

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

配套学习辅导系列

生理学课堂笔记

郭益民 主编



科学出版社

www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

配套学习辅导系列

生理学课堂笔记

主 编 郭益民

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

由于学时数的缩减以及多媒体技术在教学中的广泛应用,学生在听课时很难解决记笔记和听懂课堂内容的矛盾。为此,我们编写了本书,希望能在全国推广不用记笔记的多媒体教学法。本书对教学内容加以精简、归纳,将机体复杂的生理过程及其调节机制通过图、表、推理等方法加以直观、系统地归纳,名词解释精练、易记。

本书既可作为医学院校的生理学教师或学生的参考书,也可作为各种考试(如研究生入学考试、执业医师考试、各种医科函授班考试)的复习用书,更可作为教师的讲稿。

图书在版编目(CIP)数据

生理学课堂笔记/郭益民主编. —北京:科学出版社,2006
普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套学习辅导系列
ISBN 7-03-017684-7

I. 生… II. 郭… III. 人体生理学—医学院校—教学参考资料 IV. R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 080846 号

责任编辑:康 蕾 黄 敏/ 责任校对:朱光光

责任印制:刘士平/ 封面设计:黄 超

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铁 成 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 8 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2006 年 8 月第一次印刷 印张:15

印数:1—4 000 字数:294 000

定价:22.80 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈铁成〉)

前 言

生理学是一门理解性很强的、“讲理”的学科,想把复杂的生理过程理解透并记住,以应付各种考试并不容易,特别是目前教师普遍使用多媒体教学,学生在听课时很难解决记笔记和听懂课堂内容的矛盾。为了进一步推动教学改革,减轻学生的课堂负担,我们编写了本书。

本书是根据本人对生理学知识的了解并结合国内外相关的生理学教材编写而成,同时还将自己的教学改革思路和成功的教学方法贯穿在全书中。

本书的各章节将机体复杂的生理过程及其调节机制通过图、表、推理等方法加以直观、系统地归纳,名词解释精练、易记,并对教材中某些表达不清的生理学概念加以明确。书中很多的图、表、推理过程等均为本人原创,也引用了国内外教材中一些很好的插图。

总之,本书是一本新颖的教学和学习参考书,教师可以将此书作为讲稿,通过使用本书的图表,可迅速提高教学质量;学生通过对本书的阅读,可在短时间内掌握生理学的理论知识,应付各种不同的考试。

本书既可作为医学院校的生理学教师或学生的参考书,也可作为各种考试(如研究生入学考试、执业医师考试、各种医科函授班考试)的复习用书,更可作为教师的教案。

由于本人水平有限,对于书中出现的错误或不妥之处,望各位读者能及时予以反馈,以便再版时修改。

郭益民

2006年6月于温州医学院

目 录

前言

第一章 绪论	(1)
第一节 生理学的研究对象和任务	(1)
第二节 机体的内环境	(1)
第三节 机体功能活动的调节	(2)
第四节 体内的控制系统	(3)
第二章 细胞的基本功能	(6)
第一节 细胞膜的结构和物质转运功能	(6)
第二节 细胞的跨膜信号转导	(11)
第三节 神经纤维和骨骼肌细胞的生物电现象	(14)
第四节 肌细胞的收缩	(22)
第三章 血液	(33)
第一节 血液的组成和理化特性	(33)
第二节 血细胞生理	(34)
第三节 生理性止血	(39)
第四节 血型和输血原则	(43)
第四章 血液循环	(46)
第一节 心脏的生物电活动	(46)
第二节 心脏的泵血功能	(54)
第三节 血管生理	(64)
第四节 心血管活动的调节	(72)
第五节 器官循环	(83)
第五章 呼吸	(87)
第一节 肺通气	(88)
第二节 肺换气和组织换气	(94)
第三节 气体在血液中的运输	(96)
第四节 呼吸运动的调节	(100)
第六章 消化与吸收	(105)
第一节 概述	(105)
第二节 口腔内消化	(108)

