

医学高等专科学学习指导丛书

中央广播电视大学医科类大专教材

■ 朱文玉 王黎光 主编

Renti Shenglixue
Xuxi Zhidao

人体生理学

学习指导

(第二版)

● Renti Shenglixue Xuxi Zhidao

北京大学医学出版社

医学高等专科学校学习指导丛书
中央广播电视大学医科类大专教材

人体生理学学习指导

(第二版)

主 编 朱文玉
王黎光

编写人名单(按姓氏笔画排列)

王黎光	邯郸医学高等专科学校
朱文玉	北京大学医学部
曲瑞瑶	首都医科大学
宋文珍	邯郸医学高等专科学校
陈冬志	河北省职工医学院
张明艳	河北省职工医学院
岳 华	河北医科大学中医学院
周崇坦	河北省承德医学院
赵春秀	华北煤炭医学院
南瑞生	内蒙古医学院
崔浩军	内蒙古医学院

北京大学医学出版社

RENTI SHENGLIXUE XUEXI ZHIDAO

图书在版编目(CIP)数据

人体生理学学习指导/朱文玉, 王黎光主编. —2版.

北京: 北京大学医学出版社, 2003.1

ISBN 7-81071-416-3

I. 人… II. ①朱… ②王… 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 (2002) 第 098129 号

人体生理学学习指导

主 编: 朱文玉 王黎光

出版发行: 北京大学医学出版社 (电话: 010-82802230)

地 址: (100083) 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: 北京地泰德印刷有限公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 暴海燕 责任校对: 周励 责任印制: 郭桂兰

开 本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 16 字数: 402 千字

版 次: 2003 年 1 月第 2 版 2005 年 1 月第 3 次印刷 印数: 40001-50000

书 号: ISBN 7-81071-416-3/R·416

定 价: 22.80 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)

再版前言

《人体生理学学习指导》是与《人体生理学》配套的辅助教材。《人体生理学》第二版已于2002年3月出版,本书是在第一版的基础上,根据新版主教材编写的。

本版删减了第一版中陈旧的、不适当的内容,并按国家执业医师资格考试临床助理医师考试的要求,增补了新内容、新题型。例如,在内容上增加了第十三章衰老,在强化练习题中增补了B型题和X型题。

本书的特点是内容力求少而精,突出重点。通过对本书中各章复习要点和强化训练习题的学习,可以帮助同学在考前用较少的时间,掌握住重点知识,提高复习效率,系统地检验自己对知识掌握的程度。

由于我们认识和水平的限制,书中难免会存在一些不足之处,恳切希望广大读者予以批评指正。

编者

2002年10月

强化练习题使用说明

本书强化练习题共包括四种习题:名词解释、填空题、选择题(A型题、B型题、X型题)和问答题。

一、名词解释 答题时要根据每个名词简要精练地将其主要含义准确地进行解释。

二、填空题 每题由一段含有一处或几处空白,以“_____”表示的叙述构成,答题时要求将适当的词填入空白处,使这段叙述完整而正确。

三、选择题

A型题 在每一题下面有A、B、C、D、E五个备选答案,其中只能选择一个最佳或最正确的答案。

B型题 在一组题目的前面有A、B、C、D、E五个共用备选答案,每题从备选答案中选出最合适的一个。每项备选答案可被选用一次、多次或不选。

X型题 在所列的五个备选答案中,可选2~5个不等的答案。

四、问答题 答题时要求简明扼要,含义正确,不遗漏要点即可。

目 录

第一章 绪 论.....	1	参考答案.....	134
复习要点.....	1	第八章 肾脏的排泄功能.....	138
强化训练习题.....	3	复习要点.....	138
参考答案.....	6	强化训练习题.....	143
第二章 细胞的基本功能.....	9	参考答案.....	153
复习要点.....	9	第九章 神经系统.....	159
强化训练习题.....	15	复习要点.....	159
参考答案.....	25	强化训练习题.....	167
第三章 血 液.....	32	参考答案.....	181
复习要点.....	32	第十章 感觉器官.....	190
强化训练习题.....	36	复习要点.....	190
参考答案.....	44	强化训练习题.....	192
第四章 血液循环.....	49	参考答案.....	199
复习要点.....	49	第十一章 内分泌.....	203
强化训练习题.....	61	复习要点.....	203
参考答案.....	76	强化训练习题.....	209
第五章 呼 吸.....	86	参考答案.....	218
复习要点.....	86	第十二章 生 殖.....	224
强化训练习题.....	92	复习要点.....	224
参考答案.....	101	强化训练习题.....	226
第六章 消化和吸收.....	106	参考答案.....	229
复习要点.....	106	第十三章 衰 老.....	232
强化训练习题.....	111	复习要点.....	232
参考答案.....	120	强化训练习题.....	233
第七章 能量代谢和体温.....	124	参考答案.....	235
复习要点.....	124	模拟试卷(一).....	237
强化训练习题.....	128	模拟试卷(二).....	242

