

CHENGREN

GAODENG

JIAOYU

JICHU

YIXUE

JIAOCAI



成人高等教育基础医学教材

总主编 赵 群 陈金宝

# 细胞生物学

*XIBAO SHENGWUXUE*

主 编 方 瑾

上海科学技术出版社

成人高等教育基础医学教材

# 细胞生物学

Xibao Shengwuxue

主 编 方 瑾



上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

细胞生物学 / 方瑾主编. —上海:上海科学技术出版社,2011.7  
成人高等教育基础医学教材  
ISBN 978-7-5478-0837-5

I. ①细… II. ①方… III. ①细胞生物学—成人高等教育—教材 IV. ①Q2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 099644 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行  
上海科学技术出版社  
(上海钦州南路71号 邮政编码200235)  
新华书店上海发行所经销  
常熟市兴达印刷有限公司印刷  
开本 787×1092 1/16 印张: 16.5  
字数: 397千字  
2011年7月第1版 2011年7月第1次印刷  
ISBN 978-7-5478-0837-5/R·259  
定价: 33.00元

---

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,  
请向工厂联系调换

## 编写委员会

■ 主任委员 赵 群

■ 副主任委员 陈金宝

■ 委 员 (以姓氏笔画为序)

于爱鸣	王 健	王世伟	王丽宇	王怀良
王艳梅	王爱平	方 瑾	孔垂泽	田 静
邢 花	朱闻溪	刘 宇	刘俊亭	刘彩霞
汤艳清	孙田杰	孙海涛	苏兰若	李 丹
李小寒	李红丽	李栢林	李福才	肖卫国
邱 峰	佟晓杰	邱雪杉	张 波	张东方
张喜轩	陈 磊	苑秀华	范 玲	罗恩杰
孟胜男	孟繁浩	赵 斌	赵成海	施万英
祝 峥	袁长季	钱 聪	徐甲芬	高丽红
曹 宇	蔡际群	翟效月	颜红炜	潘兴瑜
潘颖丽	薛辛东	魏敏杰		

■ 教材编写办公室

刘 强 刘伟韬

成人高等教育基础医学教材

# 细胞生物学

编委会名单

■ 主 编 方 瑾

■ 编 委 (以姓氏笔画为序)

于 敏 王桂玲 刘 彤

李 丰 李 妍 李 想

李晓东 张惠丹 邵阳光

周 颖

# 前 言

近年来,随着高等医学教育的迅速发展,全日制本科医药类教材建设得到了长足的进步,教材体系日益完善,品种迅速增多,质量逐渐提高。然而,针对成人护理学及药学专业高等教育教材,能够充分体现以教师为主导、以学生为主体、以学生自主学习为主模式的教材,可供选择的并不多。根据教育部《关于普通高等教育教材建设与改革的意见》的精神,为了进一步提高成人高等教育护理学及药学专业教材的质量,更好地把握 21 世纪成人高等教育护理学及药学专业内容和课程体系的改革方向,以中国医科大学为主,聘请了北京大学、复旦大学、中山大学、西安交通大学、江南大学、卫生部中日友好医院、辽宁中医药大学、沈阳药科大学、沈阳医学院和澳门理工学院等单位的专家编写了本系列教材,由上海科学技术出版社出版。本系列教材分为成人高等教育基础医学教材和成人高等教育护理学专业教材、成人高等教育药学专业教材,前者供护理学及药学专业学生使用,后两者分别为护理学及药学的专业教材。

本系列教材编排新颖、版式紧凑、层次清晰、结构合理。每章由三大部分组成:第一部分是导学,告知同学本章需要掌握的内容和重点难点,以方便教师教学和学生有目的地学习相关内容;第二部分是具体学习内容,力求体现科学性、适用性和易读性的特点;第三部分是复习题,便于学生课后复习,其中选择题和判断题的答案附于书后。

本系列教材的使用对象主要为护理学及药学专业的高起本、高起专和专升本三个层次的学生。其中,对高起本和专升本层次的学习要求相同,对高起专层次的学习要求在每章导学部分予以说明。本系列教材中的基础医学教材也适用于其他相关医学专业。

除了教材外,我们还将通过中国医科大学网络教育平台(<http://des.cmu.edu.cn>)提供与教材配套的教学大纲、网络课件、电子教案、教学资源、网上练习、模拟测试等,为学生自主学习提供多种资源,建造一个立体化的学习环境。

