



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国高等医学院校规划教材

基础医学概论

(第三版)

钮伟真 樊小力 主编



科学出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国高等医学院校规划教材

基础医学概论

(第三版)

钮伟真 樊小力 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是针对医学院校非临床医学专业及工科院校生物医学工程专业的教学需求编写而成。本书以组织学和解剖学为基础,以细胞生物学、生理学和生物化学为核心,融合了病理生理学、免疫学、遗传学和寄生虫学等有关学科的内容。全书包括绪论,人体的基本构成,基因信息传递、表达调控及基因重组,机体的运动系统,跨细胞膜转运和细胞信号转导,神经系统,物质代谢与体温调节,血液,循环系统,呼吸系统,消化系统,泌尿系统,内分泌系统,生殖与遗传,机体的免疫系统和病原性生物共16章。本书有机地整合了医学基础课的主要内容,同时反映了医学基础理论的最新进展。

本书适合医学院校非临床医学专业及工科院校生物医学工程专业的学生使用,同时也适宜对医学感兴趣的一般读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

基础医学概论 / 钮伟真, 樊小力主编. —3版. —北京: 科学出版社, 2015
普通高等教育“十一五”国家级规划教材·全国高等医学院校规划教材
ISBN 978-7-03-046338-8

I. ①基… II. ①钮… ②樊… III. ①基础医学—高等学校—教材
IV. ①R3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 270017 号

责任编辑: 席 慧 韩书云 / 责任校对: 张怡君
责任印制: 赵 博 / 封面设计: 迷底书装

版权所有, 违者必究。未经本社许可, 数字图书馆不得使用

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001 年 8 月第 一 版 开本: 890×1240 1/16

2010 年 5 月第 二 版 印张: 25

2016 年 1 月第 三 版 字数: 830 000

2016 年 1 月第二十次印刷

定价: 59.80 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《基础医学概论》第三版编委会名单

主 编 钮伟真 樊小力
副主编 李 刚 李玉荣 臧伟进
编 委 (按姓氏笔画排序)
王 伟 (首都医科大学)
王 雯 (首都医科大学)
王唯析 (西安交通大学医学院)
刘 戟 (四川大学华西医学中心)
江 璞 (首都医科大学)
祁金顺 (山西医科大学)
李 刚 (北京大学医学部)
李文春 (湖北医药学院)
李玉荣 (哈尔滨医科大学)
杨 威 (山西医科大学)
杨 娥 (西安交通大学医学院)
杨建昌 (西安体育学院)
苗乃周 (延安大学医学院)
范桂香 (西安交通大学医学院)
赵海燕 (首都医科大学)
钮伟真 (首都医科大学)
袁育康 (西安交通大学医学院)
黄海霞 (首都医科大学)
彭礼飞 (广东医学院)
景晓红 (西安医学院)
雷艳君 (西安交通大学医学院)
臧伟进 (西安交通大学医学院)
樊小力 (西安交通大学医学院)

第三版前言

《基础医学概论》主要作为医学院校各个非临床专业本专科学学生、理工科大学生命科学和生物工程专业学生的教材。自 2001 年 8 月问世已发行两版,共印刷了 19 次,受到广大读者的厚爱。新版教材以原班编者为主,补充了若干新的编者。此次再版中,所有编者继续遵循本教材编写的初衷,统一思想,从教材使用对象出发,力图做到:①低起点,少而精,论述深入浅出;②论述的科学性、先进性和思想性;③各章节内容编排的渐进性、合理性、整体性和适用性。

为了使教材不同学科内容的衔接更加连贯,更符合学生的认知规律,新版将原第七章机体的运动系统、第六章细胞的基本功能(更名为“跨细胞膜转运和细胞信号转导”)分别提前编排到第四章和第五章;第一章绪论的内容已重新编写,力图扼要地反映基础医学的概况;第二章第二节题目改为细胞与细胞外基质,增加了对细胞外基质的介绍;第三章的题目改为基因信息传递、表达调控及基因重组,增添了基因表达调控内容,以反映分子生物学新进展;其他各章的论述都经重新修订,个别较难的内容被删除。全书共有 94 幅图被更新或修饰。相信新教材会更为准确、清晰、易懂和实用。

尽管本教材所有编者都精益求精,对所负责的章节付出了辛勤工作,本教材新版仍难免有不足之处,衷心希望使用本教材的老师 and 同学能随时提出宝贵意见,使本教材更加完美和实用。

钮伟真

2015 年 8 月于北京

第二版前言

近年来医学教育在教育理念、教学内容和教学方法等方面进行了全面的改革,并取得了显著的成效。随着教学改革的深入和发展,不仅各医药院校中非临床医学类专业(如生物医学工程、制药工程、生物制药技术、公共卫生管理、眼视光学、药物制剂、医学技术)的学生需要掌握医学基础知识,一些综合性大学如生命科学专业的学生也需要学习、掌握相关的医学基础知识。

《基础医学概论》第一版问世于2001年,至今已印刷了10次。为了适应当前教学改革的需求,我们决定对《基础医学概论》进行再版修订。根据学科的新进展和一些使用单位的反馈意见,本书在保留第一版优点的基础上,更新了部分内容,增加了微生物、免疫和寄生虫学的相关知识。本着淡化学科界限、强调人的整体观的原则,本书对基础医学各学科的内容进行了重组和优化,加强了学科间的有机融合,以期符合学生的认知规律。本书在加强基本知识、基本理论和基本技能的同时,注意理论联系实际、联系临床;并注意教材的科学性、先进性、适用性、思想性和启发性,特别是教材的适用性。

本书的编者均为长期工作在教学一线的授课教师,他(她)们具有丰富的教学经验,对教学大纲、教学内容以及授课对象情况熟悉。在编写过程中力求深入浅出、重点突出、概念明确,同时也述及了某些领域的新进展。为帮助学生掌握各章的重点和难点内容,本书在每章正文前增列了“要点”部分,章后附有复习思考题,以利于学生复习和自学。

在第二版的编写过程中,各位编者都非常认真和投入,为本书的顺利完稿和付印付出了辛勤的劳动。另外,西安交通大学医学院赵铭博士、史霖讲师在本书部分章节的组稿和修订过程中做了大量的辅助性工作,在此一并表示衷心的感谢。

