

医学专业必修课复习指导与自测丛书

研究生入学考试

执业医师考试

YIXUE ZHUANYE  
BIXIUKE FUXI ZHIDAO  
YU ZICE CONGSHU

# 生理学 复习指导 与自测

SHENGLIXUE FUXI  
ZHIDAO YU ZICE

主编 倪 江 樊小力

本书以第6版卫生部规划教材为依据,由全国11所高等医学院校的生理学教师编写而成。全书各章内容由教学大纲、知识要点、复习思考题、答案与题解组成,阐明学习要点并及时进行复习与自测。书后附录了全国部分高等医学院校研究生入学考试及期末考试试题真题,更具模拟测试效果。

本书适用于在校医学生、参加研究生入学考试或执业医师考试者复习参考使用,也适于各类职教、成教学生使用。



山东科学技术出版社  
www.lkj.com.cn

PHYSIOLOGY

医学专业必修课复习指导与自测丛书

# 生理学

## 复习指导与自测

SHENGLIXUE FUXI ZHIDAO YU ZICE

主 编 倪 江 樊小力

 山东科学技术出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

生理学复习指导与自测/倪江,樊小力主编. — 济南:  
山东科学技术出版社, 2005. 7  
(医学专业必修课复习指导与自测丛书)  
ISBN 7-5331-3999-2

I. 生... II. ①倪... ②樊... 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(2005)第 069849 号

医学专业必修课复习指导与自测丛书

**生理学复习指导与自测**

主编 倪 江 樊小力

---

**出版者: 山东科学技术出版社**

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531)82098088

网址: [www.lkj.com.cn](http://www.lkj.com.cn)

电子邮件: [sdkj@sdpress.com.cn](mailto:sdkj@sdpress.com.cn)

**发行者: 山东科学技术出版社**

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531)82098071

**印刷者: 肥城新华印刷有限公司**

地址: 肥城市老城工业园区

邮编: 271601 电话: (0538)3463159

---

开本: 787mm×1092mm 1/16

印张: 18.75

字数: 420 千

版次: 2005 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

---

ISBN 7-5331-3999-2

R·1154

定价: 30.00 元

## —— 生理学复习指导与自测 ——

主 编 倪 江 樊小力

编 者 (以编写章节为序)

倪 江 (哈尔滨医科大学)

余承高 (华中科技大学同济医学院)

汪长东 (华中科技大学同济医学院)

姜恩魁 (锦州医学院)

李自英 (山东大学医学院)

卢 宁 (复旦大学上海医学院)

管茶香 (中南大学湘雅医学院)

陆 杰 (重庆医科大学)

金宏波 (哈尔滨医科大学)

何亚平 (四川大学华西基础与法医学院)

朱永进 (西安交通大学医学院)

樊小力 (西安交通大学医学院)

赵书芬 (中国医科大学)

曹英强 (西安交通大学医学院)

李玉荣 (哈尔滨医科大学)

王会平 (浙江大学医学院)

## 前 言

医学生应具备扎实的生理学知识,才能学习好后续基础课程和临床课程,也才能由医学生教育顺利进入研究生教育。为了帮助学生较好地掌握生理学的基础知识和基本理论,熟悉研究生入学考试内容和题型以及提高学习成绩,我们根据多年的教学实践的经验和体会,以卫生部规划教材为依据编写了这本辅导教材,与生理学教材配套使用。

本书由教学大纲、知识要点、复习思考题、答案与题解、附录几部分组成。教学大纲列举了各章的教学要求,包括掌握内容、熟悉内容和了解内容。其中,掌握和熟悉内容包含了该章的重点和难点,也是各类考试、测试的主要内容。为此,在每章开始都有“知识要点”,力求涵盖该章节的主要内容,并以简洁易懂的表格方式帮助记忆。生理学的“血液循环”和“神经系统的功能”两个重点章节由于内容较多,特分为上、下两部分编写。

根据近年研究生入学考试的变化趋势,本书的复习思考题中,囊括了选择题、名词解释、问答题等题型。其中,选择题还包括  $A_1$  型题(单个最佳选择题)、 $A_2$  型题(临床病历及实践单选题)、 $B_1$  型题(配伍题,五个备选答案)、C 型题(配伍题,四个备选答案)和 X 型题(多项选择题)。 $A_2$  型题为新增加的题型,将在以后的研究生入学统一考试中出现。在每一个名词解释后,都附有相应的英文术语,便于对照记忆。问答题中包括了简答题和论述题。本书的附录中提供了全国部分高等医学院校硕士研究生入学考试生理学专业和专业基础的实考试题,供大家参考。

需要指出的是,读者使用本书,应该作为生理学教材的补充和参考,学习仍以教材为主。只有这样才能灵活掌握、融会贯通,收到事半功倍、从容应试的效果,而不应该盲目寄希望于走捷径、猜题、押题等方法。

