

5 年制全国高等医学院校教材

Medical Cell Biology

医学细胞生物学

■ 安 威 主编
李凌松



北京中医药大学出版社

五年制全国高等医学院校教材

医学细胞生物学

主 编 安 威 李凌松

副主编 高文和 苏秀兰

编 者 (以姓氏笔画为序)

安 威 首都医科大学

李凌松 北京大学医学部

苏秀兰 内蒙古医学院

高文和 天津医科大学

北京大学医学出版社

YIXUE XIBAO SHENGWUXUE

图书在版编目 (CIP) 数据

医学细胞生物学/安威, 李凌松主编. —北京: 北京大学医学出版社, 2003. 7
ISBN 7-81071-339-6

I. 医… II. ①安… ②李… III. 医学—细胞生物学—医学院校—教材 IV. Q2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 035273 号

本书从 2003 年 7 月第 1 次印刷起封面贴防伪标记, 无防伪标记不准销售。

北京大学医学出版社出版发行

(100083 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内 电话: 010-62092230)

责任编辑: 安 林

责任校对: 翁晓军

责任印制: 张京生

莱芜市圣龙印务书刊有限责任公司印刷 新华书店经销

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 15 字数: 375 千字

2003 年 7 月第 1 版 2003 年 7 月第 1 次印刷 印数: 1—10100 册

定价: 20.50 元

版权所有 不得翻印

序

为了适应医学教育改革以及加强教材建设的需要，北京大学医学部、首都医科大学、天津医科大学、哈尔滨医科大学、内蒙古医学院等五所医学院校共同研究决定编写一套以本科五年制为基础的医学生教材。

出版这套教材的目的在于：

1. 教材内容要更新，以适应于面向 21 世纪医师的要求。近年来，医学科技突飞猛进，疾病谱发生了重大变化，疾病的预防诊断治疗的技术手段明显提高。新编写的教材一定要反映这些新的成果。

2. 医师的服务对象是人，医师不仅需要深厚的医学基础知识、临床学科的知识，还需要增加人文社会科学，比如卫生法学、卫生经济学、心理学、伦理学、沟通技巧与人际关系等知识。因此新编写教材应增加新的学科内容以及学科之间的融合和交叉。

3. 教育，包括医学教育要逐步走向全球化，我们培养的医师应得到国际认可。最近，世界医学教育联合会、美国中华医学基金会都制定出了医学教育的国际标准或人才培养的最低基本要求。这也为我们编写这套教材提供了一个参照系。

我们计划编写 30 多种教材，在主编和编者的人选方面精心挑选，既有学术知名度，又有丰富的教学经验，并且认真做到老中青结合。在内容、体例、形式、印刷、装帧等方面要有特色，力求有启发性以引起学生的兴趣，启发创新思维。要提高学生的英语水平，教材中体现英文专业词汇的使用，书后配英文专业词汇只读光盘。

在教材编写和教材建设工作中，目前教育部提出要百花齐放，打破过去一本教材一统天下的局面，我们希望这套教材能在竞争中脱颖而出。这套教材编写过程中得到北京大学医学出版社的大力支持，在此表示感谢！错误不足之处还希望同仁们批评指正。

王桂娟

五年制全国高等医学院校教材编审委员会

主任委员 王德炳

副主任委员 (按姓氏笔画)

吕兆丰 杨成旺 陈 熾 赵士斌 郝希山 程德基

秘书长 陆银道

委 员 (按姓氏笔画)

马大庆 马明信 王正伦 王建中 王荣福 王晓燕
王嘉德 卢思奇 吕兆丰 朱文玉 仲生海 庄鸿娟
刘 斌 安 威 安云庆 毕力夫 孙衍庆 李 璞
李若瑜 李凌松 杨成旺 杨宝峰 杨照徐 辛 兵
谷鸿喜 宋诗铎 张文清 张金钟 张振涛 陆银道
陈 力 陈 熾 陈明哲 陈锦英 赵士斌 郝希山
姜建石 宫恩聪 贾建平 高秀来 唐 方 唐朝枢
曹德品 崔 浩 梁万年 韩德民 程 焱 程德基
童坦君 廖秦平 蔡景一 蔡焯基 樊立华 樊寻梅
戴 红

前 言

25年前我考入中国医科大学,当时《生物学》还是门选修课,只有16学时,内容仅涉及一些生物学分类,孟德尔遗传等,所用教材则是宋今丹、王芸庆教授自编,这在当时实属不易,编写一本大学教材的念头由此而生。