由于本人水平有限,加之校审仓促,因此书中难免出现纰漏,在此诚挚地希望使用本书的广大师生和读者不吝赐教,以便再次修订。

樊小力

2009年10月于西安

第一版前言

1998年3月,首都医科大学、第一军医大学、原浙江医科大学、上海铁道大学、天津医科大学和原西安医科大学等10余所高等医学院校在山东省泰安市泰山医学院召开了生物医学工程专业第四次教学研讨会。与会专家一致认为,搞好教材建设是学科发展、提高教学质量的根本保证。会议决定编写“基础医学概论”、“临床医学概论”及“CT原理与设备”等系列教材。根据会议的决议和分工,由原西安医科大学、首都医科大学、第一军医大学、上海铁道大学、原湖南医科大学等五所学校联合编写了这本《基础医学概论》。

为了使“基础医学概论”这门课有较宽的适用性,我们在编写过程中尽量照顾到基础医学领域的各个学科,使其内容在本书中都有所反映。本教材以生理学、生物化学为核心,以解剖学为基础,吸收了组织学、生物学、病理生理学以及免疫、遗传等有关内容,使其成为真正意义上的“基础医学概论”。因此,本书适用于医学院校的非医疗各专业,如生物医学工程、卫生管理、医学外语、制药等专业的本科学生;也可供综合大学和师范院校的生物学、心理学及生物技术等专业的本科学生使用。

随着科学技术的发展,基础医学领域的各学科发展很快,新知识、新技术不断涌现。现在要将这诸多学科的内容综合到“基础医学”一门课程之内,无论在结构确定、题材选择、内容取舍以及插图的配置等方面都有许多困难,尤其是目前尚无同类教材可供参考。因此,我们编写这本“基础医学概论”实属一次新的尝试。在编写过程中,我们本着淡化学科界限、强调人体整体意识的原则,对基础医学课程的内容进行了重组和优化,力求简明扼要,便于自学。在加强基本理论、基本知识和基本技能的同时,注意理论联系实践,联系临床。并视实际需要,增添了一些现代新知。为了帮助学生掌握重点、难点内容,我们在每章前编有“要点”,章后附有复习思考题,以供学生在每学完一阶段后可自测知识的掌握情况。

由于水平有限,加之编写校审仓促,因而教材的内容和形式难免有不妥之处,深望广大读者和同道专家不吝批评指正。

樊小力

2000年12月16日

目 录

第三版前言	
第二版前言	
第一版前言	
第一章 绪论	(1)
第一节 概述	(1)
一、基础医学的研究任务	(1)
二、基础医学与临床医学的关系	(1)
三、探索生命现象的基本研究方法和技术	(2)
第二节 生命活动的特征	(4)
一、遗传和变异	(4)
二、新陈代谢	(4)
三、有序的结构	(5)
四、内稳态	(5)
五、对环境变化和刺激作出反应	(5)
第三节 人体功能活动的调节	(5)
一、人体功能活动的调节方式	(6)
二、体内的自动控制系统	(6)
第二章 人体的基本构成	(8)
第一节 生物大分子	(8)
一、蛋白质	(8)
二、酶	(14)
三、核酸	(19)
第二节 细胞和细胞外基质	(24)
一、细胞的基本结构	(24)
二、细胞的增殖	(26)
三、细胞的衰老与凋亡	(27)
四、细胞外基质	(27)
第三节 组织	(29)
一、上皮组织	(29)
二、结缔组织	(30)
三、肌组织	(32)
四、神经组织	(34)
第四节 器官、系统与整体	(36)
一、人体器官、系统与整体	(36)
二、解剖学姿势、方位术语和人体的轴与面	(38)
第三章 基因信息传递、表达调控及基因重组	(40)
第一节 DNA、RNA、蛋白质的生物合成	(40)
一、DNA 的生物合成	(40)
二、RNA 的生物合成	(43)
三、蛋白质生物合成	(48)
第二节 基因变异及其生物学效应、DNA 损伤与修复	(53)
一、基因变异及其生物学效应	(53)
二、DNA 损伤与修复	(54)
第三节 基因表达调控	(55)
一、基因表达调控的基本概念	(55)
二、基因表达调控的基本原理	(56)
三、原核基因转录调节	(57)
四、真核基因转录调节	(58)
第四节 基因重组	(60)
一、基因重组原理	(60)
二、基因重组的操作步骤	(61)
三、基因重组应用	(64)
第四章 机体的运动系统	(67)
第一节 骨	(67)
一、概述	(67)
二、中轴骨骼	(68)
三、附肢骨	(72)
第二节 骨连结	(76)
一、概述	(76)
二、中轴骨连结	(76)
三、附肢骨连结	(77)
第三节 骨骼肌	(81)
一、概述	(81)
二、头肌	(82)
三、颈肌	(83)
四、躯干肌	(83)
五、上肢肌	(84)
六、下肢肌	(86)
第五章 跨细胞膜转运和细胞信号转导	(89)
第一节 细胞膜的物质转运功能	(89)
一、被动转运	(89)
二、主动转运	(90)
三、胞吐与胞饮作用	(91)
第二节 细胞通讯	(92)

