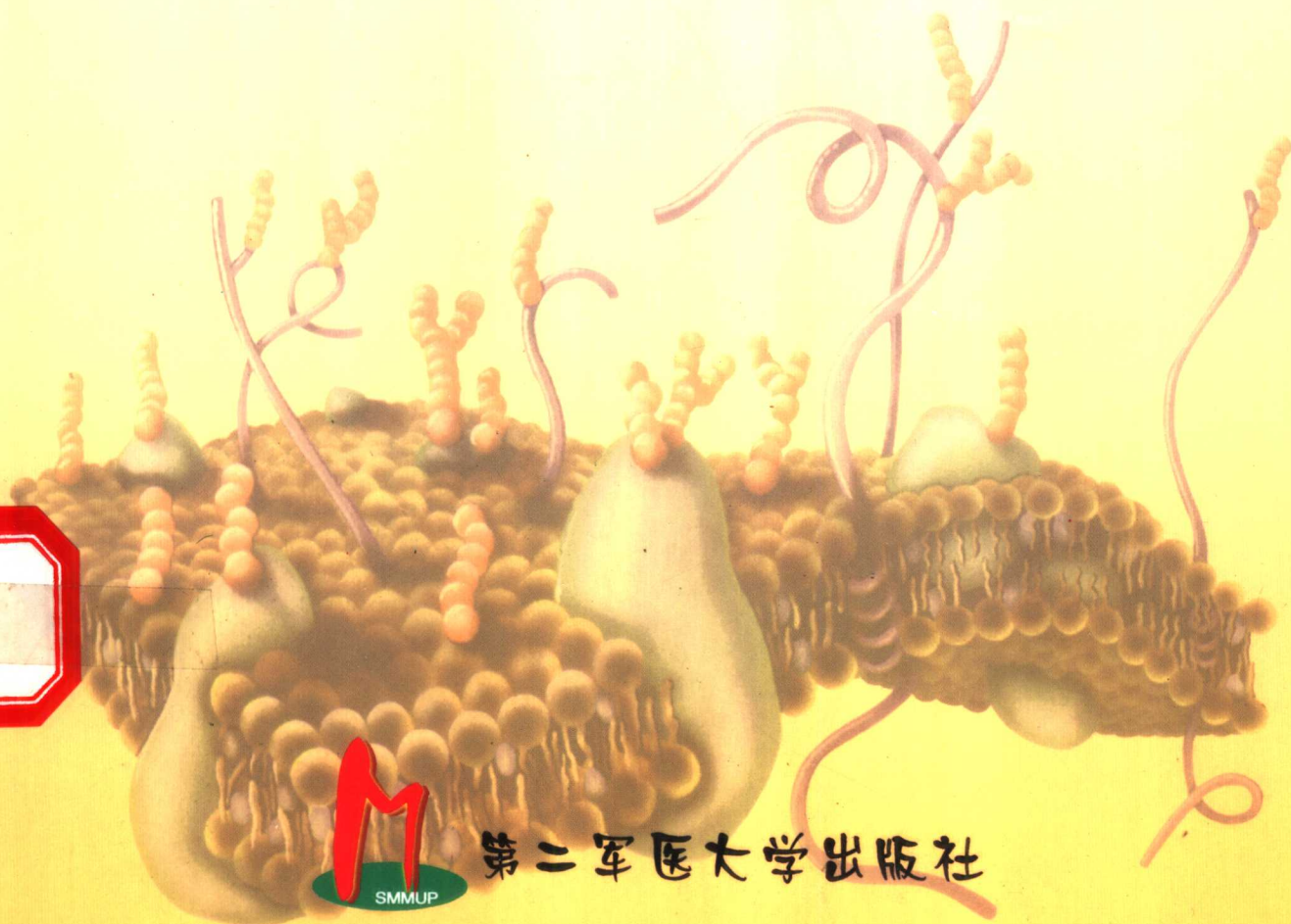


高等医药院校教材  
供基础、临床、预防、  
口腔医学类专业用

# 人体生理学学习指导

主 编 张 建 福



第二军医大学出版社

高等医药院校教材

供基础、临床、预防、药学、口腔医学各专业用

# 人 体 生 理 学

## 学 习 指 导

主 编 张建福

副主编 阎长栋 董 榕 彭聿平 史明仪 车力龙

编 者 (以姓氏笔画为序)

