

医学生理学纲要

郭益民
主编

与第六版规划教材配套

直观、系统归纳教材

重点、难点突出

复习题新颖、全面



科学出版社
www.sciencep.com

医学生理学纲要

主 编 郭益民

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是作者近20年的生理学教学经验的总结,全书共分为十二章,每章均包括重点和难点、复习题两部分。重点和难点部分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,还增加了一些生理学教材中未涉及或未阐述清楚的新理论、新进展,书中共有表格、插图120多张,复习题(包括名词解释、填空题、选择题和问答题等题型)近2000题。

本书是一本介于教材和复习题集之间的新颖的教学和学习参考书,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。

图书在版编目(CIP)数据

医学生理学纲要/郭益民主编 —北京:科学出版社,2004.10

ISBN 7-03-014401-5

I. 医… II. 郭… III. 人体生理学-医学院校教材 IV R33

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第096501号

责任编辑:吴国杰 黄 敏 / 责任校对:张 琪

责任印制:刘士平 / 封面设计:卢秋红

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>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年10月第 一 版 开本:720×1000 B5

2004年10月第一次印刷 印张:19

印数:1—6 000 字数:374 000

定价:24.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

生理学是一门理解性很强的学科,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以及结合五年制《生理学》第六版教材和国内外生理学相关资料编写而成,并将自己的教学改革思路和成功的教学方法贯穿在全书中。每一章均分为重点和难点、复习题两部分。

本书的重点和难点部分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,当然,也根据自己的偏好,增加了一些生理学教材中未涉及或未阐述清楚的新理论、新进展。书中很多的图、表、推理过程等均为本人原创,但本书不涉及一些非常简单或仅需学生一般了解的内容。

本书的复习题包括名词解释、填空题、选择题和问答题等题型,题量较大,重点突出,尽量避免怪题、偏题的出现,这有利于读者在学习生理学这门课程时,抓住重点,有的放矢,为后续课程打下良好的基础。

总之,本书是一本介于教材和复习题集之间的新颖的教学和学习参考书,教师通过使用本书的图表,可以迅速提高教学质量;学生通过本书的学习,可以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。

由于从执笔编写到最后定稿只有短短几个月时间,再加上本人水平有限,对于书中出现的错误或不当之处,望各位读者能及时予以反馈,以便再版时修订。

郭益民

2004年8月于温州医学院

目 录

第一章 绪论	1
一、重点和难点	1
二、复习题	3
三、参考答案	7
第二章 细胞的基本功能	8
一、重点和难点	8
二、复习题	24
三、参考答案	39
第三章 血液	41
一、重点和难点	41
二、复习题	50
三、参考答案	59
第四章 血液循环	61
一、重点和难点	61
二、复习题	88
三、参考答案	110
第五章 呼吸	112
一、重点和难点	112
二、复习题	123
三、参考答案	136
第六章 消化与吸收	137
一、重点和难点	137
二、复习题	149
三、参考答案	157
第七章 能量代谢与体温	158
一、重点和难点	158
二、复习题	163
三、参考答案	168
第八章 尿的生成和排出	169
一、重点和难点	169
二、复习题	184

三、参考答案	193
第九章 感觉器官的功能	195
一、重点和难点	195
二、复习题	205
三、参考答案	212
第十章 神经系统的功能	214
一、重点和难点	214
二、复习题	245
三、参考答案	263
第十一章 内分泌	265
一、重点和难点	265
二、复习题	276
三、参考答案	286
第十二章 生殖	288
一、重点和难点	288
二、复习题	292
三、参考答案	296
主要参考文献	297

(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

1. 概念 是指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。

2. 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。

(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神经末梢释放入血液,调节靶细胞的功能,这种调节称为神经分泌(neurosecretion)。

(三) 自身调节

1. 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)。

2. 特点 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的、稳定的,但调节幅度较小,不十分灵敏。

体内的控制系统

(一) 非自动控制系统

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)。

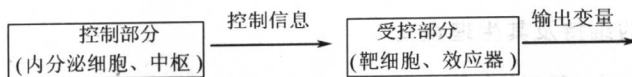


图 1-1 非自动控制系统示意图

(二) 反馈控制系统

1. 概念 图 1-2 是反馈控制系统(自动控制系统)模式图。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、靶器官或靶细胞等。输出变量是指受控部分的状态或产生的效应。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。