一、直接通讯	(92)	第七章 物质代谢与体温调节	(146)
二、间接通讯	(92)	第一节 物质代谢	(147)
第三节 细胞的信号转导	(93)	一、糖代谢	(147)
一、离子通道型受体介导的信号转导	(93)	二、脂类代谢	(152)
二、G 蛋白偶联受体介导的信号转导	(93)	三、氨基酸代谢	(159)
三、酶联型受体介导的信号转导	(94)	四、核苷酸代谢	(164)
第四节 细胞的生物电活动	(95)	五、生物氧化	(168)
一、细胞的兴奋性	(95)	第二节 肝代谢和肝衰竭	(171)
二、静息电位	(95)	一、肝的结构	(171)
三、动作电位	(96)	二、肝的功能	(174)
第五节 骨骼肌的兴奋与收缩	(98)	三、肝衰竭	(181)
一、骨骼肌神经-肌接头处的兴奋传递	(98)	第三节 能量代谢与体温	(186)
二、骨骼肌的收缩和舒张	(99)	一、机体能量的来源与去路	(186)
第六章 神经系统	(103)	二、影响能量代谢的因素	(187)
第一节 神经系统的构成	(103)	三、基础代谢	(187)
一、概述	(103)	四、体温及其调节	(188)
二、中枢神经系统	(104)	五、体温异常	(191)
第二节 神经系统功能活动的一般规律	(119)	第八章 血液	(195)
一、反射	(119)	第一节 概述	(195)
二、突触传递	(120)	一、血液的组成与基本功能	(195)
三、神经递质和受体	(121)	二、血液的理化特性	(196)
四、中枢兴奋传播的特征	(123)	第二节 血细胞生理	(197)
五、中枢抑制	(124)	一、红细胞	(197)
第三节 神经系统对躯体运动的调节	(125)	二、白细胞	(198)
一、脊髓在躯体运动调节中的作用	(125)	三、血小板	(199)
二、脑干对肌紧张的调节	(126)	第三节 生理止血	(200)
三、小脑的功能	(127)	一、血小板的止血功能	(201)
四、基底神经节对躯体运动的调节	(128)	二、血液凝固	(201)
五、大脑皮质对躯体运动的调节	(128)	第四节 弥散性血管内凝血	(204)
第四节 神经系统对内脏活动的调节	(129)	一、DIC 的病因	(205)
一、自主神经系统的结构和功能	(129)	二、DIC 的发生机制	(205)
二、各级中枢对内脏活动的调节	(129)	三、DIC 的分期和分型	(206)
第五节 觉醒、睡眠和脑电图	(131)	四、DIC 的临床表现	(206)
一、脑电图	(131)	第五节 血量、血型 and 输血	(207)
二、觉醒状态的维持	(131)	一、血量	(207)
三、睡眠的时相	(132)	二、血型与输血	(207)
第六节 脑的高级功能	(132)	第九章 循环系统	(210)
一、学习和记忆	(132)	第一节 心脏的组织和解剖	(211)
二、语言功能	(134)	一、心包和心脏的毗邻	(211)
第七节 感受器	(134)	二、心脏的腔室及相关的大血管	(211)
一、感受器和感觉	(134)	三、心肌组织	(213)
二、眼的视觉功能	(136)	四、冠脉循环	(213)
三、听觉	(141)	第二节 心脏生理	(214)
四、前庭感觉	(144)	一、心肌的生物电现象和电生理特性	(214)

二、体表心电图	(219)	第十二章 泌尿系统	(277)
三、心动周期和心脏的泵血过程	(219)	第一节 泌尿系统概述	(277)
第三节 血管生理	(222)	一、排泄的概念	(277)
一、血管的结构与功能分类	(222)	二、泌尿系统的组成及功能	(277)
二、血流动力学	(223)	第二节 肾的解剖学和组织学	(277)
三、动脉血压	(224)	一、肾的解剖	(277)
四、静脉血压	(225)	二、肾的基本功能单位——肾单位	(278)
五、微循环	(226)	三、肾的血管结构和血液循环特点	(279)
六、组织液的生成和重吸收	(227)	第三节 尿的生成过程	(280)
第四节 心血管活动的调节	(228)	一、尿生成的基本过程	(280)
一、概述:调节的对象、方式、水平、指标和目标	(228)	二、肾小球的滤过功能	(280)
二、神经调节	(228)	三、肾小管和集合管的重吸收和分泌功能	(282)
三、体液调节	(230)	四、尿液浓缩和稀释的调节机制	(286)
四、自身调节	(232)	五、肾小管和集合管的重吸收与分泌功能的调节和影响因素	(288)
第五节 心血管的病理生理	(232)	第四节 肾功能的回顾	(290)
一、动脉粥样硬化及相关心血管疾病	(232)	一、肾在维持内环境稳态方面的功能	(290)
二、高血压	(234)	二、肾的其他功能	(290)
三、心力衰竭	(236)	第五节 尿的传输、储存和排放	(291)
第十章 呼吸系统	(241)	一、输尿管、膀胱和尿道的结构和神经支配	(291)
第一节 呼吸系统的组成	(241)	二、膀胱的功能与尿的排放	(291)
一、呼吸道	(241)	第六节 肾衰竭	(292)
二、肺	(242)	一、肾衰竭的主要类型	(292)
三、胸廓	(244)	二、慢性肾衰竭及其主要表现	(292)
第二节 呼吸的生理过程	(244)	三、肾衰竭的透析疗法	(292)
一、肺通气	(244)	第十三章 内分泌系统	(294)
二、气体交换和运输	(249)	第一节 概述	(294)
第三节 呼吸运动的调节	(253)	一、激素的分类	(294)
一、呼吸中枢与呼吸节律的形成	(253)	二、激素作用的一般特性	(295)
二、呼吸运动的反射性调节	(255)	三、激素的作用机制	(296)
第四节 缺氧和呼吸衰竭	(256)	第二节 下丘脑与垂体	(297)
一、缺氧的类型和发生机制	(256)	一、下丘脑调节肽	(298)
二、呼吸衰竭	(259)	二、腺垂体激素	(298)
第十一章 消化系统	(263)	三、神经垂体激素	(300)
第一节 消化系统的组成	(263)	第三节 甲状腺	(301)
一、消化管	(263)	一、甲状腺激素的合成与代谢	(302)
二、消化腺	(265)	二、甲状腺激素的生物学作用	(303)
第二节 消化和吸收	(266)	三、甲状腺功能的调节	(303)
一、消化	(266)	第四节 肾上腺	(305)
二、吸收	(271)	一、肾上腺皮质激素	(305)
第三节 消化器官活动的调节	(274)	二、肾上腺髓质激素	(306)
一、神经调节	(274)		
二、体液调节	(275)		

