



普通高等教育“十二五”规划教材

护理学专业器官系统教学创新教材

细胞与分子生物学

主编◎苏荣健 王 顺



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

护理学专业器官系统教学创新教材

细胞与分子生物学

主 编 苏荣健 王 顺

副 主 编 李 虹 许珂玉

编 者 (按姓氏笔画排序)

王 顺 朱艳凌 刘 超 许珂玉

李 红 李 虹 李尘远 杨 菁

张 蕾 张秀梅 侯 威 高东明

屠宴会

科学出版社

北 京

内 容 简 介

为了适应“器官系统”教学模式的需要,本教材对生物化学及分子生物学、细胞生物学、生理学和遗传学中与医学相关的知识进行概括和总结,并在此基础上进行了重组整合。从器官和系统的角度,对细胞的结构和功能,人体的生理功能和能量代谢,生物大分子的结构和功能,遗传的分子基础和遗传性疾病的诊断治疗进行全面阐述。全书共分为12章。包括:细胞生物学基础、人体的分子组成、人体内能量代谢、糖代谢、脂类代谢、氨基酸代谢、核苷酸代谢、物质及能量代谢的调节、基因信息传递、细胞信号转导、遗传性疾病、遗传病的诊断、治疗与预防咨询。各学科知识交叉融合,使学生系统地认识生命现象的分子、细胞、功能和遗传基础,为临床课程的学习夯实基础。

本书适用于各类医学院校开展“器官系统”教学模式的教学需要。

图书在版编目(CIP)数据

细胞与分子生物学 / 苏荣健,王顺主编. —北京:科学出版社,2015.6
普通高等教育“十二五”规划教材·护理学专业器官系统教学创新教材
ISBN 978-7-03-043467-8

I. ①细… II. ①苏… ②王… III. ①细胞生物学-高等学校-教材 ②分子生物学-高等学校-教材 IV. ①Q2 ②Q7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 038226 号

责任编辑:朱 华 / 责任校对:李 影

责任印制:肖 兴 / 封面设计:范璧合

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>

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

*

2015年6月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2015年6月第一次印刷 印张:21 1/4

字数:508 000

定价:52.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

我校护理专业自1999年起实施“以器官系统为中心”的医学基础课程模式改革,并编写了《现代医学基础》,共6册教材,并正式出版发行。该套教材打破了原有的学科界限,开创了具有中国特色的医学教育课程新模式。该项改革项目曾获得国家级教学成果二等奖。

经过15年的教学实践,在充分论证的基础上,我们总结了《现代医学基础》教材在编写和应用过程中的经验与不足,在原有机能与形态、微观与宏观、生理与病理融合的基础上,实现基础与临床的对接。按照护理专业培养目标的要求,结合现代医学新进展,增加学生必须掌握的知识点,重新组合成新的基础医学教材共8个分册,即《人体基本形态与结构》、《细胞与分子生物学》、《免疫与病原生物学》、《病理学与药理学基础》、《血液、循环和呼吸系统》、《消化和内分泌系统》、《泌尿和生殖系统》、《皮肤、感觉器官和神经系统》。同时对护理专业课程的基础护理学、内科护理学、外科护理学、妇产科护理学、儿科护理学、急救护理学、五官科护理学、精神护理学等8门课程按人体器官系统进行整合,将不宜纳入器官系统的内容独立成册,重新组合成新的护理学教材共7个分册,即《护理基本技术》、《急危重症护理》、《血液、循环和呼吸系统疾病护理》、《消化、代谢和内分泌系统及风湿免疫性疾病护理》、《泌尿和生殖系统疾病护理》、《皮肤、感觉器官、神经精神和运动系统疾病护理》和《传染病护理》。本套教材是供护理专业“以器官系统为中心”课程模式使用的全新教材。

教材编写中各位专家教授不辞辛苦,夜以继日,查阅了大量文献资料,并结合多年教学和临床实践,梳理教材内容,完善编写思路,反复讨论修改,高质量地完成了编写任务。

在本套教材出版之际,我们特别感谢国家教育部、卫生和计划生育委员会、科学出版社等单位领导的关心和支持。感谢学校各级领导和老师的大力支持与帮助。感谢各位编委的辛勤工作。

限于编者水平,教材中难免有不足之处,恳请同行和专家批评指正。

刘学政

2015年1月12日

目 录

前言

第一章 细胞生物学基础	(1)
第一节 细胞的基本结构	(1)
第二节 细胞的增殖与分裂	(13)
第三节 细胞膜的物质转运功能	(21)
第四节 细胞的电活动	(28)
第五节 肌细胞的收缩功能	(34)
第二章 人体的分子组成	(42)
第一节 组成人体的糖类	(42)
第二节 组成人体的脂类	(48)
第三节 重要的含氮有机化合物	(54)
第四节 组成人体的蛋白质、氨基酸	(58)
第五节 核酸及其结构	(79)
第六节 酶结构及其功能	(91)
第三章 人体内能量代谢	(105)
第一节 能量及其产生机制	(105)
第二节 能量代谢与体温	(117)
第四章 糖代谢	(122)
第一节 概述	(122)
第二节 糖的分解代谢	(122)
第三节 糖原的合成与分解代谢	(135)
第四节 糖异生	(139)
第五节 血糖水平的调节	(143)
第五章 脂类代谢	(146)
第一节 脂类的消化吸收	(146)
第二节 甘油三酯代谢	(147)
第三节 磷脂的代谢	(157)
第四节 胆固醇的代谢	(161)
第五节 血浆脂蛋白代谢	(164)
第六章 氨基酸代谢	(173)
第一节 蛋白质的营养作用	(173)
第二节 蛋白质的消化、吸收与腐败	(174)
第三节 氨基酸的一般代谢	(177)
第四节 个别氨基酸的代谢	(188)
第七章 核苷酸代谢	(197)
第一节 核酸的酶促降解	(197)

