

医学助记图表与歌诀丛书

余承高 陈栋梁 熊哲 主编

生理学 助记 图表与歌诀

S HENGLIXUE
ZHUJI
TUBIAO YU GEJUE



北京大学医学出版社

医学助记图表与歌诀丛书

生理学助记图表与歌诀

主 编 余承高 陈栋梁 熊 哲
副主编 张玉芹 余良主

北京大学医学出版社

SHENGLIXUE ZHUJI TUBIAO YU GEJUE

图书在版编目 (CIP) 数据

生理学助记图表与歌诀 / 余承高, 陈栋梁, 熊哲主编.

—北京: 北京大学医学出版社, 2015. 9

(医学助记图表与歌诀丛书)

ISBN 978-7-5659-1134-7

I. ①生… II. ①余… ②陈… ③熊… III. ①人体

生理学 - 教学参考资料 IV. ① R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 122372 号

生理学助记图表与歌诀

主 编: 余承高 陈栋梁 熊 哲

出版发行: 北京大学医学出版社

地 址: (100191) 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内

电 话: 发行部 010-82802230; 图书邮购 010-82802495

网 址: <http://www.pumpress.com.cn>

E-mail: booksale@bjmu.edu.cn

印 刷: 中煤涿州制图印刷厂北京分厂

经 销: 新华书店

责任编辑: 王 霞 郭 颖 责任校对: 金彤文 责任印制: 李 啸

开 本: 710mm × 1000mm 1/16 印张: 16 字数: 280 千字

版 次: 2015 年 9 月第 1 版 2015 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5659-1134-7

定 价: 35.00 元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

编者名单

主 编 余承高 陈栋梁 熊 哲

副主编 张玉芹 余良主

编 委 (按姓名汉语拼音排序)

陈栋梁 (武汉肽类物质研究所)

陈宗海 (湖北民族学院医学院)

韩 璐 (湖北科技学院)

罗岸涛 (武汉科技大学)

王 璐 (华中科技大学)

王育斌 (武汉科技大学)

熊 哲 (江汉大学)

晏汉姣 (华中科技大学)

杨 荣 (江汉大学)

杨友华 (江汉大学)

尹盟盟 (华中科技大学)

余承高 (华中科技大学)

余良主 (湖北科技学院)

张玉芹 (武汉科技大学)

前言

生理学是一门重要的医学基础理论课，其内容十分丰富。学习、记忆并掌握生理学的基本知识，需要采取一些行之有效的方法。在许多辅助记忆的方法中，使用歌诀已被证明是收效显著的方法之一。以歌诀为体裁的医学著作在我国古代颇为多见，其特点是内容简要，文从语趣，富有韵律，朗读上口，记忆入心。

在多年的教学工作中，我们体会到，总结性图表具有提纲挈领、概括性强，条理分明、逻辑性强，直观形象、易于理解，简明扼要、便于记忆等特点，通过对比分析，将知识融会贯通，从而启发思维，培养能力。将歌诀与总结性图表结合起来学习，可以收到珠联璧合、相得益彰的良好效果。有鉴于此，我们也试将生理学的基本内容编成歌诀，并用总结性图表加以注释，旨在为广大医学生提供一种新颖、独特、有效的生理学学习方法。

随着医学的不断发展，现在的医学书籍和教材已很难用歌诀体裁来系统描述和阐明相关知识，但我国语言博大精深，为编写生理学歌诀提供了深厚的基础。鲁迅先生曾说：“地上本没有路，走的人多了，也便成了路。”我们殷切地希望有更多的同仁和我们一道，将生理学歌诀编写得越来越好，共同开辟出一条用歌诀的方式学习生理学的新途径。

在华中科技大学、武汉科技大学、武汉肽类物质研究所和北京大学医学出版社等单位的大力支持和鼓励下，本书才能得以顺利出版，在此致以衷心的感谢！

为满足更多读者的需求，本书的编写参考了多种教科书，但由于我们的水平有限，错误、疏漏和不妥之处难免，敬希广大同仁和读者不吝指正。

余承高

目 录

第一章 绪论·····	1
第二章 细胞的基本功能·····	7
第三章 血液·····	28
第四章 血液循环·····	46
第五章 呼吸·····	87
第六章 消化与吸收·····	103
第七章 能量代谢与体温·····	121
第八章 尿的生成和排出·····	131
第九章 神经系统·····	148
第十章 内分泌·····	209
第十一章 生殖·····	235
主要参考文献·····	247

