

生物科学
生物技术
系 列

CELL MOLECULAR BIOLOGY

普通高等教育“十一五”规划教材

细胞分子生物学

聂俊 杨冬芝 杨晶 编



化学工业出版社

普通高等教育“十一五”规划教材

细胞分子生物学

聂 俊 杨冬芝 杨 晶 编



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

细胞分子生物学/聂俊, 杨冬芝, 杨晶编: —北京: 化学工业出版社, 2009. 1

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-122-04512-6

I. 细… II. ①聂…②杨…③杨… III. 细胞生物学: 分子生物学-高等学校-教材 IV. Q7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 002455 号

责任编辑: 赵玉清

文字编辑: 张春娥

责任校对: 郑捷

装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 14½ 彩插 4 字数 382 千字 2009 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

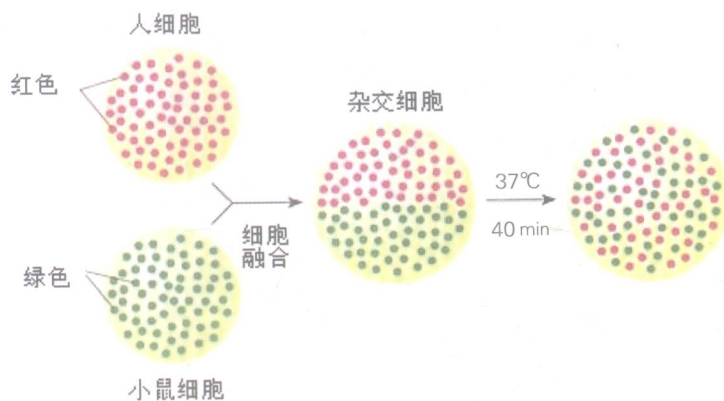


图2-6 荧光标记的小鼠细胞和人细胞融合实验示意图

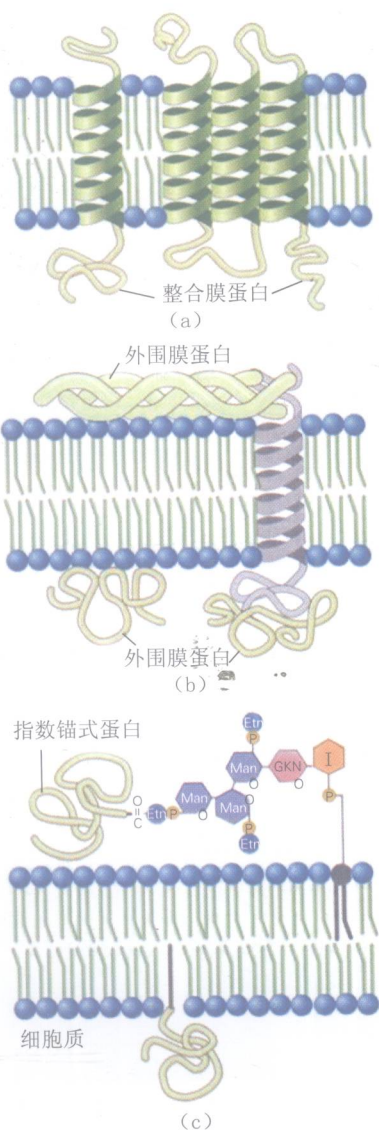


图5-18 膜蛋白的类型

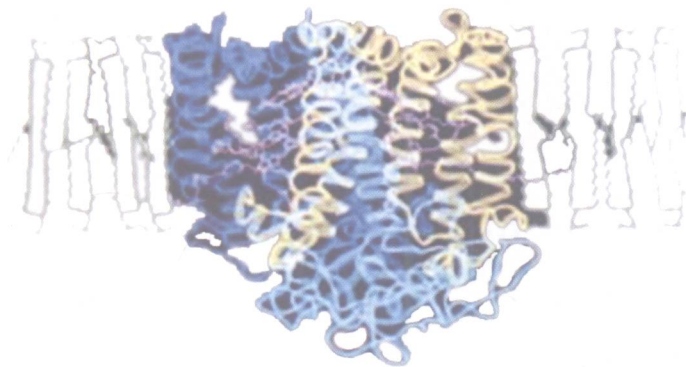


图5-19 质膜上不可分割的蛋白质

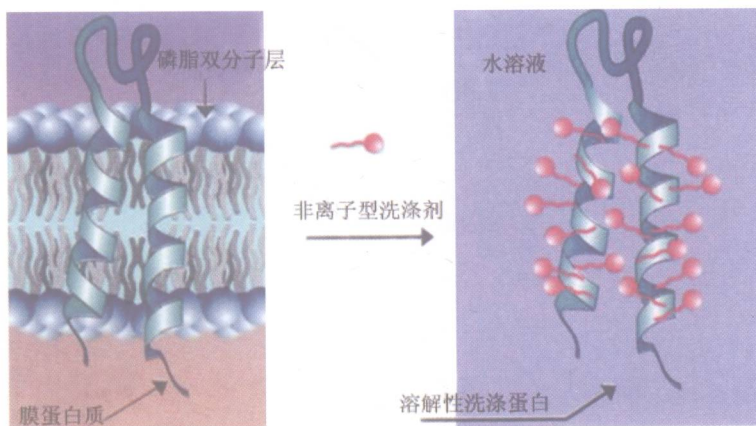


