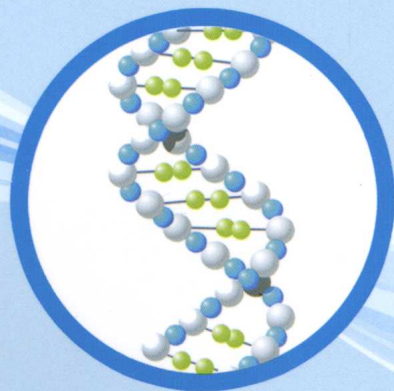





全国高等职业教育“十二五”规划教材

动物生理

张庆茹 主编



 中国农业出版社

全国高等职业教育“十二五”规划教材

动 物 生 理

张庆茹 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

动物生理/张庆茹主编. —北京: 中国农业出版社, 2010. 8

全国高等职业教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-109-14677-8

I. ①动… II. ①张… III. ①动物学: 生理学—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①Q4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 138547 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 徐 芳

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 17.5

字数: 400 千字

定价: 32.60 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

龙江农业职业技术学院)负责第六章编写工作。

在教材编写过程中,得到了河北科技师范学院李佩国教授的大力支持,并进行仔细的审稿工作,为确保本书质量提供了保证,在此表示衷心的感谢。

由于水平有限,书中定会存在不少的缺点和不足,诚恳希望广大读者提出批评和改进意见。

编者

2010年4月

目 录

前言

绪论	1
第一章 细胞的基本功能	5
第一节 细胞膜的物质转运功能	5
第二节 细胞的兴奋性和生物电现象	9
第三节 肌细胞的收缩功能	14
复习与自测	19
第二章 血液	22
第一节 血液的组成和理化特性	22
第二节 血细胞	27
第三节 血液凝固	33
第四节 血型与输血	38
复习与自测	40
第三章 血液循环	42
第一节 心脏的泵血功能	42
第二节 心肌细胞的生物电现象与生理特性	46
第三节 血管生理	54
第四节 心血管功能的调节	63
第五节 家禽血液循环的特点	70
复习与自测	70
第四章 呼吸	74
第一节 肺通气	74
第二节 气体交换	81
第三节 气体运输	84
第四节 呼吸运动的调节	89
第五节 家禽呼吸特点	94
复习与自测	96

第五章 消化与吸收	99
第一节 口腔消化	99
第二节 单胃消化	102
第三节 复胃内消化	107
第四节 小肠内消化	115
第五节 大肠内消化	121
第六节 吸收	123
第七节 家禽的消化吸收特点	129
复习与自测	131
第六章 能量代谢和体温调节	133
第一节 能量代谢	133
第二节 体温	134
复习与自测	141
第七章 尿的生成与排出	143
第一节 尿的成分与理化特性	143
第二节 尿的生成	144
第三节 尿的浓缩与稀释	151
第四节 尿液生成的调节	153
第五节 排尿	155
第六节 家禽泌尿特点	157
复习与自测	158
第八章 神经系统	160
第一节 神经元与神经胶质细胞的功能	160
第二节 神经元之间的功能联系和反射	162
第三节 中枢神经系统的感觉分析功能	171
第四节 神经系统对躯体运动的调节	175
第五节 神经系统对内脏活动的调节	180
第六节 条件反射	182
复习与自测	185
第九章 内分泌	188
第一节 概述	188
第二节 下丘脑与脑垂体的内分泌	192
第三节 体内重要的内分泌腺及其分泌激素	197
复习与自测	205



第十章 生殖与泌乳	207
第一节 概述	207
第二节 雄性生殖生理	208
第三节 雌性生殖生理	212
第四节 家禽生殖生理	219
第五节 乳的分泌与排放	222
复习与自测	227
实验指导	229
实验一 生物信号采集处理系统的使用	229
实验二 蛙坐骨神经-腓肠肌标本制备、刺激与反应的关系、骨骼肌的收缩	238
实验三 血清及血浆制备、红细胞比容(PCV)及血红蛋白(Hb)的测定	241
实验四 红细胞(RBC)和白细胞(WBC)计数	243
实验五 红细胞渗透脆性试验、血液凝固、血型测定	245
实验六 期前收缩和代偿性间歇、蛙心起搏点观察	247
实验七 离体蛙心灌流实验	249
实验八 动脉血压的直接测量及影响因素	251
实验九 胸内负压的测定、呼吸运动的调节	255
实验十 胃肠运动形式的观察、小肠渗透压与吸收的关系	257
实验十一 一般生理指标的测定	258
实验十二 影响尿生成的因素	260
实验十三 反射弧分析与脊髓反射	261
实验十四 去大脑僵直	262
实验十五 肾上腺素、胰岛素对血糖的影响	263
附录	265
附录一 常用生理盐溶液成分、用途及配置	265
附录二 常用血液抗凝剂的配制及用法表	266
附录三 生理实验参数设置参考表	266
主要参考文献	269

