



附：生理学自学考试大纲

# 生 理 学

组编 / 全国高等教育自学考试指导委员会  
主编 / 朱大年

全国高等教育自学考试指定教材 医药类专业

湖南

出版社

## 组 编 前 言

当您开始阅读本书时，人类已经迈入了 21 世纪。

这是一个变幻难测的世纪，这是一个催人奋进的时代。科学技术飞速发展，知识更替日新月异。希望、困惑、机遇、挑战，随时随地都有可能出现在每一个社会成员的生活之中。抓住机遇，寻求发展，迎接挑战，适应变化的制胜法宝就是学习——依靠自己学习、终生学习。

作为我国高等教育组成部分的自学考试，其职责就是在高等教育这个水平上倡导自学、鼓励自学、帮助自学、推动自学，为每一个自学者铺就成才之路。组织编写供读者学习的教材就是履行这个职责的重要环节。毫无疑问，这种教材应当适合自学，应当有利于学习者掌握、了解新知识、新信息；有利于学习者增强创新意识、培养实践能力、形成自学能力，也有利于学习者学以致用，解决实际工作中所遇到的问题。具有如此特点的书，我们虽然沿用了“教材”这个概念，但它与那种仅供教师讲、学生听，教师不讲、学生不懂，以“教”为中心的教科书相比，已经在内容安排、形式体例、行文风格等方面都大不相同了。希望读者对此有所了解，以便从一开始就树立起依靠自己学习的坚定信念，不断探索适合自己的学习方法，充分利用已有的知识基础和实际工作经验，最大限度地发挥自己的潜能达到学习的目标。

欢迎读者提出意见和建议。

祝每一位读者自学成功。

全国高等教育自学考试指导委员会

2000 年 1 月

## 编者前言

《生理学》是根据全国高等教育自学考试指导委员会 1998 年制定的全国高等教育自学考试计划而编写的，是全国高等教育自学考试临床医学专业（专科）和护理学专业（专科）的指定教材。教材初稿于 1999 年 8 月完成，同年 11 月全国高等教育自学考试指导委员会医药类专业专家工作组在上海召开会议进行审稿，并于 1999 年底和 2000 年初由主审进行二次审定后定稿。

本教材的内容是根据国务院发布的《高等教育自学考试暂行条例》，参照全国医学院校同学科同学历大学专科的教学要求，并结合自学考试的特点而确定的。编写过程中，我们参考了大量国内外生理学教材和其他有关书籍，其中主要有卫生部规划的全国医学专科学校教材《生理学》第三版（钟国隆主编）和全国高等医药院校教材《生理学》第四版（张镜如主编），也吸收了一些专家教授在编写全国高等医药院校教材《生理学》第五版（姚泰主编）过程中提出的许多有益修订意见和建议。

本教材共分十二章。第一章绪论主要介绍生理学的定义，生理学的研究任务、内容和方法，生理学与医学的关系，以及人体生理功能调节的一般规律。第二章主要阐述细胞的基本功能，包括细胞膜的物质转运和信号转导功能、细胞生物电现象以及骨骼肌的收缩原理等内容。前两章的内容对以后各章的学习具有普遍的指导意义。从第三章起，按系统分述血液、循环、呼吸、消化、泌尿、感官、神经、内分泌、生殖各系统的生理功能（第七章能量代谢和体温不属具体某一系统）。各个系统的生理功能，除了介绍其活动规律以外，还阐明其产生机制、调节过程以及机体内、外环境变化对这些活动的影响。全书共有 148 幅插图。

本教材的读者对象是通过自学和考试后达到大专水平的自

学应考者，因此，教材在内容的选择方面注重于“三基”，即生理学的基本理论、基本知识和基本方法。同时为了保证素质教育的实施和教材的高质量，本教材在思想性、科学性、先进性、启发性和适用性方面也作了一定的努力。如教材中融入了唯物主义辩证法和理论联系实际科学方法论，也注意宣扬我国医药工作者的成就与贡献；在文字方面，尽量做到概念清楚，定义准确，结构严谨，名词术语规范、统一，应用法定计量单位等；为了便于自学应考者自学，尽可能做到深入浅出，言简意赅，每当出现新概念时，尽量用简短的语句给出定义，而对于一些理论性较强的描述，尽可能举例加以说明。本教材还注意到对自学应考者实际应用能力的培养，所以在篇幅许可的前提下尽可能结合实际问题和临床实践；同时注意到与其他医学课程之间的相互联系和相互呼应，既防止不必要的重复，也避免重要内容的疏漏。

本教材后附《生理学自学考试大纲》。大纲包括课程性质与设置目的和要求、课程内容与考核目标、有关说明与实施要求三部分。其中课程内容与考核目标为主要部分，按章编写，每章包括学习目的和要求、课程内容、考核知识点和考核要求四个方面。