图5-20 膜蛋白与洗涤剂的溶解

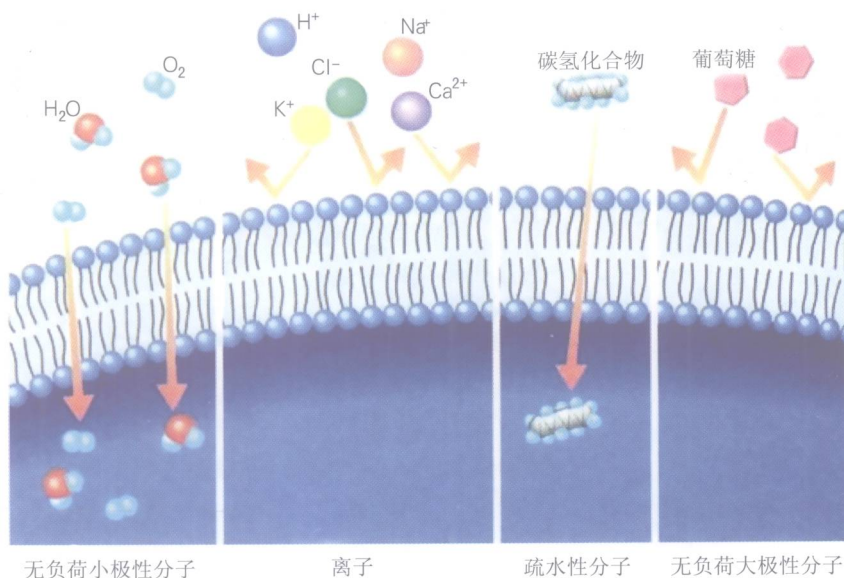


图5-22 简单扩散示意图

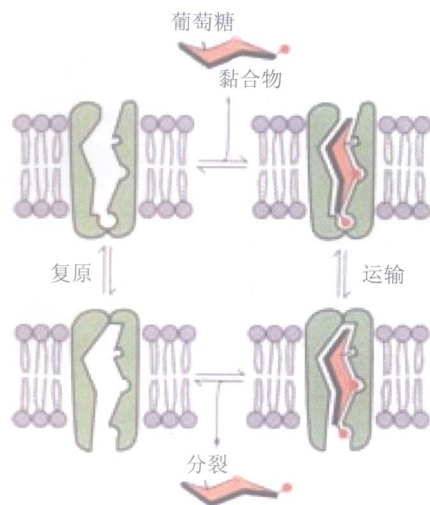


图5-23 促进扩散

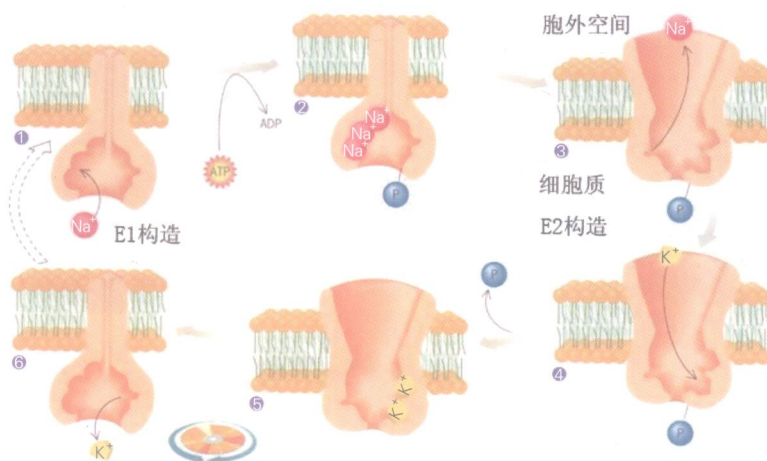


图5-26 Na^+/K^+ -ATP运输循环示意图

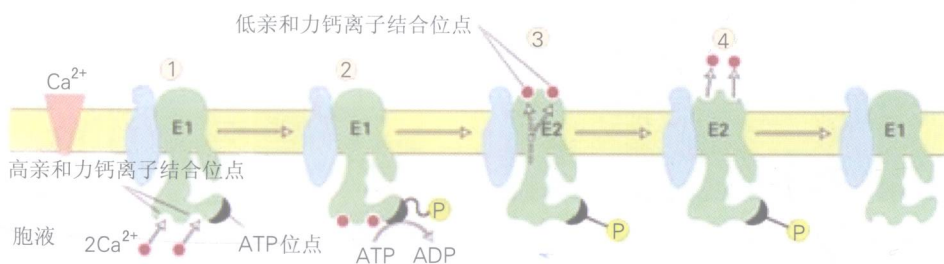


图5-27 钙离子泵示意图

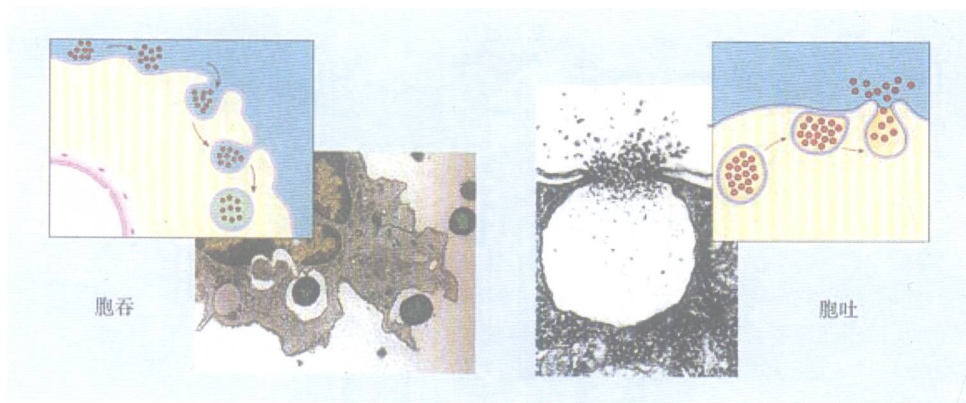


图5-31 胞吞、胞吐示意图

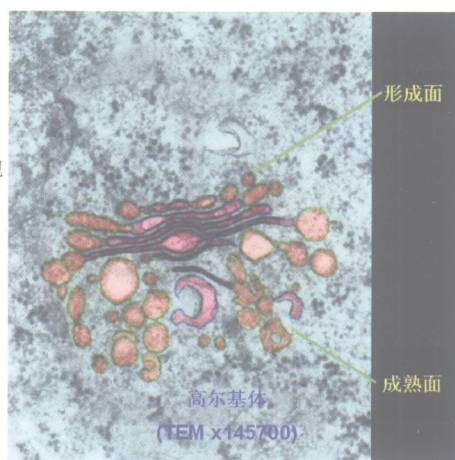
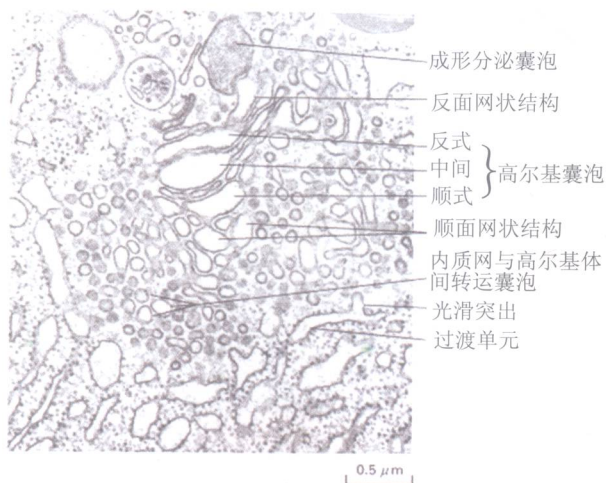