马鸿基 王正山 车力龙 史明仪 刘勇林

孙 红 寻庆英 邱一华 张成标 张咏梅

张建福 狄晓东 陈 琦 周秀萍 金惠芳

阎长栋 彭聿平 董 榕

第二军医大学出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

人体生理学学习指导/张建福编. —上海:第二军医大学出版社, 2003. 8

ISBN 7-81060-320-5

I. 人... II. 张... 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(2003)第 059236 号

**人体生理学学习指导**

主 编:张建福

责任编辑:李 昕

第二军医大学出版社出版发行

(上海市翔殷路 818 号 邮政编码:200433)

全国各地新华书店销售

徐州医学院印刷厂印刷

开本:850 mm×1168 mm 1/16 印张:14.625 字数:334 000

2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

**ISBN 7-81060-320-5/R·241**

定价:24.00 元

# 前 言

本书是我们五所院校(东南大学医学院、扬州大学医学院、江苏大学医学院、南通医学院、徐州医学院)共同编写的《人体生理学》(第2版)配套辅导读物。本书着重落实教学大纲所要求的重点掌握内容,结合教学过程中的难点和疑点以及各类考试中经常涉及的内容进行编写。目的在于解决教科书篇幅较大、学生学习时间紧的问题,帮助学生更好地学习、复习与掌握人体生理学的基本内容,提高应试能力。

本书在编写的顺序及层次上与我们编写的《人体生理学》(第2版)完全一致。根据编者们的多年的教学经验,对每章内容的重点、难点作归纳和总结。每章的内容包括提纲、测试题和参考答案三部分。提纲是学生需要重点掌握的内容,名词解释中的名词采用双语(中英文),选择题选用单项选择题和多项选择题两种形式,这样更符合高层次考试、考核的需要。

本书的读者对象为医药院校本科学生、考研学生,也可供参加各类医学考试的医务人员和专科学生参考。由于我们的水平限制,书中不尽人意之处在所难免,衷心地希望读者批评指正。