结 论

一、动物生理的内容、学习目的和方法

(一) 动物生理的研究内容

生理学是研究生物机体正常生命活动规律的科学。它是生命科学重要的组成部分，也是生命科学研究中极具吸引力的领域。动物生理学是生理学的一个分支，它是研究动物机体正常生命活动及其规律的科学。构成机体的基本单位是细胞，由许多不同的细胞构成一定的器官。共同完成某一生理功能的不同器官相互联系，构成一个系统。许多不同的系统之间相互联系、相互作用，共同构成一个有机的整体。因此，动物生理的研究就是从细胞和分子水平、器官和系统水平、整体水平三个层次来进行研究的。

1. **细胞和分子水平** 即从分子水平和细胞水平研究动物体内各种物质分子的结构、功能以及细胞内部进行的各种生理活动。即研究细胞及其物质分子的结构与功能的关系，及它们内部所发生的各种生物化学变化与生物物理变化的过程和规律。

2. **器官和系统水平** 即研究动物各器官和系统的特殊生理活动及其规律。生理学家从器官和系统水平研究生理学，取得了大量丰富的生理学知识，构成了当今生理学的基本内容，也是我们学习生理学的主要内容。

3. **整体水平** 即研究各器官系统之间的功能联系以及机体与环境之间的相互联系。

上述三个水平的研究之间不是孤立的，而是相互联系、相互补充的。要阐明任何一种生理活动，必须从其细胞和分子水平、器官和系统水平以及整体水平上全面研究，才能全面了解这种生理活动的本质和规律。

(二) 学习目的、意义和任务

动物生理是服务于畜牧生产实践和兽医临床实践的需要而发生、发展起来的，因此学习动物生理的目的，不应只是局限在对动物生理活动的简单观察和理解，而是在于掌握了动物生理活动规律以后，能够运用这些规律，分析畜牧兽医实践中的具体问题，提出解决问题的办法，以便采取科学的措施，提供适合动物生长发育的条件，更有效地预防和治理畜禽疾病，保障畜牧业的发展。

畜牧业是现代农业的重要组成部分，畜牧业的发展不但为人们提供了丰富的肉、蛋、奶等动物性产品，也是实现农民增收，推动农村经济发展的重要途径。因此，对动物生理的知识进行深入细致的学习和研究，可以利用有限资源去生产更多的动物产品，加大对动物各类疾病的控制和预防，促进农业发展进步。

(三) 学习方法

动物生理是一门实验科学,许多理论知识都来源于实践,因此,要学好动物生理,就必须深入实际,加强实训环节,在实践中加深感性认识,同时要注意观察,对实验中的现象进行比较、分析,从而得出结论。动物生理涉及许多基本理论内容,这些内容都是经过严密论证得到的,因此,要牢固地掌握这些理论知识,就必须多动脑筋、多思考,从深层次出发,抓住问题的本质,充分理解这些知识,才能够解决实际问题。

要学好动物生理,还必须掌握一些相关课程的基础知识,特别是加强与动物解剖等课程的联系,应用这些知识来研究动物机体的生理功能和生命活动规律。

二、机体的内环境与稳态

(一) 体液与内环境

1. 体液及其分布 体液是指存在于动物体内的水分和溶解于水中的各种物质(如无机盐、葡萄糖、蛋白质等)的总称。体液的含量随着动物的种类、年龄、性别、营养状况和其他情况不同而有显著差异。一般成年动物体液总量占体重的60%~70%,幼畜含水量比较多,肥胖动物因脂肪组织含水量较少,故比瘦的动物含水量要少。

