

21世纪医学类规划新教材

生理学

SHEGN LI XUE

主 编 马小静 许瑞娜



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

中国大学基础课程系列教材

生理学

第2版

主编 王德明 副主编 王德明

中国大学基础课程系列教材

21世纪医学类规划新教材

生理学

SHEGN LI XUE

主 编 马小静 许瑞娜



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

生理学/马小静,许瑞娜主编. —武汉:武汉大学出版社,2013. 12
ISBN 978-7-307-12489-9

I. 生… II. ①马… ②许… 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(2013)第 313235 号

责任编辑:边林娜

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:北京泽宇印刷有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:21.5 字数:447 千字

版次:2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-12489-9 定价:43.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

前言

生理学是各类医学专业的专业基础课程之一,通过学习生理学,使学生掌握人体各个系统、组织、器官和细胞的正常功能、活动过程和产生机制,为学习后续课程打下良好的基础。

根据教育部对“十五”期间高等教育教材建设的精神,为适应教学改革、素质教育及创新能力培养的需要,便于学生学习和掌握生理学的基本知识,熟悉生理学考试的特点,提高应试能力与考试成绩,我们组织部分医学院校具有丰富教学经验的教授和中青年教师编写本书。主要作为高职高专临床医学专业的教材,也可作为相关医学类各专业及成人教育专科层次临床医学专业的教学用书。

本教材的编写围绕培养目标,兼顾学生特点,内容以“必需够用”为度,突出实践性和应用性,突出基础课教学为专业课教学和临床实践服务的宗旨,并努力与国家执行医师资格认证接轨,以增强学生的岗位适应性。

本教材的编写特点如下:

1. 为了使读者能够明确每章节的学习重点,在每一章的篇首编写了“本章导读”和“目标透视”,以便学生掌握重点,培养学生思考问题和分析问题的能力。

2. 根据正文内容需要适当插入相关“知识链接”,介绍了本学科的最新进展、历史典故、重大发现、突出贡献、杰出人物等,以开阔学生视野,激励学生上进,拓宽知识面,提升人文素养。

3. 每章内容之后均有“本章小结”,通过串讲对章节主要内容作高度概括性的勾勒和回顾,以帮助学生整理思路,把握重点,加深理解和记忆。

4. 每章最后均有思考题,包括名词解释、单项选择、简答题等。问题针对性强,重点突出,不同题型高效互补,有效覆盖执业资格考试考点。

5. 根据全书的重点内容开设实验,充分体现就业需要和技能培养的目标。

6. 为了使教材更符合学生文化基础的实际情况,我们力争使教材内容深入浅出,内容编排循序渐进,内容表达生动、形象。并适当增加插图,以达借图释文,同时压缩了部分难懂的机制或调节,帮助理解之目的。

7. 本教材还配有同步综合练习和多媒体教学光盘,书末还增加了参考资料,有利于学生复习和自学。

8. 在这本教材中,除了介绍生理学知识外,对有些重要的或经典的生理学实验技术也做

了一定的介绍。目的是使学生知道生理学的知识是怎样得来的。

本书的编写要求,即在坚持“三基”(基础理论、基本知识和基本技能)和“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性、适用性)的基础上,要求做到“更新、更深、更精”,并注意培养学生的创新意识;另外,针对医学生的需要,可适当联系与病理和临床情况有关的一些生理学问题。

本教材的顺利完成凝聚了每一位编者的辛劳与智慧,在此过程中,每一位编者都十分认真、严谨,从内容取舍到文字的恰当表述,都进行了认真的思考。这是我们完成这本教材的主要条件。就此,谨向各位编者表示诚挚的谢意。我们期望呈现在学生面前的将不再是一本枯燥、呆板的教科书,而是一幅既生动有趣、又科学实用的生命画卷,引领他们探索生命的奥秘,感受生命的神奇,热爱生活,敬畏生命。

科学的发展非常快,知识的更新也很快。编者们的知识和专业背景都有一定的局限性,特别是对许多新知识的掌握可能有不全面或理解不深刻的地方,在教材中也会反映出来。所以,我诚挚地希望各校的老师 and 同学在使用这本教材时能对书中存在的问题提出指正,使我们能够在今后的工作中得到改进。