图6-3 高尔基体各部分的名称

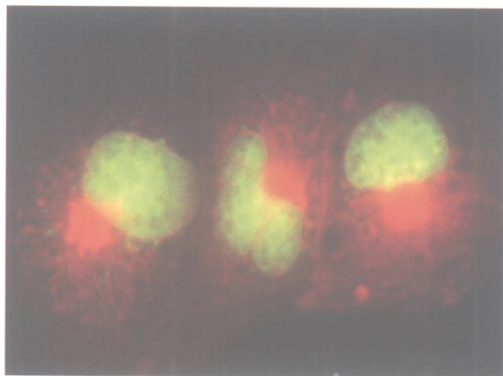


图6-4 培养的上皮细胞中高尔基体的分布
高尔基体为红色，核为绿色

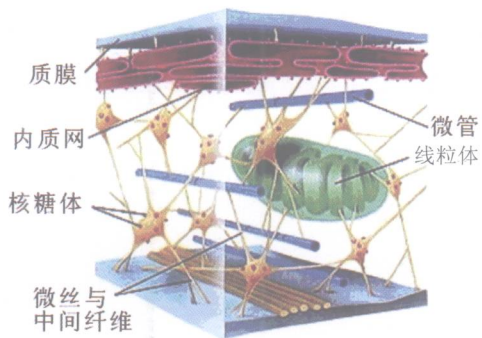


图6-7 细胞骨架

(1) 支撑结构 (2) 胞内转运 (3) 收缩性与运动性 (4) 空间组织架构

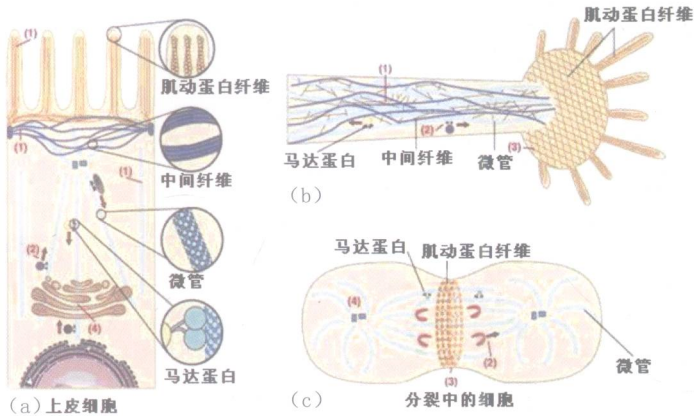


图 6-8 细胞骨架的主要功能

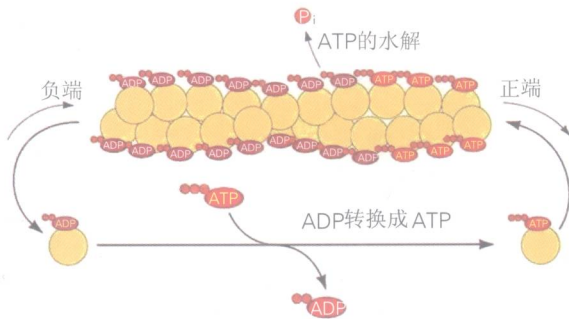


图6-11 肌动蛋白的踏车行为

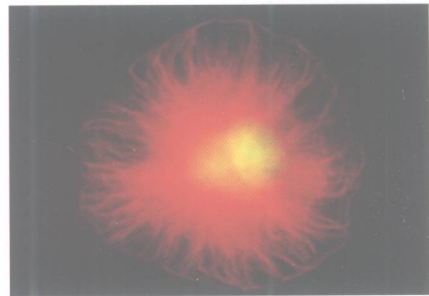


图6-22 以细胞核为中心向外放射状排列的
微管纤维（红色）

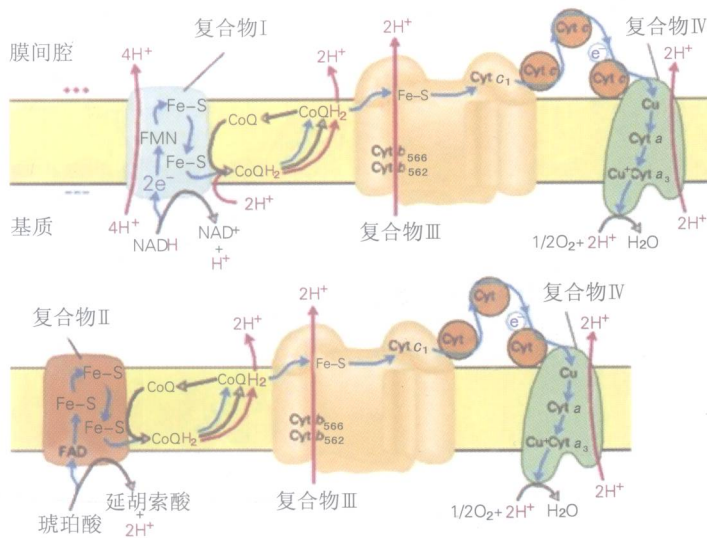
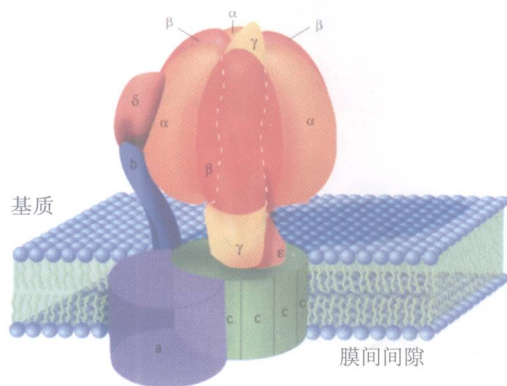


