



中国科学院教材建设专家委员会规划教材
全国医学高等专科学校教育案例版规划教材

供高职高专护理类、临床医学类、医学技术类、
卫生管理类、药学类专业使用

生理学

主编 周裔春



科学出版社

013049712

R33-43

21

中国科学院教材建设专家委员会规划教材 全国医学高等专科学校教育案例版规划教材

供高职高专护理类、临床医学类、医学技术类、卫生管理类、
药学类专业使用

生 理 学

主 编 周裔春

副主编 赵 勇 刘 萍 王光亮 何 巍

编 者 (按姓氏汉语拼音排序)

付慧英 江西医学高等专科学校

何 巍 九江学院基础医学院

李兴暖 九江学院基础医学院

刘明惠 邢台医学高等专科学校

刘 萍 南阳医学高等专科学校

吕淑红 邢台医学高等专科学校

孙晓霞 运城护理职业学院

王光亮 邢台医学高等专科学校

徐劲松 南昌大学第二附属医院

张 敏 九江学院基础医学院

赵 勇 九江学院基础医学院

周裔春 九江学院基础医学院

朱 彪 复旦大学中山医院

科 学 出 版 社



北航

C1656813

R33-43
21

01064030229

· 版权所有 侵权必究 ·

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303(打假办)

内 容 简 介

本教材为中国科学院教材建设专家委员会规划教材和全国医学高等专科学校教育案例版规划教材,主要供高职高专临床医学和护理学专业使用,也可供医学技术类、卫生管理类、药学等专业使用。教材以人体器官系统的功能为主线展开编写,包括绪论、细胞的基本功能、血液、血液循环、呼吸、消化和吸收、能量代谢和体温、排泄、感觉器官的功能、神经系统的功能、内分泌、生殖等章节。为了加强教材与临床的结合,拓展学生的知识面,体现临床医学和护理学专业的特色,全书增加了大量的链接内容。为了使学生通过学习能顺利通过职业资格考试,每章还增加了要点总结与考点提示、几种常见类型的大量经典复习思考题以及病案分析,切实作到全面落实十二五教育规划纲要,以服务行业为宗旨,以就业为导向,深化产教结合,突出教材编写与行业对接的目标。

图书在版编目(CIP)数据

生理学 / 周裔春主编. —北京:科学出版社,2013

中国科学院教材建设专家委员会规划教材·全国医学高等专科学校教育案例版规划教材

ISBN 978-7-03-037125-6

I. 生… II. 周… III. 人体生理学-医学院校-教材 IV. R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 049355 号

责任编辑:许贵强 / 责任校对:刘亚琦

责任印制:肖 兴 / 封面设计:范璧合

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>

盛志印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年6月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2013年6月第一次印刷 印张:17

字数:405 000

定价:36.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

医学教育是精英教育,能力培养尤为重要。由于案例式教学比传统的教学方式更加注重学生能力的培养,更加符合医学教育的内在规律,因而在全球越来越多的国家得到推广。近年来,我国许多医学院校也开始注重并尝试案例式教学,并在一些院校取得了可喜的成效。自2002年以来,科学出版社在教育部的指导下与全国百余家本专科医学院校共同探索、研究医学案例式教学,并出版了一系列案例版规划教材,在医学教育界引起了强烈反响。经过十余年的实践,这些教材已得到学校师生的广泛认可。

在此背景之下,受科学出版社的委托,我们组织了6家本专科院校和两家附属医院13位极富热情的资深一线教师和临床医师,参阅了大量的相关教材和资料,并吸取科学出版社以前许多案例版教材的成功经验,共同编写了这本全国医学高等专科学校教育案例版《生理学》规划教材。

这本案例版《生理学》教材在总体编写思路上尽力做到全面落实十二五教育规划纲要,以服务行业为宗旨,以就业为导向,深化产教结合,突出教材编写与行业对接,提高教材编写质量,努力打造精品教材。本教材具有以下特色:

1. 紧贴国家执业医师(助理执业医师)资格考试和全国护士执业资格考试的要求,以“必需、够用”为度,精选内容,其深度和广度严格控制在三年制专科临床医学和护理学专业教学的要求范畴内,以适应为基层、社区和农村培养实用型医学人才的需求。

2. 在教材编写过程中,注重对学生分析能力、实践能力的培养,为学生将来的学习和工作打下坚实的基础。为了加强生理学教学与临床的结合,体现临床医学和护理学专业的特色,突出专业特点,全书增加了100余个临床联系内容,并在每章后都有一个病案分析,使学生在学生理学的过程中就能提前接触到临床医学知识,提高学生学习生理学的兴趣和学习效果,使生理学与临床课程的学习有效衔接起来。

3. 为了使学生学习能通过顺利通过执业资格考试,在每章后增加了要点总结、考点提示和几种常见类型的大量经典复习思考题,切实做到以服务行业为宗旨,以就业为导向,深化产教结合,突出教材编写与行业对接的目标。

本教材在大纲的修订和教材编写过程中,得到了中南大学湘雅医学院管茶香教授以及各参编院校许多专家、教授的大力指导和帮助,各位编者在编写过程中也非常敬业认真,反复修改。由于我们的学识水平和经验有限,教材中难免存在一些不足甚至错误之处,我们恳请使用本教材的老师和同学提出宝贵的意见和建议,以便再版修订时能及时更正。在此,也向给予了我们大力指导和帮助的专家和教授、其他编者、使用这部教材并提出宝贵意见和建议的师生们以及科学出版社表示衷心的感谢!

