

基层卫生人员成人大专学历教育
全科思维创新型规划教材

● SHENGLIXUE ●

供临床医学专业用

生理学

主编 ● 张 敏

基层卫生人员成人大专学历教育全科思维创新型规划教材
供临床医学专业用

生 理 学

主 编 张 敏

副主编 董克江 罗桂霞 高俊涛

编 者 (以姓氏拼音为序)

董克江(滁州城市职业学院)

高俊涛(吉林医药学院)

罗桂霞(淮南市卫生学校)

汪 瑞(安庆医学高等专科学校)

张 敏(安徽医学高等专科学校)

张 晟(安徽医学高等专科学校)

军事医学科学出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

生理学/张敏主编.

-北京:军事医学科学出版社,2012.6

ISBN 978-7-80245-971-7

I. ①生… II. ①张… III. ①人体生理学-成人高等教育-教材
IV. ①R33

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第105263号

策划编辑:盛立

责任编辑:曹继荣

出版人:孙宇

出版:军事医学科学出版社

地址:北京市海淀区太平路27号

邮编:100850

联系电话:发行部:(010)66931049

编辑部:(010)66931127,66931039,66931038

传真:(010)63801284

网址:<http://www.mmsp.cn>

印装:三河市双峰印刷装订有限公司

发行:新华书店

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:13

字数:313千字

版次:2012年10月第1版

印次:2012年10月第1次

定价:29.00元

本社图书凡缺、损、倒、脱页者,本社发行部负责调换

前 言

2012 年教育部下发的《关于加快发展继续教育的若干意见》中提出“在新的历史时期,加快发展继续教育是提升国家核心竞争力和推进创新型国家建设的必然要求,是促进我国经济发展方式转变和产业结构调整的重要支撑”,并提出了“加快发展继续教育,建设全民学习、终身学习的学习型社会”的要求。

为了响应国家大力发展继续教育的号召,华医网与军事医学科学出版社整合医学继续教育专家资源,以全科思维、任务引领为核心理念,在汲取国内外优秀医学教材出版经验的基础上,策划出版了本套全科思维创新型规划教材,受到相关部门领导的高度重视和大力支持。本教材的编写以适用为本、够用为度为原则,特别重视学生素质和创新能力的提升,设置了目标与任务、知识链接、达标与评价等模块,丰富了教材的表现形式,方便了课堂教学,增强了教学的互动性。

本书共分十一章,包括绪论、细胞的基本功能、血液、血液循环、呼吸、消化与吸收、能量代谢和体温、肾脏的泌尿功能、感觉器官、神经系统、内分泌等内容,同时还配有技能操作实验和课后练习,体现了“学-做-练”一体化的教材体系特色。

本教材的编写过程中,全体编委对编写工作都非常重视,并多次讨论,反复修改,体现出高度负责的态度,在此表示诚挚的感谢!但由于时间仓促,加之编写经验和水平有限,教材中难免存在不足,期待同行专家和读者给予反馈与建议。