《生理学》各单元学时分配

章数	学时(合计-理论-实验)	章数	学时(合计-理论-实验)
1. 绪论	6-4-2	7. 能量代谢与体温	4-4-0
2. 细胞生理	8-6-2	8. 尿的生成和排出	8-6-2
3. 血液生理	8-6-2	9. 神经系统	12-10-2
4. 血液循环	18-10-8	10. 感觉器官	8-4-4
5. 呼吸	12-8-4	11. 内分泌	6-6-0
6. 消化和吸收	8-6-2	12. 生殖	4-4-0
总计:102-74-28			

编 者

2013年6月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 生理学的任务和研究方法	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 人体生理功能的调节	5
第二章 细胞生理	11
第一节 细胞膜的基本结构和物质转运功能	12
第二节 细胞膜的跨膜信号传递功能	18
第三节 细胞的生物电现象	21
第四节 肌细胞的收缩功能	27
第三章 血液生理	37
第一节 血液的组成和理化性质	37
第二节 血浆	40
第三节 血细胞生理	42
第四节 生理性止血、血凝、抗凝与纤溶	49
第五节 血量、血型与输血	56
第四章 血液循环	66
第一节 心脏生理	66
第二节 血管生理	83
第三节 心血管活动的调节	94
第四节 器官循环	100



第五章 呼吸	111
第一节 肺通气	112
第二节 肺换气和组织换气	124
第三节 气体在血液中的运输	128
第四节 呼吸运动的调节	133
第六章 消化和吸收	141
第一节 概述	141
第二节 口腔内消化	147
第三节 胃内消化	149
第四节 小肠内消化	157
第五节 大肠的功能	164
第六节 吸收	165
第七章 能量代谢与体温	170
第一节 能量代谢	170
第二节 体温及其调节	177
第八章 尿的生成和排出	187
第一节 肾的功能解剖和肾血流量	187
第二节 肾小球的滤过功能	191
第三节 肾小管和集合管的物质转运功能	194
第四节 尿液的浓缩和稀释	202
第五节 尿生成的调节	206
第六节 清除率	211
第七节 尿的排放	213
第九章 神经系统	217
第一节 神经系统功能活动的基本原理	218
第二节 神经系统的感觉功能	226



第三节	神经系统对躯体运动的调节	229
第四节	神经系统对内脏功能的调节	235
第五节	脑的高级功能	238
第十章	感觉器官	247
第一节	概述	247
第二节	视觉器官	248
第三节	听觉器官	256
第四节	前庭器官	261
第五节	其他感觉器官	264
第十一章	内分泌	269
第一节	概述	269
第二节	下丘脑与垂体	273
第三节	甲状腺	276
第四节	甲状旁腺和甲状腺 C 细胞	281
第五节	肾上腺	283
第六节	胰岛	286
第七节	其他激素	288
第十二章	生殖	291
第一节	男性生殖功能与调节	291
第二节	女性生殖功能与调节	294
实验指导		304
第一部分	实验总论	304
第二部分	实验各论	305
实验一	制备坐骨神经-腓肠肌标本	305
实验二	反射弧分析	307
实验三	红细胞渗透脆性实验	308

实验四	影响血液凝固的因素	310
实验五	ABO 血型鉴定	311
实验六	蛙心灌流	313
实验七	正常人体心音听诊	315
实验八	人体心电图描记	316
实验九	正常人体动脉血压测量	318
实验十	期前收缩和代偿间歇	320
实验十一	家兔的血压调节	321
实验十二	肺通气量的测定	322
实验十三	呼吸运动的调节	324
实验十四	胸腔负压的观察	325
实验十五	离体肠段平滑肌的运动及影响因素	326
实验十六	尿生成的影响因素	328
实验十七	视敏度测定	330
实验十八	视野测定	331
实验十九	瞳孔调节反射和瞳孔对光反射	332
实验二十	声音的传导途径	332

参考文献	334
------------	-----

第一章 绪 论

本章导读

生理学是一门研究生物体功能活动规律的科学,是生物科学的一个分支学科。生理学的发展与医学密切相关。医学中关于疾病问题的理论研究是以人体生理学的基本理论为基础的;同时,通过医学实践又可以检验生理学理论是否正确,并不断以新的内容和新的问题丰富生理学理论和推动生理学的研究。因此,生理学是医学的一门非常重要的基础理论课程。在深入学习这门课程之前,本章首先介绍了生理学的研究对象、任务与研究方法,希望同学们能够对生理学有初步的了解。章节中还重点介绍了人体与环境相互影响的关系、生命活动的基本特征以及人体生理功能的调节,要求同学们能够熟悉并掌握。相信,通过学习生理学的入门知识,同学们对接下来所研究内容的学习及运用能够得心应手。

