

普通高等医学专科院校“十二五”规划教材

生理学

主 编 高明灿 马文樵 柯道平

副主编 张海燕 何 平 李向利

UE SHENGLI XUE SHENGLI XUE SHE



第二军医大学出版社
Second Military Medical University Press

第 8 版 供临床医学、口腔医学、预防医学、药学、生物医学等专业用

生理学

主编 王庭敏 副主编 王 欣
编者 王庭敏 王欣 王 欣 王 欣
王 欣 王 欣 王 欣 王 欣



 **人民卫生出版社**
人民卫生出版社

普通高等医学专科院校“十二五”规划教材

生 理 学

(供临床、护理、药学、康复、口腔、检验、影像等专业用)

主 编	高明灿	马文樵	柯道平
副主编	张海燕	何 平	李向利
编 者	张海燕	西安医学高等专科学校	
	吴宏辉	西安医学高等专科学校	
	马文樵	泰州职业技术学院	
	王永军	西安医学高等专科学校	
	王淑萍	陕西商洛职业技术学院	
	李向利	辽宁朝阳卫生学校	
	李明军	西安医学院	
	李佩峰	辽宁朝阳卫生学校	
	刘 燕	长治医学院	
	孙洋洋	第四军医大学	
	何 平	第二军医大学	
	尚改萍	长治医学院	
	金 莉	齐齐哈尔医学院	
	柯道平	安徽医科大学	
	赵树仲	西安生物医药学院	
	高明灿	商丘医学高等专科学校	



第二军医大学出版社

Second Military Medical University Press

内 容 提 要

本书内容为适应医学大专层次的学生使用,将生理学的内容进行优化,并在与临床联系紧密的部分章节中将生理学内容与具体的临床实践相接合。这在循环、呼吸、消化、肾脏和内分泌等章节均有所体现。

本书适用于医学专科水平的临床、护理、影像、检验等专业学生使用,也可供低年资的医师、护士在临床工作时参考。

图书在版编目(CIP)数据

生理学 / 高明灿, 马文樵, 柯道平主编. — 上海: 第二军医大学出版社, 2012. 1

ISBN 978 - 7 - 5481 - 0371 - 4

I. ①生… II. ①高… ②马… ③柯… III. ①人体生理学-医学院校-教材 IV. ①R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 003583 号

出版人 陆小新
责任编辑 胡加飞 高标等

生 理 学

主编 高明灿 马文樵 柯道平

第二军医大学出版社出版发行

<http://www.smmup.cn>

上海市翔殷路 800 号 邮政编码: 200433

发行科电话/传真: 021 - 65493093

全国各地新华书店经销

江苏句容排印厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 12.875 字数: 313 千字

2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5481 - 0371 - 4/R · 1166

定价: 28.00 元

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 生理学研究的对象和任务	(1)
第二节 生命活动的基本特征	(2)
第三节 机体的内环境及其稳态	(4)
第四节 机体机能的调节	(5)
第二章 细胞的基本功能	(9)
第一节 细胞的结构和物质转运功能	(9)
第二节 细胞的生物电现象	(14)
第三节 肌细胞的收缩功能	(19)
第三章 血液	(24)
第一节 血液的组成和理化性质	(24)
第二节 血细胞	(25)
第三节 血液凝固与纤维蛋白溶解	(30)
第四节 血量与血型	(34)
第四章 血液循环	(37)
第一节 心脏生理	(37)
第二节 血管生理	(49)
第三节 心血管功能的调节	(56)
第四节 器官循环	(60)
第五章 呼吸	(63)
第一节 肺通气	(63)
第二节 气体的交换	(69)
第三节 气体的运输	(72)
第四节 呼吸运动的调节	(75)
第六章 消化和吸收	(79)
第一节 概述	(79)
第二节 口腔内的消化	(84)
第三节 胃内的消化	(86)
第四节 小肠内的消化	(88)

