



世界银行贷款  
“以器官系统为中心”综合型医学本科教材

# 现代医学基础

第一册

## 人体基本形态 结构与代谢

主编 席焕久 姜恩魁

人民军医出版社

◎策划编辑 郭颖

◎封面设计 吴朝洪



世界银行贷款

“以器官系统为中心”综合型医学本科教材

ISBN 7-80194-328-7



9 787801 943286 >

ISBN 7-80194-328-7/R · 328

定价：180.00元

世界银行贷款

“以器官系统为中心”综合型医学本科教材

# 现代医学基础

XIANDAI YIXUE JICHU

第一册

人体基本形态结构与代谢

主 编 席焕久 姜恩魁  
副主编 邵佑之 魏占东 刘用璋



人民军医出版社

People's Military Medical Press

北 京

---

**图书在版编目(CIP)数据**

现代医学基础/席焕久,姜恩魁主编. —北京:人民军医出版社,2005. 3  
ISBN 7-80194-328-7

I. 现… II. ①席…②姜… III. 医学-基本知识 IV. R

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 076971 号

---

策划编辑:郭颖 加工编辑:靳澎 责任审读:余清松  
出版人:齐学进  
出版发行:人民军医出版社 经销:新华书店  
通信地址:北京市复兴路 22 号甲 3 号 邮编:100842  
电话:(010)66882586(发行部)、51927290(总编室)  
传真:(010)68222916(发行部)、66882583(办公室)  
网址:www.pmp.com.cn

---

印刷:京南印刷厂 装订:桃园装订有限公司  
开本:787mm×1092mm 1/16  
印张:26 字数:635 千字  
版次:2005 年 3 月第 1 版 印次:2005 年 3 月第 1 次印刷  
总定价(共 6 册):180.00 元

---

版权所有 侵权必究  
购买本社图书,凡有缺、倒、脱页者,本社负责调换  
电话:(010)66882585、51927252

## 《现代医学基础》编委会

主任 席焕久  
副主任 姜恩魁 唐春光  
委员 (以姓氏笔画为序)  
王化洲 刘用璋 杨哲 杨文华  
李锦 张尤新 陈学军 邵佑之  
姜恩魁 夏桂兰 徐朝峰 席焕久  
唐春光 潘兴瑜 薛占瑞 魏占东  
秘书 白淑杰

## 内 容 提 要

本书是“以器官系统为中心”综合型医学本科教材《现代医学基础》的第一册“人体基本形态结构与代谢”。全书分为两篇,共12章,较为系统地介绍了人体的基本形态结构和人体代谢的调节,包括人体解剖学、组织胚胎学和生物化学的基本内容。本教材打破学科界限,以临床实际对医学生的要求为目标,思路新颖,内容实用,体系完整,便于读者理论联系实际,适合医学本科学生学习使用,也可供专科学生、临床医师和基层医务工作者学习参考。

责任编辑 郭 颖 靳 澎

# 前 言

“以器官系统为中心”的课程模式是综合型课程模式之一。1994年,我院已故关永琛副院长借鉴国外医学教育改革经验,在全国率先开展了“以器官系统为中心”的医学专科的教学改革,成为全国医学教学改革的试点院校之一。

几年来,在教育部和卫生部的关心和支持下,我们又在医学本科中进行了实践,作为世界银行贷款项目深入地进行了研究,取得了丰硕的成果。为了适应这种课程模式改革,我们编写了本套教材。

本教材编著者都是具有多年教学经验的专家教授,他们参加过“以器官系统为中心”课程模式改革并且是任课的教师。本教材克服了“以学科为基础”的模式弊病,实现了功能与形态的结合,病理与生理的结合,宏观与微观的结合,临床与基础的结合,治疗与预防的结合,淡化了学科概念体系,强化了医学生的培养目标。在结构上进行了大幅度的综合与重组。在内容的取舍上,摒弃过时、重复、无用的知识,着重基本知识、基本理论和基本技能训练,强调从课程体系上加强能力的培养。本教材既对教学内容进行大刀阔斧地删除,又保证教学的基本要求;既考虑到整个教学体系,又尊重认识的基本规律;既注意课堂教学的可操作性,又注意学生能力的培养。

教材的编写工作是一件十分艰苦的工作,参加教材编写的同志不辞劳苦,夜以继日,利用休息时间,查找资料,征求意见,一遍又一遍地修改,终于完成这套教材的编写,为教育改革、培养和造就一代新人做出了贡献。本教材经过编委会的反复研究讨论,最后经姜恩魁教授统稿完成。