第五节 胰岛	(307)	二、免疫细胞	(328)
一、胰岛素	(307)	三、免疫分子	(332)
二、胰高血糖素	(309)	第三节 免疫应答	(334)
三、生长抑素和胰多肽	(309)	一、T 细胞介导的细胞免疫应答	(334)
第十四章 生殖与遗传	(310)	二、B 细胞介导的体液免疫应答	(336)
第一节 男性生殖器官及功能	(310)	第四节 临床免疫	(337)
一、男性生殖器官的结构	(310)	一、超敏反应	(337)
二、睾丸的功能	(311)	二、免疫缺陷病	(340)
三、睾丸功能的调节	(312)	三、自身免疫与自身免疫病	(341)
第二节 女性生殖器官及功能	(313)	第五节 免疫学在医学中的应用	(343)
一、女性生殖器官的结构	(313)	一、免疫学诊断	(343)
二、卵巢的功能	(314)	二、免疫学预防	(344)
三、卵巢功能的调节	(316)	三、免疫治疗	(344)
四、月经周期	(316)	第十六章 病原性生物	(346)
五、卵巢功能的衰退	(317)	第一节 细菌	(346)
第三节 妊娠与分娩	(317)	一、细菌的生物学特性	(346)
一、受精与着床	(317)	二、细菌致病性与免疫性	(348)
二、妊娠的维持	(317)	三、细菌感染的检查方法与防治原则	(350)
三、分娩	(318)	四、常见病原性细菌	(351)
第四节 遗传与变异	(318)	第二节 病毒	(355)
一、人类染色体与染色体畸变	(318)	一、病毒的基本性状	(355)
二、基因与基因突变	(319)	二、病毒的感染与免疫	(356)
三、遗传性疾病	(320)	三、病毒感染的检测方法和防治原则	(357)
第十五章 机体的免疫系统	(324)	四、常见致病性病毒	(357)
第一节 概述	(324)	第三节 其他病原微生物	(362)
一、机体的免疫功能	(324)	第四节 医学寄生虫	(364)
二、免疫的类型	(325)	一、概述	(364)
三、抗原	(325)	二、医学原虫	(365)
第二节 免疫系统的组成	(326)	三、医学蠕虫	(367)
一、免疫器官	(326)		

索引

第一章 绪 论

要点:①基础医学的基本任务是阐明人体的正常形态、结构和功能活动规律,揭示疾病状态下生理功能的变化及其机制。②基础医学是临床医学的理论基础。③生命的基本特征包括遗传与变异、新陈代谢、有序的结构、内稳态、对环境变化或刺激产生反应等。④内环境的稳态对于机体每一个细胞自身的稳态、功能和生存,以致整个机体的生存具有至关重要的意义。内环境稳态的维持有赖于机体各个器官系统的协同配合。⑤人体功能活动的调节方式包括神经调节、体液调节和自身调节。⑥从控制论的角度可把人体功能的调节分为负反馈、正反馈和前馈调节3种方式。

第一节 概 述

一、基础医学的研究任务

基础医学(basic medicine)是研究人体的正常形态、结构和功能活动规律,疾病状态下生理功能变化及其机制的一门学科。

基础医学是若干医学基础课程的总称,其中概括了医学基础课程的主要内容,涵盖的课程包括:人体解剖学、组织学、细胞及分子生物学、生理学、生物化学、医学遗传学、微生物与免疫学、病理生理学、病理解剖学等。其内容可概括如下。

1. 研究人体的正常形态、结构

基础医学分别从不同角度和不同水平研究分子、亚细胞、细胞、组织、器官和器官系统及人体整体的形态结构。人体解剖学研究各器官系统的正常形态结构,而组织学则从微观水平阐明组织、细胞和细胞器的微细结构及其与功能的关系。只有掌握人体正常形态结构,才能正确理解人体的生理功能和病理变化。

2. 以细胞为中心从分子水平研究细胞的功能和调控

具体研究的内容包括基因的结构、表达和调控;核酸、蛋白质、脂质及其他大分子的合成、功能和调控;细胞的代谢过程;细胞分化、增殖的调控;细胞信号系统及其网络的结构、功能和调控;细胞膜的转运功能等。这方面涉及细胞及分子生物学、细胞生理学、生物化学、医学遗传学等方面的内容,是近年来进展最为突出的部分。

3. 研究人体各个器官及器官系统的功能、调控和相互关系

以器官和器官系统为中心,研究机体完成某一特定功能的过程和调控机制。阐明不同器官系统在维护整个机体内环境的稳态和保障生命活动正常运行方面,如何各司其职,相互依存和配合。

4. 研究疾病的病因、发生发展及其转归的规律

每一种疾病的发生都与外部的病因和机体内在的条件有关,其进展和转归也各不相同。基础医学的一个重要任务是研究各种疾病形成的基本机制及发展和一般规律,并为研究各种疾病发生发展的特殊规律、预防和诊治提供理论依据。其中病理解剖学侧重疾病条件下细胞、组织和器官形态学研究;而病理生理学则侧重机能变化和发病机制方面的探讨。

二、基础医学与临床医学的关系

基础医学与临床医学的关系如同基础理论与应用科学的关系。

基础医学主要是阐明人生命活动本质、特征和规律的科学。临床医学来源于人类与疾病斗争的实际需求和斗争经验的长期积累,是研究疾病的病因、诊断、治疗和预防的科学。所谓疾病是指机体任何部分出现结构和功能异常的一种状态,这种异常与正常生命活动相比较而存在,相比较而被鉴别,相比较而被研究。基础医学的快速发展不但使人类对自身正常生命活动

的认识不断深化,同时也深化了对疾病的认识。现代临床医学要求临床工作者掌握基础医学的理论,并以此指导各项医疗实践活动。

医学的发展历史反复证明,基础医学的研究往往超前临床医学的发展,同时又对临床医学的发展具有巨大的引导和推动作用。以核酸研究为例,早期遗传学研究曾提示核酸与遗传信息相关,而20世纪50年代DNA双螺旋结构模型的提出,不但阐明了DNA分子的结构特征,而且为随后阐明DNA在高保真传递遗传信息方面的作用奠定了基础。人类基因组测序工作的完成进一步使生命科学研究深入到基因分子水平,其深远影响不仅限于医学领域,而且涉及工业(如制药业)和伦理学等。在临床,从诊断、治疗到预防各个环节,处处可以看到由基础医学发展带来的深刻变化,新的理念、技术和方法不断涌现,如基因诊断、正电子发射型计算机断层显像、肿瘤标志物、基因工程药物、心脏起搏器、人工耳蜗、试管婴儿、造血干细胞移植、转基因治疗、组织工程、3D器官打印等。

三、探索生命现象的基本研究方法和技术

人的生命是一个多层次的复杂系统,从微观到宏观,生命的结构层次可分为:分子、细胞器和细胞、组织和器官、器官系统,最高层次为整体或称整个系统。研究生命现象的基本方法是科学实验。生命科学发展的历程表明,只有综合应用多学科的理论和方法,才有可能阐明生命活动的规律。学科的交叉一方面使学科分支的分界变得模糊,另一方面又孕育新的理论、方法和交叉学科的产生。