第一章 绪 论



生命的基本特征

生命活动有特征，新陈代谢是基础，吐故纳新不停息，代谢停止命亦休。
生物体有兴奋性，能对刺激起反应。环境条件起变化，相应条件来适应。
发育成熟能生殖，传种接代不断根。

表 1-1 生命的基本特征

基本特征	概念	意义
新陈代谢	机体通过同化与异化作用同外界环境进行物质和能量的交换，以及机体内部物质与能量转变而实现自我更新的过程	生命的最基本特征，若新陈代谢停止，生命也就停止
兴奋性	活体组织对刺激产生生物电反应的能力	生物体对环境变化做出适宜反应的基础
适应性	机体根据内、外环境的变化而调整体内各部分活动和相互关系的功能	维持稳态，保护机体，适应生存
生殖	生物体生长发育到一定阶段，能产生与自己相似的自体后代，即自我复制的功能	延续种系



生理学研究的三个水平

生命活动很复杂，研究方法有多种：整体器官及分子，研究层次不相同，
相互配合来观察，方识庐山真面目。

表 1-2 生理学研究的三个水平

研究水平	研究内容	举例
整体水平	研究人体与环境的对立、统一关系及体内各器官系统功能活动之间的相互关系	劳动、高空、潜水等条件下心率、血压、呼吸频率等的变化
器官、系统水平	研究各器官的功能及其调节机制	心脏射血机制，影响心脏活动的因素
细胞、分子水平	研究细胞和细胞内各亚微结构的功能，研究各种生物分子的特殊理化变化过程	细胞膜对物质的转运功能，心肌细胞生物电活动

 体液的分部及作用

机体六成是液体，细胞内外两部分，内液两份外液一，外液称为内环境，体内组织和细胞，泡在细胞外液中。

表 1-3 体液的分部及作用

分部	含量（%）	生理作用
细胞内液	40	细胞内进行各种生化反应的场所
细胞外液	20	细胞生活的液体环境，称为机体的内环境。内环境的理化性质在不停的变化中所达到的平衡状态（动态平衡）称为稳态。内环境的相对稳定对维持机体的正常活动极为重要
组织间液	15	细胞内液与血浆进行物质交换的媒介
血浆	5	沟通各部分组织间液，是与外环境进行物质交换的中间环节

 内环境稳态

细胞外液内环境，理化性质和成分，虽有变化和波动，动态平衡较稳定。维持稳态很重要，生命活动有保证，稳态破坏就生病，稳态恢复病自除。生理学里观点多，维持稳态是核心。

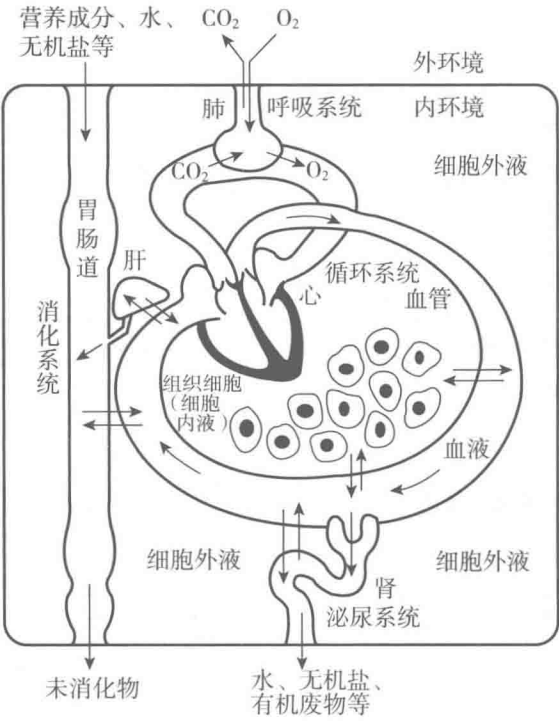


图 1-1 器官系统对内环境稳态的维持
机体内环境的稳态由各功能系统直接维护。心血管的活动驱动血液形成循环血流，起到运输与联络的作用；血流将胃肠道摄取的各种营养运输到全身各部位，保证细胞代谢所需的原料，同时将细胞代谢生成的废物转运到肾等器官处理并排出体外；而细胞代谢所需的氧和所生成的二氧化碳则通过血流在肺与外环境进行交换，不断得以更新