这套教材共6册。为保证每册的质量和体系的完整,除全书设编委会进行统编外,还设了分册的主编和副主编。我们相信,通过这套教材的实践,必将进一步完善“以器官系统为中心”的课程模式,推动教学改革的深入发展。

在这套教材出版的时候,我们要衷心感谢国家教育部、卫生部等领导的关心和支持。全国高等医学院校的专家教授给我们提出了很好的意见。锦州医学院的各级领导和同志们都给予了大力的支持和帮助。特别值得提出的是关永琛副院长为课程模式的改革呕心沥血,孜孜追求,努力探索,为教材的编写做出了不可磨灭的贡献。以姜恩魁教授为代表的专家教授们付出了辛勤劳动,在这里我们一并表示衷心的感谢。虽然在总结过去教学经验的基础上广泛地听取了各方面的意见,大家进行了反复讨论与推敲,但有些问题还需要进一步探索与研究,一方面我们将通过实践不断加以修正和完善,另一方面也殷切希望应用本书的老师们、同学们和同道们多多提出宝贵意见,以便改进提高。

席焕久

2005年1月于锦州

# 目 录

## 第一篇 人体基本形态与结构

<b>第 1 章 细胞学</b> .....	(1)
第一节 细胞膜.....	(2)
第二节 细胞质.....	(4)
第三节 细胞核 .....	(13)
第四节 细胞周期 .....	(15)
第五节 细胞的生物电现象 .....	(17)
<b>第 2 章 人体基本组织</b> .....	(27)
第一节 上皮组织 .....	(27)
第二节 结缔组织 .....	(36)
第三节 肌组织 .....	(58)
第四节 神经组织 .....	(64)
<b>第 3 章 人体主要器官系统概述</b> .....	(80)
第一节 运动系统 .....	(81)
第二节 脉管系统.....	(148)
第三节 神经系统.....	(201)
<b>第 4 章 人体胚胎学概要</b> .....	(266)
第一节 生殖细胞的发生.....	(266)
第二节 受精.....	(268)
第三节 卵裂与胚泡形成(第 1 周).....	(270)
第四节 二胚层时期(第 2 周).....	(271)
第五节 三胚层时期(第 3 周).....	(274)
第六节 体节期(第 4 周).....	(278)
第七节 胚胎完成期(第 5~8 周) .....	(281)
第八节 胎膜.....	(282)
第九节 胎盘.....	(285)
第十节 孪生与多胎.....	(288)

## 第二篇 人体代谢与调节

<b>第 5 章 人体的分子组成</b> .....	(291)
第一节 组成人体的糖类.....	(292)



第二节	组成人体的脂类	(299)
第三节	重要的含氮有机化合物	(301)
第四节	组成人体的蛋白质、氨基酸	(306)
第五节	核酸及其结构	(313)
第六节	酶结构及功能	(317)
<b>第6章</b>	<b>人体内能量代谢</b>	(322)
第一节	能量及其产生机制	(322)
第二节	能量代谢的测定	(327)
第三节	体温及其调节	(329)
<b>第7章</b>	<b>糖的代谢</b>	(334)
第一节	糖的分解代谢	(334)
第二节	糖原的合成与分解	(339)
第三节	糖的异生	(340)
第四节	糖的其他代谢途径	(342)
第五节	血糖及其调节	(343)
<b>第8章</b>	<b>脂类代谢</b>	(345)
第一节	脂肪酸的分解	(345)
第二节	脂肪酸的其他氧化方式	(347)
第三节	酮体的生成和利用	(348)
第四节	脂肪酸的合成	(349)
第五节	磷脂代谢	(350)
第六节	胆固醇的代谢	(352)
第七节	血浆脂蛋白及其代谢	(354)
<b>第9章</b>	<b>氨基酸代谢</b>	(358)
第一节	蛋白质的生理功能及氮平衡	(358)
第二节	氨基酸的一般代谢	(359)
第三节	个别氨基酸的代谢	(365)
<b>第10章</b>	<b>核酸代谢及蛋白质生物合成</b>	(370)
第一节	嘌呤核苷酸的代谢	(370)
第二节	嘧啶核苷酸的代谢	(373)
第三节	DNA的生物合成	(375)
第四节	RNA的合成	(380)
第五节	蛋白质的生物合成	(383)
<b>第11章</b>	<b>物质及能量代谢的调节</b>	(390)
第一节	细胞水平的调节	(390)
第二节	组织水平、细胞间的激素调节	(395)
第三节	物质代谢的整体调节	(396)
<b>第12章</b>	<b>无机盐的代谢</b>	(398)
第一节	无机盐的生理功能	(398)