在这25年间,以基因学为代表的生命科学发展之神速,带动医学向分子和细胞水平整体推进。目前全国许多医学院校都相继开设了细胞生物学这门课程,不少学校还将其列为必修课。虽然编写一本大学教材的念头一直在脑海中涌动,但当我接到北京大学医学出版社5年制《医学细胞生物学》教材主编任务时,心情顷刻间变得复杂而又矛盾。首先,市面上可供同学们选择的教材已不是“凤毛麟角”,再编写一部教材,它能否更具特色?其次,我虽说是一位长期“坚持在教学科研第一线”的中青年教师,但毕竟科研工作占去大部时间,而本书其他编委也都十分繁忙,利用“业余”时间写书,能保证大学教材的质量和同学们日益增长的求知欲望吗?坦率地讲,接到主编聘书的三个月内,心情一直忐忑不安,更是无从下笔。学校领导和出版社的老师鼓励我们,拿出从事科学研究那种勇往直前的精神,把国内外细胞生物学发展的最新成就真实地展示给同学们!正是这种鼓励成为我们接受编写任务并最终完成此书的“启动子”,而“新”和“实”自然而然就成了本书的基调。

为了保证编写风格的一致,本书由4名从事细胞生物学多年的教学与科研工作的青年教师亲自组稿,他们是北京大学医学部细胞生物系李凌松教授、天津医科大学生物教研室高文和教授、内蒙古医学院分子生物学研究中心苏秀兰教授和我。全书共分10章,第一章“细胞的概论”、第二章“细胞膜与物质转运”、第三章“信号传导”由安威编写;第四章“细胞内膜系统”、第五章“线粒体”由高文和编写;第六章“细胞核”由苏秀兰编写;第七章“细胞骨架”由苏秀兰、安威共同编写;第八章“细胞增殖”由李凌松负责编写;第九章“细胞分化”由高文和、李凌松共同完成;第十章“细胞衰老与死亡”主要为苏秀兰执笔。本书有如下特点:第一,删去“生物大分子”、“基因表达与调控”和“细胞学研究方法”等内容。这样做是考虑到前两项内容与《生物化学》和《遗传学》重复,而后一项内容计划在本书配套参考书中详细介绍。第二,本书参考了国内外的最新教学参考书和专著,结合医学的特点,突出生理和病理状态下细胞生物学机制的解释,使医学生们充分认识到疾病是分子与细胞发生紊乱的结局。第三,本书全部插图绘制的风格一致,质量较高,既便于同学自我理解,又可用作教学课件。本书由北京大学医学出版社第三编辑室安林老师负责审读;全部插图委托中国医科大学医学美术室刘枫和王凤珍老师采用“Freehand 10.0”软件和手工绘制;本研究室吴媛、杨琳、王新楠和刘开扬同志在文字录入、插图排对以及清样校对等方面提供帮助,在此同表谢忱。

虽然我们的初衷是把一本“新”与“实”的细胞生物学教材展示给同学们,但只有你们才最有资格对我们努力的效果做出评判。本书出自几个青年教师之手,他们对细胞生物学整体发展不可能融会贯通,因此书中不免会存在许多不足,甚至是错误,在此恳请老师同学们明教。

安威 研究员

2003年4月15日于首都医科大学细胞生物系

目 录

第一章 细胞的概论	(1)
第一节 细胞的概念与细胞生物学.....	(1)
第二节 细胞的发现.....	(1)
第三节 细胞的基本特性.....	(2)
第四节 原核细胞与真核细胞.....	(4)
一、原核细胞.....	(4)
二、真核细胞.....	(5)
第五节 细胞生物学与医学.....	(9)
一、疾病的原因是细胞分子水平发生了紊乱.....	(9)
二、现代医学中与细胞生物学有关的几个热点问题.....	(10)
第二章 细胞膜与物质转运	(13)
第一节 细胞膜研究的发展历程.....	(13)
一、细胞膜由双层脂质构成.....	(13)
二、细胞膜学说的纷争.....	(14)
三、细胞膜流动镶嵌模型是最佳的学说.....	(15)
第二节 细胞膜的化学成分.....	(16)
一、膜脂.....	(16)
二、膜蛋白.....	(19)
三、膜糖类.....	(23)
第三节 物质的跨膜运输.....	(24)
一、小分子物质的转运.....	(24)
二、大分子物质的转运.....	(28)
第四节 细胞连接.....	(43)
一、紧密连接构成细胞膜防渗的天然屏障.....	(44)
二、斑着连接用来抵御外界牵拉.....	(45)
三、缝隙连接保证细胞间信息交流.....	(46)
第三章 信号传导	(50)
第一节 信号分子与受体.....	(50)
一、信号分子.....	(50)
二、受体.....	(51)
第二节 信号通路.....	(52)
一、G蛋白偶联受体信号通路.....	(52)
二、酪氨酸蛋白激酶受体信号通路.....	(61)
三、细胞因子受体信号通路.....	(67)
第三节 细胞信号传导的几个特点.....	(68)