本书适用于各层次生理学应试读者,特别是参加硕士、博士研究生入学考试者,同样也可供七年制、五年制、三年制在校生,各类在职、成教学生和参加执业医师考试者复习参考。

本书编者多是卫生部规划教材各参编院校的教师,现仍在教学一线辛勤耕耘。本书的编写得到了山东科学技术出版社和各参编院校的大力支持,余承高教授和金宏波副教授为本书做了大量细致的工作,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者学识有限,书中难免存在错误和缺点,恳切希望广大同仁和读者批评指正。

倪 江 樊小力

# 目 录

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 第一章 绪论 .....          | 1   |
| 第二章 细胞的基本功能 .....     | 8   |
| 第三章 血液 .....          | 32  |
| 第四章 血液循环(上) .....     | 45  |
| 第五章 血液循环(下) .....     | 77  |
| 第六章 呼吸 .....          | 102 |
| 第七章 消化与吸收 .....       | 117 |
| 第八章 能量代谢与体温 .....     | 144 |
| 第九章 尿的生成和排出 .....     | 155 |
| 第十章 感觉器官的功能 .....     | 171 |
| 第十一章 神经系统的功能(上) ..... | 185 |
| 第十二章 神经系统的功能(下) ..... | 205 |
| 第十三章 内分泌 .....        | 223 |
| 第十四章 生殖 .....         | 248 |
| 附录 .....              | 262 |

# 第一章 绪 论

## 大 纲 要 求

**掌握内容** 体液、细胞内液和细胞外的反馈控制系统。  
**了解内容** 生理学的定义、研究内容和研究方法。

## 知 识 要 点

1. 生理学是研究正常机体生命活动及其规律的科学。
2. 生理学的研究内容可分为三个不同水平(表 1)。

表 1 生理学研究的三个水平

| 研究水平  | 研究内容                              | 举例                       |
|-------|-----------------------------------|--------------------------|
| 整体    | 研究人体与环境的对立统一关系及体内各器官系统功能活动之间的相互关系 | 劳动、高空飞行、潜水等条件下机体生理功能的变化等 |
| 器官系统  | 研究各器官的功能及其调节                      | 心脏射血机制,影响心脏活动的因素等        |
| 细胞、分子 | 研究细胞和细胞内各亚微结构的功能、各种生物分子的特殊理化改变过程  | 细胞膜对物质的转运功能,心肌细胞生物电活动等   |

3. 生理学的研究方法 生理学是一门实验性科学。生理知识来源于人体直接观察和动物实验。动物实验包括慢性和急性实验,急性实验又可分为在体实验和离体实验。

### 4. 机体的内环境与稳态

(1)内环境:机体生存的自然和社会环境是机体的外环境。机体的内环境是细胞外液。细胞外液是细胞生存和活动的直接环境,称为机体内环境。内环境的主要作用有:①为细胞提供必要的理化条件,确保各种酶促反应和生理功能的正常进行;②与细胞进

行物质交换,为细胞提供营养物质,同时接纳细胞代谢的终产物。

(2)体液:细胞外液是体液的组成部分。体液是机体内所有液体的总称,体液的分布及其作用如表 2 所示。

(3)稳态:①内环境的各种物理、化学性质保持相对稳定的状态,称为内环境稳态。②稳态是内环境稳态概念的延伸和发展,是机体通过各种调节机制维持生理功能和内环境保持相对稳定的状态。③稳态具有节律性波动。机体的各种生理功能活动按一定的时

间顺序出现,这种周而复始的变化称为生物节律,稳态亦然。④稳态是机体进行生命活动的必要条件。

5. 机体生理功能的调节如表 3 所示。

表 2 全身体液的分布和作用

| 分 布  | 占全身重量(%) | 生理作用                             |
|------|----------|----------------------------------|
| 体液   | 60       |                                  |
| 细胞内液 | 40       | 是进行各种生化反应的场所                     |
| 细胞外液 | 20       | 是机体的内环境,其理化性质的相对稳定是维持机体正常生命活动的条件 |
| 组织液  | 15       | 是细胞进行物质交换的媒介                     |
| 血浆   | 5        | 是沟通内、外环境,进行物质交换的中间环节             |

表 3 机体生理功能调节方式及特点

| 调节方式 | 作用                                     | 生理意义               | 特点                |
|------|----------------------------------------|--------------------|-------------------|
| 神经调节 | 中枢神经系统的活动通过传入和传出神经对机体各种功能进行调节,其基本方式是反射 | 机体最主要的调节方式         | 作用迅速、局限、短暂        |
| 体液调节 |                                        |                    |                   |
| 全身性  | 内分泌细胞分泌的激素随血液循环运送到全身组织器官,从而调节其生理活动     | 调节代谢、生长发育与生殖等基本功能  | 作用缓慢、广泛、持久        |
| 局部性  | 某些组织细胞产生的化学物质借组织液扩散,影响邻近的功能活动          | 使局部与全身的功能活动相互配合和协调 | 作用范围较局限           |
| 自身调节 | 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     | 协助维持生理功能的稳态        | 调节幅度较小影响范围小,灵敏度较低 |

