

21世纪高等医学院校
学习指南系列

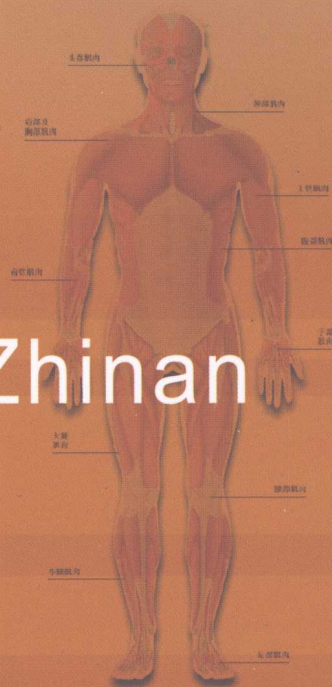
生理学学习指南

主 编 王 滨 齐晓娟

生理学
学习指南

Shenglixue Xuexi Zhinan

21世纪高等医学院校学习指南系列



第二军医大学出版社

要 录 内

生理学学习指南

版次(CIP)目次附录五

主 编 王 滨 齐晓娟

编 委 (按姓氏笔画排序)

牛淑冬 王 滨 王月飞

王玉阁 卢长柱 刘志敏

齐晓娟 陈 鹏 金淑英

孟凡谋 赵 堃 赵红晔

徐启华

第二军医大学出版社

内 容 提 要

本书是第7版《生理学》教材的配套用书,系编者结合教学中实践经验和学生学习规律精心编写。本书分12章,各个章节分学习重点难点、内容简析、自测题、参考答案四个部分进行阐述。

本书既可作为医药院校医学生学习用书,又可作为医药卫生工作者继续教育的参考书。对学生复习、预习和考试以及执业医师资格考试、研究生入学考试均有帮助。

图书在版编目(CIP)数据

生理学学习指南/王滨,齐晓娟主编. —上海:第二军医大学出版社,2008.8

(21世纪高等医学院校学习指南系列)

ISBN 978-7-81060-839-8

I. 生… II. ①王…②齐… 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(2008)第 048499 号

出 版 人 石进英

责任编辑 高 标 姜 昊

生理学学习指南

主 编 王 滨 齐晓娟

第二军医大学出版社出版发行

上海市翔殷路 800 号 邮政编码:200433

发行科电话/传真:021-65493093

全国各地新华书店经销

江苏通州印刷总厂有限公司印刷

开本:787×1092 1/16 印张:15.25 字数:367千字

2008年8月第1版 2008年8月第1次印刷

印数:1~4000册

ISBN 978-7-81060-839-8/R·658

定价:28.00元

21 世纪高等医学院校学习指南系列

编 委 会

主任委员 刘吉成

副主任委员 张晓杰

委 员(按姓氏笔画排序)

王淑清 刘金煜 刘新堂

孙要武 孙迎春 杨立群

李 莉 李 涛 李荐中

李静平 张 浩 张春娣

张淑丽 苗 术 孟宪洪

崔光成 潘洪明

秘 书 云长海 李福森 韩 霜

前 言

为了适应迅速发展的医学教育的需要,帮助医学生掌握正确的学习、复习和应试技巧,指导他们出色地完成生理学学习,提高教学质量,齐齐哈尔医学院、北京中医药大学、黑龙江中医药大学等院校的专家,联合编写了《生理学学习指南》一书。

《生理学学习指南》由多名教学经验丰富的专家参与编写,依据医学生生理学本科教学大纲及执业医师考试要求,以普通高等教学国家级规划教材《生理学》第7版为蓝本。在内容安排上,与《生理学》教材的章节相对应,按重点难点、内容简析、自测题和参考答案四个部分编写。自测题题型选择目前各类考试中常见的、具有代表性的选择题、填空题、判断题、名词解释、简答题和论述题,各章节适当地增加了联系临床知识的思考题,并在每章节的后面附有参考答案。参考答案力求简明扼要、突出重点,对所有试题均给予解答,对学生消化吸收相关知识和复习、考试带来了极大的方便。

在本书的编写过程中,我们努力体现新世纪课程教材的思想性、科学性、先进性、启发性和实用性,力求选题合理、答案准确、分析精辟。

本书得到了北京中医药大学刘志敏教授、黑龙江中医药大学金淑英教授的大力支持,并提出了许多建设性意见。另外,在编写过程中得到了齐齐哈尔医学院各级领导及学生的支持,我们对此表示衷心感谢。