为了确保本系列教材的编写进度和质量,我们成立了教材编写委员会。编写委员会主任委员由中国医科大学校长赵群教授担任,副主任委员由中国医科大学网络教育学院常务副院长陈金宝教授担任。编写委员会下设教材编写办公室,由刘强和刘伟韬同志负责各分册协调和部分编务工作等。教材部分绘图工作由齐亚力同志完成。

由于时间仓促,任务繁重,在教材编写中难免存在不足,恳请广大教师、学生和读者惠予指正,使本系列教材更臻完善,成为科学性强、教学效果更好、更符合现代成人高等教育要求的精品教材。

成人高等教育护理学及药学专业教材  
编写委员会  
2011 年 5 月

# 编写说明

细胞生物学是生命科学的前沿学科之一,是医学院校重要的专业基础课程。细胞生物学的基础理论和实验技术已广泛渗透到医学科学的各个学科领域,成为重要的基础和支柱学科。在未来若干年间,有关生物体的许多基本问题都有可能通过细胞生物学的相关研究得到解答。

本教材作为成人高等教育基础医学教材之一,同时亦可作为相关专业人员的参考书。在教材内容的选择上,坚持了基础理论、基本知识和基本技能的“三基”原则,在保证思想性、科学性的前提下,既考虑到了细胞生物学作为发展中的前沿学科的特点,突出了内容的先进性,有选择性地介绍了本学科的最新进展;同时也考虑到使用对象的特点,注重于教材的适用性,在教材的整体框架上强调了简洁、扼要。基于医学细胞生物学教材的特点,每章内容中不同程度联系了临床医学实际。此外,为方便学生复习并指导教师教学,每章后附有复习题。

本书由中国医科大学细胞生物学教研室编写。参加本书编写的人员全部来自教学一线,承担过不同层次的教学工作,了解教学的实际需求,他们中既有从事医学细胞生物学教学与科学研究多年的教师,也有朝气蓬勃的年青教学骨干。在教材编写过程中得到中国医科大学领导及网络教育学院领导和相关人员的大力支持和指导。在此一并表示衷心地感谢。

细胞生物学是飞速发展的学科,新的理论、新的技术不断更新,加之我们的知识水平有限,教材中难免存在缺陷和不足,恳请使用本教材的专家、老师及同学提出宝贵意见,以便再版时更正。

《细胞生物学》编委会

2011年6月

# 目 录

- ■ 第一章 绪论 / 1
  - 第一节 细胞生物学的概念与研究内容 / 1
  - 第二节 细胞生物学的发展历史 / 2
    - 一、细胞的发现与细胞学说的建立 / 2
    - 二、光学显微镜下的细胞学研究 / 2
    - 三、实验细胞学阶段 / 2
    - 四、亚显微与分子水平的细胞生物学 / 3
  - 第三节 细胞生物学与医学的关系 / 3
    - 一、光学显微镜技术 / 21
    - 二、电子显微镜技术 / 26
  - 第二节 细胞分离和培养 / 28
    - 一、细胞分离 / 28
    - 二、细胞培养 / 30
  - 第三节 细胞组分的分级分离 / 32
    - 一、超速离心 / 32
    - 二、层析法 / 34
    - 三、蛋白质电泳技术 / 36
    - 四、质谱技术 / 37
  - 第四节 分子生物学基本技术 / 37
    - 一、DNA 分子的凝胶电泳技术 / 37
    - 二、PCR 技术 / 38
    - 三、核酸分子杂交技术 / 38
    - 四、放射自显影技术 / 39
    - 五、在细胞内大量表达蛋白质的技术 / 39
    - 六、RNA 干扰技术 / 39
    - 七、生物芯片技术 / 40
- ■ 第二章 细胞的分子基础 / 5
  - 第一节 细胞中的小分子 / 5
    - 一、水和无机盐 / 5
    - 二、有机小分子 / 6
  - 第二节 细胞中的大分子 / 8
    - 一、多糖 / 8
    - 二、脂质 / 8
    - 三、蛋白质 / 9
    - 四、核酸 / 10
- ■ 第三章 细胞的进化与起源 / 15
  - 一、从分子到原始细胞 / 16
  - 二、从原核细胞到真核细胞 / 16
  - 三、从单细胞生物到多细胞生物 / 19
- ■ 第四章 细胞生物学研究方法 / 20
  - 第一节 显微镜技术 / 21
- ■ 第五章 细胞膜的结构和物质运输 / 45
  - 第一节 细胞膜的化学组成 / 46
    - 一、膜脂 / 47
    - 二、膜蛋白 / 49
    - 三、膜糖类 / 50
  - 第二节 生物膜的特征 / 50
    - 一、生物膜的流动性 / 50
    - 二、生物膜的不对称性 / 51