自动控制的基本原则: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。

2. 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)。

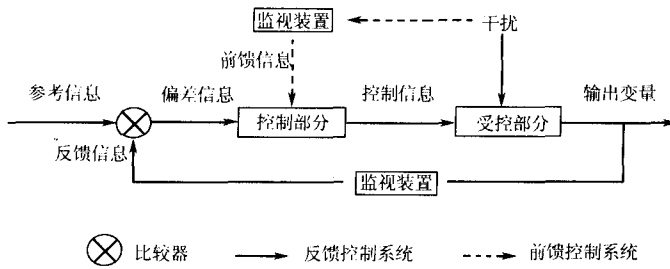


图 1-2 反馈控制系统和前馈控制系统模式图

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

1. 概念 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。

2. 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。

二、复 习 题

(一) 名词解释

1. 机体的内环境(internal environment)
2. 稳态(homeostasis)
3. 反射(reflex)
4. 反射弧(reflex arc)
5. 旁分泌调节(paracrine regulation)
6. 自身调节(autoregulation)
7. 负反馈控制系统(negative feedback control system)
8. 正反馈控制系统(positive feedback control system)
9. 前馈控制系统(feed-forward control system)

(二) 填空题

1. 机体的内环境是指_____,主要包括_____和_____。
2. 人体功能活动的调节方式有_____,_____,_____。其中起主导作用的是_____。
3. 神经调节的基本方式是_____,结构基础是_____。

10. 关于负反馈的叙述,正确的是:
- A. 是控制部分对受控部分的反馈
 - B. 调节过程不可逆
 - C. 可使生理过程不断加强
 - D. 其结果使生理过程稳定于正常水平
 - E. 分娩就是例子
11. 维持机体稳态的重要调节过程是:
- A. 神经调节
 - B. 体液调节
 - C. 自身调节
 - D. 正反馈
 - E. 负反馈
12. 下列生理过程中,属于负反馈调节的是:
- A. 排尿反射
 - B. 颈动脉窦、主动脉弓压力感受性反射
 - C. 分娩
 - D. 血液凝固
 - E. 排便反射
13. 人体体温保持相对恒定,需要:
- A. 自身调节
 - B. 负反馈
 - C. 正反馈
 - D. 条件反射
 - E. 环境温度稳定
14. 关于正反馈的叙述,正确的是:
- A. 维持内环境稳态
 - B. 使某种生理过程不断加强直至完成
 - C. 是神经调节中的主要机制
 - D. 是体液调节中的主要机制
 - E. 肾血流量比较稳定就是例子
15. 正反馈的意义在于:
- A. 改善受控部分接受控制信息的反应状态
 - B. 保持功能活动的稳态
 - C. 使控制部分受到抑制
 - D. 增强受控部分对控制信息的敏感性
 - E. 使功能活动按固有程序迅速达到特定水平
16. 下列生理过程中,属于正反馈调节的是:
- A. 降压反射
 - B. 体温调节
 - C. 血糖浓度的调节
 - D. 排尿反射
 - E. 红细胞生成的调节
17. 血压突然升高引起心跳变慢而弱的原因是:
- A. 神经调节
 - B. 体液调节
 - C. 自身调节
 - D. 正反馈
 - E. 前馈
18. 通过调节使效应器或靶器官的活动不断增强,属于:
- A. 条件反射
 - B. 非条件反射
 - C. 反馈
 - D. 正反馈
 - E. 负反馈
19. 干扰信号直接作用于控制部分,称为:
- A. 负反馈
 - B. 前馈
 - C. 正反馈
 - D. 自身调节
 - E. 神经调节

