
全国高等医学院校配套教材
基础医学复习纲要与强化训练

生理学学习指导

第2版

主编 聂永梅 蒋 萍



科学出版社

全国高等医学院校配套教材
基础医学复习纲要与强化训练

生理学学习指导

第2版

主 编 聂永梅 蒋 萍

副主编 雪合热提·伊纳也提 王丽凤 吴桂霞

编 者 (以姓氏笔画为序)

王丽凤(新疆医科大学)	付晓东(广州医科大学)
刘海梅(广州中医药大学)	许晓洋(广州医科大学)
孙万平(苏州大学医学部)	玛依奴尔·阿不都热合曼(新疆医科大学)
李俊红(新疆医科大学)	李 静(新疆医科大学)
甫拉提·吐尔逊(新疆医科大学)	吴桂霞(新疆医科大学)
沈岳良(浙江大学医学院)	张顺杰(新疆医科大学)
邵慈慧(湖州师范学院医学院)	帕丽旦·买买提(新疆医科大学)
姚巧玲(新疆医科大学)	聂永梅(新疆医科大学)
夏春梅(复旦大学基础医学院)	徐进文(广州中医药大学)
黄 勤(广西医科大学)	雪合热提·伊纳也提(新疆医科大学)
崔雨虹(广州医科大学)	蒋 萍(新疆医科大学)
蒙克嘎勒(新疆医科大学)	雷冬玉(新疆医科大学)
潘 虹(滨州医学院)	魏媛媛(新疆医科大学)

科 学 出 版 社

北 京

· 版权所有 侵权必究 ·

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303(打假办)

内 容 简 介

本书以生理学教学大纲、规划教材、研究生入学考试大纲和国家执业医师考试大纲为依据,在参考国内外专家编写的生理学标准试题集、生理学复习考试指导等资料的基础上编写的,每章内容包括学习目标、学习重点指导、英语单词、名词解释、问答题、强化训练及参考答案。复习重点明确,试题形式与内容实用,参考答案明确,对医学生的生理学复习与考试,以及毕业后顺利通过国家执业医师考试和研究生入学考试,具有重要指导作用。

本书适合高等医学院校学生、准备参加国家职业医师考试、研究生入学考试和技术职称晋升考试者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

生理学学习指导 / 聂永梅, 蒋萍主编. —2 版. —北京: 科学出版社, 2015. 8

全国高等医学院校配套教材·基础医学复习纲要与强化训练

ISBN 978-7-03-045334-1

I. ①生… II. ①聂… ②蒋… III. ①人体生理学-医学院校-教学参考资料 IV. ①R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 185971 号

责任编辑: 李 植 / 责任校对: 李 影

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 陈 敬

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>

文林印务有限公司 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: 787×1092 1/16

2015 年 8 月第 二 版 印张: 17 1/4

2015 年 8 月第一次印刷 字数: 411 000

定价: 45.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

生理学是一门重要的基础医学课程,使学生掌握机体的正常生理功能、发生机制和调节规律,对于进一步学习病理学、病理生理学和药理学及后续的临床课程有着重要意义。

本书是卫生部规划的高等医药院校《生理学》(第8版)教材的配套读物,各章的标题和顺序与该教材一致。每一章首先按照掌握内容、熟悉内容和了解内容三个层次提出本章学习目标,然后精炼概述本章的知识要点,最后给予复习题和参考答案,其内容既突出重点,又能兼顾全面。本书的编写目的是帮助学生在教材的基础上加深对生理学基本理论的理解,自测学习效果。本书可供基础、临床、预防、口腔等医学专业本科生使用,也可与其他相近专业及同等学历的各类学生使用。

本书是在艾奴尔·加里里主编《生理学》(基础医学复习纲要与强化训练)(2006年出版,第1版)的基础上,根据第8版《生理学》教材,按照生理学教学大纲和国家执业医师考试大纲的基本要求编写的。