一、收敛作用	(68)
二、波散作用	(68)
三、相互讲通	(68)
第四章 细胞内膜系统	(73)
第一节 内质网	(73)
一、内质网的形态结构	(73)
二、内质网的类型	(74)
三、内质网膜的化学组成	(76)
四、内质网的功能	(76)
五、内质网的来源	(84)
六、内质网的病理变化	(84)
第二节 高尔基复合体	(85)
一、高尔基复合体的形态结构	(85)
二、高尔基复合体的分布和数量	(85)
三、高尔基复合体的化学组成	(86)
四、高尔基复合体的功能	(87)
五、高尔基复合体的病理变化	(90)
第三节 溶酶体	(90)
一、溶酶体的一般特征	(91)
二、溶酶体的类型	(92)
三、溶酶体的功能	(94)
四、溶酶体与疾病	(95)
第四节 过氧化物酶体	(96)
一、过氧化物酶体的结构	(96)
二、过氧化物酶体的功能	(96)
三、过氧化物酶体的来源	(97)
四、过氧化物酶体与细胞病变	(97)
第五章 线粒体	(98)
第一节 线粒体的形态结构	(98)
一、线粒体的形状、大小、数目和分布	(98)
二、线粒体的超微结构	(99)
第二节 线粒体的化学组成和酶的分布	(103)
一、线粒体的化学组成	(103)
二、线粒体中酶的分布	(103)
第三节 线粒体的功能	(104)
一、糖酵解	(106)
二、乙酰辅酶 A 生成	(106)
三、三羧酸循环	(106)
四、电子传递和化学渗透偶联	(107)
第四节 线粒体的半自主性	(108)

一、线粒体 DNA	(109)
二、线粒体蛋白质合成	(109)
第五节 线粒体的增殖和起源	(110)
一、线粒体的增殖	(110)
二、线粒体的起源	(111)
第六节 线粒体与疾病	(112)
第六章 细胞核	(114)
第一节 细胞核的形态与结构	(114)
第二节 核被膜与核孔复合体	(115)
一、核被膜	(115)
二、核周池	(115)
三、核孔复合体	(115)
四、核纤层	(118)
第三节 染色质	(119)
一、染色质的化学组成	(119)
二、染色质的结构	(122)
三、常染色质和异染色质	(124)
四、染色质结构和基因转录	(125)
第四节 染色体	(127)
一、中期染色体的形态结构	(127)
二、染色体 DNA 的三种功能元件	(129)
三、核型与染色体显带	(130)
四、特殊染色体	(131)
第五节 核仁	(132)
一、核仁的超微结构	(133)
二、核仁的形成与消失	(134)
三、核仁的功能	(134)
第六节 细胞核基质(核骨架)	(137)
一、核基质的结构和化学组成	(137)
二、核基质的生物学功能	(138)
第七章 细胞骨架	(139)
第一节 微丝	(140)
一、微丝的组成和装配	(141)
二、微丝体系的生物学功能	(144)
三、微丝研究中常用的一些特异性药物	(148)
第二节 微管	(148)
一、微管的组成与形态	(149)
二、微管的装配	(150)
三、微管组织中心	(152)
四、微管的功能	(152)

第三节 中等纤维·····	(153)
一、组成成分·····	(153)
二、中等纤维的结构·····	(154)
三、中等纤维基因表达·····	(154)
四、中等纤维的功能·····	(155)
第四节 三种细胞骨架系统间的关系·····	(155)
一、三者互相配合,在功能上相互呼应·····	(155)
二、三种细胞骨架均有可能参与细胞外来的信息传递·····	(156)
第八章 细胞增殖 ·····	(157)
第一节 细胞增殖的意义·····	(157)
一、细胞增殖的概念·····	(157)
二、细胞增殖的意义·····	(157)
第二节 细胞增殖的方式·····	(158)
一、细胞增殖的方式·····	(158)
二、有丝分裂与减数分裂的比较·····	(159)
三、对称分裂与不对称分裂·····	(159)
第三节 细胞周期·····	(160)
一、细胞周期的概念·····	(160)
二、细胞周期时间·····	(161)
三、细胞周期的同步化·····	(161)
四、细胞周期各时相的特点·····	(163)
五、细胞周期进程中的分子机制·····	(168)
第四节 减数分裂·····	(170)
一、减数分裂 I·····	(171)
二、减数分裂 II·····	(172)
第九章 细胞分化 ·····	(173)
第一节 概述·····	(173)
一、细胞分化的概念·····	(173)
二、细胞分化的特点·····	(173)
三、细胞的全能性·····	(174)
四、干细胞·····	(176)
第二节 细胞分化的机制·····	(177)
一、细胞分化的内在机制·····	(177)
二、影响细胞分化的外在因素·····	(179)
第三节 细胞分化与肿瘤发生·····	(186)
一、病毒癌基因、原癌基因和抑癌基因·····	(187)
二、肿瘤细胞的增殖与分化·····	(187)
第十章 细胞衰老与死亡 ·····	(188)
第一节 细胞的衰老·····	(188)
一、哺乳类动物的细胞寿命·····	(188)

