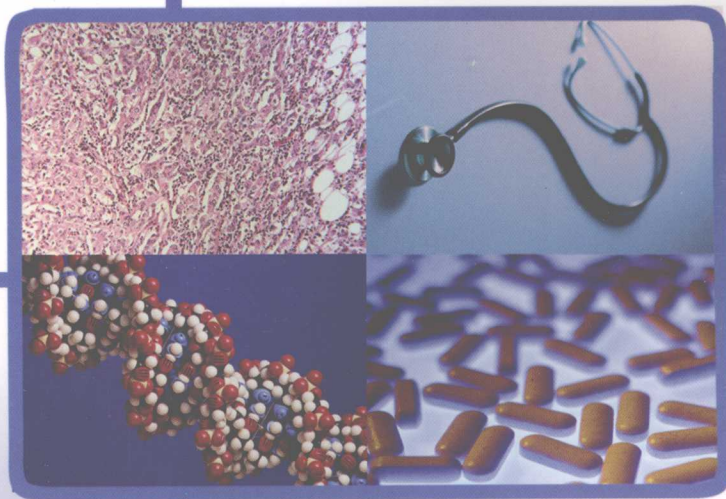


全国高等医学院校教材

# 生理学

王 鹿 康福信 主编



科学出版社

[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

全国高等医学院校教材

# 生 理 学

主 编 王 鹿 康福信

主 审 张建龙

副主编 沈岳良 姚巧玲 蒋 萍

参 编 艾努尔·加里里 王丽凤 王 鹿 刘 洪

吴桂霞 李俊红 张建龙 张顺杰 沈岳良

甫拉提·吐尔逊 帕尔哈提·阿不都热衣木

姚巧玲 聂永梅 康福信 雪合热提·伊纳也提

蒋 萍 魏媛媛 田为真 田彩云

代红艳 马敏丽 王 蕊



科 学 出 版 社

北 京

## 内 容 简 介

本书为全国高等医学院校教材,是根据“因材施教”的原则和当前教育及教育改革的形势并考虑不少学校生理学课程的教学安排时数减少而编写的,在保持生理学基本理论、基本知识和基本技能的基础上,强调教材的科学性、系统性、逻辑性、启发性、先进性和实用性,达到临床执业医师考试大纲规定和相应专业教学大纲与培养目标的要求。

本书主要供高等医药院校医学生作为教材使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

生理学 / 王鹿,康福信主编. —北京:科学出版社,2007

(全国高等医学院校教材)

ISBN 978-7-03-019401-5

I. 生… II. ①王…②康… III. 人体生理学—医学院校—教材 IV. R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 108150 号

责任编辑:李国红 韩 薇 / 责任校对:刘小梅

责任印制:刘士平 / 封面设计:黄 超

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>

北京市文林印务有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2007 年 7 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2007 年 7 月第一次印刷 印张:19

印数:1—3 000 字数:444 000

定价:35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈文林〉)

# 前 言

为适应我国高等医学教育改革和发展的需要,全面推进素质教育,更好地培养合格的高素质医学人才,适合“因材施教”的原则,达到临床执业医师考试大纲规定和相应专业教学大纲与培养目标的要求,我们针对当前教育及教育改革的形势并考虑不少学校生理学课程的教学安排时数有所减少,以及一些地处边疆少数民族地区的实际情况编写了本书。我们在保证生理学基本理论、基本知识和基本技能的基础上,强调了教材的科学性、系统性、逻辑性、启发性、先进性和实用性的基本原则,力求语言精练、概念准确、易于理解、便于自学,以启发学生独立思考,提高其学习知识、解决问题的能力和素质。