编者

2012 年 9 月

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 生理学的任务和研究方法	(1)
第二节 生命的基本特征	(2)
第三节 机体与环境	(3)
第四节 人体生理功能的调节	(4)
第二章 细胞的基本功能	(8)
第一节 细胞膜的跨膜物质转运功能	(8)
第二节 细胞膜的跨膜信号转导功能	(12)
第三节 细胞的生物电现象	(12)
第四节 骨骼肌的收缩功能	(16)
第三章 血液	(23)
第一节 血液的组成和理化特性	(23)
第二节 血细胞	(26)
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	(38)
第一节 心脏生理	(38)
第二节 血管生理	(48)
第三节 心血管活动的调节	(55)
第四节 器官循环	(60)
第五章 呼吸	(65)
第一节 肺通气	(66)
第二节 气体的交换和运输	(71)
第三节 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 口腔内消化.....	(83)
第三节 胃内消化.....	(85)
第四节 小肠内消化.....	(90)
第五节 大肠内消化.....	(94)
第六节 吸收.....	(96)
 第七章 能量代谢与体温	(103)
第一节 能量代谢.....	(103)
第二节 体温及其调节.....	(107)
 第八章 肾脏的泌尿功能	(114)
第一节 肾的结构和肾血液循环特点.....	(114)
第二节 尿的生成过程.....	(116)
第三节 尿液的浓缩与稀释.....	(122)
第四节 影响与调节尿生成的因素.....	(123)
第五节 尿液及其排放.....	(126)
 第九章 感觉器官	(130)
第一节 概述.....	(130)
第二节 视觉器官.....	(131)
第三节 听觉器官.....	(136)
第四节 前庭器官.....	(139)
 第十章 神经系统	(142)
第一节 神经元与反射活动的一般规律.....	(142)
第二节 神经系统的感觉功能.....	(149)
第三节 神经系统对姿势和运动的调节.....	(154)
第四节 神经系统对内脏活动的调节.....	(159)
第五节 脑电活动及觉醒与睡眠.....	(162)
第六节 脑的高级功能.....	(164)
 第十一章 内分泌	(170)
第一节 激素.....	(170)
第二节 下丘脑与垂体.....	(173)
第三节 甲状腺.....	(176)

第四节 肾上腺 (178)
 第五节 胰岛 (182)
 第六节 其他激素 (183)
 参考文献 (186)
 附录 (187)
 实验一 神经干动作电位的引导 (187)
 实验二 影响骨骼肌收缩的因素 (188)
 实验三 红细胞渗透脆性的测定 (190)
 实验四 呼吸运动的调节 (191)
 实验五 心血管活动的调节 (192)
 实验六 消化道平滑肌的生理特性 (193)
 实验七 影响尿液生成的因素 (194)
 实验八 人体动脉血压的测量及视野测定 (196)



第一章 绪论

目标与任务

1. 掌握兴奋性、阈值、内环境、稳态等基本概念。
2. 熟悉人体生理功能调节及控制的方式。
3. 了解人体生理学的任务、研究内容、研究方法。

第一节 生理学的任务和研究方法

生理学(physiology)是生物学的一个分支,是一门研究生物机体正常生命活动及其规律的科学。

一、生理学的任务

(一) 生理学的研究内容

生理学研究的对象是正常人体的功能活动,包括生命活动的机制、现象、过程及其影响因素。

生理学的任务是研究这些生理功能的发生机制、条件以及机体的环境中各种变化因素对其功能产生的影响,从而掌握各种生理功能变化的规律。既要研究各器官、细胞的正常活动现象和规律,同时又要研究各系统、器官、细胞之间的相互关系。

(二) 生理学与医学的关系

生理学是一门重要的基础医学科学,很多医学研究的问题要以生理学的理论为基础,只有掌握了正常人体生命活动的功能和规律,才能促进对疾病过程和机制的理解,从而掌握预防和治疗疾病的理论和技能,同时也可为进一步学好病理学、药理学、临床各门专业课以及从事医疗工作打下坚实的基础。

二、生理学的研究方法

生理学是实验性的科学。生理学的知识大多是通过实验获得的。通过对动物实验的研究、观察、思考和分析,得以积累和发展。

(一) 生理学的实验方法

动物实验一般分为急性和慢性两类。急性实验是在动物处于麻醉状态下观察它的整体功能及调节机制,一般当即进行实验,实验周期短。慢性实验是在动物处于清醒状态下进行,确定了



实验目的后,先给动物做必要的手术处理,等待康复后再进行实验,需要反复进行,实验周期较长。动物实验又可分为在体实验和离体实验两种方法。在体实验是指在动物身上直接观察;离体实验是指将动物的某种细胞、组织或器官从体内取出,通过人工条件培养而观察。