第二节 嘌呤核苷酸代谢	(198)
第三节 嘧啶核苷酸代谢	(204)
第八章 物质及能量代谢的调节	(209)
第一节 物质代谢的特点	(209)
第二节 物质代谢的相互联系	(210)
第三节 代谢调节方式	(213)
第九章 基因信息传递	(220)
第一节 DNA 的生物合成	(220)
第二节 RNA 的生物合成	(233)
第三节 蛋白质的生物合成	(241)
第四节 基因表达调控	(251)
第十章 细胞信号转导	(258)
第一节 细胞信息物质	(258)
第二节 受体	(261)
第三节 信号转导通路	(266)
第四节 细胞信号转导异常与疾病	(275)
第十一章 遗传性疾病	(277)
第一节 遗传性疾病概述	(277)
第二节 人类染色体	(279)
第三节 染色体疾病	(286)
第四节 单基因病	(298)
第五节 多基因遗传病	(306)
第六节 线粒体遗传病	(310)
第十二章 遗传病的诊断、治疗与预防咨询	(315)
第一节 遗传病的诊断	(315)
第二节 遗传病的治疗	(321)
第三节 遗传病的预防	(327)
参考文献	(334)

第一章 细胞生物学基础

第一节 细胞的基本结构

细胞是生物体形态结构与功能的基本单位。人体的细胞有数百种,其大小、形态和功能各不相同,但是它们都是由细胞膜、细胞质和细胞核3部分组成的(图1-1)。

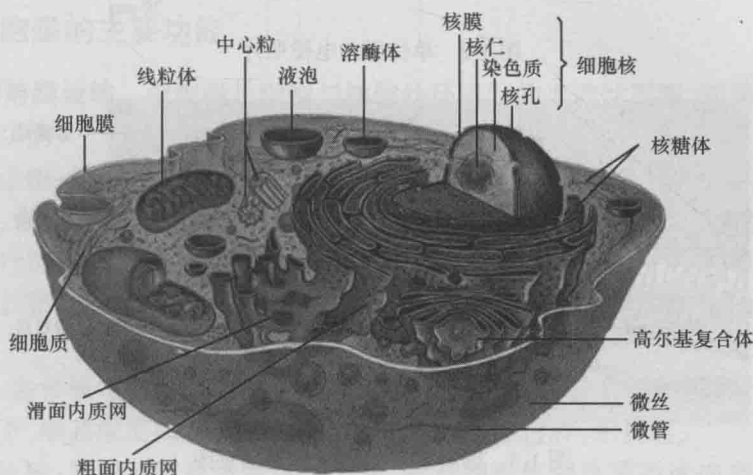


图1-1 细胞超微结构模式图

一、细胞膜

细胞膜(cell membrane)是细胞质与周围环境相隔的一层界膜,又称质膜(plasma membrane)。细胞膜不仅为细胞的生命活动提供了稳定的内环境,还具有物质运输、信息传递等重要功能。在细胞内也存在着一些由膜组成的结构称为细胞的内膜系统(endomembrane system),如内质网、高尔基复合体、溶酶体与核膜等。通常将细胞膜与细胞的内膜系统总称为生物膜(biomembrane),它们在结构、功能及发生上有密切的联系。

(一) 细胞膜的结构

在透射电子显微镜下,细胞膜通常呈现出“两暗一明”的铁轨样形态,即电子密度较高的内外两层(各厚2.5~3.0nm)夹着电子密度较低的中间层(厚3.5~4.0nm)。这3层结构又称单位膜(unit membrane)(图1-2)。构成细胞膜的化学成分主要有脂类、蛋白质和糖类。此外,膜中还含有少量水、无机盐和金属离子等。

被广泛接受的生物膜分子结构为“流动镶嵌模型”(fluid mosaic model)(图1-3),膜中脂双层构成膜的连续主体,它既具有晶体分子排列的有序性,又具有液体的流动性。膜中球形蛋白质分子以各种形式与脂双层相结合。这个模型强调了膜的流动性和不对称性。

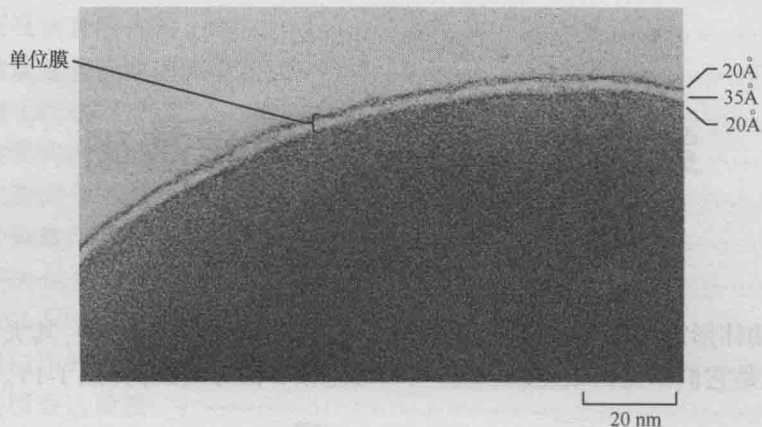


图 1-2 单位膜的电镜照片

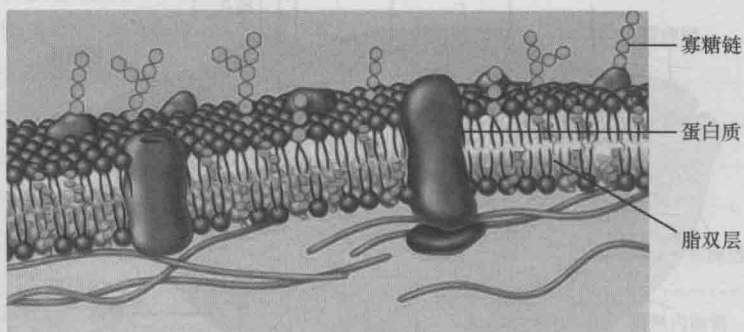


图 1-3 细胞膜流动镶嵌模型示意图

1. 膜脂 生物膜上的脂类称为膜脂(membrane lipid),约占膜成分的 50%,主要有 3 种类型:磷脂、胆固醇和糖脂,其中以磷脂含量最多,构成细胞膜的基本骨架。膜脂均是双亲性分子,具有亲水的极性头部和疏水的非极性尾部,磷脂分子的亲水头由胆碱、乙醇胺等组成,疏水尾由两条脂肪酸链组成。大部分膜脂在水溶液中能自动形成双分子层结构,疏水的尾部埋在膜的中央,亲水的头部朝向膜的内外表面。在制备电镜标本的过程中,脂质分子的亲水极嗜钨性较强,故电子密度较高;疏水极的嗜钨性较弱,故电子密度较低,因此脂双层在电镜下呈现 3 层结构。膜脂分子能进行多种运动,如在单分子层内做侧向扩散、围绕与膜平面相垂直的轴做旋转运动等,使膜脂具有了流动性。

