



轻松学习系列丛书

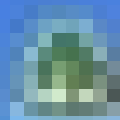
轻松学习 生理学

宋德懋 主编

- 轻松课堂 名师名校精编笔记
- 轻松链接 重点内容强化记忆
- 轻松应试 考试考研轻松应对



北京大学医学出版社



第 1 版 2009 年 12 月

细胞生物学 生理学

主编：王 明

主审：王 明
副主编：王 明
编 者：王 明

人民卫生出版社

轻松学习系列丛书

轻松学习生理学

主 编	宋德懋		
编 委	冯 娟	李肖霞	宋德懋
	郭 玲	侯英健	蒲 丹
	滕 旭		

北京大学医学出版社

图书在版编目(CIP)数据

轻松学习生理学/宋德懋主编. —北京:北京大学医学出版社,2009.9

(轻松学习系列丛书)

ISBN 978-7-81116-838-9

I. 轻… II. 宋… 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(2009)第 119643 号

轻松学习生理学

主 编: 宋德懋

出版发行: 北京大学医学出版社(电话: 010-82802230)

地 址: (100191)北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内

网 址: <http://www.pumpress.com.cn>

E - mail: booksale@bjmu.edu.cn

印 刷: 北京东方圣雅印刷有限公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 冯智勇 责任校对: 金彤文 责任印制: 张京生

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 12.75 字数: 356 千字

版 次: 2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷 印数: 1—5000 册

书 号: ISBN 978-7-81116-838-9

定 价: 22.50 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)

出版说明

如何把枯燥的医学知识变得轻松易学？

如何把厚厚的课本变得条理清晰、轻松易记？

如何抓住重点，轻松应试？

“轻松学习系列丛书”与卫生部第七版规划教材和教育部“十一五”规划教材配套，采用轻松课堂、轻松链接、轻松记忆、轻松应试等形式，把枯燥的医学知识以轻松学习的方式表现出来。

“轻松课堂”以教师的教案和多媒体课件为依据，把教材重点归纳总结为笔记形式，并配以生动的图片。节省了上课做笔记的时间，学生可以更加专心地听讲。

“轻松记忆”是教师根据多年授课经验归纳的记忆口诀，可以帮助学生记忆知识的重点、难点。

“轻松应试”包括选择题、名词解释和问答题等考试题型，可以让学生自我检测对教材内容的掌握程度。题目中注明了年代和题号的，为研究生“西医综合”科目的考试真题。有志报考研究生的同学可以提前领会其难易程度。

本套丛书编写者均为北京大学医学部及其他医学院校的资深骨干教师，他们有着丰富的教学经验。书的内容简明扼要、框架清晰，可以帮助医学生轻松掌握医学的精髓和重点内容，并在考试中取得好成绩。