(二) 生理学的三个水平

人体的功能非常复杂,对人体功能的研究必须从三个不同的水平进行,即细胞和分子水平、器官和系统水平以及整体水平。细胞是构成人体最基本的结构和功能单位,人体各个器官的功能都是由不同性质的细胞构成,各种细胞的生理特性又由所含物质的分子组成,所以要研究人体及其器官的功能,必须深入到细胞分子水平;而人体是一个完整的统一体,它的各种功能活动都是这个整体的组成部分,它们之间相互影响、相互联系、协调统一。

知识链接

生理学的发展简史

以实验研究为特征的近代生理学是从 17 世纪开始的。英国医师哈维以活体的动物实验,阐明了血液循环的途径和规律,是近代生理学的奠基人;20 世纪初,俄国生理学家巴甫洛夫创建了高级神经活动学说;1939 年,美国生理学家坎农提出了“稳态”的概念;1926 年,中国生理学会成立,是我国近代生理学形成的标志。林可胜是我国近代生理学和生理学会的奠基人,是我国消化生理学的先驱;蔡翘和张锡钧也是我国近代生理学的奠基人,在生理学上都取得了创造性成果。

第二节 生命的基本特征

生命现象多种多样,科学家通过对各种生物的基本生命活动的研究,发现生命活动的基本特征至少有两种表现形式——新陈代谢和兴奋性。

一、新陈代谢

新陈代谢(metabolism)是指生物体与外界环境之间的物质交换和能量交换,以达到自我更新的过程。它又包括合成代谢和分解代谢两个相辅相成的过程。**合成代谢**(anabolism)是机体从环境中摄取营养物质,合成为自身物质,并储存能量的过程;**分解代谢**(catabolism)是机体分解其自身成分并将分解产物排出体外,释放能量,供生命活动所需。物质的合成和分解过程,称为物质代谢,伴随着物质代谢过程中发生的能量释放、转移、贮存和利用,称为能量代谢。新陈代谢是生命的最基本特征,是一切生命活动的基础,新陈代谢一旦停止,就意味着生命的终极。

二、兴奋性

兴奋性(excitability)是指机体或组织对刺激发生反应的能力或特性。它是在新陈代谢的基础上产生的,也是生命活动的基本特征之一。能够被机体或组织感受到的环境变化,称为刺



激(stimulus)。机体或组织受到刺激后所发生的一切变化,称为**反应**(response)。根据性质不同可将刺激分为物理性刺激、化学性刺激、生物性刺激和社会心理性刺激。

实验证明,任何刺激要引起机体反应需要具备三个基本条件:一定的刺激强度、刺激的持续时间和强度-时间变化率。在生理学实验和医疗实践中,常把刺激的持续时间和强度-时间变化率固定,刺激必须达到一定的强度,才能引起组织发生反应。把刚刚能引起组织细胞发生反应的最小刺激强度称为**阈强度**,又称为**阈值**(threshold)。相当于阈强度的刺激称为**阈刺激**;刺激强度低于阈值的刺激称为**阈下刺激**;刺激强度大于阈值的刺激称为**阈上刺激**。不同的组织或同一组织处于不同的功能状态,会有不同的阈值。说明组织的兴奋性有高低之分。阈值可作为衡量组织兴奋性的指标,它与兴奋性成反比关系。阈值越小,说明组织的兴奋性越高,对刺激的反应越灵敏;相反,阈值越大,说明组织的兴奋性越低,对刺激的反应越迟钝。神经、肌肉、腺体三种组织,受到刺激后反应迅速明显,伴有动作电位产生,因此被称为**可兴奋组织**(excitable tissue)。

机体对刺激所产生的反应是多种多样、形式各异的,如肌肉收缩、神经传导、腺体分泌等,但可以概括为两种基本形式:兴奋和抑制。若在感受有效刺激后功能活动出现或增强,称为**兴奋**;感受有效刺激后功能活动减弱或停止,则称为**抑制**。如在动物实验中,以电刺激家兔颈部交感神经,产生兴奋(心跳加快、加强);若刺激颈部迷走神经,产生抑制(心跳减慢、减弱,甚至停止)。