第五节 大肠的功能	(91)
第六节 吸收	(92)
第七章 能量代谢和体温	(95)
第一节 能量代谢	(95)
第二节 体温	(102)
第八章 肾的排泄功能	(109)
第一节 肾的结构和血液循环特点	(109)
第二节 尿生成的基本过程	(112)
第三节 尿的浓缩和稀释作用	(119)
第四节 尿生成的调节	(122)
第五节 尿液及其排放	(124)
第九章 感觉器官	(127)
第一节 概述	(127)
第二节 视觉器官	(129)
第三节 听觉器官	(138)
第四节 前庭器官	(142)
第十章 神经系统	(145)
第一节 神经元及其反射活动的一般规律	(145)
第二节 神经系统的感觉功能	(155)
第三节 神经系统对躯体运动的调节	(160)
第四节 神经系统对内脏功能的调节	(167)
第五节 脑的高级功能和脑电图	(172)
第十一章 内分泌	(179)
第一节 概述	(179)
第二节 下丘脑与垂体	(182)
第三节 甲状腺	(186)
第四节 肾上腺	(188)
第五节 胰岛	(192)
第六节 甲状旁腺	(193)
第十二章 生殖	(195)
第一节 男性生殖	(195)
第二节 女性生殖	(197)
参考资料	(202)

第一章 绪 论

学习目标

- 1) 掌握 新陈代谢、兴奋性及阈强度、内环境稳态、神经调节、负反馈调节的概念及意义。
- 2) 熟悉 生命活动的基本特征、刺激与反应、兴奋与抑制、内环境、机体功能的调节方式。
- 3) 了解 生理学研究的对象及任务、学习生理学意义。

第一节 生理学研究的对象和任务

一、生理学研究的对象与任务

生理学(physiology)是生物科学的一个分支,是研究生物体及其各组成部分功能活动规律的科学。因为生物体只有在活着的时候才能表现出功能活动,所以功能活动又称生命活动。根据生理学的研究对象不同,可将其分为微生物生理学、植物生理学、动物生理学和人体生理学等等。通常把人体生理学简称为生理学,它是医学的重要基础课程之一。

人体生理学是以正常人体为对象,研究人体及各组成部分的功能活动(如新陈代谢、生长发育、呼吸、消化、血液循环、细胞的生物电现象等),其任务主要是阐明人体各种功能活动发生的过程、机制及其与内外环境变化的关系,从而掌握各种生命活动的规律及意义,为以后学习医学后继课程奠定必要的理论基础。

二、生理学的研究方法

生理学是一门实验性科学,系统的生理学知识多来自于临床实践和实验研究。但早期的人体生理知识多来自对人体尸体和动物活体解剖后对人体器官功能的推测。从17世纪初(1628年),英国医生威廉·哈维(William Harvey 1578—1657年)通过对多种动物活体解剖和对人体的大量观察等实验的方法,科学的阐述了血液循环的途径及规律,并发表了著名的《心血运动论》。这是历史上第一部基于实验证据的生理学著作,标志着生理学真正成为一门实验性科学。

由于实验的方法会对机体造成不同程度的损伤,故多数生理实验只能在动物身上进行,只有确保不损害人体及自愿的前提下才允许在人体进行部分指标的实验观察。生理学的研

究方法主要包括。

(一) 动物实验

1. 急性动物实验

急性动物实验又分为在体和离体两种方法：在体实验是在麻醉状态下，通过手术暴露出要观察的器官，观察和记录某些人为因素对其生理功能的影响。如剖开兔的胸腔暴露心脏，观察某些神经体液因素对心脏搏动的影响。离体实验是将动物的器官、组织取出来，置于一个能保持其正常功能活动的人工环境中，观察某种因素对对其功能活动的影响。如将蛙心取出，在一定条件下观察离子、药物、温度对心脏活动的影响。

2. 慢性动物实验

慢性动物实验一般是在无菌条件下对健康动物进行手术处理，暴露所要观察的器官或摘除、破坏某一器官，待其康复后观察其生理功能的变化。

(二) 人体实验

人体实验目前主要进行人群资料的调查，如人体血压、心率、肺通气量、肾小球滤过率，以及红细胞、白细胞、血小板正常值等就是通过对大批人群采样及数据的统计分析得来的；测试人体在某些特殊环境下（如高温、低温、低氧、失重、高压）的生理活动的变化也可在人体进行。近年来，随着科学技术的快速发展，越来越多的无损检测技术被直接应用于人体功能的研究，为探索人体生命的奥秘，丰富生理学理论开辟了更为广阔的前景。