### 第三节 细胞膜的分子结构模型 / 52

一、片层结构模型 / 52

二、单位膜模型 / 52

三、液态镶嵌模型 / 52

四、脂筏模型 / 53

### 第四节 小分子物质的跨膜运输 / 53

一、被动运输 / 53

二、主动运输 / 55

### 第五节 大分子物质的跨膜运输 / 57

一、胞吞作用 / 58

二、胞吐作用 / 59

### 第六节 细胞表面受体与信号转导 / 60

一、受体的类型 / 60

二、膜受体与配体作用的特点 / 61

### 第七节 细胞膜异常与疾病 / 61

一、转运蛋白异常与疾病 / 61

二、膜受体异常与疾病 / 62

## 第六章 细胞的内膜系统 / 70

### 第一节 细胞质基质 / 71

一、细胞质基质的化学组成 / 71

二、细胞质基质的功能 / 72

### 第二节 内质网 / 72

一、内质网的形态与化学组成 / 72

二、内质网的种类 / 73

三、内质网的病理改变 / 79

### 第三节 高尔基体 / 79

一、高尔基体的形态结构及其化学组成 / 79

二、高尔基体的主要功能 / 81

三、不同病变下的高尔基体的异常改变 / 83

### 第四节 溶酶体 / 83

一、溶酶体的形态结构及含有的水解酶 / 83

二、溶酶体的类型 / 84

三、溶酶体具备的主要功能 / 86

四、溶酶体与某些人类疾病 / 87

### 第五节 过氧化物酶体 / 87

一、过氧化物酶体的形态与结构 / 87

二、过氧化物酶体所含的主要酶类 / 87

三、过氧化物酶体的主要功能 / 88

四、过氧化物酶体的形成 / 88

五、过氧化物酶体与疾病 / 88

### 第六节 囊泡转运 / 89

一、囊泡转运过程 / 89

二、三种有被囊泡类型 / 89

三、囊泡转运的方式和途径 / 92

## 第七章 线粒体 / 101

### 第一节 线粒体的形态结构与化学组成 / 102

一、线粒体的形态结构 / 102

二、线粒体的化学组成 / 104

### 第二节 线粒体的半自主性 / 104

一、线粒体的遗传体系 / 105

二、核编码蛋白质向线粒体的转运 / 107

### 第三节 线粒体的功能 / 110

### 第四节 线粒体的起源与发生 / 111

一、线粒体以分裂的方式进行增殖 / 111

二、线粒体起源的内共生学说与非共生假说 / 111

### 第五节 线粒体与细胞死亡 / 112

一、线粒体控制细胞死亡的证据 / 112

二、线粒体通透性改变引起细胞死亡 / 112

三、线粒体控制细胞死亡的假说 / 112

### 第六节 线粒体与疾病 / 113

一、疾病过程中线粒体的变化 / 113

二、mtDNA 突变与疾病 / 114

## 第八章 细胞骨架 / 117

### 第一节 微管 / 119

一、微管蛋白与微管的结构 / 119

二、微管结合蛋白 / 120

三、微管的装配及影响因素 / 120

四、微管的功能 / 121

### 第二节 微丝 / 123

一、肌动蛋白与微丝的结构 / 123

二、微丝结合蛋白及其功能 / 123

三、微丝的装配 / 124

四、微丝的功能 / 126

### 第三节 中间纤维 / 127

一、中间纤维的结构和类型 / 128

- 二、中间纤维的装配和调节 / 129
- 三、中间纤维的功能 / 130
- 第四节 细胞骨架与疾病 / 131
  - 一、细胞骨架与肿瘤 / 131
  - 二、细胞骨架蛋白与神经系统疾病 / 132
  - 三、细胞骨架与遗传性疾病 / 132
- ■ 第九章 细胞核 / 136
  - 第一节 核膜 / 137
    - 一、核膜的化学组成 / 138
    - 二、核膜的结构 / 138
    - 三、核膜的功能 / 139
  - 第二节 染色质和染色体 / 140
    - 一、染色质的化学组成 / 140
    - 二、常染色质和异染色质 / 142
    - 三、染色质的包装 / 142
    - 四、染色体 / 144
  - 第三节 核基质 / 145
    - 一、核基质的形态结构和化学组成 / 145
    - 二、核基质的功能 / 145
  - 第四节 核仁 / 146
    - 一、核仁的形态结构和化学组成 / 146
    - 二、核仁的功能 / 147
  - 第五节 细胞核与疾病 / 149
    - 一、细胞核形态异常与肿瘤 / 149
    - 二、染色体异常与肿瘤 / 149
- ■ 第十章 细胞连接与细胞黏着 / 154
  - 第一节 紧密连接 / 156
    - 一、紧密连接的结构 / 156