编 者

2013年3月

目 录

第一章 绪论	(1)	第二节 体温	(145)
第一节 生理学的内容及其研究		第八章 排泄	(154)
方法	(1)	第一节 肾的功能解剖和血液	
第二节 生命活动的基本特征	(3)	循环	(154)
第三节 人体与环境	(5)	第二节 尿的生成	(156)
第四节 人体功能的调节	(6)	第三节 尿的浓缩和稀释	(165)
第二章 细胞的基本功能	(11)	第四节 尿生成的调节	(168)
第一节 细胞的跨膜物质转运	(11)	第五节 尿和尿的排放	(171)
第二节 细胞的跨膜信号转导	(18)	第九章 感觉器官的功能	(176)
第三节 细胞的生物电现象	(20)	第一节 感受器及其一般生理	
第四节 肌细胞的收缩功能	(27)	特性	(176)
第三章 血液	(36)	第二节 眼的视觉功能	(177)
第一节 概述	(36)	第三节 耳的听觉功能	(186)
第二节 血细胞生理	(39)	第四节 前庭器官的平衡感觉	
第三节 血液凝固与纤维蛋白		功能	(191)
溶解	(46)	第五节 其他感受器的功能	(193)
第四节 血型 and 输血	(50)	第十章 神经系统的功能	(197)
第四章 血液循环	(56)	第一节 神经元与神经胶质细胞 ..	(197)
第一节 心脏的泵血功能	(56)	第二节 突触生理	(199)
第二节 心肌细胞的生物电和		第三节 神经系统的感觉功能	(205)
生理特性	(63)	第四节 神经系统对躯体运动的	
第三节 血管生理	(71)	调节	(209)
第四节 心血管活动的调节	(81)	第五节 神经系统对内脏活动的	
第五节 器官循环	(87)	调节	(215)
第五章 呼吸	(94)	第六节 脑电活动与觉醒、睡眠	(220)
第一节 肺通气	(94)	第七节 脑的高级功能	(223)
第二节 呼吸气体的交换	(103)	第十一章 内分泌	(229)
第三节 气体在血液中的运输	(106)	第一节 激素	(229)
第四节 呼吸运动的调节	(109)	第二节 下丘脑和垂体	(233)
第六章 消化和吸收	(115)	第三节 甲状腺	(237)
第一节 概述	(115)	第四节 甲状旁腺激素、降钙素和	
第二节 口腔内消化	(117)	维生素 D ₃	(241)
第三节 胃内消化	(119)	第五节 肾上腺	(243)
第四节 小肠内消化	(122)	第六节 胰岛	(247)
第五节 大肠的功能	(126)	第十二章 生殖	(252)
第六节 吸收	(128)	第一节 男性生殖	(252)
第七节 消化器官活动的调节	(132)	第二节 女性生殖	(253)
第七章 能量代谢与体温	(139)	参考文献	(263)
第一节 能量代谢	(139)	案例分析提示	(264)

(1) 急性试验:是指在短期内即可完成,并获得实验结果的实验。急性试验后动物一般作处死处理或因严重损伤而不能存活。根据实验目的和方法的不同,急性试验又可分为离体实验和在体实验。

1) 离体实验:是指将动物的某个器官、组织或细胞从体内取出,置于能保持其正常功能活动的特定体外环境中,进行观察研究。例如,将蛙的腓肠肌取出体外,给以一定的电流刺激,观察电流刺激对其收缩的影响。

2) 在体实验:是指以动物体内某个组织或器官作为实验对象时,对其不作离体处理,观察研究组织器官在体情况下其功能以及在人为干预下其功能的变化。例如,通过动脉插管直接记录动脉血压,来观察和研究某些神经或体液因素对动脉血压的影响。

(2) 慢性实验:是指对动物作某些预处理,待其康复后,再以清醒的动物作为研究对象,对其进行长时间的观察和研究。例如,在研究某种激素的功能时,常先摘除动物分泌该激素的内分泌腺,以便观察在这种激素缺乏时以及人为替代后机体生理功能的变化,以研究这种激素的生理作用。

2. 人体实验 是指以健康人或患者作为研究对象,以获得实验资料的实验。由于受到伦理的限制,目前人体实验主要是进行一些人群资料的调查统计,如对某一特定人群动脉血压、血脂、血糖、视力、听力等健康指标的监测。有些实验研究也可以在人体进行。例如,选择一些健康志愿者作为实验对象,研究在高温、高压、低氧或太空等特殊环境条件下人体生理活动的变化;在临床还可选择某些患者作为志愿者,在知情的情况下,试用某种新药或新的治疗方法以研究该新药或新的治疗方法对某种疾病的治疗作用。

(二) 生理学的三个研究水平

人体是由各个器官系统有机结合而成的整体,人的生命活动就是由这些器官系统来共同完成的,而器官系统又是由各种组织细胞构成的,器官系统的功能活动则又是由这些组织细胞来完成的。因此,对人体生理功能活动的研究,大致可分为整体、器官和系统、细胞和分子三个不同的水平。

1. 整体水平 是以整个机体作为研究对象,研究在各种不同的条件下机体内各个器官系统之间、机体与环境之间的相互联系和相互影响,以及机体对内外环境变化所作的各种应答反应。人体是由许多不同的器官系统构成的,各个器官系统的功能各不相同,但各个器官系统在人体内并不是孤立存在的,而是有机地结合在一起形成一个整体,各个器官系统的功能也不是彼此独立毫不相干的,而是互相依存、互相联系、互相制约、互相配合的。内外环境条件发生变化时,对机体功能的影响也不仅仅限于一个或几个器官系统,而是影响到许多器官系统的功能,甚至会影响到全身各个器官系统的功能。例如当人体进行剧烈运动时,在神经系统和内分泌系统的调节下,呼吸加深加快,以吸入更多的 O_2 , 排出更多的 CO_2 ; 心跳加强加快,心输出量增加;同时,骨骼肌血管舒张,血流量增多,而消化、泌尿等器官的活动减弱,血液供应减少,使全身血液重新分配,以保证剧烈运动情况下骨骼肌对血液和能量的需要。

2. 器官和系统水平 是以器官系统作为研究对象,主要研究各个器官系统的功能活动过程、规律、机制以及内外环境变化对器官系统功能的影响和调节等。人类对机体生理功能的研究最早就是从器官和系统水平开始的,并获得了大量的生理学基本知识。例如,17 世纪初英国医生哈维(Harvey, 1578 ~ 1657)通过动物活体解剖方法,研究发现了血液循环的规律,这也是人类最早从器官系统水平对机体功能所进行的研究。哈维于 1628 年出版了《心与血的运动》一书,被公认为现代生理学的奠基人。对人体功能器官系统水平的研究主要是通过动物实验的方法来进行,包括急性实验和慢性实验,但更多的是采用急性实验的方法。目前,对人体各个器官、系统的基本功能已经有了较全面和系统的认识。

3. 细胞和分子水平 是以组织细胞以及构成细胞的生物分子作为研究对象,研究细胞的超微结构、功能以及细胞内生物分子的结构、物理化学变化过程和功能,从而揭示器官功能活动的

机制以及生命活动的本质和规律。细胞是构成机体结构和功能的基本单位,机体每个器官的功能都是由组成该器官的细胞来完成的。因此,要研究器官功能的本质和机制,就必须研究构成器官的细胞的结构和功能,从细胞水平上来研究器官的功能。而不同的组织细胞的功能之所以不同,又是由于构成细胞的生物分子尤其是蛋白质的结构和功能不同。因此,要研究细胞功能的本质和机制,又必须深入到分子水平上来进行研究,从而最终揭示生命活动的本质和规律。例如,要研究肌肉的收缩功能,就要研究肌细胞的结构和功能,而研究肌细胞的结构和功能,就要研究构成肌细胞的生物大分子的结构和功能。近几十年来,随着科技的高速发展,一系列的新技术、新材料、新设备在生命研究领域得到广泛应用,尤其是分子生物学技术的广泛应用,使人类从细胞和分子水平对机体生理功能的研究得到了飞速发展。