图7-6 两条主要的呼吸链



(b) 模型图

图7-7 ATP合成酶的结构

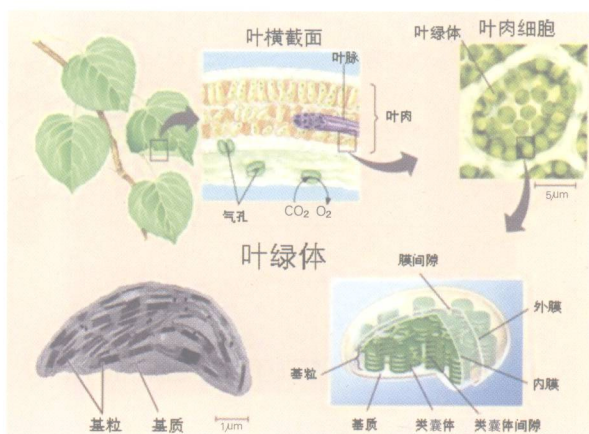


图8-1 叶绿体的结构



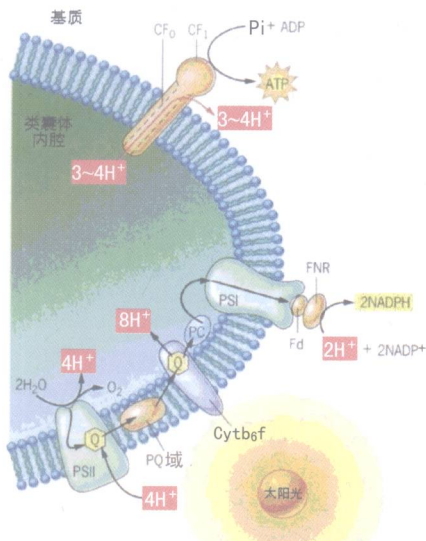


图8-4 光反应示意图

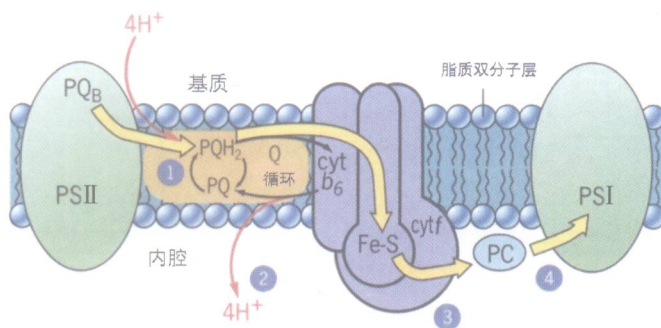


图8-5 PSII 与 PSI 之间的电子转移

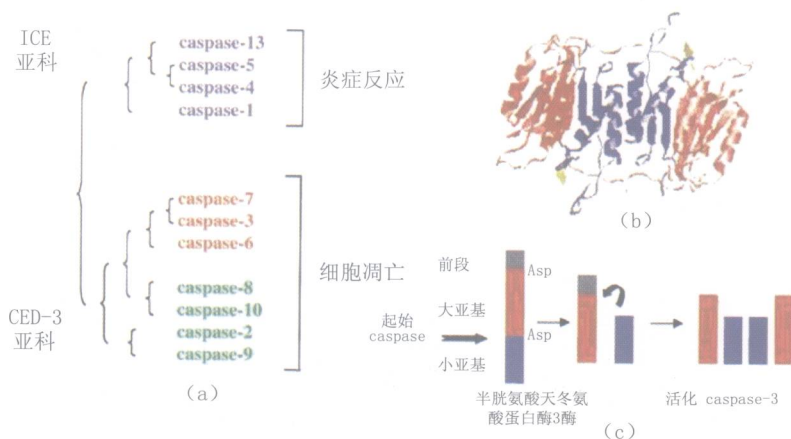


图11-21 caspase家族成员

(a) 3类caspase: 蓝色参与炎症反应, 红色为执行者, 绿色为启动者;
(b) caspase-3的结构模型; (c) caspase-3的活化过程

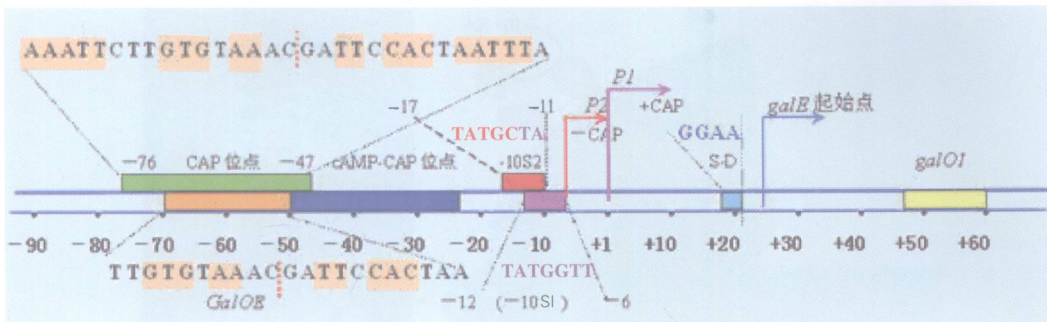


图13-2 原核生物乳糖操纵子

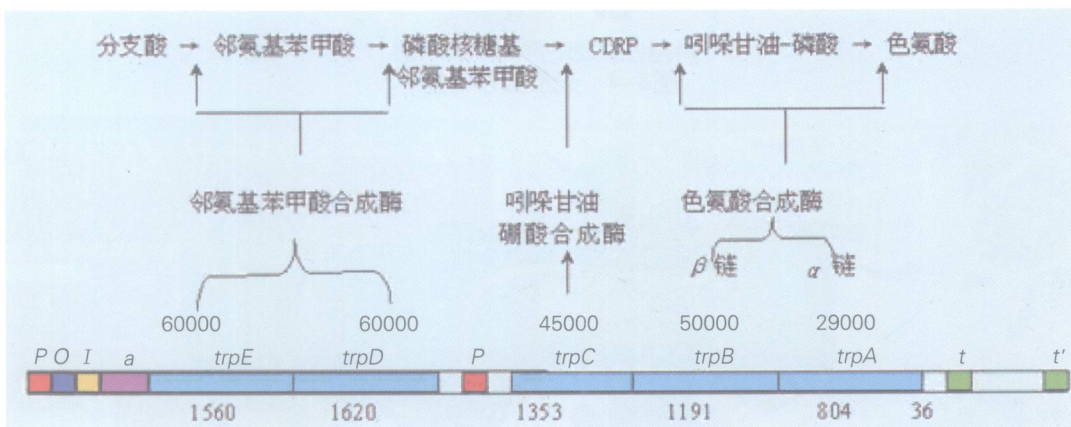
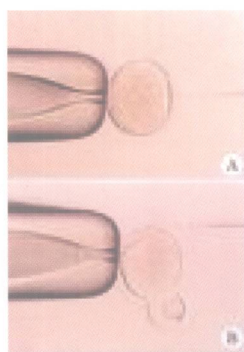


图13-3 原核生物色氨酸操纵子

P 启动子; O 操纵子; I 前导序列; a 衰减子; t, t' 终止子



(a) 卵母细胞去核



(b) 卵母细胞去核前后

图15-3 去核和核移植

前 言

细胞分子生物学主要是在分子水平研究细胞生命活动的基本规律，是生命科学前沿学科之一。它与多门前沿生命学科如基因组学、蛋白质组学等不断交叉与整合，相互借鉴，研究内容不断拓展和深入，研究进展日新月异。

2004 年，北京化工大学经教育部批准设立了国内首个“生物功能材料”本科专业并在全国范围内招生，该专业将《细胞分子生物学》定为必修专业课，并于 2006 年开始该课程的教学。由于该专业设立在材料专业，此专业学生的化学基础较强但生物学基础相对较弱，而且学生在本科期间的专业大量涉及材料学，因而通过两年的教学摸索，我们体会到迫切需要一本合适的《细胞分子生物学》教科书或参考书，其在一定程度上能满足以材料学为主的生物功能材料系本科生的教学要求。因此，本书在编写过程中注重从化学及分子的角度理解细胞的结构、形态及功能。其内容涉及细胞结构，基因表达，细胞增殖、分化及凋亡，细胞信号转导，癌症，以及细胞工程等方面。