2. 膜蛋白 生物膜所含的蛋白质称为膜蛋白,在一般的细胞膜中占 50% 左右,能完成细胞膜的各种重要功能,可作为载体、受体、酶和抗原等,或与细胞分化及细胞间连接有关。根据膜蛋白与膜脂的结合方式常把它们分成两类:内在膜蛋白(intrinsic membrane protein)和外在膜蛋白(extrinsic membrane protein)。

(1) 内在膜蛋白:占膜蛋白的 70%~80%,可以全部或部分插入脂双层内。内在膜蛋白也是双亲性分子,它们的疏水区域直接与脂双层的疏水区域相互作用。而亲水的极性部分位于膜的内外两侧,与脂质分子的亲水极相结合。这种蛋白质跨越脂双层,也称为跨膜蛋白(transmembrane protein)。要溶解内在膜蛋白,必须使用去垢剂使膜崩解。

(2) 外在膜蛋白:占膜蛋白的 20%~30%,完全位于脂双层之外,分布在胞质侧或胞外

侧,为水溶性蛋白,与膜的结合较弱,用温和的方法,如改变溶液的离子强度或 pH,即可将它们从膜上分离下来。膜蛋白也有侧向扩散和旋转的分子运动特性,以执行其多样化的功能。

3. 膜糖类 膜糖类占质膜质量的 2%~10%,以低聚糖或多聚糖链形式共价结合于膜蛋白形成糖蛋白,或者以低聚糖链共价结合于膜脂上形成糖脂。其只分布于细胞膜的外表面。在电镜下有的细胞(如小肠吸收细胞)表面由于糖链丰富,形成一层很厚的绒毛状糖萼(glycocalyx)或细胞外被(cell coat),但多数细胞的细胞外被较薄而不易分辨。

糖脂和糖蛋白构成的细胞外被对细胞有保护作用,寡糖链还具有细胞识别、物质运输、接触抑制、参与调节细胞的生长发育和分化等过程,并且与免疫识别、癌变都有十分密切的关系。

(二) 细胞膜的主要功能

1. 物质的跨膜运输 细胞膜是细胞与细胞外环境间的半透性屏障,对跨膜运输的物质有选择和调节功能。

(1) 被动运输:物质顺浓度梯度进行跨膜转运,不消耗能量,有 3 种方式。

简单扩散:脂溶性物质如醇、苯、甾类激素,以及 O_2 、 CO_2 和水等,由高浓度向低浓度方向通过脂双层进行扩散,不耗能。

离子通道扩散:各种离子借助膜上的通道蛋白,不消耗能量顺其浓度梯度或电化学梯度跨膜转运。

易化扩散:各种极性分子和无机离子,如葡萄糖、氨基酸、核苷酸及细胞代谢物等,在载体蛋白的介导下,顺其浓度梯度或电化学梯度的跨膜转运过程,不耗能。

(2) 主动运输:脂膜上的载体蛋白将离子、营养物和代谢物等逆浓度梯度或电化学梯度进行的跨膜转运过程,消耗能量。有 ATP 直接提供能量(ATP 驱动泵)和 ATP 间接提供能量(离子浓度驱动的协同运输)两种类型,如 Na^+-K^+ 泵、 Ca^{2+} 泵等。

(3) 膜泡运输:大分子和颗粒物质通过膜泡的形成与融合来完成转运过程,故称为膜泡运输(vesicular transport)。根据物质运输的方向可以分为胞吞作用(endocytosis)和胞吐作用(exocytosis)。

1) 胞吞作用:又称入胞作用或内吞作用,是质膜内陷,包围细胞外物质形成胞吞泡,脱离质膜进入细胞内的转运过程。根据胞吞物质的不同可将胞吞作用分为 3 类:①吞噬作用(phagocytosis),吞噬的物质多为大分子复合物或较大的固体颗粒,如细菌、细胞碎片等,体内具有吞噬功能的细胞都以此方式进行吞噬。②胞饮作用(pinocytosis),由质膜内陷包裹液态物质形成胞饮小泡的过程。③受体介导的内吞作用(receptor mediated endocytosis),是细胞通过受体识别外界的专一性蛋白质或其他化合物并与之结合,通过膜的内陷形成囊泡,囊泡脱离膜而进入细胞的过程。这种作用为细胞提供了可选择和高效地摄取细胞外大分子物质的方式。胞吞作用形成的吞噬体和吞饮小泡都将与溶酶体结合,其内容物被溶酶体酶降解。

2) 胞吐作用:又称出胞作用或外排作用,是把细胞内合成的物质及残余物等通过囊泡转运至细胞膜,与质膜融合后将物质排出细胞外的过程。

2. 信息传递(signal transduction) 信息传递是细胞膜的重要功能。质膜上有各种受体蛋白,能识别并结合外界的各种化学信息,启动细胞内一系列的化学反应,产生生物学效

应。受体指可以识别相应的配体并与之结合,完成信号转导的蛋白质分子。

二、细 胞 质

细胞质(cytoplasm)由细胞质基质、细胞器和包涵物组成。

(一) 细胞质基质

细胞质基质(cytoplasmic matrix)也称为胞质溶胶(cytosol),为细胞质中较均质而半透明的胶体部分。细胞质基质的化学组成可按其分子质量大小分为3类:小分子、中等分子和大分子。小分子包括水、无机离子等。中等分子有脂类、糖类、氨基酸、核苷酸及其衍生物等。多糖、蛋白质、脂蛋白和RNA等则为大分子。细胞质基质为维持细胞器的正常结构和完成其功能活动提供所需要的一切底物,为细胞质中某些生化活动提供场所。

(二) 细胞器

细胞器(organelle)是细胞质中具有一定形态结构和执行特殊功能的结构,包括核糖体、内质网、高尔基复合体、溶酶体、过氧化物酶体、线粒体、细胞骨架等。这些细胞器具有重要的生理功能。