第二节	钠的代谢.....	(400)
第三节	钾的代谢.....	(400)
第四节	电解质平衡的调节.....	(401)
第五节	钙和磷的代谢.....	(403)

# 第一篇 人体基本形态与结构

## 第1章 细胞学

### 教学目标

1. 了解细胞膜的超微结构。
2. 掌握线粒体、内质网、溶酶体、高尔基复合体、细胞骨架的超微结构与功能。
3. 了解细胞周期中细胞的主要形态学变化。
4. 掌握细胞静息电位和动作电位产生的机制。
5. 掌握神经—肌肉接头处的兴奋传递过程。

细胞(cell)是机体结构和功能的基本单位。虽然细胞在大小和形态上千差万别,但在结构上有共同的特征:都是由细胞膜,细胞质和细胞核三部分构成的(图 1-1)。又可根据细胞的超微结构将细胞分为膜相结构(membranous structure)和非膜相结构(non-membranous structure)两大部分。膜相结构包括细胞表面的细胞膜和细胞内的胞内膜两部分,通常把细胞的所

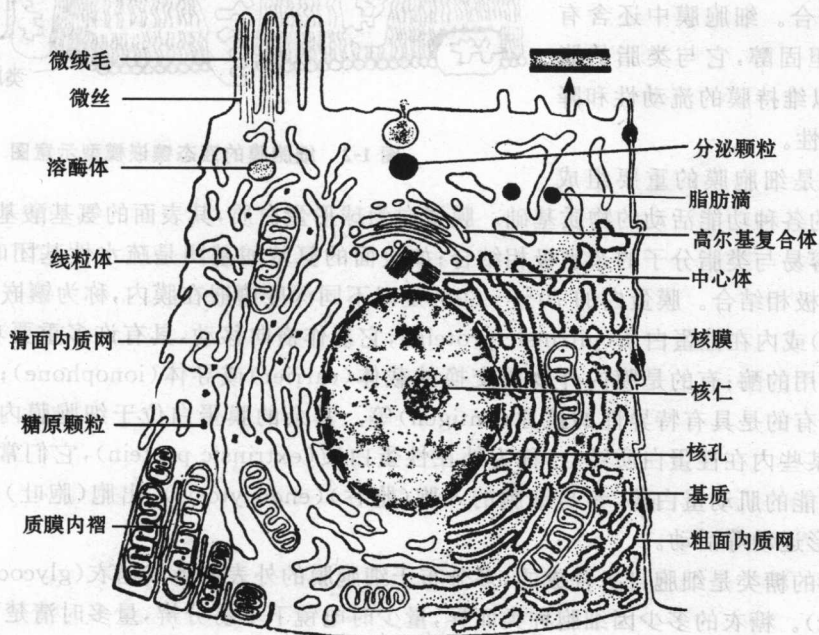


图 1-1 细胞的超微结构模式图

有膜结构统称为生物膜(biomembrane)。在高倍透射电镜下,生物膜一般呈三层结构,即内外两层为电子致密层,中间夹一层电子透明层,各层厚约 2.5nm,总厚度约 7.5nm,通常把膜的三层结构称为单位膜(unit membrane)。

## 第一节 细胞膜

细胞膜(cell membrane)又称质膜(plasmalemma)是包裹细胞的薄膜,光镜下只能见到细胞膜的界限,看不清细胞膜的结构,电镜下呈单位膜结构。

### 一、细胞膜的化学组成及分子结构

细胞膜主要由类脂、蛋白质和少量糖类组成。类脂以磷脂为主,它与蛋白质的比例一般为 1:1,糖类约占 3%,但其组成成分可因细胞的种类和功能状态而异,如肝细胞膜的蛋白质约占 50%,故其膜的功能活动十分旺盛,而形成神经髓鞘的膜,其蛋白质含量仅占 18%左右,故膜的通透性很低,具有良好的屏障作用和绝缘性能。科学家们对细胞膜的化学分子排列组合问题已提出了多种学说,目前比较公认的是 Singer 及 Nicolson 于 1972 年倡导的“液态镶嵌模型”(fluid mosaic model),它是由双层类脂分子中嵌入蛋白质所构成的,具有可塑性和流动性,如图 1-2。

