



21世纪医学类精编教材

生理学

SHENGLIXUE

 赠教学课件

黄争春 张兰凤 肖学文 主编

 延边大学出版社

生 理 学

主 编	黄争春	张兰凤	肖学文	
副主编	欧阳娟	李鸿玮	张志花	谢瑞莲
	吴素珍	帅 萍	苏晓蓉	黄 真
	谢 璐	刘丽华	周钰梅	
编 委	黄争春	张兰凤	肖学文	欧阳娟
	李鸿玮	张志花	谢瑞莲	吴素珍
	帅 萍	苏晓蓉	黄 真	谢 璐
	刘丽华	周钰梅		

图书在版编目(CIP)数据

生理学 / 黄争春, 张兰凤, 肖学文编著. -- 延吉 :
延边大学出版社, 2016.10

ISBN 978-7-5688-1433-1

I. ①生… II. ①黄… ②张… ③肖… III. ①人体生
理学 IV. ①R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 252314 号

生理学

主编:黄争春 张兰凤 肖学文

责任编辑:崔文香

封面设计:曾宪春

出版发行:延边大学出版社

社址:吉林省延吉市公园路 977 号 邮编:133002

网址:<http://www.ydcbs.com>

E-mail:ydcbs@ydcbs.com

电话:0433-2732435

传真:0433-2732434

发行部电话:0433-2732442

传真:0433-2733266

印刷:北京文星印刷厂

开本:787×1092 毫米 1/16

印张:17.5

字数:380 千字

版次:2016 年 10 月第 1 版

印次:2016 年 10 月第 1 次

ISBN 978-7-5688-0908-5

定价:43.00 元

前 言

为了适应当前国家医药卫生体制改革的要求,为社会培养更多合格的临床医学人才,我们组织了多名长期从事生理学教学工作的教师编写了本教材。以适应当前我国医学教育教学改革发展的形势与培养创新型、复合型医学人才的要求。

本教材以专业培养目标为导向,以职业技能培养为根本,坚持“三基”(基本知识、基本理论和基本技能)和“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性和实用性)的基本原则,同时注意体现大学教育的基本要求和特色,使之具备“内容精湛、知识新颖、必须够用、质量上乘”的特点。

本教材共分为十三章,具体内容有: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、肾的排泄功能、感觉器官的功能、神经系统的功能、内分泌、生殖、生长发育与健康。本教材在编写过程中既注意为学生打好基础,同时又注重体现学科的发展,为使教材便于理解,我们努力做到内容编排循序渐进,知识叙述深入浅出,图文并用,以图释文;为拓宽视野、启发思维、帮助学生理解相关知识,我们结合教材内容编入了部分案例。

本教材以国内外经典生理学教材和近期研究文献为参考,以保证教材内容的科学性。同时,在一定程度上继承传统教材的提法、名词和编排顺序,保持教材的稳定性和继承性。

本书由赣南医学院黄争春、张兰凤、肖学文担任主编,赣南医学院黄真、帅萍、肖学文、谢璐、欧阳娟、李鸿玮、张志花、周钰梅及赣南医学院第一附属医院苏晓蓉、谢瑞莲担任副主编。

此外,在本书编写的过程中,我们借鉴了许多文献资料,在这里向这些文献的作者致以最诚挚的谢意!

编者

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 概 述	1
第二节 生命的基本特征	2
第三节 人体功能与环境	3
第四节 生理功能的调节	4
第二章 细胞的基本功能	7
第一节 细胞膜的基本功能	7
第二节 细胞的生物电现象	10
第三节 肌细胞的收缩功能	14
第三章 血 液	18
第一节 血液的组成和理化特性	18
第二节 血细胞生理	22
第三节 血液凝固和纤维蛋白溶解	30
第四节 血量、血型与输血	34
第四章 血液循环	39
第一节 心脏的泵血功能	39
第二节 心脏的生物电活动和生理特性	50
第三节 血管生理	67
第四节 心血管活动的调节	84
第五节 器官循环	98
第五章 呼 吸	105
第一节 肺通气	105
第二节 肺换气和组织换气	117
第三节 气体在血液中的运输	120
第四节 呼吸运动的调节	127
第六章 消化与吸收	139
第一节 概 述	139
第二节 消 化	141
第三节 吸 收	153
第四节 消化器官活动的调节	156
第七章 能量代谢和体温	159
第一节 能量代谢	159

第二节 体 温	161
第八章 肾的排泄功能	165
第一节 概 述	165
第二节 尿的生成过程	166
第三节 调节和影响尿生成的因素	171
第四节 尿的排放	173
第九章 感觉器官的功能	175
第一节 概 述	175
第二节 一般感觉	176
第三节 本体感觉	177
第四节 特殊感觉	178
第十章 神经系统的功能	190
第一节 神经系统功能活动的基本原理	190
第二节 神经系统的感觉分析功能	211
第三节 神经系统对运动和姿势的调节	220
第四节 神经系统对内脏活动、本能行为和情绪的调节	233
第六节 脑的高级功能	241
第十一章 内分泌	247
第一节 概 述	247
第二节 下丘脑与垂体	249
第三节 甲状腺	252
第四节 肾上腺	254
第五节 胰 岛	257
第六节 甲状旁腺和甲状腺 C 细胞	258
第十二章 生 殖	260
第一节 男性生殖	260
第二节 女性生殖	261
第十三章 生长发育与健康	265
第一节 人体生长发育	265
第二节 衰 老	268
第三节 健 康	271
参考文献	273