1. 核糖体(ribosome) 核糖体又称核蛋白体,是细胞内最小的颗粒状细胞器。核糖体由大、小两个亚单位构成,主要成分为蛋白质和rRNA,为合成蛋白质的场所。

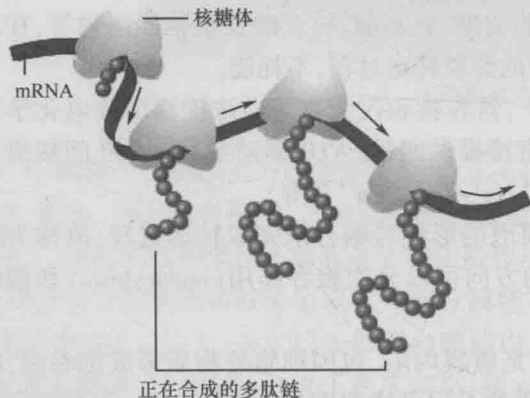


图 1-4 多聚核糖体

核糖体除游离于细胞质中,称为游离核糖体(free ribosome)之外,还有许多附着于内质网的膜表面,称为附着核糖体(attached ribosome)。游离核糖体和附着核糖体在结构和功能上均相同。mRNA分子可串连许多核糖体形成多聚核糖体(polyribosome),被串连的核糖体少则只有几个,多的可达四五十个或更多,排列成环状或玫瑰花状(图1-4)。游离核糖体主要合成组成细胞本身所需要的结构蛋白或某些特殊蛋白质,如红细胞的血红蛋白。在蛋白质合成活跃的细胞和分裂活动旺盛的细胞

游离核糖体较多。附着核糖体主要合成分泌型蛋白质(如酶类、肽类激素等),也合成某些结构蛋白(如膜镶嵌蛋白、溶酶体酶等)。核糖体丰富的细胞,光镜下细胞质呈嗜碱性。

2. 内质网(endoplasmic reticulum, ER) 内质网是由膜构成的小管、小泡或扁囊连接成的三维网状膜系统。根据膜表面有无核糖体的附着可将其分为两种类型,即附着许多颗粒状核糖体、表面粗糙的粗面内质网(rough endoplasmic reticulum, RER)(图1-5)和没有核糖体分布、表面光滑的滑面内质网(smooth endoplasmic reticulum, SER)(图1-6)。两者互相连通,内质网膜上具有多种酶的结合,如葡萄糖-6-磷酸酶是内质网的标志酶。

粗面内质网分布于大部分细胞中,主要合成分泌型蛋白质,并将其进行加工和转运。在旺盛合成分泌型蛋白质的胰腺细胞、肝细胞和浆细胞等细胞中特别丰富。可根据粗面内质网结构的复杂程度来判断细胞的功能状态和分化程度。RER发达的细胞,光镜下细胞质

嗜碱性较强。

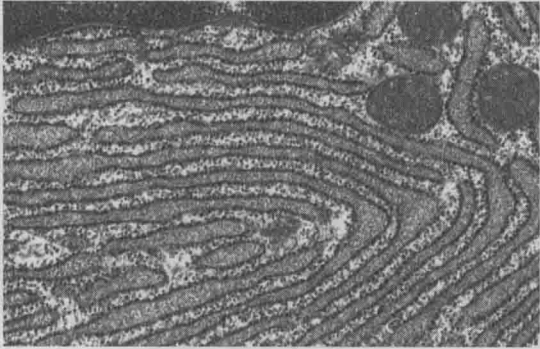


图 1-5 电镜下的粗面内质网

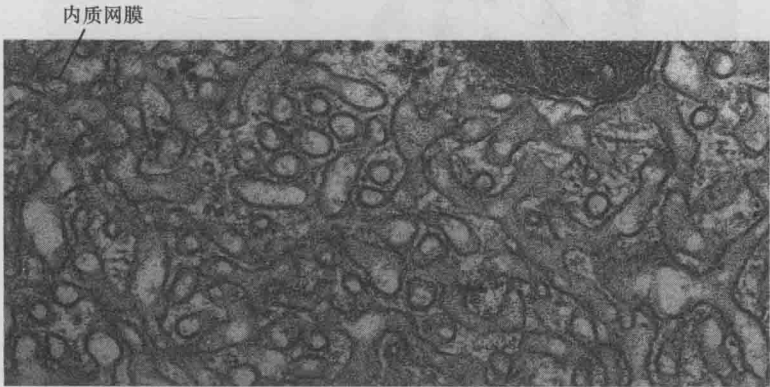


图 1-6 电镜下的滑面内质网

滑面内质网多由分枝小管和圆形小泡构成,仅在一些特化细胞中含量丰富,具有多种功能。①合成类固醇激素:在肾上腺皮质细胞、睾丸间质细胞、卵巢黄体细胞等分泌类固醇激素的细胞中,有发达的 SER,膜上有合成胆固醇所需的酶系,并能使合成的胆固醇转变为类固醇激素。②合成脂类:如肝细胞在摄取脂肪酸后,在 SER 上合成脂肪。细胞所需的膜脂几乎也都是在内质网合成的。③解毒作用:如肝细胞的滑面内质网中含有包括细胞色素 P₄₅₀ 等在内的酶系,能催化多种化合物的氧化或羟化,使毒、药物的毒性被钝化或者破坏,成为无毒物质并易于排出体外。④Ca²⁺ 的储存与释放:在肌细胞中,发达的滑面内质网又称为肌质网,肌质网网膜上 Ca²⁺ 泵把细胞质基质中的 Ca²⁺ 泵入网腔储存起来,当受到神经冲动的刺激或者细胞外信号物质的作用时,即可引起 Ca²⁺ 向细胞质基质的释放,从而引起肌细胞的收缩。滑面内质网发达的细胞,一般光镜下细胞质嗜酸性较强。

