text{m}$ ,红细胞直径只有7.5  $\mu\text{m}$ ,某些神经细胞的突起(神经纤维)可达1 m以上。细胞形态虽然多样,大小不一,但其结构基本相似,化学成分大致相同。

### 一、细胞的化学组成

细胞内的生活物质称为原生质(protoplasm)。已知自然界中存在的元素有93种,其中在人体中存在41种。组成原生质的元素有碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)、磷(P)、钾(K)、钠(Na)、硫(S)、氯(Cl)、铁(Fe)和镁(Mg)等,其中氧、碳、氢、氮在人体中的含量最高,分别占体重的63.6%、18.0%、10.0%和3.0%,总计占体重的94.6%。这些元素在机体中合成无机物与有机物。无机物如水和无机盐等,有机物可分为5类:糖类、脂类、蛋白质、核酸和维生素。

#### (一) 蛋白质

蛋白质是组成细胞的最主要成分,是细胞的结构基础。细胞各部分都含蛋白质。蛋白质种类很多,其中许多蛋白质是细胞内催化生物化学反应的催化剂,称为酶。蛋白质是含氮、氢、氧、碳的有机物,它的基本组成是氨基酸。构成人体和其他生物体的蛋白质的常见氨基酸有20种。氨基酸和氨基酸相互通过肽键连接起来,形成肽链;由多个氨基酸连接形成的肽链,叫做多肽。一般认为包含几十个氨基酸的具有一定空间结构的肽链就可以叫做蛋白质。20种不同的氨基



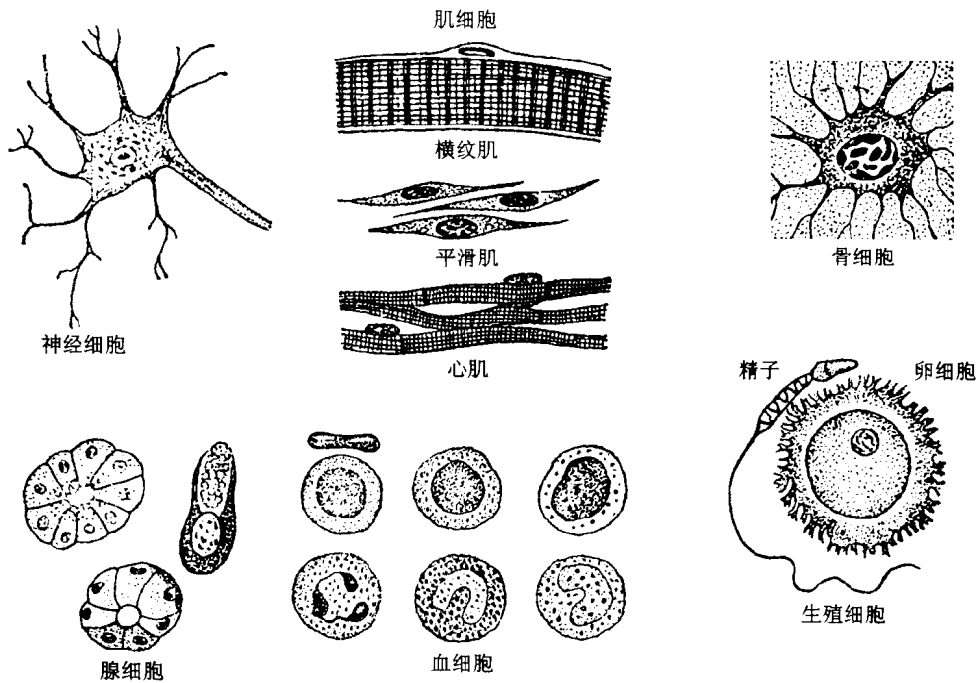


图 1-1 各种类型的细胞模式图

酸组成了各种各样的蛋白质,其排列组合形成的蛋白质的种类可达  $20^{600}$ !

### (二) 糖

糖类又叫碳水化合物,含碳、氢、氧 3 种元素,是自然界中存在最为丰富、分布最为广泛的有机物。最简单的糖是单糖,葡萄糖是人体中最重要的单糖。两分子单糖连接可形成双糖。多个单糖分子连接形成多糖,多糖在人体中起着储存能量和构造身体的作用。经常可发现糖和蛋白质结合在一起,形成糖蛋白。

### (三) 脂类

脂类是存在于人体内的具有不同形式的有机化合物,一般不溶于水。与糖类一样,脂类也由碳、氢、氧组成,但氢和氧之比大于 2:1,因此氧化时需要更多的氧并能释放更多的能量。人体脂肪的 90% 由甘油三酯组成。甘油三酯是由一分子甘油和三分子脂肪酸结合而成的。不同的脂肪酸与甘油结合形成不同的脂肪。含磷的脂肪酸叫磷脂,磷脂分子是组成细胞膜的最重要成分。

### (四) 核酸

核酸最早是瑞士的 Miescher F 于 1870 年从细胞核中分离出来的,由于其是酸性的,因此获名。核酸可分为两类:核糖核酸(RNA)和脱氧核糖核酸(DNA)。核糖核酸的主要功能是直接参与合成蛋白质;脱氧核糖核酸是遗传信息的携带者,其主要功能是参与细胞合成 RNA、遗传变异等。由核酸和蛋白质结合而成的核蛋白是原生质中最重要的成分。

正如蛋白质的结构单体是氨基酸一样,DNA 和 RNA 的结构单体是核苷酸。每一核苷酸分子由一个糖分子、一个磷酸分子和一个含氮的有机碱(碱基)组成。多个核苷酸相互连接而形成