第一章 绪 论

第一节 概 述

一、生理学基础研究的对象及任务

生理学基础是研究生物体的生命现象及其规律的科学。本门学科研究的对象是具有生命活动的人体。人体的生命活动,如肌肉运动、腺体分泌、血液循环、呼吸、消化吸收、生长发育、泌尿、生殖等都是一生命现象。生理学基础的任务,就是揭示各种生命活动发生的具体过程、产生的条件和原理,人体内外环境变化对生命活动的影响,同时,还要研究构成人体各个系统、器官和细胞功能表现的内部机制以及各部分功能活动相互协调、相互制约的规律,为人的卫生保健、防病治病、增进健康、延长寿命提供科学的理论依据。

生理学基础是建立在人体形态学基础上的,与临床医学有着密切的联系,是一门重要的医学基础科学。生理学基础的基本理论,对临床医学具有指导作用,所以只有先学好本门学科才能为进一步学好各门专业课程打下坚实的基础。医护人员只有掌握了正常人体生命活动的规律或功能,才能认识疾病的发生及其发展规律,才能掌握疾病的防治,以促进疾病康复的理论与技能。

二、生理学的研究方法

人体的各种功能活动都是整体活动的一部分,它与生存环境保持密切联系的同时,还受语言、文字、心理和社会等因素的影响。学习生理学基础,必须以辩证法为指导,用对立统一的观点去看待机体的一切功能活动,同时,还应从生物的、心理的、社会的角度来综合观察和理解人体的功能活动。

生理学基础是一门实验性科学,也就是说,本门课程的知识主要是通过实验观察获得的。早在17世纪初,英国医师哈维(Harvey)首先在动物身上用活体解剖和实验观察法研究了血液循环这一生命现象,首次科学地阐明了血液循环的基本途径和规律。1628年,哈维的著作《心与血的运动》面世,这是生理学基础成为一门独立的实验科学的标志。学习该门课程应坚持理论联系实际的原则,一方面要重视基本理论知识的学习,另一方面又要重视实验技术,通过实验加深对理论知识的理解,培养学生的创新思维和动手能力。此外,还应适当联系生活实际和临床实际,把本门学科的基础知识和技能用到卫生保健和临床实践中去。

生理学基础的发展与其他自然科学的发展联系密切且相互促进。尤其是新的技术不断应用于生理实验,使生理学基础的知识和理论不断得到新的发展。构成人体最基本的单位是细胞。由许多不同的细胞构成各种器官,行使相同功能的器官构成一个系统,人体就是由各个

器官系统互相联系、互相作用、互相协调而构成的一个复杂整体。因此,生理学基础研究就是在细胞、器官和系统,以及整体这3个水平上进行的。细胞和分子水平的研究是以细胞和构成细胞的分子为研究对象,例如研究肌细胞膜、肌质网、肌原纤维等超微结构的功能,以及细胞中蛋白质、无机盐等物质运动的理化过程。器官和系统水平研究是以一个器官或一个系统为研究对象,例如研究心脏如何射血、血液在心血管系统中流动的规律、神经和体液因素对心血管活动的调节。整体水平研究是以完整机体为研究对象,例如研究人体在运动状态下各器官系统之间功能活动的相互配合、相互协调及其规律。

第二节 生命的基本特征

生命的基本特征有哪些?科学家从原始的单细胞生物到高等动物以至对人类的研究,发现生命现象多种多样,而新陈代谢、兴奋性和生殖是生命的基本特征。

一、新陈代谢

生物体总是在不断地从外界摄取营养物质,重新建构自身组织,同时又在不断地分解自身和外来物质,排出体外。机体和环境之间不断地进行物质交换和能量转换,以实现自我更新的过程,称为新陈代谢。由此可见,新陈代谢包括物质代谢和能量代谢。物质代谢是指物质的摄取、合成、分解和排出过程;能量代谢是指伴随物质代谢而产生的能量储存、转化、释放和利用过程。物质代谢和能量代谢是不可分割地联系在一起。物质代谢又分为合成代谢(同化作用)和分解代谢(异化作用)两个方面。合成代谢是指机体不断从外环境中摄取营养物质,合成和转化为自身物质,同时储存能量的过程;分解代谢是指机体不断分解自身物质,同时释放能量,并将代谢产物排出体外的过程。

新陈代谢是机体与环境最基本的联系,也是生命最基本的特征。机体在新陈代谢的基础上表现出各种生命活动特征。新陈代谢一旦停止,生命也将随之终结。

二、兴奋性

(一) 刺激、反应和兴奋性的概念

机体生活在自然环境之中,当环境发生变化时机体就会做出反应,以适应环境的变化。这种能被机体或组织细胞感受的环境变化,称为刺激。刺激的种类很多,按其性质分为:物理刺激,如声、光、电、温度、机械、放射线等;化学刺激,如酸、碱、药物等;生物刺激,如细菌、病毒、寄生虫等。此外,对人类来说,还有语言、文字、情绪等社会因素形成的心理刺激。