目 录

第一章 绪论..... (1)	轻松应试 (64)
轻松课堂..... (1)	第六章 消化和吸收 (71)
第一节 生理学的任务和研究	轻松课堂 (71)
方法..... (1)	第一节 概述 (71)
第二节 机体的内环境和稳态..... (1)	第二节 口腔内消化 (72)
第三节 机体生理功能的调节..... (2)	第三节 胃内消化 (73)
轻松应试..... (3)	第四节 小肠内消化 (76)
第二章 细胞的基本功能..... (7)	第五节 大肠的功能 (79)
轻松课堂..... (7)	第六节 吸收 (79)
第一节 细胞膜的结构和物质转运	轻松应试 (80)
功能..... (7)	第七章 能量代谢与体温 (93)
第二节 细胞的信号转导..... (9)	轻松课堂 (93)
第三节 细胞的电活动 (11)	第一节 能量代谢 (93)
第四节 肌细胞的收缩 (14)	第二节 体温及其调节 (96)
轻松应试 (17)	轻松应试 (98)
第三章 血液 (23)	第八章 尿的生成和排出..... (103)
轻松课堂 (23)	轻松课堂..... (103)
第一节 血液的组成和理化特性 ... (23)	第一节 肾的功能解剖和肾血
第二节 血细胞生理 (24)	流量..... (103)
第三节 生理止血 (27)	第二节 肾小球的滤过功能..... (106)
第四节 血型和输血原则 (30)	第三节 肾小管和集合管的物质转运
轻松应试 (32)	功能..... (108)
第四章 血液循环 (36)	第四节 尿的浓缩与稀释..... (111)
轻松课堂 (36)	第五节 尿生成的调节..... (112)
第一节 心脏的泵血功能 (36)	第六节 清除率..... (114)
第二节 心脏的生物电活动和生理	第七节 尿的排放..... (115)
特性 (39)	轻松应试..... (116)
第三节 血管生理 (42)	第九章 感觉器官的功能..... (121)
第四节 心血管活动的调节 (44)	轻松课堂..... (121)
第五节 器官循环 (47)	第一节 感受器及其一般生理
轻松应试 (47)	特性..... (121)
第五章 呼吸 (56)	第二节 躯体感觉..... (122)
轻松课堂 (56)	第三节 眼的视觉功能..... (124)
第一节 肺通气 (56)	第四节 耳的听觉功能..... (128)
第二节 肺换气和组织换气 (59)	第五节 前庭器官的功能..... (130)
第三节 气体在血液中的运输 (61)	第六节 嗅觉和味觉..... (131)
第四节 呼吸运动的调节 (62)	轻松应试..... (131)

第十章 神经系统的功能	(137)	分泌.....	(161)
轻松课堂	(137)	第三节 甲状腺内分泌	(162)
第一节 神经系统功能活动的基本原理	(137)	第四节 甲状旁腺、甲状腺 C 细胞内分泌与维生素 D₃	(165)
第二节 神经系统的感觉分析功能	(145)	第五节 胰岛内分泌	(166)
第三节 神经系统对姿势和运动的调节	(146)	第六节 肾上腺内分泌	(168)
第四节 神经系统对内脏活动、本能行为和情绪的调节	(148)	第七节 组织激素和功能器官内分泌	(170)
第五节 脑电活动及觉醒和睡眠	(150)	轻松应试	(171)
第六节 脑的高级功能	(150)	第十二章 生殖	(181)
轻松应试	(152)	轻松课堂	(181)
第十一章 内分泌	(159)	第一节 男性生殖功能和调节	(181)
轻松课堂	(159)	第二节 女性生殖功能和调节	(182)
第一节 内分泌与激素	(159)	第三节 妊娠和分娩	(184)
第二节 下丘脑-垂体和松果体内分泌	(161)	第四节 性生理学	(184)
		轻松应试	(185)
		模拟试题 (一)	(189)
		模拟试题 (二)	(193)



第一章 绪 论

轻松课堂

第一节 生理学的任务和研究方法

一、生理学及其任务

生理学：是研究生物体及其各组成部分正常功能活动规律的一门科学。

生物体：简称机体，是自然界中有生命的物体的总称，包括一切动物、植物和微生物。

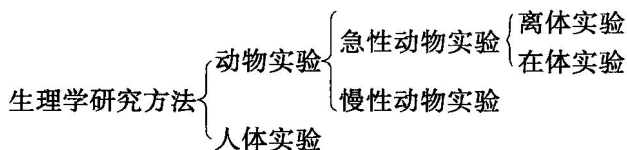
二、生理学和医学的关系

在现代医学课程体系中，人体生理学是一门重要的基础医学理论课程。它以人体解剖学、组织学为基础，同时又是药理学、病理学等后续课程和临床各课程的基础，起着承前启后的作用。