人体功能活动的调节方式

调节方式有三种,神经体液和自身。

表 1-4 人体功能活动的调节方式

调节方式	作用	生理意义	特点
神经调节	中枢神经系统的活动通过传入和传出神经对机体各部分进行调节,其基本方式是反射	人体最主要的调节方式	作用迅速、局限、短暂、精确
体液调节			
全身性	主要是内分泌细胞分泌的激素,随血液运送到全身组织器官,从而调节其功能活动	调节代谢、生长、发育与生殖等基本功能	作用较缓慢、广泛、持久
局限性	某些组织细胞产生的化学物质,可扩散并影响邻近组织的功能活动	使局部和全身的功能活动相互配合与协调	作用范围较局限
自身调节	内外环境条件变化时,组织、细胞不依赖于神经或体液而产生的适应性反应	协助维持生理功能的稳态	调节幅度较小



反射弧

神经调节靠反射,结构基础反射弧。反射弧含五环节,感觉传入到中枢,传出神经效应器,作用迅速又精细。任何环节遭破坏,反射活动难进行。

表 1-5 反射弧

组成部分	概念	作用
感受器	分布在体表或组织内部的一些专门感受机体内外环境中所发生变化的结构和装置	感受刺激并转换成相应的传入神经冲动(换能)
传入神经	由轴突组成,将来自内脏、躯体和本体的感觉信息传导到神经中枢	感受器与神经中枢之间相联系的通路
神经中枢	中枢神经系统中与某一功能有关的神经元所在的部位称为控制该种功能的神经中枢,即调节某一特定生理功能的神经元群	分析、整合传入的信息,并发出冲动,能决定反应的性质和强度
传出神经	由轴突组成,将神经中枢冲动传导到效应器	神经中枢与效应器相联系的通路
效应器	产生反应的器官	执行机构

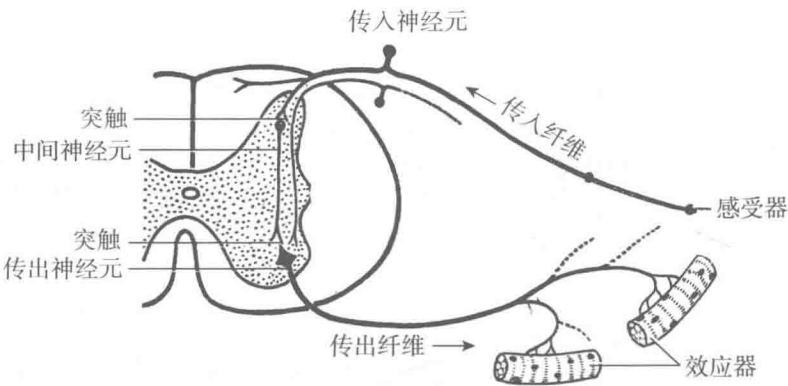


图 1-2 反射弧



神经调节与体液调节的比较

神经调节是主导，调节方式是反射，结构基础反射弧，作用迅速又精确，作用范围较局限，维持时间较短暂。体液调节靠激素，作用发生较缓慢，作用范围比较广，维持时间比较长。

表 1-6 神经调节与体液调节的比较

比较项	神经调节	体液调节
神经冲动	有	无
化学物质	有（突触处）	有
传递方式	神经冲动沿神经纤维传导：神经递质越过突触间隙	经体液运输
效应	使效应器细胞膜电位发生改变，传递感觉性或运动性信号，参与觉醒、学习、记忆、情感生活及控制活动	改变效应器细胞酶活性及代谢率，参与生长、发育、生殖、应激反应等
发挥作用的速度	较迅速	较缓慢
作用的持续时间	较短暂（记忆储存除外）	较持久
作用的空间范围	局限、精确	弥散、不精确
作用的灵活性	灵活	不灵活
其他	有预见性，人类还有语言、文字，扩大了感受范围	自我稳态较明显