双层类脂分子是膜的结构基础,其类脂分子是两性分子,一极为亲水的头部,另一极为由两条脂肪酸链形成疏水的尾部,两层类脂分子的亲水极都朝向膜的表面,而疏水极则均朝向膜的中央,以其亲和力相互结合。细胞膜中还含有 3%~10%胆固醇,它与类脂的脂肪酸结合,以维持膜的流动性和降低膜的通透性。

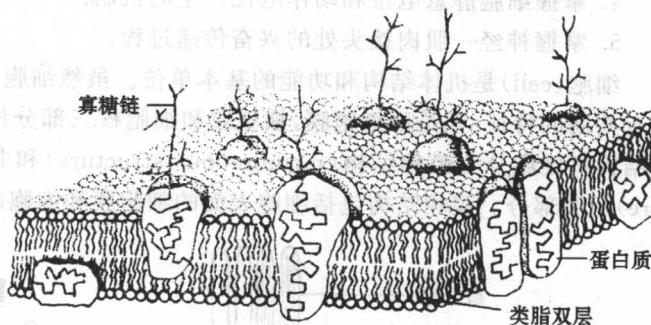


图 1-2 细胞膜的液态镶嵌模型示意图

蛋白质是细胞膜的重要组成部分,是膜的各种功能活动的物质基础。膜蛋白为球形蛋白质,其表面的氨基酸基团是亲水性基团时,则容易与类脂分子的亲水极相结合;如表面的氨基酸基团是疏水性基团时,则与类脂分子的疏水极相结合。膜蛋白的 70%~80%是以不同深度镶嵌在膜内,称为镶嵌蛋白质(mosaic protein)或内在性蛋白质(intrinsic protein),它易作横向移动,具有许多重要功能:有的是具有催化作用的酶;有的是膜内外物质交换的载体(carrier)或导体(ionophore);有的是受体(receptor);有的是具有特异性的抗原(antigen)等。其余的膜蛋白位于细胞膜内外表面的亲水极,并与某些内在性蛋白质结合,称为外在性蛋白质(extrinsic protein),它们常是某种酶或具有收缩功能的肌动蛋白等,参与细胞的入胞(胞吞)(endocytosis)、出胞(胞吐)作用(exocytosis)及变形运动等活动。

细胞膜的糖类是细胞自身合成的,多分布于细胞膜的外表面形成糖衣(glycocalyx)或细胞衣(cell coat)。糖衣的多少因细胞种类而异,量少时电镜下不易分辨,量多时清晰可见,如小肠吸收细胞表面的糖衣较厚,电镜下呈致密的丛状结构。细胞膜的糖常由十几个糖分子组成寡糖链,它们常与蛋白质或类脂结合分别形成糖蛋白或糖脂。组成寡糖链的单糖常见的有氨基

乙酰葡萄糖、半乳糖、氨基乙酰半乳糖、甘露糖、岩藻糖及唾液酸等,由于它们的排列组合不同,可形成多种细胞表面结构,细胞表面的糖蛋白和糖脂与细胞分化、细胞识别、细胞粘连、膜抗原和受体、物质交换等密切相关。

电镜下,单位膜的三层结构,一般认为双层电子致密层由双层类脂的亲水极和蛋白质与脂肪酸结合而成,膜中间电子透明层由双层类脂的疏水极形成。

## 二、细胞膜的主要功能

### (一)物质交换

细胞内外物质交换,依其所交换的物质不同有多种形式,主要交换方式如下。

1. 简单扩散 某些物质能否通过细胞膜取决于膜内外物质的浓度差。根据扩散原理,分子总是从高浓度侧向低浓度侧扩散,这种扩散称为简单扩散(simple diffusion),这种扩散不消耗细胞的能量。以简单扩散方式进行细胞内外物质交换的有  $O_2$ 、 $CO_2$  等气体分子和一些脂溶性物质。

2. 帮助扩散 水、葡萄糖、氨基酸以及某些无机离子等亲水性物质,需借助细胞膜上一定物质(多肽,蛋白质)的帮助,才能从高浓度侧向低浓度侧扩散,这种扩散称为帮助扩散(facilitated diffusion),它也不消耗能量。帮助扩散需载体或导体,它们具有高度特异性,一种载体或导体往往只能帮助一种或一类物质出入细胞膜。