本书主要供医学院校本、专科学生、医师资格考试、研究生考试复习使用,也可作为教师教学参考书。由于我们的知识水平有限,书中难免有不当及错误之处,敬请专家与读者批评指正。

编 者

2008年3月

目 录

第一章 绪论	(1)
第二章 细胞的基本功能	(9)
第三章 血液	(31)
第四章 血液循环	(48)
第五章 呼吸	(97)
第六章 消化和吸收	(113)
第七章 能量代谢与体温	(130)
第八章 尿的生成和排出	(139)
第九章 感觉器官的功能	(163)
第十章 神经系统的功能	(173)
第十一章 内分泌	(203)
第十二章 生殖	(226)

第一章 绪 论

【重点难点】

重点 机体内环境与稳态的概念和意义;生理功能的调节方式:神经调节、体液调节和自身调节的概念与特点;体内的反馈控制系统:正、负反馈的概念与意义。

难点 前馈控制系统。

【内容简析】

一、机体的内环境与稳态

体液按其分布的不同可分为:细胞内液(约占体重的40%)和细胞外液(约占体重的20%)。细胞外液主要是由组织液和血浆组成的,细胞外液是细胞直接接触和生活的环境,故又称其为内环境(internal environment)。

内环境是相对于外环境而言的,内环境中的各种理化性质是保持相对稳定的,这种相对稳定的状态称为稳态(homeostasis)。稳态是在一定水平上的、动态的平衡。内环境的稳态是细胞、组织和器官维持正常生命活动的必要条件。一旦内环境稳态遭受破坏,将引起机体某些功能紊乱,导致疾病。

二、机体生理功能的调节

1. 生理功能的调节方式

(1) 神经调节

1) 神经调节(nervous regulation)的基本方式是反射。反射是指在中枢神经系统参与下,机体对内、外环境变化(刺激)产生的规律性应答反应。反射活动的结构基础是反射弧,它由感受器、传入神经、中枢、传出神经和效应器五个部分组成。

2) 神经调节的特点:反应迅速、精确、短暂。

(2) 体液调节

1) 体液调节(humoral regulation)是指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。体液调节可通过多种作用途径发挥作用:远距分泌、旁分泌和神经分泌。

2) 体液调节特点:反应缓慢,作用范围广而持久。

(3) 自身调节

1) 自身调节(autoregulation)是指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。

2) 自身调节特点:调节幅度小,影响范围小,灵敏度较低。

2. 体内的控制系统

(1) 反馈 机体的反馈控制系统是一种闭环系统,即控制部分发出信号改变受控制部分的活动;由受控部分发出的信息反过来影响控制部分的活动,称为反馈(feedback)。由被

控制部分返回到控制部分的信息称为反馈信息。根据反馈信息对控制系统强度影响的不同,可以将反馈分为正反馈与负反馈两种不同类型。

(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,称为负反馈(negative feedback)。负反馈的作用是使机体的活动保持稳定。典型的负反馈调节的实例在机体内较为多见,如:体温的调节、血糖浓度的调节和血压的调节等。通过负反馈调节使系统维持相对稳定状态,因此,负反馈调节是机体维持内环境稳态的最重要的一种调节方式。

(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,称为正反馈(positive feedback)。正反馈使原控制效应得到加强,促使生理控制过程加强加快。正反馈的实例常见于需要快速完成的一些生理过程之中,如:血液凝固、排便反射、排尿反射和分娩过程等。这些生理过程一旦发动,就会通过正反馈不断增强和加速,保障在最短的时间内得以完成。

【自测题】

一、选择题

A 型题

- 人体生理学的任务在于阐明人体各器官和细胞的
 - 物理和化学变化的过程
 - 形态结构及其与功能的关系
 - 物质与能量代谢的活动规律
 - 功能表现及其内在机制
 - 生长、发育和衰老的整个过程
- 下列不属于生命基本特征的是
 - 兴奋性
 - 生殖
 - 应激
 - 新陈代谢
 - 适应性
- 机体的内环境是指
 - 体液
 - 细胞内液
 - 细胞外液
 - 血浆
 - 组织液
- 内环境的稳态是指
 - 细胞内液化学成分相对稳定
 - 细胞外液化学成分相对稳定
 - 细胞内液理化性质保持不变
 - 细胞外液理化性质保持不变
 - 细胞外液理化性质相对稳定
- 机体功能调节的主要方式是
 - 反馈调节
 - 体液调节
 - 自身调节
 - 神经调节
 - 神经-体液调节
- 神经调节的特点是
 - 作用广泛
 - 反射效应相对迟缓
 - 调节幅度大
 - 调节作用持久
 - 反应迅速、精确、短暂
- 体液调节的特点是
 - 调节幅度大
 - 反应迅速而且准确