本书在编写过程中得到了北京化工大学生物功能材料系诸位老师的大力帮助，同时也要感谢北京化工大学生物功能材料系 2004 届、2005 届的本科生，他们对本书的初稿提出大量的意见和建议。藉此书出版之际，特向他们表示深深的谢意。

在本书的编辑和出版过程中，得到了化学工业出版社有关编辑的大力帮助，在此表示感谢！本书配套课件可在化学工业出版社教学资源网 www.cipedu.com.cn 下载。

鉴于编者的水平有限及编写时间上的仓促，本书难免存在这样或那样的问题，敬请同行、读者批评赐教，以便更正。

编者

2009 年 2 月

目 录

第一章 序言	1
第二章 细胞生物学研究方法	5
第一节 光学显微镜	5
一、紫外线显微镜	5
二、荧光显微镜	5
三、暗视野显微镜	6
四、相差显微镜	6
五、微分干涉差显微镜	7
六、激光扫描共聚焦显微镜	7
七、倒置显微镜	7
第二节 电子显微镜技术	7
一、透射电镜	8
二、扫描电镜	8
三、扫描隧道显微镜	8
第三节 细胞组分的分析方法	9
一、超强离心分离	9
二、细胞内核酸、蛋白质、脂类、糖类 等成分的显色方法	9
三、免疫荧光抗体技术	9
四、同位素放射自显影技术	10
第四节 细胞培养、细胞工程与转基因 技术	10
一、细胞培养	10
二、细胞工程	11
三、转基因技术	11
第三章 生命的化学基础	12
第一节 生命的元素组成	12
第二节 生命的食物——糖类	13
一、糖类的概念与分类	13
二、单糖	15
三、寡糖	16
四、多糖	17
第三节 生命活动的主要承担者——蛋 白质	18
一、蛋白质分子的组成成分	19
二、氨基酸	19
三、肽键与肽	22
四、多肽	23
五、蛋白质	24
第四节 遗传信息的携带者——核酸	29
一、核酸的基本组成物质	29
二、核酸的一级结构	35
三、核酸的二级结构	37
第五节 生物膜的构筑材料——脂类	48
一、概述	48
二、单纯脂	49
三、复合脂类	51
四、非皂化脂	52
五、结合脂类	53
第四章 细胞基础	56
第一节 细胞的基本概念	56
第二节 细胞的基本共性	57
一、细胞作为生命属性的共同特征	57
二、细胞必定具备的物质结构	57
第三节 病毒与细胞的关系	59
一、病毒的基本知识	59
二、病毒的增殖	61
三、病毒的分类与种类	61
第四节 原核细胞与古核细胞	62
一、支原体	62
二、细菌	62
三、蓝藻	65
四、古核细胞——古细菌	65
五、原核细胞与真核细胞的比较	66

