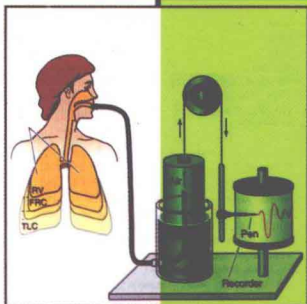
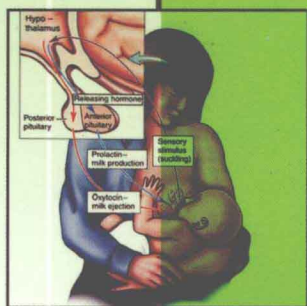
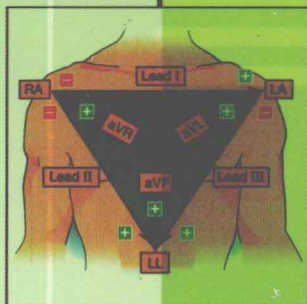


生理学

图表详解

主编 孙庆伟 孙 涌



中国医药科技出版社

生理学图表详解

主 编	孙庆伟	孙 涌	
副主编	李良东	蒋绍祖	
编 者	孙庆伟	孙 涌	李良东
	蒋绍祖	温二生	黄志华
	谢新华	胡志革	邹晓琴

中国医药科技出版社

内 容 提 要

本书是一本用图表来说明生理学基本内容的教学参考书，共用了将近 900 幅的图表，配以少量文字，采用“看图识文”的方式介绍生理学知识，把一些较复杂的内容简单化、条理化，把抽象的内容形象化，把深奥的内容通俗化，对一些分散的知识进行了归纳比较。

本书可供医学生（本、专科生及研究生）学习及生理学教师参考。

图书在版编目（CIP）数据

生理学图表详解/孙庆伟，孙涌主编. —北京：中国医药科技出版社，2012.3
ISBN 978 - 7 - 5067 - 5385 - 2

I. ①生… II. ①孙… ②孙… III. ①人体生理学 - 图解 IV. ①R33 - 64

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 013746 号

美术编辑 陈君杞

版式设计 郭小平

出版 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲 22 号

邮编 100082

电话 发行：010 - 62227427 邮购：010 - 62236938

网址 www.cmstp.com

规格 787 × 1092mm ¹/₁₆

印张 17¹/₂

字数 360 千字

版次 2012 年 3 月第 1 版

印次 2012 年 3 月第 1 次印刷

印刷 北京兴华印刷厂印刷

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978 - 7 - 5067 - 5385 - 2

定价 36.00 元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

序 言

由孙庆伟教授等编著的《生理学图表详解》即将由中国医药科技出版社出版，我有幸先期拜读样稿，获益匪浅。

学习生理学的目的是要掌握生命活动最基本的规律。不只是要记下一堆数字，而是要掌握这些活动是按照什么规律有条不紊地进行的。一旦理解了，就化为思考问题的基本规则，在解决医疗复杂问题中运用自如。每位生理教员在教学过程中，都会积累很多经验，为自己所用。孙庆伟教授等将自己精心创制、长年积累的图表收集整理成册，与同事和同学分享，是一个极好的创意，必将有助于我国生理学教学的开展。

预祝本书出版圆满成功，并在教学实践中不断收集意见，再版时加以改进。

中国科学院院士
北京大学医学部教授

A handwritten signature in black ink, reading '韩洪生' (Han Hengsheng).

2011年12月1日

前 言

考虑到现行使用的生理学教材内容较多，不少内容既深奥又抽象，插图又少，特别是有助理解内容的示意性好的插图更少，所以不少学生感到生理学难学、难记。为了帮助学生学好生理学，使上课时更容易听懂教师所讲的内容，课后能更轻松快捷地进行复习，以较少的时间掌握所学的生理学知识，特编写《生理学图表详解》一书。本书是一本用图表来说明生理学基本内容的教学参考、辅导书。

本书用了近 900 幅的图、表，配以少量文字，采用“看图识文”的方式介绍生理学知识，把一些较复杂的内容简单化、条理化，抽象的内容形象化，深奥的内容通俗化，对分散的知识进行了归纳比较。内容上不仅包括了生理学的基本内容，还介绍一些较深层次的内容及联系临床的内容，以及一些生理学知识获得的实验图和比喻图，以便使读者更好地理解 and 掌握这些知识。这些图表大多数选自国内引进的、近十年来国外出版的英文原版生理学教材，采自国外生理学教材的图都做了适当的修改，小部分系主编设计和绘制。本书主要以线条图和精绘的示意图、模式图为主，而且做到表图结合（同一内容既有表，还配有对应的图）。

本书按照国内生理学教材的编排顺序安排图表和内容。安排图表时做到循序渐进，抓住内容的内在有机联系，而不是编成一本图表集。为了减少篇幅，降低成本，本书图表尽可能缩小。

