



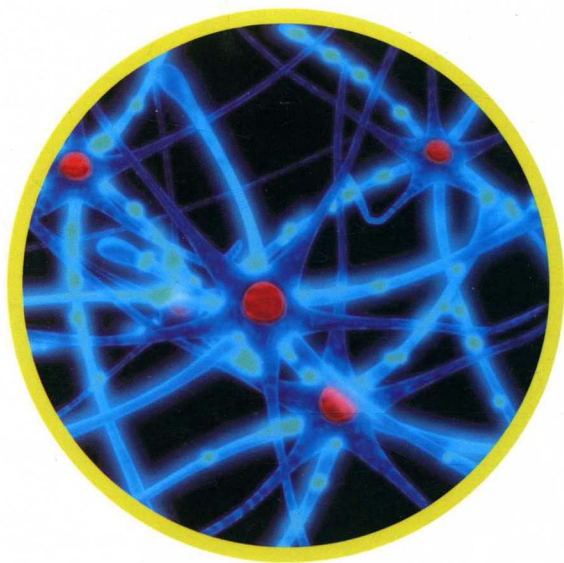
全国高职高专医药院校康复治疗技术专业工学结合“十二五”规划教材

正常人体机能

供高职高专康复治疗技术、药学、医学检验技术
及其他相关医学类专业使用

Zhengchang Renti Jineng

贺伟 李光辉 张洁琼 主编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



全国高职高专医药院校康复治疗技术专业
工学结合“十二五”规划教材



正常人体结构

正常人体机能

药理学基础

临床疾病概要

临床医学基础

人体发育学

人体运动学

康复医学概论

临床康复

老年康复

社区康复

康复工程技术

康复针灸技术

康复推拿技术

中医康复技术

运动治疗技术

言语治疗技术

作业治疗技术

康复评定技术

物理因子治疗技术

康复心理治疗技术

策划编辑 ➤ 董欣欣
责任编辑 ➤ 车 巍 董欣欣
封面设计 ➤ 范翠璇

ISBN 978-7-5609-7178-0



9 787560 971780 >

定价：38.00元



全国高职高专医药院校康复治疗技术专业
工学结合“十二五”规划教材

正常人体机能

供高职高专康复治疗技术、药学、医学检验技术
及其他相关医学类专业使用

Zhengchang Renti Jineng

主 编 贺 伟 李光辉 张洁琼

副主编 陈婧敏 郑鸣之

编 委 (以姓氏笔画为序)

王 芳 (长沙民政职业技术学院)

王 珏 (浙江医学高等专科学校)

田 琴 (武汉民政职业学院)

朱一亮 (浙江医学高等专科学校)

李光辉 (重庆城市管理职业学院)

张洁琼 (宝鸡职业技术学院)

陈婧敏 (重庆城市管理职业学院)

郑鸣之 (浙江医学高等专科学校)

贺 伟 (长春医学高等专科学校)

奚 丹 (长春医学高等专科学校)

彭 飞 (宝鸡职业技术学院)



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

书是全国高职高专医药院校康复治疗技术专业工学结合“十二五”规划教材。

全书按模块化教学的基本要求,全书共分为六个模块,内容包括正常人体机能的基本知识、人体机能调控、血液与血液循环、内脏机能、营养物质与代谢和运动过程中的人体机能变化。

本书适合高职高专康复治疗技术专业、药学、医学检验技术及其他相关医学类专业使用。

图书在版编目(CIP)数据

正常人体机能/贺 伟 李光辉 张洁琼 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2011.12
ISBN 978-7-5609-7178-0

I. 正… II. ①贺… ②李… ③张… III. 人体生理学-高等职业教育-教材 IV. R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 129349 号

正常人体机能

贺 伟 李光辉 张洁琼 主编

策划编辑:董欣欣

责任编辑:车 巍 董欣欣

封面设计:范翠璇

责任校对:刘 竣

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:华中科技大学印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:18

字 数:400 千字

版 次:2011 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:38.00 元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

全国高职高专医药院校康复治疗技术专业 工学结合“十二五”规划教材编委会



丛书学术顾问

文历阳 沈 彬

主任委员

陈健尔

秘书长

周菊芝

委员 (按姓氏笔画排序)