第五节 细胞的概况	66
-----------------	----

第五章 细胞膜及细胞表面	69
--------------------	----

第一节 细胞膜与细胞表面的特殊结构	69	三、通信连接	87
一、细胞膜的结构模型	69	四、细胞表面的黏连分子	89
二、质膜的化学组成	74	第三节 细胞外被与细胞外基质	90
三、质膜的功能	79	一、细胞外被	90
第二节 细胞连接	85	二、细胞外基质	90
一、封闭连接	85	三、植物细胞壁	93
二、锚定连接	86	四、红细胞膜结构	95

第六章 内膜系统	98
----------------	----

第一节 内质网与核糖体	98	一、溶酶体	102
一、形态结构	98	二、微体	105
二、内质网的主要功能	99	三、液泡	105
三、内质网与基因表达的调控	100	第四节 细胞骨架与细胞运动	106
第二节 高尔基体与细胞分泌	100	一、细胞质骨架	106
一、形态结构	100	二、核基质	114
二、高尔基体的功能	101	三、核纤层	116
第三节 溶酶体、微体与液泡	102		

第七章 线粒体与氧化磷酸化	117
---------------------	-----

第一节 线粒体	117	一、糖酵解	121
一、线粒体的化学组成及定位	117	二、乙酰辅酶 A 的形成	121
二、线粒体的半自主性	118	三、三羧酸循环	121
三、线粒体的增殖	119	四、电子传递和氧化磷酸化	121
第二节 线粒体的功能——生物氧化	121		

第八章 叶绿体与光合作用	124
--------------------	-----

一、叶绿体的形状、大小、数目及分布	124	三、化学组成	125
二、叶绿体的超微结构	124	四、叶绿体的功能——光合作用	125

第九章 核糖体	129
---------------	-----

第一节 核糖体的类型与结构	129	第二节 多聚核糖体与蛋白质的合成	133
一、核糖体的基本类型与成分	129	一、多聚核糖体	133
二、核糖体的结构	129	二、蛋白质的合成	134
三、原核细胞与真核细胞核糖体比较	130	三、RNA 在生命起源中的地位及其演化过程	135
四、核糖体蛋白质与 rRNA 的功能分析	131		

第十章 细胞核与遗传	136
------------------	-----

一、细胞核形态、大小、数目及分布	136	一、核被膜	137
二、细胞核的结构	136	二、核孔	138
第一节 核被膜与核孔复合体	137	第二节 染色质	141

一、概念及化学组成	141	二、核仁的主要功能	147
二、染色质的基本结构单位——核小体	142	三、核仁在细胞周期中的动态变化	147
三、染色体包装的结构模型	143	第四节 核基质	147
四、常染色质和异染色质	144	一、概念	147
五、两种巨大染色体	145	二、组成	147
第三节 核仁	146	三、功能	148
一、核仁超微结构	146	四、染色体骨架	148
第十一章 细胞增殖、分化与死亡	149		
第一节 细胞的增殖周期	149	五、CDK 激酶和 CDK 激酶抑制剂	157
一、着丝点	150	第四节 细胞分化	157
二、细胞质分裂	150	一、细胞分化的基本概念	158
三、特异的细胞周期	151	二、影响细胞分化的因素	159
第二节 有丝分裂	151	三、影响细胞分化的机制及细胞分化的应用	160
一、有丝分裂过程	151	第五节 细胞衰老	164
二、与有丝分裂相关的亚细胞结构	153	一、Hayflick 常数	164
三、有丝分裂中染色体的运动机制	154	二、衰老细胞结构和生理的变化	164
第三节 减数分裂	154	三、细胞衰老的分子机制	165
一、减数分裂前间期	154	第六节 细胞凋亡与细胞坏死	167
二、减数分裂过程	154	一、细胞程序性死亡	167
三、细胞周期的调控	156	二、细胞凋亡的分子机制	168
四、周期蛋白	157		
第十二章 癌症	170		
第一节 癌细胞的基本特征	170	二、染色体缺失造成细胞坏死，导致癌细胞无限分裂	175
一、形态特征	170	第四节 肿瘤	176
二、生理特征	170	一、肿瘤的概念	176
第二节 癌基因与抑癌基因	173	二、癌症	177
一、癌基因	173	三、癌细胞的特征	177
二、抑癌基因	173	四、环境中的致癌因子	177
第三节 细胞癌变的研究	175	五、癌症的治疗	179
一、多基因突变可导致肿瘤发生	175		
第十三章 细胞的基因表达	180		
一、基因表达调控基本概念与原理	180	四、真核基因表达调控的特点	182
二、操纵子的结构与功能	181	五、真核基因转录调控元件及激活机制	184
三、真核基因组结构特点	182		
第十四章 细胞信号转导系统	186		
第一节 细胞信号转导的内容	186	二、通过细胞表面受体介导的信号跨膜传递	191
一、细胞信号的种类	187	三、胞内受体	198
二、细胞间通信的类型	187	四、磷脂酶和磷脂酰肌醇激酶的信号转导通路	200
第二节 受体	188		
一、受体的基本概念和特征	188		