【B型题】

- A. 感受器 B. 传入神经 C. 中枢
D. 传出神经 E. 效应器
20. 心交感神经属于：
21. 颈动脉体和主动脉体属于：
22. 心肌、血管平滑肌属于：
23. α 运动神经元的轴突属于：
- A. 神经调节 B. 体液调节 C. 自身调节
D. 正反馈 E. 前馈
24. 冬泳前，机体产热量增加而散热量减少属于：
25. 动脉血压在一定范围内变动，肾血流量保持相对稳定属于：
26. 化学感受性反射属于：

【C型题】

- A. 体液调节 B. 神经分泌 C. 两者均是 D. 两者均不是
27. 神经垂体将抗利尿激素释放入血液循环实现的调节属于：
28. 胰岛素的降血糖作用属于：
29. 食物的气味刺激唾液的分泌属于：
- A. 负反馈 B. 前馈 C. 两者均是 D. 两者均不是
30. 对受控部分调控速度快的是：
31. 可能发生较大幅度波动的是：

【X型题】

32. 以下哪些是有关稳态的正确描述？
A. 指内环境理化性质保持不变的状态 B. 是机体生理功能的一种调节方式
C. 负反馈是维持稳态的重要途径 D. 也指体内所有保持协调、稳定的生理过程
E. 正反馈不能维持机体的稳态
33. 下列哪些是正反馈的特点？
A. 维持机体的稳态 B. 使某项生理功能在短时间内迅速完成
C. 所控制的过程是不可逆的 D. 分娩过程是正反馈控制的例子
E. 属于神经调节
34. 下列哪些有关前馈的描述是正确的？
A. 干扰信号对控制部分的直接作用称为前馈
B. 前馈可避免负反馈出现滞后现象
C. 前馈可避免负反馈调节中出现波动
D. 见到食物出现唾液分泌是前馈的表现
E. 前馈控制可使机体的动作快速、准确、协调

(四) 问答题

1. 举例说明机体功能活动是如何被调节的？

2. 举例说明何谓负反馈、正反馈和前馈？各有何生理意义？

三、参考答案

填空题

1. 细胞外液；血浆；组织液
2. 神经调节；体液调节；自身调节；神经调节
3. 反射；反射弧
4. 感受器；传入神经；中枢；传出神经；效应器
5. 反馈信息

选择题

1. E
2. A
3. E
4. A
5. E
6. D
7. C
8. E
9. A
10. D
11. E
12. B
13. B
14. B
15. E
16. D
17. A
18. D
19. B
20. D
21. A
22. E
23. D
24. E
25. C
26. A
27. C
28. A
29. D
30. B
31. A
32. CDE
33. BCD
34. ABCDE

第二章 细胞的基本功能

一、重点和难点

物质的跨膜转运方式

(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:因物质转运是顺浓度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量小的物质(如 O_2 、 CO_2 、 N_2 、乙醇、尿素等)和一部分水。

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,顺浓度梯度的跨膜扩散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是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,转运速率为每秒 $10^3 \sim 10^5$ 个离子或分子。

3) 特点:

a. 结构特异性:有特定的位点与特定的物质结合。

b. 饱和(saturation)现象: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,因此,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。

c. 竞争性抑制(competitive inhibition):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:离子或水依靠膜上通道蛋白的介导,顺电-化学梯度或依靠渗透压差的跨膜扩散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。

3) 特点:

a. 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。

b. 通道有静息(resting)、激活(activation)、失活(inactivation)等不同的功能状态,即通道蛋白质结构中可能存在类似闸门(gate)一类的基团,由它决定通道的功能状态。

4) 通道的类型:

a. 电压门控通道(voltage gated ion channel):指由膜电位控制开闭的通道。如神经纤维上的钠通道。

b. 化学门控通道(chemically gated ion channel):指由化学物质(激素、递质等)控制开闭的通道。如终板膜上的 N_2 型乙酰胆碱受体阳离子通道。

c. 机械门控通道(mechanically gated ion channel):指由机械因素控制开闭的通道,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:细胞膜通过本身的某种耗能过程,将离子逆浓度梯度或(和)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(sodium-potassium pump):

1) 钠泵的特性:钠泵是一种在哺乳类动物的细胞膜上普遍存在的 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:所有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 $[Na^+]_i \uparrow$ (细胞内 Na^+ 浓度升高)或 $[K^+]_o \uparrow$ (细胞外 K^+ 浓度升高)→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 2-1)。