此外，本教材还配有自学辅导书，另成一册。自学辅导书以知识点为单位按章进行编写，除提出每章的重点和难点外，还提供一定量的习题让自学应考者进行练习。

本教材由上海医科大学朱大年教授主编，参加编写的还有上海医科大学李莉副教授、第二军医大学邢宝仁教授、上海第二医科大学郑燕倩讲师和上海职工医学院袁国权副教授。本教材聘请山西医科大学乔健天教授和湖南医科大学李俊成教授担任主审，并聘请湖南医科大学徐有恒教授和西安医科大学樊小力教授担任评审委员，在此表示衷心的感谢。此外，在本教材的编写过程中，上海医科大学生理学教研室的周莉老师在插图的计算机绘制和修改方面，也付出了极其辛勤的劳动，在此一并表示感谢。

限于我们的水平，本教材一定会有不少问题，恳切希望读者给予批评指正，不胜感谢。

朱大年

2000年1月于上海

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	(1)
<b>第一节 生理学的研究内容和方法</b> .....	(1)
一、生理学的研究内容 .....	(1)
二、生理学的研究方法 .....	(2)
三、生理学与医学的关系 .....	(3)
<b>第二节 人体生理功能的调节</b> .....	(3)
一、人体生理功能的调节方式 .....	(3)
二、生理功能的反馈调节 .....	(5)
<b>第二章 细胞的基本功能</b> .....	(6)
<b>第一节 细胞膜的跨膜物质转运和信号转导功能</b> .....	(6)
一、细胞膜的分子结构 .....	(6)
二、细胞膜的跨膜物质转运功能 .....	(6)
三、细胞膜的跨膜信号转导功能 .....	(9)
<b>第二节 细胞的生物电现象</b> .....	(10)
一、静息电位和动作电位 .....	(10)
二、静息电位和动作电位的产生机制 .....	(12)
<b>第三节 兴奋的引起和传导</b> .....	(14)
一、兴奋的引起 .....	(14)
二、兴奋在同一细胞上的传导 .....	(17)
<b>第四节 骨骼肌的收缩功能</b> .....	(18)
一、神经-肌接头处的兴奋传递 .....	(18)
二、骨骼肌的收缩机制 .....	(20)
三、骨骼肌收缩的外部表现 .....	(23)
四、影响骨骼肌收缩的因素 .....	(24)
<b>第三章 血液</b> .....	(26)
<b>第一节 概述</b> .....	(26)
一、体液的组成与内环境 .....	(26)
二、内环境稳态 .....	(26)
三、血液的组成 .....	(27)

四、血量 .....	(27)
五、血液的理化特性 .....	(28)
六、血液的基本功能 .....	(28)
第二节 血浆 .....	(29)
一、血浆的成分及功能 .....	(29)
二、血浆渗透压 .....	(29)
第三节 血细胞 .....	(30)
一、红细胞 .....	(30)
二、白细胞 .....	(33)
三、血小板 .....	(34)
第四节 血液凝固、纤维蛋白溶解和生理性止血 .....	(35)
一、血液凝固 .....	(35)
二、抗凝与促凝 .....	(37)
三、纤维蛋白溶解系统 .....	(38)
四、生理性止血 .....	(39)
第五节 血型 .....	(39)
一、红细胞凝集 .....	(39)
二、ABO 血型系统 .....	(40)
三、Rh 血型系统 .....	(40)
四、输血的原则 .....	(41)
<b>第四章 血液循环</b> .....	(43)
第一节 心脏生理 .....	(43)
一、心脏的泵血功能 .....	(43)
二、心音 .....	(48)
三、心肌细胞的生物电现象 .....	(49)
四、心肌的生理特性 .....	(51)
五、正常心电图的波形及其意义 .....	(56)
第二节 血管生理 .....	(58)
一、血管的功能分类 .....	(58)
二、血流量、血流阻力、血压及其相互关系 .....	(58)
三、动脉血压和动脉脉搏 .....	(60)
四、静脉血压和静脉回心血量 .....	(62)
五、微循环 .....	(64)
六、组织液的生成和回流 .....	(66)
七、淋巴循环 .....	(67)
第三节 心血管活动的调节 .....	(68)
一、神经调节 .....	(68)
二、体液调节 .....	(71)
三、自身调节 .....	(72)
第四节 器官循环 .....	(73)
一、冠脉循环 .....	(73)
二、肺循环 .....	(74)
三、脑循环 .....	(75)