马 金	辽宁卫生职业技术学院	马恒东	雅安职业技术学院
王 颖	菏泽家政职业学院	王左生	郑州澍青医学高等专科学校
王志亮	枣庄科技职业学院	王丽华	铁岭卫生职业学院
王景明	云南新兴职业学院	方 新	北京社会管理职业学院
左天香	安徽中医药高等专科学校	石君杰	浙江医学高等专科学校
叶泾翔	皖西卫生职业学院	付 莉	郑州铁路职业技术学院
邢华燕	郑州铁路职业技术学院	吕美珍	山东中医药高等专科学校
刘 洋	长春医学高等专科学校	刘福昌	宝鸡职业技术学院
许 智	湖北职业技术学院	许晓惠	重庆城市管理职业学院
李 琪	新余学院	杨 敏	清远职业技术学院
肖宗苗	泉州医学高等专科学校	张 烨	武汉民政职业学院
张卫华	陕西中医学院	张日新	江苏建康职业学院
张建忠	重庆三峡医药高等专科学校	张绍岚	盐城卫生职业技术学院
张晓芳	武汉民政职业学院	张银萍	漯河医学高等专科学校
张登山	邢台医学高等专科学校	陈卓颐	长沙民政职业技术学院
范秀英	聊城职业技术学院	季晓林	福建卫生职业技术学院
金扣干	上海欧华职业技术学院	周菊芝	宁波天一职业技术学院
胡忠亚	安庆医药高等专科学校	秦自荣	鄂州职业技术学院
贾柯其	顺德职业技术学院	高莉萍	泰州职业技术学院
黄 澎	南京医科大学	蒋黎云	襄樊职业技术学院
程兰春	南京特殊教育职业技术学院	蓝 巍	金华职业技术学院

总序

世界职业教育发展的经验和我国职业教育发展的历程都表明,职业教育是提高国家核心竞争力的要素之一。近年来,我国高等职业教育发展迅猛,成为我国高等教育的重要组成部分,与此同时,作为高等职业教育重要组成部分的高等卫生职业教育的发展也取得了巨大成就,为国家输送了大批高素质技能型、应用型医疗卫生人才。截至2010年底,我国各类医药卫生类高职高专院校已达343所,年招生规模超过24万人,在校生78万余人。

康复医学现已与保健医学、预防医学、临床医学并列成为现代医学的四大分支之一。现代康复医学在我国发展已有近30年历史,是一个年轻但涉及众多专业的医学学科,在我国虽然起步较晚,但发展很快,势头良好,在维护人民群众身体健康、提高生存质量等方面起到了不可替代的作用。据不完全统计,截至2010年底,我国设有康复治疗技术专业的高职高专院校已达100所,年招生量近10000人。

教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》中明确指出,高等职业教育必须“以服务为宗旨,以就业为导向,走产学结合的发展道路”,“把工学结合作为高等职业教育人才培养模式改革的重要切入点,带动专业调整与建设,引导课程设置、教学内容和教学方法改革”。这是新时期我国职业教育发展具有战略意义的指导意见。高等卫生职业教育既具有职业教育的普遍特性,又具有医学教育的特殊性,许多卫生职业院校在大力推进示范性职业院校建设、精品课程建设,发展和完善“校企合作”的办学模式、“工学结合”的人才培养模式,以及“基于工作过程”的课程模式等方面有所创新和突破。高等卫生职业教育发展的形势使得目前使用的教材与新形势下的教学要求不相适应的矛盾日益突出,加强高职高专医学教材建设成为各院校的迫切要求,新一轮教材建设迫在眉睫。

为了顺应高等卫生职业教育教学改革的新形势和新要求,在认真、细致调研的基础上,在教育部高职高专医学类及相关医学类专业教学指导委员会专家和部分高职高专示范院校领导的指导下,我们组织了全国42所高职高专医学院校的近200位老师编写了这套以工作过程为导向的全国高职高专医药院校康复治疗技术专业工学结合“十二五”规划教材。本套教材囊括了康复治疗技术专业的所有学科,由我国开设该专业较早、取得显著教学成果的专业示范性院校引领,多所学校广泛参与,其中有副教授及以上职称的老师占52%,每门课程的主编、副主编均由来自高职高专院校教学一线的主任或学科带头人组成。教材编写过程中,全体主编和参编人员进行了认真的研讨和细致的分工,在教材编写体例和内容上均有所创新,各主编单位高度重视并有力配合教材编写工作,责任编辑和主审专家严谨和忘我地工作,确保了本套教材的编写质量。



本套教材充分体现新一轮教学计划的特色,强调以就业为导向、以能力为本位、贴近学生的原则,体现教材的“三基”(基本知识、基本理论、基本实践技能)及“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性和适用性)要求,着重突出以下编写特点:

- (1) 紧扣新教学计划和教学大纲,科学、规范,具有鲜明的高职高专特色;
- (2) 突出体现“工学结合”的人才培养模式和“基于工作过程”的课程模式;
- (3) 适合高职高专医药院校教学实际,突出针对性、适用性和实用性;
- (4) 以“必需、够用”为原则,简化基础理论,侧重临床实践与应用;
- (5) 紧扣精品课程建设目标,体现教学改革方向;
- (6) 紧密围绕后续课程、执业资格标准和工作岗位需求;
- (7) 教材内容体系整体优化,基础课程体系和实训课程体系都成系统;
- (8) 探索案例式教学方法,倡导主动学习。

这套规划教材作为全国首套工学结合模式的康复治疗技术专业教材,得到了各学校的大力支持与高度关注,它将为高等卫生职业教育康复治疗技术专业的课程体系改革作出应有的贡献。我们衷心希望这套教材能在相关课程的教学活动中发挥积极作用,并得到读者的青睐。我们也相信这套教材在使用过程中,通过教学实践的检验和实际问题的解决,不断得到改进、完善和提高。