第三节	胃内消化·····	(109)
第四节	小肠内消化·····	(115)
第五节	大肠内消化·····	(120)
第六节	吸收·····	(122)
第七章	能量代谢与体温·····	(126)
第一节	能量代谢·····	(126)
第二节	体温及其调节·····	(130)
第八章	尿的生成和排出·····	(135)
第一节	肾的功能解剖和肾血流量·····	(135)
第二节	肾小球的滤过功能·····	(138)
第三节	肾小管与集合管的转运功能·····	(140)
第四节	尿液的浓缩和稀释·····	(147)
第五节	肾小管和集合管功能的调节·····	(150)
第六节	血浆清除率·····	(154)
第七节	尿的排放·····	(156)
第九章	感觉器官的功能·····	(158)
第一节	感受器的一般生理·····	(158)
第二节	视觉器官·····	(160)
第三节	听觉器官·····	(166)
第四节	前庭器官的平衡感觉功能·····	(170)
第十章	神经系统的功能·····	(174)
第一节	神经元与神经胶质细胞的一般功能·····	(174)
第二节	神经元的信息传递·····	(176)
第三节	神经系统的感觉分析功能·····	(186)
第四节	神经系统对姿势和运动的调节·····	(191)
第五节	神经系统对内脏活动、本能行为和情绪的调节·····	(201)
第六节	觉醒、睡眠与脑电活动·····	(203)
第七节	脑的高级功能·····	(206)
第十一章	内分泌·····	(210)
第一节	概述·····	(210)
第二节	下丘脑和垂体的内分泌·····	(211)
第三节	甲状腺的内分泌·····	(215)
第四节	甲状旁腺激素、降钙素和维生素 D ₃ ·····	(218)
第五节	肾上腺的内分泌·····	(220)
第六节	胰岛的内分泌·····	(223)
第十二章	生殖·····	(227)
第一节	睾丸的功能与调节·····	(227)
第二节	卵巢的功能与调节·····	(228)
第三节	妊娠与分娩·····	(232)

第一章 绪 论

第一节 生理学的研究对象和任务

一、生理学的研究对象和任务

生理学 (physiology) 是以生物机体的生命活动现象和机体各个组成部分的功能为研究对象的一门科学, 也就是研究生物体功能活动规律的科学。

生理学的研究对象是生物体的功能。生理学的任务就是研究这些生理功能的正常活动过程, 以及机体内外环境发生变化时机体是如何通过调节维持正常生命活动过程的。

二、生理学研究的三个水平

(一) 细胞和分子水平的研究

细胞和分子水平研究的对象是细胞和它所含的物质分子。通过研究细胞各亚微结构的功能以及细胞内生物分子的各种理化变化, 阐明各组织、器官功能活动的原理, 进而阐明生命活动的基本规律及其实质, 其内容属于细胞生理学或普通生理学。

(二) 器官和系统水平的研究

器官和系统水平的研究是研究器官、系统在机体中所起的作用、其功能活动的机制及影响因素。

(三) 整体水平的研究

整体水平的研究是研究人体在劳动、运动或处于特殊环境(高原、高空、失重、潜水等)下, 各功能系统间的相互关系、人与环境的关系等。

第二节 机体的内环境

一、体 液

体液 (body fluid)	{	细胞内液 (占体重的 40%)	{	血浆 (占体重的 5%)
(占体重的 60%)		细胞外液 (占体重的 20%)		组织液 (占体重的 15%)

二、机体的内环境与稳态

(一) 机体的内环境

机体的内环境(internal environment)指细胞生活的液体环境,即细胞外液。

(二) 稳态

1. 概念 内环境稳态主要指内环境的化学成分及理化性质保持相对稳定的状态。现也将机体所有保持相对稳定的生理过程称为稳态(homeostasis)。

稳态有两层含义:①物质在不停地转换中达到平衡;②稳定只能是在一定范围内的波动。

2. 稳态的维持及其生理意义 稳态的维持是通过调节来实现的。机体的生理过程绝大多数必须保持稳态,一旦稳态不能维持,生命活动就不能正常进行。

第三节 机体功能活动的调节

一、神经调节

(一) 概念

通过反射实现对效应器功能的调节称为神经调节(nervous regulation)。神经调节是体内最重要的调节机制。

(二) 基本方式

神经调节的基本方式是反射(reflex)。反射是指在中枢神经系统的参与下,机体对内、外环境的变化产生的适应性反应。

(三) 结构基础

反射的结构基础称为反射弧(reflex arc)。反射弧指完成反射所必需的结构。通常由感受器、传入神经、中枢、传出神经和效应器五个环节组成。反射弧任何一个环节受损,反射就不能实现。