<b>第五章 呼吸</b> .....	(76)
<b>第一节 肺通气</b> .....	(76)
一、肺通气的动力 .....	(77)
二、肺通气的阻力 .....	(80)
三、基本肺容积和肺容量 .....	(82)
四、肺通气量 .....	(83)
<b>第二节 呼吸气体的交换</b> .....	(84)
一、气体交换的原理 .....	(84)
二、影响肺换气的因素 .....	(86)
<b>第三节 气体在血液中的运输</b> .....	(87)
一、氧的结合运输 .....	(87)
二、二氧化碳的结合运输 .....	(89)
<b>第四节 呼吸运动的调节</b> .....	(90)
一、呼吸中枢的调控 .....	(90)
二、呼吸的反射性调节 .....	(92)
<b>第六章 消化和吸收</b> .....	(95)
<b>第一节 概述</b> .....	(95)
一、消化道平滑肌的特性 .....	(95)
二、消化腺的分泌功能 .....	(96)
三、胃肠道的神经支配及其作用 .....	(96)
四、胃肠激素 .....	(97)
<b>第二节 口腔内消化</b> .....	(98)
一、唾液的分泌 .....	(98)
二、咀嚼和吞咽 .....	(98)
<b>第三节 胃内消化</b> .....	(99)
一、胃液的分泌 .....	(99)
二、胃的运动 .....	(103)
<b>第四节 小肠内消化</b> .....	(104)
一、胰液的分泌 .....	(104)
二、胆汁的分泌和排出 .....	(106)
三、小肠液的分泌 .....	(107)
四、小肠的运动 .....	(107)
<b>第五节 大肠内消化</b> .....	(109)
一、大肠液的分泌 .....	(109)
二、大肠的运动和排便 .....	(109)
<b>第六节 吸收</b> .....	(110)
一、吸收的部位 .....	(110)
二、小肠内主要营养物质的吸收 .....	(111)
<b>第七章 能量代谢和体温</b> .....	(114)
<b>第一节 能量代谢</b> .....	(114)
一、能量代谢测定的原理和方法 .....	(114)
二、影响能量代谢的因素 .....	(116)

三、基础代谢和基础代谢率 .....	(117)
第二节 体温及其调节 .....	(119)
一、体温的概念及正常变动 .....	(119)
二、机体的产热和散热 .....	(120)
三、体温调节 .....	(122)
<b>第八章 尿的生成和排出 .....</b>	<b>(124)</b>
第一节 肾的功能解剖和血流量 .....	(124)
一、肾的功能解剖 .....	(124)
二、肾血液循环的特征 .....	(125)
第二节 肾小球的滤过功能 .....	(126)
一、滤过膜及其通透性 .....	(126)
二、有效滤过压 .....	(127)
三、肾小球滤过率和滤过分数 .....	(128)
四、影响肾小球滤过的因素 .....	(128)
第三节 肾小管和集合管的转运功能 .....	(129)
一、肾小管和集合管的重吸收功能 .....	(129)
二、肾小管和集合管的分泌功能 .....	(132)
第四节 尿液的浓缩和稀释 .....	(132)
一、尿液的稀释 .....	(133)
二、尿液的浓缩 .....	(133)
三、尿液的浓缩机制 .....	(133)
第五节 尿生成的调节 .....	(136)
一、肾内自身调节 .....	(136)
二、神经和体液调节 .....	(136)
第六节 清除率 .....	(138)
一、清除率的概念和计算方法 .....	(138)
二、测定清除率的意义 .....	(138)
第七节 尿液及其排放 .....	(139)
一、尿液 .....	(139)
二、尿的排放 .....	(140)
<b>第九章 感觉器官的功能 .....</b>	<b>(142)</b>
第一节 感受器的基本生理特性 .....	(142)
一、感受器与感觉器官 .....	(142)
二、感受器的基本生理特性 .....	(142)
第二节 视觉器官 .....	(144)
一、眼的折光功能 .....	(144)
二、眼的感光功能 .....	(146)
三、几种视觉生理现象 .....	(149)
第三节 听觉器官 .....	(150)
一、外耳和中耳的传音功能 .....	(151)
二、内耳的感音功能 .....	(151)
三、听阈和听力 .....	(153)
第四节 前庭器官 .....	(154)



一、椭圆囊和球囊的功能 .....	(154)
二、半规管的功能 .....	(155)
三、前庭反应 .....	(155)
第五节 其他感受器 .....	(156)
一、嗅觉感受器 .....	(156)
二、味觉感受器 .....	(156)
三、几种皮肤感觉的感受器 .....	(156)
<b>第十章 神经系统的功能</b> .....	(158)
第一节 神经元和突触 .....	(158)
一、神经元和神经纤维 .....	(158)
二、突触传递 .....	(160)
三、反射及反射弧 .....	(165)
第二节 神经系统的感觉功能 .....	(166)
一、脊髓的感觉传导功能 .....	(166)
二、丘脑与感觉投射系统 .....	(166)
三、大脑皮质的感觉分析功能 .....	(168)
四、痛觉 .....	(169)
第三节 神经系统对躯体运动的调节 .....	(170)
一、脊髓的躯体运动反射 .....	(170)
二、高位中枢对肌紧张的调节 .....	(172)
三、小脑调节运动的功能 .....	(173)
四、基底神经节对运动的调节 .....	(175)
五、大脑皮质对躯体运动的调节 .....	(175)
第四节 神经系统对内脏活动的调节 .....	(177)
一、自主神经系统 .....	(177)
二、脊髓及脑干对内脏活动的调节 .....	(182)
三、下丘脑对内脏活动的调节 .....	(182)
四、大脑边缘系统对内脏活动的调节 .....	(184)
第五节 脑的高级功能与电活动 .....	(185)
一、条件反射 .....	(185)
二、学习与记忆 .....	(186)
三、大脑皮质的语言中枢及皮质功能的侧向化 .....	(186)
四、大脑皮质的电活动 .....	(187)
五、觉醒与睡眠 .....	(189)
<b>第十一章 内分泌</b> .....	(191)
第一节 概述 .....	(191)
一、内分泌系统和激素的概念 .....	(191)
二、激素的分类 .....	(191)
三、激素的作用及其一般特性 .....	(193)
四、激素作用的机制 .....	(193)
第二节 下丘脑与垂体 .....	(196)
一、下丘脑-腺垂体系统 .....	(196)
二、下丘脑-神经垂体系统 .....	(197)