编者谨识

2003年6月

# 目 录

|                   |    |
|-------------------|----|
| 第一章 绪论            | 1  |
| 一、生理学在医学科学中的地位    | 1  |
| 二、人体生理学研究的不同水平及方法 | 1  |
| 三、机体的内环境与稳态       | 1  |
| 四、人体功能活动的调节       | 1  |
| 测试题               | 2  |
| 参考答案              | 5  |
| 第二章 细胞的基本功能       | 8  |
| 一、细胞膜的基本结构        | 8  |
| 二、细胞膜的跨膜物质转运功能    | 9  |
| 三、细胞的生物电现象及其产生机制  | 11 |
| 四、兴奋在同一细胞上的传导机制   | 15 |
| 五、细胞的跨膜信号转导       | 15 |
| 六、神经-肌接头处的兴奋传递    | 17 |
| 七、骨骼肌细胞的收缩功能      | 18 |
| 测试题               | 21 |
| 参考答案              | 31 |
| 第三章 血液            | 34 |
| 一、体液              | 34 |
| 二、血液的组成和功能        | 34 |
| 三、血液的理化特性         | 35 |
| 四、红细胞生理           | 35 |
| 五、白细胞生理           | 37 |
| 六、血小板生理           | 38 |
| 七、血液凝固与纤维蛋白溶解     | 39 |
| 八、血量              | 40 |
| 九、血型与输血           | 41 |
| 测试题               | 42 |
| 参考答案              | 48 |
| 第四章 心血管系统         | 50 |
| 一、心脏的泵血功能         | 50 |
| 二、心肌细胞的生物电活动      | 53 |
| 三、心肌的生理特性         | 56 |
| 四、血管生理            | 59 |
| 五、心血管活动的调节        | 64 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 六、器官循环·····              | 68  |
| 测试题·····                 | 70  |
| 参考答案·····                | 83  |
| <b>第五章 呼吸系统</b> ·····    | 89  |
| 一、呼吸的概念和基本环节·····        | 89  |
| 二、肺通气的原理·····            | 89  |
| 三、肺通气的阻力·····            | 90  |
| 四、呼吸功·····               | 91  |
| 五、肺容积和肺容量·····           | 91  |
| 六、肺通气量·····              | 91  |
| 七、气体交换的原理·····           | 92  |
| 八、气体在血液中的运输·····         | 93  |
| 九、呼吸运动的调节·····           | 94  |
| 测试题·····                 | 96  |
| 参考答案·····                | 103 |
| <b>第六章 消化系统</b> ·····    | 106 |
| 一、消化和吸收的概念·····          | 106 |
| 二、消化道平滑肌的特性·····         | 106 |
| 三、消化腺的分泌功能·····          | 106 |
| 四、消化道的神经支配及其作用·····      | 106 |
| 五、胃肠激素·····              | 107 |
| 六、口腔内消化·····             | 107 |
| 七、胃内消化·····              | 108 |
| 八、小肠内的消化·····            | 110 |
| 九、大肠内消化·····             | 111 |
| 十、营养物质的吸收·····           | 112 |
| 测试题·····                 | 113 |
| 参考答案·····                | 119 |
| <b>第七章 能量代谢和体温</b> ····· | 121 |
| 一、能量代谢的概念·····           | 121 |
| 二、能量的来源与去路·····          | 121 |
| 三、能量代谢测定的原理和方法·····      | 121 |
| 四、影响能量代谢的因素·····         | 122 |
| 五、基础代谢·····              | 123 |
| 六、人体正常体温及其变动·····        | 123 |
| 七、机体热的平衡·····            | 123 |
| 八、体温调节·····              | 125 |
| 测试题·····                 | 125 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| <b>参考答案</b> .....        | 128 |
| <b>第八章 肾脏的排泄功能</b> ..... | 129 |
| 一、排泄的概念和途径 .....         | 129 |
| 二、肾脏的主要功能 .....          | 129 |
| 三、肾脏的功能解剖 .....          | 129 |
| 四、肾小球的滤过功能 .....         | 130 |
| 五、肾小管和集合管的转运功能 .....     | 132 |
| 六、尿液的浓缩和稀释 .....         | 134 |
| 七、肾脏泌尿功能的调节 .....        | 135 |
| 八、血浆清除率 .....            | 136 |
| 九、尿的排放 .....             | 137 |
| <b>测试题</b> .....         | 138 |
| <b>参考答案</b> .....        | 143 |
| <b>第九章 感觉器官</b> .....    | 146 |
| 一、感觉器官、感受器及其分类 .....     | 146 |
| 二、感受器的一般生理特性 .....       | 146 |
| 三、眼的折光功能及其调节 .....       | 146 |
| 四、视网膜的感光功能 .....         | 148 |
| 五、与视觉有关的一些现象 .....       | 149 |
| 六、外耳和中耳的传音功能 .....       | 150 |
| 七、内耳耳蜗的感音换能作用 .....      | 151 |
| 八、听觉器官对声音的感受 .....       | 152 |
| 九、前庭器官的感受装置 .....        | 153 |
| 十、前庭器官的适宜刺激 .....        | 154 |
| 十一、前庭器官反射 .....          | 154 |
| <b>测试题</b> .....         | 155 |
| <b>参考答案</b> .....        | 161 |
| <b>第十章 神经系统</b> .....    | 164 |
| 一、神经元和神经纤维 .....         | 164 |
| 二、神经元之间的功能联系及其机制 .....   | 165 |
| 三、神经递质和调质 .....          | 167 |
| 四、递质的受体 .....            | 169 |
| 五、中枢抑制 .....             | 170 |
| 六、反射活动的调节 .....          | 171 |
| 七、神经系统的感觉功能 .....        | 171 |
| 八、神经系统对躯体运动的调节 .....     | 173 |
| 九、神经系统对内脏活动的调节 .....     | 177 |
| 十、脑的高级功能 .....           | 179 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 十一、脑的生物电活动与觉醒和睡眠 ..... | 181 |
| 测试题 .....              | 183 |
| 参考答案 .....             | 195 |
| <b>第十一章 内分泌</b> .....  | 200 |
| 一、激素及其分类和传递方式 .....    | 200 |
| 二、激素的作用及其特性 .....      | 200 |
| 三、激素的作用原理 .....        | 201 |
| 四、激素分泌的调节 .....        | 201 |
| 五、下丘脑的内分泌功能 .....      | 201 |
| 六、腺垂体的内分泌功能 .....      | 203 |
| 七、甲状腺的内分泌功能 .....      | 204 |
| 八、肾上腺的内分泌功能 .....      | 206 |
| 九、胰岛的内分泌功能 .....       | 208 |
| 十、调节钙磷代谢的激素 .....      | 208 |
| 十一、其他内分泌激素 .....       | 209 |
| 测试题 .....              | 209 |
| 参考答案 .....             | 215 |
| <b>第十二章 生殖</b> .....   | 218 |
| 一、睾丸的功能 .....          | 218 |
| 二、睾丸功能的调节 .....        | 218 |
| 三、卵巢的生卵作用 .....        | 219 |
| 四、卵巢的内分泌功能 .....       | 219 |
| 五、卵巢功能的调节 .....        | 220 |
| 六、月经周期及其激素基础 .....     | 220 |
| 七、妊娠 .....             | 220 |
| 测试题 .....              | 221 |
| 参考答案 .....             | 223 |