本书的编写者都是长期教学在第一线的教师,在编写过程中,参考了大量的相关资料,但限于编者的水平,难免存在许多不足之处,恳请各位广大读者予以批评指正。

聂永梅
2015年6月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 生理学的研究对象和任务	(1)
第二节 机体的内环境与稳态	(2)
第三节 机体生理功能的调节	(2)
第二章 细胞的基本功能	(7)
第一节 细胞膜的物质转运功能	(7)
第二节 细胞的信号转导	(9)
第三节 细胞的电活动	(10)
第四节 肌细胞的收缩	(14)
第三章 血液	(35)
第一节 血液生理概述	(35)
第二节 血细胞生理	(36)
第三节 生理性止血	(39)
第四节 血型和输血原则	(41)
第四章 血液循环	(51)
第一节 心脏的泵血功能	(51)
第二节 心脏的电生理学及生理特性	(56)
第三节 血管生理	(61)
第四节 心血管活动的调节	(66)
第五节 器官循环	(70)
第五章 呼吸	(95)
第一节 肺通气	(96)
第二节 肺换气和组织换气	(100)
第三节 气体在血液中的运输	(101)
第四节 呼吸运动的调节	(103)
第六章 消化与吸收	(120)
第一节 消化生理概述	(120)
第二节 口腔内消化和吞咽	(121)
第三节 胃内消化	(121)
第四节 小肠内消化	(124)
第五节 大肠的功能	(126)
第六节 吸收	(126)
第七章 能量代谢与体温	(145)
第一节 能量代谢	(145)
第二节 体温及其调节	(147)

第八章 尿的生成和排出	(155)
第一节 肾的功能解剖和肾血流量	(155)
第二节 肾小球滤过功能	(157)
第三节 肾小管与集合管的物质转运功能	(158)
第四节 尿液的浓缩和稀释	(161)
第五节 尿生成的调节	(162)
第六节 清除率	(164)
第七节 尿的排放	(164)
第九章 感觉器官的功能	(185)
第一节 感受器及其一般生理特性	(185)
第二节 视觉器官	(186)
第三节 听觉器官	(187)
第四节 前庭器官的功能	(188)
第十章 神经系统的功能	(194)
第一节 神经系统功能活动的基本原理	(194)
第二节 神经系统的感觉功能	(202)
第三节 神经系统对躯体运动的调控	(204)
第四节 神经系统对内脏活动的调节	(208)
第五节 脑电活动及睡眠与觉醒	(209)
第六节 脑的高级功能	(210)
第十一章 内分泌	(236)
第一节 内分泌与激素	(236)
第二节 下丘脑-垂体内分泌	(238)
第三节 甲状腺内分泌	(240)
第四节 甲状旁腺、维生素 D 与甲状腺 C 细胞内分泌	(241)
第五节 胰岛内分泌	(242)
第六节 肾上腺内分泌	(243)
第十二章 生殖	(263)
第一节 男性生殖	(263)
第二节 女性生殖	(264)

第一章 绪 论



学习目标

1. 了解生理学研究对象的任务、生理学研究的三个水平。
2. 掌握机体内环境和稳态的概念。
3. 熟悉生理功能的主要调节方式与反馈的概念。
4. 掌握反馈控制系统,了解前馈控制系统。



学习重点指导

第一节 生理学的研究对象和任务

一、生理学的任务

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学科。

任务:阐明机体及其各组成部分所表现出的各种正常的功能活动规律及其产生机制,机体内环境变化对这些功能活动的影响,以及机体为适应环境变化和维持整体生命活动所做出的相应调节。

二、生理学和医学的关系

生理学是一门重要的基础医学理论课程,在现代医学课程体系中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,所有知识来自临床实践和实验研究。

(一) 动物实验

1. 急性动物实验(在体实验和离体实验)。
2. 慢性动物实验。

(二) 人体实验

四、生理学研究的不同水平

1. 细胞和分子水平的研究 细胞和分子生理学。
2. 器官和系统水平的研究 器官生理学。
3. 整体水平的研究 研究机体与环境的关系,各系统间的相互关系。

第二节 机体的内环境与稳态

人体内的液体称为体液,占体重的 60% ,2/3 存在于细胞内,称**细胞内液**;1/3 存在于细胞外,称**细胞外液**,细胞外液包括血浆及少量淋巴液、脑脊液等。

