

供检验、检疫、口腔、营养、康复、美容等专业使用



人体结构与功能

章 皓 陶冬英 主编



Renti Jiegou yu Gongneng



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>



供检验、检疫、口腔、营养、康复、美容等专业使用

人体结构与功能

主 编 章 皓 陶冬英

副主编 陈慧玲 倪晶晶 张 玲

编 者 (以姓氏笔画为序)

于纪棉	万 勇	王建红	石予白
龙香娥	任典寰	李伟东	况 炜
张玉琳	张岳灿	张 玲	陈慧玲
孟香红	倪晶晶	陶冬英	章 皓
曾 斌			



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书将组织学、解剖学和生理学的内容融合优化,形成综合性基础医学教材。

本书内容包括绪论、细胞与组织、血液、运动系统、脉管系统、消化系统、呼吸系统、泌尿系统、生殖系统、能量代谢与体温、感觉器官、神经系统、内分泌系统、人体胚胎学概论、实验部分等。

本书主要供检验、检疫、口腔、营养、康复、美容等专业使用,也可供相关专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

人体结构与功能/章皓,陶冬英主编. —武汉:华中科技大学出版社,2015.5

ISBN 978-7-5680-0850-1

I. ①人… II. ①章… ②陶… III. ①人体结构-高等学校-教材 IV. ①Q983

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 099657 号

人体结构与功能

章 皓 陶冬英 主编

策划编辑:周 琳

责任编辑:童 敏 周 琳

封面设计:原色设计

责任校对:何 欢

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉鑫昶文化有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:18.5 插页:1

字 数:460千字

版 次:2015年8月第1版第1次印刷

定 价:46.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前言

Qianyan

人体结构与功能课程是为顺应当前医学技术类专业基础医学课程建设的发展趋势,以淡化学科界限、强调人的整体意识为原则,将组织学、解剖学和生理学的内容融合优化后形成的一门综合性基础医学课程。

融合后的教材内容回归了基础医学课程的知识结构特点和认知规律性,体现了人体功能与结构之间的内在联系,于有限的教学时数框架内强化了医学技术类专业知识体系的医学背景。教材编写围绕医学技术类专业职业技能需要,知识点以“必需、够用”为度,内容兼顾各专业,对基础医学知识要求的异同点实行优化,提取专业要求的共性,并重视专业的特定需求,以实验项目为载体开发了适合各专业特色的教学内容。

本教材的主要内容包括正常人体形态、结构与微细结构、人体胚胎发育概况,正常情况下人体的生命指标、功能活动、功能调节、机能变化及其发展规律等。内容按医学技术类各专业的教学目标和课时数安排,对传统内容的系统框架加以简化或弱化;对非核心内容,不常用或重复的概念、现象、机制等做了删减和调整,同时兼顾了各专业支撑性强的基础知识。

使用本教材时,请依据授课专业的课程标准对教学内容的侧重做适当调整。

章 皓 陶冬英

2015 年 8 月

目录

Mulu

第一章 绪论	/1
第一节 概述	/1
第二节 人体的组成与分部	/2
第三节 人体功能的调节	/6
第二章 细胞与组织	/7
第一节 细胞的基本功能	/7
第二节 上皮组织	/15
第三节 结缔组织	/17
第四节 肌组织	/20
第五节 神经组织	/23
第三章 血液	/30
第一节 血量与血细胞比容	/30
第二节 血浆	/30
第三节 血细胞	/32
第四节 血液凝固和纤维蛋白溶解	/39
第五节 血型 and 输血	/41
第四章 运动系统	/44
第一节 骨与骨连结	/45
第二节 骨骼肌	/59
第五章 脉管系统	/68
第一节 心	/68
第二节 血管	/78
第三节 心血管活动的调节	/90
第四节 淋巴系统	/93
第六章 消化系统	/98
第一节 消化管	/99
第二节 消化腺	/117



第三节	吸收	/122
第七章	呼吸系统	/126
第一节	呼吸系统结构	/126
第二节	呼吸运动与肺通气	/134
第三节	气体的交换	/140
第四节	气体在血液中的运输	/142
第五节	呼吸运动的调节	/145
第八章	泌尿系统	/148
第一节	肾	/148
第二节	输尿管、膀胱和尿道	/153
第三节	尿的生成过程	/156
第四节	尿生成的调节	/161
第五节	尿的排放	/162
第九章	生殖系统	/164
第一节	男性生殖系统	/164
第二节	女性生殖系统	/170
第三节	会阴和乳房	/176
第十章	能量代谢与体温	/178
第一节	能量代谢	/178
第二节	体温及其正常变动	/180
第三节	人体的产热与散热	/182
第四节	体温调节	/185
第十一章	感觉器官	/187
第一节	概述	/187
第二节	视觉器官——眼	/188
第三节	前庭蜗器	/197
第四节	皮肤	/202
第十二章	神经系统	/205
第一节	概述	/205
第二节	中枢神经系统	/206
第三节	脑的高级功能	/217
第四节	脑的电活动与睡眠觉醒	/219
第五节	周围神经系统	/221
第六节	脑和脊髓的被膜、血管及脑脊液	/230
第七节	内脏神经	/234
第十三章	内分泌系统	/239
第一节	概述	/240
第二节	垂体	/242