# 第一章 绪 论

## 一、生理学在医学科学中的地位

1. 人体生理学的概念 人体生理学是研究正常人体生命活动规律的科学,是一门重要的医学基础课程。

2. 人体生理学与医学的关系 人体生理学中的理论均来自医学实践和对人体、动物实验的分析研究;而人体生理学的每一个进展都会对医学产生巨大的推动作用;医学实践又可以不断检验并丰富人体生理学理论。

3. 现代生理学发展简史 现代生理学创立于 17 世纪。英国医生威廉·哈维使生理学成为一门独立的科学;1926 年中国生理学会的成立以及翌年《中国生理学杂志》的创办,标志我国近代、现代生理学的开始;新中国成立后特别是改革开放以来,生理学的各个分支都有了很大发展,形成了门类齐全的中国生理学。

## 二、人体生理学研究的不同水平及方法

1. 人体生理学研究的不同水平 人体生理学是采用多层次、多手段,在整体、器官和系统、细胞和分子水平上进行研究的。

2. 人体生理学的研究方法 人体生理学是一门实验科学,可以在不伤害人体健康的条件下进行某些实验研究;大多数实验是在动物身体上进行的。

实验根据其进程分为:①急性实验,可分为在体和离体两种。其优点是方法简便,易于控制条件;缺点是实验时间受限,实验后动物不能存活。②慢性实验,其优点是动物存活时间长,便于研究某一器官的功能活动及其在整体中的作用;缺点是不便于分析该器官的生理特性以及与其他器官间的关系。

## 三、机体的内环境与稳态

1. 机体的内环境 生物体所处的生存环境(大气环境),称为外环境。体内绝大部分细胞并不与外环境直接接触,它们生存在细胞外液之中,所以内环境就是指细胞外液。机体的内环境的作用是为细胞提供营养物质,并接受和清除来自细胞的代谢产物;其最重要的特征是其理化性质(如温度、pH、渗透压、各种离子成分)能保持相对稳定。

2. 稳态 机体的内环境维持相对稳定的状态,称为稳态。细胞的代谢活动不断地破坏着内环境的稳定,同时机体又通过各种调节机制使其恢复平衡。所以,机体的生命活动正是在稳态不断受到破坏,而又不断得到恢复的过程中得以维持和进行的,它一旦发生破坏,机体的生命活动将会受到威胁。

## 四、人体功能活动的调节

1. 神经调节 神经调节是指通过神经系统的活动,对生物体各组织、器官、系统的功能所进行的调节。其基本方式是反射。所谓反射是指在中枢神经系统的参与下,机体对内、外环境的刺激发生的规律性的适应性反应。反射活动的结构基础是反射弧,它由感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器 5 个部分组成。感受器是接受刺激的结构,效

效应器是产生反应的器官,神经中枢位于脑和脊髓内,传入神经和传出神经是将感受器和效应器与神经中枢联系起来的神经通路。

神经调节是生物体功能调节的主要方式,具有反应迅速,历时短暂,作用准确、局限的特点。

2. 体液调节 体液调节是指体内产生的一些化学物质(内分泌激素、代谢产物)通过体液(血液、组织液、淋巴液)途径调节机体各器官、组织或细胞的生理活动的过程。大多数内分泌腺或内分泌细胞是直接或间接受中枢神经系统控制的。在这种情况下,体液调节就成为神经调节的一个环节,相当于传出通路的延伸部分,因此称为神经-体液调节。