第二节 生命活动的基本特征

生命活动具有新陈代谢、兴奋性和生殖等几个基本特征,这也是生物与非生物之间的本质区别。

一、新 陈 代 谢

在生命活动过程中,机体不断地与外界环境之间进行物质和能量的交换,以实现机体组织的自我更新,并为生命活动提供能量,这一过程称为新陈代谢(metabolism)。新陈代谢包括物质代谢和能量代谢,物质代谢又分为合成代谢(也称为同化作用)和分解代谢(也称为异化作用)。合成代谢是指机体从外界环境摄取营养物质,合成自身的组成成分,并储存能量;分解代谢是指机体不断地分解自身的组成成分,并释放能量供生命活动所需,并将分解产生的终产物排出体外。合成代谢与分解代谢是新陈代谢的两个方面,两者同时进行、相互依存、对立统一。在物质代谢过程中,伴随着能量的释放、转移、储存和利用的过程称为能量代谢。当物质合成时伴随着能量的储存,物质分解时则伴随着能量的释放和利用。物质代谢与能量代谢同时进行、密不可分。新陈代谢是一系列复杂的生物化学反应过程,这些生物化学反应都是在细胞内进行的。新陈代谢是一切生命活动的基础,也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

机体组织细胞对刺激发生反应的能力或特性称为兴奋性(excitability)。机体大多数组织细胞都具有兴奋性,大多数组织的功能都是建立在兴奋性的基础之上的。

(一) 刺激与反应

1. 刺激 机体的内外环境条件在不断地发生变化,凡能被细胞或机体所感受到的内外环境条件的变化,统称为刺激(stimulus)。刺激按其能量形式的不同可分为:①物理性刺激,如机械力量、温度、电、声、光等;②化学性刺激,如酸、碱、化学药物等;③生物性刺激,如细菌、病毒、寄生虫等。值得注意的是,对人类而言,除上述刺激外,社会心理性因素的变化也可以构成刺激而影响机体的功能活动,甚至导致疾病的发生。

任何刺激都有刺激强度、刺激持续时间和强度-时间变化率三个参数。三个参数相互影响,只有当刺激达到一定的强度、持续时间和强度-时间变化率时才能引起机体发生反应。在生理学研究过程中,最为常用的刺激是电刺激,因为其强度、频率和作用时间容易精确控制,且可重复使用又不易损伤组织。

2. 反应 机体受到刺激时所发生的功能变化称为反应(reaction)。不同的组织、细胞受到刺激后,发生反应的表现形式也不一样,如肌肉表现为收缩或舒张、腺体表现为分泌增加或减少、神经细胞产生神经冲动等。任何组织的反应都可分为两种形式,即兴奋和抑制。兴奋(exci-

tation)是指机体受到刺激后,导致组织、细胞的功能活动状态相对加强,或其功能由相对静止状态转变为活动状态;抑制(inhibition)是指机体受到刺激后,导致组织、细胞的功能活动状态相对减弱,或其功能由活动状态转变为相对静止状态。抑制并非机体无反应,而是与兴奋相对立的另一种主动过程。机体受到刺激后,是发生兴奋还是发生抑制,主要取决于刺激的性质,还取决于组织当时的功能状态。例如,心交感神经兴奋可引起心脏的兴奋效应,使心脏的活动增强,而心迷走神经兴奋则引起心脏的抑制效应,使心脏的活动减弱。兴奋和抑制都是以兴奋性为基础,是兴奋性两种不同的表现形式。

(二) 衡量组织细胞兴奋性的指标——阈强度

不同组织、细胞的兴奋性高低是不同的,即使是同一个组织、细胞在不同的功能状态下其兴奋性也不相同。生理学中通常用阈强度作为衡量组织细胞兴奋性高低的指标。阈强度(threshold intensity)是指在刺激时间和强度-时间变化率相同的情况下,能引起组织细胞发生反应的最小刺激强度,也称为刺激阈值(threshold)。显然,组织细胞兴奋性的高低与阈强度呈反变关系,即阈强度越小,说明其兴奋性越高;阈强度越大,说明其兴奋性越低。刺激强度刚好等于阈强度的刺激称为阈刺激(threshold stimulus);刺激强度大于阈强度的刺激称为阈上刺激;刺激强度小于阈值的刺激称为阈下刺激。刺激要引起组织细胞发生反应,其强度通常必须等于或大于阈强度,一次阈下刺激通常是不能引起组织发生反应的。神经、肌肉、腺体组织的兴奋性较高,受到刺激时通常可发生反应,称为可兴奋组织。

三、生 殖

生物机体生长发育成熟后,能够产生与自己相似的子代个体,这种功能称为生殖(reproduction)。任何生物个体的生命都是有限的,但任何生物种系又都是延绵不断的,这就是因为任何生物物种都具有生殖功能。生殖的意义就在于繁衍后代、延续物种。不同物种的生殖方式不尽相同,大致分为无性生殖和有性生殖两种。在自然条件下,哺乳动物和人类的生殖是通过两性生殖细胞的结合孕育子代个体,在母体内发育到一定阶段,再分娩产生新的个体。随着克隆技术的发展和成熟,科学家已经实现了哺乳动物的无性繁殖。从理论上讲,利用克隆技术实现人类的无性繁殖也是完全可能的。

链 接

克隆羊多莉



图 1-1 维尔穆特和克隆羊多莉

克隆(clone)是指人工诱导的无性繁殖。1996年7月5日,英国伊恩·维尔穆特博士领导的科研小组用一个成年羊的体细胞(乳腺细胞),利用克隆技术成功培育出了一只小母羊,取名为“多莉”(图1-1)。多莉是世界上第一只用已经分化成熟的体细胞克隆出的动物。继多莉之后,克隆猪、克隆猴、克隆牛……纷纷问世。动物克隆试验的成功表明,利用克隆技术,哺乳动物也能与植物一样进行无性繁殖。从理论上讲,利用人的体细胞也可以复制出克隆人,从而实现人类的无性繁殖。因此,多莉的诞生在世界各国学术界、政界乃至宗教界都引起了强烈反

响,并引发了一场有关克隆人的法律道德问题的争论。尽管如此,克隆技术的巨大理论意义和实用价值促使学术界加快了研究的步伐,从而使动物克隆技术的研究与开发进入了一个新的高潮。