第一章 绪 论

复习要点

一、什么是生理学？

生理学是一门研究正常状态下机体功能活动规律的科学，是医学中的一门重要基础学科，同时，生理学也是一门实验性科学，其研究分为三个水平：整体水平、器官和系统水平、细胞和分子水平。三个水平的研究是互相补充的。

二、生命活动的基本特征

生命活动的基本特征主要有新陈代谢、兴奋性、适应性和生殖 4 个方面。

1. 新陈代谢 机体不断地破坏和清除自身衰老的结构，同时又不断地重新建造自身结构的过程称为新陈代谢。新陈代谢包含物质转化和能量转化两个密不可分的过程，物质在合成时需要摄取利用能量，物质在分解过程中又会将蕴藏在其内的化学能量释放出来。

2. 兴奋性

(1) 刺激与反应：生理学中常将引起机体发生一定反应的内外环境的变化称为刺激，而将刺激引起机体的变化称为反应。

(2) 刺激引起反应必备的三个条件是：足够的刺激强度；足够的刺激作用时间；刺激强度的变化率。

如果将刺激作用时间和强度变化率固定不变，则刚能引起组织细胞产生反应的最小刺激强度称为阈强度，简称阈值。刺激强度小于阈值或大于阈值的刺激分别称为阈下刺激或阈上刺激。

(3) 兴奋性的概念 组织细胞对刺激产生动作电位的能力称为兴奋性。动作电位是可兴奋组织受阈或阈上刺激后都会产生的一种共同的生物电反应。

当组织细胞受刺激后产生了动作电位就称之为兴奋。

不同组织细胞，或同一种组织细胞在不同情况下的兴奋性是不同的，最常用来衡量组织细胞兴奋性的指标是阈值。兴奋性高的组织细胞，对弱的刺激便能产生兴奋，即其刺激阈值小；只对很强的刺激才产生兴奋的组织，表示其兴奋性较低，其刺激阈值也高。简言之，组织细胞兴奋性的高低与阈值的大小呈反变关系，即兴奋性 $\propto 1/\text{阈值}$ 。

3. 适应性 机体根据内外环境的变化而调整体内各部分活动和相互关系的功能称为适应性。适应性分为行为适应和生理适应两种。行为适应属于本能行为，常表现为躯体活动的改变；生理适应是指身体内部的协调性反应。

4. 生殖 男女两种个体中发育成熟的生殖细胞相结合而形成与自己相似的子代个体的功能称为生殖。

三、内环境及其稳态

1. 体液 人体内的液体总称体液,约占身体重量的60%。分布于细胞内的体液为细胞内液;分布于细胞外的体液称为细胞外液。细胞外液包括血浆、组织液、淋巴液和脑脊液。细胞外液约占体液的1/3。

2. 内环境 内环境就是指细胞外液,是细胞直接生活的环境。细胞从内环境中摄取营养物质与氧,并向内环境中排出代谢尾产物。

3. 稳态 内环境理化性质相对恒定的状态称为稳态。稳态的保持是一个不断破坏和不断恢复的过程,因此是一种动态的、相对稳定的状态,体内各器官在神经体液调节下参与了稳态的维持。

四、生理功能的调节

主要有神经调节、体液调节和自身调节三种方式。

1. 神经调节 是指通过神经系统的活动,对体内各组织器官的功能所进行的调节。

(1) 反射:机体在中枢神经系统参与下对刺激发生的规律性反应称为反射。反射是神经调节的基本方式。

(2) 反射弧:反射弧是反射活动的结构基础,包括感受器、传入神经、中枢、传出神经和效应器5个部分。其中任何一部分的结构和功能受破坏,反射活动将不能完成。

(3) 反射按其形成的条件和反射弧的特点分为非条件反射和条件反射两种(详见第九章)。

(4) 神经调节的特点:反应速度快、准确、持续时间较短暂。

2. 体液调节 是指体内产生的一些化学物质(激素、代谢产物等)通过体液途径(血液、组织液、脑脊液)对某些组织细胞功能起调节作用的过程。

(1) 体液调节的特点:反应速度较慢、作用较广泛、作用持久。

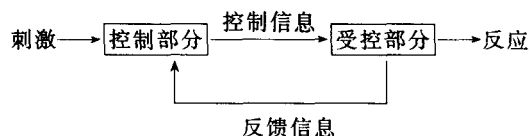
(2) 神经-体液调节:内分泌腺在神经支配下,作为神经反射传出通路中的分支而起调节作用,即神经和体液复合起作用的方式,称为神经-体液调节,通常以神经为主导。