(一) 选择适当的实验对象

人类对生命活动的认识不仅来源于对各种生命的研究(动物和植物),还得益于对病毒(不具备生命的所有特征,但具有遗传特性)的研究。

各种生物(从细菌到人类)都可用于生命科学的研究中。低等动物甚至植物与高等动物虽然在各方面相差很远,但是在基因或进化方面还是存在着千丝万缕的联系,有时应用低等动物(甚至植物)作为研究对象反而更易于获得成功。例如,孟德尔选用豌豆进行遗传学研究;对神经动作电位形成机制的研究最初是在乌贼巨大神经轴突(直径在毫米量级)开展的;电鳗的电器官因富含乙酰胆碱N型受体而成为提纯该受体的最佳材料;鸡胚是研究胚胎发育过程的良好模型;对果蝇突变通道的研究导致了人类ether à go-go (EAG)通道家族和瞬时感受器电位(transient receptor potential, TRP)通道家族的发现;RNA干扰(RNA interference, RNAi)的机制首先是在简单的模式生物——线虫上得到阐明。小鼠易于繁殖,其90%的基因组与人类基因组相似,因而成为常用的实验动物。当今制备转基因动物模型多数都选用小鼠。病毒含有

核酸,可感染细胞,与生物进化和疾病的发生关系密切,因而成为重要的研究对象。RNA病毒逆转录酶的发现不仅修正了人们对DNA复制中心法则的认识,还促使逆转录聚合酶链反应(reverse transcription-polymerase chain reaction, RT-PCR)技术的形成。这一技术已在生命科学研究中得到广泛应用。病毒的另外一个用途在于制备基因载体,以便将目的基因导入真核细胞。

(二) 实验层次和实验技术的选择

1. 分子水平研究

分子水平的研究是指研究生命中各种分子的化学成分、立体结构、相互作用、有关的化学反应、调节过程及功能,这些都属于生物化学研究的范畴。糖、脂肪和蛋白质的代谢过程早已被生物化学家所阐明。DNA、RNA和蛋白质等生物大分子是当代生命科学最为活跃的研究领域之一。这方面的研究与分子生物学、细胞生物学和遗传学的研究重叠,研究中可采用技术如DNA、RNA和蛋白质提取, RNA和DNA测序,聚合酶链反应(polymerase chain reaction, PCR)和逆转录酶-聚合酶链反应,电泳,蛋白质印迹法(Western blotting),共沉淀,染色体分离和基因定位等。分析生物大分子的结构和功能还需利用物理学的理论和手段,如光谱分析、质谱分析、同位素标记、X线衍射、扫描隧道显微镜等。人类基因组测序工作的完成,使得研究从孤立针对某些基因,进入从整体解析人类基因组的新时期。随后开展的转录组和蛋白质组学工作进一步推进了对生命的研究。与此同时,海量生物信息的产生和计算机技术的应用更催生了一个新的学科——生物信息学。生物信息学是联系分子水平与其他水平研究,特别是系统水平研究的纽带。

2. 亚细胞及细胞水平的研究

亚细胞结构主要是指细胞器,如细胞核、内质网、高尔基体(高尔基复合体)、细胞膜、线粒体等细胞内的结构。所有细胞都具备这些基本的结构,因此细胞可谓是生命体最基本的结构和功能单位。细胞作为一个相对独立的结构,每一个细胞即可视为一个生命体。在适宜的条件下,从多细胞生物中分离出的单个细胞可以独立生存,有可能进行细胞分裂,甚至可能发育成一个完整的个体。因此,细胞是研究生命现象最简单的模型,对阐明许多生命活动的基本规律具有重要用途。

亚细胞及细胞水平的研究主要包括:大分子的合成、运输、定位、相互作用、降解及调控;细胞器的结构和功能;细胞周期的调控;细胞的信号转导系统;细胞的分化、生长、增殖、衰老、凋亡的机制;细胞的分泌、吞噬、迁徙、收缩、电活动的机制等。为此可采用的方法包括:细胞和细胞器的分离;细胞培养;免疫细胞化学染色;荧光探针标记;显微镜技术(普通光学显微镜、相差显微镜、激光共聚焦显微镜、电

镜等)；转基因、基因敲除、RNAi 等技术；PCR、RT-PCR、原位杂交、蛋白质印迹法；细胞电生理技术(普通微电极、膜片钳和双电极电压钳)等。

在不同的实验中通常需组合选用几种技术。例如，为在活细胞中研究某种蛋白质的作用，可结合应用以下 3 种研究技术：①通过细胞培养术提供活的研究对象——细胞；②在活细胞中应用报告分子(如绿色荧光蛋白)标记所要研究的特定蛋白，观测其表达、运输、锚定和功能；③采用高分辨荧光显微镜获取图像和数据。为研究心肌钠通道基因突变与某种心律失常的关系，需要：①从突变基因携带者血液细胞中提取 DNA，分析钠通道基因突变位点；②构建含突变钠通道基因的质粒，导入哺乳动物细胞系细胞或爪蟾卵；③用蛋白免疫沉淀的方法确定钠通道突变体成功表达，或同时用免疫细胞化学和显微镜技术确定通道突变体在细胞的定位；④用膜片钳和双电极电压钳技术确定钠通道突变体在功能上的变化；⑤分析钠通道突变与患者心电图异常的关系。

3. 组织和器官水平的研究

组织包含细胞和基质，而器官由几种组织构成。

尽管细胞是组织和器官的主要成分，但是孤立的细胞并不都能完成在组织和器官上所发挥的功能。例如，单个上皮细胞无法完成上皮细胞的转运功能(如吸收功能)；在单个心肌细胞不可能诱导折返性心律失常；同样，单个神经细胞也不可能具备神经网络的功能。因此，细胞水平的研究不能代替组织和器官水平的研究。

组织和器官水平的研究通常是在离体灌流条件下完成的。离体状态下便于控制实验条件和分析结果，而灌流在于维持组织和器官相对正常的功能状态。这类研究很多，如血管或血管条、肠管、心肌条、心房或完整心脏、脑片等都是常用的研究标本。实验中可同时记录收缩力(或压力)、电活动等指标。组织和器官水平的研究具有悠久的历史，即使在分子生物学迅速发展的今天，仍不失为有效的研究方法。本教材的许多内容来源于组织和器官的研究成果。图 1-1 介绍了 Furchgott 的著名研究，他的研究导致了气体信号分子 NO 的发现，并使他获得 1998 年诺贝尔生理学或医学奖。