6. 生理功能调节的控制系统 体内存在着数以千计的控制系统,各种控制系统不论是对整体还是对各种细胞、器官和系统都有极其精细、复杂的控制,在不同水平上对各种功能进行调节。

机体的控制系统可分为非自动控制系统、自动控制系统和前馈控制系统三大类。

(1)非自动控制系统:非自动控制系统是一个开环系统。在此系统中,受控的效应器或靶器官产生的活动变量不能反作用于控制部分(中枢或内分泌腺)。因此,这种控制方式是单向的,不具有自动控制的特征。这类非自动控制系统在机体功能调节中不多见,

主要在应激反应时发生。例如,应激时引起交感神经系统高度兴奋,使血压和心率一直维持很高的水平;强烈的应激刺激使血中 ACTH 和糖皮质激素维持在高水平。受控部分的变化不能反作用于控制部分,成为开环系统。

(2)反馈控制系统:反馈控制系统是一个闭环系统,是自动控制系统,主要由控制部分(中枢或内分泌腺)、受控部分(效应器或靶器官)、控制信息和反馈信息组成。因为控制部分与受控部分之间存在着往返双向联系,所以这种控制系统具有自动控制的能力。由控制部分发送到受控部分的信息称为控制信

息,由受控部分回送到控制部分的信息称为反馈信息。受控部分不断有反馈信息返回控制部分,改变控制部分的活动,形成一个闭环回路。由受控部分发出反馈信息对控制部分的活动加以纠正和调整的过程称为反馈调节。根据反馈信息的作用效果,可将反馈分为正反馈和负反馈。

1)负反馈控制系统:反馈信息抑制或减弱控制部分的活动以纠正、调整控制信息,称为负反馈。负反馈具有双向性调节的特点,是维持机体功能活动和内环境稳态的重要途径,因而在整体功能调节中起非常重要的作用,是最重要的反馈调节。负反馈调节方式是有缺点的,因为只有在外界干扰使受控部分输出变量(生理效应)出现偏差以后,这种调节方式才能发生作用,所以总要滞后一段时间才能纠正偏差,且易于矫枉过正而产生波动。负反馈机制对偏差的敏感程度越高则波动性越大,越不敏感则滞后越久。

2)正反馈控制系统:由受控部分发出的

反馈信息促进与加强控制部分的活动,称为正反馈。正反馈是一个不可逆的、不断增强的过程,其反馈信息使控制部分的活动不断加强,直到发挥最大效应,迅速完成生理功能为止,如排尿、射精、分娩、血液凝固等。这类反馈在机体内比较少见,主要是保证某些生理功能的完成。

(3)前馈控制系统:前馈控制系统是指干扰信号直接通过感受装置作用于控制部分,纠正干扰信号对受控部分活动破坏的调控系统,能使输出变量在出现偏差前就能得到纠正。条件反射活动属于前馈控制活动。

除负反馈调节外,前馈调节也是机体维持稳态的途径,且比反馈控制更为快速、稳定,更为准确,无滞后并有超前预见,能使机体及时做出适应性反应,适应不断变化的内、外环境。

(4)反馈系统与前馈系统的比较如表4所示。

表4

反馈系统与前馈系统的比较

| 方式  | 作用                                                   | 生理意义                       |
|-----|------------------------------------------------------|----------------------------|
| 负反馈 | 由受控部分发出的反馈信息反映了输出变量的信息,其作用使控制部分的活动抵制,以减弱控制信息         | 维持稳态                       |
| 正反馈 | 由受控部分发出的反馈信息反映了输出变量的信息,其作用与控制信息的作用方向一致,以加强控制信息的作用    | 使某一生理活动不断加强,迅速完成           |
| 前馈  | 干扰信息对控制部分的直接作用,使控制部分可在输出变量未发生偏差而引起反馈信息之前就对受控部分发出纠正信息 | 避免负反馈调节的被动性和反应的滞后性,更好地保持稳态 |