体液按其存在的部位可分为两部分:大部分体液存在于细胞内,称为细胞内液,占体重的40%~45%;其余的则存在于细胞外,称为细胞外液,占体重的20%~25%,其中主要是组织间液,约占体重的15%,其次是位于心血管系统内的血浆,约占体重的5%。此外还有少量的淋巴液和脑脊液。各种体液彼此隔开而又相互联系,通过细胞膜和毛细血管壁进行物质交换。

2. 内环境 机体是由细胞构成的,而细胞外液既是细胞生存的直接环境,又是细胞与外界进行物质能量交换的媒介,是细胞赖以生存的体内环境,因此将细胞外液称为机体的内环境,以别于机体所生存的外界环境。

(二) 内环境稳态

在正常条件下,内环境的化学成分和理化特性(温度、渗透压、酸碱度等)经常保持相对恒定。内环境化学成分和生理特性保持相对稳定的生理学现象称为稳态。稳态包括两方面的含义,一方面是指细胞外液的理化特性保持相对稳定,不随外环境的变动而剧烈改变,例如体温,虽然自然环境有春夏秋冬的变化,但动物机体的体温总是相对稳定的;另一方面是指稳定状态并非固定不变的,而是不断在一定范围内变化,处于动态平衡之中,如动物采食后体温升高0.2~1℃,大量饮水后体温则有所下降。

稳态的维持具有重要的生理意义:①稳态是机体生命活动正常进行的必要条件。如果细胞外液的温度或pH等发生变化将改变有关酶的活性,从而影响体内各种酶促反应过程。②细胞正常兴奋性的维持需要膜内外离子浓度的相对稳定。③在外界环境剧烈变化时,内环境保持相对稳定是机体具有适应能力的前提。因此,法国生理学家伯尔纳说“生命活动的唯一目的在于维持机体内环境的恒定”。如果内环境稳态遭到破坏,即可发生疾病,甚至死亡。

当机体内外环境发生变化时,为维持内环境稳态,机体必须通过神经和体液等调节机制,改变相关器官的生理活动,使内环境维持相对的稳定。如当外界环境寒冷时,通过神

经、体液等调节，使产热器官活动加强，增加产热；同时，使散热器官活动减弱，散热减少，从而避免机体因外界寒冷而体温下降。

三、机体生理功能的调节

机体的各种器官和系统分别执行不同的功能，但它们又密切配合，相互协调，以保持整体性和内环境的稳定，并使机体与周围环境变化相适应。这些适应性变化主要通过神经调节、体液调节和器官、组织、细胞的自身调节三种调节机制来实现的。

(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，它是机体起主导作用的重要的调节方式。反射是神经调节的基本方式，所谓反射是指在中枢神经系统的参与下，机体对内外环境变化产生的规律性应答反应。完成神经反射所需的结构基础称为反射弧，它由感受器、传入神经、神经中枢、传出神经、效应器五个环节构成（图 0-1）。感受器能感受体内某部位和外界环境的变化，并将这种变化转变成一定的神经信号，然后通过传入神经传至相应的神经中枢，神经中枢对传入的信号进行分析、综合，并作出相应的反应，通过传出神经纤维改变效应器的活动。反射弧任何环节及其联结遭受破坏，将使有关反射不能出现，导致功能调节障碍和异常。

神经调节的特点是作用迅速而准确，但作用范围局限，作用持续时间较短。

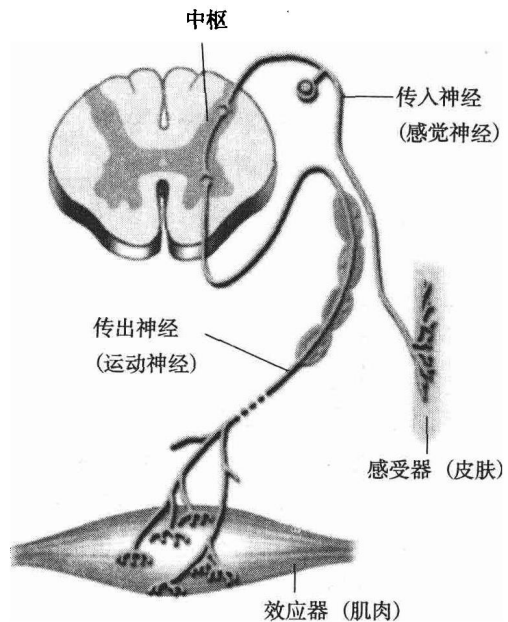


图 0-1 反射弧示意图

(二) 体液调节

机体某些特定细胞能生成并分泌某些具有信息传递功能的化学物质，并经体液途径运输到特定的组织细胞，调节其功能活动，称为体液调节。体内的内分泌细胞分泌的激素，通过血液运输至全身，调节细胞的活动，称为内分泌，是最典型的体液调节。体内一些细胞分泌的激素或生物活性物质经细胞外液扩散至邻近细胞，并调节其功能，称为旁分泌。此外，下丘脑的一些神经细胞也能合成激素，经神经轴突的轴浆流至末梢，由末梢释放入血液，称为神经内分泌。