刺激引起机体或组织细胞发生的一切变化,称为反应。如神经受刺激后的反应为神经冲动,肌肉受刺激后的反应为收缩,腺体的反应则表现为分泌。机体或组织细胞对刺激发生反应的能力或特性,称为兴奋性。在机体组织中,神经、肌肉和腺体组织的兴奋性最高,它们反应迅速,易于观察,并有电位变化作为客观标志。因此,生理学基础通常将这些组织称为“可兴奋组织”。

机体或组织细胞对刺激有两种反应形式,即兴奋和抑制。兴奋是指机体或组织接受刺激后,由静止转为活动或活动由弱变强的过程;抑制是指机体或组织接受刺激后,活动减弱或

变为相对静止的状态；如肾上腺素作用于心脏，使心肌收缩力增强、心率加快是发生了兴奋；乙酰胆碱作用于心脏，使心肌收缩力减弱、心率减慢是发生了抑制。组织细胞接受刺激后是发生兴奋还是抑制，一是取决于组织当时所处的功能状态，二是取决于刺激的特性。正常机体的各种功能活动既有兴奋，也有抑制，两者既对抗又协调，还可互相转化。因此，兴奋和抑制是机体对立统一的生理过程。

（二）刺激与反应的关系

刺激与反应是一种因果关系，凡是有兴奋性的组织细胞受到刺激后都会引起反应。但是，任何刺激引起机体或组织细胞是否发生反应，发生何种反应，还必须具备 3 个条件，即足够的刺激强度、足够的刺激持续时间和一定的强度-时间变率。强度是指内外环境变化的幅度；时间是指刺激作用于组织持续时间的长短；强度-时间变率则是指单位时间内强度变化的大小或速度。一般来说，这 3 个变量的值越大，刺激越强，反之刺激越弱。临床上在给患者进行肌肉注射时要求“两快一慢”，即进针快、出针快、推药慢，可减轻注射时的疼痛，就是因为“两快”缩短了刺激作用的时间，“一慢”降低了刺激的变率，二者均减弱了刺激强度。综上所述，刺激必须达到一定的强度才能引起组织反应。

在生理实验中，由于电刺激容易观察和控制，因此经常使用电刺激作为人工刺激。通常在刺激器上对刺激作用时间和强度-时间变率先行固定。单一观察刺激强度与反应的关系，当刺激的持续时间与强度，时间变率不变时，引起组织发生反应的最小刺激强度，称为阈强度（阈值）。刺激强度等于阈值的刺激，称为阈刺激；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，称为阈上刺激。阈值的大小可反映组织的兴奋性，阈值越小，组织的兴奋性越高；反之，越低。由此说明，组织的兴奋性与阈值呈反变关系。

三、生殖

任何生物个体的寿命都是有限的，衰老、死亡是必然归宿。生物体生长发育到一定阶段后能够产生与自身相似的子代个体，这种功能称为生殖。一切生物都是通过生殖活动来延续种系的。因此，生殖是生命的基本特征之一，也是人类繁衍和生物延续种系的重要生命活动。

第三节 人体功能与环境

机体的一切生命活动都是在一定的环境中进行的，脱离环境，机体或细胞都将无法生存。对人体而言，有外环境与内环境之分。

一、机体对外环境的适应

外环境包括机体赖以生存的自然环境和社会环境。自然环境是指自然界中空气、温度、湿度、光照、水、气候、地理环境等各种因素的总和，是人体生存的基本条件；社会环境包括政治、经济、文化、人际关系、心理变化等，是人体生存的必要条件。

外环境无时无刻不在发生着变化，这些变化都会对人体产生不同的刺激，人体也不断地做出反应，以适应外环境的变化，达到人体与外环境的统一与协调，保证生命活动的正常进行。机体能够根据环境情况变化来调整内部关系的过程，称为适应。对学生们来讲，刚入学时在饮食起居、人际关系等方面产生不适应，出现胃纳不佳、生疏孤独之感，经过一段时间

的自我调适、沟通交流,就能适应新的生活、学习环境,这是对适应最好的诠释。人类的适应能力最强。

人类不但有被动适应环境的能力,而且还有客观地认识环境和能动地改造环境的能力。科学技术、经济社会的发展,在极大地改善人们的物质文化生活的同时,也带来了环境污染、植被破坏、水土流失、生态失衡等困扰经济社会发展的诸多问题。人体作为生态系统的组成部分,既要依赖环境、适应环境、保护环境,又要不断地影响环境、改善环境,只有这样才能保持人与自然的和谐统一,促进经济社会的可持续发展。

二、机体的内环境和稳态

人体生命活动的基本单位是细胞,但绝大部分细胞并不直接与外环境接触,而是生活在体液之中。体液是人体内液体的总称,约占成年人体重的60%。体液分为两部分,即细胞内液和细胞外液。前者分布于细胞之内,约占体液的2/3;后者分布于细胞之外,约占体液的1/3,包括组织液、血浆、淋巴液、脑脊液等(图1-1)。细胞外液中约1/4分布在心血管系统内,即是血浆,其余的3/4分布在全身各组织间隙中,称为组织液。细胞外液是细胞直接生活的体内环境,称为内环境。内环境为细胞的生存提供必要的理化条件,使细胞的各种生化反应和生理功能得以正常进行,同时为细胞代谢提供营养物质,接纳细胞代谢的终产物。