## 复习思考题

### 【选择题】

#### 一、A<sub>1</sub>型题

1. 下列情况中,属于自身调节的是

- A. 人体过度通气呼吸暂停
- B. 动脉血压维持相对稳定
- C. 血糖水平维持相对稳定

D. 体温维持相对稳定

E. 动脉血压在 80~180 mmHg 之间升降时,肾血流量维持相对稳定

2. 维持机体稳态的最重要调节过程是

- 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
  - 3. 反馈信息是指自动控制系统中
    - A. 控制系统发出的指令
    - B. 受控系统发出的输出变量
    - C. 干扰因素的强度
    - D. 内、外环境的变化
    - E. 调定点的水平
  - 4. 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相对恒定
    - C. 细胞内化学成分相对恒定
    - D. 细胞外化学成分相对恒定
    - E. 细胞内代谢水平稳定
  - 5. 神经调节的基本方式是
    - A. 反射
    - B. 反应
    - C. 反馈
    - D. 适应
    - E. 控制
  - 6. 神经调节的特点是
    - A. 调节幅度小
    - B. 调节广泛、持久
    - C. 作用迅速、准确、短暂
    - D. 调节敏感性差
    - E. 作用速度快,持续时间长
  - 7. 最能反映内环境状况的体液部分是
    - A. 细胞内液
    - B. 组织液
    - C. 脑脊液
    - D. 血液
    - E. 血浆
  - 8. 与体液调节相比,有关神经调节叙述错误的是
    - A. 神经调节发生快
    - B. 神经调节作用时间短
    - C. 神经调节范围较广
    - D. 神经调节起主导作用
    - E. 神经调节作用准确
  - 9. 关于自身调节的叙述,正确的是
    - A. 依赖于神经支配
    - B. 依赖于体液因素的存在
    - C. 调节幅度大,但灵敏度低
    - D. 存在于体内各组织、器官和整体
    - E. 依赖于组织器官的自身特性
  - 10. 条件反射属于
    - A. 正反馈调节
    - B. 前馈调节
    - C. 非自动控制
    - D. 负反馈调节
    - E. 自身调节
  - 11. 关于体液调节,下列说法中错误的是
    - A. 通过化学物质实现的
    - B. 体液调节不受神经系统的控制
    - C. 分泌激素的细胞有内分泌功能
    - D. 体液调节不一定是全身性的
    - E. 激素有特定的靶细胞
  - 12. 交感神经传出神经纤维的冲动可看做是
    - A. 控制部分
    - B. 受控部分
    - C. 控制信息
    - D. 反馈信息
    - E. 干扰信息
- ## 二、B<sub>1</sub>型题
- A. 神经调节
  - B. 体液调节
  - C. 神经-体液调节
  - D. 自身调节
  - E. 反馈调节
  - 1. 看到食物引起唾液分泌,属于
  - 2. 交感神经兴奋时,肾上腺髓质分泌,引起小动脉收缩,属于
  - 3. 血中甲状腺激素含量维持相对恒定,属于
    - A. 控制系统
    - B. 受控系统

- C. 监测系统
- D. 控制信息
- E. 反馈信息
- 4. 在心血管调节系统中,心脏和血管属于
- 5. 自主神经系统在心血管功能调节中属于
- 6. 减压神经传入冲动是
- 7. 心交感神经冲动属于

### 三、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. 血浆属于
- 2. 肺泡内气体属于
- 3. 细胞内液属于
  - A. 条件反射
  - B. 非条件反射
  - C. 两者都是
  - D. 两者都不是
- 4. 光照一侧瞳孔时,另一侧瞳孔缩小,属于
- 5. 看到山楂引起唾液分泌,属于
- 6. 回心血量增大使心肌收缩力增加,属于
  - A. 正反馈
  - B. 负反馈
  - C. 两者都是
  - D. 两者都不是
- 7. 减压反射属于
- 8. 排尿反射属于
- 9. 电刺激肌肉引起肌肉收缩,属于

### 四、X 型题

- 1. 以下哪些是有关稳态的正确叙述
  - A. 维持内环境相对恒定的状态
  - B. 稳态是体内各种调节机制维持动态平衡
  - C. 负反馈调节是维持稳态的重要途径
  - D. 稳态的调定点有节律性波动
  - E. 稳态是神经调节的结果

- 2. 下列哪些现象中存在正反馈
  - A. 血液凝固过程
  - B. 神经纤维动作电位 0 期除极过程中的钠内流
  - C. 排卵前成熟卵泡分泌雌激素对腺垂体 LH 的作用
  - D. 排尿反射
  - E. 分娩过程
- 3. 下列哪些现象中存在负反馈
  - A. 排尿反射
  - B. 糖皮质激素分泌的调节
  - C. 体温调节
  - D. 窦弓反射
  - E. 排卵后,黄体分泌的孕激素对 LH 的调节
- 4. 在自动控制系统中,有关反馈调节的正确描述是
  - A. 前馈是干扰信号对控制部分的直接作用
  - B. 前馈可避免负反馈调节中出现的滞后现象
  - C. 前馈调节过程可出现波动
  - D. 见到食物出现的唾液分泌是前馈调节的表现
  - E. 具有一定的预见性

### 【名词解释】

- 1. 内环境(internal environment)
- 2. 稳态(homeostasis)
- 3. 负反馈(negative feedback)
- 4. 前馈(feedforward)
- 5. 自身调节(autoregulation)

### 【问答题】

- 1. 何谓内环境稳态,内环境稳态是如何维持的?
- 2. 机体生理功能调节有哪些方式,各有何特点?
- 3. 试从控制论观点说明反馈控制系统在调节生理功能活动中的作用及其相互关系。