体液调节的特点是作用缓慢,历时持久,影响广泛,精确度差。

3. 自身调节 自身调节是指器官、组织、细胞在不依赖于神经和体液因素的条件下,自身对刺激发生的适应性反应过程。它的特点是涉及范围小,只限于该器官、组织或细胞,属于局部性的调节,调节准确、稳定,在某些情况下具有重要意义。

4. 生理功能调节的自动控制系统 上述机体功能的三种调节方式都具有自动控制的特点。神经、体液调节是属于控制部分,而效应器、靶器官则属受控部分,两者之间存在着双向的信息联系,形成了一个闭合回路。

(1) 反馈与自动控制 由控制部分发出至受控部分的信息称为控制信息。其作用于受控部分所产生的效应,称为输出变量。由受控部分向控制部分发送反馈信息,并能不断纠正和调整控制部分对受控部分的影响,以达到精确的调节,这种调节方式称为反馈调节。当反馈信息的作用与控制信息的作用相反,能减弱或抑制控制信息的效应,称为负反馈。体内大多数反馈性调节均为负反馈。反之,当反馈信息的作用与控制信息的作用相同,能加强控制信息的效应,称为正反馈,它具有不断增强特点,最适于那些需要迅速发起并尽快终结的生理过程。例如排尿、分娩、血液凝固及动作电位的形成等,这些过程一旦发动,就会逐步加强、加速,直至完成。

(2) 前馈与自动控制 虽然负反馈调节是维持机体内环境稳态的重要方式,但它只有在输出变量出现偏差后,才能通过反馈调节来加以纠正,因此总要滞后一段时间,并且在纠正偏差的过程中易于矫枉过正,因而容易产生波动。

实际上,正常机体在各种环境因素(即干扰信息)的不断干扰下,仍能保持良好的稳态。这是因为多种干扰信息在作用于受控部分引起输出变量改变的同时,还可通过有关的感受装置作用于控制部分,这就有可能在输出变量尚未出现偏差而引起负反馈之前,即对可能出现的偏差及时发出纠正信息,做到防患于未然,从而使机体的调控过程避免出现波动和滞后现象。干扰信息对控制部分的直接作用称为前馈。

## 测 试 题

### 一、名词解释

1. 内环境(internal environment)
2. 稳态(homeostasis)
3. 反射(reflex)
4. 反馈(feedback)

- 5. 正反馈(positive feedback)
- 6. 负反馈(negative feedback)
- 7. 前馈(feedforward)

## 二、选择题

### (一)单项选择题

1. 机体内环境的 homeostasis 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. 细胞内液化学成分相对恒定
  - D. 细胞外液化学成分保持恒定
  - E. 细胞外液理化性质相对恒定
2. 下列关于稳态的叙述,错误的概念是
  - A. 生物体内环境的理化性质经常保持绝对平衡的状态,称为稳态
  - B. 稳态是一种复杂的由机体内部各种调节机制所维持的动态平衡过程
  - C. 维持机体内环境的理化性质相对恒定的状态,称为稳态
  - D. 稳态一旦不能维持,生物体的生命将受到威胁
  - E. 稳态的概念首先由美国科学家 Cannon 提出
3. 能引起生物机体发生反应的各种环境变化,统称为
  - A. 反射
  - B. 兴奋
  - C. 刺激
  - D. 反应
  - E. 阈值
4. neuroregulation 的基本方式是
  - A. 反射
  - B. 反应
  - C. 适应
  - D. 正反馈调节
  - E. 负反馈调节
5. neuroregulation 的特点是
  - A. 调节幅度小
  - B. 作用广泛而持久
  - C. 作用迅速、准确和短暂
  - D. 反应速度慢
  - E. 调节的敏感性差
6. 下列不直接参与体内信息传递的物质是
  - A. 神经递质
  - B. 神经调质
  - C. 内分泌激素
  - D. 旁分泌物质
  - E. 局部体液因素
7. 下述情况中,属于 autoregulation 的是
  - A. 人在过度通气后呼吸暂停
  - B. 全身血压维持相对恒定
  - 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
8. 下列生理过程中,属于 negative feedback 的调节是
  - A. 排尿反射
  - B. 排便反射
  - C. 血液凝固
  - D. 减压反射

