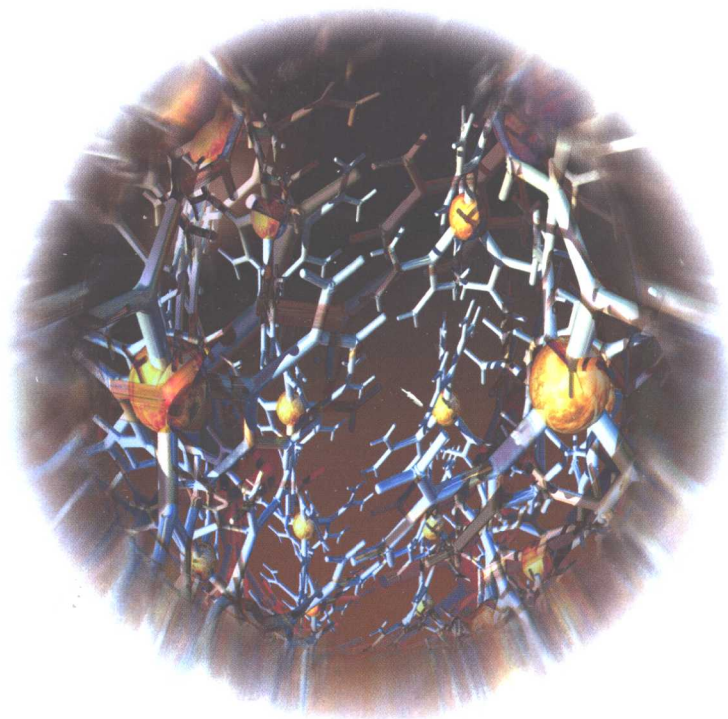


医用分子生物学

杨吉成 陈子兴 主编



化学工业出版社

现代生物技术与医药科技出版中心

医用分子生物学

杨吉成 陈子兴 主编

化学工业出版社

现代生物技术与医药科技出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

医用分子生物学/杨吉成, 陈子兴主编. —北京: 化学工业出版社, 2003.10

ISBN 7-5025-4862-9

I. 医… II. ①杨…②陈… III. 医药学: 分子生物学 IV. Q7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 093646 号

医用分子生物学

杨吉成 陈子兴 主编

责任编辑: 丁尚林

文字编辑: 周 侗 焦欣渝

责任校对: 陶燕华

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社
现代生物技术与医药科技出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 24½ 字数 598 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4862-9/Q·71

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

《医用分子生物学》编写人员

主 编	杨吉成	陈子兴		
副主编	缪竞诚	郝思国		
主 审	阮长耿			
编 委	杨吉成	陈子兴	缪竞诚	王尉平
	周迎会	李丽娥	盛伟华	马丽丽
	白艳艳	陈雄艳	龚爱华	张 虎
	谢宇峰	王金志	吴 康	

序

医学分子生物学现已成为分子生物学的一个重要分支，它是从分子水平上研究人体在正常和疾病状态下生命活动及其规律的一门科学，它主要研究人体生物大分子的结构，功能相互作用及其同疾病发生、发展的关系。

21 世纪是生命科学时代，分子生物学的重大成就和发展趋势现已成为带动生命科学各学科发展的动力。它在各个学科之间通过广泛渗透、相互交叉、相互作用，极大地推动了科学的进步，促使生命科学的地位发生了革命性的变化；也为工业、农业、国防和医学提供了新的思路、策略和技术方法，加速了国民经济的腾飞。在医学领域，分子生物学广泛地向基础医学和临床医学各学科渗透，加速各学科的发展，从而形成了分子免疫学、分子遗传学、分子病理学、分子肿瘤学、分子药理学、分子核医学、分子流行病学等，使医学研究正在由整体水平向细胞水平、分子水平迈进，深入探索生命与自然的奥秘。由于人类基因组研究计划的顺利完成，使基因组学 (Genomics)、后基因组学、蛋白质组学 (Proteomics)、生物信息学 (Bioinformatics) 均应运而生。分子生物学作为生命科学最新兴、最具活力的科学，在推动我国科学事业发展、推动生物工程产业崛起、推动国民经济高速发展等方面必将起着举足轻重的作用。