目标透视

1. 了解:生理学研究的三个水平、自身调节、前馈控制系统。
2. 熟悉:神经调节、体液调节、反馈控制系统。
3. 掌握:生理学的任务、内环境和稳态的概念、正反馈和负反馈的概念。

第一节 生理学的任务和研究方法

生理学是生物科学的一个分支,是以机体的基本生命活动、机体各个组成部分的功能,以及这些功能表现的物理、化学本质为研究对象的一门科学。根据研究对象的不同,生理学可分为细胞生理学、植物生理学、动物生理学、人体生理学。一般所说的生理学,是指研究人体和动物的生理功能的科学。

生理学的发展与医学密切相关。在医疗实践和对人体的一般观察中,积累了关于人体生理功能的许多知识,更通过对于人体和动物的实验分析研究,进一步深入探索这些生理功

能的内在机制和相互关系,逐渐形成关于人和动物机体功能的系统性理论科学。医学中关于疾病问题的理论研究是以人体生理学的基本理论为基础的;同时,通过医学实践又可以检验生理学理论是否正确,并不断以新的内容和新的问题丰富生理学理论和推动生理学的研究。因此,生理学是医学的一门基础理论科学。

人体生理学的任务就是研究构成人体各个系统的器官和细胞的正常活动过程,各个器官、细胞的功能表现的内部机制,特别是不同细胞、器官、系统之间的相互联系和相互作用,并阐明人体作为一个整体,其各部分的功能活动是怎样相互协调、相互制约,从而能在复杂多变的环境中维持正常的生命活动。

生理学是一门实验性科学,和其他学科一样,生理学知识来源于实践,也就是说生理学知识主要是通过实验研究获得的。以科学实验研究为特征的近代生理学是从 17 世纪开始的。生理学研究的方法主要分为慢性试验和急性试验。慢性试验,即在完整而且清醒的动物身上,在机体保持内、外环境处于相对稳定的条件下,进行各种生理实验的方法。这种实验保存了各器官的自然联系和相互作用,便于观察某一器官在正常情况下的生理功能及其与整体的关系。但人体内环境过于复杂,不利于结果的分析。急性试验,又分为在体实验和离体实验。在体实验,即在麻醉状态或破坏实验动物脑的高级部位的条件下对动物进行手术,暴露出要观察的器官,然后进行观察或实验,也称为活体解剖试验方法。其优点同上述的慢性实验。离体实验,即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,将它们置于一个类似于体内的人工环境中,使它们在一定时间内保持其生理功能,以便进行实验研究。虽然此实验排除了无关因素的影响,实验条件易于控制、结果便于分析,但是,所获得的结果不能简单的等同于或类推到体内的真实情况。

和其他各门科学一样,生理学的发展十分依赖于科学研究方法的发展和进步。每一种新的研究方法的应用和发展,都推动和促进了生理学的重大发现和理论突破。因此,在学习生理学的过程中,不仅应该学习和掌握具体的知识内容,而且应该知道这些知识是怎样得来的,特别是一些学者是怎样想到和用什么方法去研究某一个问题的。

生理学知识是通过在几种不同水平上进行的研究获得的,分别为细胞和分子水平、器官和系统水平、整体水平。人体由各种器官和系统组成,各器官和系统又由不同的组织和细胞组成。各器官的功能都是由构成该器官的各种细胞的特性决定的,而细胞的生理特性又都是由构成它的生物大分子的物理和化学特性决定的。上述三个水平的研究,他们相互联系、相互补充。因此,在学习生理学时,要用发展的、联系的、对立统一的观点来认识生命活动规律。

生理学真正地成为一门实验性科学是从 17 世纪开始的。1628 年英国医生 Harvey 证明了血液循环的途径,并指出心脏是循环系统的中心。他的结论是在几种动物身上应用活体解剖法通过多次实验而获得的。在 17~18 世纪,显微镜的发明和物理学、化学的迅速进步,都为生理学的发展提供了良好的条件。例如,应用显微镜发现了毛细血管,证实了 Harvey 对循环系统结构的推论;物质守恒与能量守恒及转化定律的提出,以及燃烧和呼吸原