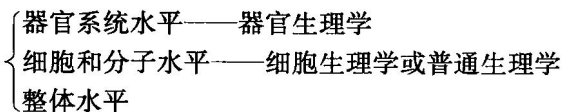
三、生理学的研究方法

生理学是一门实验性科学，它的所有知识都来自临床实践和实验研究。

生理学实验是在人工创造的一定条件下，对生命现象进行客观观察和分析，以获取生理学知识的一种研究手段。



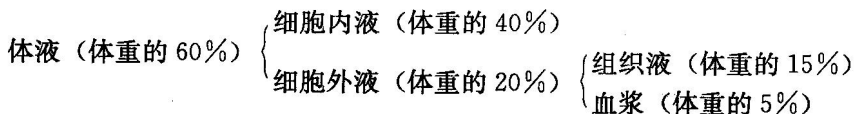
四、生理学研究的不同水平



第二节 机体的内环境和稳态

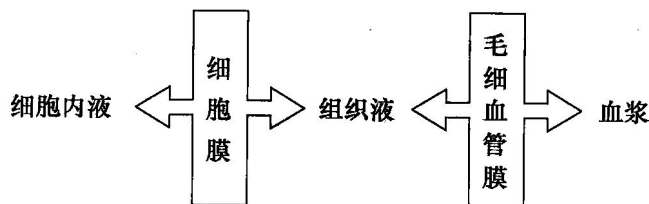
一、机体的内环境

(一) 体液及其组成



(二) 体液的分隔及相互沟通

人体各部分体液彼此隔开，但各部分体液又相互沟通，如图：



(三) 内环境的概念及其提出

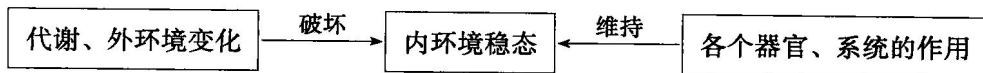
内环境：围绕在多细胞动物体内细胞周围的体液，即细胞外液。
 外环境：人和动物所处的外界环境。

二、内环境的稳态

(一) 稳态的概念及其提出

稳态：也称自稳态，指内环境的理化性质，如温度、pH、渗透压和各种液体成分等的相对恒定状态。

(二) 稳态的维持和生理意义



稳态的维持是机体正常生命活动的必要条件。

(三) 稳态概念的扩展

泛指体内从细胞和分子水平、器官和系统水平到整体水平的各种生理功能活动在神经和体液等因素调节下保持相对恒定状态。

第三节 机体生理功能的调节

一、生理功能的调节方式

(一) 神经调节

神经调节 { 定义：通过反射而影响生理功能的一种调节方式，是生理功能调节中的最主要方式。
 反射：机体在中枢神经系统的参与下，对内、外环境刺激所作出的规律性应答。
 反射弧：反射的结构基础，包括：感受器、传入神经、中枢、传出神经和效应器五个部分。

(二) 体液调节

体液调节：体内某些特殊的化学物质通过体液途径而影响生理功能的一种调节方式。

- 分泌 { 远距分泌：一些激素可循血液途径作用于全身各处的靶细胞，产生调节作用。例如：甲状腺激素。
- 旁分泌：某些细胞产生的生物活性物质在组织液中扩散，作用于邻近细胞。例如：生长抑素在胰岛内抑制 A 细胞分泌胰高血糖素。
- 神经分泌：一些神经元也能合成某些化学物质入血，影响靶细胞的功能。例如：下丘脑视上核和室旁核合成血管升压素，这类激素也被称为神经激素。

(三) 自身调节

自身调节：组织细胞不依赖于神经或体液因素，自身对环境刺激发生的一种适应性反应。例如：肾动脉灌注压在 80~180mmHg 范围内变化时，肾血流量基本保持恒定。

二、体内的控制系统

(一) 非自动控制系统

在人体生理功能调节中较为少见。

(二) 反馈控制系统

- 反馈 { 定义：控制部分发出指令控制受控部分的活动，而控制部分自身的活动又接受来自受控部分返回的信息影响，后者即为反馈。
- 分类 { 负反馈 { 定义：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它原先活动相反的方向改变：例如，动脉血压的压力感受性反射。
- 调定点：负反馈过程中，自动控制系统所设定的一个工作点，使受控部分的活动只能在这个设定点附近的一个狭小范围内变动，如正常的血压调定点为 100mmHg 左右。
- 重调定：调定点并非永恒不变，而是在一定的情况下可以发生变动。例如：高血压患者的血压调定点。
- 正反馈：受控部分发出的反馈信息促使与加强控制部分的活动，最终使受控部分的活动朝着与它原先活动的相同的方向改变，例如：排尿反射。