本书是医学生（包括本、专科生和研究生）学习生理学的辅导书，也是生理学教师备课、制作课件的参考用书。

编 者

2011 年 11 月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 生理学的研究内容和生理学与医学的关系	(1)
第二节 生命的基本特征	(2)
第三节 机体的内环境、稳态和人体功能活动的调节	(2)
第二章 细胞的基本功能	(7)
第一节 细胞膜结构和物质转运功能	(7)
第二节 细胞的信号转导(细胞间的信息传递)	(13)
第三节 细胞的生物电活动及其产生机制	(19)
第四节 肌细胞的收缩功能	(27)
第三章 血液	(37)
第一节 概述	(37)
第二节 血浆	(38)
第三节 血细胞	(40)
第四节 血液凝固与纤维蛋白溶解	(48)
第五节 血型与输血原则	(51)
第四章 血液循环	(56)
第一节 心脏的泵血功能	(56)
第二节 心肌的生物电活动和生理特性	(61)
第三节 血管生理	(69)
第四节 心血管活动的调节	(79)
第五节 器官循环	(88)
第五章 呼吸生理	(92)
第一节 肺通气	(92)
第二节 呼吸气体的交换	(100)
第三节 气体在血液中的运输	(102)
第四节 呼吸运动的调节	(105)
第五节 肺的非呼吸功能	(113)
第六章 消化与吸收	(114)
第一节 概述	(114)
第二节 口腔内消化	(117)
第三节 胃内消化	(118)
第四节 小肠内消化	(124)
第五节 大肠内消化	(130)
第六节 吸收	(131)
第七节 摄食调节	(135)

第七章 能量代谢与体温	(136)
第一节 能量代谢	(136)
第二节 体温及其调节	(141)
第八章 肾脏的排泄功能	(147)
第一节 概述	(147)
第二节 肾小球的滤过功能	(150)
第三节 肾小管和集合管的物质转运(重吸收和分泌)功能	(153)
第四节 尿液的浓缩与稀释	(161)
第五节 尿生成的调节	(164)
第六节 肾脏排泄功能的评价——血浆清除率	(169)
第七节 尿的排放	(170)
第九章 感觉器官	(172)
第一节 概述	(172)
第二节 视觉器官	(175)
第三节 耳的听觉功能	(184)
第四节 前庭器官	(189)
第五节 嗅觉和味觉	(192)
第十章 神经系统	(195)
第一节 神经系统功能活动的基本原理	(195)
第二节 神经系统的感觉分析功能	(209)
第三节 神经系统对姿势和躯体运动的调节	(213)
第四节 神经系统对内脏活动和情绪的调节	(222)
第五节 脑的电活动与睡眠-觉醒机制	(225)
第六节 脑的高级功能	(228)
第十一章 内分泌	(230)
第一节 概述	(230)
第二节 下丘脑-垂体的内分泌	(235)
第三节 甲状腺	(240)
第四节 甲状旁腺、甲状腺C细胞和维生素D ₃	(244)
第五节 胰岛	(246)
第六节 肾上腺	(251)
第七节 其他激素	(257)
第八节 激素对代谢的综合作用	(258)
第十二章 生殖生理	(260)
第一节 男性生殖	(260)
第二节 女性生殖	(264)

第一章 绪 论

第一节 生理学的研究内容和生理学与医学的关系

一、生理学的研究内容

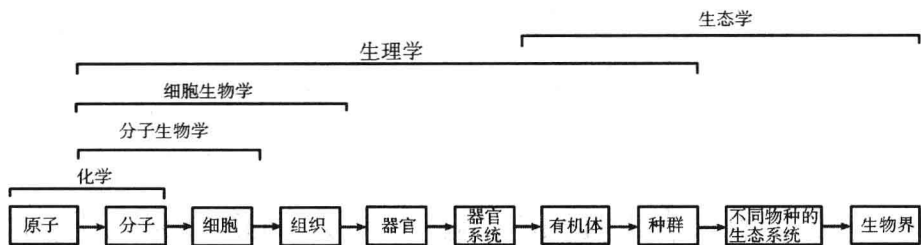


图 1-1 生理学的研究领域

生理学的研究内容涵盖了化学与生态学之间的范围。生理学的研究使用了细胞生物学、分子生物学和生态学的技术

表 1-1 生理学研究的三个水平

研究水平	研究内容	举例
整体水平	研究完整机体各个系统功能活动之间的相互关系，以及完整机体与环境之间的对立统一关系	研究机体处于特殊状态下（如运动、劳动、失重、低温、高温等）生理功能的改变及人体对这些情况的适应过程，
器官、系统水平	研究体内各个器官、系统活动的规律性、影响因素及其调节，以及它在整体生命活动中的意义和作用	研究心脏有规律的缩舒活动，心脏的泵血过程及变化，心脏做功，心音及心电图变化等
细胞、分子水平	研究细胞及细胞内各亚微结构的功能，研究细胞内大分子物质，如蛋白质和核酸的物理化学过程，从基因水平研究某些生理机制	研究肌细胞分子组成及收缩机制；研究激素通过调控细胞的基因表达实现其功能

二、生理学与医学的关系

表 1-2 生理学与医学的关系

与基础医学的关系：	生理学是许多基础医学的基础课，例如，病理学、病理生理学、药理学、微生物学免疫学等均需要生理学作基础；另一方面生理学又需要化学、物理学、生物学、解剖学、组织胚胎学及生物化学作基础
与临床医学的关系：	生理学与临床医学关系密切：①生理学能对疾病发生、临床表现、仍到诊断治疗提供理论依据，使医生不但知其然还知其所以然，在防病治病中掌握主动权，不会盲目。②生理学的发展促进了临床医学的发展，例如，胰岛素的发现及作用机制的研究促进了糖尿病的防治；离子通道的研究成果，认识和阐明了过去不了解的疾病——离子通道病。③临床医学的长期实践又为生理学的发展提供了许多宝贵资料，促进了生理学的发展
与预防医学的关系：	认识和掌握了正常生命活动的规律，就知道怎样更好地维持它的正常进行，防止它发生异常，从而达到预防疾病和延年益寿的目的