各种实验方法均有优、缺点，各有特殊的意义和适用范围，应根据不同的研究内容和目的，采用不同的实验方法。同时因为人与动物的差异，不可将动物实验结果，简单地套用于人体。

三、生理学的研究的三个水平

由于人体是由器官和系统组成，而各器官、系统又由不同的组织及细胞构成。因此，全面研究正常人体的生理功能，可以从整体水平、器官系统水平和细胞分子水平 3 个水平进行。这 3 个水平的功能又是紧密联系的。从整体水平上的研究，就是以完整的机体为研究对象，观察和分析在各种生理条件下不同的器官、系统之间互相联系、互相协调的规律。例如：研究人在特殊环境中如高原、太空等条件下或在剧烈运动时，机体生理功能的变化；器官和系统水平的研究着重于阐明器官或系统的功能、它在机体中所起的作用、它的功能活动的内在机制，以及调控其活动的各种影响因素。例如，研究心脏泵血的过程，以及神经、体液等因素对其活动的影响；细胞和分子水平的研究主要是指研究细胞和构成细胞的分子或基因的生理特性、功能及其调节机制。例如，研究心肌细胞的生物电活动；肌细胞收缩的分子机制等。

第二节 生命活动的基本特征

生命活动的基本特征主要有 4 个方面：新陈代谢、兴奋性、适应性和生殖。

一、新陈代谢

新陈代谢(metabolism)是指机体通过不断地与周围环境进行物质和能量交换而实现自我更新的过程。新陈代谢包括合成代谢和分解代谢两个基本过程。合成代谢是指机体不断从环境中摄取营养物质,合成机体自身物质以建造和修复自我结构,并储存能量的过程,又称为同化作用;分解代谢是指机体把自身物质分解并把代谢产物排出体外,同时释放能量以供机体各项生理功能需要的过程,又称为异化代谢。

因此新陈代谢过程,既包括物质代谢又包括能量代谢,两者相互联系,同时进行。机体的一切生命活动都是建立在新陈代谢基础上,新陈代谢一旦停止,生命也就结束。因此新陈代谢是生命活动的基本特征。

二、兴奋性

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

(一) 刺激与反应

能够引起机体发生反应的内外环境的变化称为刺激(stimulus)。刺激按性质可分为:①物理刺激:如声音、光、电、温度等。②化学刺激:如酸、碱、药物等。③生物刺激:如细菌、病毒等。④社会心理刺激:如情绪、经济压力等。机体或细胞受到刺激后所引起的体内代谢和外部活动的变化称为反应(reaction)。

刺激引起反应必须具备3个条件:刺激强度、刺激作用的时间、刺激强度一时间变化率,并且3个条件都要达到最小值。若将刺激作用时间和强度变化率固定不变,只改变刺激强度,则能引起机体或细胞发生反应的最小刺激强度称为阈强度(threshold)也称为阈值。刺激强度小于阈值的刺激称为阈下刺激,刺激强度大于阈值的刺激称阈上刺激。生理状态下,每种组织或细胞都有自己特有的阈值,如果其功能状态发生变化,其阈值也会随之改变。

(二) 兴奋与抑制

刺激引起机体或细胞的反应有两种形式:兴奋(excitation)和抑制(inhibition)。兴奋是指机体或组织细胞受到刺激后,由相对静止变为活动状态或由弱活动变为强活动。抑制是指机体或组织细胞受到刺激后,由活动状态变为相对静止状态或由强活动变为弱活动。组织细胞对刺激发生反应是多种多样的,如腺体细胞表现为分泌、肌细胞表现为收缩、神经细胞表现为神经冲动等。腺体细胞、肌细胞、神经细胞称为可兴奋组织。但它们在上述表现之前都会产生一种共同的生物电反应(动作电位)。

(三) 兴奋性与阈强度

兴奋性是机体生命活动的基本特征之一,但不同组织细胞或同一组织细胞在不同情况下,对刺激反应的能力并不相同,即组织细胞的兴奋性是不同的。阈强度是衡量组织细胞兴奋性的指标,它与兴奋性呈反变关系,即阈强度越大,说明组织细胞的兴奋性越低;阈强度越小,说明组织细胞的兴奋性越高。