体液调节的特点是作用出现比较缓慢，作用范围比较广泛，作用时间也比较长。这一特点对于调节持续性的生理活动，特别是对组织器官的代谢过程，对保持机体内部活动的相对恒定，以及对维持机体新陈代谢的动态平衡等方面，都起着重要的作用。

体液调节与神经调节有密切的关系，许多体液因素的生成和释放直接或间接地受神经系统的调节。例如，交感神经直接控制肾上腺素分泌；下丘脑释放神经激素间接地控制垂体、

甲状腺、肾上腺皮质和性腺的内分泌活动。因此，体液调节可看作神经调节的延伸，激素成为反射弧传出途径的体液环节，所以称为神经—体液调节。

(三) 自身调节

当内外环境变化时，组织、细胞在不依赖于外来神经或体液因素的情况下，自身对内外环境变化发生的适应性反应，称为自身调节。如回心血量增加时，心肌细胞初长度增加，心肌收缩力量加强，使心脏血容量变化不大。

与上述两种调节方式相比较，自身调节较为简单，幅度小，也不十分灵敏，但对生理功能和稳态的维持仍有一定意义。

复习与自测

一、填空题

1. 生理学的研究水平大致可分为_____水平、_____水平和_____水平等。
2. 机体机能活动的调节方式包括_____、_____和_____。
3. 机体内细胞直接生存的环境称_____，即_____。
4. 神经调节的基本方式是_____，其结构基础为_____，调节特点是_____、_____和_____。
5. 反射弧一般包括_____、_____、_____、_____和_____五个环节构成。

二、单项选择题

1. 机体内环境稳态是指（ ）。

A. 细胞外液理化因素保持不变	B. 细胞内液理化因素保持不变
C. 细胞外液理化性质在一定范围内波动	D. 细胞内液理化性质在一定范围内波动
2. 对神经调节特点的叙述，正确的是（ ）。

A. 调节幅度小	B. 作用范围局限，而且反应缓慢
C. 作用范围广，而且持久	D. 反应迅速、准确和短暂
3. 机体处于寒冷环境时，甲状腺激素分泌增多是属于（ ）。

A. 神经调节	B. 体液调节
C. 自身调节	D. 神经-体液调节
4. 血浆属于（ ）。

A. 机体的外环境	B. 机体的内环境
C. 两者都是	D. 两者都不是
5. 高等哺乳动物体内占主导地位的调节机制是（ ）。

A. 全身性体液调节	B. 局部性体液调节
C. 神经调节	D. 自身调节

三、名词解释

1. 内环境
2. 稳态
3. 反射
4. 体液调节

四、论述题

试述内环境稳态的生理意义及维持内环境稳态的调节方式。

第一章

细胞的基本功能

细胞是生物体结构和功能的基本单位。体内所有的生理功能和生化反应都是在细胞及其产物（如细胞间隙内的胶原蛋白和蛋白聚糖）的物质基础上进行的。人类对细胞结构和功能的研究，经历了细胞水平、亚细胞水平和分子水平等研究层次，揭示出众多基本生命过程的原理。各种生物体及各组织、器官及系统在细胞及分子水平实现的基本生命过程及其原理都是高度一致的，因此，学习生理应由学习细胞生理开始。

第一节 细胞膜的物质转运功能

细胞由细胞膜、细胞质和细胞核三部分组成，其中细胞膜（质膜）把细胞内容物和细胞的周围环境（主要是细胞外液）分隔开来，使细胞能完整而又相对独立，可防止胞液流失、完成细胞内外的物质转运，保持细胞内化学成分相对稳定，并完成细胞与细胞间的信息传递。