第三节 人体与环境

一、人体与外环境

任何生物个体都必须生活在一定的外界环境中。人类生存的外界环境包括自然和社会环境,是人类赖以生存的基础。人与环境之间是相互影响的。一方面环境因素如空气质量、水质、气候等的变化可影响人体的各种功能活动,甚至导致疾病的发生,严重时可导致死亡;同时,人类的活动也不断地影响着环境,导致环境的变化和破坏,但人类又可主动地改造环境,使之更适合于人类的生存。只有当人与环境之间相互协调时,人体的功能活动才能正常进行。

对人类而言,社会环境的变化也是影响人体功能活动的重要因素,如社会制度、文化教育、经济条件、生活习惯、人际关系等都可能对人体的身心健康产生影响。值得注意的是语言、文字和行为等可通过影响人的心理活动,进而影响人体的功能活动。因此,作为医护工作者,在临床工作中不但要注意自然因素对患者健康的影响,还应注意自己的语言、行为对患者身心健康的影响。

二、内环境与稳态

(一) 体液与内环境

1. 体液 任何生物体内都含有大量的液体,统称为体液(body fluid)。成人体液总量约占体重的60%,其中约2/3(约占体重的40%)分布在细胞内,称为细胞内液(intracellular fluid);其余约1/3(约占体重的20%)分布在细胞外,称为细胞外液(extracellular fluid)。在细胞外液中,约3/4分布于组织细胞间隙内,称为组织液(tissue fluid);约1/4在心血管系统内不断地循环流动,称为血浆(plasma);此外,还包括少量的淋巴和脑脊液等。

2. 内环境 人体是由各种不同的组织细胞构成的,每个细胞就是一个生命单位。体内每一个细胞的周围都充斥着大量的细胞外液,细胞必须不断地从细胞外液摄取各种物质和能量,同时又不断地将功能活动过程中产生的各种代谢产物和热量排出到细胞外液,这样才能维持细胞的正常功能活动。因此,体内细胞都是直接生活在细胞外液这样一个液体环境之中的。细胞生活的液体环境即细胞外液称为机体的内环境(internal environment)。内环境包括血浆、组织液、淋巴和脑脊液等,其中血浆在全身各个器官组织中不断地循环流动,是沟通全身各部分内环境并与外界环境进行物质交换的重要媒介,因此血浆是内环境中最为活跃的部分,也最能反映全身内环境的变化情况。

(二) 稳态

内环境具有一个重要的特征就是稳态。内环境稳态(homeostasis)是指内环境中的各种理化因素保持相对稳定的状态,即细胞外液中的各种物质成分和理化特性如各种离子的浓度、温度、pH值和渗透压等保持相对稳定的状态。例如,正常人体体温总是在37℃左右波动,一天波动范围不超过1℃;血浆pH总是维持在7.35~7.45之间;血浆中各种离子的浓度也总是维持在很小的范围内波动,如血钾浓度维持在3.5~5.5mmol/L,血钠浓度维持在135~145mmol/L。

需要强调的是,内环境稳态并不是意味着内环境中各种理化因素绝对不变,而是可以在一个较小的范围内波动。这是因为,一方面外界环境经常性的变化不断地影响着内环境,使内环境不断地发生变化;另一方面,在生命活动过程中,细胞需要不断地与内环境进行物质交换,这也会影响到内环境的化学成分和理化性质,从而也会使内环境不断地发生变化。因此,内环境

总是不断地受到干扰和破坏而不断地发生变化。例如,组织器官在代谢过程中不断地消耗 O_2 和营养物质,同时产生各种代谢产物如 CO_2 、 H^+ 、肌酐、尿素等排到细胞外液中去,从而破坏内环境稳态。但在正常情况下,人体可通过多个器官和系统的活动使遭到破坏的稳态得到及时恢复,从而维持内环境的相对稳定。这包括:通过呼吸系统的活动摄入 O_2 和排出 CO_2 ;通过消化系统的活动补充各种营养物质;通过肾脏的泌尿功能将 H^+ 和多种代谢产物排出体外。在维持内环境稳态的这些功能活动中,各种物质的运输都依赖于血液循环。此外,稳态的维持还有赖于运动系统的功能,使机体得以觅食和逃离险境。神经系统和内分泌系统则通过调节各个器官系统的活动,使内环境的各种因素更趋稳定。因此,稳态是一个动态平衡,稳态需要全身许多器官系统共同活动并相互协调才能得以维持。

内环境稳态是细胞进行正常生命活动的必要条件。细胞的兴奋性和细胞代谢的各种酶促反应等,都必须在相对稳定的内环境条件下才能保持正常。如果内环境稳态遭到破坏就称为内环境紊乱,如发热、电解质紊乱、酸中毒、缺氧等将导致细胞功能紊乱,严重时可危及生命。如果器官组织的功能发生异常,就会破坏内环境稳态,导致内环境紊乱,使内环境的某些因素发生变化而超出正常范围。临床上可通过检查内环境理化因素的变化,来诊断和鉴别诊断许多器官系统的疾病。

第四节 人体功能的调节

当内外环境条件发生变化时,人体组织器官的功能需作出相应的调整,才能适应内外环境条件的变化。内外环境条件发生变化时,人体组织器官的功能作出相应调整的过程称为人体功能的调节。

一、人体功能调节的方式

人体功能的调节大体上可分为神经调节、体液调节、免疫调节和自身调节几种方式。这几种方式相互配合,使机体各个器官系统的功能活动相互协调,以适应内外环境条件的变化,共同维持内环境稳态。由于免疫调节功能将在免疫学中详细阐述,故生理学中涉及的人体功能调节通常并不包括免疫调节,本章只是从整体调节的角度对免疫调节作一简要介绍。

(一) 神经调节

神经调节(neuroregulation)是指通过神经系统的活动来对人体的功能活动进行调节。神经调节的基本方式是反射。反射(reflex)是指在中枢神经系统的参与下,机体组织器官对刺激所作出的规律性应答反应。反射的结构基础是反射弧(reflex arc),反射弧由感受器、传入神经、反射中枢、传出神经和效应器五个部分组成(图1-2)。反射弧结构和功能的完整是反射活动得以