三、适应性

机体根据内外环境变化而调整体内各部分活动和关系的功能称为适应性(adaptability)。根据反应可将适应分为行为适应和生理适应。行为适应常有躯体活动的改变,如遇到伤害性刺激时会出现躲避活动。这种适应在生物界普遍存在,属于本能性行为适应。生理适应是指身体内部的协调性反应,如在强光照射时,人的瞳孔缩小,以减少光线进入眼内,使视网膜免遭损伤。这种适应则以体内各器官、系统活动的改变为主。

四、生殖

人类生长发育到一定阶段后,男性和女性两种个体的成熟生殖细胞相结合,形成与自己相似的子代个体,这种功能称为生殖(reproduction)。通过生殖人类种系得以延续,所以生殖是生命的特征之一。

第三节 机体的内环境及其稳态

机体所处的外界环境称为外环境(external environment),包括自然环境和社会环境。机体不断调整功能状态以适应外环境的变化。机体的绝大多数细胞并不直接与外环境相接触,而是生活在体内的液体环境中。机体内的液体总称为体液(body fluid),成人体液总量约占体重的60%,其中约2/3在细胞内,称为细胞内液;约1/3在细胞外,称为细胞外液(extracellular fluid),包括血浆和组织液、淋巴液等(图1-1)。

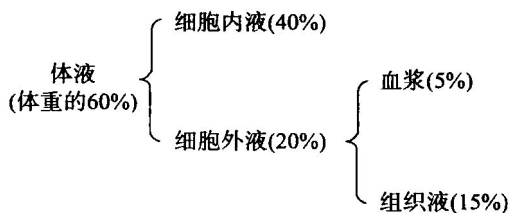


图1-1 人体体液的组成

对细胞而言,它是细胞生存的直接环境,因此,细胞外液被称为机体的内环境(internal environment)。细胞新陈代谢不断地与内环境发生物质交换,从内环境中摄取氧气和营养物质,并把代谢产物释放其中。内环境的各项物理、化学因素,如:气体分压、各种无机盐和营养物质浓度、pH值、温度、渗透压保持相对稳定,从而为细胞维持正常生理功能提供必要的理化条件。生理学中把内环境的各种理化性质保持相对稳定的状态称为内环境稳态。内环境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,并不是说内环境的理化因素是静止不变的。由于细胞不断地进行新陈代谢,就会不断地扰乱或破坏内环境的稳态,内外环境的各种因素、疾病都可影响内环境稳态,与此同时,机体各器官的正常生理活动和体内严密的功能调节机制也在参与着维持而不断恢复。因此,内环境稳态是一个不断破坏又不断恢复,一个动态的、相对稳定的状态。当环境

剧烈变化(如大出血)或疾病(如高烧、酸中毒)时,组织器官的代偿性活动不能维持内环境稳态时,整个机体功能将发生严重障碍,甚至死亡。

相反,由于细胞不断进行代谢,就不断与内环境发生物质交换,也就不断地扰乱或破坏内环境的稳态;外界环境因素的改变也可影响内环境的稳态:体内各个器官、组织的功能往往都是从某个方面参与维持内环境的稳态的。

第四节 机体机能的调节

当机体的内外界环境发生改变时,体内一些器官、组织的功能活动及相互关系会发生相应的改变,最后使机体能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恢复到稳态,这种过程称为生理功能的调节(regulation)。

一、机体功能的调节方式

(一) 神经调节

神经调节(neuroregulation)是通过神经系统的活动对机体生理功能进行的调节。神经系统活动的基本方式是反射(reflex),反射是指在机体中枢神经系统参与下,对刺激产生的规律性反应。反射活动的结构基础称为反射弧(reflex arc)。反射弧由5个基本成分组成,即感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器。感受器能够感受机体内外环境的刺激,并将刺激转变成一定的神经信号,通过传入神经纤维传至相应的神经中枢,中枢对传入信号进行处理、分析综合,并作出反应,通过传出神经纤维改变效应器的活动。例如,当肢体皮肤接触高温物体时,皮肤感受器将信息经传入神经传给脊髓反射中枢,整合后发出冲动经传出神经传给肢体肌肉,屈肌收缩产生躲避反应,免受伤害。反射须在反射弧结构和功能完整的基础上才能正常进行,任何一个部分结构或功能遭受破坏,反射活动将不能完成。