- E. 分娩
9. 维持机体 homeostasis 的重要调节过程是
- A. neuroregulation                      B. humoral regulation  
C. autoregulation                      D. positive feedback  
E. negative feedback
10. 在自动控制系统中,从受控部分发出到达控制部分的信息称为
- A. 偏差信息                      B. 干扰信息  
C. 控制信息                      D. 反馈信息  
E. 自动控制信息
11. 家兔,雄性,体重 2.1 kg。用 20%氨基甲酸乙酯溶液进行麻醉,剂量为 1 g/kg。切开腹壁找到膀胱,在两侧输尿管插管,收集尿液,观察影响尿生成的因素。这种实验方法属于
- A. 整体实验                      B. 离体实验  
C. 在体慢性实验                      D. 在体急性实验  
E. 生理实验
12. 人体对外环境变化产生适应性反应是依赖体内的调节机制而实现的,其中神经调节的特点是
- A. 作用迅速、精确、短暂                      B. 作用缓慢、广泛、持久  
C. 有负反馈                      D. 有生物节律  
E. 有前瞻性

(二)多项选择题

1. 下述情况中,属于 autoregulation 的生理现象是
- A. 当动脉血压升高时,机体血压下降至原有的正常水平  
B. 当动脉血压在 10.6 ~ 23.9 kPa(80 ~ 180 mmHg)范围内变化时,肾血流量保持相对恒定  
C. 在一定范围内,心舒张末期心肌初长度越长,收缩时释放的能量越多  
D. 人在过度呼吸后发生呼吸暂停  
E. 血液 pH 值维持相对恒定
2. 在 feedback control 中,下列有关前馈的描述正确的是
- 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 negative feedback 调节中出现滞后  
C. 前馈可避免 negative feedback 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. 与神经调节和体液调节无关
3. 以下有关 homeostasis 的描述正确的是
- A. 维持内环境相对恒定的状态,叫做 homeostasis  
B. homeostasis 是体内各种调节机制所维持的动态平衡  
C. negative feedback 调节是维持稳态的重要途径

- D. homeostasis 的调定点是有节律性波动的
- E. 维持内环境 homeostasis 的重要调节方式是前馈调节
4. 下列现象中属于 negative feedback 的是
- 排尿反射
  - 神经纤维膜达到阈电位时  $\text{Na}^+$  通道的开放
  - 体温调节
  - 主动脉弓减压反射
  - 肺牵张反射
5. 下列现象中, 属于正反馈调节的是
- 排尿过程
  - 排便过程
  - 分娩过程
  - 血液凝固过程
  - 心室肌细胞动作电位 0 期去极时的  $\text{Na}^+$  内流
6. 正反馈调节的特点是
- 破坏原先的平衡状态
  - 能使整个系统处于再生状态
  - 一旦发动起来就逐步加强, 最后到达极端或结束这一过程
  - 在病理情况下出现较多
  - 是一个开环系统

### 三、问答题

- 人体功能活动的主要 regulation 方式有哪些? 各有何特点? 其相互关系如何?
- 何谓内环境和稳态? 有何重要生理意义?
- 试比较反馈和前馈两者有何不同。

## 参 考 答 案

### 一、名词解释

- 内环境: 体内细胞直接生存的环境(细胞外液)称为内环境。
- 稳态: 内环境理化性质保持相对稳定的状态, 叫 homeostasis。
- 反射: 在中枢神经系统的参与下, 机体对内外环境的刺激产生的规律性适应性应答反应, 称为反射。
- 反馈: 在人体生理功能自动控制原理中, 受控部分不断地将信息回输到控制部分, 以纠正或调整控制部分对受控部分的影响, 从而实现自动而精确的调节, 这一过程称为反馈。反馈有正反馈与负反馈之分。
- 正反馈: 从受控部分发出的反馈信息促进与加强控制部分的活动, 称为正反馈。
- 负反馈: 反馈作用与原效应作用相反, 使反馈后的效应向原效应的相反方向变化, 这种反馈称为负反馈。
- 前馈: 干扰信号在作用于受控部分引起输出变量改变的同时, 还可以直接通过感受装置作用于控制部分, 使输出变量在未出现偏差而引起反馈性调节之前得到纠正。