1. 内环境 生理学中将围绕在多细胞动物体内细胞周围的体液,即细胞外液,称为机体的内环境。

2. 内环境稳态 也称自稳态,是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。

3. 维持稳态的意义 是机体进行正常生命活动的必要条件。

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

神经调节是通过反射而影响生理功能的一种调节方式,是人体生理功能调节中最主要的形式,包括条件反射和非条件反射。反射活动的结构基础是反射弧。反射弧包括 5 个部分:感受器、传入神经、神经中枢、传出神经、效应器。

反射是指机体在中枢神经系统的参与下,对内外环境刺激所做出的规律性应答。反射必须在反射弧的结构和功能都完整的基础上才能完成。

(二) 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。

(三) 自身调节

组织细胞不依赖神经和体液因素,自身对环境刺激发生的一种适应性反应。

二、体内的控制系统

(一) 反馈控制系统

1. 负反馈 受控部分发出的反馈信息调整控制部分的活动,最终使受控部分的活动朝着与它原先活动相反的方向改变。

意义:使机体的功能活动保持相对稳定。例如,内环境、动脉血压、体温等的相对稳定。

2. 正反馈 受控部分发出的反馈信息促进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相同的方向改变,加强控制信息的活动。

意义:促使机体的某一生理活动过程很快达到高峰并发挥最大效应。例如,血液凝固、分娩过程、胃蛋白酶原的激活、排尿反射等。

(二) 前馈控制系统

1. 前馈控制 控制部分的反馈信息尚未到达前已受到纠正信息即前馈信息的影响,及时纠正其指令可能出现的偏差。

2. 意义 前馈控制具有预先准备和避免负反馈的滞后与波动,使机体更好地适应环境的作用。

前馈控制与反馈控制相比更加快速更加准确。例如,肌肉的一些精细的活动调节及某些条件反射活动,如闻到食物气味、看到食物外观产生唾液分泌反应,运动员在比赛开始前循环呼吸活动的改变等。



英语单词

- | | | |
|----------------------------|------------------------|-----------------------|
| 1. intracellular fluid | 2. extracellular fluid | 3. interstitial fluid |
| 4. internal environment | 5. homeostasis | 6. reflex arc |
| 7. feedback control system | 8. negative feedback | 9. positive feedback |
| 10. forward feedback | | |



名词解释

1. 反射 在中枢神经系统参与下,机体对内、外环境刺激所做出的规律性应答。
2. 负反馈 受控部分发出的反馈信息调整控制部分的活动,最终使受控部分的活动朝着与它原先活动相反的方向改变。
3. 正反馈 受控部分发出的反馈信息促进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相同的方向改变,加强控制信息的活动。
4. 内环境 生理学中将围绕在多细胞动物体内细胞周围的体液,即细胞外液,称为机体的内环境。