3. 自身调节 是指组织器官不依赖于神经和体液的存在,由其自身特性对内外环境变化产生的适应性反应的过程。

自身调节的特点是影响范围小、调节幅度小、灵敏度较低。

五、人体功能的反馈控制

1. 反馈的概念 控制部分(神经中枢或内分泌腺)与受控部分(效应器或靶细胞)之间形成一个闭环式的回路,受控部分反过来调节控制部分的过程称为反馈。



2. 负反馈 受控部分发出的反馈信息对控制部分的活动产生抑制作用,使控制部分的活动减弱,称为负反馈。它是维持机体与外环境协调及维持内环境稳态的重要控制机制。

3. 正反馈 受控部分发出的反馈信息加强控制部分的活动,使其活动更加强,称为正反馈。在正反馈情况下,反馈作用与原来的效应一致,促进或加强原效应,使该效应迅速达到预

期顶点。

4. 前馈 体内某种监测装置在受到刺激后预先发出信息至控制部分,使其及早做出适应性反应,这类控制称为前馈,它使机体的反应更具有预见性。

强化训练习题

一、名词解释

- | | |
|---------|----------|
| 1. 新陈代谢 | 9. 神经调节 |
| 2. 刺激 | 10. 体液调节 |
| 3. 反应 | 11. 反射 |
| 4. 阈值 | 12. 自身调节 |
| 5. 兴奋性 | 13. 反馈 |
| 6. 适应性 | 14. 负反馈 |
| 7. 内环境 | 15. 正反馈 |
| 8. 稳态 | 16. 前馈 |

二、填空题

1. 生理学是研究 _____ 状态下机体 _____ 的科学。生理学可从 _____、_____ 和 _____ 三个水平进行研究。
2. 生命活动的基本特征有 _____、_____、_____ 和 _____。
3. 新陈代谢包括 _____ 和 _____ 两个密不可分的过程。
4. 引起机体发生一定反应的 _____ 称为刺激,刺激引起机体的变化称为 _____。
5. 刺激引起反应所必须具备的条件是 _____、_____ 和 _____。
6. 组织细胞对刺激产生 _____ 的能力称为兴奋性,衡量兴奋性常用的指标是 _____。
7. 阈值是指刚能引起组织细胞发生兴奋的 _____,阈值愈高的组织,其兴奋性愈 _____。
8. 适应性可分为 _____ 和 _____ 两种。
9. 机体的内环境是指 _____,它包括 _____、_____、_____ 和 _____。
10. 内环境稳态是指内环境理化性质 _____ 的状态。维持稳态的调节过程一般属于 _____ 反馈调节。
11. 生理功能调节的主要方式为 _____、_____ 和 _____。
12. 神经调节的基本方式是 _____,它包括 _____ 反射和 _____ 反射两种。
13. 反射弧是由 _____、_____、_____、_____ 和 _____ 五个部分组成。
14. 神经调节的主要特点是 _____、_____ 和 _____。
15. 体液调节是指体内的一些化学物质通过 _____ 途径对其他组织细胞的调节作用。
16. 自身调节是指组织器官对刺激产生的反应不依赖于 _____ 和 _____ 的存在,而