我们在本教材各章的前、后分别编写了本章的基本要求和复习思考题,以便于学生课后复习,并在书后附有约 800 个生理学词汇的中英文对照供查阅。

在本书编写和出版的过程中,得到了新疆医科大学基础医学院、教学科研服务中心和教材科的大力支持,在此深表感谢。

由于水平有限以及编写、审校时间仓促,本书难免存在问题和错误,恳请读者提出宝贵意见和建议。

王 鹿 康福信

2007 年 1 月

# 目 录

## 前言

|                             |      |
|-----------------------------|------|
| 第一章 绪论 .....                | (1)  |
| 第一节 生理学的研究对象和任务 .....       | (1)  |
| 一、生理学的任务 .....              | (1)  |
| 二、生理学研究的三个水平 .....          | (2)  |
| 第二节 机体的内环境与稳态 .....         | (2)  |
| 一、体液 .....                  | (2)  |
| 二、机体内环境和稳态 .....            | (2)  |
| 第三节 人体生理功能的调节 .....         | (3)  |
| 一、人体生理功能活动的调节方式 .....       | (3)  |
| 二、体内的控制系统 .....             | (4)  |
| 第二章 细胞的基本功能 .....           | (6)  |
| 第一节 细胞膜的基本结构和跨膜物质转运功能 ..... | (6)  |
| 一、膜的化学组成和分子结构 .....         | (6)  |
| 二、物质的跨膜转运 .....             | (8)  |
| 第二节 细胞的跨膜信号转导功能 .....       | (11) |
| 一、跨膜信号转导概念的提出 .....         | (11) |
| 二、跨膜信号转导的几种主要途径 .....       | (11) |
| 第三节 细胞的生物电现象 .....          | (14) |
| 一、兴奋和兴奋性的定义 .....           | (14) |
| 二、静息电位及其产生机制 .....          | (14) |
| 三、动作电位及其产生机制 .....          | (15) |
| 四、兴奋的引起和兴奋在同一细胞上的传导 .....   | (17) |
| 五、细胞在兴奋过程中兴奋性的变化 .....      | (18) |
| 第四节 肌细胞的收缩 .....            | (19) |
| 一、骨骼肌神经-肌接头处兴奋的传递 .....     | (19) |
| 二、影响横纹肌收缩效能的因素 .....        | (22) |
| 三、平滑肌 .....                 | (24) |
| 第三章 血液 .....                | (26) |
| 第一节 概述 .....                | (26) |
| 一、血液的组成和功能 .....            | (26) |
| 二、血量与血细胞比容 .....            | (27) |



|                         |      |
|-------------------------|------|
| 三、血液的理化特性 .....         | (27) |
| 第二节 血浆 .....            | (29) |
| 一、血浆与内环境 .....          | (29) |
| 二、血浆的成分 .....           | (29) |
| 第三节 血细胞生理 .....         | (30) |
| 一、红细胞 .....             | (30) |
| 二、白细胞 .....             | (33) |
| 三、血小板 .....             | (35) |
| 第四节 血液凝固和纤维蛋白溶解 .....   | (37) |
| 一、血液凝固 .....            | (37) |
| 二、纤维蛋白的溶解 .....         | (41) |
| 第五节 血型 and 输血 .....     | (42) |
| 一、血型 .....              | (42) |
| 二、输血 .....              | (44) |
| 第四章 血液循环 .....          | (46) |
| 第一节 心脏的生物电活动 .....      | (46) |
| 一、心肌细胞的跨膜电位及其形成机制 ..... | (47) |
| 二、心肌的电生理特性 .....        | (51) |
| 三、体表心电图 .....           | (56) |
| 第二节 心脏的泵血功能 .....       | (57) |
| 一、心肌收缩的特点 .....         | (57) |
| 二、心脏泵血过程 .....          | (57) |
| 三、心脏泵血功能的评定 .....       | (60) |
| 四、心脏泵血功能储备 .....        | (61) |
| 五、影响心输出量的因素 .....       | (62) |
| 第三节 血管生理 .....          | (64) |
| 一、各类血管的功能特点 .....       | (64) |
| 二、血流量、血流阻力和血压 .....     | (65) |
| 三、动脉血压和动脉脉搏 .....       | (67) |
| 四、静脉血压和静脉回心血量 .....     | (71) |
| 五、微循环 .....             | (73) |
| 六、组织液的生成 .....          | (75) |
| 七、淋巴液的生成和回流 .....       | (76) |
| 第四节 心血管活动的调节 .....      | (77) |
| 一、神经调节 .....            | (77) |
| 二、体液调节 .....            | (83) |
| 三、局部血流的自身调节 .....       | (87) |
| 第五节 器官循环 .....          | (88) |
| 一、冠脉循环 .....            | (88) |