细胞外液中各种离子浓度、温度、酸碱度、渗透压等理化因素只在一个狭小的范围内波动,保持相对稳定状态,称为内环境稳态。内环境稳态是细胞保持正常生理功能和进行正常生命活动的必要条件。内环境稳态的特点是相对稳定而动态变化。事实上细胞代谢无时无刻不在进行,就会不断与内环境进行物质交换,不断打破内环境稳态,外环境变化也会影响内环境稳态。机体各系统的功能活动如呼吸补充 O_2 排出 CO_2 ,消化吸收补充营养物质,肾排泄代谢产物等都可使内环境保持新的动态平衡,维持内环境稳态。如果内环境稳态遭到破坏,新陈代谢将不能正常进行,机体就会发生疾病,甚至危及生命。

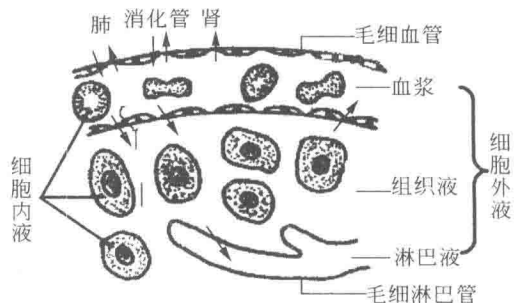


图 1-1 体液分布

第四节 生理功能的调节

人体各系统的功能活动能协调一致,保持其自身的稳态和对内外环境的适应,是因为机体有一套调节机制,能对各种生理功能进行调节。

一、人体功能调节的方式

(一) 神经调节

通过神经系统的活动对机体各种功能进行的调节,称为神经调节。神经调节的基本方式是反射。反射是指在中枢神经系统的参与下,机体对内、外环境的变化做出的规律性应答(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5个部分组成(图1-2)。感受器能感受内外环境变化的刺激,并将刺激信息转变成电信号(即神经冲动),通过传入神经至相应的反射中枢,反射中枢对传入信号进行综合分析,并做出反应,再经过传出神经将反应信号传至效应器,效应器完成反射活动。每一种反射,都有自己固定的反射弧。例如,食物进入口腔可引起唾液分泌;环境温度升高,可引起皮肤血管扩张和出汗等。反射弧结构和功能的完整性是反射进行的必要条件,反射弧中任何部分受到破坏或功能障碍,相应的反射活动都将消失。

反射活动可分为非条件反射和条件反射两种类型。

1. 非条件反射

非条件反射是人的本能,先天遗传,人类和动物共有的一种初级神经活动,反射中枢位于皮质下各级中枢,反射弧和反应方式都比较固定,其数量有限,如吸吮反射、吞咽反射、防御反射、性反射等。它是机体适应环境的基本手段,是个体生存和种族繁衍的基本能力。

2. 条件反射

条件反射是后天获得的,是人和动物个体在生活过程中,在非条件反射基础上建立起来的新的反射活动。条件反射的中枢在大脑皮质,是一种高级神经活动。“望梅止渴”、“谈虎色变”都属于条件反射。条件反射的数量无限,可以建立,也可以消退。因此,它使机体对环境的适应更加灵活,具有预见性,极大地提高了人的生存和适应能力。

神经调节的特点是反应迅速、准确,作用部位局限,持续时间短暂,是机体最主要的调节方式。

(二) 体液调节

内分泌腺所分泌的激素和某些细胞生成的生物活性物质通过体液的运输,对机体相应的组织、器官进行的调节作用,称为体液调节。激素通过血液运送到全身各处,对机体的新陈代谢、生长、发育、生殖等功能的调节,称为全身性体液调节。某些细胞分泌的组胺、激肽、前列腺素等生物活性物质,以及组织代谢产生的腺苷、乳酸、 H^+ 、 CO_2 等经由细胞外液扩散到周围环境,调节邻近细胞的功能,称为局部性体液调节。

体液调节的特点是反应缓慢、持久,作用范围广泛,持续时间较长。体液调节对调节新陈代谢和维持机体内环境稳态有重要意义。

在体内,多数情况下神经调节具有主导作用,大部分内分泌细胞直接或间接受神经系统的调节。在这种情况下,体液调节就成了反射弧传出途径的一个中间环节或延长部分而发挥作用,这种方式称为神经-体液调节(图1-2)。

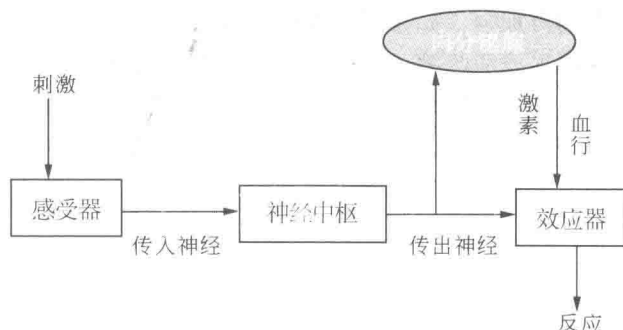


图1-2 反射弧与人体功能调节

（三）自身调节

自身调节是指机体某些器官、组织细胞不依赖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，动脉血压在 80mmHg~180mmHg 时，肾血流量能保持相对稳定，说明肾小动脉有明显的自身调节能力。