    - 二、紧密连接的功能 / 156
  - 第二节 锚定连接 / 156
    - 一、黏着连接 / 157
    - 二、桥粒连接 / 158
  - 第三节 通讯连接 / 159
    - 一、间隙连接 / 159
    - 二、化学突触 / 160
  - 第四节 细胞黏着 / 161
    - 一、钙黏素 / 161
    - 二、选择素 / 162
    - 三、免疫球蛋白超家族 CAM / 162
    - 四、整合素 / 162
- ■ 第十一章 细胞外基质 / 166
  - 第一节 氨基聚糖与蛋白聚糖 / 167
    - 一、氨基聚糖 / 167
    - 二、蛋白聚糖 / 169
    - 三、氨基聚糖和蛋白聚糖的功能 / 170
  - 第二节 胶原与弹性蛋白 / 171
    - 一、胶原 / 171
    - 二、弹性蛋白 / 174
  - 第三节 纤粘连蛋白和层粘连蛋白 / 175
    - 一、纤粘连蛋白 / 175
    - 二、层粘连蛋白 / 177
- ■ 第十二章 细胞分裂与细胞周期 / 183
  - 第一节 细胞分裂 / 184
    - 一、无丝分裂 / 184
    - 二、有丝分裂 / 184
    - 三、减数分裂 / 186
  - 第二节 细胞周期 / 190
    - 一、细胞周期的基本概念 / 190
    - 二、细胞周期各时相的动态变化与生物大分子的合成 / 190
  - 第三节 细胞周期的调控 / 192
    - 一、细胞周期调控系统的核心 / 192
    - 二、cyclin - Cdk 对细胞周期运转的全面调控作用 / 195
    - 三、细胞周期检测点监控细胞周期的进程 / 197
  - 第四节 细胞周期与医学的关系 / 198
    - 一、细胞周期与恶性肿瘤关系密切 / 198
    - 二、细胞周期研究在肿瘤防治中的应用 / 199
    - 三、细胞周期与其他医学问题的关系 / 200
- ■ 第十三章 细胞分化 / 207
  - 第一节 细胞分化的基本概念 / 208
    - 一、个体发育的一般特点 / 209
    - 二、细胞分化与细胞决定 / 210
    - 三、细胞分化的特点 / 211
    - 四、细胞分化与细胞分裂 / 212

## 第二节 细胞分化的分子基础 / 212

## 一、细胞分化中基因组的活动模式 / 213

## 二、细胞质在早期细胞分化方向上的作用 / 213

三、细胞分化的基因差异表达调控  
主要发生在转录水平 / 215

## 四、小 RNA 在细胞分化中的作用 / 219

## 第三节 影响细胞分化的因素 / 219

## 一、细胞内因素 / 219

## 二、细胞外因素 / 219

## 第四节 干细胞 / 220

## 一、干细胞的分类 / 220

## 二、干细胞的形态和生化特征 / 221

## 三、干细胞的增殖特性 / 221

## 四、干细胞的分化特性 / 222

## 五、胚胎干细胞 / 223

## 六、成体干细胞 / 225

## 第五节 细胞分化与疾病 / 226

## 一、细胞分化与再生 / 226

## 二、细胞分化与肿瘤 / 227

## ■■■ 第十四章 细胞衰老与死亡 / 232

## 第一节 细胞衰老 / 232

## 一、人体细胞的动态分类 / 232

## 二、细胞衰老与机体衰老的关系 / 233

## 三、细胞衰老的特征 / 233

## 四、细胞衰老的机制 / 234

## 第二节 细胞死亡 / 236

## 一、细胞坏死 / 236

## 二、细胞凋亡 / 236

## 三、细胞凋亡的分子机制 / 239

## 四、常用的细胞凋亡的研究方法 / 242

## 参考答案 / 247

## 参考文献 / 250

# 第一章

## 绪论

### 导学

#### 内容及要求

细胞生物学是医学院校学生的重要专业基础课程之一。通过本章内容的学习学生应该了解细胞生物学的主要研究内容及其发展历史,并明确本课程在医学课程中的重要地位。细胞生物学是从细胞的显微、亚显微和分子三个不同水平上研究细胞的生命现象及其发生发展规律的学科,细胞生物学的概念与研究内容一节应掌握细胞生物学的基本概念和主要研究范围;细胞生物学的形成与发展经历了漫长的过程,细胞生物学的发展历史一节应掌握细胞生物学各个不同发展阶段的主要特点和标志性事件;细胞生物学是医学院校学生的重要基础医学课程之一,与其他基础课程及专业课程之间有着密切的联系,细胞生物学与医学的关系一节主要使学生了解细胞生物学在医学课程中的地位,并注意引导学生在过程中关注细胞生物学与相关基础课程和后续的临床专业课程内容之间的相互渗透和联系。