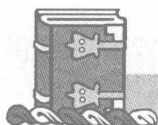
|                         |              |
|-------------------------|--------------|
| 二、肺循环 .....             | (89)         |
| 三、脑循环 .....             | (90)         |
| <b>第五章 呼吸 .....</b>     | <b>(93)</b>  |
| 第一节 肺通气 .....           | (94)         |
| 一、肺通气的原理 .....          | (94)         |
| 二、肺容积和肺容量 .....         | (99)         |
| 第二节 呼吸气体的交换 .....       | (101)        |
| 一、气体交换的基本原理 .....       | (101)        |
| 二、肺换气 .....             | (103)        |
| 三、组织换气 .....            | (105)        |
| 第三节 气体在血液中的运输 .....     | (105)        |
| 一、氧和二氧化碳在血液中运输的方式 ..... | (105)        |
| 二、氧的运输 .....            | (106)        |
| 三、二氧化碳的运输 .....         | (108)        |
| 第四节 呼吸运动的调节 .....       | (110)        |
| 一、呼吸中枢与呼吸节律的形成 .....    | (110)        |
| 二、呼吸的反射性调节 .....        | (112)        |
| <b>第六章 消化与吸收 .....</b>  | <b>(118)</b> |
| 第一节 概述 .....            | (118)        |
| 一、消化道平滑肌的生理特性 .....     | (118)        |
| 二、消化腺的分泌功能 .....        | (120)        |
| 三、消化道的神经支配 .....        | (120)        |
| 四、胃肠激素 .....            | (122)        |
| 第二节 口腔内消化 .....         | (123)        |
| 一、咀嚼与吞咽 .....           | (123)        |
| 二、唾液的分泌及调节 .....        | (124)        |
| 第三节 胃内消化 .....          | (125)        |
| 一、胃的运动 .....            | (125)        |
| 二、胃的分泌 .....            | (128)        |
| 第四节 小肠内消化 .....         | (132)        |
| 一、小肠的运动 .....           | (133)        |
| 二、小肠内消化液的分泌 .....       | (134)        |
| 第五节 大肠内消化 .....         | (138)        |
| 一、大肠的运动和排便 .....        | (138)        |
| 二、大肠液的分泌 .....          | (139)        |
| 第六节 吸收 .....            | (139)        |
| 一、吸收过程概述 .....          | (139)        |
| 二、小肠的吸收功能 .....         | (140)        |
| 三、大肠的吸收功能 .....         | (143)        |