第二节 生命的基本特征

表 1-3 生命的基本特征

基本特征	概念	意义
新陈代谢	是指机体主动与环境进行物质和能量交换的过程,同时体内物质和能量也进行转变。包括合成代谢与分解代谢两方面	是生命最基本的特征,新陈代谢一停止,生命也就停止
兴奋性	指机体或其组成部分细胞、组织具有对环境变化产生的反应的能力或特性。体内外环境变化称为刺激	是生物体对环境变化作出适应性反应的基础。机体对环境变化(刺激),有的产生兴奋反应,有的产生抑制反应,以更好地适应环境
适应性	环境条件发生改变时,机体或其组成部分的功能与结构在一定限度内随着发生相应的改变,以适应所处的环境	适应性是在进化过程中发展起来的,动物越高等,适应性越强,到了人类,不仅能适应环境,还能改造环境
生殖	生物体生长发育到一定阶段后,能产生与自己相似的个体,这种能力称为生殖	生物个体的寿命是有限的,只有通过生殖过程产生新个体来延续种系,所以生殖是生命的基本特征之一

第三节 机体的内环境、稳态和人体功能活动的调节

一、机体的内环境与稳态

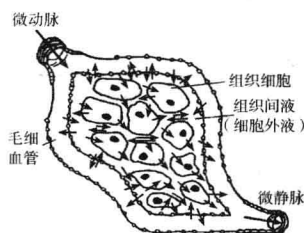
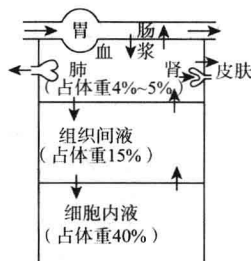
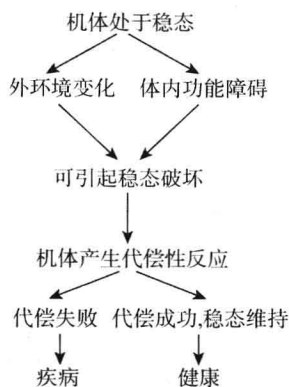
图 1-2 组织细胞“浸浴”在细胞外液中
细胞外液为机体的内环境图 1-3 体液分布及其物质交换示意图
细胞新陈代谢不断破坏内环境的稳定,机体可通过血液循环、呼吸、排泄等功能协调活动使之恢复

图 1-4 稳态系统

内环境理化因素维持相对恒定、在不断变化中达到相对平衡的状态称为稳态。体内因素不断干扰甚至破坏稳态,可通过机体的调节,恢复稳态。如果体内外环境变化过于剧烈超过机体的调节(代偿)能力时,稳态就不能维持,导致失稳态,即疾病状态

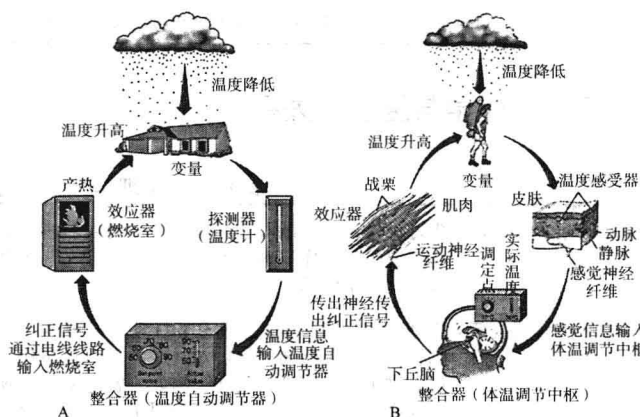


图 1-5 稳态控制机制基本组成

A. 被恒温器燃烧室控制的热调节; B. 体温的稳态调节
两者都是温度降低激活探测机制(恒温器和温度感受器),发出传入冲动到整合或控制中枢(开关转换器或下丘脑),然后发送冲动到效应器机制(燃烧室或肌肉收缩),引起产热,以维持温度在“正常范围”

二、人体功能活动的调节

表 1-4 人体功能活动的调节方式

调节方式	概念	生理意义	特点
神经调节	是通过神经系统的调节，其基本方式是反射。反射就是机体在中枢神经系统的参与下对体内环境变化的刺激产生规律性反应	是人体的主要调节方式，起主导作用	迅速、准确，作用部位有局限性，作用时间比较短暂
体液调节			
全身性	内分泌细胞所分泌的激素经血液或淋巴液循环到全身各处，以影响对激素敏感的器官、组织和细胞的活动	主要调节新陈代谢、生长、发育、生殖等较为缓慢的生理过程	作为缓慢，受影响部位广泛，作用时间持久
局部性	组织细胞产生一些化学物质，如组胺、缓激肽、5-羟色胺等，或代谢产物，如 CO ₂ 、乳酸等通过组织液扩散，对局部的组织或血管的活动进行调节	可使局部与全身的功能活动相互配合，协调一致	作用范围较局限
自身调节	内外环境变化时，组织细胞可不依赖于神经和体液调节，而由该组织细胞本身活动的改变产生的适应性反应	协助维持生理功能的稳定	调节的幅度和范围较小