在细胞新陈代谢过程中，不断有大量物质进出细胞，其中除极少数脂溶性小分子物质能直接通过细胞膜进出细胞外，大多数物质跨膜转运与膜蛋白质有关，一些大的团块性固态或液态物质的进出细胞（吞噬、分泌），则与膜的更复杂的生物学过程有关。

一、单纯扩散

单纯扩散，也称为简单扩散，是指脂溶性物质由细胞膜高浓度一侧向低浓度一侧扩散的现象。

单纯扩散的基本原理是分子的热运动（布朗运动），根据物理学原理，溶液中溶质和溶剂分子都处于不断的运动之中，它们总是从高浓度部位向低浓度部位发生净移动，直至两个部位浓度平衡为止。一般条件下，物质扩散速度取决于膜两侧浓度差和细胞膜对该种物质的通透性。

细胞膜的基本组成是脂质双分子层，所以，只有脂溶性物质才能以单纯扩散的方式进出细胞膜。在机体内，靠单纯扩散方式进出细胞膜的物质并不多，比较肯定的是 O_2 、 CO_2 等气体分子，它们能溶于水，也溶于脂质，它们可以顺浓度差自由进出细胞膜。此外，体内一些甾体（类固醇）激素也是脂溶性的，理论上也可以靠单纯扩散进入细胞内，但由于相对分子质量较大，近来认为也需膜上某种特殊蛋白质的“协助”，才能使转运过程加快。

单纯扩散的特点是：①不消耗能量。②顺浓度梯度转运。

二、易化扩散

易化扩散，也称为帮助扩散，是指非脂溶性小分子物质依靠细胞膜上一些特殊蛋白质分

子的“帮助”下，由细胞膜高浓度一侧向低浓度一侧扩散的现象。

易化扩散的特点是：①不需要消耗能量。②顺浓度梯度转运。③需要膜蛋白参与。

根据参与易化扩散的膜蛋白的不同，易化扩散可分为两类：

1. 由载体介导的易化扩散 细胞膜上某些蛋白质具有载体功能，即能与某些物质结合，并引起蛋白质变构，将物质从细胞膜高浓度一侧运到低浓度一侧，再与物质分离（图 1-1）。体内的葡萄糖、氨基酸等营养物质多是由特定载体“帮助”而通过细胞膜的。

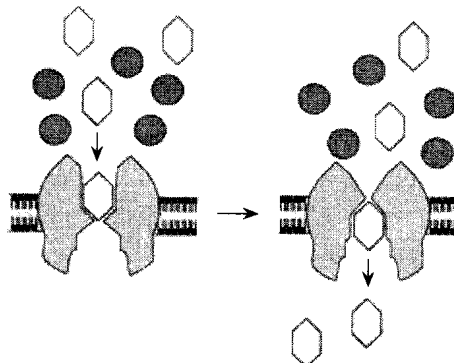


图 1-1 载体转运示意图

由载体介导的易化扩散具有以下特点：

(1) 特异性。一般某种载体蛋白质的结合位点只能选择性的与具有某种特定化学结构的物质结合，因而，体内多数物质都有自己专用载体进行易化扩散。

(2) 饱和性。当膜两侧物质浓度差达到一定程度后，物质扩散的量不再随浓度差增加而增大，这是由于膜上某种载体及其结合位点的数量是有限的，因此，当物质的量超过膜上某种载体及其结合位点的数量时，即使物质再多，扩散的量也不会再增加。

(3) 竞争性抑制。如果某种载体可以运输 A、B 两种物质时，则二者存在竞争现象，即当 A 物质增多时，B 物质的扩散就减少；当 B 物质增多时，A 物质的扩散就减少。这同样是由于载体数量是有限的，运输 A 增加时，运输 B 的量必然减少，反之亦然。

2. 由通道介导的易化扩散 是指由细胞膜上的通道蛋白帮助完成的易化扩散，即通过膜上某种通道蛋白开放而使某些离子通过细胞膜（图 1-2）。体内各种离子如 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等主要是通过这种方式进行转运的。