3. 主动运输 许多物质是以逆浓度差方向透过细胞膜的,即由膜的低浓度侧向高浓度侧运输,这样的运输方式称为主动运输(active transport)。主动运输需消耗能量,由细胞代谢产生 ATP 供应,所以主动运输与细胞的代谢状态密切相关。任何影响代谢的因素,如低温、缺氧或代谢抑制剂等,都会影响主动运输的正常进行。

主动运输是物质交换的重要方式,由膜内具有 ATP 酶活性的镶嵌蛋白质来完成。例如,神经细胞膜内  $K^+$  浓度比膜外高约 30 倍,膜外  $Na^+$  浓度比膜内高约 12 倍,但细胞外的  $K^+$  仍向细胞内运输,而细胞内的  $Na^+$  还向细胞外运出,这是因为细胞膜普遍存在一种能转运  $Na^+$ 、 $K^+$  的 ATP 酶,即所谓“钠—钾泵”,它必须有  $Na^+$ 、 $K^+$ 、 $Mg^{2+}$  的存在才能发挥作用。在 ATP 酶的催化下 ATP 被分解,使酶磷酸化并携带  $Na^+$  运往细胞外,在细胞外因  $K^+$  的作用使酶去磷酸化,释放  $Na^+$  并将  $K^+$  向细胞内转运。目前认为分解 1 个 ATP 分子,可排出 3 个  $Na^+$  而进入 2 个  $K^+$ 。

除“钠—钾泵”外,在有些细胞膜上还有其他离子的主动运输系统,如肌浆网上的“钙泵”,能调节膜内外的  $Ca^{2+}$  浓度,使肌细胞收缩或舒张。又如甲状腺滤泡上皮细胞膜上有“碘泵”,能将血浆中的  $I^-$  转运到细胞内。

主动运输方式还表现在,如肠管内某些消化产物已远比上皮细胞内浓度低,但还能被上皮细胞所吸收;又如肾小管腔内的某些排泄物的浓度已比血液中的浓度高,但仍能从血液中透过肾小管上皮细胞排到肾小管腔内等。

4. 入胞作用和出胞作用 细胞对某些大分子物质是以入胞作用和出胞作用通过细胞膜。入胞作用中,细胞膜主要参与对外界物质的识别和卷入,细胞膜上有与外界物质相应的受体,当物质与受体结合时,使受体蛋白质发生构型变化,引起细胞的一系列改变,如细胞膜内表面的收缩蛋白质的收缩和伸展活动,使细胞发生凹陷或伸出伪足,将外界的物质卷入细胞内。如果卷入的为固态物质(如细菌、组织碎片和异物等),则称为吞噬作用(phag-

ocytosis)。由细胞(hm)膜包裹的固态物质小泡,称吞噬泡或吞噬体(phagosome)。如果卷入的为液态物质,则称为吞饮作用(pinocytosis),由细胞(hm)膜包裹的液态物质小泡,称为吞饮小泡或吞饮体(pinosome)。吞噬作用常见于中性粒细胞和巨噬细胞等。吞饮作用常见于内皮细胞、小肠吸收细胞和肝细胞等。

出胞作用包括分泌和排泄,如细胞的分泌颗粒和残余体等代谢产物的排出。分泌颗粒等有膜包裹,它们渐向细胞膜靠近并融合,将其内容物排出细胞外。

## (二)调节代谢活动

由于各种细胞膜上各有其特异性受体,因此对各种激素、神经递质、抗原、药物等活性物质具有高度选择性。能与受体结合并产生效应的活性物质称为配体(ligand)。当某一活性物质(配体)与相应的膜受体结合时,则引起一系列变化,从而调节细胞内各种代谢活动。膜受体就好比识别器,它能认识周围环境中相应的信号,并与之相结合而在细胞内产生效应。

细胞膜上的受体种类繁多,不同的细胞具有不同的受体,因此可以接受不同的信号,如促甲状腺素只能与甲状腺滤泡上皮细胞膜上的特异性受体相结合而发生效应,可见这样的受体仅分布在特定的细胞膜上。此外,在体内绝大多数的细胞膜上还有两大类受体,即肾上腺素能 $\alpha$ 、 $\beta$ 受体和乙酰胆碱能M、N受体。例如肝细胞膜上的 $\beta$ 受体可接受肾上腺素的信号,从而引起细胞内一系列反应,最终使肝细胞内储存的糖原分解为葡萄糖;又如骨骼肌细胞膜上N受体被激活时,则骨骼肌细胞收缩。由此可见,配体与细胞膜上的相应受体结合,引起细胞内的一系列反应,最后导致细胞的不同效应,以调节细胞内的代谢活动。