(三) 前馈控制系统

前馈：控制部分在反馈信息尚未到达前已经受到纠正信息（前馈信息）的影响，及时纠正其指令可能出现的偏差的调节方式。例如，人根据气温降低的有关信息，通过视、听等感觉器官传递到脑，使其发出指令，增加产热、减少散热；不需等到寒冷导致体温降低后，而是在体温降低前就已经发生。条件反射也属于前馈。

前馈反射具有快速、有预见性的特点，因此适应性更强。

轻松应试

一、名词解释

1. 生理学

2. 稳态

3. 组织液
4. 体液调节

5. 前馈
6. 负反馈

二、选择题

【A型题】

1. 机体的内环境是指 (1/2005)
 - A. 体液
 - B. 细胞内液
 - C. 细胞外液
 - D. 血浆
 - E. 组织间液
2. 维持内环境稳态的重要调节方式是 (1/2004)
 - A. 负反馈调节
 - B. 自身调节
 - C. 正反馈调节
 - D. 体液性调节
 - E. 前馈调节
3. 反馈信息是指 (24/1994)
 - A. 控制部分发出的信息
 - B. 受控变量的改变情况
 - C. 外界干扰的强度
 - D. 调定点的改变
 - E. 中枢的紧张性
4. 机体处于寒冷环境时, 甲状腺激素分泌增多属于 (1/2006)
 - A. 神经调节
 - B. 自身调节
 - C. 局部调节
 - D. 体液调节
 - E. 神经-体液调节
5. 下述情况中, 属于自身调节的是 (65/1992, 1/1999)
 - A. 人在过度通气后呼吸暂停
 - B. 动脉血压维持相对恒定
 - C. 体温维持相对恒定
 - D. 血糖水平维持相对恒定
 - E. 平均动脉压在一定范围内升降时, 肾血流量维持相对恒定
6. 破坏反射弧中的任何一个环节, 下列哪一种调节将不能进行 (1/2002)
 - A. 神经调节
 - B. 体液调节
 - C. 自身调节
 - D. 旁分泌调节
 - E. 自分泌调节
7. 属于负反馈调节的过程见于 (1/2003)
 - A. 排尿反射
 - B. 减压反射
 - C. 分娩过程
 - D. 血液凝固
 - E. 排便反射

【B型题】

(1~3 题共用备选答案)

- A. 神经调节
 - B. 体液调节
 - C. 神经-体液调节
 - D. 自身调节
 - E. 反馈
1. 食物进入口腔后, 引起唾液和胃液分泌增多属于
 2. 甲状旁腺激素分泌增多使血浆钙离子浓度升高, 属于

3. 平均动脉压在一定范围内升降时, 肾血管相应地收缩或舒张以保持肾血流量相对恒定, 属于

(4~7 题共用备选答案)

- A. 感受器
 - B. 传入神经
 - C. 中枢
 - D. 传出神经
 - E. 效应器
4. 皮肤黏膜的游离神经末梢属于

5. 迷走神经内的副交感纤维属于
6. 肌梭在牵张反射过程中属于
7. 骨骼肌、平滑肌和腺体属于

(8~10 题共用备选答案)

- A. 控制系统
- B. 受控系统
- C. 检测系统

- D. 控制信息
- E. 反馈信息
8. 心血管系统对于自主神经系统是
9. 自主神经系统对于心血管系统是
10. 动脉壁上的压力感受器感受动脉血压变化并使相应的传入神经产生的动作电位可看做是

【X 型题】

1. 下列现象中, 哪些存在着正反馈 (146/1995)
 - A. 肺牵张反射
 - B. 排尿反射
 - C. 神经纤维膜上达到阈电位时 Na^+ 通道的开放
 - D. 血液凝固过程
2. 自身调节的特点包括
 - A. 作用部位准确
 - B. 作用范围局限
 - C. 调节幅度较小
 - D. 灵敏度比较差

三、问答题

1. 内环境的稳态有何生理意义?
2. 举例说明体液调节的过程和主要特点。
3. 可以从哪些水平研究人体生理学?
4. 人体机能活动的自动控制原理是如何实现的?