全国高职高专医药院校康复治疗技术专业工学结合“十二五”规划教材
编写委员会

前言

为了满足高职高专医药院校康复治疗技术专业的教学需要,更好地培养面向社区、城乡各级医疗卫生服务机构的康复专业方面的实用技能型人才,华中科技大学出版社组织编写了供高职高专医药院校康复治疗技术等专业教学使用的工学结合“十二五”规划教材。在教材编写中,我们始终围绕目前康复治疗技术等专业人才的培养目标,注重有关正常人体机能方面的基础知识,以加强对康复治疗技术等专业学生职业素质和能力的培养,充分体现医学高等职业教育的特色。

本教材包括生理学和生物化学两个学科的内容,其中以生理学方面的内容为主。在编写过程中,注重康复治疗技术等专业的知识需要,同时也注重高职高专医药院校学生的学习能力。本教材编写的特色:一是教材章节编写框架的重建;二是教材编写内容的精选及相关知识链接的应用;三是增加了与康复治疗技术等专业有关的运动生理学方面的内容。

在教材章节编写框架的重建方面,将以往教材的章节重组为目前的六个模块,突出《正常人体机能》中与“康复”密切相关的内容,如肌肉收缩和神经系统的功能,同时也比较全面地介绍了正常人体各个部分的功能。

在教材编写内容的精选及相关知识链接的应用方面,本教材能够引导学生从认识人体生命活动的基本特征开始,到逐步认识人体各系统正常功能的发生规律、调节方式及其物质代谢基础,从而更好地理解健康与疾病,同时有助于学生后续课程的学习及在康复医疗实践过程中能更加准确地判断康复患者功能障碍的部位、性质和严重程度,并且为康复治疗前、中、后期的患者进行与康复治疗相关的功能评价提供参考。

本教材内容有以下特点:①内容详略得当,既可作为高职高专医药院校康复治疗技术专业的教材,也可作为康复教育及康复工作人员的参考资料;②部分内容以“知识链接”的方式插入到教材的相关章节,注重内容的知识性、实用性和趣味性,以提高读者的阅读兴趣;③本教材文字叙述清晰流畅,图文并茂;④各章节后附有相关能力检测,用来评估学生对重点教学内容的理解和掌握程度。

在本教材的编写过程中,得到了各编者及其所在院校或医院相关领导的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于能力有限,书中难免有不足之处,恳请广大读者给予批评指正。

贺 伟

2011 年 11 月

目 录

模块一 正常人体机能的基本知识

- 第一节 生命活动的基本特征 /1
- 第二节 细胞的基本功能 /4
- 第三节 人体功能的调控 /20

模块二 人体机能调控

- 第一节 神经系统的调控 /26
- 第二节 内分泌系统的调控 /68
- 第三节 感觉器官的功能 /83

模块三 血液与血液循环

- 第一节 血液 /99
- 第二节 循环功能 /113

模块四 内脏机能

- 第一节 呼吸 /153
- 第二节 消化与吸收 /175
- 第三节 排泄 /193
- 第四节 生殖 /215

模块五 营养物质与代谢

- 第一节 人体的营养物质 /226
- 第二节 物质代谢 /232
- 第三节 能量代谢与体温 /248

模块六 运动过程中的人体机能变化

- 第一节 运动训练对能量与代谢的影响 /257



- 第二节 运动训练对运动系统的影响 /261
- 第三节 运动训练对血液循环系统的影响 /262
- 第四节 运动训练对其他系统的影响 /265
- 第五节 运动性疲劳 /267