三、腺垂体 .....	(198)
四、神经垂体 .....	(199)
第三节 甲状腺 .....	(200)
一、甲状腺激素的代谢 .....	(201)
二、甲状腺激素的生理作用 .....	(203)
三、甲状腺功能的调节 .....	(204)
第四节 甲状旁腺和甲状腺 C 细胞 .....	(205)
一、甲状旁腺激素 .....	(205)
二、降钙素 .....	(206)
三、胆钙化醇 .....	(206)
第五节 肾上腺 .....	(207)
一、肾上腺皮质 .....	(207)
二、肾上腺髓质 .....	(210)
第六节 胰岛 .....	(211)
一、胰岛素 .....	(211)
二、胰高血糖素 .....	(212)
第七节 其他内分泌腺体和激素 .....	(212)
一、松果体 .....	(212)
二、前列腺素 .....	(213)
三、胸腺 .....	(213)
<b>第十二章 生殖 .....</b>	<b>(214)</b>
第一节 男性生殖 .....	(214)
一、睾丸的功能 .....	(214)
二、睾丸功能的调节 .....	(215)
第二节 女性生殖 .....	(216)
一、卵巢的功能 .....	(216)
二、月经周期及激素调节 .....	(217)
第三节 妊娠 .....	(219)
一、受精与着床 .....	(219)
二、胎盘的内分泌功能 .....	(220)
三、分娩与哺乳 .....	(221)
<b>后记 .....</b>	<b>(223)</b>
<b>附：生理学自学考试大纲 .....</b>	<b>(225)</b>

# 第一章 绪 论

生理学是生物学的一个分支，是研究生命活动规律的科学。大量的事实证明，生命活动是有规律的，其中有些规律符合物理学和化学的一般原理，如气体在肺部的扩散原理；有些规律则是生命活动所特有的，如神经系统的调节等，但究其基本过程仍属生物大分子的物理和化学过程。生理学的任务是研究整个生物体及其各组成部分在正常情况下所表现的各种生命现象、活动规律、产生机制、调节方式及其过程，以及内、外环境变化对这些生理活动的影响，并且揭示各种生理活动在整体功能中的意义。

## 第一节 生理学的研究内容和方法

### 一、生理学的研究内容

人体由器官和系统组成，而各器官和系统又由不同的组织和细胞所组成，因此要了解正常人体的生理功能，须从以下3个不同水平进行研究。①细胞和分子水平的研究：主要研究细胞内各超微结构的功能，以及细胞内各种生物分子的特殊的物理化学变化过程。如细胞兴奋时细胞膜的通透性改变和离子跨膜运动；骨骼肌收缩时的肌丝滑行等。②器官和系统水平的研究：主要研究各器官和系统的活动规律、调节机制、影响因素，以及在整体生理功能中所起的作用等内容。如心脏的射血、肺的呼吸、消化系统的消化和吸收等。各个器官和系统相对独立，各有其特殊活动规律，但又相互联系，服从于整体生理功能的需要。③整体水平的研究：主要研究完整机体内各器官、系统之间的相互联系和相互影响，以及环境对机体生理功能的影响。如完整机体内神经、内分泌系统对其他各器官、系统活动的调节；运动、创伤、紧张、恐惧等生理和心理因素，以及地理、气候等外界环境因素，对完整机体生理功能的影响等。

3个水平的研究既有区别又紧密相关。对细胞和分子水平的分析研究，有助于揭示生命现象的最为本质的基本规律，并对理解其他水平的生理活动过程具有普遍的指导意义。对器官和系统水平的分析研究，有利于把复杂的整体生命活动过程化整为零地分别进行研究，从而更加方便、更加准确地把握机体的生命活动规律。对细胞分子和器官系统的分析，都是为了能更深刻地解释整体活动的规律。但是，整体生理活动规律并不等于组成人体的各器官、组织、细胞生理功能的简单总和，一定种类、一定数量的细胞按一定的关系组织起来的整体，在功能上发生了质的变化，整体生理活动规律与其各个组成部分各自的生理活动规律有所不同，而且在不同的环境影响下，整体生理活动规律也会发生相应的改变。所以，要全面