第三节	甲状腺	/246
第四节	甲状旁腺	/252
第五节	肾上腺	/253
第六节	胰岛	/257
第十四章	人体胚胎学概论	/259
第一节	人体早期发生	/259
第二节	胎膜和胎盘	/263
第三节	双胎、多胎和联体双胎	/263
第四节	先天畸形与致畸因素	/264
第五节	胎盘	/264
第十五章	实验部分	/266
实验一	上皮组织、结缔组织与消化系统的组织结构	/266
实验二	血液系统实验	/270
实验三	运动系统	/273
实验四	人体动脉血压的测量	/276
实验五	脉管系统	/278
实验六	离子和药物对离体心脏活动的影响	/280
实验七	消化系统	/283
实验八	呼吸系统、泌尿系统与生殖系统	/284
实验九	神经系统	/285
参考文献		/287

第一章 绪 论



第一节 概 述

一、人体结构与功能的内容和学习目的

人体结构与功能描述的是正常情况下,人体的形态结构和人体生命活动及其规律。人体结构是指组成人体各系统、器官的位置、形态及其组织、细胞的构造,也涵盖了人胚胎时期不同发育阶段的构造特点。获取人体的构造往往是借助“解剖”的方法实现的,也叫人体解剖,同时以显微设备观察人体组织和细胞中的微细结构。人体功能是指人体在这些形态结构基础上表现出的各种生命活动及其规律和代谢变化,亦即人体生理,如在一定条件下人的运动、心跳、呼吸、消化、排泄、体温、思维等。

学习人体结构与功能的目的在于获得医学教育背景下必须具备的人体解剖与生理的基本知识,在学习中养成严谨求实的科学态度,为学习专业课程奠定必要的基础,进而为个体、家庭和社会的卫生、保健、预防和治疗疾病提供科学的理论依据。

二、学习人体结构与功能的基本观点和方法

(一)形态结构与功能相联系

人体的形态结构与功能是互相依存、互相影响的。一定的形态结构表现出一定的功能,例如,红细胞内丰富的血红蛋白决定其具有携带氧和二氧化碳的功能。功能的改变可导致形态结构的发展变化,而形态结构的变化亦可引起功能的改变。例如,上、下肢的分工不同,其形态结构就有了显著的差别;病理性心腔肌源性扩张,这类形态结构的改变可使心脏的工作能力下降。

(二)局部与整体相统一

组成人体的各器官、系统通过神经、体液调节相互配合,彼此协调,构成一个完整的机体进行着有规律的活动。某一器官的功能不是独立的,往往与其他器官、系统乃至整体的功能密切关联。例如运动时,骨骼肌收缩驱动人体运动,肌收缩需要能量,大量能量的产生需要足够的氧气,由此,人体呼吸加深加快增强摄氧,心脏活动增强,血液循环加速,骨骼肌组织中血管舒张,血流量增多;与此同时,消化、泌尿等活动减弱,消化系统和肾的血流量减少,这一切都是围绕着完成运动这一中心而展开的。

(三)理论与实际相结合

人体结构与功能课程是建立在实验基础上的,所学知识均为前人实验结果、结论的积



累。学习人体形态与结构,须对照标本、模型、组织切片观察,在活体探寻骨性肌性标志、器官等构造在人体的体表投影,化抽象为具体;学习人体功能,须结合日常生活及临床实践中观察到的现象,用所学知识去思考这些现象是如何出现的、为什么会出现、其意义何在等问题,并通过实验设计来加以验证,加深对人体功能及其活动规律的理解。

第二节 人体的组成与分部

正常人体结构和功能的基本单位是细胞(cell)。细胞的形态和功能多种多样,许多形态相似、功能相近的细胞与细胞间质结合在一起,构成组织(tissue)。人体组织有四大类型:上皮组织、结缔组织、肌组织和神经组织。几种不同的组织构成具有一定形态,并能完成一定功能的结构,称器官(organ),如脑、心、肝、肺和肠等。许多功能相关的器官共同组成一系列有规律的功能单位,称系统(system),如运动系统、消化系统等。人体的各器官、系统在神经系统和内分泌系统的调节下,相互联系、紧密配合,使人体成为一个有机的统一体。