是由组织器官_____决定的。

17. 在反馈控制中,控制部分与受控部分之间形成一个_____。

18. 受控部分发出的反馈信息加强控制部分活动的称为_____,抑制控制部分活动的称为_____。

三、选择题

A 型题

1. 可兴奋细胞兴奋时,共有的特征是产生
 - A. 收缩
 - B. 分泌
 - C. 神经冲动
 - D. 电位变化
 - E. 分子运动
2. 兴奋性是指
 - A. 细胞兴奋的外在表现
 - B. 细胞对刺激产生动作电位的能力
 - C. 细胞对刺激发生反应的过程
 - D. 细胞对刺激产生动作电位的全过程
 - E. 机体对刺激发生反射的过程
3. 衡量组织兴奋性高低的指标是
 - A. 动作电位
 - B. 静息电位
 - C. 刺激强度变化率
 - D. 反应强度
 - E. 阈值
4. 对阈值的下列叙述,错误的是
 - A. 是指能引起组织发生兴奋的最小刺激强度
 - B. 是指能引起组织产生动作电位的最小刺激强度
 - C. 阈值即阈电位
 - D. 是判断组织兴奋性高低的常用指标
 - E. 组织的兴奋性与阈值成反比关系
5. 机体的内环境指的是
 - A. 体液
 - B. 细胞内液
 - C. 细胞外液
 - D. 细胞内液+细胞外液
 - E. 血液
6. 内环境稳态是指
 - A. 细胞内液理化性质保持不变
 - B. 细胞外液理化性质保持不变
 - C. 细胞内液的化学成分相对恒定
 - D. 细胞外液的化学成分相对恒定
 - E. 细胞外液的理化性质相对恒定
7. 维持内环境稳态的重要调节机制是
 - A. 体液调节
 - B. 自身调节
 - C. 正反馈
 - D. 负反馈
 - E. 前馈
8. 神经调节的基本方式是
 - A. 反射
 - B. 反应
 - C. 神经冲动
 - D. 正反馈
 - E. 负反馈
9. 和体液调节相比较,错误的是
 - A. 神经调节发生快
 - B. 神经调节作用时间短
 - C. 神经调节的范围比较广
 - D. 神经调节是通过反射实现的
 - E. 神经调节起主导作用
10. 关于体液调节的叙述,正确的是
 - A. 化学物质都是通过血液循环运送
 - B. 化学物质包括细胞代谢产物如 CO_2
 - C. 反应较迅速
 - D. 作用部位精确、点对点
 - E. 作用持续时间短暂
11. 关于自身调节的叙述,正确的是
 - A. 依赖于神经支配
 - B. 依赖于体液因素
 - C. 依赖于自身特性
 - D. 广泛存在于体内各组织器官

E. 调节幅度大,但灵敏度数低

12. 关于反馈控制的叙述,正确的是

- A. 多数情况下,控制部分与受控部分之间为单向信息联系
- B. 控制部分与受控部分间为闭环式回路
- C. 反馈信息减弱控制信息作用者为正反馈
- D. 反馈信息加强控制信息作用者为负反馈
- E. 正反馈是维持稳态的重要调节形式

B 型题

- A. 兴奋
- B. 适应
- C. 反馈
- D. 阈值
- E. 兴奋性

- 1. 细胞受刺激后产生动作电位称为
- 2. 细胞受刺激后产生动作电位的能力称为
- 3. 衡量组织兴奋性的指标是

- A. 体液
- B. 血液
- C. 血浆
- D. 细胞内液
- E. 细胞外液

- 4. 血细胞的细胞外液是指
- 5. 机体的内环境是指

- A. 反应
- B. 反射
- C. 反馈
- D. 适应
- E. 自身调节

- 6. 神经调节的基本方式是
- 7. 受控部分反过来影响控制部分的过程称为

X 型题

1. 属于生命活动基本特征的是

- A. 条件反射
- B. 新陈代谢
- C. 适应性
- D. 生殖
- E. 内环境稳态

2. 内环境包括

- A. 组织液
- B. 血浆
- C. 消化液
- D. 淋巴液
- E. 脑脊液

3. 内环境的理化因素包括

- A. 渗透压
- B. 酸碱度
- C. 温度
- D. 营养成分
- E. 代谢产物

4. 关于内环境稳态的正确叙述是

- A. 是动态平衡
- B. 绝对的恒定状态
- C. 是生命活动正常进行的必要条件
- D. 负反馈是维持稳态的重要机制
- E. 稳态维持与神经和体液调节无关

5. 关于反射的叙述,正确的是

- A. 是神经调节的基本方式
- B. 完成反射必须反射弧完整
- C. 必须有大脑皮层参与
- D. 包括条件反射和非条件反射
- E. 参与内环境稳态的维持

6. 自身调节的正确叙述是

- A. 调节幅度较小
- B. 反应灵敏
- C. 依赖于神经和体液调节的参与
- D. 各组织器官普遍存在
- E. 调节的效果是维持生理功能稳定

四、问答题

1. 简述生命活动的基本特征。
2. 何谓内环境？内环境稳态是如何维持的？内环境稳态有何生理意义？
3. 简述机体功能调节的主要方式及各自的特点。
4. 简述生理学对兴奋性认识的进展。
5. 简述人体反馈控制的特点。