- C. 作用的范围广而持久 D. 调节的敏感性强
E. 作用的范围局限而且反应较慢
8. 下列生理过程中,不属于正反馈调节的是
A. 排尿反射 B. 排便反射 C. 减压反射
D. 血液凝固 E. 分娩
9. 使某一生理过程很快达到高潮并发挥其最大效应,依靠体内
A. 非自动控制系统 B. 正反馈控制系统 C. 负反馈控制系统
D. 前馈控制系统 E. 神经和内分泌系统
10. 属于负反馈调节的是
A. 血液凝固 B. 分娩过程 C. 排尿反射
D. 排便反射 E. 降压反射
11. 维持机体内环境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. 正反馈调节 E. 负反馈调节
12. 与反馈相比,前馈控制的特点是
A. 快速生效 B. 产生震荡 C. 无预见性
D. 适应性差 E. 不会失误

B型题

- A. 分子水平的研究 B. 细胞水平的研究 C. 器官水平的研究
D. 系统水平的研究 E. 整体水平的研究
1. 对低氧条件下循环与呼吸活动的改变及相互影响的研究属于
2. 对神经递质的合成与受体蛋白的基因表达的研究属于
3. 对心脏射血过程的研究属于
A. 感受器 B. 传入神经 C. 中枢
D. 传出神经 E. 效应器
4. 肌肉、腺体属于
5. 皮肤及黏膜中的游离神经末梢属于
6. 躯体运动神经属于
7. 降压反射中的窦神经属于
A. 神经调节 B. 体液调节 C. 神经-体液调节
D. 自身调节 E. 反馈控制
8. 胰岛素对细胞代谢的影响
9. 在一定范围内,心肌纤维的初长越长,其收缩强度越大属于
10. 应激反应时,糖皮质激素分泌增多属于
A. 反馈 B. 反馈信息 C. 正反馈
D. 负反馈 E. 前馈
11. 由受控部分将信息传回到控制部分的过程称为
12. 反馈信息使控制部分的作用不断加强称为
13. 反馈信息使控制部分的活动向相反方向转化称为

14. 干扰信号通过体内的感受装置直接作用于控制部分称为

C 型题

- A. 机体的外环境
 - B. 机体的内环境
 - C. 两者都是
 - D. 两者都不是
1. 组织液属于
 2. 淋巴属于
 3. 细胞内液属于
 4. 血浆属于
 5. 胃肠道内的液体属于
 - A. 神经调节
 - B. 体液调节
 - C. 两者都是
 - D. 两者都不是
 6. 血糖相对稳定的调节是
 7. 参与光照视网膜引起瞳孔缩小的调节是
 8. 肾血流量保持相对恒定的调节是
 9. 唾液分泌调节是
 10. 旁分泌调节是
 11. 胃液分泌调节是
 - A. 正反馈控制
 - B. 负反馈控制
 - C. 两者都是
 - D. 两者都不是
 12. 属于开环系统的是
 13. 属于闭环系统的是
 14. 病理情况下出现的恶性循环是
 15. 对维持内环境稳态有重要作用的是

X 型题

1. 内环境包括
 - A. 血液
 - B. 细胞内液
 - C. 血浆
 - D. 组织液
 - E. 淋巴
2. 神经调节的特点有
 - A. 基本方式是反射
 - B. 反应速度快
 - C. 作用持续时间较短
 - D. 反应范围较精确
 - E. 作用范围广泛
3. 体液调节的特点有
 - A. 反应速度慢
 - B. 反应速度快
 - C. 反应准确
 - D. 作用持续时间长
 - E. 作用范围广泛
4. 下列哪些生理功能调节属于负反馈控制
 - A. 体温调节
 - B. 降压反射
 - C. 排尿反射
 - D. 血液凝固
 - E. 动作电位产生时 Na^+ 通道的开放
5. 下列哪些是正反馈控制的特点
 - A. 维持机体的内环境稳态
 - B. 所控制的过程为不可逆的
 - C. 动作电位产生时 Na^+ 通道的开放是正反馈