(一) 神经调节

表 1-5 反射弧的组成及功能

组成成分	概念	作用
感受器	是分布在体表和机体内部的一些能感受机体内、外环境变化的特殊结构	将各种刺激的能量转化为传入神经上的神经冲动
传入神经	由感受器感觉神经元轴突构成，是感受器与反射中枢之间联系的通路	将来自体表、内脏和躯体感受器的感觉信息传入中枢
神经中枢	位于脑和脊髓内参与某一反射活动的神经细胞群	对传入的神经冲动进行加工处理（整合），并发出传出冲动至所支配的效应器
传出神经	由神经中枢神经元的轴突构成，是中枢与效应器联系的通路	将中枢的指令传给效应器
效应器	产生反应的器官，包括肌肉、腺体等	执行机构，按传出的冲动产生反应

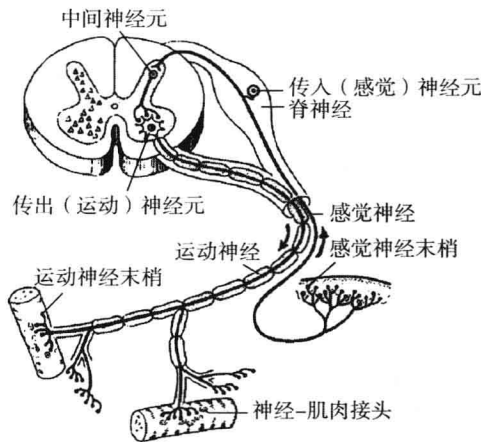


图 1-6 反射弧及其组成示意图

针刺、火烧手→皮肤痛觉感受器→传入神经（桡神经、尺神经）→中枢（脊髓）→传出神经（正中神经）→前臂屈肌→收缩

图 1-7 神经调节举例：屈肌反射

表 1-6 非条件反射与条件反射的比较

非条件反射	条件反射
在种族进化过程中形成的先天性反射	在个体生活过程中建立的获得性反射
脊髓和脑干的反射	大脑反射
反射弧较简单, 固定	反射弧较复杂, 是暂时易变的神经联系
数量有限	数量无穷
必须用该感受的特殊刺激(非条件刺激)才能引起	任何无关刺激与非条件刺激多次结合都可成为条件反射的刺激
无预见性	有预见性
适应性小	适应性广
形成条件反射的基础	能控制非条件反射活动

(二) 体液调节

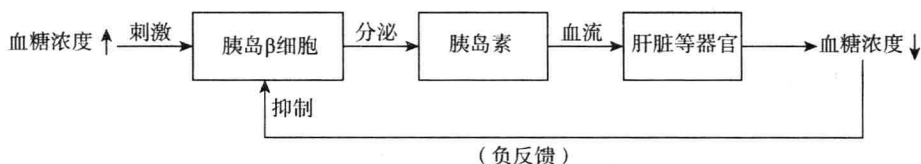


图 1-8 体液调节举例: 胰岛素分泌的体液调节 (包括负反馈调节)