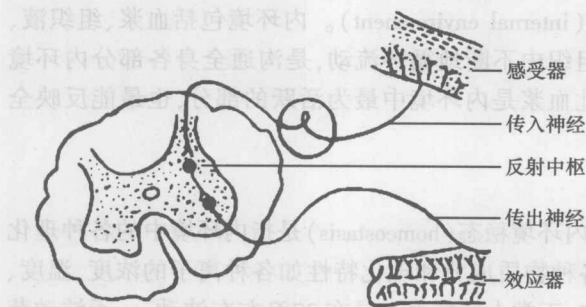


图1-2 反射弧的结构模式图

正常进行的基础,如果其中任何一个部分被破坏,都可导致反射异常或消失。

神经调节是人体功能活动调节的重要方式,在人体功能活动的调节中起主导作用,具有调节迅速而准确、作用范围局限和作用时间短暂等特点。

(二) 体液调节

体液调节(humoral regulation)是指体内某些细胞产生和分泌的一些特殊化学物质,通过体液运输到相应的靶细胞,对其功能活动进行调节。执行体液调节的化学物质包括内分泌系统分泌的激素(如胰岛素、肾上腺素等)、组织细胞产生的代谢产物(如 CO_2 、 H^+ 等)和一些生物活性物质(如组胺、前列腺素、缓激肽等),其中最重要的是内分泌系统分泌的激素。体液调节分为全身性体液调节和局部性体液调节。全身性体液调节是指内分泌系统分泌的激素通过血液循环,运输到相应的组织器官,对其功能活动进行调节。局部性体液调节是指某些激素、生物活性物质以及代谢产物等经组织液扩散到邻近的组织细胞,对其功能活动进行调节。

体内大多数内分泌腺或内分泌细胞都接受神经系统的调节。神经系统既可以直接调节组织器官的功能活动,也可以通过调节内分泌腺或内分泌细胞的分泌活动,从而通过激素的分泌间接地调节组织器官的功能活动。在这种情况下,内分泌腺或内分泌细胞实际上成为了神经调节的一个传出环节,这样就形成了一种复合的神经-体液调节方式(图1-3)。例如,交感神经兴奋时,一方面可以直接调节组织器官的功能活动,另一方面还同时调节肾上腺髓质的分泌功能,使肾上腺素和去甲肾上腺素的分泌增加,通过肾上腺素和去甲肾上腺素的分泌而间接地调节组织器官的功能活动,从而使神经和体液因素共同参与对机体功能的调节。

体液调节是人体功能调节的又一重要方式。与神经调节相比,体液调节具有作用较缓慢、持久等特点。

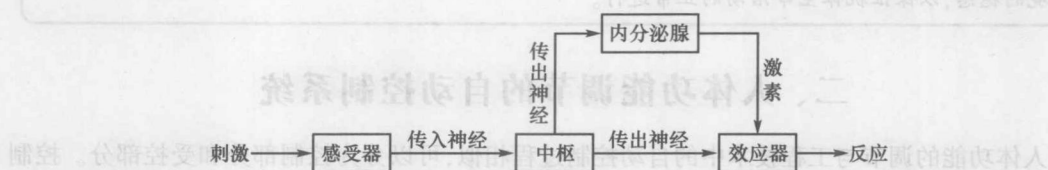


图 1-3 神经-体液调节示意图

(三) 免疫调节

神经调节和体液调节对维持内环境稳态具有非常重要的作用,但并不能清除侵入机体的病原体等抗原性异物,也不能直接清除体内衰老、损坏或变性的组织细胞如衰老的红细胞、肿瘤细胞等。清除病原体等抗原性异物和体内出现的异常细胞,就要依赖于机体的免疫系统。免疫系统由免疫组织和器官(如骨髓和淋巴结等)、免疫细胞(如淋巴细胞、单核/巨噬细胞等)和免疫活性分子(如免疫球蛋白、细胞因子、补体等)等组成。免疫系统的功能是识别并清除侵入机体的病原体等抗原性物质,清除体内衰老、损坏和变性的组织细胞,执行免疫防御功能,保护机体健康。

免疫调节(immunological regulation)是指通过免疫系统的活动对机体防御功能进行的调节,即通过机体多系统、多层次的正负反馈机制来调节免疫细胞的活化或抑制、免疫细胞与免疫分子之间的相互作用,以及免疫系统与其他系统如神经系统和内分泌系统之间的相互作用,使免疫应答反应维持在适宜的强度和时限,使免疫系统既能识别和清除侵入机体的病原体等抗原和体内衰老、破损或变性的组织细胞等,而又不破坏自身的组织,以达到保护机体、维持内环境稳态的目的。

免疫调节是一个双向调节过程,即当外来病原体等抗原性异物入侵时,激活免疫应答并维持在一个适当的水平,以能有效地清除外来抗原物质或病原体;而当外来抗原物质或病原体清除后,又能使免疫应答反应自行减弱以至终止,以达到维持内环境稳态的目的。在免疫双向调节过程中都存在着正反馈和负反馈两个方面的调节。

在免疫调节过程中,如果任何一个环节发生异常,都可导致机体免疫功能紊乱。当免疫功能过强时,易导致机体发生过敏或各种自身免疫性疾病,如类风湿关节炎、红斑狼疮、类风湿心脏病等;而当免疫功能低下时,又易导致反复持续感染和肿瘤等许多疾病的发生。因此,机体的免疫系统必须具有系统、有效的调节能力,才能维持免疫系统功能的相对平衡,保护机体的健康。

(四) 自身调节

自身调节 (autoregulation) 是指组织器官不依赖于神经和体液因素,自身对刺激发生的适应性反应。例如,当肾动脉血压在 80 ~ 180 mmHg 范围内变化时,肾血流量可通过自身调节机制保持相对稳定;在一定范围内骨骼肌的初长度可通过自身调节机制调节其收缩的张力。自身调节是一种比较简单、局限的调节方式,其调节幅度和范围较小。不是所有组织器官的功能都存在自身调节,自身调节仅对某些组织器官的功能活动具有一定的调节意义。

链接

神经-内分泌-免疫网络

近年来的研究发现,神经系统、内分泌系统和免疫系统能够共享某些信号分子如神经递质、激素、细胞因子和受体等,而且三个系统的调节作用也都是通过相似的一些信号转导途径而实现的。三个系统虽然各具功能和特色,但彼此之间相互交联和协调,相互互补,形成了一个复杂的整体性的功能调节网络,即神经-内分泌-免疫网络 (neuroendocrine-immune network)。这个网络通过感受内外环境中各种因素的变化,储存、加工、处理和整合信息,共同完成对机体功能活动的高级整合,维持内环境的稳态,以保证机体生命活动的正常进行。