参考文献/257

1. 运动生理学基础 / 许一策

2. 运动生理学 / 许二策

3. 运动生理学 / 许三策

4. 运动生理学 / 许四策

5. 运动生理学 / 许五策

6. 运动生理学 / 许六策

7. 运动生理学 / 许七策

8. 运动生理学 / 许八策

9. 运动生理学 / 许九策

10. 运动生理学 / 许十策

11. 运动生理学 / 许十一策

12. 运动生理学 / 许十二策

13. 运动生理学 / 许十三策

14. 运动生理学 / 许十四策

15. 运动生理学 / 许十五策

16. 运动生理学 / 许十六策

17. 运动生理学 / 许十七策

18. 运动生理学 / 许十八策

19. 运动生理学 / 许十九策

20. 运动生理学 / 许二十策

21. 运动生理学 / 许二十一策

22. 运动生理学 / 许二十二策

23. 运动生理学 / 许二十三策

24. 运动生理学 / 许二十四策

25. 运动生理学 / 许二十五策

26. 运动生理学 / 许二十六策

27. 运动生理学 / 许二十七策

28. 运动生理学 / 许二十八策

29. 运动生理学 / 许二十九策

30. 运动生理学 / 许三十策

31. 运动生理学 / 许三十一策

32. 运动生理学 / 许三十二策

33. 运动生理学 / 许三十三策

34. 运动生理学 / 许三十四策

35. 运动生理学 / 许三十五策

36. 运动生理学 / 许三十六策

37. 运动生理学 / 许三十七策

38. 运动生理学 / 许三十八策

39. 运动生理学 / 许三十九策

40. 运动生理学 / 许四十策

41. 运动生理学 / 许四十一策

42. 运动生理学 / 许四十二策

43. 运动生理学 / 许四十三策

44. 运动生理学 / 许四十四策

45. 运动生理学 / 许四十五策

46. 运动生理学 / 许四十六策

47. 运动生理学 / 许四十七策

48. 运动生理学 / 许四十八策

49. 运动生理学 / 许四十九策

50. 运动生理学 / 许五十策

51. 运动生理学 / 许五十一策

52. 运动生理学 / 许五十二策

53. 运动生理学 / 许五十三策

54. 运动生理学 / 许五十四策

55. 运动生理学 / 许五十五策

56. 运动生理学 / 许五十六策

57. 运动生理学 / 许五十七策

58. 运动生理学 / 许五十八策

59. 运动生理学 / 许五十九策

60. 运动生理学 / 许六十策

61. 运动生理学 / 许六十一策

62. 运动生理学 / 许六十二策

63. 运动生理学 / 许六十三策

64. 运动生理学 / 许六十四策

65. 运动生理学 / 许六十五策

66. 运动生理学 / 许六十六策

67. 运动生理学 / 许六十七策

68. 运动生理学 / 许六十八策

69. 运动生理学 / 许六十九策

70. 运动生理学 / 许七十策

71. 运动生理学 / 许七十一策

72. 运动生理学 / 许七十二策

73. 运动生理学 / 许七十三策

74. 运动生理学 / 许七十四策

75. 运动生理学 / 许七十五策

76. 运动生理学 / 许七十六策

77. 运动生理学 / 许七十七策

78. 运动生理学 / 许七十八策

79. 运动生理学 / 许七十九策

80. 运动生理学 / 许八十策

81. 运动生理学 / 许八十一策

82. 运动生理学 / 许八十二策

83. 运动生理学 / 许八十三策

84. 运动生理学 / 许八十四策

85. 运动生理学 / 许八十五策

86. 运动生理学 / 许八十六策

87. 运动生理学 / 许八十七策

88. 运动生理学 / 许八十八策

89. 运动生理学 / 许八十九策

90. 运动生理学 / 许九十策

91. 运动生理学 / 许九十一策

92. 运动生理学 / 许九十二策

93. 运动生理学 / 许九十三策

94. 运动生理学 / 许九十四策

95. 运动生理学 / 许九十五策

96. 运动生理学 / 许九十六策

97. 运动生理学 / 许九十七策

98. 运动生理学 / 许九十八策

99. 运动生理学 / 许九十九策

100. 运动生理学 / 许一百策

正常人体机能的基本知识

正常人体机能主要是研究正常人体生命活动的现象、发生规律及其物质代谢基础的一门学科,它涵盖了生理学、生物化学两门学科的内容。学习正常人体机能就是为了认识人体机能活动的客观规律,更好地理解健康与疾病的关系,同时,学习该课又有助于后续课程的学习及在康复医疗实践过程中更加准确地判断康复患者功能障碍的部位、性质、严重程度,并且为康复治疗前、中、后期的患者进行与康复治疗相关的功能评价提供参考。

正常人体机能的基本知识主要是从实验研究中获得的,包括动物实验和人体实验。动物实验又分为急性动物实验和慢性动物实验。急性动物实验的特点是实验条件比较简单,实验条件比较容易控制,一般可以在较短的时间内观察到实验结果,因此急性动物实验主要用于实验教学;慢性实验的特点是实验条件比较复杂,实验中的干扰因素较多且实验条件不易控制,需要进行长期的观察,因此慢性实验主要用于科学研究。人体实验主要是进行人群资料调查,如目前开展的慢性病防治中,人体血压的相关数据就是通过对大批人群采样后,再用统计学方法对数据进行分析后所获得的。正常人体机能可从细胞和分子水平、器官和系统水平、整体水平三个不同的层面进行研究。例如,细胞生物电现象及其产生机制、肌细胞的收缩机制等内容就是从细胞和分子水平进行研究的;心脏的泵血、肺的呼吸、小肠的消化和吸收、肾脏的排泄等内容就是从器官和系统水平对其活动规律、影响因素及调节机制进行研究的;而从细胞和分子水平及器官和系统水平的研究结果都需要在更为复杂的整体水平的研究中进行验证。