神经调节与体液调节的关系

神经调节快窄短，体液调节慢广长，两者各有所专长，相互配合好搭档。
神经控制内分泌，体液调节受管理，反射弧的传出部，成为神经好助手。

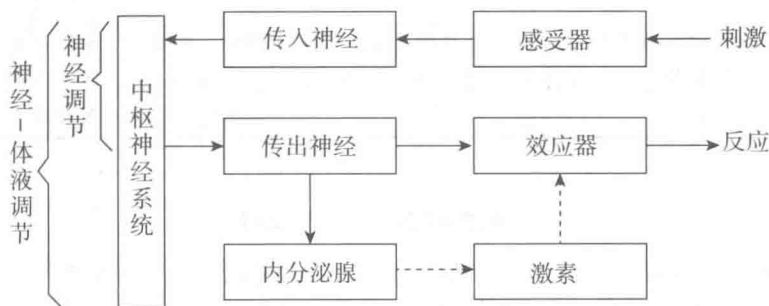


图 1-3 神经调节与体液调节的关系

——→ 神经联系 - - - - -> 体液联系

神经系统通过调节内分泌腺的活动，使体液调节成为反射弧传出通路的延伸部分，称为神经体液调节

反馈

控制者与受控者，相互联系成环路，二者之间互影响，控制信息至受控，受控相应作反应，受控者可发信息，返回影响控制者，这种现象称反馈。

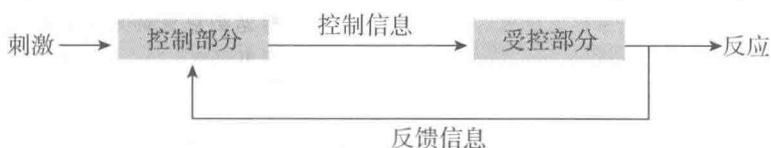


图 1-4 反馈控制的示意图

正反馈与负反馈的比较

反馈调节分两种，正反馈与负反馈。反馈调节两信息，方向相同正反馈，活动一旦发动起，不断促进快完成。反馈调节两信息，方向相反负反馈，互相牵制和协调，维持稳态最重要。

表 1-7 正反馈与负反馈的比较

方式	作用	生理意义	举例
负反馈	从受控部分发出的反映输出变量的信息，其作用与控制信息的作用方向相反，以纠正和调整控制信息的作用	维持稳态	减压反射、体温调节、糖皮质激素分泌的调节
正反馈	从受控部分发出的反映输出变量的信息，其作用与控制信息的作用方向相同，以加强控制信息的作用	使某一生理活动不断加强、迅速完成	排尿反射、排便反射、吞咽反射、血液凝固

前馈与负反馈的比较

前馈信息来得快，提前反应来适应，防止干扰无波动，很少偏差有预见。
负反馈有滞后性，发挥作用比较慢，恢复过程有波动，常有偏差无预见。

表 1-8 前馈与负反馈的比较

项目	前馈	负反馈
定义	控制部分在反馈信息尚未到达前已受到纠正信息（前馈信息）的影响，及时纠正其指令可能出现的偏差	受控部分发出的反馈信息调整控制部分的活动，使受控部分的活动朝着与其原先活动相反的方向改变
活动预见性	有预见性，能提前做出适应性反应，防止干扰	无预见性，仅能在受到干扰后恢复到原来的稳定水平（滞后性）
波动性	无波动性，但会发生预见失误	有波动性，即在恢复过程中不可能立即达到原先的水平，而是左右摇摆，逐渐稳定
发挥作用的快慢	较快	较慢
出现偏差	由于可能出现预见失误，从而出现偏差	必然出现偏差，出现偏差后才引起纠正，纠正后也不会改善

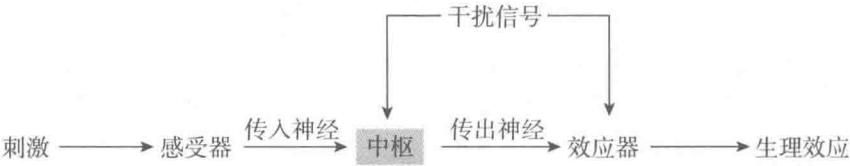


图 1-5 前馈自动控制系统示意图

第二章 细胞的基本功能

一、细胞膜的基本功能



细胞膜的化学成分和分子结构

细胞膜组成源于本，蛋白糖脂三成分。分子结构分两层，“液态镶嵌模型”论。



细胞膜的结构和功能

脂质双层细胞膜，脂不饱和能流动。分隔细胞内和外，保护胞内各成分。嵌有多种蛋白质，膜的功能更有增。膜上各种转运体，物质跨膜能转运。钾钠离子跨膜流，产生电流得兴奋。膜上受体蛋白质，结合配基起效应。胞外信息小分子，与膜作用传信息。膜外蛋白有糖基，可作细胞标志物。膜的内侧有肌丝，使膜可以缩与舒。细胞分裂或分化，均需胞膜来参与。