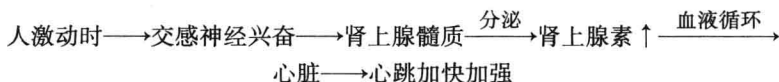


图 1-9 神经-体液调节举例

(三) 自身调节

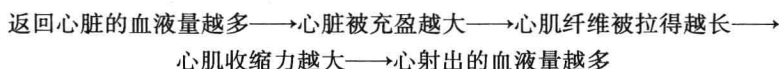


图 1-10 自身调节举例

(四) 反馈调节

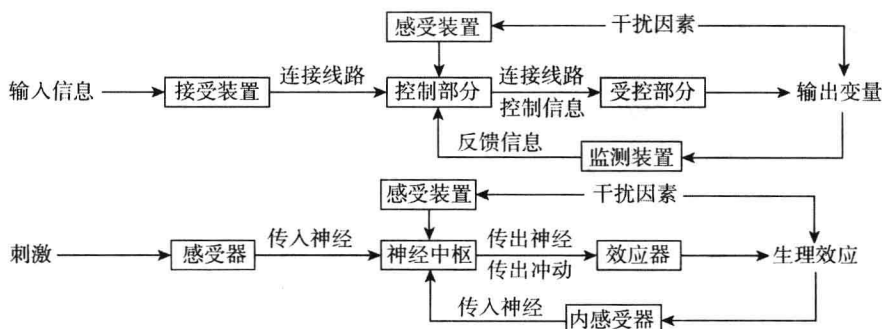


图 1-11 反馈控制系统模式图

上下图上部分为前馈, 下部分为反馈

表 1-7 反馈与前馈

方式	概念	生理意义	举例
负反馈	从受控部分发出的反映输出变量的反馈信息的作用与控制信息的作用方向相反,即倾向于促进输出变量向原来相反的方向变化	是维持稳态最重要的调节方式;但纠正偏差有滞后和波动现象	当环境温度突然降低时,机体散热增加,体温降低;体温降低刺激体内温度感受器,其传入冲动到达体温调节中枢,体温中枢发出传出冲动到达效应器,引起产热增加,散热减少,使体温回升
正反馈	从受控部分发出的反映输出变量的反馈信息的作用与控制信息的作用方向相同,加强输出变量向原来变化的方向变化	正反馈一旦启动后就逐步增强、加速,直至过程的完成。在某些病理情况下,发生的正反馈如果没有受到抑制,可形成恶性循环	正常情况下体内发生的正反馈较少。如排尿、分娩、血液凝固、钠通道的开放过程等
前馈	干扰信号(息)对控制部分的作用,使在输出变量出现偏差产生反馈之前对可能出现的偏差预先调整控制信息。对输出变量的超前调节	对输出变量进行前瞻性的调节,可避免干扰信号引起的输出变量的偏差,使反射活动更为精确	当食物还在消化道时,前馈机制可促进营养物质吸收后贮存与利用的激素分泌

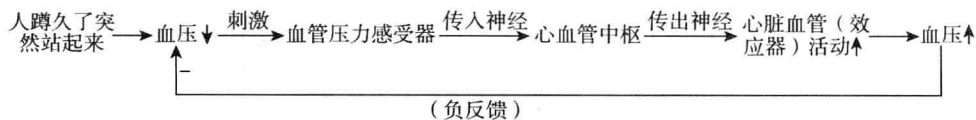


图 1-12 血压的负反馈调节

- 为抑制或抵消

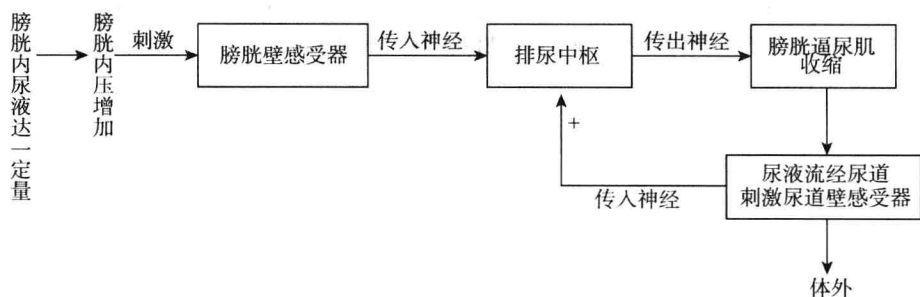


图 1-13 排尿反射的正反馈调节

+ 表示促进或兴奋

人急性大失血→心输出量减少、血压降低→冠状血流量减少→心肌缺血→心肌收缩力降低→心输出量进一步减少、血压进一步降低……直至死亡

图 1-14 人急性大失血时的正反馈

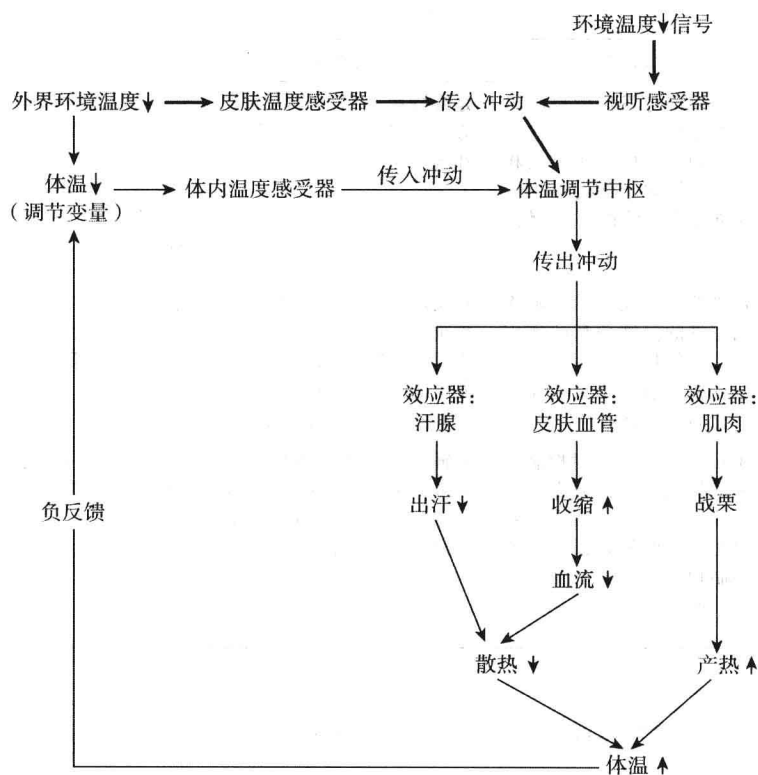


图 1-15 前馈与负反馈举例：体温调节

负反馈：当环境温度突然降低时（干扰因素作用）机体散热增加，使体温降低，刺激体内温度感受器，产生神经冲动，传至下丘脑体温调节中枢，体温调节中枢传至有关效应器的冲动增加，使产热增加，散热减少，体温升高（回升）