反射分为非条件反射和条件反射。非条件反射是先天的、机体固有的,其数量有限,是一种初级的神经活动,多是维持生命的本能活动,其反射弧和反应都比较固定。如:食物入口即可引起唾液分泌。条件反射则是后天获得,是建立在非条件反射的基础上的一种高级神经活动,是机体在其生活过程中的一定条件下建立起来的,具有更大的易变性和适应性。如:望梅止渴,谈虎色变

神经调节的特点是反应迅速、作用准确、作用时间短暂。是机体最重要且最广泛的功能调节方式。

(二) 体液调节

体液调节(humoral regulation)是指体内产生的一些化学物质通过组织液或血液循环对某些组织或器官的活动进行的调节。这一类化学物质主要有激素(内分泌腺和散在分布的内分泌细胞所分泌)、细胞代谢产物(如 CO_2 、乳酸)以及组织胺、5-羟色胺、腺苷酸等。

由内分泌细胞分泌的激素(hormone)如胰岛素、肾上腺素、生长素等随血液循环运到全身或某些特殊的组织细胞,通过细胞上相应受体,调节这些组织细胞的活动,从而调节机体的新陈代谢、生长发育、生殖等功能活动,这种调节方式称为全身性体液调节。还有一些化学物质并不通过血液循环,如某些组织细胞产生的代谢产物(CO_2 、乳酸、 H^+ 、腺苷等)和某些细胞分泌的生物活性物质(组织胺、5-羟色胺)可直接扩散到周围组织液,作用于邻近的组织细胞调节其生理功能,这种调节方式称为局部性体液调节。

一般来讲,体液调节是一个独立的调节系统,但人体内大多数内分泌腺或内分泌细胞的分泌活动直接或间接的接受神经系统支配,实际上激素的分泌是神经调节的一部分,是反射弧传出通路上的一个分支和延伸。如交感神经兴奋时,既通过传出神经直接作用于心血管和胃肠道,同时又引起肾上腺髓质激素的分泌,通过血液循环作用于心血管和胃肠道。这种复合调节方式被称为神经-体液调节(neuro-humoral regulation)(图 1-2),而神经调节起主导作用。体液调节的特点是反应较慢、作用面广泛、作用持续时间较长。

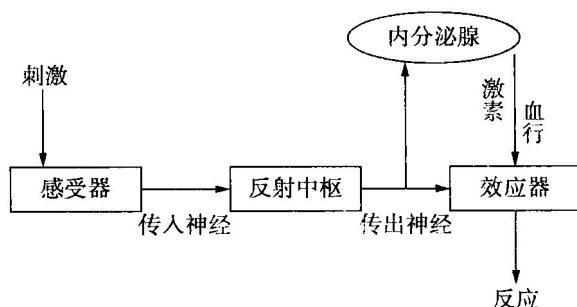


图 1-2 神经-体液调节

(三) 自身调节

许多组织、细胞自身也能对周围环境变化发生适应性的反应,这种反应是组织、细胞本身的生理特性,并不依赖于外来的神经或体液因素的作用,所以称为自身调节(autoregulation)。例如,当动脉血压在 80~180 mmHg 范围内变动时,肾血流可以保持始终相对的稳定。这一现象在离体的肾脏灌注实验中仍然存在。这表明它是一种自身调节现象。

自身调节的特点是影响范围小,效应也小,对刺激的敏感性较低。

二、机体功能调节的反馈控制

利用工程技术的控制论原理来分析人体许多功能的调节,可见机体生理功能调节过程可以看作是一个自动控制系统。任何控制系统都由控制部分和受控部分组成。每一个控制系统都是一个闭合回路,形成反馈控制系统。在人体,通常将神经中枢和内分泌腺看作是控制部分,而将效应器和靶器官看作受控部分,控制部分和受控部分之间存在着双向联系。除控制部分发出信息调节受控部分活动外,受控部分也发出反馈信息来影响控制部分的活动。生理学上通常将受控部分信息返回作用于控制部分的过程称为反馈(feedback)。反馈分为正反馈和负反馈(图 1-3)。