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| 第七章 能量代谢与体温 .....          | (145) |
| 第一节 能量代谢 .....             | (145) |
| 一、几种主要营养物质的能量转化 .....      | (145) |
| 二、能量代谢的测定 .....            | (147) |
| 三、影响能量代谢的主要因素 .....        | (151) |
| 四、基础代谢 .....               | (152) |
| 第二节 体温及其调节 .....           | (153) |
| 一、体温 .....                 | (153) |
| 二、机体的产热与散热 .....           | (155) |
| 三、体温调节 .....               | (158) |
| 第八章 尿的生成和排出 .....          | (161) |
| 第一节 肾的功能解剖和血循环特点 .....     | (161) |
| 一、肾的功能解剖 .....             | (162) |
| 二、肾血流特点及其调节 .....          | (164) |
| 第二节 肾小球的滤过功能 .....         | (165) |
| 一、滤过的结构基础——滤过膜 .....       | (166) |
| 二、滤过的动力——有效滤过压 .....       | (167) |
| 三、影响肾小球滤过的因素 .....         | (168) |
| 第三节 肾小管和集合管的重吸收功能 .....    | (169) |
| 一、肾小管和集合管的重吸收方式和途径 .....   | (169) |
| 二、肾小管和集合管中几种重要物质的重吸收 ..... | (169) |
| 第四节 肾小管和集合管的分泌功能 .....     | (174) |
| 一、 $H^+$ 的分泌 .....         | (174) |
| 二、 $K^+$ 的分泌 .....         | (175) |
| 三、 $NH_3$ 的分泌 .....        | (175) |
| 第五节 尿的浓缩和稀释 .....          | (176) |
| 一、尿液的稀释 .....              | (176) |
| 二、尿液的浓缩 .....              | (176) |
| 第六节 尿生成的调节 .....           | (178) |
| 一、肾内自身调节 .....             | (178) |
| 二、神经和体液调节 .....            | (179) |
| 第七节 血浆清除率 .....            | (182) |
| 一、清除率的概念和计算方法 .....        | (182) |
| 二、测定清除率的意义 .....           | (183) |
| 第八节 尿的排放 .....             | (184) |
| 一、膀胱和尿道的神经支配 .....         | (184) |
| 二、排尿反射 .....               | (184) |
| 三、排尿异常 .....               | (185) |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 第九章 感觉器官 .....            | (186) |
| 第一节 概述 .....              | (186) |
| 一、感受器与感觉器官及其分类 .....      | (186) |
| 二、感受器的一般生理特性 .....        | (187) |
| 第二节 视觉器官 .....            | (188) |
| 一、眼的折光系统及其调节 .....        | (188) |
| 二、眼的感光换能功能 .....          | (191) |
| 三、与视觉有关的几种生理现象 .....      | (195) |
| 第三节 听觉器官 .....            | (197) |
| 一、外耳和中耳的功能 .....          | (197) |
| 二、内耳耳蜗的功能 .....           | (199) |
| 三、人耳的听阈和听域 .....          | (201) |
| 第四节 前庭器官 .....            | (201) |
| 一、椭圆囊和球囊的功能 .....         | (202) |
| 二、半规管的功能 .....            | (203) |
| 三、前庭反应 .....              | (204) |
| 第五节 嗅觉和味觉 .....           | (205) |
| 一、嗅觉 .....                | (205) |
| 二、味觉 .....                | (205) |
| 第十章 神经系统的功能 .....         | (207) |
| 第一节 神经元与神经胶质细胞的一般功能 ..... | (207) |
| 一、神经元 .....               | (207) |
| 二、神经胶质细胞 .....            | (210) |
| 第二节 神经元之间的信息传递 .....      | (211) |
| 一、神经元信息传递的基本方式 .....      | (211) |
| 二、神经递质和受体 .....           | (214) |
| 第三节 中枢活动的一般规律 .....       | (219) |
| 一、反射中枢 .....              | (219) |
| 二、中枢神经元的联系方式 .....        | (219) |
| 三、中枢内兴奋传递的特征 .....        | (220) |
| 四、中枢抑制 .....              | (222) |
| 第四节 神经系统的感觉分析功能 .....     | (224) |
| 一、脊髓的感觉传导功能 .....         | (224) |
| 二、丘脑的核团及感觉投射系统 .....      | (225) |
| 三、大脑皮质的感觉分析功能 .....       | (226) |
| 四、痛觉 .....                | (228) |
| 第五节 神经系统对姿势和运动的调节 .....   | (230) |
| 一、脊髓对躯体运动的调节 .....        | (230) |
| 二、脑干对肌紧张和姿势的调节 .....      | (234) |

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| 三、小脑对躯体运动的调节 .....         | (236) |
| 四、基底神经节对躯体运动的调节 .....      | (237) |
| 五、大脑皮质对躯体运动的调节 .....       | (239) |
| 第六节 神经系统对内脏活动的调节 .....     | (240) |
| 一、自主神经的结构特征 .....          | (240) |
| 二、自主神经系统的功能特征 .....        | (241) |
| 三、内脏活动的中枢调节 .....          | (243) |
| 第七节 脑电活动与觉醒和睡眠 .....       | (246) |
| 一、脑电活动 .....               | (246) |
| 二、觉醒与睡眠 .....              | (248) |
| 第八节 脑的高级功能 .....           | (249) |
| 一、学习与记忆 .....              | (249) |
| 二、大脑皮质功能的一侧优势 .....        | (252) |
| 三、大脑皮质的语言功能 .....          | (252) |
| 四、两侧大脑皮质功能的相关 .....        | (253) |
| 第十一章 内分泌 .....             | (254) |
| 第一节 概述 .....               | (254) |
| 一、激素的分类 .....              | (255) |
| 二、激素作用的一般特性 .....          | (256) |
| 三、激素作用的机制 .....            | (257) |
| 四、激素的分泌调节 .....            | (258) |
| 第二节 下丘脑与垂体 .....           | (259) |
| 一、下丘脑-神经垂体系统 .....         | (259) |
| 二、下丘脑-腺垂体系统 .....          | (260) |
| 第三节 甲状腺 .....              | (263) |
| 一、甲状腺激素的合成与运输 .....        | (263) |
| 二、甲状腺激素的生物学作用 .....        | (264) |
| 三、甲状腺激素分泌的调节 .....         | (266) |
| 第四节 肾上腺 .....              | (267) |
| 一、肾上腺皮质 .....              | (267) |
| 二、肾上腺髓质 .....              | (269) |
| 第五节 调节钙、磷代谢的激素 .....       | (270) |
| 一、甲状旁腺激素 .....             | (270) |
| 二、降钙素 .....                | (271) |
| 三、维生素 D <sub>3</sub> ..... | (271) |
| 第六节 胰岛 .....               | (272) |
| 一、胰岛素 .....                | (272) |
| 二、胰高血糖素 .....              | (273) |