人体按外形可分为头、颈、躯干和四肢四部分。头的前部称面,颈的后部称项。躯干前面是胸、腹、会阴部,后面是背部。四肢分为上肢和下肢,上肢又分肩、臂、前臂和手;下肢又分臀、大腿(股)、小腿和足。

人体内部有颅腔和体腔,颅腔容纳脑,体腔分胸腔和腹腔。胸腔内有心、肺等器官;腹腔内有胃、肠、肝、脾等,腹腔的最下部称盆腔,内有膀胱等器官。

一、人体结构基本术语

为了正确地描述人体各结构、各器官的形态、位置及其相互关系,国际上规定了标准姿势,确定了常用方位、轴和面的术语。

(一)标准姿势

标准姿势也称解剖学姿势。身体直立,两眼向正前方平视,上肢下垂于躯干的两侧,手掌向前,两足并拢,足尖向前。

(二)方位

1. 上和下 靠近头顶的为上,靠近足底的为下。
2. 前和后 近腹者为前,也称腹侧;近背者为后,也称背侧。
3. 内和外 常用于对空腔性器官的描述,近内腔者为内,远离内腔者为外。
4. 内侧和外侧 近正中矢状面的为内侧,远正中矢状面的为外侧。
5. 近侧和远侧 多用于四肢。距肢体附着部较近者为近侧,较远者为远侧。
6. 浅和深 近皮肤或器官表面的为浅,远离皮肤或器官表面的为深。