第一节 生命活动的基本特征

人体所表现出的各种功能活动,统称为生命活动,如食物的消化和吸收、呼吸运动、血液循环等。生命活动的基本特征包括新陈代谢、兴奋性和适应性。

一、新陈代谢

新陈代谢(metabolism)是指人体或组织细胞与环境不断地进行物质交换和能量交换以实现自我更新的过程。

新陈代谢包括物质代谢和能量代谢两个过程。物质代谢包括合成代谢和分解代谢:合成代谢也称为同化,是指人体从环境中摄取营养物质合成自身成分同时储存能



量的过程;分解代谢也称为异化,是指人体分解自身成分同时释放能量的过程。由此可以看出,人体内的能量代谢是建立在物质代谢基础上的,物质代谢与能量代谢密不可分。

生命活动最基本的特征就是新陈代谢,生命的全部活动特征都是在新陈代谢基础上产生的。可以说人体有新陈代谢就有生命,新陈代谢一旦停止,生命也就结束了。

二、兴奋性

兴奋性(excitability)是指人体或组织细胞对刺激发生反应的能力或特性。

(一) 刺激和反应

刺激(stimulation)是指能被人体感受并产生反应的环境变化。刺激引起人体产生反应需要具备以下三个条件:刺激的强度、刺激的作用时间和刺激强度的变化率。

人体受到的刺激主要分为物理性刺激、社会心理性刺激、生物性刺激和化学性刺激四种。①物理性刺激:如康复治疗中的电疗、光疗、超声波疗法、温热疗法、机械运动疗法等就是通过对患者施加物理性刺激,以促进其康复。②社会心理性刺激:良好的社会环境和心理刺激会使人的心理及身体产生积极的反应,而不良的社会环境和心理刺激则会使人的心理及身体产生消极的反应。因此,在康复过程中,除了必要的医学康复手段,同时还要注意患者的心理变化,采用恰当的形式,创造良好的社会环境,这些同样有助于患者树立战胜困难、重归社会的信心,有助于患者鼓足热爱生活的勇气,有利于患者的康复。③生物性刺激:如细菌、病毒、支原体等。④化学性刺激:如酸、碱、某些药物和化妆品等。

反应(response)是指人体或组织细胞受到刺激后所产生的功能活动变化。反应的形式分为两种:兴奋和抑制。兴奋是指受刺激后,人体或组织细胞由相对静止状态转变为活动状态或其活动在原有基础上增强的变化;抑制是指受刺激后,人体或组织细胞由活动状态转变为相对静止状态或其活动在原有基础上减弱的变化。

(二) 衡量兴奋性的指标——阈值

人体内不同的组织,其兴奋性的高低不同;同一组织在不同的环境或不同的功能状态下,其兴奋性的高低也不相同。阈值是指引起组织兴奋的最小刺激强度。测定组织阈值的大小,可以反映组织兴奋性的高低。组织的兴奋性高低与阈值成反比关系。刺激强度与阈值相等的刺激称为阈刺激;刺激强度比阈值低的刺激称为阈下刺激;刺激强度比阈值高的刺激称为阈上刺激。如果用阈刺激可引起组织兴奋,表明组织的兴奋性正常;用阈下刺激可引起组织兴奋,表明组织的兴奋性高于正常;用阈上刺激才能引起组织兴奋,则表明组织兴奋性低于正常。人体各种组织中,通常将兴奋性较高的神经、肌肉、腺体称为可兴奋组织。

(三) 兴奋性的周期性变化

当组织受到一次刺激产生兴奋时,该组织的兴奋性会随之发生一系列有规律的变

化(图 1-1),依次进入绝对不应期、相对不应期、超常期和低常期。在绝对不应期内,组织细胞对任何强度的刺激都不会再次发生反应,即该组织的兴奋性为“0”;在相对不应期内,组织细胞可以对阈上刺激再次发生反应,即该组织的兴奋性低于正常;在超常期内,组织细胞对阈下刺激可再次发生反应,即该组织的兴奋性高于正常;在低常期内,组织细胞对阈上刺激可再次发生反应,即该组织的兴奋性低于正常。组织的兴奋性经过上述一系列规律性的变化后,其兴奋性恢复正常。

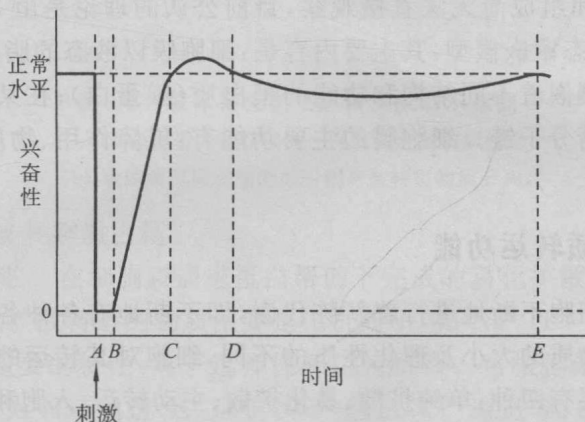


图 1-1 组织兴奋时兴奋性变化示意图

注:AB段:绝对不应期;BC段:相对不应期;CD段:超常期;DE段:低常期。

组织兴奋时其兴奋性变化所经历的时间是极其短暂的,并且不同的组织其兴奋性变化所经历的时间也不相同,但一般都在 100 ms 以内,如哺乳动物的粗大神经纤维,其绝对不应期约为 0.3 ms,相对不应期约为 3.0 ms,超常期约为 12.0 ms,低常期约为 70.0 ms,兴奋性变化的全过程约为 85.3 ms。