这种干扰信号对控制部分的直接作用,称为前馈。

## 二、选择题

### (一)单项选择题

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

### (二)多项选择题

1. BC      2. ABCD      3. ABCD      4. CDE      5. ABCDE      6. ABCD

## 三、问答题

### 1. 人体功能活动的主要 regulation 方式有哪些? 各有何特点? 其相互关系如何?

人体生理功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。在人体功能活动的调节中,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如激素和代谢产物等,可随血液循环或其他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。许多内分泌腺受到神经系统控制,故可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产生适应性反应,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;体液调节的作用较为缓慢,但持久而广泛;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不参与时发挥其调控作用。

由此可见,神经调节、体液调节和自身调节是人体生理功能活动调控过程中相辅相成、不可缺少的三个环节。

### 2. 何谓内环境和稳态? 有何重要生理意义?

人体细胞大部分不与外界环境直接接触,而是浸浴在细胞外液(血液、淋巴、组织液等)之中。因此,细胞外液成为细胞生存的体内环境,称为机体的内环境。细胞的正常代谢活动需要内环境理化因素的相对恒定,使其经常处于相对稳定状态,这种状态称为稳态或自稳态。机体的内环境及其稳态在保证生命活动的顺利进行过程中,具有重要的生理意义。

内环境所起的重要作用,是为机体细胞的生命活动提供必要的各种理化条件,使细胞的各种酶促反应和生理功能得以正常进行;同时,它又为细胞的新陈代谢提供各种必要的营养物质,并接受来自于细胞的代谢产物,通过体液循环将其运走,以保证细胞新陈代谢的顺利进行。细胞的正常代谢活动需要内环境理化性质的相对恒定,使其经常处于相对稳定的状态,亦即稳态。

为此,机体通过各种调节机制,使体内的各个系统和器官的功能相互协调,以达到机体内环境理化性质的相对稳定。稳态是一个复杂的动态平衡过程:一方面代谢过程本身使稳态不断地受到破坏,而另一方面机体又通过各种调节机制使其不断地恢复平衡。总之,整个机体的生命活动正是在稳态不断受到影响,而又不不断得到维

持的过程中得以顺利进行的。机体内环境及其稳态一旦受到严重破坏,势必引起人体发生病理变化,甚至危及生命。

### 3. 试比较反馈和前馈两者有何不同。

反馈包括正反馈和负反馈两个方面,负反馈对内环境起稳定作用,正反馈的作用则是破坏原先的平衡状态。所以,反馈无预见性,仅能在受到干扰后作出反应,表现出对反应有滞后现象;而前馈有预见性,能提前作出适应性反应,防止干扰。第二,负反馈有一定的波动性,即在恢复过程中逐渐稳定;而前馈无波动性,但有可能发生预见失误。此外,两者均可能出现偏差,但负反馈的偏差是必然出现的,只有出现偏差后才发生纠正;而前馈的偏差是由于可能出现的预见失误而导致的。

(徐州医学院 张建福)

## 第二章 细胞的基本功能

### 一、细胞膜的基本结构

一切动物细胞都被一层薄膜所包被,这就是细胞膜,又称质膜,它将细胞内容物与其周围的环境(主要是细胞外液)分隔开来。很明显,细胞要维持正常的生命活动,不仅细胞的内容物不能丢失,而且其化学组成必须保持相对稳定,这就需要在细胞和它所处的环境之间有起屏障作用的结构;但细胞在不断进行新陈代谢的过程中,又要经常由外界得到氧气和营养物质,排出细胞的代谢产物,而这些物质的进入和排出,都必须经过细胞膜。细胞膜是一个具有特殊结构和功能的半透性膜,它允许某些物质或离子有选择性地通过,但又能严格地限制一些物质的进出,保持了细胞内物质成分的稳定。

细胞膜结构在电镜下可分为3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,总厚度为7.0~7.5 nm。这种结构不仅见于细胞膜,亦见于各种细胞器的膜性结构,如线粒体膜、内质网膜、溶酶体膜等,因而是细胞中普遍存在的基本结构形式。各种膜性结构主要由脂质、蛋白质和糖类组成,一般以蛋白质和脂质为主,糖类只占极少量。

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。关于膜分子结构的假说有很多,其中受到较多实验支持而且为大多数人所接受的,是液态镶嵌模型。这一假说的基本内容是:膜的共同结构特点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,后者主要以 $\alpha$ -螺旋或球形蛋白质的形式存在。

**1. 脂质双分子层** 膜的脂质中以磷脂为主,占总量的70%以上,其次是胆固醇,还有少量属于鞘磷脂的脂质。

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。它们在细胞膜中呈定向整齐的双层排列,即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。