前馈：环境温度降低刺激皮肤温度感受器，甚至环境温度下降的有关信息，刺激视听感受器，经传入神经传至下丘脑体温调节中枢，最终使体温升高（回升）

粗线箭头为前馈

第二章 细胞的基本功能

第一节 细胞膜结构和物质转运功能

一、细胞膜的结构

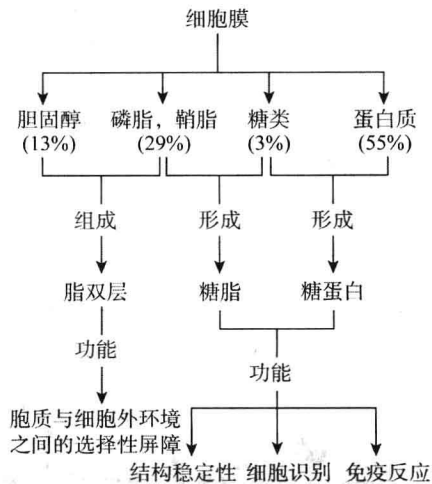


图 2-1 细胞膜的主要结构

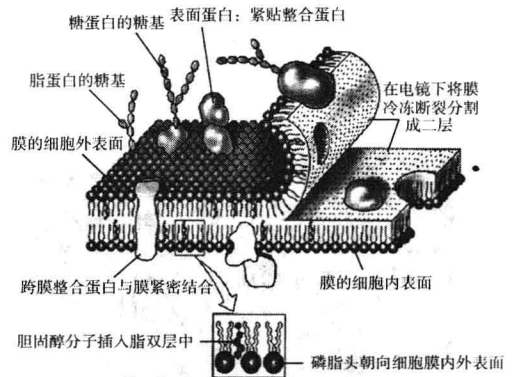


图 2-2 细胞膜的液态镶嵌模型
该模型是以液晶态的脂质双分子层为基本骨架，其中镶嵌着具有不同分子结构和功能的蛋白质

(一) 细胞膜脂类

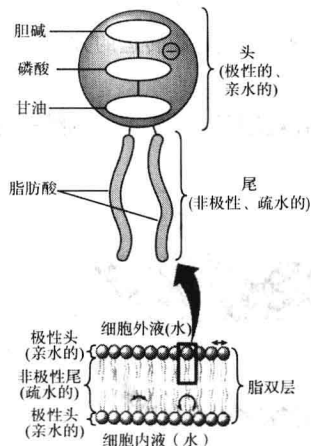


图 2-3 膜磷脂结构模式图

一端的磷酸和碱基是亲水性基团，朝向细胞膜的内外表面，与胞质和细胞外液中的极性水分子接触；另一端的两条长链脂肪酸是疏水性基团，朝向脂质双分子层内部

(二) 细胞膜的蛋白质

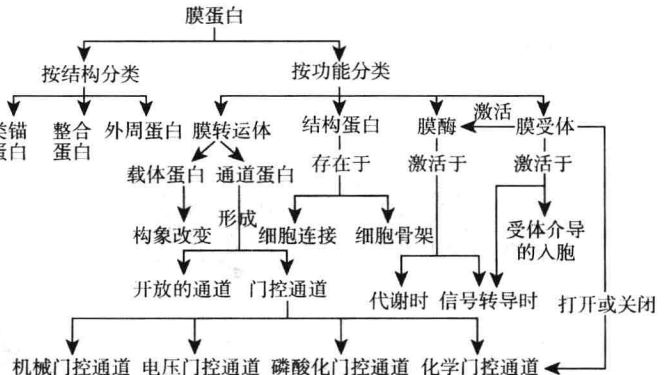


图 2-4 膜蛋白的种类与功能

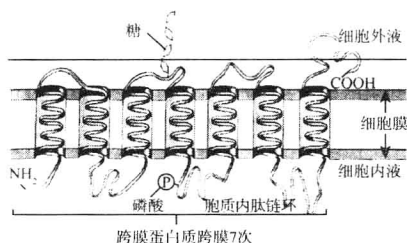


图 2-5 跨膜蛋白质

跨膜蛋白质具有伸出细胞外液和胞质的肽链环，糖类附着于细胞外肽链环，磷酸附着于细胞内肽链环

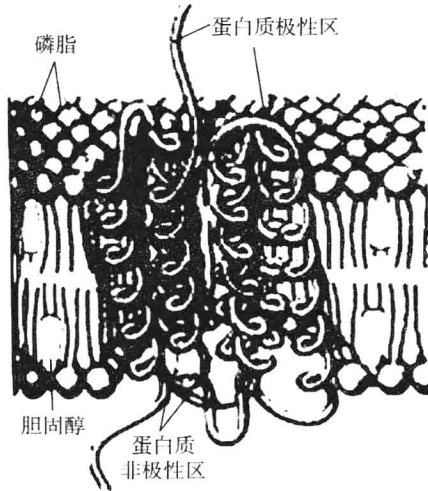


图 2-6 膜蛋白与脂双层的关系

膜蛋白被其非极性区段（具有螺旋的二级结构）锚定在脂双层内。许多膜蛋白在膜内组成若干疏水性区段，并与伸到膜两侧的亲水性区段相连接

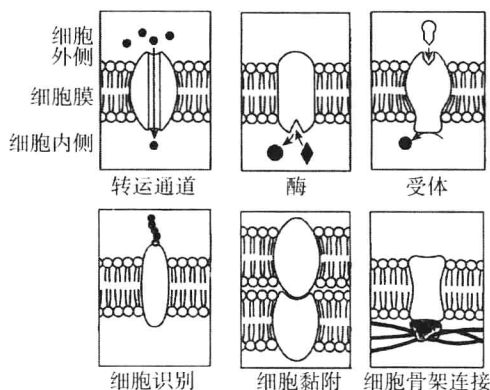


图 2-7 膜蛋白的功能

二、细胞膜的物质转运功能

表 2-1 细胞外液和细胞内液主要成分

成分	细胞外液浓度 (mmol/L)	细胞内液浓度 (mmol/L)