#### 重点、难点

本章教学重点为细胞生物学的基本概念及在医学课程中的重要性。难点为细胞生物学的发展历史。



- 细胞生物学的概念与研究内容
- 细胞生物学的发展历史
- 细胞生物学与医学的关系

### 第一节 细胞生物学的概念与研究内容

细胞是一切生命活动的基本单位。除病毒之外,自然界的所有生物,无论是动物、植物还是微生物,虽然在形态、大小、生活方式等方面差异很大,却有着相同的结构基础——细胞。细胞生物学就是以细胞作为研究对象的学科,是从细胞的显微、亚显微和分子三个不同水平上研究细胞的生命现象及其发生发展规律的学科。细胞的显微水平研究主要借助显微技术,实现对细胞整体形态、结构和功能的认识;细胞的亚显微水平研究主要利用电子显微镜技术,探究细胞内部亚细胞结构的形态

和功能;细胞的分子水平研究则利用分子生物学等技术,研究细胞内部的分子组成及其相互作用规律。细胞生物学的特点是注重细胞结构和功能的结合,并关注细胞间的相互联系,以此了解生物体的生长、发育、分化、繁殖、运动、遗传、变异、衰老和死亡等基本生命现象的机制和规律。

## ■ ■ 第二节 细胞生物学的发展历史

细胞生物学的形成与发展经历了漫长的过程,按照发展过程的特点可大致分为4个不同的阶段。

### 一、细胞的发现与细胞学说的建立

细胞生物学的发展与新的研究方法的产生和应用密切相关。显微镜的出现使人类第一次了解和认识了细胞。细胞的发现迄今已有300多年的历史,1665年英国科学家R. Hooke使用自制的显微镜在观察植物软木组织时,发现了许多蜂窝状排列的小室,将其称之为“细胞(cell)”。当时所看到的细胞只是植物死细胞的细胞壁。1673年荷兰科学家A. Van Leeuwenhoek使用放大300倍的显微镜第一次观察到了活体细胞,先是观察了池塘中的纤毛虫、细菌,人和哺乳动物的精子,接着又观察到了鲑鱼红细胞及其核。19世纪中叶,德国植物学家M. J. Schleiden和动物学家T. Schwann根据前人的研究成果并总结自己的工作,提出了著名的细胞学说,即“一切生物,从单细胞生物到高等动物和植物均由细胞组成,细胞是生物形态结构和功能活动的基本单位”。后来,德国科学家R. Virchow又对此进行了进一步的补充,提出“所有细胞只能来自于原有细胞的分裂”。细胞学说的建立极大地加速了人们对细胞的认识,有力证实了生物界的统一性和生命的共同起源原则,对生命科学许多领域的研究和发展起到了积极的推动作用。恩格斯对此给予高度评价,将细胞学说与能量转换定律和达尔文的进化论并列为19世纪自然科学的三大发现。

### 二、光学显微镜下的细胞学研究

从19世纪中叶到20世纪初期,细胞研究的主要特点是应用固定和染色技术,在光学显微镜下观察细胞的形态结构和细胞的分裂活动。1864年H. Von Mohl提出动物细胞内的“肉样质”和植物细胞内的原生质具有同样意义,由此建立了原生质理论。从此,细胞被看作是由细胞膜包围的一大团原生质。该理论建立之后,又明确地把细胞核周围的原生质称为细胞质,把细胞核内的原生质称为核质。

1841年R. Remak观察到鸡胚血细胞的直接分裂。1882年W. Flemming采用改进的细胞固定和染色技术,明确了细胞的间接分裂过程,并把该细胞分裂命名为有丝分裂,把细胞的直接分裂称为无丝分裂。E. Strasburger依据染色体在细胞分裂中的形态学变化进一步把有丝分裂过程分为前期、中期、后期和末期四个时期。他和Flemming分别通过植物和动物的研究证实,细胞核从上一代细胞到下一代细胞一直保持着其物质上的连续性。19世纪80年代末,T. Boveri和E. Strasburger先后在动物和植物中发现配子形成过程中染色体数目减少了一半。1905年J. B. Farmer和J. E. More把生物体有性生殖过程中,生殖细胞通过分裂使染色体数目减少一半的分裂方式称为减数分裂。1890年人们在观察细胞分裂时发现了中心体。随后,线粒体、高尔基体也相继被发现。