理的阐明,为机体新陈代谢的研究奠定了基础。到了 19 世纪,随着其他自然科学的迅速发展,生理学实验研究也大量开展,累积了大量各器官生理功能的知识。例如,关于感觉器官、神经系统、血液循环、肾的排泄功能、内环境稳定等的研究,均为生理功能提供了不少宝贵资料。我国现代生理学也有 60 余年的历史。1926 年北京协和医学院生理系主任林可胜发起创建了中国生理学会,随即出版了《中国生理学杂志》。学会的成立和专业杂志的出版,对生理学在我国的发展起了很好的推动作用。当时我国比较集中的研究工作是关于胃液分泌、物质代谢、神经肌肉和心血管运动的神经调节等问题,并在学术上作出了贡献,受到国际生理学界的重视。

第二节 生命活动的基本特征

自然界中生命的具体表现形式千差万别,但不同生命之间的基本组成和生命活动的基本特征有着很大的同一性,主要包括新陈代谢、兴奋性、生殖。

一、新陈代谢

生物体与环境之间不断地进行物质交换和能量交换,以实现自我更新的过程,称为新陈代谢。它包括同化作用和异化作用两个方面。机体从外界环境中摄取营养物质,合成自身物质,同时伴随着能量的储存称为同化作用;另一方面,机体不断地分解自身物质释放出能量供给机体生命活动的需要,并将代谢产物排出体外称为异化作用。也就是说,物质代谢和能量代谢在新陈代谢中是不可分割地联系在一起。机体表现出生长、发育、运动、分泌、生殖等生命活动都是建立在新陈代谢的基础之上的。新陈代谢一旦停止,生命也将终止。

二、兴奋性

兴奋性是指机体或组织能对刺激作出反应的能力。生命是生存在特定的环境中的,当内、外环境发生变化时,机体就会作出相应的变化,以适应环境的变化。

(一)刺激与反应

生理学中把能为人体感受到而产生反应的环境条件变化称为刺激,而把受刺激后机体功能活动发生的变化称为反应。按照刺激性质的不同,可分为:物理刺激,如声、光、电、机械、温度等;化学刺激,如酸、碱、盐各种化学物质等;生物刺激,如细菌、病毒、病原微生物等;社会心理刺激,如情绪波动、战争、灾害以及社会变革等。任何组织或细胞对刺激发生反应有两种不同的形式,即兴奋和抑制。兴奋是指接受刺激后机体活动从无到有,从弱到强的过程;抑制则是指接受刺激后机体活动从有到无,从强到弱的过程。

(二)衡量组织兴奋性的指标

并不是所有的刺激都能引起反应。刺激要引起机体发生反应,除了机体必须具备兴奋性之外,还应具备三个条件:刺激强度、刺激时间、刺激强度-时间变化率。把这三个条件中

各要素大小、长度不同组合,可以产生各种各样的刺激。如果刺激的作用时间和强度变化率固定不变,逐步加大刺激强度,引起组织或细胞发生反应的最小刺激强度称为阈强度,又称阈值。据此,可将刺激分为:阈上刺激,即强度大于阈强度的刺激;阈刺激,即强度等于阈强度的刺激;阈下刺激,即强度小于阈强度的刺激。不同的组织细胞或同一组织细胞在不同的状态下其阈值会不相同,所以阈值是衡量组织或细胞兴奋性高低的重要指标。

(三)兴奋性的周期性变化

动作电位是大多数可兴奋细胞受刺激时共有的特征性表现,因此,兴奋性又可理解为细胞在受刺激时产生动作电位的能力,动作电位的产生才是兴奋。当组织或细胞受到一次刺激发生兴奋时,其兴奋性将产生一系列有规律的周期性变化,依次为(图 1-1):绝对不应期、相对不应期、超常期、低常期。