(三)轴

根据解剖学姿势,假设人体有三种互相垂直的轴(图 1-1)。

1. 矢状轴 前后方向,与身体的长轴呈垂直的轴。
2. 冠状轴 左右方向,与矢状轴呈直角交叉的轴。
3. 垂直轴 与人体的长轴平行,即与地平面相垂直的轴。

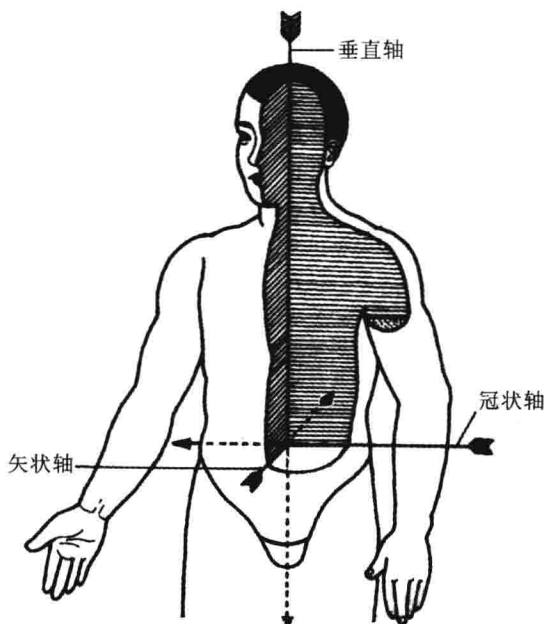


图 1-1 人体的轴

(四) 面

根据上述三种轴,人体可设下列三个面(图 1-2)。

1. **矢状面** 按矢状轴方向,将人体纵切为左右两部分的面为矢状面。通过正中线的矢状面为正中矢状面。

2. **冠状面** 按冠状轴方向,将人体纵切为前后两部分的面为冠状面,又称额状面。

3. **水平面** 与矢状面和冠状面都互相垂直的面,将人体分为上下两部分,又称横断面。

器官的切面以器官本身的长轴为准,与器官长轴平行的切面称纵切面,与长轴垂直的切面称横切面(图 1-3)。

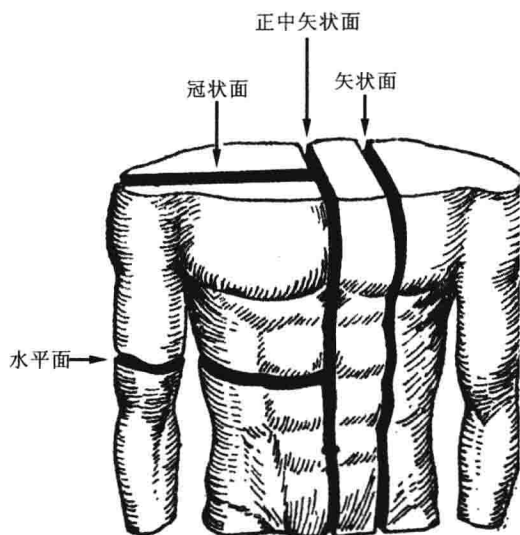


图 1-2 人体的面

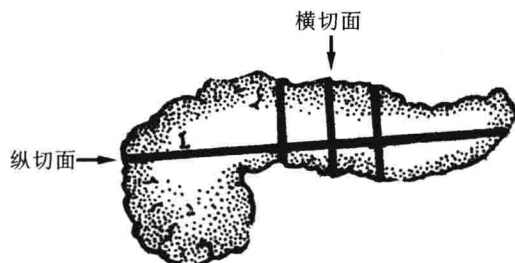


图 1-3 器官(胰)的切面



二、人体功能常用概念

(一) 新陈代谢

机体在适宜的环境中,总是在不断地重新建造自身的特殊结构,同时又在不断地破坏自身已衰老的结构。虽然从机体的外表可能看不出明显变化,但其内部各个部分都不间断地以新合成的生物分子代替旧的,这个过程就是新陈代谢(metabolism),或称为自我更新。一方面,机体从环境中摄取各种营养物质,并使其合成、转化为自身成分和结构;另一方面,机体通过物质分解释放能量供其生命活动需要,并把分解的终产物排出体外。因此,新陈代谢的实质就是机体与环境进行物质交换与能量交换。机体的一切功能活动均以新陈代谢为基础,例如人体的新陈代谢过程逐步减弱,人就开始衰老;一旦停止,生命将终结。可以认为,新陈代谢是生物体最基本的生命特征。

(二) 兴奋性

生物体都生存于一定的环境之中,这是进行新陈代谢的必要条件,而当它所处的环境发生某些变化时,生物体又能作出相应的反应。

兴奋性(excitability)是指机体、组织或细胞对刺激发生反应的能力或特性。

作用于机体或细胞的各种环境变化统称为刺激(stimulus)。机体接受刺激后出现的体内代谢和外部活动的变化称之为反应(response)。反应可以有两种不同的表现形式:一种是功能状态由相对静止转变为活动状态,或由较弱的活动转变为较强的活动,这类反应称为兴奋(excitation);另一种是功能状态由活动状态转为相对静止,或由较强的活动转变为较弱的活动,称为抑制(inhibition)。通常将受到刺激后容易产生反应的组织称为可兴奋组织,亦即兴奋性高的组织;神经、肌肉、腺体这三类组织只需接受较小强度的刺激即能发生某种形式的反应,通常把它们称为可兴奋组织。体内各种组织兴奋性的高低有较大的差异,即使同一组织在不同的功能状态下其兴奋性高低也有所不同。

(三) 阈值

衡量组织、细胞兴奋性高低的客观指标是阈强度。阈强度是指刚能引起组织反应的最小刺激强度,简称阈值(threshold)。组织的兴奋性越高,引起反应所需的刺激强度就越小,阈值就越低;反之,组织的兴奋性越低,所需的刺激强度就越大,阈值就越高。强度等于阈值的刺激称为阈刺激(threshold stimulus),强度小于阈值的刺激称为阈下刺激,强度大于阈值的刺激称为阈上刺激。刺激引起组织兴奋要具备三个条件:刺激强度、刺激持续的时间,以及刺激强度对时间的变化率。这三个参数必须达到某个临界值。在其他条件不变的情况下,引起组织兴奋所需的刺激强度与刺激持续时间呈反比关系。

(四) 内环境

人体内绝大部分的细胞并不与外环境直接接触,而是生活在一个液体环境即细胞外液中,这就是内环境(internal environment),如血浆、组织液、淋巴液、脑脊液等。细胞通过细胞膜从内环境摄取氧和营养物质,同时将二氧化碳和其他代谢产物排到内环境中;内环境提供了体内细胞新陈代谢必需的环境,是沟通外环境与细胞内液的媒介,对细胞的生存以及维持细胞的正常功能十分重要。

(五) 稳态

正常机体,其内环境的理化性质如温度、渗透压、pH 值、离子浓度等经常保持相对的稳定,这种内环境理化性质相对稳定的状态称为稳态(homeostasis)。在高等动物中,内环境的稳态是细胞维持正常生理功能的必要条件,也是机体维持正常生命活动的必要条件。内环境的稳态包含两方面的含义:一方面是指内环境理化性质总是在一定水平上保持相对恒定,不随外环境的变化而出现明显的变动;另一方面,内环境的理化因素并不是静止不变的,在正常状态下有一定的波动,但其变动范围很小。因此,内环境稳态是一个动态的、相对稳定的状态。疾病就是机体在一定条件下受病因作用后,其维持生命的稳态调节紊乱而发生的异常生命活动过程。人如果是健康的,即使稳态受各种环境因素的影响产生暂时的紊乱,由于是在自动调节范围之内,这种紊乱是可以回复的。这种回复过程是机体维持稳态的表现,而对疾病来说则为自然治愈。如果致病因素强大,机体不能通过自身的调节能力维持稳态,便表现出患病症状。此时,必须施加干预以帮助机体回复稳态,这就是治疗。为了进行正确的治疗,必须掌握发病的原因以及患者的功能状态。