地理解某一生理功能的机制，必须在分析的基础上进行综合。

## 二、生理学的研究方法

生理学知识来源于医学实践和生理学实验，而现代生理学知识的获得则更多地来自生理学实验。根据实验对象的不同，生理学实验可分为动物实验和人体实验。

### (一) 动物实验

在生理学实验中，为了研究完整机体或某一系统、器官、组织、细胞的生理活动以及某些因素对它们生理功能的影响，往往会给机体带来一定的损害，甚至危及生命，因此许多生理学实验不能在人体上进行，而只能以动物为实验对象。由于生物都是由共同的祖先进化而来的，因此人和动物机体的结构和功能有着许多相似之处，利用从动物实验中获得的生理学知识来探讨人体的某些生理功能，这是完全可能的；但是，人类通过劳动创造了自己和社会，使人类进化到动物不可比拟的程度，人体的许多生理功能，尤其是高级神经活动，与动物有着明显的质的差别，因此在应用动物实验资料时，必须注意加以区别，不能简单地把它们套用于人体。生理学所用的动物实验，可分为急性动物实验和慢性动物实验。

1. 急性动物实验：急性实验又可分为离体实验和在体实验两种方法。离体实验法，是从活着的或处死后不久的动物身上分离出所需的器官、组织或细胞，并将它们置于一个类似于体内的人工环境中，在短时间内保持其正常生理功能，直接观察离体器官、组织或细胞的某些功能。如取出蟾蜍的心脏，在人工环境下作离体灌注，用以研究各种离子和药物对心肌收缩力的影响。在体实验法，又称活体解剖实验法，是动物在麻醉条件下，采用一定的手术过程将所要研究的部位暴露出来，以便进行直接的观察和记录。如在麻醉家兔上行颈动脉插管术，记录其动脉血压，观察电刺激某些神经或静脉注射某些药物对血压的影响。上述两种急性实验都不能持久进行，实验后动物往往不能生存。急性动物实验的优点是实验条件比较简单和容易控制，便于进行直接的观察和细致的分析。但实验所获结果，与正常条件下完整机体的生理功能相比，仍可能有差别。

2. 慢性动物实验：是以完整、清醒的动物为研究对象，保持外界环境尽可能接近于自然状态，在较长时间内连续进行观察的一种实验方法。实验前，动物往往需经过某些预处理，有时还需要进行无菌外科手术，把所需研究的器官露出体外，或摘除、破坏某种器官、组织，待动物手术康复后，在清醒状态下，观察所暴露器官的功能，或观察摘除或破坏某器官、组织后产生的功能紊乱等。如对唾液分泌调节的研究，可预先经手术把唾液腺导管开口移至颊部皮肤，在手术康复后进行实验时，就能十分方便地从体表收集到唾液腺分泌的纯净唾液。又如在研究某种内分泌激素的生理作用时，常预先手术摘除动物的相应的内分泌腺体，然后观察这种内分泌激素缺乏时和人为补充相应激素后的生理功能改变，用以了解这种内分泌激素的功能。慢性实验法适用于观察某一器官或组织在正常情况下的功能活动以及在整体中的地位，但不宜用来分析某一器官生理过程的详细机制以及与其他器官之间的具体关系。与急性实验相比，慢性实验的干扰因素较多，实验条件较难控制。

### (二) 人体实验

借助动物实验来了解人体生理功能固然十分必要，但动物实验所获的资料不能直接应用于人体，所以将动物实验的成果过渡到人体实验仍属必不可少。然而，以人体为对象的实验必须在无创伤的前提下进行，所以人体实验在很大程度上受到限制。目前人体实验主要有实

验室观察和调查研究。一些特殊条件下人体生理功能变化的资料，大多是在人工创造的实验室中以人体为实验对象而获得的。如在高温舱、低氧舱、失重舱、高压舱等特殊实验室中，通过对一些志愿者的人体实验而获得了许多对高温、高原、宇宙飞船、深海潜水等特殊环境下的资料。人体调查研究是以群体为对象进行的，如中国人的生理正常值就是通过对大量人群的调查、测量和统计得到的。

各种实验方法各有所长，各有所短，因此采用哪种方法来研究各种生理功能，应根据实际情况如实验的目的、对象和条件加以选择。

### 三、生理学与医学的关系

生理学的形成和发展始终与临床医学紧密地联系在一起。人们在长期与疾病斗争的过程中，逐渐积累起关于人体正常功能的知识，并且由一些临床医生加以概括总结。在17世纪以前，有关人体生理学的内容，一直是作为一个医生必须具备的基础知识，写入医学书本而成为其中的一章。现代医学课程中，更是明确规定生理学是医学课程体系中的一门重要的基础理论课程。生理学必须以解剖学、组织学为基础，但它又是药理学、病理学等后续医学课程的基础，也是各临床医学课程的基础。一个医生要研究疾病，不懂得人体的正常生理功能，就不能正确理解疾病；不仅如此，医生在长期的临床实践中，还要应用生理学的基本理论和基本方法去认识和处理临床实践中所遇到的许多新问题。