组织经过一次兴奋后,其兴奋性的周期性变化是普遍存在的。其中绝对不应期时间的长短决定了该组织两次兴奋之间的最短时间间隔,即无论给予该组织的刺激频率多高,该组织都会依据其不应期的长短,在单位时间内只能产生一定次数的兴奋。

三、适应性

人体长期生活在某一特定环境中,在环境因素的影响下,可逐渐形成一种特殊的、适合自身生存的反应方式。人体根据环境变化调整自身生理功能的过程称为适应;而人体按环境变化调整自身生理功能以适应环境的能力称为适应性(adaptability)。例如,长期居住在高原地区的人,血液中红细胞数远远超过平原地区的人,通过增加红细胞数量以提高血液的运氧能力,克服高原缺氧对人体生命活动产生的影响;另外,从事某些运动项目的运动员在大赛前通常选择到海拔较高的地区进行一段时间的封闭集训以提高运动成绩,也是合理地利用了人体对高原缺氧这一特殊环境所产生的适应性。



第二节 细胞的基本功能

人体生命活动的基本结构是细胞。人体的每个细胞都被细胞膜包被,细胞膜是细胞与环境(主要指细胞外液)之间的一道屏障,使细胞能够成为一个相对独立的单位。细胞膜的基本结构和组成尚无法直接观察,目前公认的理论是由 Singer 和 Nicholson 于 1972 年提出的液态镶嵌模型,其主要内容是:细胞膜以液态的脂质双分子层为基架;在脂质双分子层中镶嵌着不同结构和功能的蛋白质(膜蛋白);在某些脂质分子和膜蛋白上结合着不同的糖分子链。细胞膜的主要功能有:屏障作用、物质转运、细胞间信号转导和免疫防御等。

一、细胞的物质转运功能

正常人体内的细胞不断地进行着新陈代谢,即不断地有各种各样的物质通过细胞膜进出细胞。根据物质的大小及理化性质的不同,细胞对其转运的方式就不同。细胞的物质转运方式主要有四种:单纯扩散、易化扩散、主动转运、入胞和出胞。

(一) 单纯扩散

单纯扩散(simple diffusion)是指脂溶性小分子物质由细胞膜高浓度一侧向低浓度一侧跨膜转运的过程,是一种简单的物理扩散。如人体内的 O_2 、 CO_2 、 N_2 、乙醇、尿素、甘油等物质就是以单纯扩散的方式通过细胞膜进出细胞。单纯扩散的量 and 速度取决于细胞膜两侧该物质的浓度差和膜对该物质的通透性。临床上给缺氧的患者进行吸氧,就是提高肺泡气与肺泡毛细血管血液之间的氧浓度差(分压差),使吸入肺泡气中的氧气分子快速扩散到肺泡毛细血管血液中,使血氧含量增加,以缓解患者的缺氧症状。

(二) 易化扩散

水溶性小分子物质或离子,在特殊膜蛋白质的帮助下,由细胞膜的高浓度一侧向低浓度一侧跨膜转运的过程叫做易化扩散(facilitated diffusion)。根据膜蛋白的转运机制不同,将易化扩散分为载体易化扩散和通道易化扩散。

1. 载体易化扩散 在细胞膜载体蛋白帮助下完成的易化扩散,称为载体易化扩散(图 1-2)。载体易化扩散转运的物质主要有葡萄糖、氨基酸、核苷酸等小分子物质。其转运过程具有以下特点。①特异性,即某种载体蛋白只与相应的某种物质特异性结合,如转运葡萄糖的载体蛋白只能与葡萄糖结合进行易化扩散,而转运氨基酸的载体蛋白只能与氨基酸结合进行易化扩散;②饱和现象,由于细胞膜上载体蛋白数量和载体蛋白上能与该物质结合的位点数目有限,如果易化扩散物质的浓度过高,超过相应细胞膜上载体蛋白的数量,即使再增加易化扩散物质的浓度,转运速率不会随之增加;③竞争性抑制,某一载体蛋白对结构相似的 A、B 两种物质都有转运能力,如果在环境中增加 B 物质浓度将会减弱此载体蛋白对 A 物质的转运能力,其主要原因是有一定数量的载体