表 2-1 细胞膜的结构与功能

项目	说明
脂质双层结构 (液-晶态镶嵌)	以脂质双分子层为细胞膜基架并呈液态，其中镶嵌有不同功能的晶态蛋白质
屏障保护作用	细胞膜在细胞内容物和细胞环境之间起屏障保护作用
物质转运作用	膜上含有通道、载体、离子泵等，起物质转运的作用
兴奋功能	产生动作电位
识别和通讯功能	信息与受体结合，触发生理效应，传递信息
免疫功能	抗原与抗体反应
收缩功能	如血小板膜内膜面有 α -辅肌蛋白可收缩
繁殖功能	如细胞分裂、增殖、分化、癌变等



细胞膜物质转运形式

二氧化碳氧气等，脂溶性物易跨膜，无需帮助自能行，单纯扩散来命名。水溶性的小分子，不能透过细胞膜，需要载体和通道，协助转运来完成，只能由高向低行，易化扩散称其名。主动转运泵蛋白，必须消耗ATP^[1]，这种方式很重要，可以逆向来转运。有些物质逆向运，本身虽然不耗能，间接利用钠钾泵，继发性主动转运。大分子的团块物，进出细胞较特殊，进入胞内称入胞，分为吞噬和吞饮，排出胞外称出胞，均需耗能属主动。