参考答案

一、名词解释

1. 生理学: 是一门研究生物体功能活动规律的科学。
2. 稳态: 内环境理化性质相对稳定的状态。
3. 组织液: 细胞外液的 $3/4$ (约占体重的 15%) 分布在全身的组织间隙中。
4. 体液调节: 指体内产生的化学物质通过体液途径, 到达全身组织细胞或某些特殊的组织细胞, 通过作用于细胞上的相应受体, 对这些组织器官的活动进行调节的过程。
5. 前馈: 不由受控部分发出反馈信号。是指控制部分发出指令信号使受控部分进行某种活动。同时或预先通过某种监测装置给受控部分发出信号, 直接作用于受控部分。使其及早做出适应性反应。如条件反射; 冬泳时, 下水前机体的机温调节等。
6. 负反馈: 从受控部分发出的反馈信息减弱控制部分的活动 (即使控制部分的活动向相反方向变化), 称为负反馈。

二、选择题

A 型题:

1. C 2. A 3. B 4. E 5. E 6. A 7. B

B型题:

1. C 2. B 3. D 4. A 5. D 6. A 7. E 8. B 9. A 10. C

X型题:

1. BCD 2. ABC

三、问答题

1. 内环境是机体细胞生活的环境。内环境的稳态是指内环境理化性质保持相对恒定。稳态是一种复杂的、由体内各种调节机制调节多个器官系统的活动所维持的动态平衡。内环境稳态所起的作用是为机体细胞提供适宜的理化条件,因而细胞的各种酶促反应和生理功能才能正常进行;内环境同时也为细胞提供营养物质,并接受来自细胞的代谢终产物。

2. 体液调节主要调节与代谢、生长、发育和生殖有关的功能活动。可有全身性体液调节和局部性体液调节两类:全身性体液调节主要是通过有内分泌功能的细胞分泌激素,经血液循环运送到靶器官或靶细胞对其进行调节的。例如寒冷时,甲状腺激素由甲状腺分泌入血,通过血液循环运送到全身的细胞使它们的代谢增强,产热增多。局部性体液调节是指组织细胞产生的一些化学物质,在局部组织液内扩散,改变附近组织细胞的功能状态。例如组织细胞的酸性代谢产物 CO_2 、乳酸等增多时,可引起局部后微动脉和毛细血管前括约肌舒张,导致真毛细血管开放,使过多的代谢产物被血流带走,后微动脉和毛细血管括约肌又收缩,使真毛细血管关闭,如此周而复始,使局部血流量与该组织代谢水平相适应。与神经调节相比,体液调节的潜伏期长,反应缓慢、作用持续时间长,并且作用广泛。

3. 主要分为三个水平:

(1) 整体水平:例如研究人们在安静、劳动和运动时,或处于高空、高原、潜水等条件下,人体功能活动的特征和变化,以及人体与环境的关系,各功能系统之间的相互关系等,都是研究人体生理学的主要着眼点。

(2) 器官水平:主要是研究各器官的功能及其调节的器官生理学。

(3) 细胞和分子水平:深入到细胞各亚微结构的功能和细胞内生物分子的各种物理化学变化,可阐明生命活动的基本规律以及阐明器官、组织功能活动的原理。这一水平的研究称为细胞与分子生理学。

这三方面对于阐明生物体生命活动的规律都是不可少的。

4. 按照控制论的原理,人体的机能调节系统可以看做是“自动控制系统”。它是一个闭合回路,即在控制部分与受控部分之间存在着双向的信息联系。控制部分发出控制信息到达受控部分,而受控部分也不断有反馈信息返回到控制部分,从而不断地纠正和调整控制部分对受控部分的控制信息,以达到精确调控的目的。人体各种机能调节系统中的神经、体液和自身调节部分(如反射中枢、内分泌腺等)可以看做是控制部分,而各种效应器、靶器官和靶细胞则是受控部分,所产生的效应变量是输出变量。受控部分返回控制部分的输出变量信息称为反馈信息,它在纠正和调整控制部分对受控部分的信息中起着重要作用,从而达到人体机能活动的自动控制。