脂质的熔点较低,这决定了膜中脂质分子在一般体温条件下是呈液态的,因此,细胞膜具有两个明显的特性,即流动性和不对称性。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,而且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。

**2. 细胞膜蛋白质** 膜中的蛋白质分子是以 $\alpha$ -螺旋或球形结构分散镶嵌在膜的脂质双分子层中。

(1)表面蛋白 又称周围蛋白,分布在脂质双分子层的内、外侧表面。

(2)整合蛋白 又称镶嵌蛋白,它们一方面通过非极性氨基酸部分与膜脂质分子疏水部分相互作用而结合在膜中,为非水溶性;另一方面,一些蛋白质亲水性肽链则可以一次或反复多次贯穿脂质双分子层,两端裸露在膜的两侧。

镶嵌在细胞膜上的蛋白质的功能有:①与各种物质的跨膜转运有关,如载体、通道、离

子泵等;②与辨认和接受特异性的化学刺激有关,如受体;③起催化某种特异性反应的酶的作用;④在细胞表面起标志作用,如特异性抗原。

由于脂质双分子层具有流动性,所以镶嵌在脂质分子中的蛋白质也可以在脂质双分子层中作横向漂浮移动。

3. 细胞膜糖类 细胞膜所含糖类甚少,主要是一些寡糖和多糖链。这些糖链绝大多数是裸露在膜的外面一侧的。糖链可表示某种免疫信息,参与免疫反应,也可作为膜受体的可识别部分,促进受体与神经递质、激素或其他化学信号分子结合。

## 二、细胞膜的跨膜物质转运功能

一个进行着新陈代谢的细胞,不断有各种各样的物质(包括从离子和小分子物质到蛋白质等大分子,以及团块性固形物或液滴)进出细胞。这些物质中除极少数能够直接通过脂质层进出细胞外,大多数物质分子或离子的跨膜转运,都与镶嵌在膜上的各种特殊的蛋白质分子有关;至于一些团块性固态或液态物质进出细胞(如细胞对异物的吞噬或分泌物的排出),则与膜的更复杂的生物学过程有关。

细胞膜对物质的转运形式有4种:单纯扩散、易化扩散、主动转运和入胞作用、出胞作用。

1. 单纯扩散 单纯扩散是指脂溶性物质的分子或离子由膜的高浓度一侧向低浓度一侧作跨膜转运的过程。跨膜扩散的量取决于膜两侧的物质浓度梯度和膜的通透性。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。所谓通透性是指膜对物质通透的难易程度或阻力的大小。人体内脂溶性的物质不多,因而靠单纯扩散通过细胞膜的物质种类甚少,比较肯定的有 $O_2$ 和 $CO_2$ 气体分子。单纯扩散是不消耗能量的,其能量来源于高浓度电化学梯度本身所包含的势能。

2. 易化扩散 易化扩散指非脂溶性的物质,在特殊膜蛋白质的帮助下,由膜的高浓度一侧向低浓度一侧的扩散过程。参与易化扩散的镶嵌蛋白质有载体蛋白质和通道蛋白质,所以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,顺浓度差移动,细胞不耗能,必须在膜蛋白的帮助下完成物质转运。

(1)载体介导的易化扩散 细胞膜上的某些专一的、具有载体功能的载体蛋白质,能与某些物质结合并发生构象变化,将该物质由高浓度一侧运向低浓度一侧,再与其分离。载体蛋白质在运输中并不消耗能量。

以载体为中介的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,如葡萄糖载体对结构相似的木糖几乎不转运;②饱和现象:这是因为膜上有关的载体数量或载体上能与该物质结合的位点数目有限,如超过限度,即使再增加待转运物质的浓度,也不能使转运量增加;③竞争性抑制:一种载体同时对A和B两种结构相似的物质都有转运能力,那么,如果增加A物质的浓度,将会使该载体对B物质的转运量减少,即结构近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。以载体介导的易化扩散方式转运的物质有葡萄糖、氨基酸等小分子有机物。

(2)通道介导的易化扩散 通道介导的易化扩散常与一些带电的离子如 $Na^+$ 、 $K^+$ 、 $Ca^{2+}$ 等由膜的高浓度一侧向低浓度一侧的快速移动有关。对于不同的离子的转运,膜上