自身调节是一种简单原始的调节方式，特点是调节幅度较小、灵敏度差、范围局限，但对维持器官、组织和细胞的稳态仍有一定的意义。

二、人体功能调节的自动控制

人体各种生理功能的调节与现代控制论的原理相似，可以把人体的调节看作是一个自动控制系统（图 1-3）。自动控制系统是一个闭合回路，由控制部分（反射中枢、内分泌腺）和受控部分（效应器、靶器官）组成。控制部分和受控部分之间有双向信息联系，控制部分发出控制信息调节受控部分的功能活动；受控部分发出反馈信息影响和修正控制部分的调节作用。由受控部分的反馈信息调节控制部分活动的作用，称为反馈调节。根据反馈信息的性质和作用不同，可把反馈调节分为负反馈和正反馈。负反馈是指反馈信息与控制信息的作用相反，减弱或抑制控制部分作用的反馈。人体内存在着许多高效、精细的负反馈控制系统，从细胞和分子水平调节机体的各种功能活动，维持内环境的稳态。

例如正常人动脉血压相对稳定就是负反馈控制实现的。在生理情况下，机体的动脉血压保持在相对稳定的正常水平。当某种原因引起心血管活动增强而使动脉血压高于正常时，动脉压力感受器就立即将信息通过传人神经反馈到心血管中枢，使心血管中枢的活动发生改变，导致心脏活动减弱，外周血管扩张，使动脉血压恢复到正常水平；反之当动脉血压低于正常水平，又可通过负反馈控制使血压回升至正常水平。因此，负反馈的生理意义在于维持机体各种生理功能的相对稳定。

正反馈是指反馈信息与控制信息作用一致的反馈。反馈信息对控制部分有促进或加强作用，从而使受控部分的作用再加强，如排尿反射就是一种正反馈控制，在排尿过程中，排尿中枢发出控制信息，使膀胱逼尿肌收缩，将尿液排出体外；尿液进入后尿道时，又可刺激尿道感受器，反馈信息加强排尿中枢的活动，导致膀胱逼尿肌进一步收缩，如此反复，直到排尿过程终结。正反馈的意义在于使某种生理过程逐步加强，迅速达到并完成某种生理状态和水平。其他如射精、分娩、血液凝固等均为正反馈控制。

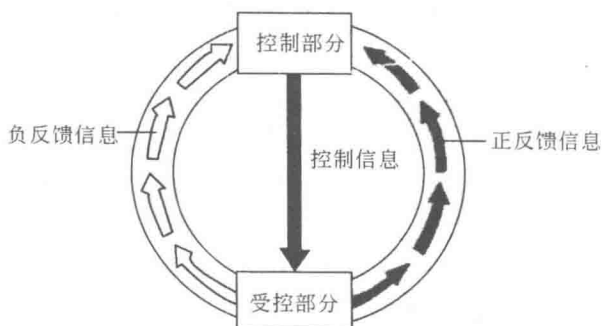


图 1-3 人体功能活动的反馈调节

实心箭头表示促进或加强，空心箭头表示抑制或减弱

第二章 细胞的基本功能

细胞是人体和其他生物体的基本结构和功能单位，体内各种生理活动都是在细胞的基础上进行的。细胞功能的某些变化，也可影响机体的整体活动。因此，了解细胞的功能，有助于更好地认识整个机体的生命活动。细胞的功能涉及面广，本章只讨论细胞膜的基本功能、生物电现象及肌细胞的收缩功能。

第一节 细胞膜的基本功能

一、细胞膜的物质转运功能

一切细胞都被一层薄膜所包裹，这层薄膜被称为细胞膜或质膜。细胞膜主要由脂质和蛋白质组成。关于细胞膜的分子结构较公认的是“液态镶嵌模型”学说。该学说认为，液态脂质双分子层是细胞膜的基架，其中镶嵌着具有不同生理功能的蛋白质。细胞膜把细胞的内容物与细胞的周围环境分隔开来，使细胞能够独立于环境而存在，它既是细胞与环境之间的屏障，也是细胞接受外界或来自其他细胞影响的门户。细胞在不断进行新陈代谢的过程中，需要经常由环境中得到氧气和营养物质，并排出代谢产物，而这些物质的摄入与排出，都必须经过细胞膜的转运。

物质以何种方式通过细胞膜进行转运主要取决于以下几种因素：①物质分子质量的大小；②物质转运是顺浓度差（或电位差）还是逆浓度差（或电位差），顺浓度差转运细胞不需要消耗能量，而逆浓度差转运需消耗能量；③物质是脂溶性还是水溶性。细胞膜对物质的转运有多种形式，现将几种常见的细胞膜物质转运形式介绍如下：

（一）单纯扩散

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（顺浓度差）转运的过程，称为单纯扩散。扩散的方向和速度取决于膜两侧该物质的浓度差和膜对该物质的通透性。浓度差大，通透性大，物质扩散就多；反之则少。扩散的最终结果是该物质在膜两侧的浓度差消失。机体能通过细胞膜进行单纯扩散的物质很少，比较肯定的有 O_2 、 CO_2 气体分子以及脂溶性小分子物质。如乙醚、乙醇、氯仿、脂肪酸等。