(四) 反射类型

1. 非条件反射 出生后无需训练就具有的比较固定的反射。非条件反射是机体适应环境的基本手段,是遗传的,有固定的反射弧。

2. 条件反射 出生后通过训练而形成的建立在非条件反射基础上的反射。条件反射能增强机体活动的预见性、灵活性、精确性,使机体能更好地适应环境的变化。

二、体液调节

(一) 概念

激素等化学物质通过体液途径(血液、组织液)实现对靶细胞功能的调节称为体液调节。

(二) 主要类型

1. 全身性体液调节 人体内分泌细胞分泌的各种激素经血液运送到全身各处,调节靶细胞的功能,这种调节称为全身性体液调节。

2. 旁分泌调节 激素等化学物质经组织液扩散,改变邻近细胞的活动,这种调节称为旁分泌(paracrine)调节,又称为局部性体液调节。

3. 神经分泌 神经元合成的激素经轴突末梢释放入血液,调节靶细胞的功能,这种调节称为神经分泌(neurosecretion)。

4. 神经-体液调节 中枢神经系统通过直接或间接地调节某些内分泌腺的活动来调控激素的分泌,这种调节方式称神经-体液调节(neurohumoral regulation)。

三、自身调节

(一) 概念

内外环境变化时,组织、细胞不依赖于神经或体液调节而产生的适应性反应称为自身调节(autoregulation)。

(二) 特点

自身调节一般局限于一个细胞或一小部分组织之内,产生的效应常常是准确、稳定的,但调节幅度较小,不是十分灵敏。

第四节 体内的控制系统

一、非自动控制系统

非自动控制系统模式图(图 1-1)中的控制部分是指调节人体功能的调节部分(如反射中枢、内分泌细胞等),受控部分为效应器、靶器官或靶细胞,输出变量是指受控部分的状态或产生的效应。

非自动控制系统是一个开环系统,即受控部分不能反馈改变控制部分的活动,这种系统在体内较少见。

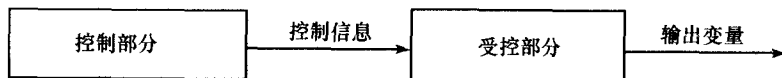


图 1-1 非自动控制系统模式图

二、反馈控制系统

(一) 特点

反馈控制系统(自动控制系统)模式图(图 1-2)中的参考信息即输入信息,反馈信息是指来自受控部分的反映输出变量变化情况的信息,参考信息与反馈信息比较后即得出偏差信息。

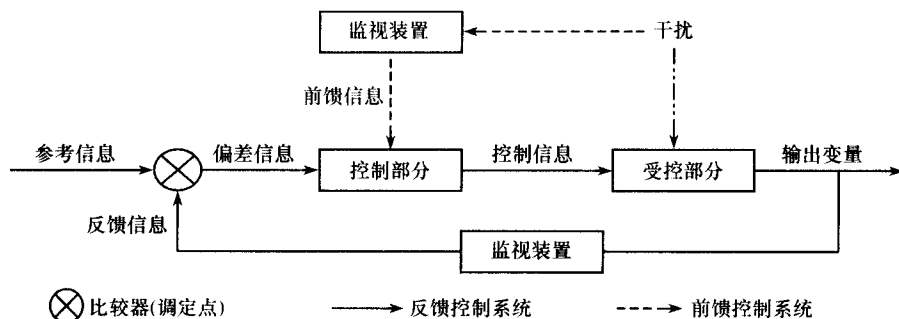


图 1-2 反馈控制系统和前馈控制系统模式图

反馈控制系统是一个闭环系统,即在控制部分与受控部分之间存在双向的信息联系。反馈控制就是根据输出变量产生的偏差来指导控制系统的活动,一般需要较长的时间。

(二) 类型

1. 负反馈控制系统

(1) 概念:在自动控制系统中,反馈调节使受控部分的活动向和它原先活动相反的方向改变,称为负反馈控制系统(negative feedback control system)。