## (三)参与免疫活动

机体内具有复杂的免疫系统,在免疫活动中细胞膜起着极其重要的作用,细胞膜有特异性抗原及识别抗体的能力。

1. 细胞膜抗原 人的红细胞膜上有两类不同的抗原,即A抗原和B抗原,根据这两类抗原的存在与否,将红细胞分为四种类型:①A型红细胞只有A抗原;②B型红细胞只有B抗原;③AB型红细胞则两者均有;④O型红细胞两者均无。ABO型抗原的差别在于A型的红细胞膜表面的糖链末端比O型多一个氨基乙酰半乳糖,B型比O型多一个半乳糖,AB型则为两种混合存在,O型的则缺少末端的糖分子。抗原的其余部分都基本相同。

其他细胞膜上具有更重要的专用抗原群,即组织相容性抗原(histocompatibility antigen)。由于细胞膜上具有标志个体特征的组织相容性抗原,因此在异体之间进行器官和组织移植时,宿主的淋巴细胞通过识别则引起免疫反应,从而破坏供体的器官和组织,引起排斥反应。

2. 细胞识别 一种生物细胞能识别另一种生物细胞,这是生物体非常重要的功能。如中性粒细胞能识别并吞噬细菌、异物,脾脏的巨噬细胞能识别并吞噬衰老变性的红细胞,淋巴细胞能识别并破坏移植的异体细胞等。细胞识别是因细胞膜上具有相应的受体。淋巴细胞是机体免疫机构中极为重要的识别系统,能识别不同抗原的淋巴细胞具有千万种,每一种淋巴细胞只能识别一种抗原,由此构成了机体内庞大的细胞识别系统。

## 第二节 细胞质

细胞质(cytoplasm)由基质、细胞器及包涵物等组成。细胞内各种代谢过程和生理功能主要在细胞质进行,而细胞质的各种活动受细胞核控制。细胞质与细胞核之间相互联系、相互制

约,以维持细胞的结构及功能。

细胞质基质(cytoplasmic matrix)是位于细胞器及包涵物周围的胶态物质,其中含有某些可溶性酶及无机离子,在光镜及电镜下,基质一般呈均质状态。

细胞器(organelle)种类较多,根据细胞器有无膜的包裹分为膜相结构及非膜相结构两大类,属于膜相结构的主要有线粒体、内质网、高尔基复合体、溶酶体及微体等;属于非膜相结构的主要有核糖体、微丝、微管及中心体等。本节主要叙述各种细胞器的结构与功能,而对包涵物只做简要介绍。

## 一、线粒体

线粒体(mitochondria)是一种很重要的细胞器,除成熟的红细胞外,普遍存在于各种细胞中。它的主要功能是供应细胞活动所需要的能量,因此,有细胞的“供能站”之称。

线粒体多为圆形、椭圆形或杆状,大小不等,一般横径为 $0.5\sim 1\mu\text{m}$ ,长 $2\sim 10\mu\text{m}$ 。线粒体的形状、大小和数量依细胞类型及功能状态有很大差别。一般说来,在代谢率高的细胞,如肝细胞、心肌细胞、小肠吸收细胞等的线粒体数量较多,肝细胞内有 $1\ 000\sim 2\ 000$ 个。而代谢率低、耗能少的细胞则线粒体较少,如淋巴细胞和精子细胞内的线粒体一般少于100个。线粒体在细胞内的分布呈一定的规律性,通常位于需能较多的部位,如心肌细胞的线粒体是沿着肌原纤维排列;小肠吸收细胞的线粒体多位于细胞的顶部和基部,并沿细胞长轴排列;肝细胞的线粒体一般呈均匀分布。

电镜下,线粒体由内外两层单位膜包裹,外膜表面光滑,包围整个线粒体,外膜厚 $6\sim 7\text{nm}$ ,膜上有 $1\sim 2\text{nm}$ 的小孔,分子量 $10\ 000$ 以内的物质可自由通过。内膜厚 $5\sim 6\text{nm}$ ,较外膜薄,但通透性很小,分子量大于 $150$ 的物质便不易透过。内膜向内折叠形成线粒体嵴(mitochondrial crista),外膜与内膜之间约有 $8\text{nm}$ 宽的间隙,称为膜间腔或外腔。嵴与嵴之间的腔称为嵴间腔或内腔,其中充满线粒体基质(mitochondrial matrix)。基质呈颗粒状或纤维状,其中含有细丝状的线粒体DNA、线粒体核糖体、线粒体mRNA及tRNA等,由此可见线粒体内可自主合成一些线粒体蛋白质。基质内还常含有较大的致密颗粒,称为基质颗粒(matrix granule),其中含有易与二价阳离子( $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 等)相结合的蛋白质,使这些离子浓集。在转运大量水及离子的细胞(如肠上皮细胞、肾小管上皮细胞、成骨细胞和破骨细胞等)内的线粒体基质颗粒较大(图1-3)。