注释：[1] 腺嘌呤核苷三磷酸。

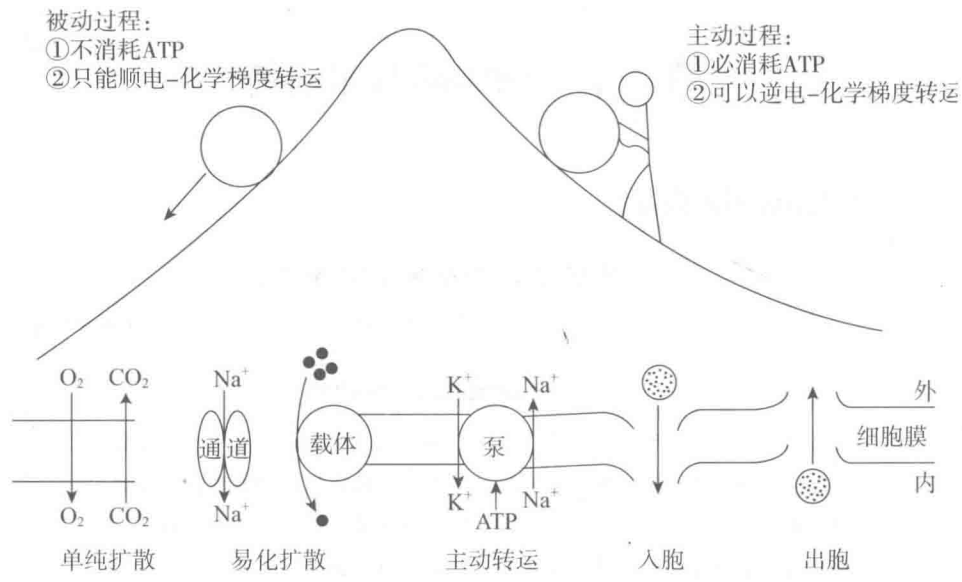


图 2-1 细胞膜物质转运形式示意图

表 2-2 细胞膜物质转运形式

转运物质	耗能	方向	特征
单纯扩散 O ₂ 、CO ₂ 、NH ₃ 、类固醇激素	不需另外耗能	顺浓度差	扩散量取决于被转运物质的浓度差与膜的通透性
通道中介 易化扩散 离子 (K ⁺ 、Na ⁺ 、Ca ²⁺)	依靠离子浓度差和电位差	顺浓度差	①借助于膜上蛋白质的变构作用形成水相通道 ②相对特异性
载体中介 易化扩散 氨基酸、葡萄糖	间接耗能	顺浓度差	①借助于膜上的蛋白载体 ②高度特异性 ③饱和性 ④竞争性抑制
原发性主动转运 离子移出细胞膜外 离子移入细胞膜内	直接分解 ATP 供能	逆浓度差	①借助于膜上具有酶活性的特殊蛋白质 (泵) ②高度特异性 ③易受理化因素的影响
继发性主动转运 葡萄糖、氨基酸在肾小管和小肠的吸收, 神经末梢在突触间隙摄取肽类神经递质	间接	逆浓度差	逆浓度梯度或电位梯度, 必须间接消耗能量
入胞 大分子或团块物质	间接	入胞	借助于细胞膜变形以及复杂的结构变化
出胞 大分子或团块物质	间接	出胞	借助于细胞膜变形以及复杂的结构变化

表 2-3 几种物质转运方式

物质转运	转运方式
氨基酸与葡萄糖从肠腔内吸收	继发性主动转运
氨基酸与葡萄糖被红细胞摄取	载体中介易化扩散
离子 (K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+}) 的跨膜转运	主动转运、通道中介易化扩散
碘的摄取	继发性主动转运

 钠钾泵的生理功能

主动转运钠钾泵，驱钠摄钾有作用；保持细胞内高钾，正常代谢有保证；维持细胞内低钠，细胞形态方稳定；钠钾离子跨膜流，能够产生生物电；其他物质主动运，借助钠泵才能行。

表 2-4 钠钾泵的生理功能

作用	生理意义
维持细胞内高钾	细胞内高钾环境是细胞进行正常代谢活动的必要条件
维持细胞外高钠	维持细胞质的渗透压和细胞的正常形态，保持正常的体液量
产生生物电的基础	使细胞内外离子分布不均匀，是可兴奋细胞产生兴奋性的基础。 K^+ 外流能产生静息电位，钠钾泵的生电性活动可影响静息电位的数值， Na^+ 内流可产生静息电位
为其他物质的主动转运提供能量	细胞外的高 Na^+ 使其具有进入细胞内的势能储备，供细胞其他耗能过程利用，可用于完成某些物质的继发性主动转运。例如 Na^+-Ca^{2+} 交换在维持细胞内液 Ca^{2+} 浓度的稳定中起着重要作用，细胞内代谢产生的 H^+ 通过 Na^+-H^+ 交换被排出细胞外，钠钾泵为 Na^+-H^+ 交换提供动力，从而维持细胞内 pH 的稳定，葡萄糖、氨基酸的主动重吸收也需要钠钾泵的活动

 继发性主动转运

某些物质逆向运，需借钠泵来帮助，与钠内流相耦联，钠泵再将钠泵出。主动转运需耗能，则由钠泵来支付，好比出门搭便车，是由车主出油钱。

表 2-5 体内几种重要的继发性主动转运

分类	转运体	功能及意义
同向转运	Na ⁺ -葡萄糖同向转运体	小肠黏膜和肾小管上皮细胞对葡萄糖、氨基酸的吸收和重吸收
	Na ⁺ -氨基酸同向转运体	
	Na ⁺ -K ⁺ -2Cl ⁻ 同向转运体	肾小管髓袢升支粗段重吸收 Na ⁺ 、K ⁺ 、2Cl ⁻
	I ⁻ -2Na ⁺ 同向转运体	甲状腺滤泡细胞摄取碘的方式，参与甲状腺激素的合成
	Na ⁺ -胆碱同向转运体	
反向转运	2Na ⁺ -谷氨酸同向转运体	
	Na ⁺ -H ⁺ 交换体	
	Na ⁺ -Ca ²⁺ 交换体	
	HCO ₃ ⁻ -2Cl ⁻ 交换体	

注释：继发性主动转运的膜转运蛋白不具有 ATP 酶活性，不能直接获取逆浓度转运物质的生物能，需借助原发性主动转运所建立的离子浓度差（多数是膜两侧的 Na⁺ 浓度差）进行转运。