稳态也可以拓展到机体的各级水平,凡某一生物化学反应,某一细胞、器官、系统的活动乃至整个机体通过调节机制所维持的动态平衡状态都可称为稳态。

(六) 反馈

反馈是人体功能调控的一种模式。反馈控制系统是一个闭环系统(图 1-4),在控制部分和受控部分之间存在着双向的信息联系,即控制部分发出信号指示受控部分发生活动,受控部分发出反馈信息返回到控制部分,使控制部分根据反馈信息改变自己的活动,从而对受控部分的活动进行调节。根据受控部分的反馈信息对控制部分的作用(原有效应)不同,可将反馈分为两种:负反馈和正反馈。

反馈信息的效果是减弱控制部分的功能活动,使反馈后的效应向原效应的相反方向变化,这种反馈称为负反馈(negative feedback)。负反馈系统的作用是使系统保持稳态,是可逆的过程,是机体内普遍存在而有效的调节方式。机体内环境之所以能维持稳态,就是因为有许多负反馈存在和发挥作用。如体内激素的分泌、血糖浓度、血压和体温的相对恒定等均是负反馈调节实现的。如动脉血压高于正常时,压力感受器就立即将信息通过传入神经反馈到心血管中枢,使心血管中枢的活动发生改变,从而调节心脏和血管的活动,使动脉血压向正常水平回复;反之,如血压低于正常,则通过负反馈调节使血压回复正常。

反馈作用与原效应作用一致,起到促进或加强原效应的作用,这种反馈称为正反馈(positive feedback)。人体内正反馈数量有限,在血液凝固、排尿和排便反射、排卵调节和分娩等少数生理过程中有正反馈机制的参与。如当小血管破裂时,各种凝血因子相继激活,最后形成血凝块,将血管破口封住。在病理情况下,如心力衰竭失代偿期、癌症后期机体功能的恶性循环等有正反馈机制的参与。

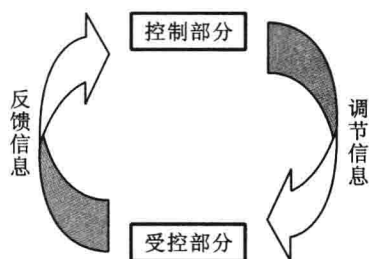


图 1-4 反馈控制系统



第三节 人体功能的调节

人体功能的调节是指人体对内、外环境变化所作出的适应性反应的过程。通过机体各部分功能活动的相互协调和配合,可使机体适应各种不同的生理情况和外界环境的变化,也可使被扰乱的内环境重新得到恢复。机体对各种功能活动调节的方式主要有三种,即神经调节、体液调节和自身调节。

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(neural regulation)。神经调节在机体的所有调节方式中占主导地位。神经调节的基本方式是反射(reflex),反射是指在中枢神经系统的参与下,机体对刺激作出的反应。反射活动的结构基础是反射弧,由感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器这五个环节组成。感受器能够感受体内外的各种刺激,并将刺激能量转变成体内可传导的电信号(动作电位),通过传入神经传至相应的神经中枢,神经中枢对传入信号进行分析、处理或整合后发出指令,指令以动作电位的形式通过传出神经到达效应器,效应器完成反射动作。反射的完成有赖于反射弧结构的完整和功能的正常,五个组成环节的任何一个部分结构被破坏或功能障碍均可导致反射不能完成。神经调节的特点是产生效应迅速、调节作用精确、作用时间较短暂。

二、体液调节

体液调节(humoral regulation)是指化学物质通过体液途径(血液、组织液等)对相应组织或器官的功能进行的调节。化学物质有内分泌细胞分泌的激素,某些组织细胞分泌的肽类和细胞因子等。化学物质经血液这种体液途径运输到达特定组织发挥作用是体液调节的主要方式,称全身性体液调节。全身性体液调节的特点是产生效应较缓慢、作用广泛、持续时间较长。

有些化学物质可不经血液运输,而是经组织液扩散作用于邻近的细胞,调节这些细胞的活动,称局部性体液调节。另外,某些激素可由非内分泌细胞合成和分泌,如下丘脑视上核合成的抗利尿激素,心房肌细胞合成的心房钠尿肽等。