参考答案

一、名词解释

1. 机体不断破坏和清除自身衰老的结构,并同时不断地重建自身结构的过程称为新陈代谢。
2. 能引起机体发生一定反应的内外环境的变化称为刺激。
3. 刺激引起的机体的变化称为反应。
4. 刚能引起组织细胞产生反应的最小刺激强度称为阈值。
5. 兴奋性是指组织细胞对刺激产生动作电位的能力。
6. 适应性是指机体随内外环境的变化而调整体内各部分活动和关系的功能。
7. 内环境是指细胞直接生活的环境,即细胞外液。
8. 内环境理化性质保持相对恒定的状态称为稳态。
9. 神经调节是指通过神经系统的活动,对机体内各组织器官的功能所进行的调节。
10. 体液调节是指体内产生的化学物质通过体液途径对一些组织细胞功能所进行的调节。
11. 在中枢神经系统参与下,对刺激发生的规律性反应称为反射,它是神经调节的基本方式。
12. 自身调节是指组织器官在不依赖神经和体液的情况下,由其自身特性对刺激产生的适应性反应过程。
13. 由被控部分向控制部分发送信息,并对控制部分的功能状态施加影响,称为反馈。
14. 反馈信息对控制部分产生抑制,使其活动减弱的反馈过程称为负反馈。
15. 正反馈是指反馈信息与控制信息的作用性质相同,起加强控制信息的作用的反馈。
16. 体内某种监测装置受刺激后预先发出信息至控制部分,使及早做出适应性反应的控制称为前馈。

二、填空题

1. 正常 功能活动规律 整体 器官和系统 细胞和分子
2. 新陈代谢 兴奋性 适应性 生殖
3. 物质转换 能量转换
4. 内外环境变化 反应
5. 足够的强度 足够的作用时间 强度变化率
6. 动作电位 阈值
7. 最小刺激强度 低
8. 行为适应 生理适应

9. 细胞外液 组织液 血浆 脑脊液 淋巴液
10. 相对恒定 负
11. 神经调节 体液调节 自身调节
12. 反射 非条件 条件
13. 感受器 传入神经 神经中枢 传出神经 效应器
14. 反应速度快 准确 作用时间短暂
15. 体液
16. 神经调节 体液调节 自身特性
17. 闭环式回路
18. 正反馈 负反馈

三、选择题

A 型题

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

B 型题

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

X 型题

- | | | | | | |
|--------|---------|----------|--------|---------|-------|
| 1. BCD | 2. ABDE | 3. ABCDE | 4. ACD | 5. ABDE | 6. AE |
|--------|---------|----------|--------|---------|-------|

四、问答题

1. 生命活动至少包括四种基本特征

- (1) 新陈代谢:是指生物体与环境之间进行物质交换和能量交换、以实现自我更新的过程。
- (2) 兴奋性:指生物体具有的对刺激产生动作电位的能力。
- (3) 生殖:是生物体发展到一定阶段后,能产生与自己相似的子代个体的功能。
- (4) 适应性:指机体具有的根据内外环境变化而调整体内各部分活动和关系的功能。可进一步分为行为适应和生理适应。行为适应有躯体活动的改变,生理适应则是指机体内部的协调性反应。

2. 内环境是机体细胞所生活的环境,即细胞外液。内环境稳态是指内环境理化性质保持相对恒定的状态。它包含两方面的含义:① 细胞外液的理化性质总是在一定水平上恒定,不随外环境的变动而变化;② 这种状态并不是恒定不变的,它是一个动态平衡、是在微小的波动中保持的相对恒定。正常生物体内,在神经和体液调节下,可维持内环境理化性质的相对恒定。

内环境既为细胞提供营养物质,又接受来自细胞的代谢尾产物。内环境的理化因素(温度、pH、渗透压、各种物质浓度等)相对恒定是维持细胞的正常代谢活动所必需的。

3. 人体机能活动的主要调节方式有

- (1) 神经调节:基本方式为反射,可分为非条件反射和条件反射两大类。在人体机能活动的调节中,神经调节起主导作用。
- (2) 体液调节:指人体体液中的某些化学成分例如激素和代谢产物等,可随血液循环或体液运送到靶器官和靶细胞,对其功能活动进行调节的方式。许多内分泌腺受神经系统控