### 三、实验细胞学阶段

从20世纪初期到20世纪中叶为实验细胞学阶段。这一阶段的主要特点是,细胞的研究不只局限于形态结构的观察,发展了多种实验手段研究细胞的各种生化代谢和生理功能,并与相关学科相互渗透形成一系列重要的分支学科,如细胞遗传学、细胞生理学、细胞化学、细胞社会学等。1902年

Boveri 和 W. Suttan 把染色体的行为与 Mendel 的遗传因子联系起来,提出“染色体遗传理论”。1909 年 W. Johannsen 把遗传因子命名为 gene(基因)。1910 年 T. Morgan 建立了“基因学说”,证明基因是遗传性状的基本单位,且直线地排列在染色体上并成为连锁群。由此,细胞学与遗传学结合起来形成了细胞遗传学。1909 年 R. Harrison 用淋巴液在体外成功培养了神经细胞,Carrol 进一步建立了组织培养技术,可以直接观察和分析细胞的形态和生理活动。1943 年 A. Claude 采用离心方法从活细胞中分离得到细胞核和各种细胞器,并进一步研究它们的生理功能、化学组成和各种酶类在细胞器中的定位等,使细胞学与生理学相融合形成了细胞生理学。

#### 四、亚显微与分子水平的细胞生物学

以电子显微镜的发明和 20 世纪中叶分子生物学的发展为标志,开始了亚显微结构与分子水平相结合的细胞生物学研究阶段。

由于光学显微镜分辨率和放大倍率的限制,难以实现对细胞微细结构的观察和研究。1933 年德国 E. Ruska 等人研制出第一台电子显微镜,由于电子显微镜的分辨率可达到纳米级,放大倍率达到 100 万倍,从 20 世纪 40 年代,特别是 50 年代中期到 60 年代末期,电子显微镜的广泛应用使细胞的形态学研究深入到亚显微水平,发现了在普通光学显微镜下观察不到的亚细胞结构信息,如内质网、溶酶体、核糖体等,同时也进一步明确了在光镜下观察到的高尔基体和线粒体等结构。

20 世纪 50 年代,分子生物学进入快速发展时期,新的理论和新的技术不断出现,以 1953 年 J. Watson 和 F. Crick 提出的 DNA 双螺旋结构模型、1958 年 Crick 发表的遗传中心法则为标志,加上随之发展的分子生物学研究技术,如 DNA 重组技术、DNA 序列分析技术等不断地渗透到细胞学各领域,使细胞的形态结构和生理功能研究深入到分子水平。在 20 世纪 60 年代,形成了从分子水平、亚细胞水平和细胞整体水平来探讨细胞各种生命活动的学科,即细胞生物学。

20 世纪 70 年代特别是 80 年代以后,细胞生物学在分子水平的研究上获得了快速发展。如在细胞膜结构与功能研究领域,提出了细胞膜结构的液态镶嵌模型。在蛋白质合成、分选和定向运输方面,提出了引导蛋白质运输的信号肽假说。在细胞骨架与细胞运动研究方面,鉴定出介导细胞内运动的微管相关蛋白驱动蛋白。在细胞增殖周期研究中,相继发现了细胞周期调控关键性因子 MPF 和细胞周期素。在细胞分化研究方面,在继非洲爪蟾细胞核移植实验之后,英国爱丁堡 Roslin 研究所 I. Wilmut 和其同事将成年绵羊乳腺上皮细胞的核移植到另一只羊的去核卵细胞中,成功地克隆出绵羊多莉,进一步证明细胞分化的本质是基因的选择性表达。在分子水平上广泛而深入的发展,近年细胞生物学也称细胞分子生物学或分子细胞生物学。

### ■ 第三节 细胞生物学与医学的关系

细胞生物学是现代医学的基础,是生命科学的前沿学科,是现代生命科学新的生长点。医学是以人体为研究对象,关注的主要问题是阐明人体各种生命现象的机制和规律,并对疾病进行诊断、治疗和预防。人体中各种生命活动都是以细胞为单位进行的,细胞既是人体正常结构和功能的基本单位,也是病理发生的基本单位。细胞正常结构发生损伤和功能紊乱,则引起疾病。例如,癌症的发生是正常细胞癌变的结果;动脉粥样硬化的发生与动脉壁内皮细胞的特性改变有关;老年性痴呆等神经退行性疾病是神经元选择性变性死亡的结果。单克隆抗体技术的出现使疾病的靶向性诊断和治疗成为可能。因此,细胞生物学与医学的关系极为密切,有关医学的许多基本问题有望通过细胞生物学的研究得到解决。