## 第二节 人体生理功能的调节

人体由多个系统、器官、组织和细胞按一定的形式组织起来，并且机体内部各组成部分之间相互协调、密切配合，形成一个有序的整体；作为一个整体，人体又与外界环境相接触，并能对环境变化作出适应性反应。这是由于人体内存在着重要的调节装置，并能对各种生理功能进行有效的调节。

### 一、人体生理功能的调节方式

人体生理功能的调节方式主要有神经调节、体液调节和自身调节。在各类调节中，神经调节是人体内最主要的调节方式，其特点是比较迅速而精确。体液调节是体内另一类重要的调节方式，其特点是比较缓慢、持久而弥散，它与神经调节相互配合，使生理功能的调节更趋于完善；自身调节的幅度和范围都较小，也不十分灵敏，但仍有一定意义。

#### (一) 神经调节

神经调节是通过反射而影响生理功能的一种调节方式。所谓反射，是指在中枢神经系统的参与下，机体对内、外环境刺激作出的规律性应答。如我们的手在碰到火焰时会立即缩回，就是通过反射而完成的。当火焰作用于人体局部体表时，刺激了局部皮肤上能够感受这种刺激的感受装置，这种感受装置称为感受器，刺激信息通过感受器后转变为神经冲动沿传入神经传向中枢神经系统，中枢神经系统将传入的信息进行分析处理后转化为指令，仍以神经冲动的形式沿传出神经到达能引起受刺激肢体缩回的有关肌肉群，亦即反射活动的效应

器，结果引起有关肌肉群的收缩，使受刺激肢体脱离火焰刺激源，从而完成反射活动。由此可见，要完成一个反射活动，需要一定的结构基础，即由感受器、传入神经、中枢、传出神经和效应器5个部分组成的反射弧。反射弧在结构和功能上的完整性对于完成反射活动至关重要，反射弧结构上任何一个环节被阻断，都将使该反射不能进行。

人和高等动物的反射可分为非条件反射和条件反射两类。非条件反射是先天遗传的，是一种初级的神经活动，其反射弧和反射活动都比较固定，数量也较有限，多与维持生命的本能活动有关。如食物直接刺激口腔引起的唾液分泌就是非条件反射的例子。条件反射是后天获得的，是在非条件反射的基础上结合个体生活过程中所处的生活条件而建立起来的，所以是一种高级的神经活动。如食物进入狗的口腔而引起唾液分泌，这是非条件反射；而灯光不能刺激狗的唾液分泌，这称为无关刺激。但是，如果在狗进食前给予灯光照射，经过若干次反复结合后，单纯用灯光照射也能引起狗的唾液分泌，这样条件反射就在非条件反射的基础上建立起来了。条件反射比非条件反射更具有适应性意义。

### (二) 体液调节

**体液调节**是通过体液中某些化学物质而影响生理功能的一种调节方式。人体内的体液调节，主要是指内分泌细胞所分泌的激素，通过血液循环运输到达全身各器官组织或某一器官组织所进行的调节作用。如甲状腺产生的甲状腺激素，通过血液运输到达全身各组织细胞，促进物质代谢与能量代谢，促进生长与发育过程。又如腺垂体分泌的促甲状腺激素，也通过血液循环远距离运输，但它只作用于甲状腺，促进甲状腺的腺体增生和促进甲状腺激素的分泌。此外，由组织细胞产生的一些化学物质或代谢产物，如腺苷、激肽、组胺、前列腺素、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}^+$ 等，可在局部组织液内扩散，改变邻近组织细胞的活动。这也是一种体液调节，称为**局部体液调节**。如心肌细胞代谢活动增强时，心脏冠状血管周围组织中能产生具有强烈舒张小动脉的腺苷，使冠脉血流量增加，从而与心肌代谢活动的增强相适应。

人体内大多数内分泌腺或内分泌细胞直接或间接受神经系统的调节，在这种情况下，体液调节成为神经调节的一个传出环节，是反射传出道路的延伸，这种调节称为**神经-体液调节**（图1-1）。如肾上腺髓质受交感神经支配，交感兴奋时，可促使肾上腺素和去甲肾上腺素的分泌增加，从而使神经与体液因素共同参与机体的调节活动。

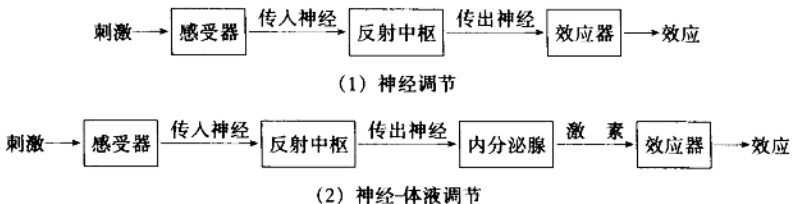


图1-1 神经调节和神经-体液调节示意图

### (三) 自身调节

**自身调节**是指组织细胞在不依赖于外来神经或体液调节情况下，自身对刺激发生的一种适应性反应。如在一定范围内增加骨骼肌收缩前的长度可使肌肉收缩时所产生的张力增加；又如在肾动脉灌注压10.7~24.0 kPa（80~180 mmHg）范围内变动时，肾血流量保持基本稳定，从而保证了肾泌尿活动在一定范围内不受动脉血压变动的影晌。