负反馈是利用误差来消除误差,即只有当误差发生之后才能采取措施,因此,其缺点是具有波动性和滞后性。体内许多负反馈机制中设置了“调定点”,负反馈机制对受控部分活动的调节就以此调定点(set point)为参照水平。生理学中将调定点发生变动的过程称为重调定(resetting)。

(2) 意义:在负反馈情况下,反馈控制系统处于稳定状态。在生理状态下,体内的控制系统绝大多数是负反馈控制系统,它是维持机体稳态的重要途径,使机体的某种生理功能在一定水平上保持相对稳定,但有滞后和波动的缺点。

2. 正反馈控制系统

(1) 概念:在自动控制系统中,反馈调节使受控部分的活动向和它原先活动相同的方向改变,称为正反馈控制系统(positive feedback control system)。

(2) 意义:在正反馈情况下,反馈控制系统处于再生状态,从而使某项生理功能在短时间内迅速完成。常见的正反馈有分娩、排尿反射、血液凝固、神经纤维动作电位去极相的产生和雌激素的中枢性正反馈作用等。

三、前馈控制系统

干扰信号一方面作用于受控系统,引起输出变量发生改变;另一方面还可以通过监视装置发出的前馈信息直接作用于控制系统,在输出变量未出现偏差而引起反馈信息之前,即可对可能出现的偏差发出纠正信号。干扰信号对控制部分的这种直接作用称为前馈,相应的系统称为前馈控制系统(feed-forward control system)(图 1-2)。条件反射活动也是一种前馈控制系统活动。

前馈控制系统的特点:①预先监视干扰,及时做出适应性反应;②调控速度快,受控部分的波动幅度较小;③有可能失误。

第二章 细胞的基本功能

第一节 细胞膜的结构和物质转运功能

一、细胞膜的结构概述

流体镶嵌模型的基本内容:膜是以液态的脂质双分子层为基架,其中镶嵌着具有不同分子结构、不同生理功能的蛋白质,后者主要以 α -螺旋或球形蛋白质的形式存在。

(一) 脂质双分子层

1. 成分



2. 特点

(1) 膜中的脂质以双分子层形式存在:磷脂 (phospholipid) 和胆固醇 (cholesterol) 都是双嗜性分子,其亲水性基团朝向膜的内、外表面,疏水性基团则形成膜内部的疏水区。

(2) 具有流动性。

(二) 细胞膜蛋白质

1. 根据在膜上的存在形式分类

(1) 表面蛋白:表面蛋白 (peripheral protein) 占膜蛋白的 20% ~ 30%, 它们以静电引力或形成离子键等方式附于膜的表面。

(2) 整合蛋白:整合蛋白 (integral protein) 占膜蛋白的 70% ~ 80%, 载体、通道、离子泵和转运体等多属于整合蛋白。

2. 主要功能

(1) 物质转运功能:如载体蛋白、通道蛋白、泵蛋白和转运体。

- (2) 辨认、接受和传递信息:如受体蛋白。
- (3) 使细胞膜与另一细胞的膜附着,或使其与细胞内、外的结构附着。
- (4) 催化细胞外或细胞内的化学反应:如酶。
- (5) 其他:尚存在大量目前还不知道其确切功能的蛋白质。

3. 存在形式

- (1) α -螺旋:肽链中由 20 ~ 30 个疏水性氨基酸所含基团之间的相互吸引形成的 α -螺旋。
- (2) 球形:蛋白质的肽链在膜的脂质结构中多次反复折叠,形成类似球形的三级结构。

(三) 细胞膜糖类

细胞膜糖类主要是一些寡糖和多糖链以共价键形式和膜内脂质或蛋白质结合,形成糖脂或糖蛋白。

二、物质的跨膜转运

(一) 被动转运

被动转运 (passive transport) 是指物质依靠电化学驱动力或渗透压梯度进行跨膜转运的过程,细胞本身不需消耗生物能。

1. 单纯扩散

- (1) 概念:没有生物学转运机制参与的、简单的物理扩散称为单纯扩散 (simple diffusion)。

- (2) 特点:

1) 膜本身不需消耗能量:因物质转运是顺电化学梯度或依靠渗透压梯度进行的,物质移动所需的能量来自高浓度溶液本身所包含的势能。

2) 主要转运脂溶性高而分子质量小的物质(如 O_2 、 CO_2 、 N_2 、乙醇、尿素等)和一部分水(图 2-1)。

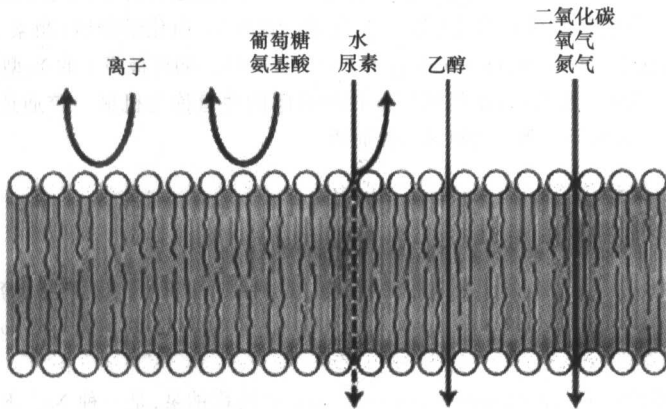


图 2-1 细胞膜的脂质双分子层对各种物质的通透性

2. 易化扩散

- (1) 经载体易化扩散:

1) 概念:小分子物质依靠膜上的载体 (carrier) 蛋白,顺浓度梯度的跨膜转运称为经载体易

化扩散(facilitated diffusion via carrier)。如葡萄糖经葡萄糖转运体(glucose transporter, GLUT)的介导进入细胞内的过程就属于经载体易化扩散。

2) 转运机制:尚不完全清楚。有人认为载体的位点在高浓度一侧与小分子物质进行可逆性结合后,蛋白质发生构型的改变,亚单位扭曲,将物质转运至低浓度一侧,转运速率为 $10^3 \sim 10^5$ 个分子/秒。

3) 特点:① 结构特异性:载体蛋白上有特定的位点与特定的物质结合。② 饱和现象:经载体易化扩散的扩散通量与膜两侧某物质的浓度梯度成正变,当浓度梯度增加到一定值时,扩散通量可达到最大值,以后再增加该物质的浓度梯度,也不能使扩散通量增加。这是由于膜内载体的数目有限,因而与待运物质结合的位点数目也是相对固定的,当结合位点全部与待运物质结合后,再增加待运物质,扩散通量就不再增加。③ 竞争性抑制:如某一载体蛋白能转运 A、B 两种结构类似的物质,当膜两侧 A 物质的浓度梯度增加时,由于部分结合位点被 A 竞争性地占据,使转运 B 物质的位点减少,导致载体对 A 物质的转运加强,却减弱了对 B 物质的转运。

(2) 经通道易化扩散:

1) 概念:离子或水依靠膜上的通道蛋白的介导,顺电化学梯度或依靠渗透压差的跨膜转运称为经通道易化扩散(facilitated diffusion via ion channel)。

2) 转运机制:离子通道是一类贯穿脂质双分子层的、中央带有亲水性孔道的膜蛋白。孔道开放时,离子可经孔道跨膜流动而无需与脂质双分子层相接触,从而使通透性很低的带电离子以极快的速度($10^6 \sim 10^8$ 个离子/秒)跨越质膜。水通道见尿的生成与排出一章。

3) 特点:① 离子选择性:通道的离子选择性(ionic selectivity)不如载体蛋白严格。每种通道可对一种或几种离子有较高的通透性,其他离子则不能或不易通过。如 N_2 型乙酰胆碱受体阳离子通道(N_2 -ACh receptor cation channel)对 K^+ 、 Na^+ 有高度通透性,但 Cl^- 不能通透。② 通道有静息(resting)、激活(activation)、失活(inactivation)等不同的机能状态,即通道蛋白质结构中可能存在类似闸门(gate)一类基团,由它决定通道的功能状态。