|                    |       |
|--------------------|-------|
| 第七节 其他激素 .....     | (274) |
| 一、松果体激素 .....      | (274) |
| 二、前列腺素 .....       | (274) |
| 第十二章 性腺 .....      | (276) |
| 第一节 睾丸的功能与调节 ..... | (276) |
| 一、睾丸的功能 .....      | (276) |
| 二、睾丸功能的调节 .....    | (277) |
| 第二节 卵巢的功能与调节 ..... | (278) |
| 一、卵巢的功能 .....      | (278) |
| 二、月经周期 .....       | (280) |
| 中英文名词对照 .....      | (283) |



# 第一章 绪 论

## 基本要求

1. 掌握生理学的任务,内环境和稳态的概念,正反馈和负反馈概念。
2. 熟悉神经调节,体液调节,正、负反馈控制系统。
3. 了解生理学研究的三个水平,自身调节,前馈控制系统。

## 第一节 生理学的研究对象和任务

### 一、生理学的任务

生理学(physiology)是生物科学的一个分支,是研究生物机体生命活动规律和机体各个组成部分功能的一门科学。人体生理学是从人类与疾病斗争的长期实践中形成和发展起来的学科,是研究构成人体各个系统的器官和细胞的正常活动过程,特别是各个器官、细胞的功能表现的内部机制以及不同细胞、器官、系统之间的相互联系和相互作用,从而使人们认识到人体作为一个整体,其各部分的功能活动是如何互相协调、互相制约,在复杂多变的环境中维持正常的生命活动过程。

生理学也是一门基础医学学科。人们必须在了解正常人体各个组成部分功能的基础上,才能理解在各种疾病状态下身体某个或某些部分发生的变化、器官在疾病时发生的功能变化以及功能变化与形态变化之间的关系。一个器官发生病变如何影响其他器官,等等。所以,生理学对于医学生来说是一门非常重要的基本理论课程。

从研究方法和知识的获得手段来说,生理学是一门实验性学科。生理学成为一门独立的学科是从17世纪开始的。在16世纪,随着欧洲资本主义兴起和社会生产力的发展,有力推动了自然科学的发展,人们对人体的认识也日趋深化。1543年,比利时医生维萨利斯(A. Vesalius)发表了著名的《人体构造》一书,使解剖学发生了革命性进展。在1628年,英国医生威廉·哈维(W. Harvey)通过对鱼、蛙、狗、猪活体解剖实验,发现了血液循环的机制,出版了《心与血运动》一书。他明确地提出,①心脏的搏动是血液循环的动力;②血液在心脏和血管中不断地单方向循环流动;③体循环和肺循环的途径。他的研究使生理学发生了划时代的进步,拉开了近代生理学的序幕。哈维也自然的成为生理学的奠基人。1939年美国生理学家坎农(W. B. Cannon)提出了内环境稳定和稳态的概念。20世纪初,俄国生理学家巴甫洛夫(И. П. Павлов)创建了高级神经活动学说,对医学、生理学、心理学产生了深远的影响。近些年来,生理学工作者把电子学、电子显微镜、微量化学分析、放射性同位素、



免疫学、遗传学、分子生物学及电子计算机等先进技术广泛应用于生理学的研究,通过对细胞、亚细胞和分子水平的细微研究,来揭示整体生命活动的规律。

我国近代生理学形成的标志是 1926 年生理学会的成立,1927 年《中国生理学杂志》问世。林可胜教授是我国近代生理学的奠基人。我国生理科学发展到今天,是许多前辈生理科学家及生理科学工作者长期辛勤工作和无私奉献的结果。我们要继承和发扬他们的创业精神,为生理科学发展贡献力量。