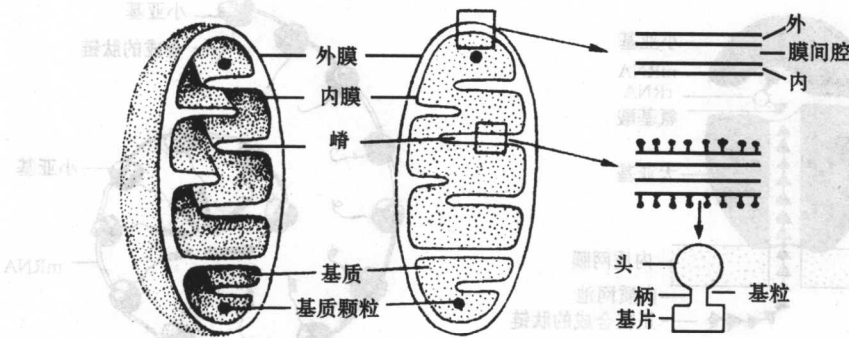


图 1-3 线粒体结构模式图



线粒体嵴的数目、形状和排列因细胞类型而异,一般说,代谢率高、耗能多的细胞,嵴多且密集。大多数细胞的线粒体嵴为板层状,其嵴的排列多与线粒体长轴垂直,但也有与线粒体长轴平行排列的,如线粒体为圆形,其嵴多从内膜向中央呈放射状排列。少数细胞,主要是一些分泌类固醇激素的细胞(如肾上腺皮质细胞、卵巢黄体细胞和睾丸间质细胞等),其线粒体嵴多呈管状或泡状。有些细胞的线粒体嵴兼有板层状和管状两种(图 1-4)。

用负染色法可观察到线粒体内膜及嵴膜的内表面有许多 9~10nm 大小的颗粒,称基本粒子(elementary particle),由头、柄和基片三部分组成,头部呈球形,它与柄相连而突出内膜表面,柄与内膜中的基片相连。头部含有一种可溶性的 ATP 酶,是氧化磷酸化中起耦联作用的重要因素。柄是一种对寡霉素敏感的蛋白,基片是联结蛋白。

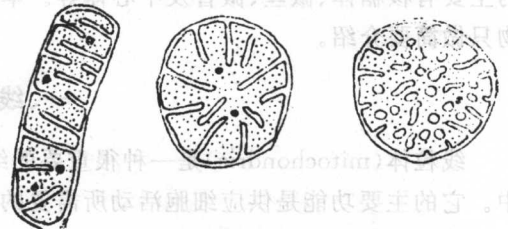


图 1-4 线粒体及其嵴的形状

线粒体是细胞能量代谢的中心,是细胞有氧呼吸的基地和供能的场所,细胞生命活动中需要的能量,约 95% 由线粒体供应。三羧酸循环、电子传递和氧化磷酸化等过程都在线粒体内进行,所以线粒体内具有生物氧化的各种酶系。线粒体内膜是进行氧化磷酸化的主要部位,故含酶最多,如琥珀酸脱氢酶、细胞色素氧化酶等。嵴间腔基质含有三羧酸循环的酶系和核酸合成酶系等。线粒体通过生物氧化的一系列生物化学反应,产生大量 ATP,供细胞活动所需要的能量。

## 二、核糖体

核糖体(ribosome)又叫核蛋白体由核糖体核糖核酸(rRNA)和蛋白质组成的椭圆形致密颗粒,大小约为 15nm×25nm。核糖体由两个大小不等的亚基构成,大的称大亚基,小的称小亚基。两个亚基的结合需要一定浓度的  $Mg^{2+}$ ,当需要合成蛋白质时则组合成核糖体,不需要时即分离为亚基。在大亚基中央有一中央管,核糖体所合成的肽链沿此中央管释出(图 1-5)。