二、Hayflick 界限·····	(188)
三、衰老细胞的变化·····	(189)
四、细胞衰老机制·····	(190)
第二节 细胞凋亡·····	(192)
一、细胞凋亡的概念·····	(192)
二、细胞凋亡相关基因·····	(193)
三、凋亡信号的传导及作用机制·····	(200)
第三节 细胞凋亡形态学改变及生化特征·····	(204)
一、凋亡细胞形态变化·····	(204)
二、凋亡细胞生化学改变·····	(205)
第四节 细胞凋亡与医学的关系·····	(208)
一、参与发育过程的调节·····	(208)
二、参与免疫细胞活化过程的调节·····	(208)
三、参与衰老细胞的清除·····	(208)
四、损伤与修复·····	(208)
五、与肿瘤的关系·····	(209)
附录：医学细胞生物学名词索引·····	(210)

第一章 细胞的概论

第一节 细胞的概念与细胞生物学

地球上所有的生物体，除病毒外都是由细胞所构成的。细胞（cell）是生物体结构与功能的基本单位。没有细胞，生命将无法延续。低等生物体的细胞结构简单，而高等生物体的细胞结构复杂、种类繁多、功能各异。细胞生物学（Cell Biology）是研究细胞生命活动规律的科学，它在不同的层面（细胞整体、亚细胞及分子水平）以形态观察、功能定位和分子调控等为研究手段，以细胞结构与功能、增殖与分裂、衰老与死亡为主要研究内容，力求全面揭示生命的本质与奥秘。自17世纪发现细胞以来，有关细胞的研究可分为两个阶段。早期阶段强调细胞的形态与结构，后又转向以研究细胞机能与代谢，形成细胞生理学（cellular physiology）和细胞化学（cellular biochemistry）两条分支。进入20世纪以来，随着电子显微镜技术和基因技术的不断发展，细胞生物学研究更加侧重阐述核酸、蛋白质、糖、脂等生物大分子在细胞生命活动中的地位与作用，更加注重揭示生物学现象背后的分子机制。鉴于细胞生物学向分子层面的迅速拓展，已派生出分子细胞生物学（molecular and cellular biology）这一新提法。目前国内外许多细胞生物学教材都涵盖了这两方面的内容。早在上世纪初，生物学大师 Wilson 就有言：“一切生命的关键问题都要到细胞中去寻找”，这一精辟的论述指明了细胞生物学在生命科学中的重要地位。细胞生物学与农业、环境、医学等学科有着十分密切的关系，这一领域中许多重要难题的攻克都会给人类带来无穷的益处，进而推动经济进步和社会发展，因此可以预测，细胞生物学将是本世纪最具突破性的学科之一。近10年来，诺贝尔医学与生理学获奖者的工作都是围绕细胞生物学展开并取得重大突破。

医学细胞生物学的研究目的是揭示疾病发生、发展、转归、预防与治疗等过程中细胞及其分子的作用本质，是整个医学领域中（包括基础医学、临床医学、预防医学、法医学等）重要的基础课程之一。国内许多医学院校都陆续开设本课程，并将其列为必修课。毋庸置疑，细胞生物学的理论及相关研究方法在医学领域中的应用必将为人类求解如何攻克肿瘤、控制肝炎、消灭艾滋病等为之困惑的难题找到答案，也会为人们企盼延年益寿、永葆青春等美好愿望提供良丹妙药。

第二节 细胞的发现

细胞非常之小，无声无息，既不能听之，更不能触及。细胞的整体及亚细胞器的结构都难以用肉眼直接观测。发现细胞的故事可追溯到17世纪中叶，而且完全归功于显微镜的应用。当时，在欧洲有不少科学家开始手工制作简易显微镜，试图借助它来观察肉眼从未见到的微观世界。其中，英国微生物学家 Robert Hooke 被认为是细胞发现的鼻祖。1665年，时年27岁供职于英国皇家学会仪器部主管（Curator）的他，对橡木塞为什么能密封酒瓶这一问题产生浓厚的兴趣，并下决心研究之。当年在写给皇家学会的研究报告中，他这样描述：

“取一块完整橡木塞，用锋利的铅笔刀切成薄片，置显微镜下观察。我深信镜下标本结构呈多孔状，更确切是呈蜂窝状。”他将这些蜂窝状结构称为 Cell。Cell 来自于拉丁语 (*cella*)，意为小盒子 (little box)。事实上，被 Hooke 称之为 cell (细胞) 的结构只不过是植物细胞死亡而留下的细胞壁，但这一概念的提出开创了细胞研究的先河。