第二章 细胞的基本功能

轻松课堂

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

1. 细胞膜也称质膜，与细胞器膜组成相同。

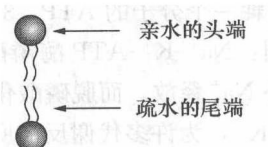
(1) 组成：脂质、蛋白质、糖类；

(2) 结构：液态镶嵌模型。

** 细胞膜的基本结构是脂质双分子层，其间镶嵌着多种结构、功能不同的蛋白质。

2. 脂质双分子层

(1) 组成：磷脂（约占 70%）、胆固醇、糖脂，都是双嗜性分子，包括亲水端与疏水端。



(2) 结构：脂质双分子层中的脂质构成不对称。

** 磷脂中磷脂酰胆碱含量最多，大部分分布在膜的外层。

3. 细胞膜的蛋白

细胞膜蛋白 { 表面蛋白：约占 20%~30%，主要附着在膜内表面。
整合蛋白：约占 70%~80% { 载体蛋白
通道蛋白
离子泵

4. 细胞膜的糖类

(1) 组成：寡糖和多糖链；

(2) 存在形式：以共价键的形式与膜蛋白或膜脂质结合。

二、物质的跨膜转运

1. 单纯扩散

(1) 脂溶性物质和少数分子量很小的水溶性物质从高浓度→低浓度转运，不耗能。

(2) 扩散量取决于：浓度差

分子量

通透性

(3) 举例： CO_2 ， O_2 及 NH_3 等。

2. 膜蛋白介导的跨膜转运

小分子物质转运 { 被动转运: 物质顺浓度梯度或电位梯度转运, 不耗能。
主动转运: 物质逆浓度梯度或电位梯度转运, 消耗能量。

介导转运的膜蛋白 { 通道蛋白: 经通道易化扩散, 属于被动转运。
载体蛋白 { 经载体易化扩散, 属于被动转运。
主动转运 { 原发性主动转运。
继发性主动转运。

A. 经通道易化扩散: 不耗能, 属于被动转运。

(1) 离子通道特性: 选择性和门控性。

(2) 离子通道分类: 电压门控通道: 受膜电位调控。

化学门控通道: 也称配体门控通道, 受膜内外化学物质调控。

机械门控通道: 受机械刺激调控。

(3) 举例: 钠通道、钾通道、钙通道等。

B. 经载体易化扩散: 不耗能, 属于被动转运。

(1) 特点: 特异性; 饱和现象; 竞争性抑制。

(2) 分类: 同向转运体: 转运的物质向同一方向运动, 如钠-葡萄糖同向转运体。

反向转运体: 转运的物质彼此向相反方向运动, 如钠-氢交换体。

C. 原发性主动转运:

(1) 特点: 逆浓度差, 电位差从低→高进行转运, 耗能。

(2) 举例: Na^+ - K^+ -ATP 酶: 消耗一个分子的 ATP, 3 个 Na^+ 泵出, 2 个 K^+ 泵进。

(3) Na^+ - K^+ -ATP 酶转运的机制: Na^+ - K^+ -ATP 酶磷酸化→构象改变→ K^+ 亲和力大, Na^+ 亲和力小→胞外 K^+ 结合, 胞外 Na^+ 释放。而脱磷酸化则作用相反。