3. 高尔基复合体(Golgi complex) 高尔基复合体在光镜下为细胞质中的嗜银网状结构,在不同细胞中的分布各不相同。电镜下,是由扁平囊泡(cisterna)、小泡(vesicles)和大泡(vacuoles)构成的膜性细胞器(图 1-7,图 1-8)。3~8 个平行排列的扁平囊泡为高尔基复合体的主体部分,高尔基复合体具有一定的极性,扁平囊的凸面靠近细胞核或内质网,称为生成面(forming face),与其相反的凹面朝向细胞膜一侧,称为成熟面(mature face),硫胺素焦磷酸酶(TPP)组化染色呈阳性,可作为高尔基复合体的标志酶。在形成面,经常可观察到许多小泡,由附近的粗面内质网芽生而来,将内质网合成的蛋白质转运到高尔基复合体,因

此这些小泡又称运输小泡。在扁平囊泡的成熟面,常可见到大泡,由扁平囊泡的末端膨大而成,为高尔基复合体的分泌产物,因此又称为分泌泡。这些分泌泡的电子密度不同,可显示其不同的成熟程度(图 1-7)。在蛋白质分泌旺盛的细胞中高尔基复合体发达。

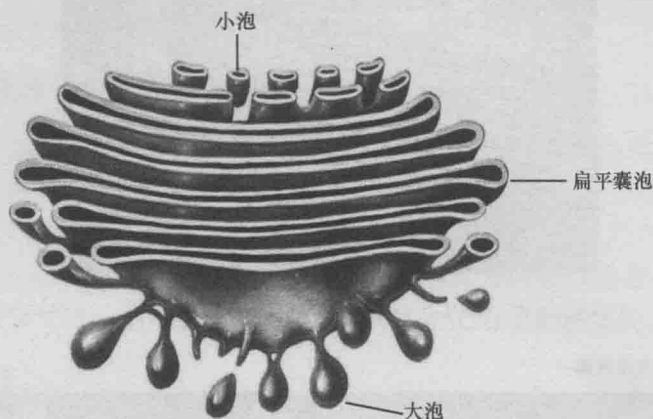


图 1-7 高尔基复合体结构模式图

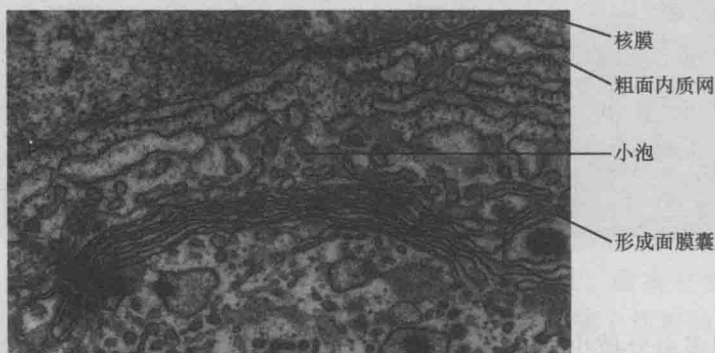


图 1-8 电镜下的高尔基复合体

由内质网合成的多种蛋白质在高尔基复合体中被进一步加工和修饰,成为成熟的蛋白质,如蛋白质的糖基化、蛋白原的水解。高尔基复合体也具有对蛋白质分选和定向运输的作用,如对溶酶体酶蛋白的分选和转运在溶酶体的形成过程中起重要作用。

4. 溶酶体(lysosome) 溶酶体由高尔基复合体芽生的运输小泡和内体合并而成,为一种圆形或卵圆形的膜性细胞器,内含多种酸性水解酶,已知有 60 种以上,最适 pH 为 5.0,能将蛋白质、多糖、脂类和核酸等水解为小分子。不同细胞中的溶酶体均含有酸性水解酶,为溶酶体的标志酶,可用酶组化方法显示。溶酶体具有异质性,可根据其不同发育阶段和生理功能状态分为初级溶酶体(primary lysosome)、次级溶酶体(secondary lysosome)和三级溶酶体(tertiary lysosome)(图 1-9,图 1-10)。

(1) 初级溶酶体:是指新产生的溶酶体,大小不等,为透明圆球状,但是,也可呈现为电子致密度较高的颗粒小体,囊腔中的酶通常处于非活性状态。

(2) 次级溶酶体:又称吞噬性溶酶体(phagolysosome),是由初级溶酶体接受来自细胞内、外的物质,并与之发生相互作用而形成的。体积较大,外形多不规则,囊腔中因含有正在被消化分解的物质颗粒或残损的膜碎片而显示电子致密度较高。根据吞噬物的来源不