## 二、生理学研究的三个水平

构成机体的最基本的结构和功能单位是细胞,由许多不同的细胞构成器官。行使某生理功能的不同器官互相联系,构成一个器官系统。整个身体就是由各个器官系统互相联系、互相作用而构成的一个复杂的整体。因此,生理学研究就是在细胞、器官和系统,以及整体三个水平上进行的。

### (一) 细胞、分子水平

研究细胞生命现象的基本物理化学过程,如研究神经细胞的动作电位及其产生的离子机制等。

### (二) 器官、系统水平

研究各器官及系统的功能,如研究心脏的泵血功能、呼吸节律的形成机制等。

### (三) 整体水平

研究器官系统之间的功能联系以及机体与环境之间的相互关系,如研究环境温度对人体的影响等。

上述三个水平的研究,它们相互间不是孤立的,而是互相联系、互相补充的。要阐明某一生理功能的机制,一般需要对细胞和分子、器官和系统以及整体三个水平的研究结果进行分析和综合,才能得出比较全面的结论。

## 第二节 机体的内环境与稳态

### 一、体 液

体液约占体重的 60%,其中约  $\frac{2}{3}$  (约占体重的 40%) 分布在细胞内,称为细胞内液;其余  $\frac{1}{3}$  (约占体重的 20%) 分布在细胞外,称为细胞外液。细胞外液中,约  $\frac{1}{4}$  (约占体重的 5%) 分布在心血管系统内,也就是血浆;其余的  $\frac{3}{4}$  (约占体重的 15%) 分布在心血管系统之外,由组织液、房水、脑脊液及淋巴液构成。

### 二、机体内环境和稳态

人体的细胞一般不能直接与外界环境发生接触,细胞直接接触的环境是细胞外液。所

以,细胞外液是机体中细胞所处的内环境(internal environment)。机体的所有细胞生存的环境——细胞外液,称为机体的内环境。在正常情况下,细胞外液的理化性质,如 $O_2$ 和 $CO_2$ 分压、渗透压、pH等变动范围很小,处在一种相对稳定的状态,称为内环境稳态。内环境稳态是细胞行使正常生理功能和机体维持正常生命活动的必要条件。而细胞、组织、器官和系统的正常功能又是内环境稳态的重要保证。内环境的稳态,并不是说内环境的理化因素是静止不变的。相反,由于细胞不断进行代谢,就不断与内环境发生物质交换,也就不断地扰乱或破坏内环境的稳态;外界环境因素的改变也可影响内环境的稳态。体内各个器官、组织的功能往往都是从某个方面参与维持内环境的稳态的。例如肺的呼吸活动可补充细胞代谢消耗的 $O_2$ ,排出代谢产生的 $CO_2$ ,维持细胞外液中 $O_2$ 和 $CO_2$ 分压的稳态;胃肠道的消化、吸收可补充细胞代谢所消耗的各种营养物质;肾的排泄功能将各种代谢产物排出体外,从而使细胞外液中各种营养物质和代谢产物的浓度维持相对稳定。总之,内环境的稳态是细胞、器官维持正常生存和活动的必要条件;反之,各种细胞器官的活动又能维持内环境的稳态。在以后的各章学习中可以看到,生理学的大量内容都是关于各个器官、细胞是如何在维持内环境稳态中起作用的。细胞外液的各种成分,例如 $O_2$ 和 $CO_2$ 的分压、pH、各种离子和葡萄糖浓度等,在正常生理状态下都保持在一定的水平,其变动范围很小,一旦超出一定的范围,就可能引起疾病;反过来,在疾病情况下,细胞外液的某些成分会发生变化,超出正常的变化范围。当某些环境变化或疾病时,内环境发生改变,机体许多器官可发生代偿性的活动改变,使内环境的各种成分重新恢复正常;如果器官、细胞的活动改变不能使内环境的各种成分恢复正常,则内环境可进一步偏离正常,使细胞和整个机体的功能发生严重障碍,甚至死亡。

### 第三节 人体生理功能的调节

人体在不断变化的环境中生存,必须不断地对环境变化做出适应性反应,以协调人体与环境的关系。当机体处于不同的生理情况或当外界环境发生改变时,体内一些器官组织的功能活动会发生相应的改变,最后使机体能适应各种不同的生理情况和外界环境的变化,也可使被扰乱的内环境重新得到恢复。这种过程称为生理功能的调节。机体对各种功能活动调节的方式主要有三种,即神经调节、体液调节和自身调节。