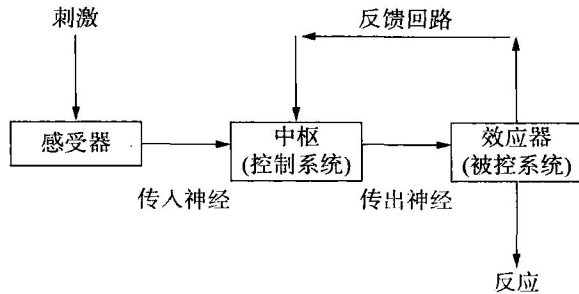


图 1-3 反馈

(一) 负反馈

负反馈(negative feedback)是指受控部分发出的反馈信息对控制部分的活动产生抑制作用,使控制部分的活动减弱,称为负反馈(negative feedback)。例如胰岛分泌的胰岛素使血糖降低,当血糖浓度降低后,其反馈信息可反过来抑制胰岛素分泌,从而维持血糖浓度相对稳定。负反馈普遍存在于机体调节过程中,其意义在于维持机体与外环境协调及维持内环境稳态。

(二) 正反馈

正反馈(positive feedback)是指受控部分发出的反馈信息对控制部分的活动,起到促进或加强的作用。例如在正常分娩过程中,子宫收缩导致胎儿头部下降并牵张子宫颈,宫颈部受牵张时可进一步加强子宫收缩,再使胎儿头部进一步牵张宫颈,宫颈牵张再加强子宫收缩,如此反复,直至胎儿娩出。还有血液凝固、排尿过程等都属于正反馈。

(三) 前馈

在神经系统的调节控制中,除反馈控制外,还有前馈控制(feed-forward control)。前馈控制是指控制部分发出信息,指令受控部分进行某一活动,同时又通过另一快捷途径向受控部分发出前馈信息,及时地调控受控部分的活动。使正常人体在内外环境因素的不断变化中能较好地保持各种机能的稳定。一般地说,负反馈调节可以纠正刺激引起的过度反应,但总是在过度反应出现以后才进行,过度现象的纠正总要滞后一段时间,而且易出现矫枉过正,引起波动。例如,冬泳的人在换上泳装跳入冰水前,人体内的温度还没有降低,但空气低温已刺激皮肤冷感受器,通过中枢神经系统内信息的传递,提前发动了体温调节机制,增加产热,控制散热,以保持体温相对稳定。再者,泳者进入泳场更衣室准备换装时,泳场环境产生的视觉、听觉刺激,就已通过条件反射的方式发动体温调节机制,这些都是前馈控制的表现。

自我强化题

一、名词解释

1. 兴奋性
2. 阈值
3. 内环境
4. 反射
5. 反馈

二、问答题

1. 生命活动的基本特征有哪些？
2. 什么是内环境稳态，有何意义？
3. 机体功能调节有那些方式，简述其概念及特点。
4. 什么是负反馈，有何生理意义？

第二章 细胞的基本功能

学习目标

- 1) 掌握 细胞的跨膜物质转运。兴奋性和兴奋的概念,刺激引起兴奋的条件;细胞的生物电现象及其产生原理,兴奋和传导的方式和特点。
- 2) 熟悉 细胞膜的结构;细胞膜物质转运的特点;骨骼肌兴奋收缩耦联的概念。
- 3) 了解 细胞膜跨膜信号传导,骨骼肌细胞的收缩功能。

细胞是人体和其他生物体的基本结构单位。体内所有的生理活动和生化反应,都是在细胞的基础上进行的。来源于不同种属,不同组织、器官的细胞在一些基本生命过程中存在高度的一致性或共性。细胞膜是细胞内容物与环境之间的界面,担负着细胞内外物质交换和信息传递等多种功能。神经信息传导与传递、生物电现象、肌肉收缩等都是机体组织和器官功能在细胞水平的表现。

第一节 细胞的结构和物质转运功能

机体的细胞由细胞膜(也称质膜)所包被,使胞质与外部环境分隔,从而使细胞能相对孤立于环境而存在。细胞膜的主要功能:①细胞内、外物质交换,如营养物质和氧气等通过细胞膜进入细胞内,而细胞代谢产物和二氧化碳则通过细胞膜移至细胞外;②接受来自外界环境和细胞外液的各种刺激并发生反应;③辨别外界信息。