## 答案与题解

### 【选择题】

#### 一、A<sub>1</sub> 型题

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

#### 二、B<sub>1</sub> 型题

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

#### 三、C 型题

1. B 2. A 3. D 4. B 5. A 6. D  
7. B 8. A 9. D

#### 四、X 型题

1. ABCD 2. ABCDE 3. BCD 4. ABCDE

### 【名词解释】

1. 内环境 细胞外液是细胞生存和活动的直接环境,称为机体内环境。
2. 稳态 一般指内环境的各种物理、化学性质保持相对稳定的状态,称为内环境稳态。
3. 负反馈 反馈信息抑制或减弱控制部分的活动,以纠正、调整控制信息,称为负反馈。
4. 前馈 是指干扰信号直接通过感受装置作用于控制部分,纠正干扰信号对受控部分活动破坏的调控系统,能使输出变量在出现偏差前就能得到纠正。
5. 自身调节 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。

### 【问答题】

1. 何谓内环境稳态,内环境稳态是如何维持的?

答:内环境稳态是指细胞外液理化性质保持相对恒定的状态,是进行正常生命活动的必要条件,使细胞的各种酶促反应和生理功能得以正常进行。细胞的新陈代谢活动本身又是经常造成内环境理化性质变

动的因素。要保持内环境稳态,必须通过神经、体液和自身调节进行调节以及各系统、器官的功能活动保持正常,使细胞外液理化因素经常处于相对恒定状态,在狭小的范围内波动。内环境理化因素发生较大变化,超过机体调节能力,稳态就不能维持。

2. 机体生理功能调节有哪些方式,各有何特点?

答:机体功能调节方式主要有三种,即神经调节、体液调节和自身调节。

(1)神经调节:是指通过神经系统的活动对机体生理功能的调节,是机体最主要的调节方式。神经调节的基本方式是反射,包括条件反射和非条件反射。反射是指在中枢神经系统参与下,机体对刺激(内外环境变化)产生的规律性应答反应。实现反射的结构基础是反射弧,包括感受器、传入神经、中枢、传出神经和效应器。构成反射弧五个部分的任何一个环节受到破坏,反射将不能实现。

神经调节的特点是作用迅速、准确,作用时间短暂。

(2)体液调节:是指机体产生的化学物质(激素或特殊化学物质)经体液对机体、组织、细胞功能活动的调节。根据化学物质作用途径的差别,经血液循环的体液调节为远距调节(内分泌),也称全身性调节;一些组织细胞产生的特殊化学物质经组织液作用于邻近组织细胞,称为旁分泌(局部调节)。有些细胞分泌的激素或化学物质扩散又作用于自身,称为自身调节。某些内分泌腺或内分泌细胞直接或间接受神经支配,形成神经-体液调节。

体液调节的特点是作用缓慢而弥散,作用

时间持久。

(3)自身调节:是指内外环境变化时,组织、细胞不依赖于神经或体液调节而产生的适应性反应,其作用特点是调节局限,幅度小,灵敏度较低。

### 3. 试从控制论观点说明反馈控制系统在调节生理功能活动中的作用及其相互关系。

**答:**机体功能活动的调节系统为自动控制系统。神经中枢或内分泌腺可看做是控制部分,而效应器或靶细胞可看做是受控部分。控制部分发出信息改变受控部分的活动;受控部分也不断有信息返回到控制部分,纠正和调整控制部分的活动。因此,控制部分与受控部分之间形成一个闭环回路,所以自动控制系统是一个闭环系统。

自动控制系统通过反馈调节的方式,使机体功能活动的调节达到极其精确的程度。反馈是受控部分的信息返回作用于控制系统。根据反馈信息的作用效果,可将反馈分为正反馈和负反馈。

(1)负反馈控制系统:反馈信息抑制或减

弱控制部分的活动,以纠正、调整控制信息,称为负反馈。负反馈具有双向性调节的特点,是维持机体功能活动和内环境稳态的重要途径,因而在整体功能调节中起非常重要的作用,是最重要的反馈调节。负反馈调节方式是有缺点的。因为只有在外界干扰使受控部分输出变量(生理效应)出现偏差以后,这种调节方式才能发生作用,所以总要滞后一段时间才能纠正偏差,且易于矫枉过正而产生波动。负反馈机制对偏差的敏感程度越高则波动性越达,越不敏感则滞后越久。

(2)正反馈控制系统:由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。正反馈是一个不可逆的、不断增强的过程,其反馈信息使控制部分的活动不断加强,直到发挥最大效应,迅速完成生理功能为止,如排尿、射精、分娩、血液凝固等。这类反馈在机体内比较少见,主要是保证某些生理功能的完成。

(倪江)

## 第二章 细胞的基本功能

### 大纲要求

**掌握内容** 细胞的跨膜物质转运,易化扩散、主动转运的概念(原发性主动转运、继发性主动转运,钠泵及其生理作用和意义);静息电位、动作电位和阈电位的概念,静息电位与动作电位的产生机制,动作电位的特点;兴奋性、兴奋、刺激、阈强度的概念,影响细胞兴奋性的因素;G 蛋白耦联的跨膜细胞转导途径(G 蛋白的概念、腺苷酸环化酶途径、 $\text{IP}_3$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ /钙调蛋白激酶途径与 DG-蛋白激酶 C 途径);肌小节、骨骼肌兴奋-收缩耦联、横桥、前负荷、初长度、最适前负荷、最适初长度、后负荷的概念,兴奋-收缩耦联的过程。