4) 通道的类型:① 电压门控通道:由膜电位控制开闭的通道称为电压门控通道(voltage gated ion channel)。如神经纤维上的钠通道。② 化学门控通道:由化学物质(激素、递质等)控制开闭的通道称为化学门控通道(chemically gated ion channel)。如终板膜上的 N_2 型乙酰胆碱受体阳离子通道。③ 机械门控通道:由机械因素控制开闭的通道称为机械门控通道(mechanically gated ion channel),如听毛细胞上的机械门控通道。

(二) 主动转运

1. 原发性主动转运

(1) 概念:细胞直接利用代谢产生的能量将某物质逆浓度梯度或电位梯度进行跨膜转运的过程称为原发性主动转运(primary active transport)。介导这一过程的膜蛋白称为离子泵(ion pump)。

(2) 钠-钾泵:

1) 钠泵的特性:钠-钾泵(sodium-potassium pump)简称钠泵,是一种 Na^+ 、 K^+ 依赖式 ATP 酶的蛋白质。其特性是:① 是镶嵌在膜的脂质双分子层中的一种特殊蛋白质;② 具有 ATP 酶的活性;③ 活性需依赖 Na^+ 、 K^+ 的存在。

2) 钠泵的活动过程:各种活细胞的细胞内液和细胞外液中 Na^+ 和 K^+ 的浓度有很大的不同。以神经和肌细胞为例,正常时膜内 K^+ 浓度约为膜外的 30 倍,膜外的 Na^+ 浓度约为膜内的 10 倍。

当细胞内 Na^+ 浓度 $\uparrow$ 或细胞外 K^+ 浓度 $\uparrow$ → 膜两侧 Na^+ 、 K^+ 的浓度差 $\downarrow$ → 钠泵活动 $\uparrow$ → 泵出 Na^+ 、泵入 K^+ → 维持膜两侧 Na^+ 、 K^+ 的浓度差(图 2-2)。

低温、缺氧或应用毒毛花苷→钠泵活动↓→
细胞内外 Na^+ 、 K^+ 的浓度差↓。

3) 生理意义:维持膜两侧 Na^+ 、 K^+ 的不均衡分布。

a. 造成细胞内高钾:是许多代谢反应进行的必需条件。

b. 维持胞质渗透压和细胞容积的相对稳定:由于膜对 Cl^- 的通透性很高,造成 Na^+ 和 Cl^- 不断向细胞内漏入,而由于胞质内负离子的静电引力使 K^+ 向外漏出的量相对较少,如无钠泵活动,势必会造成胞质的渗透压升高,使细胞发生肿胀。

c. 增加膜内电位的负值,影响静息电位的数值:在一般生理情况下,每分解一个 ATP 分子,可以使 3 个 Na^+ 移到膜外,同时有 2 个 K^+ 移入膜内;即钠泵活动可导致细胞内正离子的减少,因此钠泵为生电性泵(图 2-2)。

d. 是产生物电活动的前提条件:钠泵活动造成的膜内外 Na^+ 、 K^+ 的浓度差是一种势能贮备,可作为 Na^+ 、 K^+ 易化扩散的动力。它是神经、肌肉等组织具有兴奋性的基础,是产生物电活动的前提条件。

e. 维持细胞内 pH 的稳定:细胞代谢产生的 H^+ 需通过 H^+ - Na^+ 交换排至膜外,此交换的动力是膜内外 Na^+ 的浓度差。如抑制钠泵活动,会造成细胞内 pH 降低。

f. 维持细胞内 Ca^{2+} 浓度的稳定: Na^+ - Ca^{2+} 交换的动力是膜内外 Na^+ 的浓度差。如抑制钠泵活动,会造成细胞内 Ca^{2+} 浓度升高。

g. 钠泵维持的膜内外 Na^+ 浓度差可作为继发性主动转运系统的能源(见后)。

2. 继发性主动转运

(1) 概念:某一物质的逆浓度梯度或电位梯度的跨膜转运要顺着钠泵维持的 Na^+ 浓度差而实现,这种间接利用 ATP 的主动转运过程称为继发性主动转运(secondary active transport),或称为联合转运(cotransport)。

(2) 类型:

1) 同向转运:被转运的物质分子与 Na^+ 扩散方向相同的继发性主动转运称为同向转运(symport),如 Na^+ - 葡萄糖同向转运体对葡萄糖的转运(图 2-3)。