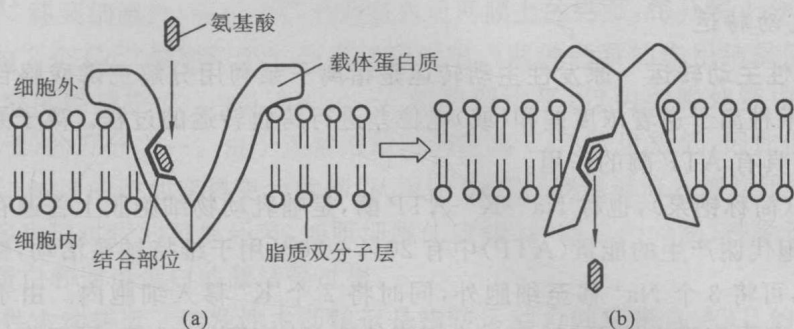


图 1-2 载体易化扩散的转运机制示意图

注：(a) 载体蛋白质在膜的一侧与被转运物质结合；
(b) 载体蛋白质在膜的另一侧与被转运物质分离。

蛋白或其结合位点被 B 物质占据。

2. 通道易化扩散 在细胞膜通道蛋白帮助下完成的易化扩散，称为通道易化扩散（图 1-3）。通道易化扩散转运的物质主要是无机离子，如 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 等。离子通道具有两个较为重要的特性：离子选择性和门控特性。可根据细胞膜通道易化扩散的离子不同，将其分为 Na^+ 通道、 K^+ 通道、 Ca^{2+} 通道、 Cl^- 通道等；也可以根据控制细胞膜通道开放的因素不同，将其分为电压门控式通道、化学门控式通道和机械门控式通道。只有当细胞膜通道处于开放状态时，离子才能够通过相应的细胞膜通道，顺着浓度差、电位差进出细胞。细胞膜通道蛋白的转运特点：①特异性不高，细胞膜通道蛋白的特异性不如载体蛋白那样严格；②无饱和现象，只要细胞膜通道处于开放状态，相应的离子即可顺着浓度差进行易化扩散，直到通道关闭为止。

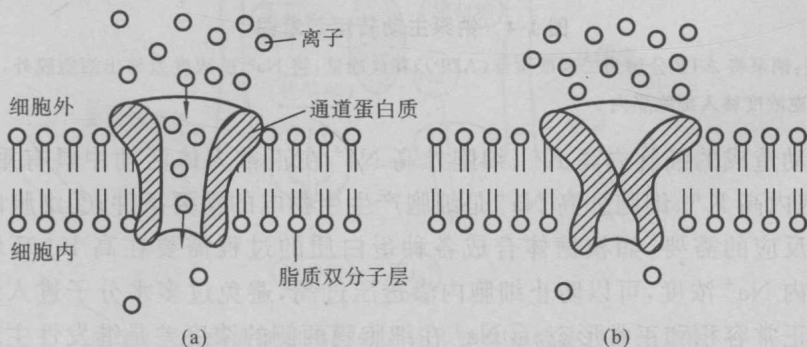


图 1-3 通道易化扩散的转运机制示意图

注：(a) 通道开放；(b) 通道关闭。

在单纯扩散和易化扩散过程中，被转运物质都是顺着浓度差或电位差进行跨膜移动，其转运的动力都是来自高浓度溶液中所含的势能储备，均不需要消耗细胞代谢产生的能量。因此，单纯扩散和易化扩散又被称为被动转运。



(三) 主动转运

1. 原发性主动转运 原发性主动转运是指离子泵利用分解三磷酸腺苷(ATP)产生的能量将某种离子逆着浓度差和(或)电位差进行跨膜转运的过程。离子泵是一种特殊的膜蛋白,具有ATP酶的作用。

钠-钾泵(简称钠泵),也称 $\text{Na}^+-\text{K}^+-\text{ATP}$ 酶,是哺乳动物细胞膜上普遍存在的一种离子泵。细胞代谢产生的能量(ATP)中有20%~30%用于维持钠泵活动,钠泵每分解1分子ATP,可将3个 Na^+ 移至细胞外,同时将2个 K^+ 移入细胞内。由于钠泵的活动,使安静状态下细胞内液 K^+ 浓度约为细胞外液 K^+ 浓度的30倍,而细胞外液 Na^+ 浓度为细胞内液 Na^+ 浓度的10~12倍。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,将 Na^+ 逆着浓度差移至细胞外、将 K^+ 逆着浓度差移入细胞内,直到恢复至安静状态下细胞内液与细胞外液中 Na^+ 和 K^+ 的浓度分布(图1-4),钠泵暂停转运。