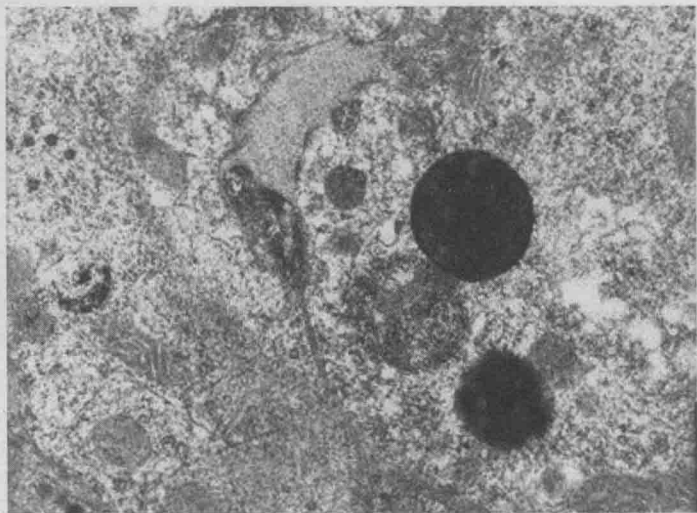


图 1-9 电镜下的溶酶体

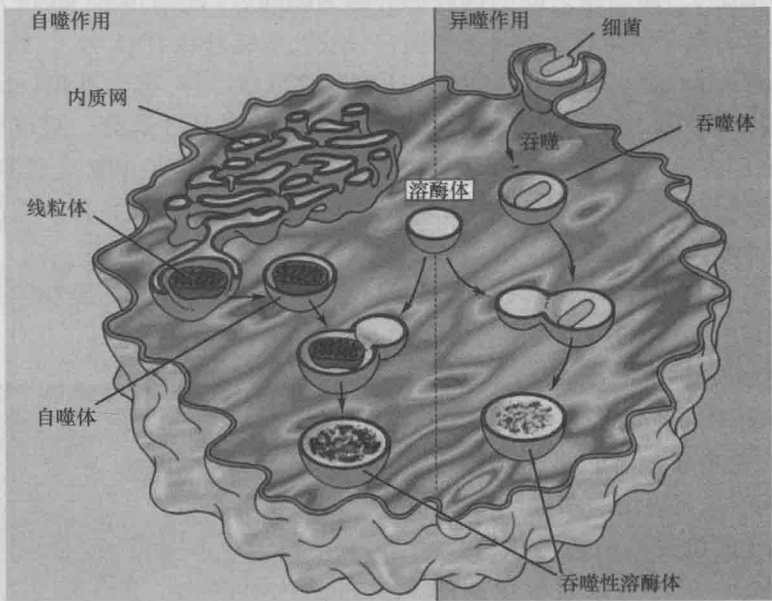


图 1-10 溶酶体变化示意图

同,分为自噬溶酶体和异噬溶酶体。自噬溶酶体 (autophagolysosome) 中包含的作用底物来自细胞自身的衰老和残损的细胞器。异噬溶酶体 (phagolysosome) 的作用底物来源于经吞噬或吞饮而摄入的细胞内的外来物质,如细菌或细胞碎片等。

(3) 三级溶酶体: 又称残余体 (residual body), 是在次级溶酶体完成对绝大部分作用底物的消化、分解作用, 酶活性下降以至消失之后, 不能消化的残留物, 如类脂成分、含铁颗粒等, 充满溶酶体, 此时形成残余体。常见于神经细胞、肝细胞和心肌细胞内的脂褐素 (lipofuscin); 见于肿瘤细胞、某些病毒感染细胞等的髓样结构 (myelin figure) 及含铁小体 (siderosome)。它们会随年龄增长而增多。

溶酶体可消化分解各种内源性和外源性物质, 故而也称为细胞内的消化器官, 在细胞

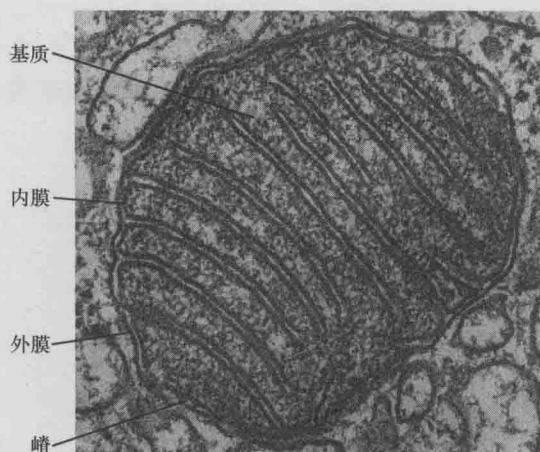


图 1-11 电镜下的线粒体

的膜间腔(intermembrane space)。内膜有高度的选择通透性,内膜上有大量向内腔突起的折叠形成嵴(cristae)。嵴与嵴之间的内腔部分称为嵴间腔(inter cristae space),充满线粒体基质。基质中含有电子密度较低的可溶性蛋白、脂肪、双链环状 DNA 分子、核糖体及基质颗粒,内膜(包括嵴)的内表面附着有许多突出于内腔的球状小体,称为基粒(elementary particle)。基粒是由多种蛋白质亚基组成的,分为头部、柄部、基片 3 部分。圆球形的头部突入内腔中,基片嵌于内膜中,柄部将头部与基片相连。基粒头部具有 ATP 合成酶活性,能利用呼吸链释放的能量合成 ATP,细胞生命活动所需能量约 95% 来自线粒体产生的 ATP,因此,线粒体是细胞的动力工厂。

线粒体具有半自主性,可以合成少量的线粒体蛋白质,大部分的线粒体蛋白质还是依赖核基因的编码,在细胞质里合成后经特定的方式转送到线粒体中。

6. 过氧化物酶体(peroxisome) 过氧化物酶体又称微体(microbody),多见于肝细胞和肾细胞,是由单位膜包裹的圆形或卵圆形小体,其中含有极细的颗粒状物质,中央常含有电子密度很高的结晶状核心,称为类核体(nucleoid),为尿酸氧化酶的结晶(图 1-12)。过氧化物酶体含有 40 多种酶,主要分为氧化酶、过氧化氢酶和过氧化物酶 3 类。过氧化氢酶是所有细胞的过氧化物酶体均含有的酶,因此被称为标志酶。过氧化物酶体的功能主要是长链脂肪酸的氧化,分解有毒物质,起解毒作用。

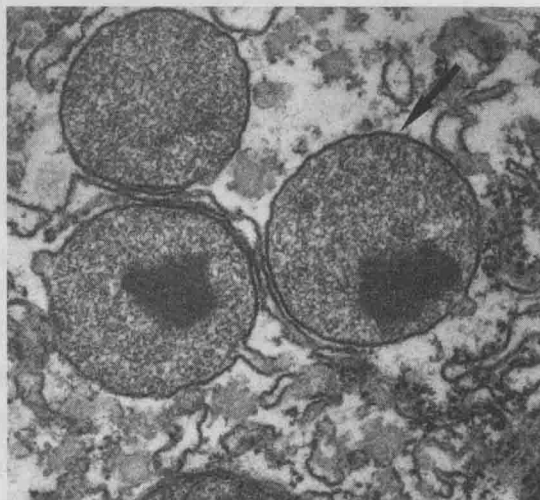


图 1-12 哺乳动物肝细胞中的过氧化物酶体

7. 中心体(centrosome) 中心体多位于细胞核周围,在中心体内埋藏着一对互相垂直的中心粒(centriole),四周围绕着中心粒旁物质(pericentriolar material)。中心粒为圆柱体结构,管壁由 9 组三联微管环列而成,彼此成一定的角度,如风车旋翼状(图 1-13,图 1-14)。中心体是微管的组织中心,在细胞分裂时,形成纺锤体,参与染色体的分离。