低温、缺氧或应用哇巴因→钠泵活动 \downarrow →细胞内外 Na^+ 、 K^+ 的浓度差 \downarrow 。

3) 生理意义:维持膜两侧 Na^+ 、 K^+ 的不均匀分布。

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,如果无钠泵活动,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 1 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 2-1)。

d. 是产生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. 作为继发性主动转运系统的能源(见后)。

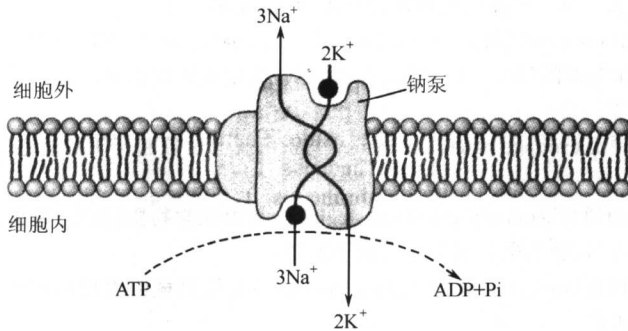


图 2-1 钠泵活动示意图
(仿自 Guyton 第 10 版《医学生理学》)

2. 继发性主动转运(联合转运)

(1) 概念:指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造成的 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) 例子: Na^+ -葡萄糖同向转运体(图 2-2)。

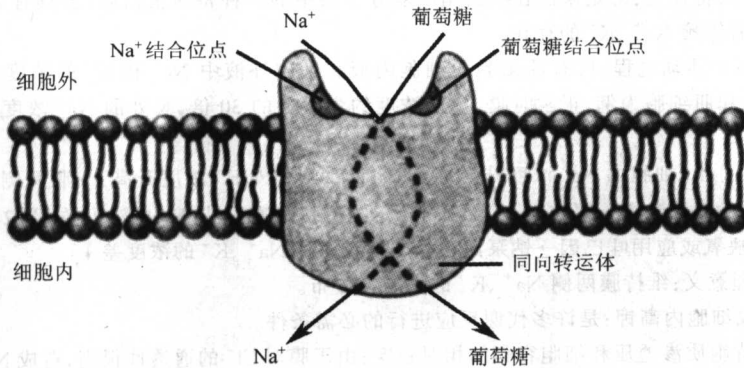


图 2-2 Na^+ -葡萄糖同向转运体示意图
(仿自 Guyton 第 10 版《医学生理学》)

在肾小管和肠黏膜上皮细胞,由于细胞的基底-外侧膜(或基侧膜,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^+ 浓度低于小管液和肠腔液中 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。甲状腺细胞特有的聚碘作用,也属于继发性主动转运。

(3) 类型:

- 1) 同向转运(symport):被转运的物质分子与 Na^+ 扩散的方向相同。
- 2) 反向转运(antiport)或交换(exchange):被转运的物质分子与 Na^+ 扩散的方向相反。

(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和相互融合→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(phagocytosis):物质颗粒或团块进入细胞内的过程。如单核细胞、巨噬细胞和中性粒细胞的吞噬。

2) 吞饮(pinocytosis):液体物质进入细胞内的过程。

a. 液相入胞(fluid-phase endocytosis):指细胞外液及其所含的溶质连续不断地进入胞内的过程。

b. 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→膜向胞质侧凹入→与细胞膜脱离形成吞食泡→与胞质中胞内体(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。

细胞的跨膜信号转导及其主要途径

细胞外的各种信号通过膜结构中一种或数种特殊蛋白质分子的变构作用,将信息传递到胞内,引发靶细胞产生相应功能改变的过程称为跨膜信号转导(transmembrane signaling)。

(一) G 蛋白耦联受体介导的信号转导

1. 参与 G 蛋白耦联受体跨膜信号转导的信号分子

(1) G 蛋白耦联受体(G protein-linked receptor)或促代谢型受体(metabotropic receptor):每种受体的肽链均反复穿膜七次,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。