## 二、生理功能的反馈调节

前面在神经调节中已经描述了反射活动的过程，外界刺激作用于感受器，经过反射弧的传送，最终到达效应器，产生某种效应，似乎反射活动到此已经结束。但实际情况并非如此。人体内各种效应器上都存在着特殊的感受装置，能够将效应器活动情况的信息又传回到中枢，用以改变中枢的活动状态，纠正反射活动中出现的偏差，经过这种在中枢和效应器之间多次的信息往返，使反射活动能够达到十分精确和协调的程度。因此，神经调节并不是通过一个开环通路，而是通过一个闭合回路来完成的，这个闭合回路具有自动控制的能力。如正常人作指鼻试验时，伸出的手指能够十分准确而稳定地轻触自己的鼻尖，这是因为在这一动作的进行过程中，上肢各部分肌肉在不断接受中枢控制信息作出反应的同时，还不断从肌肉和关节发出返回信息到达控制这一肢体运动的有关中枢，随时纠正中枢传出的控制信息，使动作不致偏离预定目标。此外，体液调节和自身调节也是在闭合回路的基础上进行的。在体液调节中，激素的化学信息调节着某效应组织、细胞的活动，同时，效应组织、细胞所产生的效应又通过不同的途径调节着激素的分泌。如胰岛素能促进组织、细胞摄取和利用葡萄糖，并抑制糖异生，从而使血糖浓度降低；反过来，血糖的浓度又是调节胰岛素分泌的重要因素。在自身调节中，也存在控制部分与受控部分之间的相互影响。如某种细胞（如肾上腺髓质嗜铬细胞）内某一种酶（如酪氨酸羟化酶）的活性可影响某种物质（如儿茶酚胺）的合成量，但该物质（儿茶酚胺）反过来又影响酶（酪氨酸羟化酶）的活性，这就使该物质（儿茶酚胺）的浓度能通过对酶（酪氨酸羟化酶）活性的调节而维持相对稳定。

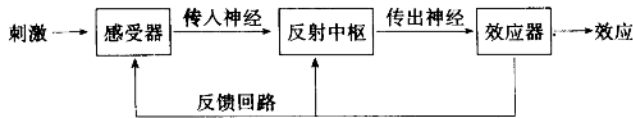


图 1-2 生理功能的反馈调节示意图

综上所述，神经调节、体液调节和自身调节都是通过闭合回路而完成的，在这种闭合回路的调节过程中，由受控部分发出的信息反过来影响控制部分活动的调节方式称为**反馈调节**。反馈调节有**负反馈**和**正反馈**两种方式。负反馈是指受控部分发出的信息反过来减弱控制部分活动的调节方式；正反馈是指受控部分发出的信息反过来加强控制部分活动的调节方式（图 1-2）。在人体内，负反馈极为多见，且极为重要，其意义在于维持机体生理功能的相对稳定。如当动脉血压升高时，可通过一定的调节途径抑制心血管中枢的活动，使血压下降；而当动脉血压降低时，又可通过一定的调节途径增强心血管中枢的活动，使血压升高，从而维持血压的相对稳定。正反馈远不如负反馈多见，其意义在于促使某一生理活动过程很快达到高潮并发挥最大效应。如在排尿反射过程中，当排尿中枢发动排尿后，由于尿液刺激了后尿道（受控部分）的感受器，受控部分不断发出反馈信息进一步加强排尿中枢的活动，使排尿反射一再加强，直至尿液排完为止。

[朱大年]

## 第二章 细胞的基本功能

细胞是人体和其他生物体的形态结构、生理功能和生长发育的基本单位。人体内各器官系统的生命现象都是在细胞及其产物的基础上进行的。因此，要了解整个人体和各器官系统生命现象的根本道理，须首先学习细胞的基本功能。

### 第一节 细胞膜的跨膜物质转运和信号转导功能

细胞由细胞膜、细胞质和细胞核三部分组成。细胞膜又称质膜，是细胞和环境之间的屏障。它使细胞能相对独立地存在于环境之中。通过细胞膜，细胞可获得营养物质及排出代谢产物，并可接受环境变化的刺激和传递信息。此外，细胞的免疫、受体功能也与细胞膜有关。

#### 一、细胞膜的分子结构

细胞膜主要由脂类和蛋白质构成，此外，还含有少量的糖类。液态镶嵌模型学说认为：细胞膜以液态的脂质双层分子为基架，其中镶嵌有不同分子结构、不同生理功能的蛋白质分子。脂质双分子层中磷脂分子的一端为亲水极，朝向细胞膜的外表面和内表面；另一端为疏水极，朝向双分子层内部而相对排列。膜脂质的这种结构使它具有较好的稳定性和流动性。镶嵌于膜上的蛋白质主要以 $\alpha$ -螺旋或球形蛋白质的形式存在，有的贯穿整个脂质双分子层，两端露出膜内外；有的则靠近膜内侧或膜外侧。细胞膜所含的糖类以共价键的形式和膜脂质或蛋白质结合，形成糖脂和糖蛋白；这些糖链绝大多数裸露在膜外侧。（图 2-1）