D. 使生理过程一旦发动就逐步加强直至完成

E. 有前瞻性

二、填空题

1. 动物实验可分为_____和_____实验两大类。
2. 机体的内环境是指_____,内环境的理化性质是保持_____的。
3. 机体功能活动调节方式主要有_____,_____和_____三种。
4. 人体功能的最主要调节方式是_____其基本活动方式是_____。
5. 反馈调节包括_____和_____。维持内环境稳态中,机体进行的调节过程一般属于_____反馈的过程。
6. 正反馈主要是在需要逐步_____直至完成的生理活动调节中发挥作用。在病理条件下有些正反馈可引起_____,甚至导致机体死亡。

三、判断题

1. 刺激是指引起组织发生反应的外环境变化。
2. 可兴奋组织是指肌肉、腺体和神经。
3. 凡具有兴奋性的组织,一旦接受刺激后必定会发生兴奋。
4. 在一定的刺激作用时间下,引起组织兴奋所必需的最小刺激强度称为阈强度或阈值。
5. 食物进入口腔后引起唾液分泌属于神经调节。
6. 局部体液调节就是自身调节。
7. 细胞内液即机体内环境。
8. 稳态是一种相对的、动态的稳定状态。
9. 负反馈是指使机体功能下降的调节性信息。
10. 正反馈的重要作用在于维持机体的稳态。

四、名词解释

1. 内环境
2. 稳态
3. 神经调节
4. 反射
5. 体液调节
6. 负反馈
7. 正反馈

五、简答题

1. 简述内环境、稳态及其意义。
2. 简述人体功能活动的主要调节方式及特点。
3. 举例说明以反射弧为结构基础、以反射为基本方式的神经调节过程。
4. 举例说明体内负反馈和正反馈的调节过程及其生理意义。

六、思考题

1. 在器官水平的生理学研究中所用的动物实验方法有哪些? 并比较它们的优缺点。
2. 比较反应、反射和反馈。

【参考答案】

一、选择题

A型题

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

B型题

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

C型题

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

X型题

1. CDE 2. ABCD 3. ADE 4. AB 5. BCD

二、填空题

- 急性 慢性
- 细胞外液 相对稳定
- 神经调节 体液调节 自身调节
- 神经调节 反射
- 正反馈 负反馈 负
- 增强或促进 恶性循环

三、判断题

1. 错 2. 对 3. 错 4. 对 5. 对 6. 错 7. 错 8. 对 9. 错 10. 错

四、名词解释

- 是指细胞在体内直接生活的液体环境,即细胞外液。
- 内环境的各种物理、化学性质保持相对稳定的状态。
- 多细胞生物体通过反射活动而影响其生理功能的一种调节方式,在人体生理功能调节中占主导地位,主要调节肌肉和腺体的活动。
- 是指在中枢神经系统参与下,机体对内外环境变化所作出的规律性应答。
- 是指体内产生的一些特殊的化学物质经体液途径(主要是血液),对某些特殊的细胞或组织器官的活动进行调节的过程。
- 受控部分发生的反馈信息促进与加强了控制部分的活动,最终使受控部分的活动朝着与它原先的活动相反的方向改变,称为负反馈。
- 受控部分发生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的相同方向改变,称为正反馈。

五、简答题

- 1) 机体细胞生活的液体环境即细胞外液称为机体的内环境,其主要作用是为机体细胞提供必要的理化条件和营养物质,并接受细胞的代谢产物,从而使细胞的各种酶促反应和生理功能得以正常进行,内环境最重要的特征是其理化性质能保持相对稳定。

这正是维持整个机体生存的必要条件,是机体自由和独立生存的首要条件。

2) 内环境理化性质相对稳定的状态称为稳态。稳态是一种复杂的由体内各种调节机制维持的动态平衡。整个机体的生命活动正是在这种动态平衡中维持和进行的,一旦稳态遭到破坏,就会导致机体呈病态甚至死亡。目前,稳态的概念已经不仅指内环境理化性质的动态平衡,而且还包括机体各种生理功能保持协调、稳定的生理过程。

2. 主要调节方式有神经调节、体液调节和自身调节。其特点有:

1) 神经调节的特点是迅速、精确、短暂。

2) 体液调节的特点是缓慢、持久、广泛。

3) 自身调节的特点是调节范围较小,也不十分灵敏。

3. 以瞳孔对光反射为例。瞳孔大小随光照强度而变化的反应,是一种神经反射,称为瞳孔对光反射,即用强光照射人眼时,瞳孔就立即缩小的反射。当用强光刺激人眼时,光线刺激视网膜上感光细胞(感受器),感受器换能将光刺激信号转换成电信号→电信号以神经冲动的方式沿视神经(传入神经)上传→中脑顶盖前区(反射中枢),反射中枢整合信息,下达指令→沿动眼神经(传出神经)下传→瞳孔括约肌(效应器)收缩,瞳孔缩小,达到减少进入眼睛光线的保护目的。反射活动的完成有赖于反射弧结构和功能的完整。也就是说,反射弧的五个部分中任何一个部分结构或功能遭到破坏时,反射活动都将无法完成。

4. 在体内自动控制系统中,一方面,控制部分发出信号控制受控部分的活动;另一方面,受控部分发出的信息反过来影响控制部分的活动,这就是反馈控制。受控部分发出的反馈信息调整控制部分的活动,最终使受控部分活动朝着与它原先活动相反的方向改变,称为负反馈;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的相同的方向改变,称为正反馈。

负反馈的生理意义在于维持生理功能的相对稳定。例如,当动脉(属于受控部分)血压升高时,可通过一定的途径抑制心血管中枢(属于控制部分)的活动,使血压下降;相反,当动脉血压降低时,又可通过一定的途径增强心血管中枢的活动,使血压升高,从而维持血压的相对稳定。正反馈的生理意义则在于促使某一生理过程迅速加强,直至发挥最大效应。例如,在排尿反射中,当排尿中枢(属于控制部分)发动排尿“指令”后,由于尿液刺激了后尿道(属于受控部分)的感受器,受控部分不断发出反馈信息进一步加强排尿中枢的活动,使排尿反射进一步加强,直至尿液排完为止。

六、思考题

1. 器官水平的生理学研究方法包括慢性动物实验和急性动物实验两大类。慢性动物实验主要是在无菌条件下对健康动物进行手术并康复后,在接近正常的情况下,观察该器官的功能。这类实验方法便于观察某一器官在正常情况下的功能活动以及它在整体功能活动中的地位,但不便于具体分析这一器官的生理特性,以及与其他器官间的具体关系。急性动物实验又分为在体实验和离体实验。在体实验是在无痛条件下剖开动物,对一两个器官进行实验观察。这种方法比慢性实验简单,易于控制条件,有利于观察器官间的具体关系和分析某一器官功能活动的过程与特点,但与正常生活条件下的功能是有差别的。离体实验是从动物体内取出某一器官或某一组织,置于

适宜的人工环境中,使之在短时间内基本保持正常功能。这种方法有利于排除其他因素的影响,观察某一器官、组织的基本生理特性,但不一定能够代表在正常机体内的情况。

2. 1) 生物体在环境发生变化时,其内部的代谢及外部活动将发生相应的改变,这种改变称为反应。反应有两种形式,即兴奋和抑制,是有机体具有兴奋性的基本表现形式。而机体具有对内、外环境中的各种刺激发生反应的能力或特性称为兴奋性。
 - 2) 反射是指在中枢神经系统的参与下,机体对内、外环境中的刺激所作出的规律性应答的反应。反射是机体对刺激产生反应的一种方式,是神经调节的基本方式。反射的结构基础是反射弧,它由感受器、传入神经、反射中枢、传出神经和效应器五个环节组成,其中任一部分遭到破坏,反射便不复存在。
 - 3) 反馈指的是在机体活动的自动控制系统中,来自受控部分的返回信息对控制部分的调控作用,以修正和调整控制信息的质和量,使自动控制的作用更加精确、完善。反馈只是反应或反射过程中的有关环节。
- 由此可见,反应、反射和反馈三者是有区别的。

(赵红晔)

第二章 细胞的基本功能

【重点难点】

重点 细胞膜的跨膜物质转运：单纯扩散、膜蛋白介导的跨膜转运及出胞和入胞；神经和骨骼肌细胞的生物电现象：细胞的静息电位和动作电位；兴奋、兴奋性和可兴奋细胞；动作电位的引起和它在同一细胞的传导，横纹肌的收缩机制；横纹肌的兴奋-收缩耦联；影响横纹肌收缩效能的因素：前负荷、后负荷、肌肉收缩能力和收缩的总和。