第三节 机体与环境

人体的各种生理功能都是在一定的环境中进行的。环境分为外环境与内环境。

一、外环境与适应

机体所处的外界环境称为**外环境**(external environment),包括自然环境(如温度、湿度等)和社会环境(如人际关系、居住条件等),它们在不断地变化,但机体通过不断地调整功能状态以适应外环境的变化,达到人体与外环境的统一与协调。然而,过于剧烈的外环境变化,一旦超出人体的适应能力时,将会威胁人的健康和生存。

二、内环境与稳态

人类绝大多数细胞并不直接与外环境相接触,机体内细胞所直接生存的环境称为**内环境**(internal environment),即细胞外液,包括血浆、组织液、脑脊液和淋巴液等。细胞内也有液体,细胞内的液体称为细胞内液。两者统称为**体液**,占体重的60%,其中细胞内液约占2/3,细胞外液约占1/3。

内环境是细胞进行新陈代谢的场所,细胞代谢所需要的各种营养物质和 O_2 ,都是从内环境中摄取,细胞代谢所产生的代谢产物和 CO_2 也首先排到细胞外液中。在正常功能条件下,机体内环境的各种理化因素(如渗透压、温度、pH、水、电解质、营养物质、 O_2 和 CO_2 等)都保持相对的恒定状态。我们把内环境理化因素相对稳定的状态称为**稳态**。内环境稳态保证了机体新陈代谢和各种生命活动的正常进行。内环境的稳态并不是说内环境的理化因素是静止不变的,它是一种动态平衡。一方面,由于细胞不断进行代谢,与内环境发生物质交换,就会扰乱或

破坏内环境的稳态,同时,外界环境因素的改变也可影响内环境的稳态;另一方面,人体通过各种功能活动不断地维持内环境的稳态。内环境的稳态是细胞维持正常生理功能的必要条件,也是生物体维持正常生命活动的必要条件。如果内环境稳态遭到破坏,将使细胞和整个机体的功能发生严重障碍,甚至死亡。

第四节 人体生理功能的调节

机体的功能活动能够随着内、外环境的变化及时调整,从而维持内环境的稳态,是因为机体有一整套完善的调节机构,在机体处于不同的生理情况或当外界环境发生改变时,全身各种功能活动随之发生相应的改变,使得机体能够适应各种不同的生理情况和外界环境的变化,这一生理过程称为生理功能的调节。

一、人体生理功能的调节方式

机体对各种功能活动的调节方式主要有3种,即神经调节、体液调节和自身调节。

(一) 神经调节

神经调节是体内最为普遍的一种调节方式,也是最主要的调节方式,是通过神经系统的活动实现的。神经调节的基本方式是**反射**(reflex)。所谓反射,是指机体在中枢神经系统的参与下,对刺激产生规律性反应的过程。反射活动的结构基础称为**反射弧**。反射弧由5个部分组成,即感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器(图1-1)。每种反射的完成,有赖于反射弧结构和功能的完整性。在反射弧中,任何一个部分发生功能障碍或遭到破坏,反射活动都会减弱,甚至消失。