强化训练

一、A 型题

1. 人体生理学是研究

A. 正常人体功能活动的规律	B. 人体化学变化的规律
C. 人体物理变化的规律	D. 异常人体功能活动的规律
E. 人体与环境之间的关系	
2. 以下不属于内环境的是

A. 血浆	B. 组织液	C. 细胞内液	D. 脑脊液	E. 淋巴液
-------	--------	---------	--------	--------
3. 神经调节的基本方式是

A. 正反馈	B. 负反馈	C. 前馈	D. 反射	E. 神经-体液调节
--------	--------	-------	-------	------------
4. 机体内环境的稳态是指

A. 体液量保持不变	B. 细胞内液理化性质相对恒定
C. 血液容量保持不变	D. 细胞外液理化性质相对恒定
E. 使细胞内液和细胞外液化学成分相同	
5. 内环境稳态的意义在于

A. 与环境变化保持一致	B. 保证足够的能量储备
C. 使营养物质不至于过度消耗	D. 为细胞提供适宜的环境
E. 将内部功能活动固定在一个水平	
6. 下列各项调节中只有哪项不属于正反馈

- A. 血液凝固 B. 降压反射 C. 排尿反射
D. 分娩过程 E. 动作电位去极化过程中,快 Na^+ 通道的开放
7. 下列各项生理功能活动中,只有哪项属于自身调节
- A. 平均动脉血压在一定范围内升高或降低时,脑或肾的血流量仍可保持相对稳定
B. 运动时动脉血压升高,可引起血压回降至原先血压水平
C. 人在过度通气后,往往可出现呼吸暂停
D. 当每日摄入量增加时,排出的尿量也将随之而增加
E. 脊蛙受到伤害性刺激后,受刺激侧肢体出现屈曲
8. 神经调节的一般特点是
- A. 作用迅速、局限和短暂 B. 调节幅度小 C. 反应速度慢
D. 作用广泛和持久 E. 调节的敏感性差
9. 阻断反射弧中的任何一个环节,受损的调节是
- A. 神经调节 B. 激素远距调节 C. 自身调节
D. 旁分泌调节 E. 自分泌调节
10. 在人体生理功能的调控过程中,受控制部分功能活动的结果随受控制部分发出的信息加强而减弱,这样调控的过程称之为
- A. 自身调节 B. 反射调节 C. 正反馈调节
D. 负反馈调节 E. 神经分泌调节
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. 关于负反馈调节的作用下列哪一项是错误的
- A. 体内激素水平不致过高
B. 人体体液理化特性相对稳定
C. 人体活动按某一固定程序进行,到某一特定目标
D. 人体血压稳定
E. 调节的结果反过来使调节的原因减弱
13. 在人体生理功能的调控过程中,受控制部分功能活动的结果随受控制部分发出的信息加强而增强,这样调控的过程称之为
- A. 自身调节 B. 反射调节 C. 正反馈调节
D. 负反馈调节 E. 神经分泌调节

5. 研究神经递质的合成与受体蛋白的基因表达属于

- A. 5% B. 15% C. 20% D. 40% E. 60%

6. 正常人体细胞内液约占体重的

7. 正常人体细胞外液约占体重的

8. 正常人体血浆约占体重的

9. 正常人体的体液约占体重的

10. 正常人体组织间液约占体重的

A. 快速、精确而短暂

B. 快速、粗糙而广泛

C. 缓慢、持久而弥散

D. 缓慢、迟钝而局限

E. 幅度和范围较小

11. 神经调节的一般特点是

12. 体液调节的一般特点是

13. 自身调节的一般特点是

A. 神经调节

B. 神经-体液调节

C. 激素远距调节

D. 旁分泌调节

E. 自身调节

14. 肾上腺素促进糖和脂肪代谢,属于

15. 进食时唾液腺分泌大量稀薄唾液以助消化,属于

16. 寒冷环境下甲状腺激素分泌增多,属于

三、填空题

1. 内环境理化性质保持相对恒定,有赖于_____调节。

2. 机体对各种功能活动进行调节的方式主要有三种_____、_____和_____。

3. 正反馈是指反馈信息对_____起_____。

4. 体液包括_____和_____。

5. 神经调节的基本方式是_____,其结构基础是_____。

6. 反射包括_____和_____两大类。

7. 根据反馈的概念,人体血压降低可反射性地使血压回升,这种调节属_____反馈,排尿反射属_____反馈。

四、判断题

1. 机体内环境的稳态主要是通过负反馈控制系统的自动调控来维持。

2. 生理学是研究生命结构及活动规律的科学。

3. 离体实验中,刺激蟾蜍坐骨神经腓肠肌标本的神经时,可反射地引起肌肉一次快速地收缩。

4. 消化道内的消化液是机体的内环境之一。

5. 正常机体,其内环境的理化性质是保持绝对恒定的。

6. 人体生理功能的调节是指人体对内外环境变化所做出的适应性反应的过程。

7. 条件反射活动是一种前馈控制系统的活动。



考 答 案

一、A 型题

1. A 2. C 3. D 4. D 5. D 6. B 7. A 8. A 9. A 10. D
11. E 12. C 13. C

二、B 型题

1. E 2. A 3. B 4. C 5. A 6. D 7. C 8. A 9. E 10. B
11. A 12. C 13. E 14. C 15. A 16. B

三、填空题

1. 负反馈
2. 神经调节;体液调节;自身调节
3. 控制信息;加强作用
4. 细胞内液;细胞外液
5. 反射;反射弧
6. 条件反射;非条件反射
7. 负;正

四、判断题

1. √ 2. × 3. √ 4. × 5. × 6. √ 7. √

(蒙克嘎勒 沈岳良)