难点 神经和骨骼肌细胞静息电位和动作电位的产生机制；前负荷、后负荷、肌肉收缩能力改变及收缩的总和对肌肉收缩效能的影响。

【内容简析】

一、细胞膜的基本结构和物质转运功能

细胞膜是细胞的屏障，也称质膜。细胞膜结构的公认模型——液态镶嵌模型(fluid mosaic model)，其基本观点是：膜的基架是液态的脂质双分子层，其间镶嵌着许多具有不同结构和功能的蛋白质。

·质膜转运物质的形式可归纳为以下几种类型：

1. 单纯扩散

1) 单纯扩散(simple diffusion)指脂溶性物质由膜的高浓度一侧向低浓度一侧移动的过程。

2) 影响单纯扩散的主要因素：①膜两侧的溶质分子浓度梯度浓度差；②膜对该物质的通透性。

3) 目前认为，以单纯扩散方式通过细胞膜的物质主要有 O_2 和 CO_2 等。

2. 膜蛋白介导的跨膜转运

可分为被动转运(passive transport)和主动转运(active transport)两大类。被动转运本身不需要消耗能量，是物质顺浓度梯度和(或)电位梯度进行的跨膜转运；主动转运是消耗能量的、逆浓度梯度和(或)电位梯度进行的跨膜转运，可分为原发性主动转运和继发性主动转运两种。

(1) 通道介导的跨膜转运

也称经通道易化扩散(facilitated diffusion via ion channel)：指溶液中的 Na^+ 、 Cl^- 、 Ca^{2+} 等带电离子，借助于通道蛋白的介导，顺浓度梯度或电位梯度的跨膜流动。经通道介导的溶质几乎都是离子，因而通道也称离子通道。离子通道有离子选择性和门控两个基本特征。

根据对不同刺激的敏感性，离子通道可分为3类：①电压门控通道；②化学门控通道；③机械门控通道。

(2) 载体介导的跨膜转运

载体也称转运体，是介导小分子物质跨膜转运的另一种膜蛋白。具有以下特点：①结

构特异性;②饱和现象;③竞争抑制。与经通道转运不同,经载体转运有被动转运和主动转运两种方式,后者再分为原发性主动转运和继发性主动转运两种形式。

1) 经载体易化扩散(facilitated diffusion via carrier): 指水溶性的小分子物质借助载体蛋白的介导,顺浓度梯度或电位梯度的跨膜流动。经载体易化扩散转运的物质主要是一些营养物质,如葡萄糖、氨基酸等。

有的载体只能将一种物质从膜的一侧转运到另一侧,这称为单(物质)转运,其载体称为单(物质)转运体。如被转运的分子或离子都向同一方向运动,即称为同向转运,其载体称为同向转运体;如被转运物彼此向相反的方向运动,则称为反向转运或交换,其载体称为反向转运或交换体。

在单纯扩散和易化扩散的方式中,物质都是顺着电-化学梯度而移动,转运过程本身不需要消耗能量,故这两种转运方式属于被动转运。

2) 原发性主动转运(primary active transport): 是最重要的物质转运形式,指离子泵分解 ATP 产生的能量将离子逆浓度梯度和(或)电位梯度进行跨膜转运的过程。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)和钙泵,钠泵每分解 1 分子 ATP,可逆浓度差泵出 3 个 Na^+ ,同时摄入 2 个 K^+ ,保证细胞外高 Na^+ 、细胞内高 K^+ ,从而建立 Na^+ 、 K^+ 的势能储备。各种离子泵转运离子都是消耗能量的过程,这是主动转运与单纯扩散和易化扩散的主要区别。

3) 继发性主动转运(secondary active transport): 是指驱动力并不直接来自 ATP 的分解,而是来自原发性主动转运所形成的离子浓度梯度而进行的物质逆浓度梯度和(或)电位梯度的跨膜转运方式。继发性主动转运就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。例如,氨基酸,葡萄糖在小肠黏膜上皮的主动吸收。