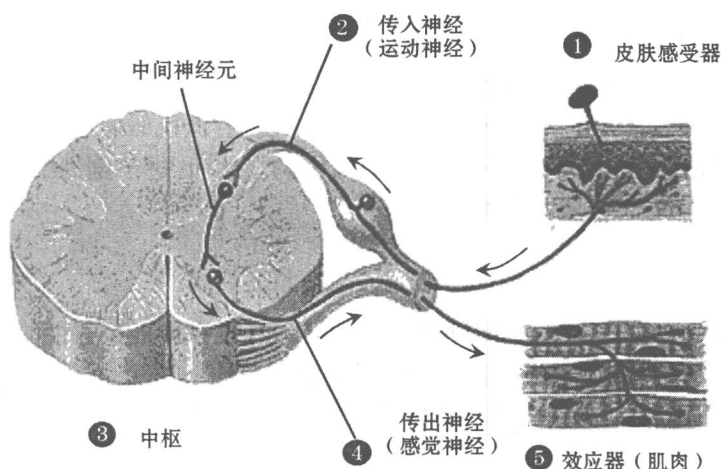


图 1-1 反射弧的基本结构模式图

例如,当皮肤接触开水杯时,皮肤感受器将疼痛和温度的信息经传入神经传给脊髓反射中枢,中枢经过分析综合发出指令,经传出神经传给肢体肌肉(效应器),屈肌收缩产生躲避反应,免受伤害。反射的种类很多,人类和高等动物的反射可分为非条件反射和条件反射两种类



型。非条件反射是人和动物在长期的种系发展过程中形成的,并具有遗传性,反射弧和反应方式都比较简单、固定;条件反射是建立在非条件反射的基础上,在一定条件下,后天通过学习、训练而产生的,反射弧比较复杂、不固定。

神经调节的特点是迅速、准确、短暂、局限等。

(二) 体液调节

体液调节(humoral regulation)是指通过体液中一些化学物质对机体的细胞、组织器官的功能活动进行调节的过程。又可分为全身性体液调节和局部性体液调节。全身性体液调节对全身的组织细胞发挥调节作用,这一类化学物质主要是指由内分泌腺和散在分布的内分泌细胞所分泌的激素,随血液运输到全身或某些特殊的组织细胞,调节这些组织细胞的活动;局部性体液调节是指细胞代谢产物(如 CO_2 、乳酸等)和分泌的一些生物活性物质(如组胺、5-羟色胺、腺苷酸等),经局部组织液扩散,对邻近组织细胞的生理功能产生影响。由于许多激素的分泌直接或间接地受神经系统的控制,所以体液调节实际上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系统,同时又引起肾上腺髓质激素的分泌,再通过血液循环作用于心血管。这种复合调节方式被称为**神经-体液调节**(neuro-humoral regulation)。机体大多数功能活动的调节属于这种调节方式。

体液调节的特点是缓慢、广泛、持续时间较长。

(三) 自身调节

自身调节(autoregulation)是指某些器官或组织不依赖于外来的神经或体液因素的作用,自身对刺激产生的一种适应性反应。例如肾血流量的调节,当肾动脉血压在 $80 \sim 180 \text{ mmHg}$ 之间变化时,肾血流量能保持相对稳定,这种肾血流量不依赖于神经和体液的作用,而保持相对恒定的现象,称为肾血流量的自身调节。

自身调节的特点是幅度小,范围局限,不灵敏。但对生理功能的调节仍有一定意义。

二、人体生理功能的反馈调节

利用工程技术的控制论原理来研究分析人体许多功能活动的调节过程,可以发现,与工业上工程技术控制过程有着许多共同的规律。人体功能的控制调节过程,绝大多数都可以看作是一个由控制部分和受控部分之间形成的一种双向“闭环”式系统。在控制系统中,由受控部分发出并对控制部分产生影响的信息称为反馈信息,根据反馈信息的作用效应不同,又分为负反馈和正反馈两类(图 1-2)。

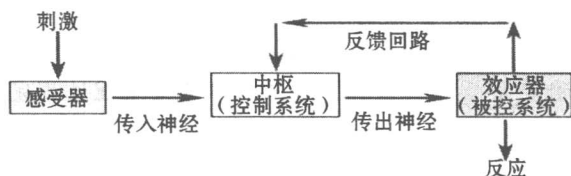


图 1-2 自动控制系统模式图

(一) 负反馈

负反馈(negative feedback)是指从受控部分发出的反馈信息对控制部分的功能活动产生抑制作用,使控制部分的功能活动减弱。如动脉血压的维持就是一个典型的负反馈控制例子。