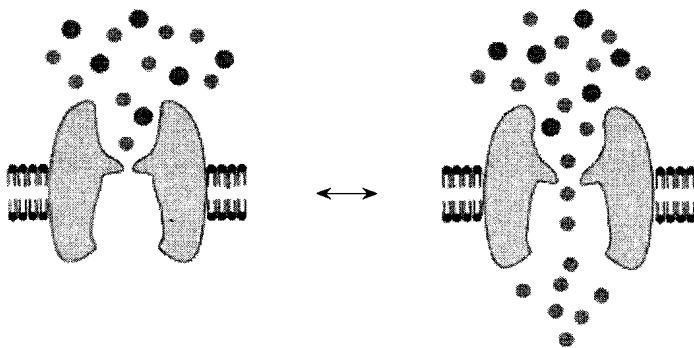


图 1-2 通道转运示意图

由通道介导的易化扩散具有以下特点：

(1) 相对特异性。各种通道都有一定的离子选择性，因而有 Na^+ 通道、 K^+ 通道、 Ca^{2+} 通道等通道之分。此外，某种通道只有在其膜两侧出现特定信号时才进行开放。

(2) 无饱和性。物质扩散的量取决于膜两侧浓度差和通道开放状态，在通道开放时，两侧浓度差越大，扩散的量越多。

(3) 通道有“开放”和“关闭”两种不同的机能状态。如图 1-3 所示，通道蛋白像一个贯穿细胞膜并带有闸门装置的管道。当通道开放时，物质顺浓度差或电位差经通道转运，通道关闭时，即使膜两侧存在浓度差或电位差，物质也不能通过。通道蛋白开放或关闭受通道闸门控制，根据控制通道开放机制的不同，将通道蛋白分为电压门控通道（膜两侧电位差变化控制闸门开关）、化学门控通道（某种化学物质控制闸门开关）、机械门控通道（机械刺激引起闸门开关）等。

由于单纯扩散和易化扩散都是将物质分子从细胞膜高浓度一侧运到低浓度一侧，转运过程不需要细胞消耗能量，因此均属于被动转运。

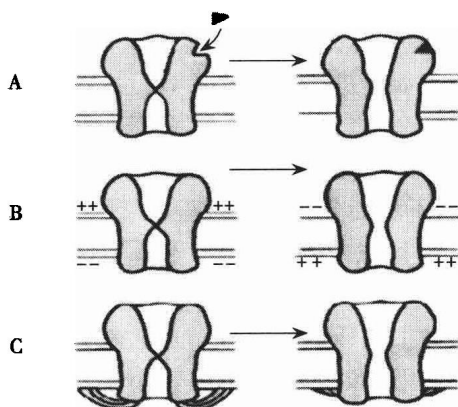


图 1-3 通道转运示意图（左侧示通道关闭状态，右侧示通道开放状态）
A. 化学门控通道 B. 电压门控通道 C. 机械门控通道

三、主动转运

主动转运是指细胞通过本身的某种耗能过程将物质分子由细胞膜低浓度一侧向高浓度一侧转运的现象。主动转运特点是：①需要消耗能量。②逆浓度梯度转运。③需要膜蛋白参与（钠泵、钙泵等）。

主动转运分为原发性主动转运和继发性主动转运，一般所说的主动转运是指原发性主动转运。

1. 原发性主动转运 细胞通过本身的某种耗能过程将物质从细胞膜低浓度一侧向高浓度一侧转运的过程称为原发性主动转运。它是通过某种生物泵把物质从低浓度一侧“泵”到高浓度一侧，就像水泵把水从低处泵到高处一样，必须提供能量。目前研究最充分，分布最广泛、作用最重要的生物泵是钠-钾泵，即钠泵。