与此同时，靠贩卖衣布和纽扣为生的荷兰人 Anton Leeuwenhoek，利用业余时间，也在进行同类研究。他细心打磨镜片，制造出高质量的显微镜。在随后的 50 多年里他潜心研究微观世界中的生物，从取自鱼塘水的水中发现许多微生物，从浸泡胡椒的水和刷牙的牙签中培养出多种细菌。他不断地向英国皇家学会报告自己的研究成果。起初这些报告受到皇家学会的置疑，但后来经 Hooke 确认，认为结果可靠。很快，他便名扬世界，并受到英国女王和俄国彼得大帝的召见。

诚然，Hooke 和 Leeuwenhoek 早就描述细胞的存在，但是 1830 年以前，细胞的重要性未真正引起人们的关注。直到 1838 年，德国的一位律师，后改学植物学的 Schleiden 总结道：所有植物，无论其结构差异多大，都是由细胞组成，植物胚胎源于一个单细胞。次年，德国动物学家 Schwann 发表了“动物生命基础在于细胞”的著名论著，提出两个新论点，即①所有生命均由单细胞或多细胞构成；②细胞是生命的结构单位。这两条基本概念便是后来广为认同的细胞学说 (cell theory) 的基本雏形。至此，细胞又重新唤起科学家的兴趣。

Schleiden 和 Schwann 上述细胞理论还难以回答细胞来源这一关键问题，但他们都认为，细胞只可能由细胞创造。然而在此后数年间，没有实验能证明这一观点。1855 年德国病理学家 Rudolf Virchow 研究发现，细胞只能由细胞分裂而形成，他当时以拉丁语明确指出：细胞来自细胞 (*omnis cellula e cellula*，英文为 all cells from cells)。这一结论成为细胞学说的第三条论点。

表 1-1 细胞研究的里程碑事件

1665 年	Hooke	用原始显微镜观察橡木塞切片中的腔室，首次提出细胞概念
1674 年	Leeuwenhoek	发现原虫，9 年后首次发现细菌
1833 年	Brown	发现兰花的细胞核
1838 年	Schleiden, Schwann	提出细胞学说，认为有核细胞是动植物组织的基本单位
1857 年	Koulliker	发现肌细胞的线粒体
1879 年	Flemming	报道动物细胞有丝分裂中染色体及形态变化
1880 年	Cajal	发明细胞染色方法，显示神经细胞的结构及神经组织分布
1898 年	Golgi	利用硝酸银染色方法发现高尔基体
1902 年	Boveri	证明有性繁殖中染色体的遗传性
1951 年	Palade, Porter, Sjöstrand	发现电子显微镜
1951 年	Huxley	发现细胞骨架的成分之一—肌动纤维
1957 年	Robertson	提出脂膜双层结构

第三节 细胞的基本特性

细胞的存在标志着生命可以延续，因此，细胞的特性基本上代表生命的特性，有什么样

的细胞就有什么样的生命。细胞可以自动物和植物中分离出来并在体外培养，称为细胞培养（cell culture）。细胞培养技术为研究细胞的结构与功能提供了有力武器，事实上，目前对细胞的认识还多少依赖细胞培养实验。首次开展人类细胞培养的是美国约翰·霍普金斯大学的 Gorge Grey。1951 年他从宫颈癌患者 Henrietta Lacks 取出肿瘤标本，在体外培养成功，命名为该细胞为 Hela 细胞系，迄今 Hela 细胞仍是世界各国实验室常用的细胞之一。细胞有如下基本特性：

1. 细胞拥有一套独特的遗传密码及使用方式

生物体的性状与成分取决于其基因组信息。基因组信息十分庞大，从已经初步完成的人类基因组计划结果来看，如果把这一巨大信息转换成文字恐怕要写满几百万页纸，令人惊奇的是这一浩瀚的信息就贮存在一套小小的染色体上。而染色体的体积甚至比信息（information）缩写字母“i”的实心点还小得多。

基因的功能已经远远超出作为生物信息贮存库这一经典范畴，取而代之的是基因主导细胞的结构与形态，负责细胞正常代谢活动，编码增殖分裂的程序。而要搞清楚细胞是如何利用这些庞大的生物信息来完成一系列复杂功能，是当今生命科学研究的重大课题。

2. 细胞能自我复制

正如生物体能繁衍后代一样，细胞也能自我“复制”，细胞的复制过程称为分裂（division），是一个母细胞成分均等分配给两个子细胞的精细过程。在分裂以前，母细胞的遗传物质必须倍增，以足够组成两个子细胞之需。分裂后，由于两个子细胞的内涵物完全均等，因此，子细胞体积大小基本一致。但有些细胞例外，如卵母细胞（oocyte）分裂时，其中一个卵细胞可占有全部胞浆，体积远远大于另一个卵细胞，但所含遗传物质仍为母细胞的一半。