当血压升高时,人体主动脉弓和颈动脉窦的压力感受器受到刺激,通过传入神经,将血压升高的信息传到心血管活动中枢,通过中枢的整合作用,抑制心脏和血管的活动,使动脉血压降低,恢复正常水平。正常人体功能活动的调节大多数都是通过负反馈调节实现的,负反馈的意义主要是维持机体各种生理功能的相对稳定。

(二) 正反馈

正反馈(positive feedback)是指从受控部分发出的反馈信息对控制部分的功能活动产生促进,使控制部分的功能活动加强。分娩过程是正反馈控制系统活动的实例。分娩时,子宫开始收缩,导致胎儿牵张子宫颈部;宫颈受到牵张可反射性导致缩宫素分泌增加,使子宫底部肌肉收缩加强,转而使宫颈进一步受到牵张;如此反复,直至胎儿娩出为止。正反馈在机体内为数不多,它的意义主要是促使每种生理功能一旦发动就迅速加强加快,直到全部完成。

达标与评价

一、名词解释

1. 新陈代谢 2. 兴奋 3. 抑制 4. 兴奋性 5. 刺激 6. 反应 7. 阈强度(阈值) 8. 内环境 9. 稳态 10. 神经调节 11. 反射

二、单项选择题

1. 人体生理学的任务是阐明

- A. 人体化学变化的规律 B. 人体物理变化的规律 C. 人体细胞的功能
D. 正常人体功能活动的规律 E. 内、外环境的关系

2. 维持机体内环境稳态最重要的调节是

- A. 神经调节 B. 体液调节 C. 负反馈 D. 正反馈 E. 自身调节

3. 神经调节的基本方式

- A. 反馈 B. 反应 C. 正反馈 D. 负反馈 E. 反射

4. 动脉血压在 80~180 mmHg 范围内变化时,肾血流量能保持相对稳定的调节过程属于

- A. 神经调节 B. 局部性体液调节 C. 神经-体液调节 D. 自身调节 E. 反馈作用

5. 下列生理过程中,属于负反馈作用的是

- A. 分娩 B. 排便反射 C. 降压反射 D. 排尿反射 E. 血液凝固

6. 正反馈作用的生理意义是

- A. 加速人体某些生理过程的完成 B. 维持体液理化特性的相对稳定
C. 维持血压的相对稳定 D. 延长人体某些生理过程完成的时间
E. 使体内激素水平不过高

7. 判定组织兴奋性高低的指标

- A. 刺激的时间 B. 刺激的强度 C. 阈强度 D. 强度-时间变化率 E. 刺激的种类

8. 细胞生活的内环境是指

- A. 淋巴液 B. 细胞外液 C. 脑脊液 D. 组织液 E. 细胞内液

三、问答题

1. 比较三种不同的调节的特点。



2. 简述正反馈和负反馈的生理意义。

答案

一、名词解释

略。

二、单项选择题

1. D 2. C 3. E 4. D 5. C 6. A 7. C 8. B

三、问答题

略。

(张 敏)



第二章 细胞的基本功能

目标与任务

1. 掌握细胞膜物质转运的形式和特点。
2. 理解静息电位和动作电位产生的基本原理、动作电位的引起及其传导特点。
3. 了解骨骼肌的收缩形式。
4. 掌握兴奋-收缩耦联、阈电位、静息电位、动作电位的概念。

细胞是人体的基本结构和功能单位,人体的各种生理活动都是在细胞的基础上进行的。因此,学习细胞的基本功能有助于深入地认识整个机体及各系统、各器官的生命活动。人体的细胞有 200 多种,不同种类的细胞结构和功能有很大的差异,但其基本的功能活动有许多共同的特征。本章主要讨论细胞膜的跨膜物质转运功能、细胞膜的跨膜信号转导功能、细胞的生物电现象和肌细胞的收缩功能。