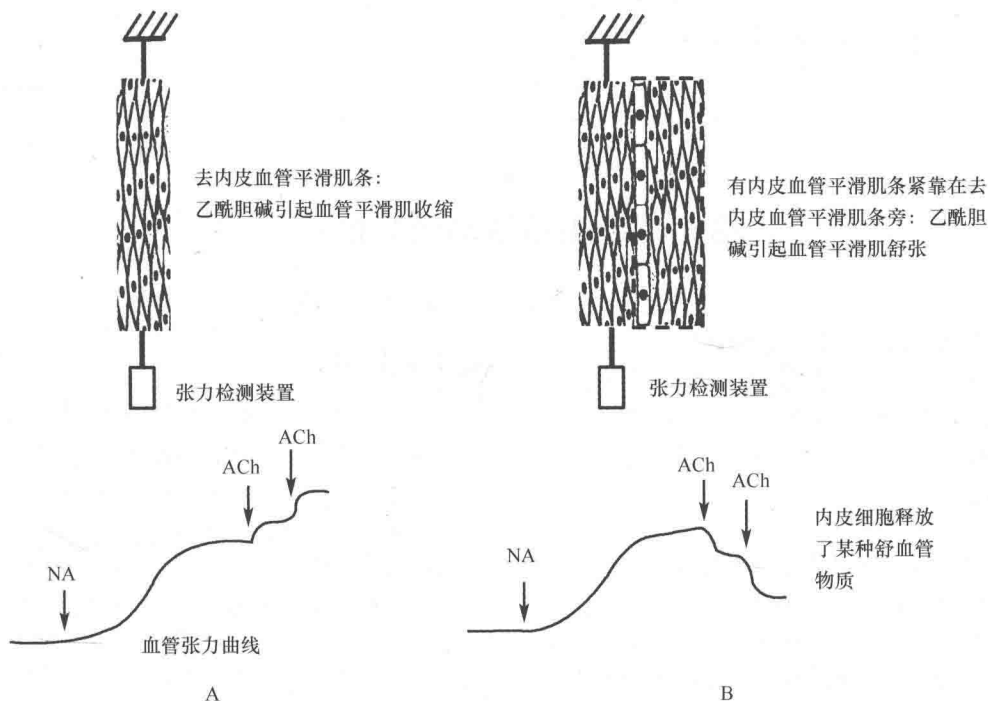


图 1-1 乙酰胆碱血管作用的内皮细胞依赖性(示意图)

实验在灌流条件下进行，同时记录血管张力曲线(下图，向上表示收缩)。A 图灌流的是去除内皮细胞的血管平滑肌条。灌流液中应用去甲肾上腺素(NA)后，平滑肌(以梭形细胞表示)收缩，张力升高。继续加入乙酰胆碱(ACh)，导致平滑肌进一步收缩。B 图的实验中，除使用 A 图的标本外，另使用一条内皮细胞(以矩形细胞表示)完整的血管平滑肌条(如虚线矩形所示)，紧贴在去内皮血管平滑肌条旁。结果表明在有内皮细胞的条件下，乙酰胆碱导致平滑肌舒张。研究结果提示乙酰胆碱作用于内皮细胞并使之释放了一种血管舒张因子。

4. 系统水平的研究

从分子到器官水平的研究，极大地丰富了人们对

自身生命过程的认识，然而这些研究结果多数是在非生理条件下获得的，还需要在生理条件下或整体条件下进一步验证、补充和修正。特别应指出的是，有些

在整体条件下研究的结果是不可能从机体局部的实验中获得。例如,望梅止渴这一反射只存在于神志清醒和有过吃梅子经历的人,而在唾液腺灌流实验或对神经元的研究中是不可能观察到的。整体水平研究注重在生理状态下,分析系统内不同组分各自的和相互作用及其对整体(系统)的影响。

以运动中的调节为例,发挥调节主导作用的是神经系统和内分泌系统,而被调节或受影响的部分几乎遍及全身,其中包括血压、心肌收缩性、心率、回心血量的变化;肺循环、呼吸、血气的变化;冠脉、肌肉、肾、皮肤血流量的变化;代谢和体温的变化等。就心肌细胞而言,还伴有环磷酸腺苷(c-AMP)水平,钠和钙离子浓度,钠、钾、钙通道电流,钠泵和动作电位等的变化。在整个调节过程中,机体一方面充分调动各个方面的潜能,以适应运动中耗能和做功的需求,另一方面还要强化对内环境稳态的维持以克服运动带来的扰动。

进行系统水平研究的一个重要方法是制备适当的动物模型。俄国生理学家巴甫洛夫在研究神经系统对胃液分泌的影响时,曾创建了一个著名的假饲(sham feeding)动物模型(图1-2)。该实验证明来自视觉、嗅觉和味觉的食物刺激信息可引起胃液分泌。巴甫洛

夫对消化系统生理的研究获得了1904年诺贝尔生理学或医学奖。动物模型有很多,如研究机体对低氧、高温、严寒、失重等刺激的反应有各种对应的动物模型;为模拟人类疾病(糖尿病、高血压、高血脂、肿瘤、抑郁症等)也有不同的动物模型。随着基因工程技术的发展,修饰动物基因的技术日趋成熟,各种新的动物模型必将在系统水平促进对基因功能与调控的研究。

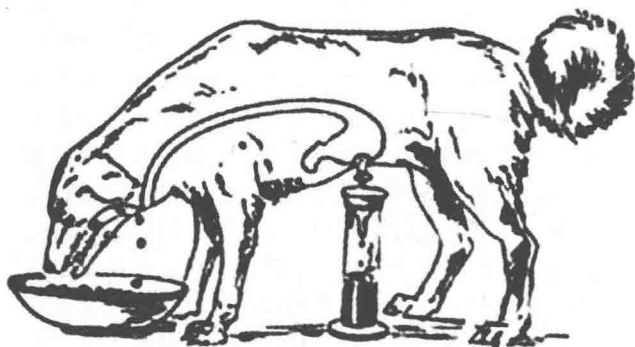


图1-2 巴甫洛夫的假饲实验

实验前的手术包括制备颈部食管瘘和胃瘘两个部分。手术恢复后,实验在动物清醒条件下进行。犬进食时,食物从食管瘘管漏出并不进入胃,而胃液可从胃瘘管收集(引自 <http://www.massey.ac.nz>)

(钮伟真)