参与体液调节的内分泌活动多数直接或间接地接受神经系统的控制,这类体液调节可看作神经调节传出途径的一个环节,这类调节被称为神经-体液调节或复合调节,如交感-肾上腺髓质系统的调节等。一般来讲,神经系统主要调节机体肌肉的活动和腺体的分泌,而体液系统则主要参与代谢的调节。

三、自身调节

自身调节(autoregulation)是指机体的器官、组织、细胞自身不依赖于神经和体液调节,由自身对刺激产生适应性反应的过程。例如肾血流量的自身调节,心肌的等长与异长自身调节等。自身调节是一种局部调节,其特点是调节幅度较小、灵敏度较低,但在某些器官和组织仍具有重要的生理意义。

(章 皓 陶冬英)

第二章 细胞与组织



第一节 细胞的基本功能

体内所有的生理功能和生化反应都是以细胞为基础进行的。对细胞结构和功能的学习,能够揭示出众多的生命现象,并对人体和组成人体各部分的功能及其发生机制有更深入的理解和认识。

本节主要讨论各种细胞共有的基本功能,如细胞膜的物质转运功能、细胞的跨膜信号转导功能、细胞的生物电现象等。

一、细胞膜的物质转运功能

机体为维持生命,其细胞就要不断地进行新陈代谢,即从外界摄取自身需要的营养物质,并将代谢产物或分泌物等排到细胞外,各种物质进出细胞就必须通过细胞膜。由于细胞膜的基架是脂质双分子层,脂溶性的物质通过细胞膜不存在障碍,而水溶性物质则不能直接通过细胞膜,它们借助细胞膜上某些物质的帮助才能通过,其中细胞膜结构中具有特殊功能的蛋白质起着关键性的作用。细胞膜转运物质的形式是多种多样的,有不同的分类方法。

(一)被动转运

被动转运(passive transport)是指物质或离子顺浓度差或电位差通过细胞膜扩散的过程,不需要细胞供给能量。被动转运包括单纯扩散和易化扩散。

1. 单纯扩散 单纯扩散(simple diffusion)是指脂溶性物质从高浓度侧向低浓度侧跨膜转运的过程,即直接通过细胞膜的脂质分子间隙,如溶解的氧气和二氧化碳、氨、甾体类激素等。其扩散特点:单纯依靠浓度差进行跨细胞膜转运,无需额外能量,属于被动转运。其扩散量主要取决于两个因素:细胞膜两侧物质的浓度差和细胞膜对该物质的通透性。

2. 易化扩散 水溶性小分子或离子(Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等)在特殊膜蛋白的帮助下,由细胞膜的高浓度一侧向低浓度一侧扩散的过程,称为易化扩散(facilitated diffusion)。例如,细胞外液中的葡萄糖进入细胞; Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等离子顺浓度差进入或移出细胞。根据参与帮助的膜蛋白的不同,又可将易化扩散分为两类。

(1)以载体为中介的易化扩散:细胞膜的载体蛋白在被转运物质浓度高的一侧与被转运物质结合,这一结合引起膜蛋白的构象变化,把物质转运到浓度低的另一侧,然后与物质分离。在转运中载体蛋白并不消耗,可以反复使用(图 2-1)。

载体蛋白具有以下特性:①结构特异性:某种载体只选择性地与某种物质分子做特异性结合,类似钥匙和锁的对应关系。②饱和现象:被转运物质在细胞膜两侧的浓度差超过一定

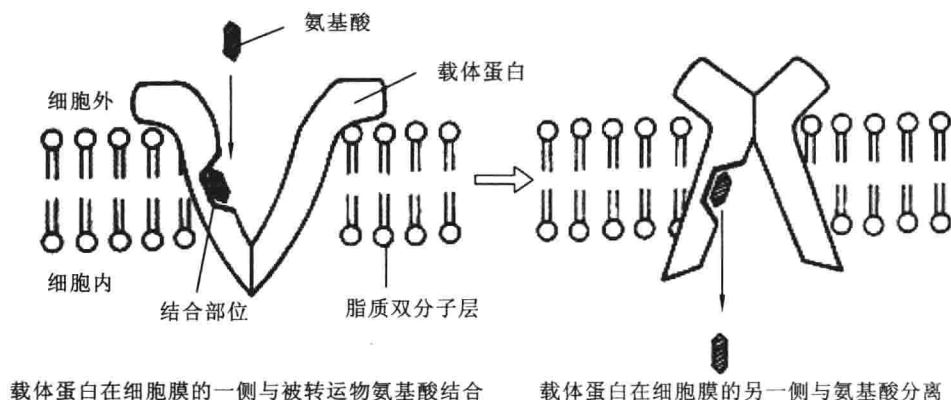


图 2-1 载体运输示意图

限度时,扩散量保持恒定。其原因是载体蛋白分子的数目或与物质结合位点的数目有限。

③竞争性抑制:如果一个载体可以同时运载 A 和 B 两种物质,而且物质通过细胞膜的总量又是一定的,那么当 A 物质扩散量增多时,B 物质的扩散量必然会减少,这是因为量多的 A 物质占据了更多的载体的缘故。