Na^+	145	15
K^+	4.0	140
Ca^{2+}	1.8	0.0001 (游离)
Mg^{2+}	0.8	1.5
Cl^-	115	4.0
Pi	2.0	40
氨基酸	2.0	8.0
葡萄糖	5.6	1.0
蛋白质	0.2	4.0
ATP	0	4.0

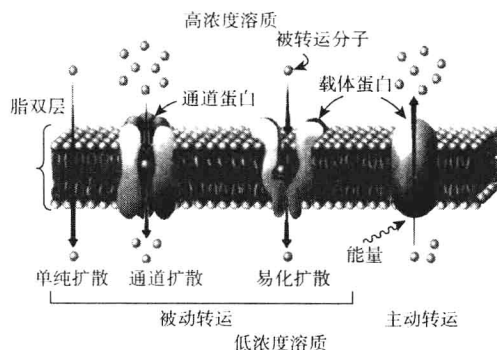


图 2-8 物质跨膜转运的方式

(一) 经脂双层的扩散——单纯扩散

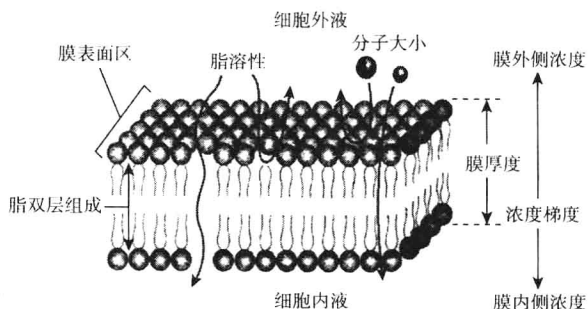


图 2-9 物质通过脂双层的单纯扩散及影响因素

影响物质跨膜单纯扩散的因素：1. 物质的脂溶性；
2. 分子大小；3. 细胞膜厚度；4. 物质的浓度差；
5. 膜的表面积；6. 脂双层的组成

(二) 膜蛋白介导的扩散

1. 通道介导的跨膜转运

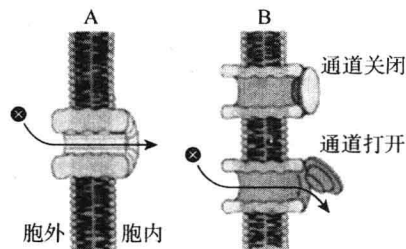


图 2-10 门控通道和非门控通道

- A. 非门控通道 (渗漏通道): 通道持续开放;
B. 门控通道

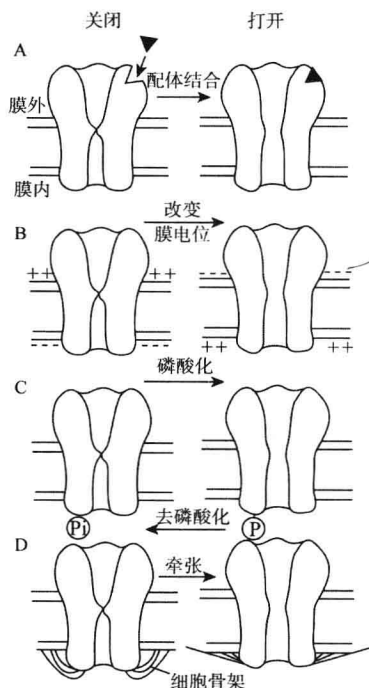


图 2-11 门控通道的类型

- A. 化学门控通道; B. 电压门控通道;
C. 磷酸化门控通道; D. 机械门控通道

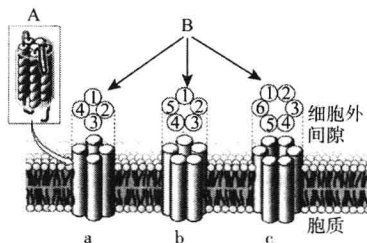


图 2-12 离子通道的结构

- A. 电压门控通道的每个亚单位由 6 个螺旋段组成; B. 通道一般是多个亚单位组成的寡聚体复合物: a. 电压门控 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 K^+ 通道和钙释放通道; b. 烟碱 (N) 型 ACh 受体通道; c. 由 6 个连接蛋白组成的连接子 (半个缝隙连接)