第二章 细胞的基本功能



学习目标

1. 了解细胞膜的化学组成和分子结构。
2. 掌握细胞膜的物质转运功能。
3. 了解细胞跨膜信号转导功能。
4. 掌握生物电产生和兴奋传导的基本原理。
5. 熟悉神经-肌肉接头的兴奋传递过程。
6. 熟悉骨骼肌的兴奋收缩-耦联过程。
7. 了解骨骼肌收缩机制、外部表现、力学分析和平滑肌的生理特性。



学习重点指导

第一节 细胞膜的物质转运功能

一、细胞膜的分子结构

细胞膜和细胞器膜主要由脂质和蛋白质组成,此外还有少量的糖类物质。目前广为接受的是液态镶嵌模型:膜以液态的脂质双分子层为基架,其间镶嵌着许多具有不同结构和功能的蛋白质。

二、跨细胞膜的物质转运

(一) 被动转运:不耗能、顺浓度梯度和(或)电位梯度

1. 单纯扩散 物质从质膜的高浓度一侧通过脂质分子间隙向低浓度一侧进行的跨膜扩散,是一种物理现象,没有生物学机制参与,无需代谢耗能,也称简单扩散。例如, CO_2 、 O_2 、尿素等(属于被动转运)。扩散的方向和速度取决于:被转运物质在膜两侧的浓度差和膜对该物质的通透性。

2. 易化扩散 在膜蛋白的帮助下,非脂溶性的小分子或带电离子顺浓度梯度和(或)电位梯度进行的跨膜转运。

(1) 经通道易化扩散:各种带电离子在通道蛋白的介导下,顺浓度梯度和(或)电位梯度进行的跨膜转运。离子通道无分解 ATP 的能力,存在贯穿整个细胞膜的孔道结构, Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等带电离子可经该结构进行顺电化学梯度的扩散。离子通道的基本特征如下:

1) 离子选择性:对特定离子通透,根据通道对离子的选择性分为 Na^+ 通道、 Ca^{2+} 通道、 K^+ 通道、 Cl^- 通道、非选择性阳离子通道。

2) 门控特性:

A. 电压门控通道:通道的开、闭受膜电位调控,如去极化激活的电压门控 Na^+ 通道(快

Na⁺通道)、超极化激活的心肌细胞膜中的 I_f 通道。

B. 化学门控通道:通道的开、闭受膜内、外某些化学物质调控,如骨骼肌终板膜中的 N₂ 型乙酰胆碱受体阳离子通道。

C. 机械门控通道:通道的开、闭受机械刺激控制,如机械门控 K⁺通道、Na⁺通道。

此外,还有少数通道如神经纤维膜中的钾漏通道等始终开放,称为非门控通道。

(2) 经载体易化扩散:水溶性小分子物质或离子在载体蛋白介导下顺浓度梯度进行的跨膜转运,如葡萄糖、氨基酸、核苷酸等的转运。经载体易化扩散的特点如下:

1) 结构特异性:各种载体仅能识别和结合具有特定化学结构的底物。

2) 饱和现象:细胞膜中载体的数量和转运速率有限,当转运的底物浓度增加到一定程度时,底物的扩散速度达到最大值,这种现象称为饱和现象。

3) 竞争性抑制:两种化学结构相似的物质经同一载体转运时会出现竞争性抑制。

(二) 主动转运:耗能、逆浓度梯度和(或)电位梯度

1. 原发性主动转运 是指细胞膜上的蛋白质(离子泵)通过分解细胞的 ATP 获得能量,将物质逆浓度梯度或电位梯度进行的跨膜转运。

在哺乳动物的细胞膜上普遍存在的离子泵就是钠-钾泵简称钠泵,也称 Na⁺-K⁺-ATP 酶(Na⁺-K⁺-ATPase),是一种具有 ATP 酶活性的蛋白质。当细胞内 Na⁺浓度增高或细胞外 K⁺浓度增高都可激活钠泵,通过分解 ATP 获得能量将 K⁺逆浓度梯度转运入细胞内,同时将 Na⁺逆浓度梯度从细胞内运出,转运的结果造成细胞内的 K⁺浓度为细胞外液中的 30 倍左右,而细胞外 Na⁺的浓度为胞质中的 10 倍左右。