第二节 生命活动的特征

生命科学是研究生命活动及其规律的科学。所有生命过程都体现如下基本特征:遗传(heredity)和变异(variation)、新陈代谢(metabolism)、有序的结构、内稳态(homeostasis)、对环境变化和刺激作出反应等。

一、遗传和变异

遗传和变异是生物的重要特征。生命的遗传信息存在于基因组DNA序列中。对于有性生殖,遗传信息主要来源于精子与卵子,受精卵继承了来自父本和母本的DNA信息。受精卵的DNA序列中蕴藏大量遗传信息,决定一个新生个体发育、生长、成熟和衰老的全过程,通过遗传,物种的大量性状得以稳定维持和传递。然而,子代的DNA序列与亲代并不是完全相同,这一差异导致子代的性状特征(如外形和代谢特征)在一定程度上区别于亲代。任何因基因的变化引起生物体性状改变的现象称为变异。对于生物,没有变异就不会出现新的性状,因此,没有变异就没有生物的进化。

二、新陈代谢

生命体,包括单细胞生物,均可视为一个相对开放的系统。其基本特征是能与外部环境进行持续不断的物质、能量和信息的交换,同时又有明确分界、能维持自身相对稳定的结构和功能活动。

机体与环境的物质和能量交换称为新陈代谢,包括同化作用和异化作用两个方面。同化作用即合成代谢,指机体从外界环境摄取各种营养物质,合成自身物质,促进生长发育。异化作用又称为分解代谢,指机体把吸收的或自身合成的物质分解,产生能量以满足机体各种活动的需要。能量和物质是维持生命运转的最基本的条件。对于人类而言,生命系统的开放特征突出地体现在消化系统、呼吸系统和泌尿系统的系统定位和功能。机体通过消化系统从外界摄取营养物质,通过呼吸系统与外界进行气体交换,通过泌尿系统排出大部分代谢产物。整个交换过程都依赖于血液循环的运输功能。

三、有序的结构

生命体在结构和功能方面明显地表现出精密有序的特征,这一特征很大程度上是由遗传信息——DNA序列所决定的。

一个机体中所有细胞均保有同样的基因结构。基因的排列井然有序、表达精确受控。一个细胞将细胞膜、细胞质、线粒体、内质网、细胞核等多种细胞器有序地组成生命的基本单元。每个细胞均含有一整套可分别参与核酸、蛋白质、脂质和糖代谢的酶系列。同一时间内,各种不同的化学反应在相应酶的催化下,以惊人的速度有条不紊地进行。每一个细胞实际上就是一个微小和复杂的系统,且是以相对开放状态运转的。

整个机体同样是一个高度有序的系统。新的生命从受精卵开始,在时空发育信息的精确控制下,经过细胞不断增殖、分化、更新,最终自我装配成为一个成熟的个体。形态相似、结构和功能相同的细胞聚集成组织(如结缔组织、肌肉组织、神经组织等);不同组织进而构成具有特定功能的器官(如胃、肠道、心脏、肺等);若干器官构成器官系统(如消化系统、循环系统、神经系统等);多层次的结构最终组成一个复杂而严密有序的生命系统。整个生命活动在各个器官系统的相互配合下得以有序地运行。机体从系统外获得能量和物质是构建和维持精确有序生命系统的最基本的条件。

四、内稳态

生命是一个高度自稳系统。在基因层面,生物体通过生殖保证种系特征稳定地遗传;细胞在分裂过程中通过基因复制实现遗传信息高保真地传递。细胞对基因的表达有严格的调控机制。

单细胞生物通过细胞膜与外界环境进行物质、能量和信息的交换,能够稳定地维持一个与外界理化特征完全不同的且具有有序结构的胞内环境,即能维持细胞内的稳态。因此,一个单细胞生物既是开放的也是自稳的系统。

人体作为整体,同样是自我稳定的系统。机体的绝大多数细胞一般不与外界环境直接接触,而是浸浴在细胞外液中。这样细胞外液就成为了这些细胞的生存环境,称为机体的内环境(internal environment)。细胞外液(extracellular fluid)包括血浆、淋巴液和细胞间液(或称组织液,interstitial fluid)。研究发现,在生命活动中,内环境的成分和理化性质只在一个狭小的范围内波动。例如,正常人体温在 37°C 左右,每天波动幅度不超过 1°C ;血浆pH波动于 $7.35\sim 7.45$;其他如血氧、无机离子(K^{+} 、 Na^{+} 、 Ca^{2+} 、 HCO_3^{-} 等)、葡萄糖、代谢产物(CO_2 、尿素、肌酐等)等物质的浓度均维持在一定范围。内环境的成分和理化性质始终保持着相对恒定的状态,这一状态称为内环境的稳态或内稳态。

内环境是机体绝大多数细胞与胞外进行物质、能量和信息交换的场所。一方面,内环境为细胞提供水、氧气、能源物质、构建和更新细胞结构的原料、理化信号(力学、渗透压、激素、生长因子等)等;另一方面,细胞向内环境排出代谢产生的 CO_2 和无机酸等。因此,内环境的状态对于机体每一个细胞自身的稳态、功能和生存以至整个机体的生存具有至关重要的作用。

内环境稳态的保持有赖于机体各个器官系统协同配合,同时也是机体各个器官以至整个机体维持正常生命活动的必要条件。生命的开放性决定外界必然会对内环境造成扰动,而稳态的存在说明机体具有一套机制纠正内环境偏离稳态。例如,机体可通过改变肺通气量和心排血量来适应不同运动量条件下肌肉对氧气的需要;当水摄入量变化时,机体通过控制抗利尿激素的分泌,调节尿量以保证体液量和渗透压的稳定。机体对内环境纠偏的能力有赖于多个器官系统的配合运作,而纠偏能力的下降则反映机体某些器官功能的受损。

内环境是机体健康状态的一面镜子,临床中医生对患者的少量血样的分析结果,常成为临床诊断的有力依据。

五、对环境变化和刺激作出反应

对环境变化和刺激作出一定反应是生命体生存的基本保证和特征。实验表明,即使简单的生命体(如草履虫)也可以感受化学、光、热和电磁场等多种刺激,并作出一定反应。高等动物与外界的信息交换则更为复杂多样。机体作为一个开放系统,不断接受来自外界环境的各种刺激信号,并通过各种信息网络系统(如神经、免疫、内分泌等系统)的整合后产生一定反应,这些反应可分别体现在器官和细胞的结构与功能、机体行为及基因表达等方面各种复杂的改变。