的自我更新、机体防御保护、生物个体发生与发育过程中均起到重要作用。

5. 线粒体(mitochondrion, Mit) 光镜下线粒体呈线状、粒状或杆状等,直径 $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 。不同类型或不同生理状态的细胞,其线粒体的形态、大小、数目及排列分布常不相同,往往集中分布在细胞的需能部位。电镜下,线粒体是由双层单位膜套叠而成的封闭性膜囊结构(图 1-11)。外膜光滑平整,膜中有多种转运蛋白形成较大的水相通道,使外膜出现直径 $2 \sim 3 \text{nm}$ 的小孔,允许通过相对分子质量在 1 万以下的物质。外膜与内膜之间有宽约 8nm

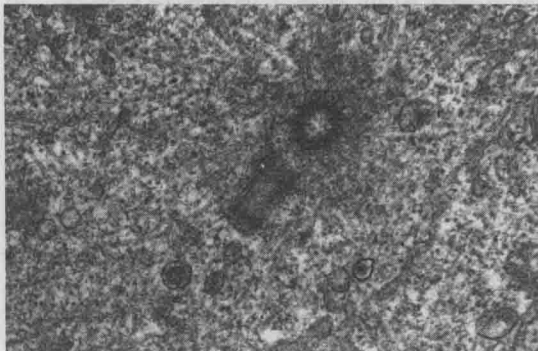


图 1-13 电镜下的中心粒

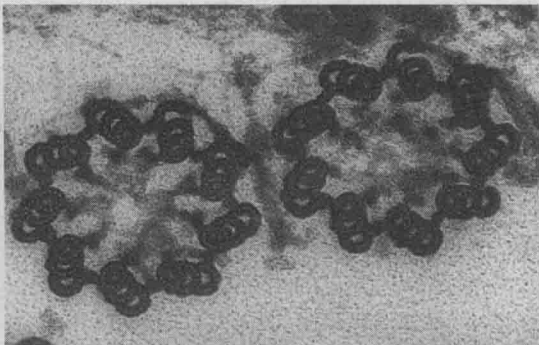


图 1-14 中心粒的横断面

8. 细胞骨架(cytoskeleton) 细胞骨架是细胞质中的蛋白质纤维网架体系,它维持细胞的形态,参与细胞的运动、细胞分裂等重要生理活动。细胞骨架由微管、微丝和中间纤维组成(图 1-15)。

(1) 微管(microtubule, MT):微管是由微管蛋白(tubulin)和微管结合蛋白组成的中空圆柱状结构,外径大约 25nm,内径 15nm。球形的微管蛋白单体先聚合装配成原纤维,13 根原纤维纵向平行排列合拢成一段微管,微管在细胞中有单微管、二联管、三联管 3 种不同的存在形式。单微管是不稳定的,在秋水仙碱和低温作用下会发生解聚。二联管主要分布于纤毛和鞭毛内,三联管主要分布于中心粒及纤毛和鞭毛的基体中。它们均为稳定的微管结构。

微管构成支架,维持细胞的形态;参与中心粒、鞭毛和纤毛的形成,与细胞的运动有关;与微管马达蛋白共同参与细胞内的物质运输;微管维持细胞器的定位和分布;参与染色体运动和细胞内信号转导。

(2) 微丝(microfilament, MF):微丝的主要成分是肌动蛋白,因此又称肌动蛋白丝(actin filament)。微丝是一种细丝状结构,直径 5~8nm,以束状、网状或分散等多种方式有序地存在于细胞质中,与微管一样是不稳定的,会根据细胞的不同状态发生聚合或解聚。在肌细胞内的微丝形成细肌丝,为一种稳定结构。

微丝与微管一起构成支架以维持细胞的形态,如微绒毛、应力纤维中的束状微丝。微丝还参与细胞的变形运动、细胞分裂、肌肉收缩和物质运输等生理功能。

(3) 中间纤维(intermediate filaments, IF):中间纤维是 3 种细胞骨架成分中最复杂的一种,直径约 10nm,因其介于肌肉细胞的细肌丝与粗肌丝之间而得名。中间纤维由单体蛋白聚合而成,是最稳定的,不受药物的影响。单体蛋白为纤维状,已经发现 50 多种,根据中间纤维氨基酸序列的相似性可将其分为 5 种类型。

角蛋白丝(keratin filament):分布于上皮细胞中,又称张力丝(tonofilament),张力丝聚集

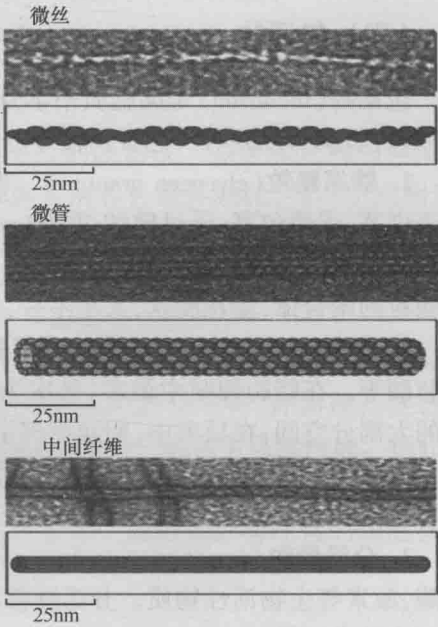


图 1-15 细胞骨架

成束,附着于桥粒和半桥粒,参与细胞连接。除起支持作用外,还赋予细胞韧性和弹性。角蛋白丝在复层扁平上皮细胞内特别丰富。

结蛋白丝(desmin filament):分布于肌细胞,结蛋白纤维作为肌细胞的细胞骨架网,有利于收缩蛋白的附着,起到固定和机械性整合作用,也可用于肌肉肿瘤的检测。

波形蛋白丝(vimentin filament):在来自胚胎的间充质细胞和成纤维细胞中分布最广泛,密集围绕在细胞核周围构成骨架,与核纤层相连或与核骨架相续,对细胞核起支持作用,并稳定细胞核在细胞内的位置。

神经丝(neurofilament):存在于神经元的胞体与突起中,与微管共同构成细胞骨架,在神经元物质运输中起作用。

神经胶质丝(neuroglial filament):主要存在于星形胶质细胞内,多聚集成束,在胞体内交织成网,并深入突起内平行行走,起支架作用。

(三) 包涵物

包涵物(inclusion)是细胞质中本身没有代谢活性,却有特定形态的结构。常见的有糖原颗粒、脂滴、分泌颗粒、色素颗粒等。

1. 糖原颗粒(glycogen granule) 糖原颗粒是细胞储存葡萄糖的主要场所,电镜下,电子密度高,无膜包裹,于过碘酸-雪夫(periodic acid schiff stain, PAS)染色时呈紫红色。可呈现两种类型:β颗粒,直径为20~30nm,形状不规则,分散存在,多见于肌细胞;α颗粒,是糖原颗粒的聚合体,呈花簇状,大小不一,多见于肝细胞。