(4) Na^+ 泵的意义: 形成胞内高 K^+ , 为许多代谢反应所必需; 维持胞内渗透压和细胞容积; 建立 Na^+ 跨膜浓度梯度, 提供势能储备。

D. 继发性主动转运:

(1) 是经载体易化扩散与原发性主动转运相耦联的主动转运系统。

(2) 转运动力来自钠泵活动建立的钠离子浓度梯度。

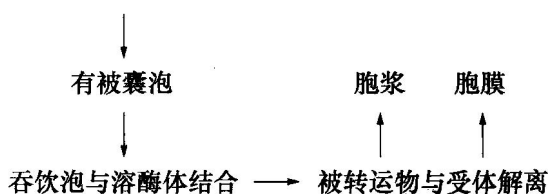
(3) 举例: 氨基酸和葡萄糖在肠上皮及肾小管上皮细胞的吸收。

3. 出胞和入胞

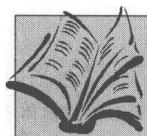
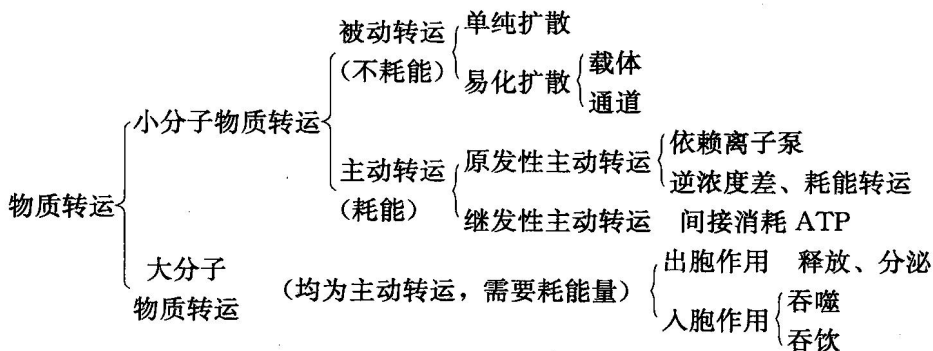
大分子物质转运 { 出胞: 大分子物质以分泌囊泡的形式排出细胞的过程。
入胞 { 吞噬
吞饮 { 液相入胞
受体介导入胞

受体介导式入胞过程如下:

被转运物+膜受体移行到细胞膜有被小窝的部位



细胞膜物质转运总结:



轻松链接

1997 年度诺贝尔化学奖一半授予丹麦奥尔胡斯大学的因斯·斯寇 (Jens C. Skou), 因为他首先发现了一种转运离子的酶: $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$ 酶。另一半授予美国加利福尼亚大学的保罗·波耶尔 (Paul D. Boyer) 和英国剑桥医学研究委员会分子生物学实验室的约翰·沃克 (John E. Walker), 因为他们阐明了三磷酸腺苷 (ATP) 合成的基本酶学机制。因斯·斯寇的获奖成果在于他发现 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$ 酶是一个驱使离子通过细胞膜定向运转的酶, 这是所有的活细胞中的一种基本的机制。自那以后, 实验证明细胞中存在好几种类似的离子泵。 $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 泵以及其他的离子泵在体内必须不断地工作。如果它们停止工作, 细胞就会膨胀起来, 甚至胀破。驱使离子泵工作需要大量的能量: 人体产生的 ATP 中, 约三分之一用于离子泵的活动。

第二节 细胞的信号转导

能与靶细胞受体发生特异性结合的活性物质称为配体。根据配体作用方式, 大体分为两类: 一类以类固醇激素为代表, 以单纯扩散的形式透过细胞膜, 与胞内和核内受体结合而发挥作用; 另一类以肽类激素为代表, 可以选择性地同靶细胞膜上特异受体结合, 再通过跨膜信号传递过程, 最后引起靶细胞膜的电变化或其他细胞内功能的改变。

跨膜信号传导的路径分为三类: 离子通道型受体介导的信号转导; G-蛋白耦联型受体介导的信号转导和酶联型受体介导的信号转导。

一、离子通道型受体介导的信号转导

1. 化学门控通道 接受的化学信号大多数是神经递质, 也称递质门控通道。以骨骼肌终板膜上 ACh 受体阳离子通道为例。神经末梢释放 ACh 分子, 同肌细胞膜上称为终板处的“受体”相结合, 使 Na^+ 、 K^+ 跨膜流动引起终板膜产生电变化, 最后引起整个肌细胞的兴奋和收缩。