细胞生物学理论与技术的研究成果不断向医学领域渗透,极大地促进着医学的进步,加深了人们对疾病本质的认识以及治疗诊断手段的更新。肿瘤是威胁人类健康的重大疾病,肿瘤细胞的主要

特征是细胞的不断分裂和无限繁殖,细胞增殖和细胞周期调控相关因子的发现及反馈调控机制的阐明,对于了解肿瘤发生机制、发展肿瘤防治新策略具有重要意义。细胞凋亡是由基因控制的细胞自主性死亡过程,是个体发育过程中必不可少的生物学事件。研究表明,帕金森病、阿尔茨海默病等神经退行性疾病与神经元的凋亡密切相关。引起凋亡的基因家族的发现和诱导细胞凋亡信号转导途径的阐明会不断加深人们对凋亡机制的认识,并有助于对细胞凋亡相关性疾病提出有效的治疗手段和针对性药物。干细胞是体内具有增殖能力,能够分化形成不同类型细胞的原始细胞,包括胚胎干细胞和成体干细胞,目前多种干细胞可在体外分离、培养、传代、建系。理论上,干细胞经特定因子刺激后,可发育成特化的细胞,用于治疗由细胞功能障碍或组织受损引起的疾病,利用胚胎干细胞还可克隆人体组织器官,通过替代病变器官进行疾病的治疗,目前干细胞已成为生命医学研究领域的热点。

细胞生物学是医学院校学生的重要基础医学课程之一。对于医学院校学生,学好细胞生物学课程不仅可以为相关基础医学课程如医学遗传学、生理学、病理学、分子生物学等的学习打下良好基础,也有助于后续临床专业课程的学习,掌握细胞生物学基础理论和实验技能可以更好地理解和认识疾病的本质,并发展新的预防和治疗手段。

## 复 习 题

### 【A 型题】

- 关于细胞生物学的错误叙述是: ( )
  - 细胞生物学的研究对象是细胞
  - 细胞生物学经历了 300 年的发展历史
  - 细胞生物学主要在细胞水平上研究细胞
  - 细胞生物学随着研究手段的发展而发展
  - 细胞生物学是生命科学的前沿学科
- 下列与细胞的最初发现无关的是: ( )
  - 1665 年
  - R. Hook
  - 英国
  - 植物
  - 活细胞
- 关于“细胞学说”的错误叙述是: ( )
  - 细胞是生物体的基本结构单位
  - 一切生物都由细胞构成
  - 细胞只能来自于已有细胞的分裂
  - 细胞通过凋亡而分解
  - 以上都不对
- 电子显微镜的发明标志着对细胞的研究进入: ( )
  - 细胞水平
  - 亚细胞水平
  - 分子水平
  - 结构水平
  - 整体水平
- 下列发生于实验细胞学阶段的事件是: ( )
  - 组织培养技术的建立
  - DNA 双螺旋结构模型的提出
  - 遗传中心法则的提出
  - 生物膜液态镶嵌模型的建立
  - DNA 重组技术的应用
- 构成生物体结构和功能基本单位的是: ( )
  - 基因
  - 蛋白质
  - 细胞
  - 核酸
  - 多肽

### 【简答题】

- 何谓细胞生物学?细胞生物学的主要研究内容是什么?
- 说明细胞生物学的发展历史。
- 简述细胞学说的基本内容。

## 第二章

# 细胞的分子基础

## 导 学

### 内容及要求

本章主要以动物细胞为例介绍细胞的基本化学组成成分及分类,每种化学成分的分子结构与主要功能。本章涉及的内容较为基础,覆盖面广。牢固地掌握本章内容可为学习其他章节打下良好的基础。

构成细胞的分子可被分为无机化合物和有机化合物两类。无机化合物包括水和无机盐。有机化合物包括有机小分子和生物大分子。有机小分子物质包括单糖、脂肪酸、氨基酸和核苷酸。生物大分子是由有机小分子物质单体串联而成的多聚物,包括多糖、脂质、蛋白质和核酸等等。在学习中,应重点掌握细胞内分子的组成及分类方式,熟悉每种分子组成的结构特点和主要功能。