**熟悉内容** 经载体的易化扩散特征,电压门控通道、化学门控通道、钠泵、 $\text{Na}^+$ - $\text{Ca}^{2+}$  交换体、细胞膜的结构与功能;极化、去极化、复极化、超极化、超射、峰电位、局部电流的概念,动作电位的传导机制,细胞兴奋后兴奋性的变化;由膜通道蛋白质完成的跨膜

信号转导途径(G 蛋白-离子通道途径);神经-肌接头处的兴奋传递过程与特点,终板电位及其特点;骨骼肌收缩的分子机制,肌丝滑行学说,三联体,等长收缩、等张收缩、不完全强直收缩与完全强直收缩、钙触发钙释放的概念,影响骨骼肌收缩的因素。

**了解内容** 单纯扩散、水通道(水孔蛋白)、胞吐和胞吞,跳跃式传导,后电位、电紧张电位、内向电流、外向电流、膜片钳,空间总和与时间总和,局部反应的概念与特点;酪氨酸激酶受体跨膜信号转导途径,鸟氨酸环化酶完成的跨膜信号转导途径,第一信使、第二信使、磷酸化级联反应、激动性 G 蛋白、抑制性 G 蛋白、信号网络与交互对话的概念;骨骼肌收缩的形式,单收缩、最大收缩速度、肌肉收缩能力、单单元平滑肌、多单元平滑肌、微终板电位、双氢吡啶受体、钙扣压素、受磷蛋白、平滑肌时相性收缩的概念,平滑肌的分类与平滑肌细胞的生理特性。

### 知识要点

细胞是机体结构和功能的基本单位。机体的所有生理功能都是在细胞功能的基础上完成的。

#### 一、细胞膜的基本结构

机体所有的细胞都被细胞膜所包被。细胞膜不仅对细胞起保护作用,构成细胞的屏障,而且使胞质化学组成保持相对稳定,并与细胞外液显著不同,为细胞的正常生命活动

提供必要的条件。细胞膜还与跨膜物质转运、信号转导、分泌、兴奋传导和免疫功能等有关,在细胞的代谢、生长与生殖中起重要作用。

细胞膜分子结构的液态镶嵌模型学说的基本内容是细胞膜的共同结构是以液态的脂质双分子层为基架,其中镶嵌着具有不同生理功能的蛋白质。

## 二、细胞膜的跨膜物质转运功能

由于膜脂质双分子层只允许少数脂溶性小分子物质通过,因而多数物质的跨膜转运依靠镶嵌在膜中的蛋白质。

### (一)单纯扩散

脂溶性物质由细胞膜高浓度一侧向低浓度一侧的移动称为单纯扩散,这是一种简单的物理扩散过程。体内依靠单纯扩散通过细胞膜的物质很少,比较肯定的有  $O_2$  和  $CO_2$  等。单纯扩散的能量来源于高浓度电-化学梯度本身所包含的势能。渗透是单纯扩散的一种特殊形式,是指水分子通过细胞膜中的微小缝隙或水通道进行的跨膜转运。

### (二)易化扩散

不溶于脂质或脂溶性较低的物质,借助于膜的某些蛋白质,由高浓度一侧向低浓度一侧的扩散称为易化扩散。易化扩散有 2 种类型:

1. 载体易化扩散 许多不溶于脂质的营养物质,如葡萄糖、氨基酸等在载体蛋白的帮助下,顺浓度差或电位差跨膜转运。其特点是载体蛋白和转运物质之间有高度的结构特异性,有饱和和竞争性抑制现象。

2. 通道易化扩散 通道是镶嵌在细胞膜上的跨膜蛋白质,由  $\alpha$ -螺旋蛋白组成,其中心具有亲水性孔道并对离子有高度的亲和力,允许小于孔道直径的离子顺浓度差快速、大量通过。根据离子选择性不同,通道可分为  $Na^+$  通道、 $K^+$  通道、 $Ca^{2+}$  通道、 $Cl^-$  通道和非特异性阳离子通道等。通道具有闸门样的

结构来控制通道的开放和关闭。离子通道可分为电压门控通道、化学门控通道和机械门控通道等。通道对离子转运的特异性不如载体严格。

### (三)主动转运

主动转运是指在膜蛋白质的参与下,细胞依靠本身的耗能过程,将某种物质分子或离子由膜的低浓度或低电位一侧移向高浓度或高电位一侧的过程。主动转运可分为原发性主动转运和继发性主动转运。