五、核受体	201
第十五章 细胞工程	204
第一节 染色体工程	204
一、动物细胞的染色体工程	204
二、植物细胞的染色体工程	204
第二节 染色体组工程	206
一、染色体组工程的方法	206
二、染色体组工程的应用	207
第三节 细胞质工程	207
一、细胞质工程的方法	208
二、细胞质工程的应用	209
第四节 细胞融合工程	210
一、细胞融合的方法	210
二、细胞融合工程的应用	211
第十六章 生命起源	212
第一节 关于生命起源的争论	212
一、生命起源的化学进化过程	212
二、生命起源的基本条件	213
三、原始的生命	213
四、关于生命起源的几种假说	213
第二节 化学演化说	214
第三节 达尔文的生物进化论	215
第四节 达尔文之后的进化论	216
第五节 生物多样性及生态系统的基本 结构	216
第六节 自然的启示	218
附录 常见细胞分子生物学名词及其释义	221
参考文献	222

第一章 序 言

细胞生物学是运用近代物理学和化学的技术成就，以及分子生物学的方法、概念，在细胞水平上研究生命活动的科学，其核心问题是有关遗传与发育的问题。细胞生物学与其说是一个学科，不如说是一个领域。这可以从两个方面来理解：一是它的核心问题——将发育与遗传在细胞水平结合起来，不局限于一个学科的范围；二是它和许多学科都有交叉，难分界限。

分子生物学是从分子水平研究生物大分子的结构与功能，从而阐明生命现象本质的科学。其在分子水平上揭示了生命世界基本结构和生命活动根本规律的高度一致，揭示了生命现象的本质。分子生物学的概念和观点已经渗入到基础和应用生物学的每一个分支领域，带动了整个生物学的发展，使之提高到一个崭新的水平。

细胞是生物形态结构和生命活动的基本单位。由于大多数细胞的直径在 $30\mu\text{m}$ 以下，大大超出了人类肉眼的直接观察范围 ($200\mu\text{m}$)，必须借助于科学仪器才能观察。

英国物理学家罗伯特·虎克 (Robert Hooke) (1635—1703) 在 1665 年首次用显微镜 (40~140 倍) 观察到了栓皮栎的软木切片 (cork) 的蜂窝状结构 (图 1-1) 并称之为小孔 (pore) 或小室 (cell)，实际上 Hooke 观察到的是植物细胞死亡后留下来的细胞空腔，是一个死细胞。尽管如此，Hooke 的工作还是使生物学的研究进入了微观领域。

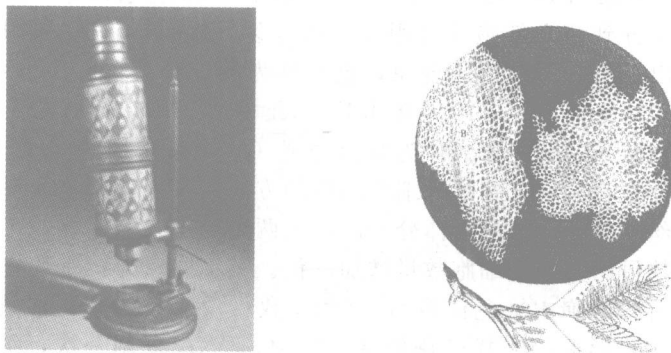


图 1-1 Hooke 利用自制的显微镜观察到的木栓薄片组织的图像

与 Hooke 同时代的荷兰科学家列文·虎克 (Anton van Leeuwenhoek) (1632—1723) 一生制作了 400 多架显微镜，放大倍数一般在 50~200 倍之间，1676 年他通过显微镜发现了池塘中的原生动物，1683 年又发现了牙垢中的细菌，并把它们描绘下来，寄给当时欧洲的科学中心——伦敦皇家自然知识促进会，该学会将他 30 余封信件译成英文并汇编成《哲学汇报 (1673—1724)》《Philosophical Transaction (1673—1724)》。Leeuwenhoek 制作的显微镜放大倍数最高可达 500，分辨率为 $1.0\mu\text{m}$ ，他在细胞发现方面的贡献是巨大的。

德国植物学家施莱登 (Matthias Schleiden) 在 1838 年通过自己的观察得出结论——“所有植物体都是由细胞组合而成的”。一年以后，德国动物学家施旺 (Theodor Schwann)