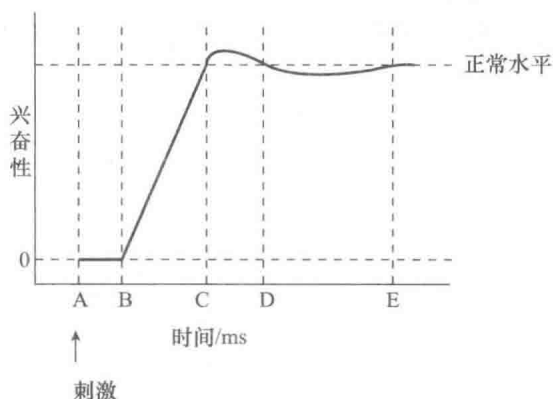


图 1-1 兴奋性的周期性变化图

1. 绝对不应期(A—B) 组织或细胞的兴奋性降低到零,任何强大的刺激都不会引起再次兴奋。
2. 相对不应期(B—C) 兴奋性逐渐恢复但仍低于正常,刺激强度必须大于阈值才可能引起兴奋。
3. 超常期(C—D) 兴奋性略高于正常,给予一定强度的阈下刺激可能引起再次兴奋。
4. 低常期(D—E) 兴奋性低于正常,这段时间内要使组织兴奋,刺激强度必须大于阈值。此期后,细胞兴奋性恢复到原来静息时的正常水平。

三、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。生殖是人类得以繁殖后代、延续种系的基本生命特征。人类的生殖活动较复杂,随着科学的进步,现已不仅是一个生物学问题,还涉及社会科学诸多方面。



第 三 节 人体与环境

每一个生命都是生活在特定环境中的,脱离赖以生存的环境,机体或细胞都将难以存活。对于人体而言,环境可分为两种:外环境和内环境。

一、人体与外环境

所谓外环境,即机体所处的自然界,其又分为自然环境和社会环境。自然环境是指自然界中气候、光照、山川、河流、森林等各种物质因素的总和,它是人体生存的物质环境,人的一生所需要的物质均来源于自然环境。社会环境则是指人们在生存过程中所建立的人际关系及精神文明,包括社会制度、文化教育、经济状况等。

二、内环境及稳态

19 世纪中叶,法国生理学家 Claude Bernard 首先提出了一个重要的概念,即细胞外液是细胞在体内直接所处的环境,故称之为内环境,以区别与整个机体所处的外环境。

成人体重量的 60% 是由液体构成的。人体内的液体总称为体液,按其分布可分为细胞内液和细胞外液,分别占体液的 $\frac{2}{3}$ 和 $\frac{1}{3}$ 。细胞外液包括组织液、血浆、淋巴液、脑脊液等。内环境是细胞进行新陈代谢的场所,为细胞提供必要的理化条件和营养物质,并接纳细胞代谢的终产物,使细胞的功能得以正常进行。

正常生理情况下,机体内环境的各种成分和理化性质只在很小的范围内发生变动。例如,体温维持在 37°C 左右,血浆 pH 维持在 7.4 左右,动脉血压、血浆中的氧和二氧化碳分压、葡萄糖浓度、各种离子的浓度等也都维持在相对恒定的水平,生理学家将这种相对稳定的状态称为稳态,它是细胞保持正常生理功能和进行正常生命活动的必要条件。

细胞不断地进行代谢活动,就不断地与细胞外液发生物质交换,因此,也就会不断地改变内环境的状态。同时,外界环境因素的改变也可影响内环境的稳态。由此可见,稳态的维持,是细胞与细胞外液之间的物质交换以及细胞外液与环境之间的物质交换取得动态平衡的结果。如果内环境稳态遭到破坏,细胞新陈代谢将不能正常进行,机体就会发生疾病,甚至危及生命。

第 四 节 人体生理功能的调节

环境总是在变化的,人体能够适应这种变化并能对这种变化作出适当的反应,保持自身的稳态,达到人体与环境的协调统一,这些都是因为机体有一套完善的调节机制,能对人体的生理功能进行调节。



知识链接

机体对外环境的功能调节

事例:在寒冷的冬天,当同学们一早因有课而无奈地跨出温暖的房间时,冷气扑鼻而来,吸入一口凉气后,浑身都会不由自主地颤抖几下,一时语言结巴,全身哆嗦不已,恨不得把自己的身体高度压缩成 rar 或 zip 格式,而且常会不由自主的双手快速互搓或用手搓脸。这些规定动作完成后,我们就基本恢复了正常状态。