（二）易化扩散

非脂溶性或脂溶性很小的小分子物质，在细胞膜蛋白质的“帮助”下，由细胞膜的高浓度一侧向低浓度一侧（顺浓度差或电位差）转运的过程，称为易化扩散。按细胞膜蛋白质作用特点的不同分为两种类型。

1. 以载体为中介的易化扩散是指依靠细胞膜上的载体蛋白质来完成物质跨膜转运的易化扩散，如葡萄糖、氨基酸、核苷酸等的转运。载体蛋白质在细胞膜高浓度一侧与被转运的物质相结合，

然后通过其自身构形改变将该物质转运至膜的low浓度一侧。载体转运的特点是：①特异性，即一种载体蛋白质只能转运某一种具有特定化学结构的物质，如氨基酸载体只能转运氨基酸而不能转运葡萄糖；②饱和现象。因载体蛋白质的数量以及载体蛋白质上能与物质结合的位点数量是有限的，这决定了细胞膜转运该物质的能力也有一定限度，当超过这一限度后，再增加被转运物质的量并不能增加转运量；③竞争性抑制，即一种载体蛋白质对 A 和 B 两种结构相似的物质都有转运能力时，一种物质（A 或 B）浓度增加，将减少对另一种物质（B 或 A）的转运。

2. 以通道为中介的易化扩散是指依靠细胞膜上的通道蛋白质来完成物质跨膜转运的易化扩散，如溶液中的 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 等的转运。通道蛋白质犹如贯穿细胞膜内外的一扇“门”，开放时允许某种物质顺浓度差或电位差通过，关闭时禁止该物质通过。“通道”的开放和关闭受两种因素控制：①由膜两侧电位差改变决定其开放和关闭的通道，称电压门控通道，对膜电位变化敏感，如神经纤维和肌细胞膜上的通道蛋白质（钠通道、钙通道、钾通道）多属此类；②由膜两侧化学物质浓度差改变决定其开放和关闭的通道，称化学门控通道，对化学物质浓度变化敏感，如突触后膜和运动终板上的通道蛋白质属于此类。膜两侧电位差改变及化学物质浓度差改变对通道功能的影响常在瞬间发生。当膜两侧电位差改变到某一临界值或受某种化学物质作用时，将出现某一通道蛋白质大量开放，使膜对该物质的通透性突然增加，膜上通道蛋白质的内部分子结构改变，形成一个“孔道”，将被转运的物质顺浓度差或电位差运往膜的另一侧。

上述单纯扩散和易化扩散，物质均是顺浓度差或电位差而转运，物质转运过程中所需能量主要来自浓度差或电位差所蕴藏的势能，细胞不消耗能量，属于被动转运。

（三）主动转运

在细胞膜上“泵”蛋白的帮助下，将离子或小分子物质逆浓度差或电位差进行的耗能跨膜转运的过程，称为主动转运。

泵是细胞膜上不同于通道或载体的另一种镶嵌蛋白质，具有特异性。按其所转运的物质种类可分为钠泵、钾泵、钙泵、碘泵等。在各种泵中最重要的是钠泵，它广泛存在于各类细胞膜上，在细胞生理活动中起重要作用。研究证实，钠泵是细胞膜上一种 Na^+ - K^+ 依赖式 ATP 酶。当细胞内 Na^+ 浓度增高或细胞外 K^+ 浓度增高时，钠泵就被激活，钠泵被激活后可分解 ATP 获得能量，对 Na^+ 和 K^+ 同时进行逆浓度差转运，将细胞外 K^+ 运至细胞内，细胞内 Na^+ 运至细胞外，使 Na^+ 和 K^+ 在细胞膜两侧呈不均匀分布，因此钠泵又称钠钾泵。主动转运的特点是物质逆浓度差或电位差进行跨膜转运，细胞需要消耗能量。主动转运是人体最重要的物质转运形式，细胞内外离子的不均匀分布和浓度差的存在，正是由于泵转运的结果（图 2-1）。