(2)以通道为中介的易化扩散:通道运输是在镶嵌于膜上的通道蛋白质的帮助下完成的。蛋白质通道开放时,离子从浓度高的一侧经过通道向浓度低的一侧扩散;关闭时,即使细胞膜两侧存在离子的浓度差,离子也不能通过细胞膜。细胞膜有 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等通道,开放时 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 由膜的高浓度一侧向膜的 low 浓度一侧快速移动。当通道开放后,离子流动产生离子电流,可引起膜电位的改变。一般来说,通道的开放(激活)或关闭(失活)是通过“阀门”来调控的,此类通道称为门控通道。根据引起通道开放和关闭的条件不同,可大体将通道分成电压门控通道、化学(配体)门控通道和机械门控通道等(图 2-2)。

易化扩散的动力是膜两侧该物质的电-化学梯度,它不需要细胞另外提供能量,属于被动转运。

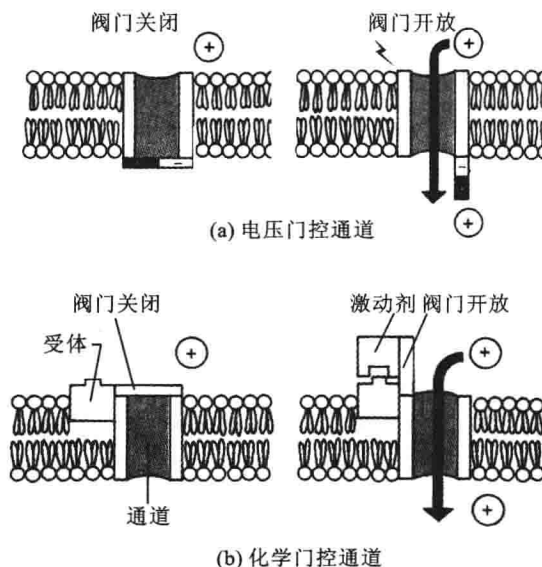


图 2-2 通道运输模式图

(二) 主动转运

主动转运(active transport)是指细胞通过本身的耗能过程,将物质分子或离子由膜的低浓度一侧移向高浓度一侧的过程。它是通过生物泵的活动来完成的,就像举起重物或推物体沿斜坡上移,必须由外部供给能量。主动转运按其利用能量形式的不同,可分原发性主动转运(primary active transport)和继发性主动转运(secondary active transport)。

1. 原发性主动转运 物质的原发性主动转运中,以 Na^+ 、 K^+ 的转运最重要,研究也最充分,其所需能量直接来自 ATP 的分解。钠泵是镶嵌在细胞膜中具有 ATP 酶活性的特殊蛋白质,其作用是主动转运 Na^+ 、 K^+ 。在一般生理情况下,每分解 1 个 ATP 分子,可以逆电-化学梯度使 3 个 Na^+ 移到膜外,同时有 2 个 K^+ 移入膜内,保持了膜内高 K^+ 和膜外高 Na^+ 的不均衡离子分布(图 2-3)。钠泵蛋白质是由 α 和 β 两个亚单位组成的。 α -亚单位有转运 Na^+ 、 K^+ 和促使 ATP 分解的功能, β -亚单位为保持酶活性所必需的。细胞外 K^+ 浓度升高或细胞内 Na^+ 浓度升高均可激活钠泵。

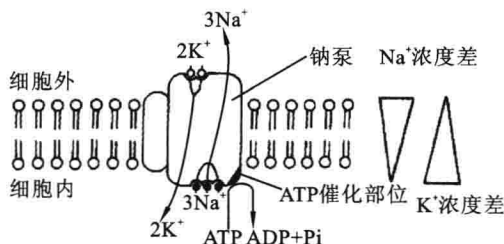


图 2-3 钠泵主动转运示意图

钠泵活动的意义在于:①保持细胞外高 Na^+ 、细胞内高 K^+ 的离子分布态势,是产生生物电现象和神经、肌肉等组织具有兴奋性的物质基础。②钠泵活动形成的细胞内高 K^+ 是许多代谢反应进行的必需条件。③钠泵活动能阻止细胞外 Na^+ 进入膜内,进而防止水向细胞内渗透,从而维持了细胞的正常形态与功能。④细胞外高 Na^+ 也是许多物质继发性主动转运的动力,如葡萄糖、氨基酸的主动吸收以及 Na^+ - H^+ 交换等。可以认为,正常生命活动正是基于钠泵的活动得以体现。