单纯扩散和膜蛋白介导的跨膜转运有一个共同之处,就是被转运物质都是以分子或离子的形式通过细胞膜的,都是小分子物质。

3. 出胞和入胞

(1) 出胞

出胞(exocytosis)是指胞质内的大分子物质以分泌囊泡的形式排出细胞的过程。

(2) 入胞

入胞(endocytosis)是指大分子物质或物质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,并分别称为吞噬和吞饮。

出胞和入胞都是耗能的主动转运过程。

二、细胞的信号转导

细胞的跨膜信号转导可分为三类:离子通道型受体介导的信号转导、G 蛋白耦联受体介导的信号转导和酶耦联受体介导的信号转导。

三、细胞的电活动

生物体活细胞在安静和活动时都存在电活动,这种电活动称为生物电现象(bioelectricity)。它包括静息电位和动作电位。

1. 静息电位及其产生机制

(1) 定义

静息时,膜两侧存在着外正内负的电位差称为静息电位(resting potential, RP)。

(2) RP 产生的机制

静息电位的产生必须具备以下两个前提条件:

1) 膜两侧的离子分布不均,存在浓度差:是由钠泵活动形成的,膜内 K^+ 浓度较膜外高约 30 倍,膜外 Na^+ 浓度较膜内高约 10 倍。

2) 静息时,膜对某些离子具有一定通透性。

在静息状态下,细胞内 K^+ 浓度高于细胞外,静息时膜上的 K^+ 通道开放, K^+ 顺浓度差外流,膜内 A^- 不能一同外流,造成膜内正外负的状态。随着 K^+ 的进一步外流,促使 K^+ 外流的动力,即 K^+ 的浓度差减小,而由外流的 K^+ 形成的外正内负的电位差所形成的阻力则增大。当促使 K^+ 外流的动力与阻碍 K^+ 外流的阻力相等,即 K^+ 的电化学势能为零时,膜内外不再有 K^+ 的净移动,膜内外的电位差保持在一个稳定状态,即静息电位。因此,静息电位是 K^+ 外流所形成的平衡电位,即是 K^+ 的平衡电位。

影响静息电位水平的因素有:①细胞外 K^+ 浓度;②膜对 K^+ 和 Na^+ 的相对通透性;③钠泵活动的水平。

2. 动作电位及其产生机制

(1) 定义

动作电位(action potential, AP)是指在静息电位的基础上,给细胞一个适当的刺激可触发其产生可传播的膜电位波动。

动作电位是由锋电位和后电位组成的。由于动作电位幅度大、时间短,上升支和下降支之间形成尖峰状的电位变化,故又称锋电位,锋电位是动作电位的主要组成部分,具有动作电位的主要特征。在锋电位后出现的膜电位低幅、缓慢的波动,称为后电位。动作电位有两个重要的特征,即它的“全或无”特征和可传播性。

(2) AP 产生的机制

动作电位产生的机制与静息电位相似,都与细胞膜的通透性及离子转运有关。AP 产生的机制如下:

1) 上升支(去极化过程)的形成:当细胞受刺激而兴奋时,膜对 Na^+ 通透性增大,对 K^+ 通透性减小,于是细胞外的 Na^+ 顺浓度梯度和电梯度向胞内扩散,导致膜内负电位减小,直至膜内电位比膜外高,形成内正外负的反极化状态。当促使 Na^+ 内流的浓度梯度和阻止 Na^+ 内流的电梯度,这两种拮抗力量相等时, Na^+ 内流停止。因此,动作电位的去极化过程相当于 Na^+ 内流所形成的,是 Na^+ 平衡电位。

2) 下降支(复极化过程)的形成:当细胞膜去极化到峰值时, Na^+ 通道失活,此时 K^+ 通道开放, K^+ 顺浓度差外流,直到回到静息电位水平。

可兴奋细胞每发生一次动作电位,总会有一部分 Na^+ 在去极化过程中扩散到细胞内,并有一部分 K^+ 在复极化过程中扩散到细胞外,形成细胞内 Na^+ 浓度升高、细胞外 K^+ 浓度升高的状态,激活了钠-钾泵,于是钠泵加速运转,分解 ATP 释放能量,将胞内增多的 Na^+ 泵出胞外;同时,将胞外增多的 K^+ 泵入胞内,以恢复静息状态的离子浓度和分布,保持细胞的正常兴奋性,所以,动作电位是可兴奋细胞兴奋的标志。

(3) 动作电位的传播

细胞膜某一部分产生的动作电位可以局部电流的形式沿细胞膜传导。