制,故可将通过这些内分泌腺的激素所进行的体液调节称为神经—体液调节。

(3) 自身调节:生物机体的器官或组织对内、外环境的变化可不依赖神经和体液的调节而由其自身特性产生的适应性反应,称为自身调节。

一般情况下,神经调节的作用快速而且比较精确;体液调节作用较缓慢,但能持久而广泛一些,主要调节代谢、生长、发育和生殖等机能;自身调节的作用则比较局限,可在神经调节和体液调节尚未参与或并不参与时发挥作用,属局部调节,调节幅度小,不十分灵敏。

4. 生理学中,传统的兴奋性的概念是组织对刺激发生反应的能力或特性。实际上所有的活细胞和组织都有某种程度的对刺激发生反应的能力,只是敏感度和反应形式的不同,在动物的各种组织中,神经、肌肉和某些腺体细胞表现出较高的兴奋性,因而习惯上将它们称为可兴奋细胞或组织。不同组织受刺激发生反应的表现形式不同,肌肉细胞表现机械收缩,腺体细胞表现分泌活动。最初把这些反应都称为兴奋。

随着对生物电活动的了解,兴奋性和兴奋的概念有了新的含义,大量事实表明,三类可兴奋细胞在兴奋时虽有不同的外部表现,但在受刺激处的细胞膜都有一个共同的、最先出现的可传导的动作电位。肌肉细胞和腺体细胞的外部反应(收缩和分泌)都是由其细胞膜上的动作电位触发和引起的。因此,既然动作电位是可兴奋细胞受刺激而产生兴奋时共有的特征性表现,故近代生理学中将兴奋性看作是细胞受刺激时产生动作电位的能力,而兴奋则是指产生动作电位的过程或动作电位的同义语了。

5. 人体的机能调节系统可以看作是“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联系。控制部分发出信息到达受控部分,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,以达到精确调控的目的。

凡是反馈信息与控制信息的作用性质相反的反馈,称为负反馈,起纠正、减弱控制信息的作用。负反馈在体内大量存在,是维持稳态的重要调节形式。

凡是反馈信息与控制信息的作用性质相同的反馈,称为正反馈,起加强控制信息的作用,它适于调节那些发动后需要尽快结束的生理过程。

(朱文玉)

第二章 细胞的基本功能

复习要点

生物体结构和功能的基本单位是细胞。生物体的一切生理和生化反应都是在细胞及其产物的物质基础上进行的。

一、细胞膜的基本结构

细胞膜是一个具有特殊结构和功能的半透膜,将细胞内容物与其周围的环境分隔开来,它允许某些物质有选择性的通过,但又能严格地限制另一些物质的进出,保持了细胞内物质成分的稳定。

细胞膜在电镜下可分为三层,即在膜的靠内外两侧各有一条厚约 2.5 nm 的电子致密带,中间夹有厚约 2.5 nm 的透明带,总厚度约 7.0~7.5 nm 左右。这种结构被称为单位膜,亦见于各种细胞器的膜性结构,是细胞中普遍存在的基本结构形式。各种膜性结构的组成成分主要是脂质和蛋白质,糖类仅占极少量。

各种物质分子在膜中的排列形式和存在,是决定膜的基本生物学特性的关键因素。液态镶嵌模型的基本内容是:膜的结构是以液态的脂质双分子层为基架,其中镶嵌着不同分子结构、具有不同生理功能的蛋白质。

1. 脂质双分子层 膜的脂质中以磷脂为主,约占总量的 70% 以上,其次是胆固醇,还有少量的糖脂。

膜脂的种类虽多,但它们的分子结构具有共同的特点,即都具有亲水和疏水两部分,其亲水端朝向膜的内表面和外表面,疏水端朝向膜的中央内部,呈双分子层排列。

脂质的熔点较低,这决定了膜中的脂质分子在一定体温条件下呈液态,因此,细胞膜具有流动性和不对称性。流动性使细胞可以承受相当大的张力和外形改变而不致破裂,即使膜结构有时发生一些较小的断裂,也可以自动融合而修复。不对称性是指细胞膜内外两层的结构和功能有很大的差异,使膜两侧具有不同的功能。

2. 蛋白质 膜中的蛋白质分子是以 α -螺旋球形结构分散镶嵌在膜的脂质双分子层中。膜蛋白质的特点是:① 大小不同;② 形态不同;③ 在膜中扎根的深浅不同;④ 功能不同。根据膜蛋白质的功能可将其分为以下几类:第一类是载体蛋白、通道蛋白和离子泵,它们与物质的转运有关。第二类是受体蛋白,这类蛋白可“辨认”和“接受”细胞环境中特异的化学刺激或信号,把这些信号传导到细胞内,从而引起细胞功能的相应改变。第三类是抗原标志,这些蛋白质起到细胞“标志”的作用,供免疫系统或免疫物质“辨认”。