二、人体功能调节的自动控制系统

人体功能的调节与工程技术中的自动控制过程相似,可以分为控制部分和受控部分。控制部分是指神经系统、内分泌系统以及免疫系统等调节机构,受控部分是指效应器、靶细胞等。在人体功能调节过程中,控制部分发出控制信息(调节信息)作用于受控部分,使受控部分的功能发生相应的变化(兴奋或抑制),这就是控制(调节)过程。人体功能的调节通常并不是单向的,而是双向的,即受控部分的功能变化经监测装置(感受装置)监测后就会作为反馈信息,反过来作用于控制部分,对控制部分的功能施加影响,使控制部分的功能能根据受控部分的功能变化作出适时、相应的调整,从而对受控部分的功能能够作出精准的调控。上述这种受控部分的功能变化反过来影响控制部分功能的过程称为反馈(feedback)。这样,在控制部分与受控部分之间就构成了一个双向闭合的自动控制系统,即反馈控制系统,使人体功能的调节能够做到自动控制(图 1-4)。根据反馈信息对控制部分功能施加的反馈作用不同,反馈分为负反馈和正反馈两种形式。

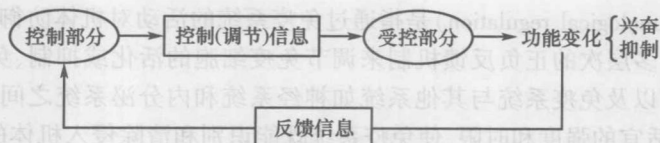


图 1-4 人体功能调节的自动控制系统模式图

负反馈 (negative feedback) 是指受控部分发出的反馈信息使控制部分的调节指令与原效应相反,结果是引起受控部分的活动朝着与其原先活动相反的方向改变。负反馈在人体功能调节中极为多见,其意义是维持内环境稳态和机体功能活动的相对稳定,机体内环境稳态和任何需要保持相对稳定的功能活动都依赖于负反馈来维持。例如,人在进餐后经过消化吸收,血糖浓

度升高,刺激胰岛素分泌,胰岛素促进组织摄取利用血糖并使血糖转化为糖原储存起来,使血糖降低,血糖降低的信息(负反馈信息)传递到胰岛,通过负反馈调节使胰岛素的分泌减少,从而使血糖不至于降得过低而维持在正常的水平。

正反馈(positive feedback)是指受控部分发出的反馈信息使控制部分的调节指令与原效应一致,结果是使受控部分的功能活动不断地加强。可见,正反馈的意义在于促使机体某一功能活动尽快结束。正反馈在正常人体功能调节活动中并不多见,主要存在于排尿反射、血液凝固和分娩等生理过程。例如,在排尿过程中,当排尿中枢发出排尿指令(控制信息)引起排尿后,尿液经过尿道刺激后尿道的感受器(监测装置),感受器不断地发出传入冲动(正反馈信息)达到排尿中枢,加强排尿中枢的活动,使膀胱逼尿肌不断地加强收缩,直至排尿结束。

机体在病理情况下,经常发生正反馈的情况。例如,大失血时,心输出量大为减少,动脉血压降低,使心肌本身供血减少,心肌供血减少又使心肌收缩力减弱,心肌收缩力减弱则使心输出量进一步减少,血压进一步降低,如此反复,形成恶性循环,若未及时救治,最终将导致死亡。

链 接

亚 健 康

亚健康是一个新的医学概念,是指各种检查结果均无异常,但人体却有各种各样的不适感觉,是处于疾病与健康之间的一种临界状态。亚健康与现代社会人们的不健康生活方式以及所承受的社会压力不断增加有着直接的关系。亚健康状态多表现为过度脑力劳动、精神长期紧张所致的疲劳综合征,如精力不足、注意力分散、胸闷气短、心悸、失眠、健忘、颈肩腰背酸痛、遇事紧张等;由于内分泌失调、更年期综合征、人体衰老所引起的烦躁、盗汗、潮热、抑郁、头晕目眩、月经不调、性功能减退等。



要 点 总 结 与 考 点 提 示

1. 生理学研究的内容、方法和三个研究水平。
2. 生命活动的基本特征。
3. 体液的组成、内环境与稳态的概念和生理意义。
4. 人体功能调节的方式和特征。
5. 人体功能调节的自动控制系统,负反馈和正反馈的生理意义。



复 习 思 考 题

一、选择题

1. 机体内环境不包括()
 - A. 血浆
 - B. 组织液
 - C. 淋巴液
 - D. 脑脊液
 - E. 细胞内液
2. 机体内环境稳态的维持主要依靠()
 - A. 神经调节
 - B. 体液调节
 - C. 自身调节
 - D. 负反馈
 - E. 正反馈
3. 在人体功能调节中起主导作用的方式是()
 - A. 神经调节
 - B. 体液调节
 - C. 免疫调节
 - D. 自身调节
 - E. 反馈控制
4. 神经调节的基本方式是()
 - A. 正反馈
 - B. 负反馈
 - C. 反射
 - D. 反应
 - E. 适应
5. 生命活动最本质的特征是()
 - A. 新陈代谢
 - B. 兴奋性
 - C. 稳态
 - D. 生殖
 - E. 适应性
6. 最能反映内环境整体状况的体液部分是()

- A. 细胞内液 B. 血浆 C. 组织液 D. 淋巴液 E. 脑脊液
7. 神经调节的特点是()
- A. 调节幅度小
B. 作用广泛而持久
C. 作用迅速、准确和短暂
D. 反应速度慢
E. 敏感性差
8. 下列生理过程中,存在正反馈的是()
- A. 体温调节
B. 排尿反射
C. 内环境稳态的维持
D. 血糖浓度的调节
E. 动脉血压的调节
9. 下列生理过程中,属于负反馈的是()
- A. 排尿反射 B. 排便反射
C. 血液凝固 D. 体温调节
E. 分娩
- 二、名词解释
- 新陈代谢 兴奋性 刺激 兴奋 抑制 阈值
- 内环境 稳态 反射 正反馈 负反馈
- 三、问答题
1. 生理学研究的主要内容有哪些?
 2. 生命活动有哪些基本特征?
 3. 兴奋与兴奋性有什么关系?
 4. 内环境稳态是如何维持的?内环境稳态的生理意义是什么?
 5. 人体功能活动的调节有哪些方式?各有何特点?
 6. 人体功能活动的自动控制是如何实现的?
 7. 何谓负反馈?有何生理意义?
- 四、案例分析
- 患者,男,40岁,某上市公司高管。较长一段时间来,感觉精力不足、全身疲劳酸痛、食欲不佳、健忘、失眠多梦、性生活力不从心。遂来医院就诊。生命体征正常,体格检查无异常,各项仪器检查和检验均未发现异常。
- 诊断:亚健康状态。
- 问题与思考:
1. 哪些人容易处于亚健康状态?
 2. 亚健康是否需要治疗?