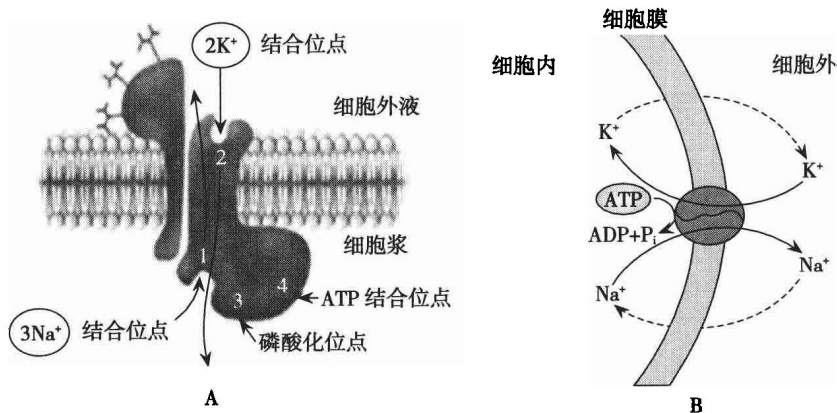


图 1-4 钠泵结构及钠泵主动转运示意图
A. 钠泵结构示意图 B. 钠泵主动转运示意图

钠泵是镶嵌在细胞膜上的一种特殊蛋白质分子，它具有 ATP 酶活性（图 1-4 A），当细胞内 Na^+ 浓度升高或细胞外 K^+ 浓度升高时被激活，使 ATP 分解为 ADP，放出能量，并利用此能量进行 Na^+ 、 K^+ 转运。1 分子 ATP 分解释放的能量可以将 3 个 Na^+ 运到细胞外，而将 2 个 K^+ 运到细胞内（图 1-4 B），故钠泵也称为 Na^+ - K^+ 依赖式 ATP 酶。钠泵活动具有重要的生理意义，它能维持细胞内外 Na^+ 、 K^+ 浓度差，形成细胞外高 Na^+ 而细胞内高 K^+ 的不均衡分布，而这正是细胞生物电产生的化学基础。

2. 继发性主动转运 依赖离子泵转运而储备的势能来完成其他物质的逆浓度跨膜转运，称为继发性主动转运或联合转运。例如，葡萄糖在小肠上皮细胞处的吸收、在肾小管上皮细胞处的重吸收，都是继发性主动转运（图 1-5）。在小肠和肾小管上皮细胞的基底膜上有钠泵的存在，可将细胞内的 Na^+ 不断地泵出，造成细胞内的低 Na^+ 环境（相对于肠腔液和肾小管液）。在膜上一种称为转运体的蛋白质帮助下，将 Na^+ 顺浓度差进行转运，同时将葡萄糖逆浓度差进行转运进入细胞。葡萄糖主动转运所需的能量不是直接来自 ATP 的分解，而来自肠腔液和小管液中 Na^+ 的高势能，但造成这种高势能的钠泵活动是需要分解 ATP 的，即葡萄糖主动转运所需的能量间接来自 ATP，因而称为继发性主动转运。

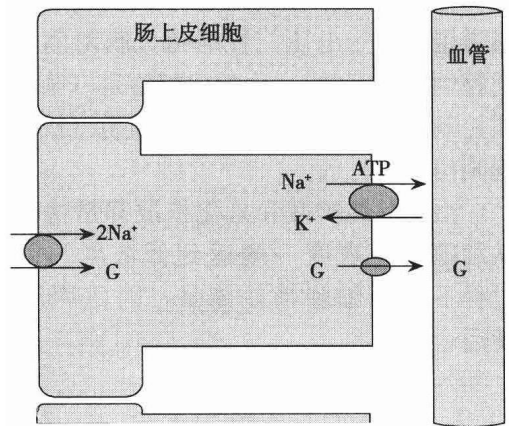


图 1-5 葡萄糖继发性主动转运模式图

如果被转运的离子或分子都向同一方向运动，称为同向转运，相应的转运体也称为同向转运体；如果被转运的离子或分子彼此向相反方向运动，称为反向转运或交换，相应的转运体也称为反向转运体或交换体。

四、胞吞作用与胞吐作用

对于大分子物质或团块不能直接通过上述方式通过细胞膜，而是通过胞吞作用与胞吐作用进出细胞的。

1. 胞吞作用 大分子物质或团块进入细胞内的过程称为胞吞作用。如蛋白质、细菌、

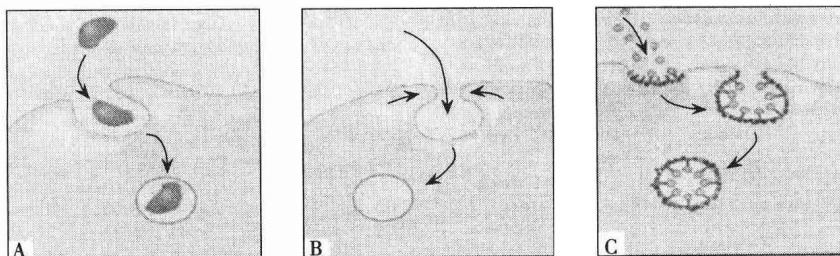


图 1-6 入胞过程

A. 吞噬 B. 吞饮 C. 受体介导的吞噬