核糖体有的单个存在称单核糖体(monoribosome),有的几个串连在一起呈串珠状或螺旋状排列,称多核糖体(polyribosome)。多核糖体是由一条信使 RNA(mRNA)细丝穿行于大亚基与小亚基之间串连而成,核糖体的数目在 3~30 不等(图 1-6)。

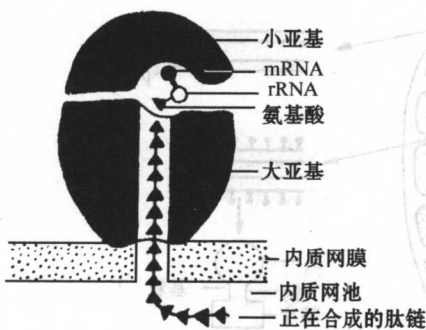


图 1-5 核糖体及蛋白质合成示意图

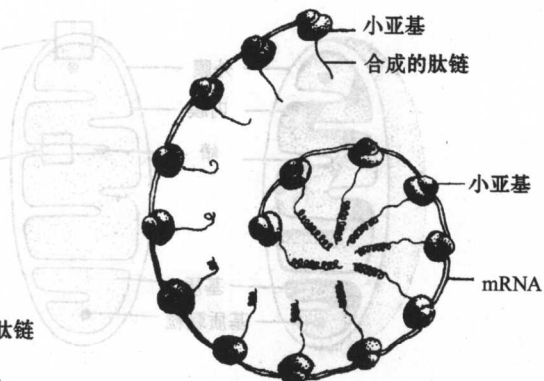


图 1-6 多核糖体模式图



核糖体游离于细胞质内的称为游离核糖体(free ribosome),核糖体附着于膜的称为附着核糖体(attached ribosome)。核糖体是细胞内合成蛋白质的基地,游离核糖体主要合成细胞本身的结构蛋白,供细胞的代谢、生长和增殖的需要,因此常见于未分化细胞和生长增殖旺盛的细胞。附着核糖体主要合成向细胞外释放的分泌蛋白质。细胞内如果没有核糖体即停止了蛋白质合成,细胞也就丧失了生长增殖能力,如成熟的红细胞。核糖体丰富的细胞,光镜下细胞质呈嗜碱性。

### 三、内 质 网

内质网(endoplasmic reticulum)是一种扁囊状或管泡状膜性结构,根据膜表面有无核糖体附着分为两种,有核糖体附着的称为粗面内质网(rough endoplasmic reticulum, RER),无核糖体附着的称为滑面内质网(smooth endoplasmic reticulum, SER)。

#### (一)粗面内质网

粗面内质网是相互连通的扁囊状或管泡状膜性结构,膜表面附有核糖体。核糖体以头部的顶端与内质网膜相连,核糖体的排列有的稀疏,有的紧密,多排列呈花簇状、线状或螺旋状(图 1-7)。

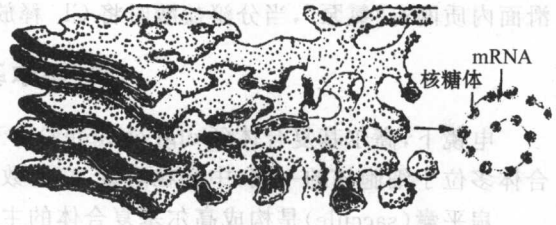


图 1-7 粗面内质网模式图

粗面内质网合成的蛋白质有两类:①结构蛋白质,包括膜结构上的镶嵌蛋白质和溶酶体内的酶等;②分泌蛋白质,包括各种分泌酶、胶原蛋白、免疫球蛋白(抗体)和肽类激素等。粗面内质网分布很广泛,除成熟的红细胞外,几乎所有的细胞都有,但其数量及形状则依细胞类型、分化程度及功能状态而异。在分泌蛋白质旺盛的细胞,如合成免疫球蛋白的浆细胞及分泌消化酶的各种腺细胞内都有丰富的粗面内质网。凡分化低、生长快的细胞,如干细胞、原始血细胞及胚胎细胞等的粗面内质网均不发达。内质网腔有的狭窄,有的扩张呈囊泡状,其中的内容物一般是均质的,电子密度较低。

#### (二)滑面内质网

滑面内质网是管状或泡状的膜性结构,常互相连通成网状的管泡系统(图 1-8)。滑面内质网的分布没有粗面内质网广泛,多数细胞的滑面内质网较少,但在某些细胞中滑面内质网很丰富,如分泌类固醇激素的细胞、胃腺壁细胞和小肠吸收细胞等。



图 1-8 内质网平面与立体结构模式图