示 要 点 已 经 总 结

(周裔春)

思 考 题

1. 生理学是研究生命活动规律的科学。()
2. 生命活动的基本特征是新陈代谢、兴奋性、应激性、适应性、稳态。()
3. 内环境稳态是指内环境的理化性质保持相对恒定。()
4. 反射弧是反射活动的结构基础。()
5. 兴奋性是指机体对刺激发生反应的能力。()
6. 兴奋是指机体对刺激发生的反应。()
7. 抑制是指机体对刺激发生的反应。()
8. 阈值是指引起兴奋的最小刺激强度。()
9. 正反馈是指反馈信息增强控制部分的活动。()
10. 负反馈是指反馈信息减弱控制部分的活动。()
11. 体温调节属于负反馈调节。()
12. 排尿反射属于正反馈调节。()
13. 血液凝固属于正反馈调节。()
14. 分娩属于正反馈调节。()
15. 体温调节属于负反馈调节。()
16. 排尿反射属于正反馈调节。()
17. 血液凝固属于正反馈调节。()
18. 分娩属于正反馈调节。()
19. 体温调节属于负反馈调节。()
20. 排尿反射属于正反馈调节。()
21. 血液凝固属于正反馈调节。()
22. 分娩属于正反馈调节。()
23. 体温调节属于负反馈调节。()
24. 排尿反射属于正反馈调节。()
25. 血液凝固属于正反馈调节。()
26. 分娩属于正反馈调节。()
27. 体温调节属于负反馈调节。()
28. 排尿反射属于正反馈调节。()
29. 血液凝固属于正反馈调节。()
30. 分娩属于正反馈调节。()

第二章

细胞的基本功能

细胞(cell)是构成人体及其他生物机体的基本结构和功能单位,体内的各种生物化学反应和生理活动都是在细胞的基础上进行的。为了更好地认识各器官、系统以及整个人体的功能,就必须了解细胞的基本结构和一般功能。人体的细胞多达200余种,不同种类的细胞有其不同的功能,但各种细胞的基本功能活动是相同的。本章主要介绍细胞共有的一些基本功能活动,包括细胞膜的跨膜物质转运、细胞的跨膜信号转导、细胞的生物电现象以及肌细胞的收缩功能。

第一节 细胞的跨膜物质转运

细胞膜(cell membrane)又称为质膜,是细胞的一个重要组成部分,包绕于细胞的最外层。细胞膜将细胞内容物和细胞周围环境(即细胞外液)分隔开来,具有通透性屏障的作用,可以维持细胞内微环境的相对稳定。细胞膜上含有各种离子通道、载体、酶、受体和抗原等,是细胞与外界实现物质、能量和信息交换的门户和通道,在细胞与环境之间进行物质、能量的交换以及信息传递过程中起着决定性的作用。

链接

细胞的发现

英国学者胡克(R. Hooke, 1635 ~ 1703)是人类历史上第一个发现细胞的人。胡克将软木切成薄片,用自制的显微镜仔细观察。他发现软木薄片上有许多小孔和洞,很像蜂巢。胡克将其称为“细胞”(cell),即“小室”的意思,从此“细胞”这个名词就一直沿用至今。

一、细胞膜的基本结构

(一) 液态镶嵌模型学说

不同组织细胞的细胞膜结构虽然不尽相同,但所有组织细胞的细胞膜的基本结构都是一样的。1972年, Singer 和 Nicholson 提出了细胞膜液态镶嵌模型(fluid mosaic model)学说,已被世界生物学界所认可。液态镶嵌模型学说认为:细胞膜是以液态的脂质双分子层作为基本框架,其间镶嵌着许多具有不同结构和功能的蛋白质(图2-1)。

1. 细胞膜脂质 细胞膜的脂质主要包括磷脂、胆固醇和少量糖脂。其中以磷脂为主,约占膜脂质的70%,其次是胆固醇,一般低于30%,糖脂不超过10%。磷脂、胆固醇和糖脂都是双嗜性分子。磷脂分子中的磷酸和碱基、胆固醇分子中的羟基以及糖脂分子中的糖链等亲水性基团分别构成各自分子中的亲水端,脂质分子的另一端则是疏水性的脂肪酸烃链。这些分子以脂质双层的形式构成细胞膜的基本框架,其中亲水端位于细胞膜的内、外表面,与细胞内液或细胞外液接触;疏水性的脂肪酸烃链彼此相对,构成膜内部的疏水区。由于膜脂质分子彼此之间没有化学键连接,而且熔点较低,在体温条件下每个脂质分子都能在细胞膜表面作独立的侧向移动,因此膜脂质双分子层呈液态,具有一定的流动性。细胞膜中的胆固醇可降低膜的流动性以增加细胞膜的稳定性,同时可以降低水溶性物质的通透性。膜的流动性也受脂肪酸烃链的长度、饱

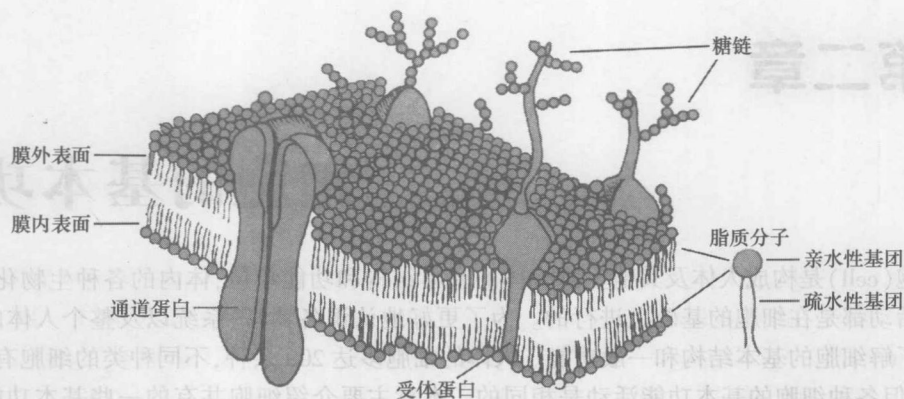


图 2-1 细胞膜的液态镶嵌模型

和度以及膜蛋白含量的影响。如果脂肪酸烃链较短、饱和度较低,膜的流动性就较大,反之,膜的流动性就较小。膜蛋白的含量越高,膜的流动性就越小。

2. 细胞膜蛋白质 细胞膜的功能主要是通过各种膜蛋白来实现的。膜蛋白种类繁多,根据其在膜中镶嵌的形式不同,可分为表面蛋白质(peripheral protein)和整合蛋白质(integral protein)。其中表面蛋白质占20%~30%,以静电引力或离子键、共价键的形式与膜中的整合蛋白质相结合,主要附着于膜的内表面,与受体等功能相关。整合蛋白质所占比例较大,占70%~80%,以其肽链一次或反复多次贯穿于整个脂质双分子层中。与细胞跨膜物质转运功能有关的功能蛋白如载体、离子通道和离子泵等均属于整合蛋白质。不同的膜蛋白具有不同的分子结构或构象,也就决定了其具有不同的功能。