细胞膜所具有的各种功能，在很大程度上决定于膜上所含有蛋白质。例如，细胞膜上的载体、通道和离子泵等膜蛋白与细胞的物质跨膜转运有关；膜外侧的糖蛋白与细胞的识别功能和接受某种特异性化学刺激有关；还有的膜蛋白属于效应器酶（如腺苷酸环化酶），可传递信息，影响细胞的生理活动过程。

#### 二、细胞膜的跨膜物质转运功能

细胞要进行新陈代谢，就必然有许多物质进出细胞，包括各种营养物质、代谢中间产物和尾产物、 $O_2$  和  $CO_2$ ，以及各种离子。这些物质大多数是水溶性的，很少能直接通过脂质双分子层，而大多数物质进出细胞都与膜上特定的蛋白质有关。常见的细胞膜物质转运形式有以下几种。



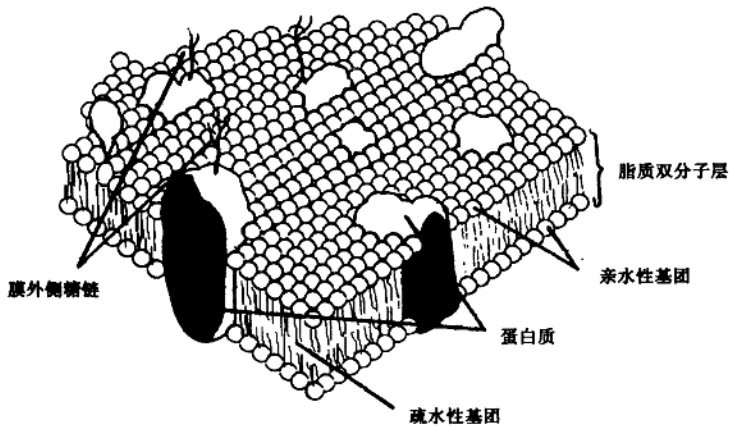


图 2-1 细胞膜的液态镶嵌模型示意图

### (一) 单纯扩散

脂溶性的小分子物质从细胞膜高浓度一侧向低浓度一侧移动的过程称为单纯扩散。这是一种单纯的物理过程。由于细胞膜主要由脂质分子构成，而体液中脂溶性的物质并不很多，所以通过单纯扩散而作跨膜转运的物质较少，其中比较肯定的有  $\text{CO}_2$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{NO}$  和  $\text{NH}_3$  等气体分子。

### (二) 易化扩散

非脂溶性或脂溶性很小的小分子物质，在膜上特殊蛋白质的帮助下，从膜的高浓度一侧向低浓度一侧移动的过程称为易化扩散。通过易化扩散方式进行跨膜移动的物质有葡萄糖、氨基酸、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  等。易化扩散所借助的膜蛋白质分子，主要有载体和通道两种，因而易化扩散可以分为以下两种。

1. 载体转运：载体蛋白质分子上有一个或数个能与某种转运物相结合的位点，当转运物与位点结合后，载体蛋白质就发生构型改变，将转运物运载至膜的另一侧，然后，转运物和载体分离，从而完成转运。载体则恢复原来结构而反复使用。所以载体蛋白质就好比是一条渡船。葡萄糖、氨基酸的跨膜转运就是以载体转运的形式进行的。载体转运具有以下特点。①高度特异性：一种载体只能转运某种特定物质；如葡萄糖载体只能转运右旋葡萄糖，而不能或不易转运左旋葡萄糖。②饱和现象：当膜一侧转运物的浓度增加超过一定限度时，再增加其浓度并不能使转运通量增加，即达到了饱和。其原因是载体蛋白质分子的数目和分子上能与转运物结合的位点数目是有限的，因此转运通量就不能无限增加。③竞争性抑制：如果某一载体对两种以上的转运物都有转运能力，当其中一种转运物浓度增加时，其他转运物的转运通量就将减少。这也是由于载体结合位点有限的缘故。

2. 通道转运：通道蛋白质是贯穿于细胞膜全层的蛋白质分子，组成这种蛋白质分子的若干亚单位围成一个水性孔道。通道开放时，水溶性离子如  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  等，能通过此水性孔道进出细胞。通道也有其特异性，但不如载体严格。不同的离子，一般由不同的通道转运，如  $\text{K}^+$  通道、 $\text{Na}^+$  通道等；一种离子也可通过结构和功能不同的多种通道，如  $\text{Ca}^{2+}$  就可通过 3 种以上不同的通道。通道有备用、激活和失活等不同的功能状态。如果通道处于激活状态，有关离子就可以顺浓度差或电位差快速经通道进出细胞；如果通道处于失活状态，