一、细胞膜的基本结构

细胞膜主要由脂类、蛋白质和少量糖类组成。它们在细胞膜中的排列方式目前用 Singer 和 Nicholson 于 1972 年提出的液态镶嵌模型(fluid mosaic model)来说明,即细胞膜以液态的脂质双分子层为基架,其中镶嵌着具有不同结构和功能的蛋白质,如受体蛋白、载体蛋白、通道蛋白等(图 2-1)。

膜的脂类中(主要为磷脂)都是一些双嗜性分子,它的一端是亲水性基团,朝向细胞膜的内外表面,与细胞外和胞质液体中的极性水分子接触,另一端两条长链脂肪酸则是疏水性基团(朝向脂质双分子层内部),由于脂质彼此之间没有化学键连接。因此,每个分子能独立地作平行于膜表面的侧向移动,而且长链脂肪酸能弯曲和向外扭动,使膜脂双层具有液态的特点。

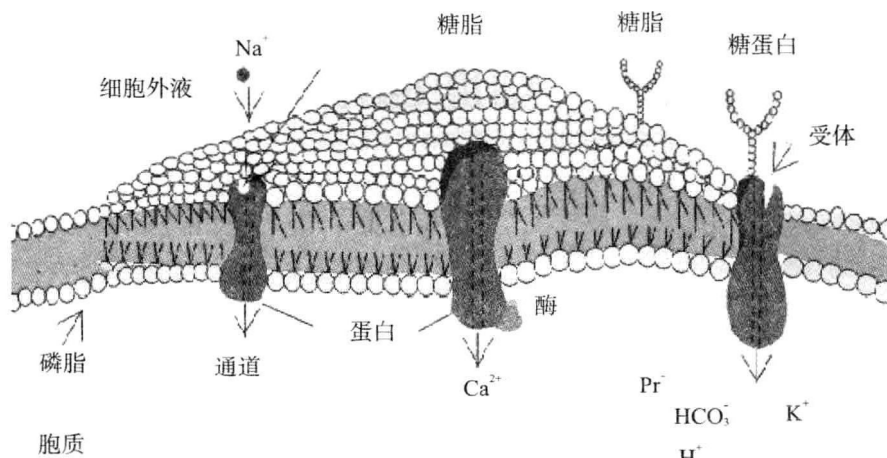


图 2-1 细胞膜结构示意图

细胞膜中蛋白质以球形结构分布于细胞膜上或镶嵌在脂质双层之中,根据它们的存在方式,可分为表面蛋白(peripheral protein)和整合蛋白(integrated protein)。表面蛋白以其肽链中的带电基团与膜两侧脂质极性基团相互吸引,附着在膜表面,主要是在膜的内表面。整合蛋白则可以一次或反复多次贯穿整个脂质双分子层,多与物质跨膜转运功能有关。

细胞膜上还含有少量糖类。它们与某些膜脂质或蛋白共价联结,形成糖脂或糖蛋白,这些糖链大多数附着于膜的外表面,可作为细胞或蛋白质结合的特异性标志。

二、细胞膜的物质转运功能

细胞膜具有选择通透性。允许某些物质通过。而不允许另一些物质通过,由此形成了细胞内外成分的差别,而且此通透性是可以改变的。细胞膜对物质的转运可分为主动和被动转运两大类,具体的转运形式有单纯扩散、易化扩散、主动转运、入胞作用(胞吞作用)和出胞作用(胞吐作用)。

1. 单纯扩散

单纯扩散(simple diffusion)是指一些脂溶性的小分子物质由膜的高浓度一侧向低浓度一侧扩散的过程,是一种简单的物理过程。其扩散动力来源于膜两侧该物质的浓度差,不需要额外消耗能量,例如 O_2 、 CO_2 、脂肪酸、乙醇等的跨膜转运就属于单纯扩散。扩散的动力是浓度差或浓度梯度,可一直进行到浓度梯度不存在时才停止。在通过细胞膜时,物质分子能否跨膜扩散还取决于细胞膜对该物质分子的通透性,如有效直径的大小、物质电荷情况及其脂溶性程度等。影响单纯扩散扩散通量(单位时间物质通过单位扩散面积的量)的主要因素是如下所述。