原发性主动转运是直接利用细胞代谢产生的 ATP 而实现的,与细胞膜上具有特殊转运功能的 ATP 酶有关。最重要的是  $Na^+-K^+$  泵,即  $Na^+$  泵,也称  $Na^+-K^+$  依赖式 ATP 酶,其主要作用是“驱钠摄钾”。当细胞内  $Na^+$  浓度升高或细胞外  $K^+$  浓度升高时,都可激活钠泵。一般每消耗 1 分子 ATP,可泵出 3 个  $Na^+$ ,摄入 2 个  $K^+$ ,故钠泵是一种生电性泵。在安静状态下细胞大约将所获能量的 20%~30% 用于钠泵的转运活动。

钠泵的生理意义在于:①由钠泵造成的细胞内高  $K^+$ ,是细胞进行代谢反应的必要条件;②钠泵的活动能将细胞内  $Na^+$  和与之相伴的水泵出细胞,以维持细胞的正常渗透压和形态;③最重要的是维持细胞内外离子浓度梯度,建立一种势能储备和保持细胞内外  $Na^+$ 、 $K^+$  不均匀分布,这是可兴奋组织或细胞具有兴奋性和产生兴奋的基础;④  $Na^+$  浓度势能储备也是一些物质,如葡萄糖、氨基酸等进行继发性主动转运的能量来源。

除钠泵外,还有氢泵、钙泵和碘泵等,都是直接由 ATP 高能磷酸键分解放能而实现的主动转运过程,故称为原发性主动转运。

继发性主动转运不直接消耗细胞代谢所产生的 ATP 供能,而是依靠另一物质浓度梯度的势能储备而实现的主动转运。如小肠和肾小管上皮细胞对葡萄糖和氨基酸的主动转运,其转运的能量是来自  $Na^+-K^+$  ATP 酶

主动转运  $\text{Na}^+$  所形成的势能储备。在  $\text{Na}^+$  顺浓度梯度转运释放的能量驱使下,葡萄糖和氨基酸等逆浓度差进入细胞内而积聚。如果转运物质的方向与提供势能储备物质转运的方向相同,称为同向转运;反之,称为逆向转运。

#### (四)出胞和入胞

是膜对一些大分子颗粒或物质团块的转运方式。出胞是指细胞内的大分子颗粒或物质团块从细胞内排出的过程,也称为胞吐,如细胞的各种分泌活动。细胞外某些物质团块进入细胞的过程称为入胞,也称为胞吞。如果进入细胞的物质为固体物,则称为吞噬;如果进入细胞的物质为液态,则称为吞饮或胞饮。

受体介导式入胞是最主要的入胞方式。通过这种形式入胞的物质称之为配体,通过与受体结合才发挥作用。与一般的人胞比较,受体介导式入胞的速度快、特异性高,是一种非常有效的转运方式。入胞和出胞过程都需要消耗能量,其能量主要是来自细胞内线粒体氧化过程中形成的 ATP。

物质跨膜转运过程可分为主动转运和被动转运,两者的主要区别是被转运的小分子物质或离子是否逆电位或逆化学浓度转运以及转运中是否需要细胞供给能量。单纯扩散和易化扩散属于被动转运,主动转运则包括原发性主动转运、继发性主动转运以及出胞和入胞等。

### 三、细胞的跨膜信号传递功能

细胞的信号传递系统是指各种细胞外信号传导至靶细胞内,并始动其生物效应所涉及的复杂生物系统。

#### (一)细胞间的信号传递

细胞间的信号传递可分为化学传递和电传递两类。

化学传递方式主要有:①内分泌,信号分子经血液循环运送至远距离的靶细胞;②旁

分泌,信号分子通过细胞外液弥散至邻近的靶细胞;③自分泌,细胞对自身分泌的信号分子产生反应;④突触传递,神经末梢释放的信号分子,经突触间隙扩散至突触后膜与受体结合后起作用。

参与信号传递的物质也称配体,主要有:

①神经递质,完成神经元之间和神经元与效应器细胞之间的信息传递;②激素,经过体液途径至靶细胞,发挥特定的生理作用;③细胞因子,由一般细胞分泌的一类信息分子,可作用于特定的靶细胞并调节其生理功能;④气体分子,很多细胞也可以产生气体分子(如 NO),参与细胞间的信息传递过程。

细胞中能识别各种配体并与其特异性结合、从而引起各种生物效应的分子称为受体。受体的化学本质是蛋白质。按受体分布的部位不同,可分为细胞膜受体和细胞内受体。根据受体-配体复合物能否引起第二信使的产生及信使的种类,膜受体又可分为 G 蛋白耦联受体、酶耦联受体和离子通道受体三类。

#### (二)跨膜信号转导系统

膜受体是将细胞外信号导入细胞内的重要枢纽,不同的跨膜信号转导方式由不同的膜受体介导。

##### 1. 离子通道受体介导的跨膜信号转导

目前已确定体内至少存在三种类型的通道样结构,即电压门控通道、化学门控通道和机械门控通道。其信号转导具有速度快,反应位点较局限等特点。

在离子通道受体介导的跨膜信号转导系统中,受体本身就是离子通道的组成部分。这类受体激活时直接引起了离子流动,故也称为促离子型受体。

在神经细胞和肌细胞膜上有  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  的电压门控通道分子结构,控制这类通道开放和关闭的因素是通道所在膜两侧跨膜电位的改变。许多细胞,如耳蜗毛细胞膜感受外来机械信号,可能使膜的局部变形,直接