(钮伟真)

第三节 人体功能活动的调节

人体功能的调节可分别发生于不同层次。实际上,调节不限于功能,还经常伴随细胞和组织结构及基因表达的改变。调节的结果可表现为:①机体器官和系统功能活动的改变,如体温、血压、代谢率、心率、心排血量、呼吸频率、肺通气量、肾小球滤过率、神经兴奋性、激素分泌量的变化等;②基因表达、细胞功能和结构的改变。而调节的方式主要有神经调节、体液调节和自身调节。3种调节方式相互配合使机体的生理活动更趋于完善。调节过程突出地体现在机体对内外环境变化(既是信息也是刺激)的感受、转导、

放大、整合和反应等一系列事件中,其中信号的通路和网络是研究的重点。

一、人体功能活动的调节方式

(一) 神经调节

神经调节是指由神经系统对细胞、组织和器官系统实施的调节,它是人体最为重要的调节方式之一。神经系统调节的基本方式是反射。所谓反射是指在中枢神经系统的整合下,机体对内外环境变化所作出的规律性应答反应。

反射的结构基础是反射弧 (reflex arc),它由5个部分组成,即感受器、传入神经、中枢、传出神经和效应器。感受器 (receptor) 是指能接受刺激、并能将刺激转换为神经动作电位的特定结构,如皮肤的各种感受器、视网膜的光感受器、耳蜗的听觉感受器等。中枢 (center) 是指位于脑和脊髓内的司职某一整合功能的神经元群 (核团)。效应器 (effector) 是指对刺激最终产生应答的器官。传入神经 (afferent nerve) 是指将感受器转换后的动作电位传输至中枢的神经通路;而传出神经 (efferent nerve) 则是指将中枢决策信号 (动作电位) 传输至效应器的神经通路。例如,在膝反射 (knee reflex) 中,叩击髌韧带 (一种牵拉刺激) 时,激活股四头肌内的肌梭 (muscle spindle) (一种牵张感受器) 产生神经动作电位,动作电位经传入神经到达控制股四头肌的脊髓前角运动神经元 (中枢),该神经元对输入信号整合后再次发出动作电位,经脊髓前角运动神经元的轴突 (传出神经) 传输到股四头肌 (效应器),引起该肌肉收缩。反射活动需要完整的反射弧结构和功能,其中任意一个环节被破坏都将导致反射消失。

(二) 体液调节

体液调节 (humoral regulation) 是指机体内某些细胞通过产生的特殊化学物质、并通过细胞外液途径影响细胞、组织和器官功能的一种调节方式。经典的调节物质是激素 (hormone),其次是组织分泌的一些仅作用于局部 (包括自身) 的小分子物质或代谢产物。体液调节物质是高效能物质,分泌量虽然很少,但是能作为某种信息的载体 (称为第一信使) 发挥强大的调节作用。这些调节物质经血液运输或经细胞间液扩散至靶细胞,特异性地结合于靶细胞表面或内部的对应蛋白质 (称为受体, receptor)。受体被激活后,有关信息被进一步转导、放大、整合,直至产生一定反应。另外,人体内不少内分泌腺或内分泌细胞还直接接受神经的支配,这样体液调节成为神经调节反射弧的传出部分,这种调节称为神经-体液调节 (neurohumoral regulation)。例如,当交感神经兴奋时,可促使它所支配的肾上腺髓质分泌肾上腺素和去甲肾上腺素,而后两者以激素的形式作用于全身发挥作用。

(三) 自身调节

自身调节 (autoregulation) 是指机体某些器官和细胞在不依赖于神经和体液调节的情况下,自身对刺激产生的一种适应性反应。例如,在一定范围内,心肌的收缩力与心肌纤维初长度呈正相关,这种调节称为心肌的异常自身调节。肾对自身血流量也有调节作用,研究表明,在一定肾动脉压力范围内,肾血流量可维持相对稳定,说明随动脉压上升和血管壁张力增加,血管平滑肌相应收缩,导致肾血管阻力增加,保证了肾血流量不会因血压的升高而明显增加,反之亦然。

二、体内的自动控制系统

1948年,美国科学家诺伯特·维纳发表了著名的《控制论——关于在动物和机器中控制和通讯的科学》一书。该书中系统地论述了人体生理功能和工程学在控制方面的共同规律。按照控制论的原理,人体功能调节系统可被视为一个复杂的自动控制系统,该系统由不同层次的子系统构成,精确地调节人体的各种结构和功能活动。控制论用数学方法研究系统中信号的传输和控制过程。人体调节系统可分为反馈控制和前馈控制两类系统,而反馈控制系统 (feedback control system) 是一个闭环控制系统,根据反馈信号的作用,又可进一步区分为正反馈系统和负反馈系统。

(一) 人体的反馈控制系统

1. 人体内的负反馈控制系统

人体是一个相对开放而稳定的系统。面对一个多变的外部环境,各种扰动是不可避免的。所谓机体内环境稳态不仅是指机体处于某种稳定状态,更重要的是强调机体具有克服各种扰动或具有纠偏的能力。机体就是通过大量负反馈 (negative feedback) 机制,实时监测各种扰动造成的影响,调节机体多方面的功能活动,维持机体的稳态。

图1-3显示人体体温调节的大致过程。人体下丘脑某些神经元具有设定机体温度的功能,称为温度调定点 (set point) 神经元。该神经元发出信号 X , 控制下丘脑体温中枢 (控制部分), 进而调节机体产热和散热过程 (受控部分) 并最终决定机体的实际温度 (系统输出 Y)。当不存在干扰 ($\Delta y=0$) 时, Y 由 X 决定, 即 $Y=F(X)$ 。下丘脑还同时具有温度敏感神经元 (监测装置), 可监测因扰动造成的实际体温变化 (Δy), 为体温中枢提供参考信息 (Δx)。由于这个参考信息 (Δx) 被回输到体温中枢的输入端, 故称为反馈信号。有了反馈信息, 整个控制通路即形成一个环路 (称为闭环控制)。

下丘脑的某些神经结构, 具有比较器的功能, 可将调定点信息 X 与反馈信息 Δx (反映实际体温的变化) 的差值 ($X-\Delta x$) 输入到体温调节中枢, 通过调节促使输出误差 Δy 趋向零。例如, 运动 (一种扰动)