2. 载体介导的跨膜转运

(1) 易化扩散

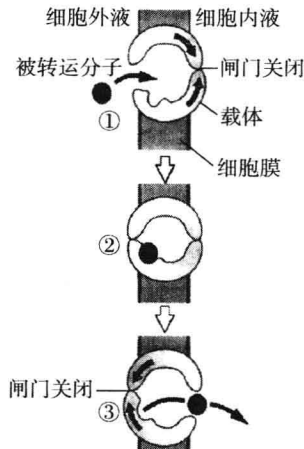


图 2-13 载体介导的易化扩散

- 载体 (转运体) 具有二个“门”，决不同时打开。
①载体向胞外开放，被转运物质从胞外进入载体;
②被转运物质结合于载体的结合部位，胞外侧门关闭，被转运物质被封闭;
③载体构型改变，胞内侧门打开，被转运物质脱离结合部位，进入胞内，胞外侧门关闭

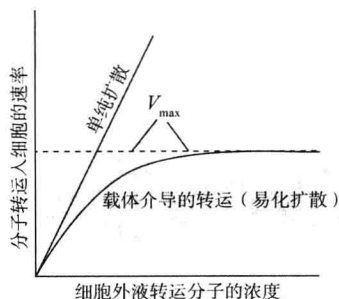


图 2-14 物质浓度对单纯扩散和易化扩散的影响

单纯扩散的分子转运入细胞的速度与细胞外液该分子的浓度直接成正比；载体介导的易化扩散分子顺其浓度梯度转入细胞在载体达到饱和即最大转运率（ $V_{\max}$ ）之前与细胞外液浓度成正比，之后转运速度不随转运分子浓度的增加而增加

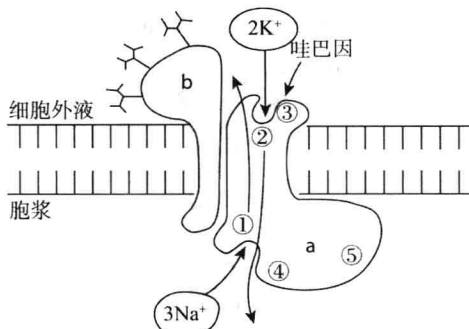


图 2-16 钠泵结构模式图

钠泵由一个 α 亚单位和一个 β 亚单位组成

① Na^+ 结合部位；② K^+ 结合部位；③ 哇巴因结合部位；④ 磷酸结合部位；⑤ ATP 结合部位

②继发性主动转运

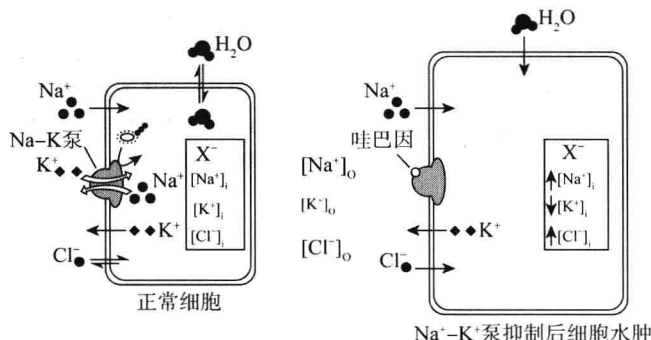


图 2-18 $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 泵在维持细胞容量中的作用

正常细胞：进出细胞的正负离子数量相等，维持细胞内外的渗透压平衡； $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 泵抑制后的细胞：用哇巴因抑制 $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 泵后， Na^+ 不能主动泵出细胞，而胞外的 Na^+ 持续被动地进入细胞（通过渗漏通道），从而渗透性吸引水分子进入细胞，引起细胞水肿。 X^- 为有机负离子

(2) 主动转运

①原发性主动转运

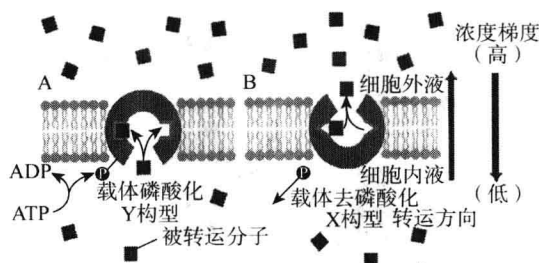


图 2-15 原发性主动转运

载体从低浓度区向高浓度区转运分子的磷酸化与去磷酸化循环，需要 ATP 供能。A. 载体磷酸化构型 Y 对被转运物有高度亲和力，被转运分子在低浓度一侧结合于载体；B. 载体去磷酸化 X 构型对被转运物的亲和力降低，被转运分子在高浓度侧与载体分离

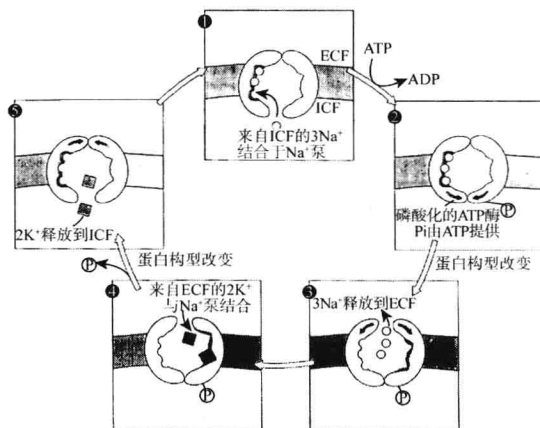


图 2-17 钠泵转运机制

ICF. 细胞内液；ECF. 细胞外液