2. 电压门控通道 心肌细胞 T 管膜上的 L 型钙通道。

3. 机械门控通道 血压升高可激活血管平滑肌细胞上的机械门控通道, 使钙离子内流, 引发血管收缩。

二、G-蛋白耦联型受体介导的信号转导

1. 主要的信号蛋白
- G-蛋白耦联受体
 - G-蛋白：在信号转导中起分子开关作用
 - G-蛋白效应器
 - 第二信使

** G-蛋白由 α -、 β - 和 γ - 3 个亚单位组成，G-蛋白结合 GDP 是未激活状态；G-蛋白结合 GTP 呈激活状态。

** G-蛋白效应器：腺苷酸环化酶、磷脂酶 C、磷酸酶 A_2 和磷酸二酯酶。

** 第二信使：环腺苷酸、环鸟苷酸、三磷酸肌醇、二酰甘油和钙离子等。

2. 主要的 G-蛋白耦联型受体介导的信号转导途径

(1) 受体—G 蛋白—AC 途径：

激素激活膜上相应受体，通过兴奋性 G-蛋白的中介，激活作为效应器酶的腺苷酸环化酶（AC），生成起第二信使作用的 cAMP。cAMP 主要通过激活蛋白激酶 A（PKA）起作用。由于 PKA 磷酸化的底物蛋白不同，因此在不同的靶细胞中具有不同的效应。如在肝细胞中，PKA 可激活磷酸化酶激酶，可促使糖原分解。

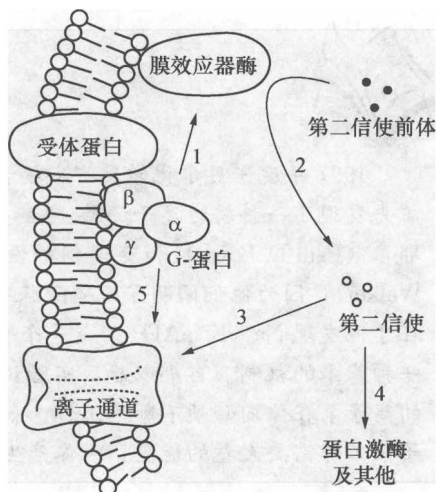
(2) 受体—G 蛋白—PLC 途径

许多配体与受体结合后，通过 G-蛋白再激活磷脂酶 C（PLC），生成第二信使三磷酸肌醇（ IP_3 ）和二酰甘油（DG），三磷酸肌醇可导致钙离子释放和胞浆中钙离子浓度升高，二酰甘油可激活蛋白激酶 C（PKC）从而作用于下游的功能蛋白。

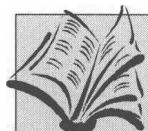
3. 酶联型受体介导的信号转导

酶联型受体结构简单，只有一个跨膜 α -螺旋，当膜外侧的肽链部分同特定的化学信号结合后，可以直接引起受体肽链的膜内段激活或者能与膜内侧其他酶分子结合，使之具有磷酸激酶活性，使自身肽链和膜内蛋白质底物中的酪氨酸残基发生磷酸化而产生细胞内效应。

- 酶联型受体
- 酪氨酸激酶受体
 - 酪氨酸激酶结合型受体
 - 鸟苷酸环化酶受体



由膜受体-G 蛋白-膜效应器酶组成的跨膜信号转导途径



轻松链接

NO 是可溶性的有毒气体，研究表明，NO 分子具有多种生物学功能，它能够进入细胞直接作用于酶并引起快速反应，是一种重要的气体信号分子。在一些组织中作为局部介质引起信号转导，使血管壁的平滑肌细胞松弛，血液流通顺畅。

体内 NO 是由 NO 合酶催化精氨酸生成。NO 能够跨过细胞质膜扩散到邻近的平滑肌细胞，并将鸟苷酸环化酶激活，该酶催化 GTP 生成 cGMP。cGMP 是非常重要的第二信使，参与多种细胞内功能的调节。