第一节 细胞膜的跨膜物质转运功能

细胞新陈代谢需要多种营养物质,同时也会产生多种代谢产物,细胞外液的营养物质运至细胞内,细胞新陈代谢产生的代谢产物排至细胞外液,都需要经过细胞膜的跨膜物质转运。细胞膜是细胞与其周围环境的分界,是一种具有特殊结构和功能的生物半透膜,它对物质的通过有着严格的选择性,如此才能保证细胞新陈代谢所需理化环境的相对稳定。

细胞膜主要由脂质、蛋白质和极少量的糖类等物质组成。液态镶嵌模型学说认为,细胞膜是以液态的脂质双分子层为基架,其间镶嵌着许多具有不同结构和生理功能的蛋白质(图 2-1)。

细胞膜主要由液态的脂质双分子层构成。理论上,只有脂溶性的物质才可以通过。实际上,细胞在进行新陈代谢时,不断有各种各样的物质进出,而且大多数不溶于脂质。这些物质中除极少数能够直接通过脂质双分子层进出细胞外,大多数物质分子或离子的跨膜转运都与镶嵌在细胞膜上的各种特殊蛋白质有关。一些大分子物质或物质团块进出细胞,则与细胞膜更复杂的生物学过程有关。因此,不同物质通过细胞膜的跨膜转运方式是不同的(表 2-1)。

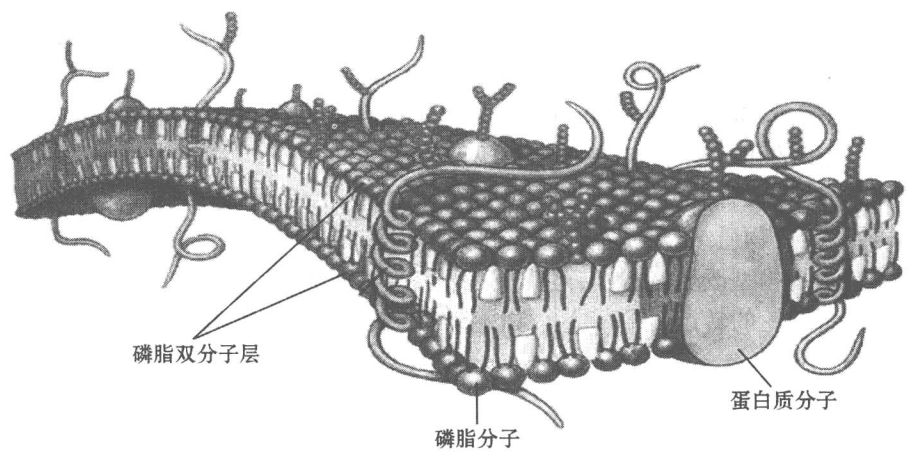


图 2-1 细胞膜的液态镶嵌模型示意图

表 2-1 细胞膜的跨膜物质转运方式比较

转运方式		概 念	特 点	转运物质
单纯扩散		脂溶性物质,顺浓度差转运	直接进行,不耗能	脂溶性小分子(O_2 、 CO_2 等)
易化扩散	经通道介导的易化扩散	非脂溶性物质,通道蛋白帮助,顺浓度差转运	通道帮助,不耗能	离子(K^+ 、 Na^+ 等)
	经载体介导的易化扩散	非脂溶性物质,载体蛋白帮助,顺浓度差转运	载体帮助,不耗能	非脂溶性小分子(葡萄糖等)
主动转运		离子或小分子,逆浓度差耗能转运	离子泵参与,耗能	离子(K^+ 、 Na^+ 等)
入胞和出胞		大分子物质或物质团块的转运	细胞膜运动,耗能	大分子、物质团块