#### 一、人体生理功能活动的调节方式

##### (一) 神经调节(nervous regulation)

机体的许多生理功能是由神经系统的活动来进行调节的。反射是神经调节的基本形式。在中枢神经系统参与下,机体对内、外环境变化发生有适应意义的规律性应答反应,称为反射。反射活动的结构基础称为反射弧(reflex arc)。反射弧由五个基本成分组成,即感受器、传入神经纤维、神经中枢、传出神经纤维和效应器。

神经调节的特点:作用迅速、局限、短暂。



## (二) 体液调节(humoral regulation)

体液调节是指机体的某些细胞能生成并分泌某些特殊的化学物质,后者经由体液运输,到达全身的组织细胞或体内某些特殊的组织细胞,通过作用于细胞上相应的受体,对这些组织细胞的活动进行调节。体内有多种内分泌腺细胞,能分泌各种激素(hormone),激素由血液运输至全身,调节细胞的活动。例如胰岛B细胞分泌的胰岛素能调节细胞的糖代谢,促进细胞对葡萄糖的摄取和利用,在维持血糖浓度稳定中起重要作用。有一些激素可不经血液运输,而是经由组织液扩散作用于邻近的细胞,调节这些细胞的活动。这种调节是局部性的体液调节,称为旁分泌(paracrine)调节。另外,下丘脑内有一些神经细胞也能合成激素,激素随神经轴突的轴质流至末梢,由末梢释放入血,这种方式称为神经分泌(neurosecretion)。除激素外,体内有些物质,包括某些代谢产物(例如 $\text{CO}_2$ ),对有些细胞、器官的功能也能起调节作用。

体液调节的特点:作用缓慢、广泛、持久。

## (三) 自身调节(autoregulation)

机体内某些器官、组织或细胞在不依赖于神经或体液调节的情况下,对刺激产生的适应性反应称为自身调节。例如血管壁的平滑肌在受到牵拉刺激时,会发生收缩反应。当小动脉的灌注压力升高时,对血管壁的牵张刺激增加,小动脉的血管平滑肌就会收缩,使小动脉的口径缩小,因此当小动脉的灌注压力升高时,其血流量不致增大。这种自身调节对于维持组织局部血流量的相对恒定起一定的作用。

# 二、体内的控制系统

人体生理功能的各种调节形式可以用自动控制理论加以解释。控制系统的基本组成包括控制部分、受控部分和监测装置。根据控制部分、受控部分的相互关系,控制系统分为反馈控制系统、非反馈控制系统和前馈控制系统。

## (一) 反馈控制系统(feedback control system)

反馈控制系统的特点是一个闭环系统,即在控制部分和受控部分之间存在着双向信息联系,即控制部分发出控制信号支配受控部分的活动,同时受控部分的功能状态经监测装置检测后发出反馈信号改变控制部分的活动。受控部分发出反馈信号影响控制部分活动的过程称为反馈(feedback)调节。如果反馈信号作用的结果是使控制部分的活动向相反方向转化则为负反馈,其意义在于使机体的某项生理功能保持稳定。如果作用的结果是使控制部分继续加强原来方向的活动则为正反馈,其意义在于使机体的某项生理功能在同一方向上不断加强,以致使这一功能得以迅速完成。

**1. 负反馈(negative feedback)** 负反馈控制系统的作用是维持某些生理功能的相对稳定。机体内环境之所以能维持稳态,就是因为有许多负反馈控制系统的存在和发挥作用。例如细胞外液中的 $\text{O}_2$ 和 $\text{CO}_2$ 是通过肺部呼吸与外界大气发生交换的,呼吸运动是由脑内呼吸中枢控制的,组织、细胞的新陈代谢需要从细胞外液中摄取 $\text{O}_2$ ,并将代谢产物 $\text{CO}_2$ 释放入

细胞外液;如果组织、细胞的代谢明显增强,细胞外液就可能发生  $O_2$  的减少和  $CO_2$  的积聚。然而,当细胞外液中  $O_2$  分压稍有降低或  $CO_2$  稍有升高时,这些信息就能很快反馈到呼吸中枢,使呼吸运动加深加快,从而增加肺部气体的交换,使细胞外液的  $O_2$  和  $CO_2$  分压向正常水平恢复。