3. 糖类 细胞膜所含糖类主要是一些寡糖和多糖链,它们绝大多数裸露在膜的外表面。糖链的意义及其单糖排列顺序上的特异性,可以作为它们所在细胞或它们所结合的蛋白质或脂质的特异性的“标志”。例如 ABO 血型系统中,红细胞的不同抗原特性就是由结合在膜蛋白或脂质分子上的寡糖链所决定的。

二、细胞膜的跨膜物质转运功能

细胞和它的环境之间进行着活跃的物质交换。物质通过细胞膜转运的形式常见有四种：单纯扩散、易化扩散、主动转运和出入胞作用。从能量角度物质转运可分为两类：被动转运和主动转运。被动转运是指物质顺电-化学梯度通过细胞膜的不耗能的转运过程，包括单纯扩散和易化扩散；主动转运是指物质逆电-化学梯度通过细胞膜并耗能的转运过程，如离子泵和出入胞作用。[注意：电-化学梯度包括电学梯度(电位差)和化学梯度(浓度差)两层含义。]

1. 单纯扩散 单纯扩散是指脂溶性物质由膜的高浓度一侧向低浓度一侧转运的过程。扩散通量取决于膜两侧物质的电-化学梯度和膜的通透性。一般条件下，扩散通量与膜两侧的溶质分子的浓度梯度成正比。电解质溶液中离子的移动还取决于离子所受的电场力。通透性是指膜对物质通透的难易程度。靠单纯扩散的物质比较肯定的有 O_2 和 CO_2 气体分子。单纯扩散不耗能，其能量来源于高浓度或高电位本身所包含的势能。

2. 易化扩散 指非脂溶性物质在膜蛋白的帮助下，由膜的高浓度一侧向低浓度一侧转运的过程。根据参与的膜蛋白的不同，易化扩散又分为以载体为中介的易化扩散(载体易化扩散)和以通道为中介的易化扩散(通道易化扩散)。易化扩散时物质移动动力来自高浓度的势能。

(1) 载体易化扩散 具有载体功能的蛋白质能与某些物质结合，并发生构象改变，将该物质由高浓度一侧运向低浓度一侧，再与其分离。载体易化扩散有以下特点：① 结构特异性：即某种载体只选择性地与某种底物特异性结合。② 饱和现象：易化扩散通量虽然与膜两侧物质浓度差成正比，但当膜一侧物质浓度增加到一定限度时，扩散通量就不再随浓度差的增加而增大。因为细胞膜上载体蛋白的数量或载体蛋白上结合位点的数目是有限的。③ 竞争性抑制：结构相似的物质可争夺同一种载体，一种物质可抑制结构相似的另一种物质的转运。载体易化扩散的物质有葡萄糖、氨基酸等小分子营养物质。

(2) 通道易化扩散 通道易化扩散是在膜通道蛋白的帮助下完成的。该扩散方式常与一些带电离子有关。根据通道蛋白转运离子的种类不同，通道可分为 Na^+ 通道、 K^+ 通道、 Ca^{2+} 通道等。通道蛋白贯通细胞膜，其中心具有亲水性通道，它对离子有高度的亲和力，允许某些离子顺浓度梯度扩散。通道蛋白的开、关受通道闸门所控制。所谓闸门，乃是由通道蛋白的带电分子或基团构成。闸门的开闭受化学信号(如激素、递质)或膜电位的控制，根据引起通道开放的条件，通道分为电压依从性通道(电压门控通道)和化学依从性通道(化学门控通道)两类。

通道易化扩散的特点：① 相对特异性：即某一通道允许特定的离子通过，但特异性不如载体易化扩散那样严格；② 无饱和现象；③ 通道有“开放”和“关闭”两种功能状态。当通道开放时，有关离子顺浓度梯度转运，而通道关闭时，则不允许任何离子通过。