3. 细胞需要能量供应才能生存

细胞在形成复杂结构以及维持这些结构正常运转过程中，都需要源源不断的能量供给。植物细胞可以利用细胞膜上光吸收性色素捕获光能，再将光能转化为化学能并以糖和淀粉等形式加以贮存。动物细胞摄取的能量主要为葡萄糖。人体内葡萄糖从肝细胞释放入血，供所有细胞摄取。葡萄糖进入细胞后，会以某种形式将其能量部分贮存起来（如 ATP），待需要时使用。

4. 细胞是一个加工厂

细胞的功能就像是一个微型“化工厂”。以最简单的细胞——细菌为例，发生在细菌内的生化反应多达数百种。细胞内发生的所有生化反应却需要酶催化，这些生化反应统称为细胞代谢。

5. 细胞是一个“栩栩如生”的世界

细胞作为生命的单位，并非“无声无息”。细胞无时无刻不在运动，比如物质跨膜转运、胞内运输、某些亚细胞器瞬间生成到消失、肌细胞收缩、腺细胞分泌、甚至细胞整体迁移等等。细胞之所以能进行运动要借助于细胞本身与生俱来的运动元件，称为运动蛋白（motor protein）。

6. 细胞具有应激反应

细胞的种类不同，对外界刺激的反应性也不同。例如，单细胞生物在运动途中遇到障碍就会“自动”躲避，而遇到营养食物就“主动”上前；多细胞生物体对外界的应激反应虽没有单细胞那样明显，但也都会有各种各样的反应，只是反应的程度不同而罢。细胞表面的受

体 (receptor) 是引发细胞应激反应的分子基础。受体与外界物质反应高度特异, 激素、生长因子、细胞外基质、甚至其他细胞表面一些物质都可成为受体的靶分子, 受体是细胞的一个“门户”, 负责把守外界物质进出细胞并引发细胞特异反应的要塞。而细胞代谢改变、增殖分裂、迁移附着、甚至自杀凋亡等则是细胞特异反应的具体表现。

7. 细胞能够自我调节

细胞具有自我调节的功能以适应外部环境的变化, 丧失这种功能不仅容易引发细胞基因型 (genotype) 改变, 称为突变 (mutation), 而且也影响到细胞结构与功能, 导致生物体性状表现型 (phenotype) 改变。例如, 细胞 DNA 复制与分裂过程中基因突变 (插入、缺失、错排等) 若不能及时纠正, 将遗传到子代细胞, 严重者可造成子代细胞生长失控, 形成恶性转化 (malignant transformation), 即细胞癌变。

早在 100 多年前就有人发现细胞分裂可人为调节。德国胚胎学家 Hans Driesch 在 1891 年就曾报道, 海胆 (sea urchin) 胚胎发育过程中桑椹胚阶段分离出的首次分裂 2 个卵裂球和第二次分裂的 4 个卵裂球细胞, 可以独立分化形成正常胚胎。然而这样一个只占部分囊胚的卵裂球细胞为何可以通过自我调节, 生成独立完整的胚胎? 体外分离的卵裂球细胞何以得知相邻细胞缺失? 如是, 它又是如何应对独立承担发育过程的重任? 难道部分胚胎就涵盖全部发育信息? 这些问题直到今天仍无满意答案。

随着细胞分子生物学的不断进展, 人们已知, 控制细胞结构与功能的全部信息都贮存在核酸中, 而这些信息的执行者是蛋白质。正是有了这样两种生物大分子, 才形成了有别于无生命世界的细胞化学理论。在细胞中, 每一个分子都会忠实地履行自己的职责, 如同流水线作业, 上下道工序之间的衔接有条不紊。每一条程序控制一道工序, 如蛋白质合成、激素分泌、肌肉收缩都由不同的程序来控制。

第四节 原核细胞与真核细胞

随着电子显微镜广泛应用, 在细胞学研究中依据细胞形态、体积、内部结构等, 可将细胞分为原核细胞和真核细胞两大类。

一、原核细胞

原核细胞 (prokaryotic cell) 词义来自希腊文, *pro* 表示在什么之前, *karyon* 表示核 (nucleus)。原核细胞是指一类无明显细胞核结构的单细胞生物, 主要包括细菌 (bacteria) 和蓝绿藻类 (cyanobacteria)。在地球这块土地上, 原核细胞已生存约 35 亿年, 比真核细胞生物早约 20 亿年, 因此, 单从字面上可以看出原核细胞的意义。原核细胞的三个最基本特点是, ①细胞内没有细胞核及核膜; ②细胞内没有特定分化的复杂结构以及内膜系统; ③遗传信息量相对较小, 信息承载的染色质仅为简单的环状 DNA 分子。