生物体内除钠泵外,还有许多其他的生物泵,常以被它转运的物质命名。例如转运 Ca^{2+} 的钙泵、转运 H^+ 的质子泵等。这些生物泵活动时,细胞要为生物泵的运转提供能量,而能量来源于细胞的代谢过程,所以它与细胞的代谢紧密相关。如果细胞代谢障碍,生物泵的功能就会受到影响。

2. 继发性主动转运 小肠和肾小管上皮细胞等处葡萄糖和氨基酸转运过程的耗能,并不直接伴随供能物质 ATP 的分解,它们的跨膜转运取决于细胞外 Na^+ 的存在。现认为上皮管腔侧细胞膜上的转运葡萄糖载体蛋白有两个结合位点,分别与葡萄糖和 Na^+ 结合,因此,转运时两者一起进入细胞内,同时细胞又不断地依靠基底侧膜上的钠泵分解 ATP 提供能量,将 Na^+ 由细胞内泵出而形成 Na^+ 在细胞内浓度低、腔内浓度高的势能储备,势能储备又被用来驱动葡萄糖逆浓度梯度进入细胞。这里葡萄糖之所以能够主动转运,所得能量并不直接来自 ATP 的分解,而是来自细胞内外 Na^+ 的势能差,但造成势能差的钠泵活动是需要分解 ATP 的,因此,葡萄糖的主动转运所需的能量还是间接来自 ATP。这种不直接利用分解 ATP 释放的能量,而利用膜内外势能差进行的主动转运称继发性主动转运(图 2-4)。

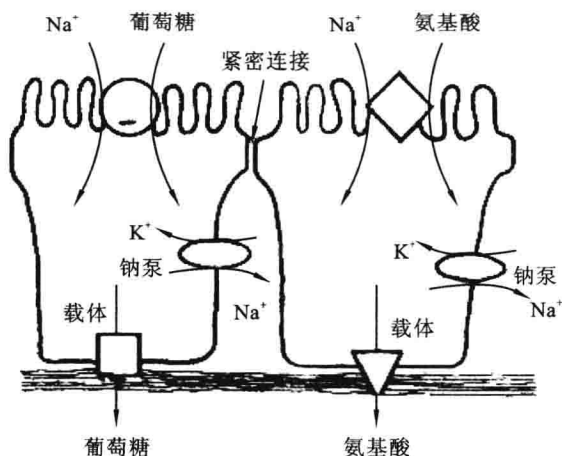


图 2-4 继发性主动转运模式图

(三) 出胞与入胞

一些大分子物质或固态、液态的物质团块进出细胞,可以通过膜的更为复杂的结构和功能改变进行,这些过程需要细胞提供能量。

出胞(exocytosis)是指细胞内的物质以分泌囊泡的形式排出细胞的分泌过程,主要见于各种细胞的分泌活动,神经递质的释放过程也属于出胞方式。入胞(endocytosis)是指细胞外某些团块物质(如细菌、病毒、异物、大分子营养物质等)进入细胞的过程,胰岛素、抗体等物质通过受体介导式入胞形式进入细胞(图 2-5)。

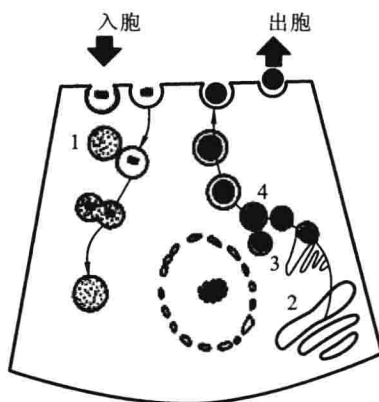


图 2-5 入胞和出胞示意图

1—溶酶体;2—粗面内质网;3—高尔基复合体;4—分泌颗粒

二、细胞的跨膜信号转导功能

人体内存在着数万亿的细胞,它们绝大多数都直接浸浴在细胞外液(内环境)中。内环境中的各种化学信号分子,如神经递质、激素、体液调节因子等,需与靶细胞的特异性受体结合才能发挥其生理作用。

细胞外液中各种化学信息物质作用于细胞膜表面的受体蛋白,通过膜特殊蛋白质的变