3. 主动转运 是细胞通过本身的某种耗能过程，将物质由膜的低浓度一侧转运到高浓度一侧的过程。离子泵是膜上一种特殊的蛋白质，按其转运的物质种类可分为钠泵、钾泵、钙泵等多种。研究最清楚、最重要的是 Na^+-K^+ 泵，其化学实质是 Na^+-K^+ 依赖式 ATP 酶。当细胞内 Na^+ 或细胞外 K^+ 浓度增高时都会激活此酶，分解 ATP 释放能量，用于将 Na^+ 逆浓度差泵到细胞外，把 K^+ 泵到细胞内，从而恢复细胞内外 Na^+ 、 K^+ 浓度的正常分布。 Na^+-K^+ 泵重要的作用在于，它能建立一种势能储备，即 Na^+ 、 K^+ 在细胞内外的浓度势能，这一点很重要，是可兴奋组织兴奋性的基础，也可供细胞的其他耗能过程利用。

4. 出胞与入胞作用 出胞作用是指某些大分子或团块物质由细胞排出的过程,主要见于激素的分泌、神经递质的释放。入胞作用是指某些大分子或团块物质进入细胞内的过程,如白细胞对细菌的吞噬作用。

三、细胞膜的跨膜信息转导功能

体内各种信号如化学、机械、电刺激信号,一般首先作用于细胞膜,膜上某些特异性蛋白质能选择性地接受某种特定信号,引起细胞膜两侧电位变化或细胞内发生某些功能改变,细胞膜的这种作用称为跨膜信号转导功能。按其转导方式可分为通道蛋白质介导的跨膜信号转导和膜受体蛋白质介导的跨膜信号转导。

1. 通道蛋白质介导的跨膜信号转导 前文已述,通道蛋白质对离子的转运是一种跨膜物质转运,其实这种跨膜物质转运也是一种跨膜信号转导的媒体。主要根据控制通道开放的因素,通道蛋白质介导的跨膜信号转导可分为化学门控通道和电压门控通道两类。关于两类通道的性质和功能前面已叙述。

2. 膜受体蛋白质介导的跨膜信号转导 受体是指细胞膜上某些蛋白质分子,它能与某些化学物质发生特异性结合,并能诱发细胞产生一定的生物效应,膜受体及其转导过程详见第九章和第十一章。

四、细胞的生物电现象及其产生机制

一切活的细胞存在的电活动谓之生物电。生物电主要有两种表现形式,即静息电位和动作电位。下面以单个神经细胞为例加以讨论。

1. 静息电位的概念 静息电位是指细胞安静时膜内外两侧的电位差。静息电位表现为膜外侧相对为正而膜内侧相对为负。细胞在安静时膜两侧所保持的内负外正的状态称为极化。极化是细胞处于生理静息状态的标志。在极化的基础上,若膜内电位负值增大称为超极化;膜内电位负值减小称为去(除)极化;若膜内电位由负转为正、膜外电位由正转为负的状态称为反极化;先发生去极化,再向极化状态恢复;称为复极化。

2. 静息电位产生机制 细胞生物电的产生是细胞膜两侧带电离子的分布和移动的结果。静息电位也不例外。① 细胞膜两侧离子分布不均匀。细胞内 K^+ 浓度 > 细胞外近 30 倍, Na^+ 、 Cl^- 的细胞外浓度分别 > 细胞内浓度 13 倍和 30 倍,膜内的负离子以大分子的有机负离子(蛋白质 A^-)为主。因此膜内外存在离子浓度差。② 安静时细胞对各种离子有选择性通透。静息时,膜对 K^+ 的通透性大,对 Na^+ 的通透性很小,对 A^- 几乎不通透,因此 K^+ 顺浓度差向膜外扩散,致使膜内正电荷减少,而膜外正电荷增多。③ K^+ 外流造成膜外为正,膜内为负的电场力足以阻止 K^+ 的继续外流。当电场力等于 K^+ 的浓差扩散力时, K^+ 的外流停止,膜内外侧的电位差保持一个稳定状态,这就是静息电位。 K^+ 外流是产生静息电位的主要原因,所以静息电位又称 K^+ 平衡电位。

3. 动作电位的概念 可兴奋细胞受到刺激时,在静息电位的基础上爆发的一次膜两侧电位的快速可逆的倒转,并沿细胞膜传播,这种电位变化称为动作电位。采用细胞内记录法记录到的动作电位包括上升支(去极相)和下降支(复极相)。当细胞受到有效刺激时,膜内电位由 $-90mV \rightarrow +30mV$,由原来的内负外正变为内正外负状态,形成动作电位的上升支,电位变化幅度为 $120mV$ 。上升支超过 $0mV$ 的净变正部分称为超射。膜内电位由 $+30mV$ 恢复到接近刺激前的静息电位的水平,构成动作电位的下降支。上升支和下降支变化速度快、持续时间