刺激附近膜中的机械门控通道,进而完成细胞内的信号转导。

## 2. G 蛋白耦联受体介导的跨膜信号转导

G 蛋白耦联受体是最大的细胞表面受体家族,约有 100 种激素、神经递质和其他信息分子调节靶细胞功能是通过它介导的。通过 G 蛋白耦联受体完成跨膜信号转导需要下列存在于细胞膜、细胞质和细胞核中的信号分子参与:

(1)G 蛋白耦联受体(7 次跨膜受体):各种细胞外信号分子的 G 蛋白耦联受体都是由一条多肽链组成,其中含有 7 次跨膜疏水区域。当细胞外信号分子与受体结合后,就可以触发受体蛋白的构象改变,再进一步调节 G 蛋白的活性,将细胞外的信号传递到细胞内。

(2)G 蛋白:G 蛋白是可以与鸟苷酸结合的蛋白的总称,连接着膜受体和细胞内的效应器蛋白(酶或离子通道)。G 蛋白有两类,即单体 G 蛋白和异源三聚体 G 蛋白,其共同特征是由三个不同的亚单位组成。G 蛋白具有结合 GTP 或 GDP 的能力,并有 GTP 酶的活性,能将结合的 GTP 分解形成 GDP。G 蛋白构象的改变可激活效应器蛋白,从而实现细胞内、外信号的传递。根据组成 G 蛋白的  $\alpha$  亚单位的结构和活性不同,G 蛋白还可以分为  $G_s$  家族、 $G_i$  家族和  $G_p$  家族。对效应器蛋白起激活作用的 G 蛋白称为激动性 G 蛋白( $G_s$ ),对效应器蛋白起抑制作用的 G 蛋白称为抑制性 G 蛋白( $G_i$ )。

(3)G 蛋白效应器:G 蛋白效应器包括催化生成第二信使的效应器酶和离子通道,主要有细胞膜上的腺苷酸环化酶(AC)、磷脂酶 C(PLC)、依赖 cGMP 的磷酸二酯酶(PDE)和磷脂酶  $A_2$  等。

(4)第二信使:如将与细胞膜结合的细胞外信号分子称为第一信使,则第二信使是指第一信使作用于细胞膜后产生的细胞内信号

分子。目前已经知道的第二信使物质主要有环磷酸腺苷(cAMP),三磷酸肌醇( $IP_3$ ),二酰甘油(DG),环磷酸鸟苷(cGMP)和  $Ca^{2+}$  等。

(5)蛋白激酶:第二信使可活化相应的蛋白激酶,包括依赖于 cAMP 的蛋白激酶(蛋白激酶 A,PKA)和依赖于  $Ca^{2+}$  的蛋白激酶(蛋白激酶 C,PKC)等。蛋白激酶的激活可使底物蛋白磷酸化,产生各种生物学作用。

1) cAMP-PKA 途径:腺苷酸环化酶(AC)可催化细胞质中的 ATP 生成 cAMP,cAMP 又被 PDE 迅速分解生成 5'-AMP。正常情况下,cAMP 可进一步激活 PKA,PKA 再使某些底物蛋白发生磷酸化。这些底物蛋白通常也是基因表达的调节因子,表达的蛋白质可使细胞产生各种生物学效应。

2)  $IP_3$ - $Ca^{2+}$  途径:许多配体与受体结合后可激活另一种 G 蛋白  $G_p$ , $G_p$  能激活膜上的磷脂酶 C,催化细胞膜上的二磷酸磷脂酰肌醇( $PIP_2$ )分解为 DG 和  $IP_3$  两种第二信使。 $IP_3$  与其受体结合后可导致细胞内  $Ca^{2+}$  库中的  $Ca^{2+}$  释放到胞质中去。 $Ca^{2+}$  作为第二信使,既可以直接作用于底物蛋白发挥调节作用,也可以和胞质中的钙调蛋白(CaM)结合后发挥作用。

3) DG-PKC 途径:磷脂酶 C 水解  $PIP_2$  生成的另一个产物是二酰甘油(DG)。DG 可活化蛋白激酶 C,使底物蛋白磷酸化,产生多种生物效应。

4) G 蛋白-离子通道途径:G 蛋白也可以直接或间接通过第二信使调控离子通道的活动,实现信号转导。

3. 酶耦联受体介导的跨膜信号传导 酶耦联受体可分为两类。一类是酪氨酸激酶受体,受体分子具有酶的活性,即受体与酶是同一蛋白分子。大部分生长因子和一些肽类激素,如表皮生长因子(EGF)、神经生长因子(NGF)、胰岛素等,在与其受体结合后,可使