(1) 钠泵的特点

1) 钠泵每分解 1 分子 ATP 可逆浓度梯度将 3 个 Na⁺移出胞外,同时移入 2 个 K⁺至胞内。

2) 当胞内 Na⁺浓度升高或细胞外 K⁺浓度升高时,可激活钠泵。

3) 哇巴因可阻断钠泵活动。

(2) 钠泵活动的生理意义

1) 钠泵转运造成的细胞内高 K⁺浓度是胞内许多代谢反应所必需的。

2) 通过钠泵的转运维持细胞内 Na⁺的低浓度状态,从而维持细胞正常渗透压和体积的稳定。

3) 钠泵活动造成的 Na⁺和 K⁺跨细胞膜浓度梯度是生物电活动产生的前提条件。

4) 钠泵活动造成的膜两侧 Na⁺的浓度梯度是其他许多物质继发性主动转运的动力来源,如 Na⁺-H⁺交换、Na⁺-Ca²⁺交换等。

5) 钠泵每分解 1 分子 ATP,可排出 3 个 Na⁺、移入两个 K⁺,这一生电效应可使膜内电位的负值轻微增加,在一定程度上影响静息电位的数值。

除钠泵外,还有钙泵、H⁺-K⁺泵(H⁺-K⁺依赖式 ATP 酶)。

2. 继发性主动转运 间接利用原发主动转运所形成的某些离子的浓度梯度,在这些离子顺浓度梯度扩散的同时,使其他物质逆浓度梯度或电位梯度进行转运。

1) 同向转运:被转运的分子或离子都向同一方向运动的联合转运。例如,葡萄糖在小肠黏膜上皮细胞或近端小管上皮细胞膜上通过 Na⁺-葡萄糖(或 Na⁺-氨基酸)同向转运体的转运,就属于继发性主动转运。在这种转运过程中 Na⁺顺浓度梯度进入细胞内的同时,葡萄

糖逆浓度梯度借助于 Na^+ 在膜两侧的浓度梯度的势能进入细胞内。

2) 反向转运:被转运的分子或离子向相反方向运动的联合转运。例如,① $\text{Na}^+-\text{Ca}^{2+}$ 交换: Na^+ 顺浓度梯度进入细胞的同时, Ca^{2+} 借助 Na^+ 的势能,从细胞内逆着浓度梯度和电位梯度被转运到细胞外。心肌细胞在兴奋-收缩耦联过程中流入胞质的 Ca^{2+} 主要通过 $\text{Na}^+-\text{Ca}^{2+}$ 交换将其排出胞外。② Na^+-H^+ 交换:近端小管上皮细胞的 Na^+-H^+ 交换体可以将管腔内的 1 个 Na^+ 转入胞内,同时将胞内 H^+ 排出至小管液。

(三) 膜泡运输

膜泡运输指大分子和颗粒物质的转运。

1. 出胞 细胞内大分子物质以分泌囊泡的形式排出细胞的过程。

1) 囊泡所含的大分子物质不间断地排出细胞,它是细胞本身固有的功能活动,主要见于细胞的分泌活动,如小肠黏膜杯状细胞持续分泌黏液的过程。

2) 合成的物质首先储存在细胞内,当受到化学信号或电信号的诱导时才排出细胞,是一种受调节的出胞过程,如神经轴突末梢释放神经递质。

2. 入胞 细胞外大分子物质或物质团块(如细菌、病毒、异物、大分子营养物质等)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,并分别称为吞噬和吞饮。受体介导入胞是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一种入胞方式。

第二节 细胞的信号转导

细胞的信号转导是指生物学信息在细胞间或活细胞内转换和传递,并产生生物效应的过程;通常所说的信号转导是指跨膜信号转导,即信号从细胞外转入细胞内的过程。细胞信号转导的核心在于通过特定信号通路进行生物信息的细胞内转换与传递过程,并涉及对相关蛋白质基因表达过程的调控。

一、离子通道受体介导的信号转导

离子通道受体指受体兼具离子通道的功能。当配体与受体结合时,离子通道开放,细胞对特定离子的通透性增加,从而引起细胞膜电位改变,实现化学信号的跨膜转导。化学门控通道如骨骼肌终板膜中的 N_2 型 ACh 受体阳离子通道、A 型 γ -氨基丁酸受体和甘氨酸受体等属于离子通道受体。