### 重点、难点

细胞化学组成的重点是细胞内分子的组成及分类。难点是核酸和蛋白质的结构组成及功能特点。



- 细胞中的小分子
- 细胞中的大分子

## 第一节 细胞中的小分子

组成细胞的物质称为原生质。构成原生质的化学元素包括 50 多种,其中最主要的是 C、H、O、N 4 种,其次为 K、Ca、P、Mg、Na、S、P、Cl、Fe 等元素。这些元素在细胞内并非独立的存在,而是相互结合在一起,以无机化合物和有机化合物的形式存在于细胞中。细胞中的无机物包括水和无机盐,有机物又分为有机小分子和生物大分子两类。一个细胞的性质是由组成细胞的各种分子决定的,细胞内各种分子的代谢又是细胞完成生理功能的基础。

### 一、水和无机盐

水是细胞中含量最丰富的化学成分,占细胞重量的 70% 以上。水分子的化学式为  $H_2O$  (图 2-1),分子中的两个氢原子与一个氧原子以共价键连接在一起,因成键后的共用电子对偏向氧原子



一方,使氢原子带有部分正电荷,氧原子带有部分负电荷,所以水是一种极性分子。水分子的极性使细胞内含有极性基团的物质易与水形成氢键,而溶于水中,我们称此类物质为亲水分子(图 2-2)。例如,细胞中的糖、核酸与大部分蛋白质都能与水结合而溶于水。相反,一些物质由于含有非极性基团,不能与水分子形成氢键,而被排斥在水分子形成的结构之外而不溶于水,则称其为疏水分子(图 2-3)。水分子的极性对于细胞膜的构成及细胞功能有非常重要的作用。所有的细胞膜主要是由脂质和蛋白质构成的,脂质分子的一端是亲水的,另一端是疏水的,当它们在水溶液中,会将亲水一端面向水而疏水一端聚集在一起,形成脂双层。这是脂质分子与水分子作用的结果。

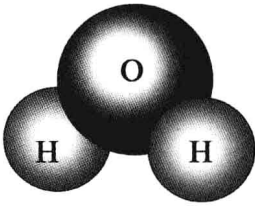


图 2-1 水分子的结构

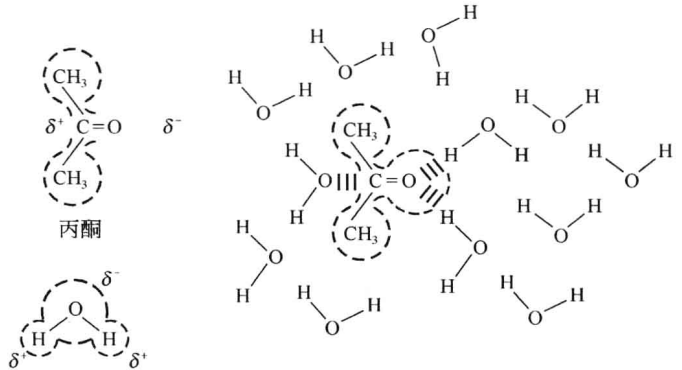


图 2-2 亲水分子在水溶液中的存在形式

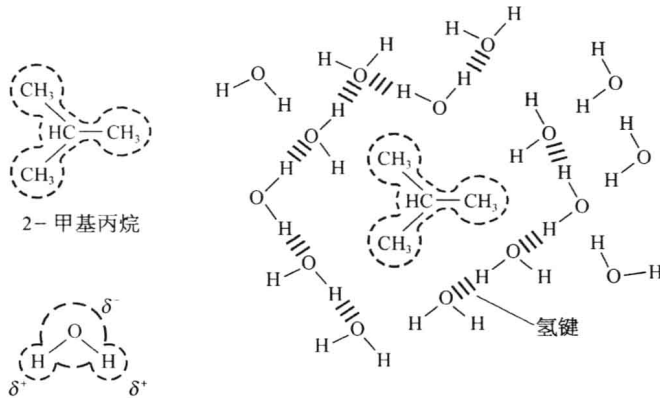


图 2-3 疏水分子在水溶液中的存在形式

无机盐是由金属离子与阴离子结合的产物,它们在细胞中均以离子状态存在。金属离子包括  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ , 阴离子包括  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$  等。无机盐在细胞内含量虽少,但在维持细胞代谢反应、细胞内外渗透压和 pH 以及细胞内结合蛋白功能的行使等方面都发挥了关键作用。

## 二、有机小分子

细胞内除含有水和无机盐外,还有大量由碳、氢、氧、氮、磷等元素组成的有机化合物。细胞中的有机小分子是分子量在 100~1 000 范围内的含碳化合物,主要包括:单糖、脂肪酸、氨基酸和核苷酸四类。