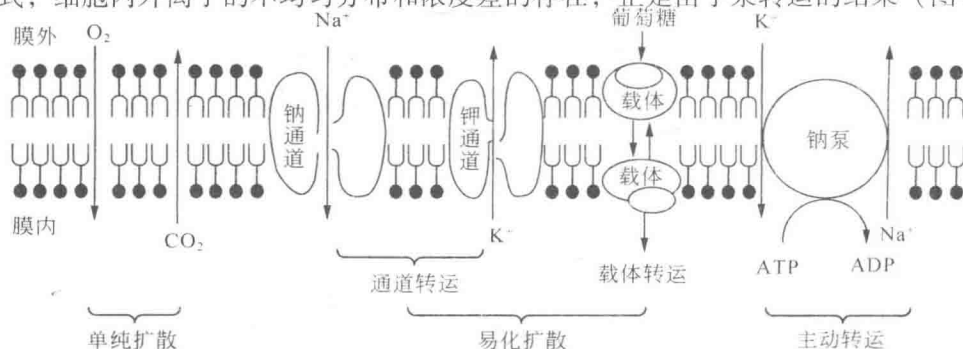


图 2-1 细胞膜转运物质的几种形式

(四) 入胞作用和出胞作用

上面叙述的 3 种形式的物质跨膜转运，主要涉及小分子物质或离子。细胞膜对于一些大分子物质或物质团块是通过入胞和出胞的方式进行跨膜转运的，属于耗能的主动转运过程。

1. 入胞作用（胞吞）

入胞作用是指细胞外的大分子物质或物质团块进入细胞内的过程。若进入的物质为固体，称为吞噬；若进入的物质为液体，则称为吞饮。吞噬和吞饮过程相似。例如白细胞吞噬细菌，首先白细胞与吞噬的细菌接触，引起接触部位的细胞膜发生变形运动，使该处细胞膜内陷或伸出伪足包绕细菌，然后通过膜的融合和断裂将细菌移入细胞内，形成吞噬小体或吞噬小泡，溶酶体与之接触、融合，最后被水解消化（图 2-2）。

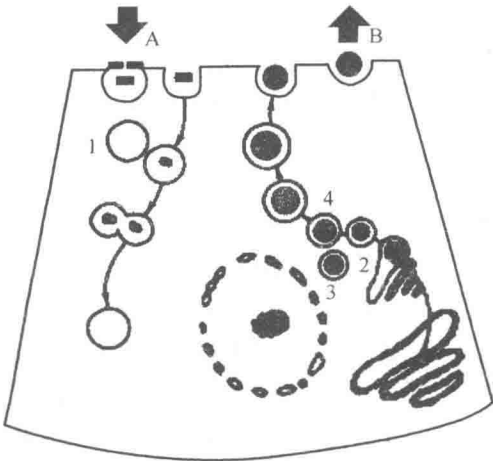


图 2-2 入胞与出胞

A. 入胞；B. 出胞；1. 溶酶体；2. 粗面内质网；3. 高尔基复合体；4. 分泌颗粒

2. 出胞作用（胞吐）

出胞作用是指细胞将大分子物质或物质团块由细胞内排出到细胞外的过程，如内分泌腺细胞将激素分泌到细胞外液中；神经细胞的轴突末梢将神经递质释放到突触间隙中等（图 2-2）。

现将细胞膜的物质转运方式及特点归纳如下（表 2-1）。

表 2-1 细胞膜的物质转运功能

转运形式	转运方式	基本要点
被动转运	单纯扩散	①脂溶性小分子物质；②顺浓度差进出细胞膜；③跨膜扩散的速率取决于膜的通透性及膜两侧物质的浓度差；④不耗能
	易化扩散	①非脂溶性或脂溶性很小的物质；②借助于细胞膜上的载体蛋白质或通道蛋白质完成；③顺浓度差和（或）电位差进出细胞膜；④不耗能
主动转运	主动转运	①物质分子或离子；②需要泵蛋白的帮助才能完成；③逆浓度差和（或）电位差进行；④消耗能量
	胞吞与胞吐	①大分子物质或物质团块；②通过细胞膜运动来完成；③消耗能量

二、细胞膜的受体功能

细胞膜除可转运物质外,还具有接受信息、处理信息和发送信息的能力。现已证明,体内多数激素、神经递质和某些药物,并不能直接进入细胞,必须先与细胞膜上相应的受体结合,而后才能发挥其调节作用。

受体是指细胞膜或细胞内的一类特殊蛋白质,它们能选择性地与体液中某些化学物质相结合而产生一定的生理效应。存在于细胞膜表面的受体,称为细胞膜受体;存在于细胞膜内的受体称为细胞质或细胞核受体,其中细胞膜受体占绝大多数。受体的基本功能有两个方面:①具有识别和结合能力。能识别和结合体液中特殊的化学物质,从而保持细胞对特殊化学物质的高度敏感性和不受其他化学物质的干扰,使信息传递精确、可靠;②能转发化学信息。可激活细胞内许多酶系统产生生理效应。细胞间进行信息传递的化学物质来源于神经末梢释放的递质及内分泌腺分泌的激素,这些化学物质必须与受体结合后才能发挥其调节作用。

第二节 细胞的生物电现象

生物电现象是指生物细胞在安静状态和活动时伴有的电现象,简称生物电。生物电是普遍存在又十分重要的生命现象,是活细胞共有的特征之一,如临床上广泛应用的心电图、脑电图、肌电图等。生物电现象与细胞兴奋的产生和传导有着密切的关系。

细胞的生物电现象主要表现为两种形式:一是安静(未受刺激)时所具有的静息电位;二是受到刺激而兴奋时产生的动作电位。现以神经细胞为例来认识细胞的生物电现象。

一、静息电位及其产生原理

(一) 静息电位的概念

静息电位(resting potential, RP)是细胞在安静状态下,存在于细胞膜两侧的电位差。测量方法是将被示波器的两个电极置于安静细胞膜外任意两点,示波器上的光点均在零电位线上做水平扫描,说明细胞膜外表面各点之间不存在电位差(图2-3A)。如果将一个电极刺穿细胞膜进入膜内,在电极尖端刚刚进入膜内的瞬间,示波器上的光点立即向下移动从零电位线降到一定水平并在此横向扫描(图2-3B)。这表明安静时细胞膜内外两侧存在着电位差,且膜外电位高于膜内,若把膜外电位看作零,则膜内为负电位,因这一电位差是存在于安静细胞膜的两侧,故称为跨膜静息电位,简称为静息电位。