3. 细胞膜糖类 细胞膜上的糖类物质较少,主要是一些寡糖和多糖链。这些糖链仅存在于膜的外侧,它们以共价键的形式与膜脂质或膜蛋白结合形成糖脂或糖蛋白。膜上的糖链参与细胞的许多生命活动,如构成细胞的抗原和表型,参与细胞识别、黏附、分化、老化、吞噬、自身免疫和细菌感染过程等。ABO血型系统中的膜抗原就是由结合于糖蛋白和糖脂上的寡糖链的结构所决定的。不同种类的T淋巴细胞表面抗原的差异也是由糖链结构的差异形成的。

(二) 细胞膜的结构特性

1. 不对称性 以脂质双分子层的疏水端为界,细胞膜被分隔为近胞质面和非胞质面的内外两层。其内外两层的分子组成和功能有很大的差异,称之为细胞膜的不对称性。

2. 流动性 细胞膜的脂质双分子层在体温条件下呈液态,具有一定的流动性。膜的流动性使膜可以承受较大的张力发生外形变化而不致破裂,其次可以使细胞具有一定的变形能力。

二、细胞的跨膜物质转运功能

在生命活动过程中,细胞需要不断地与其周围环境进行各种物质的交换,如营养物质的摄取、代谢产物的排出、细胞兴奋过程中离子的跨膜流动、分泌细胞的分泌活动、吞噬细胞的吞噬活动等。所有这些物质进出细胞,都必须通过细胞膜屏障才能进行,因此细胞膜具有物质转运功能。细胞跨膜物质转运具有选择性,即允许某些物质通过,而不允许另一些物质通过。由于细胞膜的结构特性,以及被转运物质的脂溶性、分子大小、所带电荷、进出细胞的方向等不同,不同物质通过细胞膜转运的机制也不同。小分子脂溶性物质和少数小分子水溶性物质可以直接通过膜脂质双分子层转运,大多数水溶性分子和所有的离子物质必须由相应的膜蛋白介导来转运,大分子物质或物质团块则需通过膜本身的变形运动来转运。

(一) 单纯扩散

单纯扩散 (simple diffusion) 是指脂溶性的小分子物质由细胞膜的高浓度一侧向低浓度一侧移动的过程。单纯扩散是一种物理现象, 根据物理学原理, 物质分子从浓度势能高处向浓度势能低处扩散, 直至该物质分子在细胞膜两侧的浓度势能达到平衡为止。因此, 单纯扩散不需要外力的辅助, 也不需要消耗细胞本身的能量。

由于细胞膜的基架是脂质双分子层, 因而通常只有脂溶性物质分子才能以单纯扩散的方式通过细胞膜。单位时间内物质分子通过单位面积膜的量称为扩散通量。影响单纯扩散的因素有两个: ①细胞膜两侧该物质分子的浓度差即浓度梯度, 浓度差是物质分子扩散的动力。在一般情况下, 扩散通量与膜两侧溶质分子的浓度差成正比。②细胞膜对该物质分子的通透性 (permeability)。所谓通透性, 是指细胞膜对某物质通过的阻力大小或难易程度。通透性越大, 扩散通量就大; 反之, 扩散通量就小。如 CO_2 、 O_2 、 N_2 、 NH_3 等气体以及类固醇激素等属于脂溶性小分子物质, 因而都可以依靠各自的浓度差以单纯扩散的方式通过细胞膜或肺泡膜。另外, H_2O 、乙醇、尿素和甘油等很小的极性分子, 也可以单纯扩散的方式通过细胞膜, 但速度要比脂溶性小分子物质慢得多。

(二) 易化扩散

非脂溶性或脂溶性甚低的小分子物质在细胞膜特殊蛋白质的介导下, 由高浓度一侧向低浓度一侧通过细胞膜进行转运, 称为易化扩散 (facilitated diffusion)。易化扩散也是物质分子从浓度势能高处扩散到浓度势能低处, 所以细胞也不需要消耗自身能量, 但易化扩散必须通过细胞膜上相应蛋白质的介导才能完成。根据介导易化扩散的膜蛋白的不同, 易化扩散可分为以下两种类型。

1. 以载体为中介的易化扩散 通过细胞膜载体蛋白质立体构象的变化, 将物质分子由膜的高浓度一侧向低浓度一侧进行转运的过程称为载体转运 (carrier transport)。载体 (carrier) 是一些贯穿膜脂质双分子层的整合蛋白, 载体在浓度高的一侧与被转运的物质分子结合, 通过载体本身的变构将被转运的物质通过细胞膜转运到浓度低的一侧, 载体再与被转运物质分离并恢复其原来的构型 (图 2-2)。载体转运的具体机制目前尚不清楚。在载体转运过程中, 并不消耗载体蛋白, 载体可以反复使用。载体所转运的物质主要是一些有机小分子物质, 如葡萄糖、氨基酸、核苷酸等营养物质分子和一些中间代谢产物就是通过载体转运的方式通过细胞膜的。

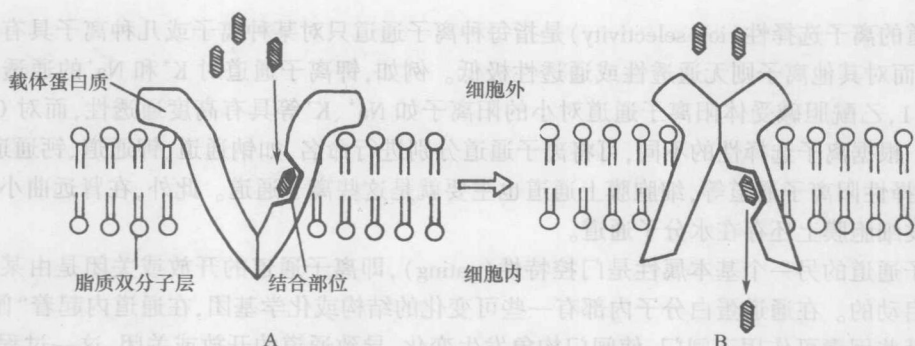


图 2-2 以载体为中介的易化扩散

A. 物质分子在浓度高的一侧与载体结合; B. 物质分子在浓度低的一侧与载体分离