2. 脂滴(lipid droplet) 脂滴是细胞储存中性脂的主要场所,内含甘油三酯、胆固醇酯、脂肪酸等。在脂肪细胞中最多,其次为分泌类固醇激素的细胞。在前者中,脂滴占据了细胞的大部分空间;在后者中,脂滴则多呈小的球状。在普通光镜标本制备过程中,脂滴被溶解而成为大小不等的空泡。电镜下,脂滴无膜包裹,电子密度多较低或中等,与所含脂肪酸的不饱和程度有关。

3. 分泌颗粒(secretory granule) 分泌颗粒多见于各种腺细胞,是细胞的分泌产物,含有酶、激素等生物活性物质。分泌颗粒都有膜的包裹,其形态、大小及在细胞内的分布位置因细胞种类而异。

三、细 胞 核

细胞核(nucleus)是真核细胞中最大、最重要的细胞器,是遗传物质DNA储存和复制的场所,因此是细胞的控制中心,在细胞的代谢、生长、分化中起着重要作用。人体绝大多数种类的细胞具有单个细胞核,少数无核、双核或多核。细胞核的形态随细胞增殖过程呈现周期性的变化,间期细胞核的形态是多种多样的,例如,球形、立方形和多边形细胞的细胞核一般为球形,柱状细胞的细胞核多为椭圆形,扁平细胞的细胞核多为扁圆形。但其结构都包括核被膜、染色质、核仁与核基质4个组成部分(图1-16,图1-17)。在苏木精-伊红(hematoxylin eosin stain, HE)染色切片上,细胞核以其强嗜碱性而成为细胞内最醒目的结构。

(一) 核被膜

核被膜(nuclear envelope)使细胞核成为细胞中一个相对独立的体系,使细胞核内形成一相对稳定的环境。同时,核被膜又是选择性渗透膜,起着控制细胞核和细胞质之间物质

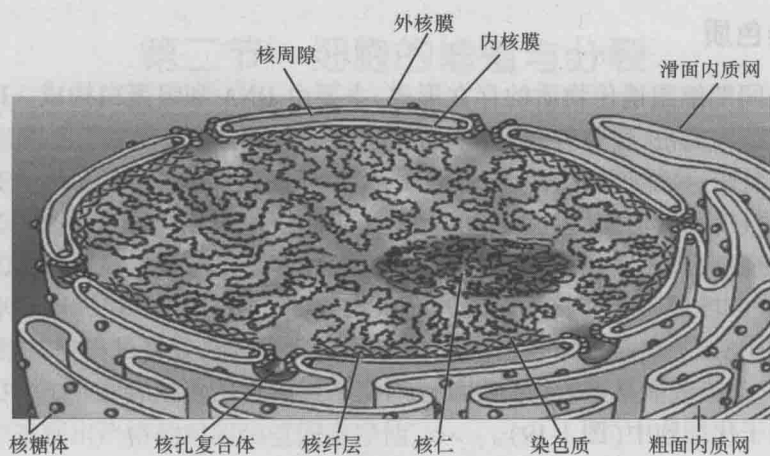


图 1-16 细胞核超微结构模式图

交换的作用。

核被膜位于间期细胞核的最外面,由内、外两层平行的膜构成。两层膜之间的间隙宽 20~40nm,称为核周隙(perinuclear space)。外核膜表面常附有核糖体颗粒,与内质网相连,核周隙与内质网腔彼此相通,因此,外核膜被认为是内质网的一部分,参与了某些蛋白质的合成。内核膜的核质面与一层致密的纤维网络结构——核纤层紧密相贴,核纤层为核膜提供支架,并为染色质提供锚定位点,与核膜重建和染色质凝集关系密切。

内、外核膜常在某些部位互相融合形成环状开口,称为核孔(nuclear pore)。核孔并非单纯的小孔,而是由多个蛋白质颗粒以特定的方式排列而成的复杂结构,称为核孔复合体(nuclear pore complex)(图 1-18)。核孔复合体由胞质环、核质环、辐和中央栓构成。核孔复合体可以介导细胞核与细胞质之间的物质运输,一般离子、小分子物质都可以自由通过, RNA、核糖体蛋白颗粒等大分子要通过主动运输的方式通过。细胞核活动旺盛的细胞核孔数目较多。

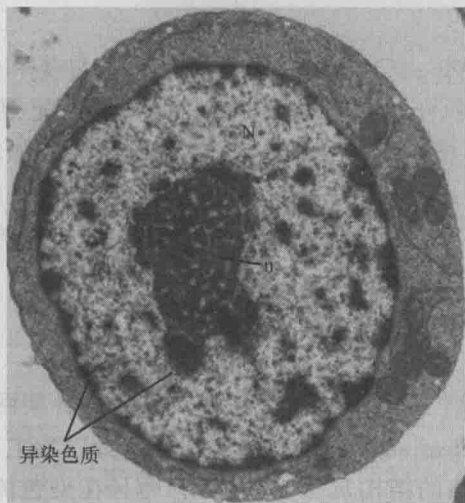


图 1-17 电镜下的细胞核

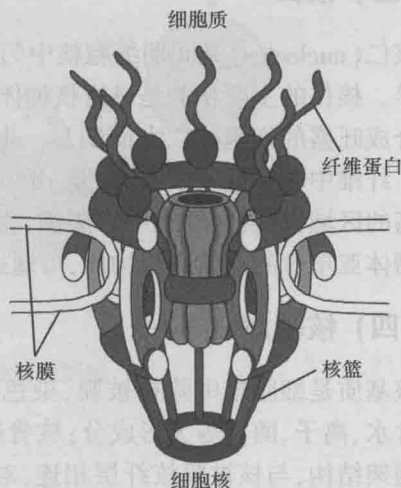


图 1-18 核孔复合体结构示意图