细胞之间信号传递方式

细胞之间传信息，联系方式三类型：细胞之间有联系，化学信使来联系；
细胞之间有通道，可以直接电耦联；胞膜表面大分子，直接接触传信息。

表 2-6 细胞之间的相互联系和信息传递方式

信息传递方式	常见部位	特点
化学信号联系	激素分子与靶细胞之间，突触、神经-效应器（神经-肌肉接头处）之间	细胞间相隔一定距离，以化学物质（信息分子）为介质，以旁分泌、自分泌以及神经分泌等方式调控靶细胞的功能
相邻细胞之间的直接电耦联（缝隙连接或电突触）	心肌细胞之间，内脏平滑肌细胞之间，神经组织中	① 细胞间电信号传递和细胞浆之间的物质交换直接通过细胞缝隙连接处的“连接膜通道”来完成 ② 双向传递 ③ 快速、无延搁，是一群功能相似的细胞同步活动 ④ 对代谢障碍耐受性大，如酸中毒易抑制化学性传递而不易抑制电突触传递
膜表面分子的直接接触	T 淋巴细胞与抗原提呈细胞之间	每个细胞表面都存在着多种蛋白质或糖脂作为细胞的表面分子，与其他细胞膜表面的相应受体识别和相互作用，传递调控信息



跨膜信号转导概况

信号跨膜来转导，基本方式两大类：信号分子脂溶性，可以直接入胞内；
信号分子水溶性，需要求助膜受体。有的受体是通道，有的受体就是酶，
有的受体在表面，还与 G 蛋白耦联。信号分子达受体，再由受体传胞内。

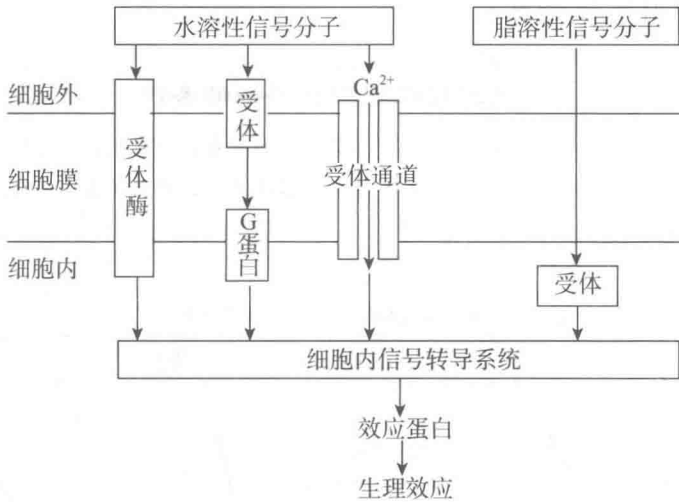


图 2-2 受体介导的细胞信号转导概况

G 蛋白耦联受体介导的跨膜信号转导

化学信使到胞外，先与受体相结合，受体激活 G 蛋白，调节信息转胞内。G 蛋白的作用广，激活效应器分子，后者多为蛋白酶，第二信使能生成，再来激活多种酶，逐级放大产效应。

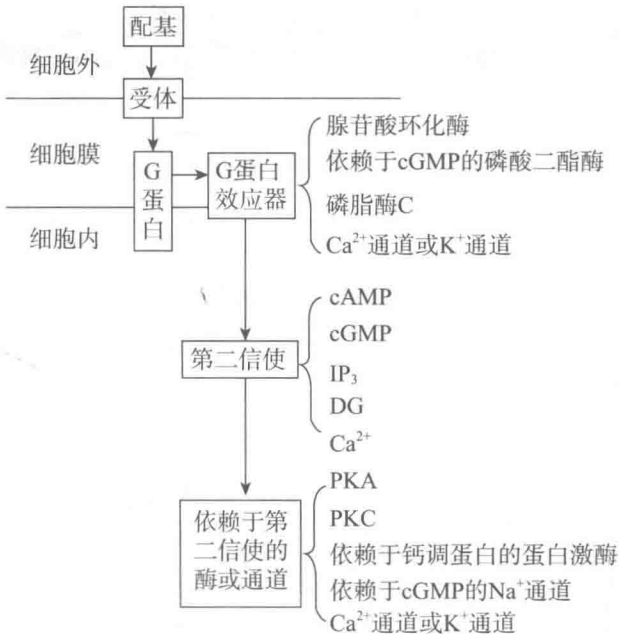


图 2-3 G 蛋白耦联受体介导的跨膜信号转导