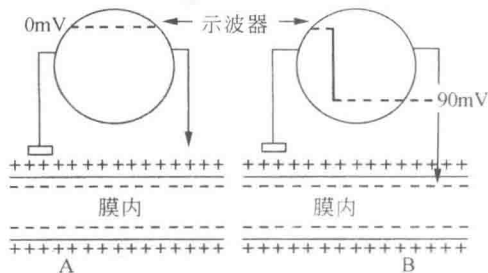


图2-3 静息电位的测定

不同种类的细胞其静息电位值不同,哺乳类动物骨骼肌细胞的静息电位约为 -90mV ,神经纤维为 $-90\text{mV} \sim -70\text{mV}$,平滑肌细胞为 $-60\text{mV} \sim -50\text{mV}$,人的红细胞约为 -10mV 。同一组织细胞静息电位是相对稳定的,只要细胞未受外来刺激且保持正常的代谢状态,其静息电位就会维持在某一相对恒定的水平。

静息电位的大小通常以负电位的绝对值来表示。细胞安静时,膜两侧电位保持稳定的内负外正的状态,称为极化状态或极化。极化与静息电位都是细胞处于安静状态的标志。以静

息电位为准，若膜内电位向负值增大的方向变化，称为超极化；若膜内电位向负值减小的方向变化，称为去极化；若细胞膜去极化后又向原来的极化状态恢复，称为复极化；若膜电位发生翻转，由静息时的内负外正变化为内正外负，称为反极化。从生物电方面来看，细胞的兴奋和抑制都是以极化为基础的，细胞去极化时表现为兴奋（或兴奋性增高），超极化时则表现为抑制。

（二）静息电位产生的原理

关于静息电位产生机制的“离子流学说”认为，生物电产生的前提条件是：①细胞膜内外的离子分布和浓度不同，正常时细胞膜外的 Na^+ 浓度和 Cl^- 浓度高于细胞膜内。而细胞膜内的 K^+ 浓度和蛋白质负离子 (A^-) 浓度高于细胞膜外。因此， Na^+ 和 Cl^- 有向膜内扩散的趋势， K^+ 和 A^- 有向膜外扩散的趋势；②细胞膜在不同生理状态下，对不同离子的通透性不同。细胞在安静时膜对 K^+ 的通透性较大，而对 Na^+ 等通透性较小或没有通透性。静息状态下，细胞膜内外主要离子分布及膜对离子的通透性如下（表 2-2）。

表 2-2 静息状态下细胞膜内外主要离子分布及膜对离子的通透性

主要离子	膜内离子浓度 (mmol/L)	膜外离子浓度 (mmol/L)	膜内外离子比例	离子流动趋势
Na^+	14	142	1 : 10	内向流
K^+	155	5	31 : 1	外向流
Cl^-	8	110	1 : 14	内向流
A^- (蛋白质)	60	15	4 : 1	不流动

在静息状态下，由于膜内外 K^+ 存在着浓度差以及膜对 K^+ 又具有较大的通透性，因而 K^+ 通道开放，部分 K^+ 顺电-化学梯度向膜外扩散，增加了膜外正电荷，虽然膜内带负电荷的蛋白质离子 (A^-) 有随 K^+ 外流的倾向，但因膜对 A^- 没有通透性，而被阻隔在膜的内侧面。随着 K^+ 不断外流，膜外的正电荷逐渐增多，膜外电位上升，膜内因正电荷减少而电位下降，于是在紧靠细胞膜的两侧便出现一个外正内负的电位差。这种电位差的存在，使 K^+ 继续外流时，既受到膜外正电荷的排斥又受到膜内负电荷的吸引，导致 K^+ 外流阻力增大。随着膜内外电位差的不断增大， K^+ 外流的阻力也在继续增大。最后，当促使 K^+ 外流的浓度差和阻止 K^+ 外流的电位差两种相互拮抗的力量达到平衡时， K^+ 的净外流停止， K^+ 通道关闭。此时，膜两侧内负外正的电位差将稳定于某一数值不变，此即 K^+ 的平衡电位，也就是静息电位。因此，静息电位主要是由 K^+ 外流所形成的电-化学平衡电位。

二、动作电位及其产生原理

（一）动作电位的概念

细胞受到刺激而兴奋时，在静息电位的基础上发生一次快速的、可扩布性的电位变化，称为动作电位 (action potential, AP)。

用图 2-3 中的装置继续进行观察。如果给予细胞一个有效刺激，这时可以看到示波器的光点在横向扫描的过程中，发生一次纵向波动形成一个曲线波，包括一个上升支和一个下降支。上升支为膜的去极化过程，此时膜内电位在短时间内由原来的 $-90\text{mV} \sim -70\text{mV}$ 变为 $+20\text{mV} \sim +40\text{mV}$ ，出现膜两侧电位倒转，由原来的内负外正变为内正外负，整个膜电位变化的幅度可达此

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com