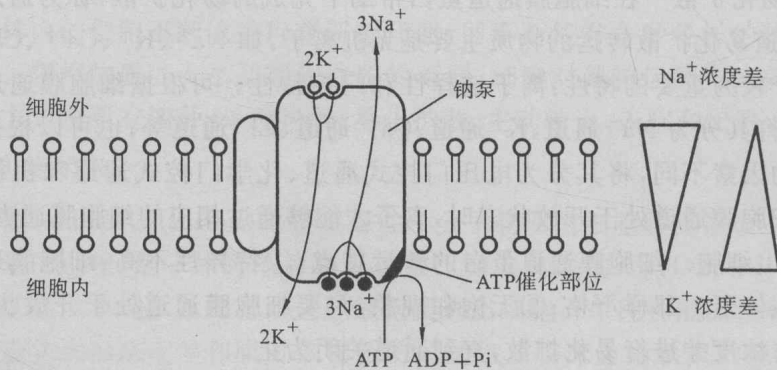


图1-4 钠泵主动转运示意图

注:钠泵将ATP分解为二磷酸腺苷(ADP),释放能量,将 Na^+ 逆浓度差移出细胞膜外,同时将 K^+ 逆浓度移入细胞膜内。

钠泵活动造成的细胞内高 K^+ 、细胞外高 Na^+ 在正常人体活动中具有重要的生理作用:①细胞内高 K^+ 、细胞外高 Na^+ 是细胞产生生物电的重要条件;②细胞内高 K^+ 是细胞内代谢反应的需要,如核糖体合成各种蛋白质的过程需要在高 K^+ 环境中完成;③降低细胞内 Na^+ 浓度,可以防止细胞内渗透压过高,避免过多水分子进入细胞内,以维持细胞的正常容积和正常形态;④ Na^+ 在细胞膜两侧的浓度差是继发性主动转运(如葡萄糖、氨基酸等物质在肾小管、消化道的吸收过程)的动力,也是细胞内外进行 Na^+-H^+ 交换、 Na^+-K^+ 交换、 $\text{Na}^+-\text{Ca}^{2+}$ 交换等过程的动力。

哇巴因是钠泵的特异性抑制剂。临床上可使用小剂量的哇巴因类药物抑制心肌细胞膜上的钠泵活动,降低细胞膜两侧 Na^+ 浓度差从而减少 $\text{Na}^+-\text{Ca}^{2+}$ 交换过程的动力,使心肌细胞内 Ca^{2+} 浓度增加,以增强心肌收缩力。

钙泵,也称 $\text{Ca}^{2+}-\text{ATP}$ 酶,是人体内分布较为广泛的另外一种离子泵,主要分布在细胞膜、内质网膜或肌质网膜。位于细胞膜上的钙泵,每分解1分子ATP可将细胞质

内的 1 个 Ca^{2+} 移到细胞外;而位于肌质网或内质网膜上的钙泵,每分解 1 分子 ATP 可将细胞质中的 2 个 Ca^{2+} 移回到肌质网或内质网内。两种钙泵的作用结果使细胞质内的游离 Ca^{2+} 浓度维持在 $0.1 \sim 0.2 \mu\text{mol/L}$ 的较低水平,仅为细胞外液中 Ca^{2+} 浓度 ($1 \sim 2 \text{ mmol/L}$) 的万分之一。由于正常细胞内的游离 Ca^{2+} 浓度极低,因此使得细胞对细胞质内 Ca^{2+} 浓度的增加变得更为敏感,从而使 Ca^{2+} 经钙通道流入细胞质内成为触发或是激活许多生理过程的重要环节,如肌细胞的收缩、腺细胞的分泌、神经递质的释放以及某些酶蛋白和通道蛋白的激活等过程。

2. 继发性主动转运 继发性主动转运是指转运动力间接来自 ATP 的分解、逆着浓度差和(或)电位差的转运过程。继发性主动转运实际上就是载体易化扩散与原发性主动转动耦联的过程,其中葡萄糖在小肠内的吸收过程(图 1-5)就是典型的继发性主动转运。

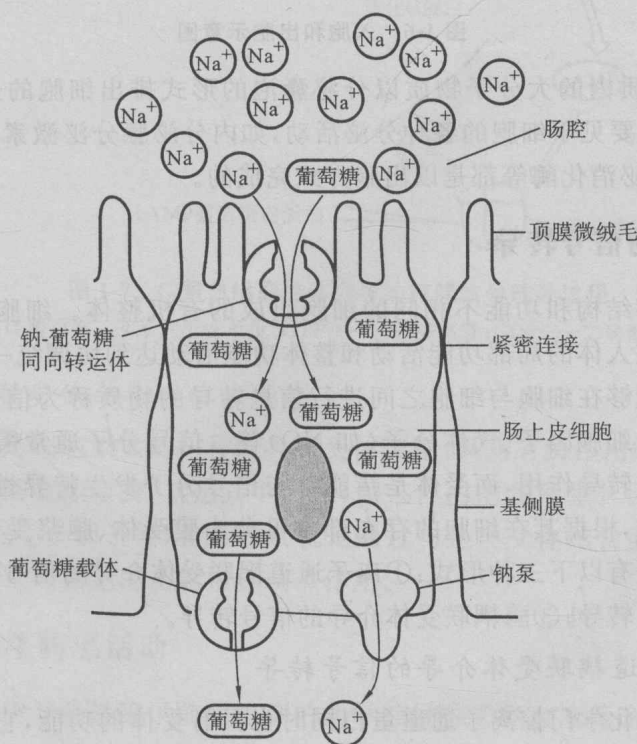


图 1-5 小肠内葡萄糖经继发性主动转运吸收过程示意图

(四) 入胞和出胞

小分子物质可以通过上述的物理扩散或经膜蛋白的介导穿过细胞膜,而大分子物质或团块是不能直接穿过细胞膜的,需要细胞膜做“变形运动”,以入胞(endocytosis)或出胞(exocytosis)的方式完成跨膜转运。

1. 入胞 大分子物质或团块状物质(细菌或细胞碎片等),通过细胞膜的变形运动或是在细胞膜受体的帮助下进入细胞的过程称为入胞(图 1-6)。入胞又分为吞噬和吞