**2. 正反馈(positive feedback)** 与负反馈相反,不可能维持系统的稳态或平衡,而是破坏原先的平衡状态。在正常生理情况下,体内的控制系统绝大多数都是负反馈控制系统,它们在维持内环境稳态中起重要作用;而正反馈控制系统则仅有很少几个,例如,血液凝固是正反馈控制,当一血管破裂时,各种凝血因子相继激活,最后形成血凝块,将血管破口封住。又如,在正常分娩过程中,子宫收缩导致胎儿头部下降并牵张子宫颈,宫颈部受牵张时可进一步加强子宫收缩,再使胎儿头部进一步牵张宫颈,宫颈牵张再加强子宫收缩,如此反复,直至胎儿娩出。在第二章中将会讲到,神经细胞产生动作电位的过程中,细胞膜钠通道的开放和钠离子内流互相促进,也是正反馈控制。

## (二) 非自动控制系统

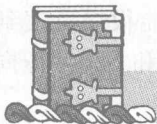
非自动控制系统的特点是在控制部分和受控部分之间只存在单向联系,即只有控制部分向受控部分发出控制信息,是一开环系统。这种控制方式对受控部分的活动实际上不能起调节作用。在人体正常生理功能的调节中,这种方式的控制系统是极少见的。

## (三) 前馈控制系统

前馈控制系统是指在干扰信号作用于受控部分,引起其功能改变之前,监测装置提前检测到干扰信号并发出信号作用于控制部分,及时调整控制部分发出的信号以对抗干扰信号对受控部分的影响,从而保持受控部分功能状态的稳定。一般地说,反馈控制需要较长的时间,例如神经冲动从外周感受器传入到中枢,再从中枢传到外周,调节控制外周器官的活动。前馈机制则可以更快地对活动进行控制。例如,要完成某一动作,脑发出神经冲动指令一定的肌肉收缩,同时又通过前馈机制,使这些肌肉的收缩受到制约,不致收缩过度,从而使整个动作完成得更准确。

### 复习思考题

1. 试述人体功能的调节方式及特点。
2. 简述内环境稳态的生理意义。
3. 何谓负反馈? 举例说明负反馈在机体调节中的重要作用。
4. 简述神经调节和体液调节的意义。
5. 反应、反射、反馈有何区别。



## 第二章 细胞的基本功能

### 基本要求

1. 了解细胞膜的分子结构。
2. 掌握膜蛋白介导的跨膜转运。
3. 熟悉细胞膜的跨膜物质转运功能的单纯扩散和单发性及继发性主动转运。
4. 了解跨膜信号转导。
5. 掌握细胞静息电位和动作电位的产生原理;熟悉静息电位和动作电位的特点、兴奋性及兴奋性的变化规律。
6. 掌握动作电位的引起及兴奋在同一细胞上的传导机制、局部兴奋和它向锋电位的转变。
7. 了解骨骼肌的收缩机制。
8. 掌握神经-肌肉接头处的兴奋传递和单发性及骨骼肌的兴奋-收缩耦联。
9. 熟悉前、后负荷与肌肉收缩能力的改变对肌肉收缩的影响。
10. 了解平滑肌的结构和生理特性。

### 第一节 细胞膜的基本结构和跨膜物质转运功能

一切动物细胞都被一层薄膜所包被,称为细胞膜或质膜(plasma membrane),它把细胞内容物和细胞的周围环境(主要是细胞外液)分隔开来,使细胞能相对地独立于环境而存在。胞质内化学成分的相对独立和稳定,对于维持细胞内各种功能蛋白质分子的活性和正常新陈代谢(metabolism)具有至关重要的作用。

#### 一、膜的化学组成和分子结构

在电镜下可分为三层:在膜的内外两侧各有一层厚约2.5nm的电子致密带,中间夹有一层厚约2.5nm的透明带,总厚度为7.5nm左右。

对各种膜性结构的化学分析表明,膜主要由脂质、蛋白质和糖类等物质组成。尽管不同来源的膜中各种物质的比例和组成有所不同,但一般是以蛋白质和脂质为主,糖类只占极少量。如以重量计算,膜中蛋白质约为脂质的1~4倍,但蛋白质的分子量比脂质大得多,因而膜中脂质的分子数反较蛋白质分子多得多,至少超过蛋白质分子数的100倍以上。