一、单纯扩散

脂溶性小分子物质从高浓度一侧向低浓度一侧跨细胞膜转运的过程,称为**单纯扩散**(simple diffusion)。这是一种简单的物理现象,不需要消耗细胞本身的能量。一般来说,只有脂溶性的小分子物质才能通过细胞膜的脂质分子间隙进行单纯扩散。人体内依靠单纯扩散方式进出细胞的物质主要有 O_2 、 CO_2 、 N_2 、乙醇和尿素等。

影响单纯扩散的因素主要有:①细胞膜两侧浓度差,膜两侧浓度差越大,扩散速度越快;反之,扩散速度越慢。②细胞膜对该物质的通透性。通透性越大,扩散速度越快;反之,扩散速度越慢。

二、易化扩散

非脂溶性物质在细胞膜上特殊蛋白质的帮助下顺浓度差和(或)顺电位差进行的跨膜转运过程称为**易化扩散**(facilitated diffusion)。易化扩散可按镶嵌蛋白质的作用特点不同分为:载体介导的易化扩散和通道介导的易化扩散两种类型。

1. 载体介导的易化扩散 细胞膜结构中存在载体蛋白(简称载体),载体分子中有一个或数个能与某种被转运物质结合的位点,载体先与细胞膜高浓度一侧的被转运物质分子选择性地结合,并引起本身构型改变,使被转运物质运至细胞膜的低浓度一侧。此时载体也恢复原有构型,准备进行新一轮的转运(图 2-2)。体内葡萄糖、氨基酸等物质就是由相应载体转运的。

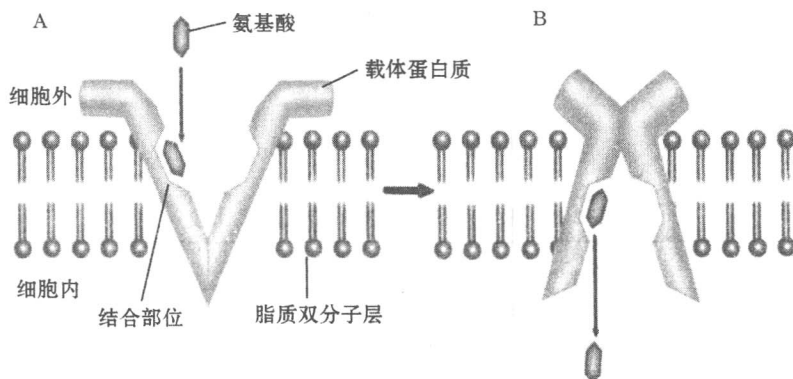


图 2-2 载体介导的易化扩散过程示意图

载体介导的易化扩散具有以下特点:

(1) 特异性:一种载体只能转运相应的特定物质。例如,在多数情况下,体内转运葡萄糖的载体只能转运葡萄糖,转运氨基酸的载体只能转运氨基酸。

(2) 饱和现象:当被转运物质浓度达到一定数值时,转运速度不再随被转运物质浓度的增加而继续增大,此时转运速度达到最大值。

(3) 竞争性抑制:有的载体特异性不高,能同时转运两种或两种以上结构相似的物质时,一种物质浓度差增大,使该物质转运增多的同时,另一种物质的转运将减少。

2. 通道介导的易化扩散 细胞膜结构中存在通道蛋白(简称通道),它像贯通细胞膜的一条管道,开放时,被转运的物质顺浓度梯度通过管道进行扩散;关闭时,该物质不能通过细胞膜。当膜电位改变或膜受到某些化学物质的作用时,通道蛋白的构型可发生改变,于是出现通道的开放或关闭(图 2-3)。由膜电位改变引起开或关的通道称为电压依从性通道;由化学物质引起开或关的通道称为化学依从性通道。通道对被转运物质也有一定的特异性和选择性, Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等都借助于专用通道即钾通道、钠通道、钙通道等进行顺浓度梯度转运。

综上所述,单纯扩散和易化扩散都是顺浓度差和(或)电位差进行的,细胞本身不消耗能量,均属于被动转运。