在完整的在体肾小管和肠黏膜上皮细胞,由于在细胞的基底侧膜(即靠近毛细血管和相邻上皮细胞侧的膜)上有钠泵存在,因而造成细胞内 Na^+ 浓度低于小管液或肠腔液中 Na^+ 浓度,当转运体(transporter)与 Na^+ 、葡萄糖三者组成复合体后,就能顺着 Na^+ 浓度差将葡萄糖从低浓度一侧移向高浓度一侧;进入上皮细胞的葡萄糖分子经基底侧膜上的载体转运扩散至组织液。甲状腺细胞特有的聚碘作用,也属于继发性主动转运。

2) 反向转运:被转运的物质分子与 Na^+ 扩散方向相反的继发性主动转运称为反向转运(antiport)。

如各种细胞普遍存在的 Na^+ - Ca^{2+} 交换体完成的 Na^+ - Ca^{2+} 交换。 Na^+ - Ca^{2+} 交换体可顺 Na^+ 浓度差将细胞内的 Ca^{2+} 排出细胞,以 3 个 Na^+ 进入胞内和 1 个 Ca^{2+} 排至胞外的化学量进行活动,以维持胞质内较低的游离 Ca^{2+} 浓度(见“血液循环”一章)。

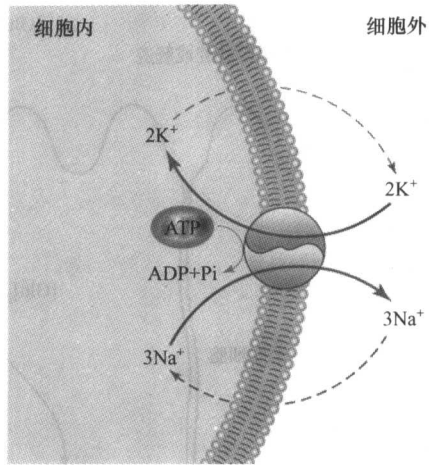


图 2-2 钠泵活动示意图

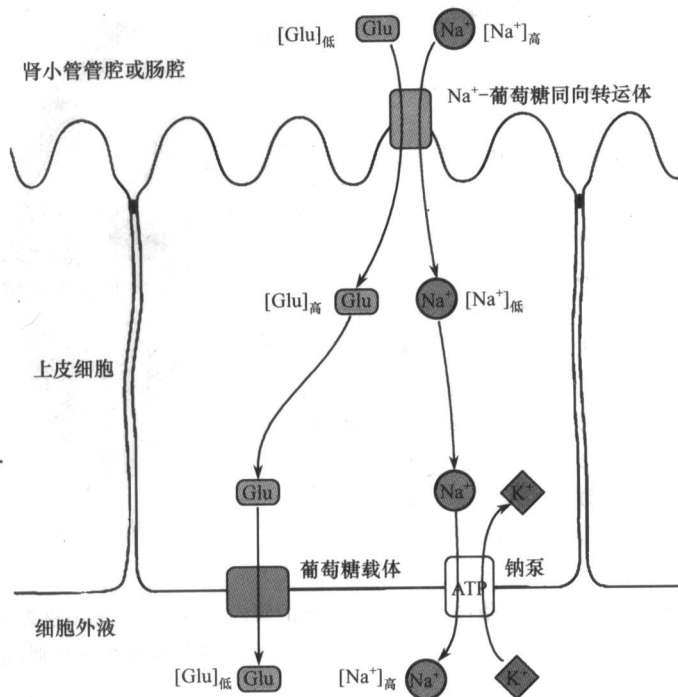


图 2-3 Na^+ -葡萄糖同向转运示意图
Glu: 葡萄糖

(三) 出胞和入胞

1. 出胞

(1) 概念: 胞质内的大分子物质以分泌囊泡的形式排出细胞的过程称为出胞 (exocytosis), 如一些激素、递质、酶的分泌。

(2) 出胞过程: 粗面内质网生物合成分泌物 → 高尔基复合体修饰成分泌囊泡 → 移向特定部位的质膜内侧 → 囊泡膜和质膜在某点接触并相互融合 → 融合处出现裂口 → 囊泡内容物排出。

(3) 出胞形式:

1) 囊泡所含的大分子物质不间断地排出细胞: 如小肠黏膜杯状细胞持续分泌黏液的过程。

2) 膜外的特殊化学信号或膜两侧电位改变 → 局部膜中的 Ca^{2+} 通道的开放 → Ca^{2+} 内流 ↑、 Ca^{2+} 贮存库释放 Ca^{2+} ↑ → 触发囊泡向质膜内侧移动 → 出胞。

2. 入胞

(1) 概念: 细胞外某些大分子物质或团块借助于与细胞膜形成吞噬泡或吞饮泡的方式进入细胞的过程称为入胞 (endocytosis)。

(2) 类型:

1) 吞噬: 物质颗粒或团块进入细胞内的过程称为吞噬 (phagocytosis)。如单核细胞、巨噬细胞和中性粒细胞的吞噬。

2) 吞饮: 液体物质进入细胞内的过程称为吞饮 (pinocytosis)。① 液相入胞: 细胞外液及其

所含的溶质连续不断地进入胞内的过程称为液相入胞(fluid-phase endocytosis)。

② 受体介导式入胞:指通过被转运物与膜受体的特异性结合,选择性地促进其进入细胞的过程。其转运过程为:膜受体“辨认”胞外物质并与之结合→膜向胞浆侧凹入→与细胞膜断开形成吞饮泡→与胞浆中胞内体(endosome)融合→受体同与它结合的物质分离→物质被转运到能利用它们的细胞器,受体与一部分膜结构形成较小的循环小泡,移回到细胞膜并与之融合,再成为细胞的组成部分。

第二节 细胞的跨膜信号转导

由于神经递质、激素和各种细胞因子等信号分子多为大分子或亲水性物质,难以通过细胞膜进入胞内,只能作用于膜表面受体,引起膜结构中一种或数种特殊蛋白质分子的变构,将信息传递到细胞内,引发靶细胞产生相应功能的改变,此过程称为跨膜信号转导(transmembrane signal transduction)。细胞外的光、电和机械信号也可以通过此途径引起生物效应。

一、G 蛋白耦联受体介导的信号转导

(一) 参与 G 蛋白耦联受体介导的跨膜信号转导的信号分子

1. G 蛋白耦联受体 G 蛋白耦联受体(G protein-linked receptor)也称促代谢型受体(metabotropic receptor)。每种受体的肽链均反复贯穿膜七次,形成一个球形蛋白质分子。其胞外侧和跨膜螺旋内部有配体结合的部位,膜内胞质侧有结合 G 蛋白的部位。

2. G 蛋白鸟苷酸结合蛋白,guanine nucleotide-binding protein 通常由 α 、 β 和 γ 三个亚单位组成; α 亚单位具 GTP 酶活性,通常起催化亚单位的作用。

当失活型 G 蛋白(结合了一分子的 GDP)与激活了的受体蛋白在膜中相遇时→ α 亚单位与 GDP 分离而又与一分子的 GTP 结合→形成激活型 G 蛋白→ α 亚单位同其他两个亚单位分离→激活或抑制膜的效应器酶→引起胞浆中第二信使物质的生成增加或减少→ α 亚单位将与之结合的 GTP 水解为 GDP→相继与 GDP、 β 、 γ 亚单位结合→形成失活型 G 蛋白→终止信号转导(图 2-4)。

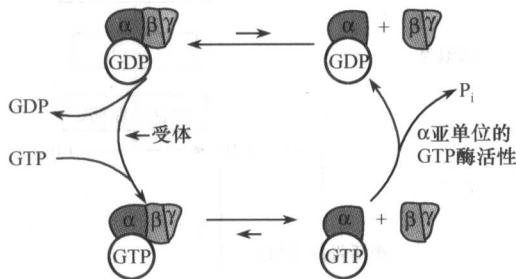


图 2-4 G 蛋白的激活与失活

3. G 蛋白效应器 G 蛋白效应器(G protein effector)有

(1) 催化生成第二信使的酶:主要有腺苷酸环化酶(adenylyl cyclase, AC)、磷脂酶 C(phospholipase C, PLC)、磷脂酶 A_2 (phospholipase A_2 , PLA_2)、鸟苷酸环化酶(guanylyl cyclase, GC)和