生理学知识点:人体体温调节使得寒战产热;双手互搓时产生热量,使受搓皮肤毛细血管血流量增加,皮肤温度不至下降。

一、人体生理功能的调节方式

人体生理功能调节的方式有三种,分别为神经调节、体液调节和自身调节。这三种调节方式是相互配合、密切联系的,但又各有其特点。

(一)神经调节

通过神经系统的活动对机体功能进行的调节称为神经调节,它是人体的主要调节方式。神经调节的特点是迅速、准确、短暂。神经活动的基本过程是反射。反射是机体在中枢神经系统的参与下对内外环境变化所作出的规律性应答。反射的结构基础为反射弧,包括感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器。感受器接受刺激,传入神经将刺激信息传导到神经中枢,神经中枢整合信息并通过传出神经将信息传到效应器产生反应(图 1-2)。

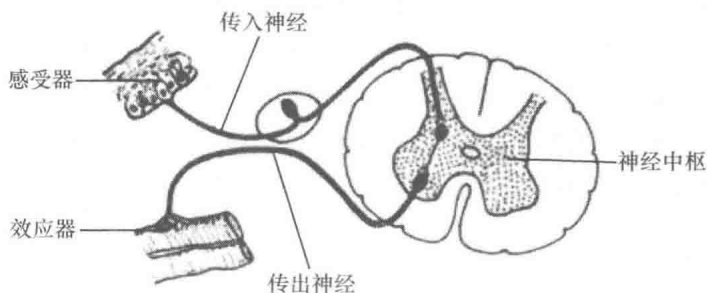


图 1-2 反射弧模式图

反射分为条件反射和非条件反射两类(表 1-1)。非条件反射是先天具有的,是生物体在长期的进化中形成的一种初级的神经活动,它的形式相对固定,数量有限。条件反射是后天获得的,是个体在生活过程中按照他的生活条件而建立起来的,是一种高级的神经活动,是更具有适应性意义的调节,它的形式多种多样,可以消退也能再建立,数量可以无限。因此,条件反射比非条件反射更具灵活性,更能适应复杂变化的生存环境。

表 1-1 人类反射的类型和特点

反射类型	反射的特点
非条件反射	先天获得;反射弧相对固定,不会消失;数量有限;中枢在大脑皮层以下
条件反射	后天获得;反射弧不固定,可消失;数量无限;中枢在大脑皮层;能对第二系统起反应



知识链接

巴甫洛夫做了一个相当著名的实验,他利用狗看到食物或吃东西之前会流口水的现象,在每次喂食前都先发出一些信号(一开始是摇铃,后来还包括吹口哨、使用节拍器、敲击音叉、开灯……),连续了几次之后,他试了一次摇铃但不喂食,发现狗虽然没有东西可以吃,却照样流口水,而在重复训练之前,狗对于“铃声响”是不会有反应的。他从这一点推知,狗经过了连续几次的经验后,将“铃声响”视作“进食”的信号,因此引发了“进食”会产生流口水的现象。这种现象称为条件反射,这证明动物的行为是因为受到环境的刺激,将刺激的信号传到神经和大脑,神经和大脑作出反应而来的。

(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(主要是血液循环)对某些组织或器官的活动进行调节的过程。如体液中的激素通过血液运送到全身各处,对机体的新陈代谢、生长、发育、生殖等功能发挥调节作用,称为全身性体液调节。而某些细胞的分泌产物(如组胺、激肽、前列腺素等生物活性物质)和代谢产物(如二氧化碳、腺苷、乳酸等)扩散至细胞周围,影响邻近细胞的功能活动,称为局部性体液调节。体液调节的特点是缓慢、广泛、持久。

神经调节和体液调节不是决然分开的,而是相互联系、相辅相成的。一些内分泌腺也直接或间接地受到神经系统的调节,在这种情况下,体液调节便成为神经调节反射弧传出途径的延伸或补充,这种以神经调节为主导、体液调节参加的复合调节方式称为神经-体液调节(图 1-3)。

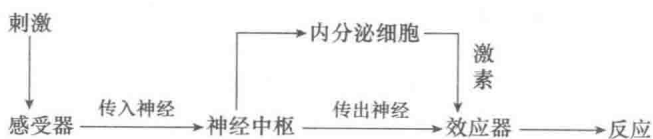


图 1-3 神经-体液调节示意图