二、G 蛋白耦联受体的信号转导

1. G 蛋白耦联受体 每种受体都是由一条 7 次穿膜的肽链构成,包括肾上腺素能 α 和 β 受体、ACh 受体、5-羟色胺受体、嗅觉受体、视紫红质及多数肽类激素的受体。

2. G 蛋白 又称为鸟苷酸结合蛋白。通常是指 α 、 β 、 γ 三个亚单位形成的异源三聚体 G 蛋白,此外还有一类单一亚单位的 G 蛋白,称为小 G 蛋白。G 蛋白的共同特点是其中的 α 亚单位同时具有结合 GTP 与 GDP 的能力和 GTP 酶活性。G 蛋白以结合 GDP 的失活型和结合 GTP 的激活型两种形式存在,并能相互转化。

3. G 蛋白效应器 G 蛋白活化后调控的底物称为 G 蛋白效应器,这些底物具有酶活性。G 蛋白调控的效应器酶主要有:腺苷酸环化酶(催化生成 cAMP)、磷脂酶 C(催化生成

三磷酸肌醇 IP_3 和二酰甘油 DG)、鸟苷酸环化酶(催化生成 cGMP)。G 蛋白效应器通过生成第二信使实现细胞外信号向细胞内的转导。

4. **第二信使** 环磷酸腺苷(cAMP)、三磷酸肌醇、二酰甘油、环磷酸鸟苷和 Ca^{2+} 。

三、酶联型受体介导的信号转导

酶联型受体是指其自身就具有酶的活性或能与酶结合的膜受体,可直接结合和激活胞质中的酶而不需要 G 蛋白。

1. **酪氨酸激酶受体** 胞内结构域具有酪氨酸激酶活性,能磷酸化下游蛋白的酪氨酸残基。大部分生长因子、胰岛素和一部分肽类激素是经这类受体将信号转导致细胞内。

2. **鸟苷酸环化酶受体** 是一种胞外为配体结合域而胞内为 GC 活性结构域的单个跨膜 α 螺旋。激活该受体的主要是心房钠尿肽。

3. **丝氨酸/苏氨酸激酶受体** 胞内具有丝氨酸/苏氨酸激酶活性。转化生长因子- β 受体等属于此类受体。

4. **招募型受体介导的信号转导** 无生物信号放大功能,主要配体是细胞因子等。

5. **核受体介导的信号转导** 脂溶性配体可直接进入细胞与胞质受体或胞核受体结合发挥作用。核受体一般处于静止状态,需活化后才能与靶基因 DNA 中称为激素反应元件的特定片段结合,调控其转录过程。

第三节 细胞的电活动

细胞在进行生命活动过程中都伴有电的现象,称为生物电。细胞生物电是由带电离子(Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 、 Ca^{2+})跨膜流动而产生的,表现为一定的跨膜电位,简称膜电位。神经、肌肉组织的快速信号传播是通过电信号实现的,而这些电信号的产生与传播都是由于细胞内、外两侧的电变化引起的。细胞的膜电位大体上有两种表现形式,即安静状态下相对平稳的静息电位和受刺激时发生的可传播的、迅速波动的动作电位。机体所有的细胞都具有静息电位,而动作电位仅见于神经细胞、肌细胞和部分腺细胞。

一、静息电位

(一) 静息电位的概念

细胞处于安静状态时存在于细胞膜两侧的内负外正的电位差称为**静息电位**。当细胞外液固定于零电位时,各类细胞其静息电位均为负值,如哺乳动物神经细胞约为 $-70mV$,骨骼肌细胞约为 $-90mV$,平滑肌细胞约为 $-55mV$,红细胞约为 $-10mV$ 。

安静时细胞膜两侧处于外正内负的状态称为**极化**;静息电位变大称为**超极化**(膜内电位负值增大),相反变小称为**去极化**(膜内电位负值减小);去极化至零电位之后进一步变为内正外负的部分称为**反极化**;去极化过程中膜电位高于零电位的部分称为**超射**;细胞膜去极化以后再向静息电位方向恢复的过程称为**复极化**。