(1) 膜两侧脂溶性物质的浓度差 浓度差越大,扩散量越大;反之亦然。

(2) 膜的通透性 由于脂质双分子层的存在,膜对脂溶性物质的通透性大,易扩散;对水溶性物质如无机盐、葡萄糖等,就不能以单纯扩散方式来通过。

渗透是指水分子通过单纯扩散的方式出入细胞膜,在细胞膜两侧溶液浓度不同时,水分子便由浓度低的一侧走向浓度高的一侧,这是水通过膜的重要方式。水分子除了以渗透方式通过细胞膜之外,还可以通过水通道跨膜转运。

2. 易化扩散

易化扩散(facilitated diffusion)指一些水溶性的小分子或离子物质(如葡萄糖、矿物质等),在特殊膜蛋白质的帮助下,由高浓度一侧通过细胞膜向低浓度一侧扩散的现象称易化扩散。由于是顺浓度差扩散,不需要额外耗能,属于被动转运(被动转运是指物质顺电化学梯度通过膜的不耗能的转运过程)。

易化扩散根据所参与帮助转运的膜蛋白质的不同又可分为两类:①以载体蛋白为中介的扩散过程,称为载体介导的易化扩散;②以通道蛋白为中介的扩散过程,称为通道介导的易化扩散。

(1) 载体介导的易化扩散 带电离子和分子量稍大的水溶性分子,虽然很难溶于脂质,但也能由膜高浓度一侧向低浓度一侧移动。与上述单纯扩散不同,它们这类扩散依赖于载体蛋白(简称载体)。载体的作用是能与某些物质结合,并发生结构变异,将某物质由高浓度一侧运向低浓度一侧,再与该物质解离。以这种方式进行转运的主要是水溶性的小分子物质如葡萄糖、氨基酸和其他简单的有机分子、载体转运有3个特点。

1) 高度的结构特异性:即某种载体只选择性地与某种物质作特异性结合,对于分子组成不同和结构不同的其他物质,没有结合能力或不易结合。结构相同而旋光特性不同的物质亦不易结合。

2) 饱和现象:指易化扩散的扩散通量在一定范围内与膜两侧物质的浓度差呈正比,但当膜一侧物质浓度增加到一定限度时,扩散通量就不再随浓度差的增加而增大。这是因为膜载体蛋白质的数量及其结合位点相对固定,这就造成载体蛋白质转运某物质的最大限度即最大转运通量。

3) 竞争性抑制:一个载体蛋白同时对A和B两种结构相似的物质都有转运能力,那么如果增加A物质的浓度将会使该载体对B物质的转运量减少。这是因为一定数量的结合位点竞争性地被A物质所占据的结果。

(2) 通道介导的易化扩散 指一些离子如 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等在膜上通道蛋白的帮助下顺浓度梯度或电位梯度的跨膜转运过程。介导这一过程的膜蛋白也称离子通道,贯通细胞膜,其中心具有亲水性通道,允许适当的离子顺浓度梯度或电位梯度瞬间大量的通过。据测定,经通道易化扩散的跨膜转运速度可达每秒 $10^6 \sim 10^8$ 个离子,远大于载体的每秒 $10^3 \sim 10^5$ 个离子或分子的转运速率,这是载体和通道之间最重要的区别。通道介导的易化扩散有以下一些特点。

1) 相对特异性:某一通道(如 K^+ 通道)只允许某种离子(K^+)通过,对其他离子不通透。但也有的通道(如 Na^+ 、 K^+ 通道)允许几种离子(Na^+ 、 K^+)通过。这是由于不同通道的直径、形状以及其表面所带的电荷不同所造成的。

2) 离子通道的门控机制:通道内具有一个或两个“闸门”样的结构,由它来控制通道的开放和关闭,这一过程称为“门控”。根据通道的门控机制,又将离子通道分为电压门控通道(由于细胞膜内外的电位变化引起闸门的开放或关闭);化学门控通道(由某种化学物质与通道蛋白的结合引起闸门的开放或关闭)和机械门控通道(由机械力牵张细胞膜引起闸门的开放或关闭)。

上述几种转运形式均为顺电化学梯度的转运,细胞膜不需消耗能量,因此都属于被动转运。