原核细胞的体积一般较小, 直径介于 $0.2 \sim 10 \mu\text{m}$ 之间。细菌作为原核细胞的典型代表之一, 不仅为微生物界, 也为细胞学界所关注。本节对细菌作简单介绍。

细菌的形态分为三种, 形状如球状或椭圆状称为球菌; 杆状和棒状称为杆菌; 弧状或螺旋状称为螺旋菌。细菌均没有典型的细胞核, 取而代之的是类似核的区域, 称为拟核或类核 (nucleoid), 为环状 DNA 分子的聚集地。除核糖体外, 细菌没有真核细胞中的细胞器, 细菌的基因分布在环状 DNA 分子上, 称细菌基因组。与真核细胞相比, 细菌基因组要简单的

多。它没有高度压缩排列，也没有组蛋白。

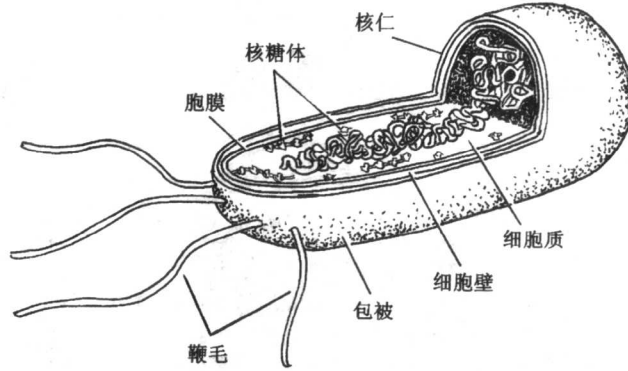


图 1-1 原核细胞结构示意图

大肠杆菌基因组含 4.6×10^6 碱基对 (base pairs, bp)，包含 4289 个基因，其中绝大多数基因的结构已经明确。大肠杆菌基因复制是以单元形式进行。如司职乳糖代谢的 β -半乳糖苷酶，半乳糖苷透性酶和半乳糖苷乙酰化酶三个基因与其调控基因 (*lacI*, *lacO*, *lacP*) 组成一特有单元，称乳糖操纵子 (lactose operon)。由于细菌没有细胞核，也没有分工明确的内膜系统，因此其 DNA 复制、RNA 转录及蛋白质翻译都在细胞质中进行，它们之间没有时间上和空间上的差异，换言之，细菌基因复制、转录及翻译都是同一时间内进行的一个连续过程。这是细菌与真核细胞功能上最主要的差异。电镜观察发现，细菌 DNA 一边复制，RNA 一边转录，而蛋白质在核糖体上同步翻译。

细菌拥有完整的细胞膜和细胞壁。同真核细胞一样，细菌的细胞膜也是由双层脂质与镶嵌蛋白构成。膜的厚度为 $8 \sim 10\text{nm}$ ，外侧紧密覆盖一层细胞壁。细菌胞膜功能主要是吸收营养物，排出废物，并负责蛋白质转运。细菌胞膜外被一层坚韧结构的细胞壁 (cell wall) 包裹。细胞壁主要由呈网状的肽聚糖组成，内含乙酰氨基酸、乙酰胞壁酸及 $4 \sim 6$ 个氨基酸组成的短肽。依据胞壁酸的含量可将细菌分为革兰染色阳性和阴性两类。革兰阳性菌细胞壁较厚 (可达 80nm)，含大量的壁酸 (占壁成分的 90%)，而阴性菌壁酸含量较少 (只占 5% 左右)，细胞壁也较薄 (10nm)。青霉素的抗菌作用主要是抑制壁酸的合成，因此对革兰阳性菌抑制效果明显。细胞壁的功能主要是保护细菌，免于机械破坏，此外还与致病性和耐药性有关。细胞壁表面还可有一层由多糖组成 (有些含多肽) 的膜覆盖，称为荚膜 (capsule)。荚膜的作用主要用来保护细菌不被破坏及不被吞噬。此外，多数细菌还拥有鞭毛，负责细菌运动。

细菌除染色体基因外，胞质中一些简单环状 DNA，称为质粒 (plasmid)。质粒为染色体外 DNA，可自我复制，但复制的能力与细菌种类以及状态有关。质粒作为基因工程的载体，受到细胞生物学界的高度重视。将某些特定真核基因连接到质粒 DNA，导入大肠杆菌进行大量复制，可达到基因体外扩增的目的。

二、真核细胞

真核细胞 (eukaryotic cell) 的词义来自希腊语，*eu* 表示真正的，*karyon* 表示核，可以看出拥有细胞核是真核细胞有别于原核细胞的最明显区别。此外，真核细胞拥有分化良好的细胞器与内膜系统，拥有特异蛋白组装的细胞骨架系统，以及线粒体为代表的有氧代谢体