(二) 静息电位的产生机制

由于钠泵的转运造成细胞内 K^+ 浓度高,而细胞外 Na^+ 浓度高,因此 K^+ 有向外扩散的浓度差驱动力,而 Na^+ 有向内扩散的浓度差驱动力。细胞安静时膜对 K^+ 的通透性较大,而对 Na^+ 的通透性很小,因此 K^+ 受到浓度差的驱动力向膜外扩散,随着 K^+ 的向外扩散,在细胞膜

外侧积聚,形成逐渐增大的内负外正的跨膜电位差,这一电位差对 K^+ 的进一步扩散起阻止作用形成电位差驱动力,这个内负外正的跨膜电位差的驱动力与 K^+ 浓度差的驱动力方向相反,当这两个力相等时,即膜两侧的电位差和浓度差驱动力的代数和(电化学驱动力)为零时, K^+ 不再有跨膜的净移动(净移动为零),此时的跨膜电位称为 **K^+ 平衡电位**。

K^+ 平衡电位的值可用 Nernst 公式来计算,计算得出 K^+ 平衡电位的数值(骨骼肌的是 -95mV)与安静时实际测到的膜两侧的电位差的数值(-80mV)很接近,然而静息电位的实测值并不等于 K^+ 平衡电位,而是略小于 **K^+ 平衡电位**。因为细胞在安静时,除有 K^+ 外流,还有少量的 Na^+ 内流,抵消了部分 K^+ 外流。

综上所述,静息电位(内负外正)的形成主要是由于细胞内 K^+ 顺浓度差向膜外扩散的同时,因细胞内大量带负电荷的蛋白质不能伴随 K^+ 向膜外扩散,这些带负电荷的蛋白质被阻挡在细胞膜的内侧,从而形成了安静时膜两侧内负外正的电位差。换句话讲静息电位的形成是因为细胞内的正负电荷被拆散的结果。

影响静息电位水平的因素,具体如下。

1) 膜内外 K^+ 浓度差,差值大,静息电位大。如果细胞外 K^+ 浓度升高, K^+ 在膜内外两侧浓度差减小,使 K^+ 外流减少,静息电位减小。

2) 膜对 K^+ 通透性增加,而对 Na^+ 的通透性不变, K^+ 外流增加,静息电位会变大。相反膜对 Na^+ 通透性增加,而对 K^+ 通透性不变, K^+ 外流减少,静息电位会变小。

3) 钠泵活动对静息电位也有影响,钠泵活动可使静息电位变大,但影响程度较小。

二、动作电位

(一) 动作电位的概念

动作电位是细胞在静息电位的基础上受到有效刺激后产生的一个迅速的可向远处传播的膜电位波动。神经细胞的动作电位包括锋电位和后电位两部分。

1. 锋电位 是动作电位的快速上升和快速下降而构成的脉冲样变化的部分。其上升支膜内负电位迅速消失,继而变成正电位(膜电位由 -90mV 上升到 $+20\text{mV}$),电位变化幅度 110mV ,上升支超过 0mV 的部分,称为**超射**;上升支达 $+20\text{mV}$ 后又迅速下降,膜内电位由正变负,恢复到静息电位水平,构成动作电位的下降支。峰电位具有动作电位的主要特征,是动作电位的标志。动作电位或锋电位的产生是细胞兴奋的标志。

2. 后电位 锋电位之后出现的膜电位的缓慢、低幅的波动。后电位包括两个部分,前段小于静息电位的部分称为**后去极化电位**(负后电位),后段大于静息电位的部分称为**后超极化电位**(正后电位)。

动作电位的特点具体如下。

1) **“全或无”现象**:是指动作电位一旦产生,其幅度不随刺激强度的增强而增大的现象。

2) **不衰减传播**:动作电位产生后沿膜迅速向四周传播,其幅度和波幅不随传导距离的增加而衰减。

3) **脉冲式发放**:连续刺激所产生的多个动作电位间总有一定间隔而不会融合,呈个个分离的脉冲式发放。因动作电位具有不应期。

(二) 动作电位的产生机制

动作电位的产生与离子在膜两侧电化学驱动力的变化、离子通透性的改变相关联。在