系，这些都是真核细胞的特点（图 1-2，1-3）。

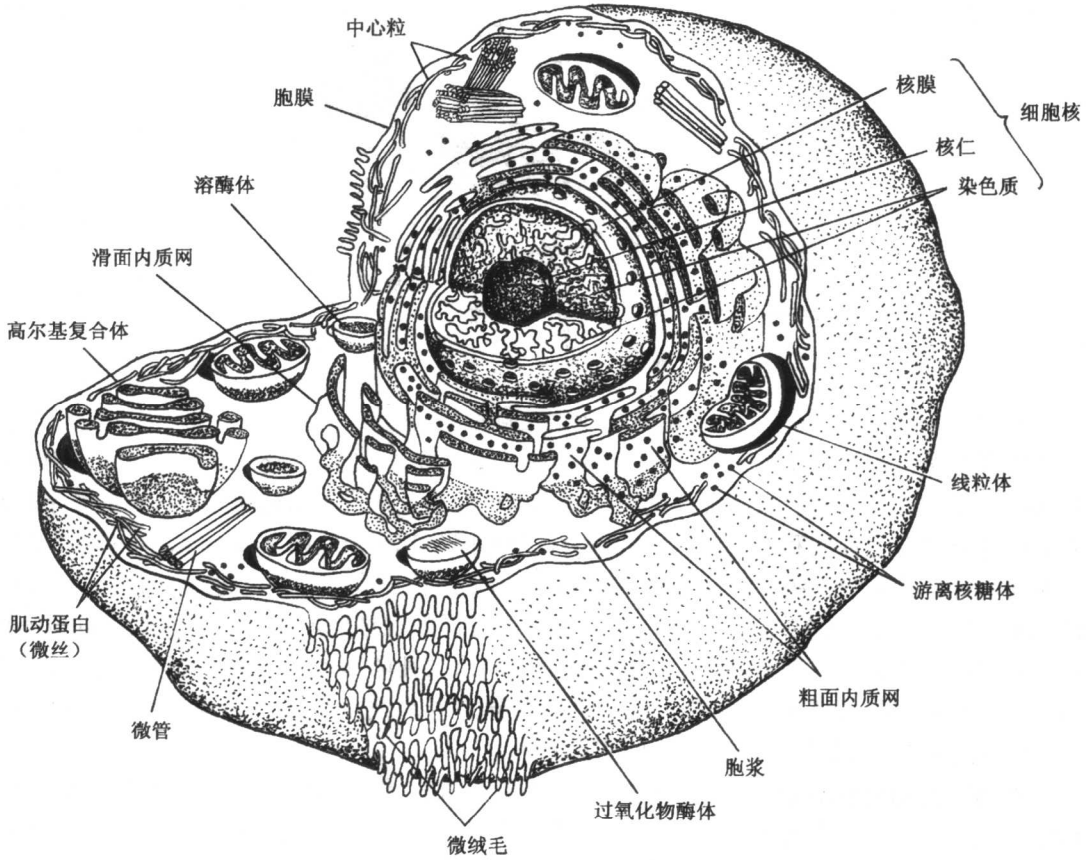


图 1-2 真核细胞模式图

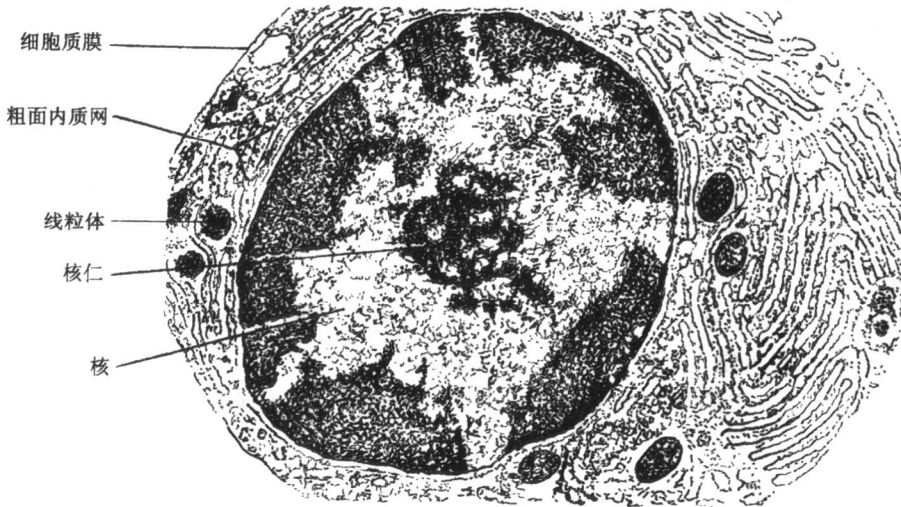


图 1-3 真核细胞电镜示意图

1. 细胞核

细胞核 (nucleus) 是真核细胞最为重要的细胞器 (organelle)。细胞核由双层核膜所包