杨吉成教授等在多年从事医学分子生物学教学和科研基础上，现已编写出既适用于基础医学，又适合于临床医学，同时又顾及到医学生物技术和生物制药专业本科生和研究生教学需要的《医用分子生物学》。本书是在作者原有自编教材的基础上，经不断补充修改后完成的。不仅能培养学生如何运用分子生物学的基础理论和基本知识去思考和分析解决医药领域中的问题，而且还为他们在各自不同研究领域如何选择研究课题、设计技术路线和选用适当的实验方法提供了参考。本书系统性强、应用范围广，对医学院校的本科生、研究生及其医药卫生工作者学习和了解分子生物学相关知识有很大的帮助，并将推动医学、生物医药的教学和科研工作。为此我乐意向广大读者推荐本书，并作此序。

苏州大学医学院名誉院长

中国工程院院士 阮长耿

2003 年 9 月 10 日

前 言

分子生物学 (molecular biology) 是从分子水平上研究生命现象及其本质的一门新兴学科, 它的任务是从微观上对组成生物体的大分子结构、功能和动态变化以及这些分子间的相互作用进行深入研究, 从而揭示生物种系起源、生长、发育、延续和进化等一系列生命本质的问题。是人类从分子水平揭开生物界的奥秘, 是研究核酸等生物大分子的功能、形态、结构特征及其重要性和规律性的学科, 现已成为当代生命科学研究的主流。

分子生物学从建立开始就显示出旺盛的生命力和非凡的活力, 并很快表现出对人类社会、社会生产力和社会生活方式产生巨大影响和冲击。分子生物学的理论和方法除了具有重大的理论意义, 促进人类认识自然界的生命和生命现象及其本质外, 还有利于更深入地认识人类自身。人类基因组计划的顺利完成, 使基因组学、后基因组学、蛋白质组学、生物信息学均应运而生, 限于篇幅, 这些内容另设有专题, 而未编入本书中。这些日新月异、层出不穷的新现象、新规律、新假说、新理论, 既可为我们提供源源不断的信息流和知识流, 又可为我们改变自然界中的生物体系、改变人类自身、防治疾病等提供有效的武器, 并迅速地被应用到社会生产和生活的各个方面, 有力地促进了社会生产力的发展, 产生巨大的社会和经济效益。如对农作物、畜牧业、渔业的物种改良, 提高产量, 增强抵抗病虫害能力等; 对环境污染的控制、能源的开发利用、生物制药 (如生长激素、干扰素等细胞因子)、基因工程疫苗和抗体、基因诊断和治疗等都显示出巨大的生命力。也是近年来推动医学科学进步的最主要因素之一。

医学是受益于分子生物学飞速发展的主要领域之一。分子生物学的知识和技术在基础医学各学科中广泛渗透、融会和应用。分子生物学的研究不仅从根本上改变了医学各基础学科, 如组织胚胎学、生理学、生物化学、微生物学、免疫学、遗传学、药理学等的面貌, 形成了分子免疫学、分子病理学、分子遗传学、分子病原学、分子药理学等, 大大推动了基础医学的发展; 而且使临床医学研究和对人类疾病的认识也随之进入到了分子水平, 在疾病的病因、发生和发展、病理机制研究以及疾病的诊断和防治中发挥着日益重要的作用。使医学对人类自身的认识从肤浅、粗放和以经验为出发点的阶段进入更深入、精细和接近事物本身的阶段。现代生物医学的成就已经证明, 人类一切疾病从根本上说, 无不与自身遗传物质的改变有关, 即由自身遗传物质的内在改变 (变异) 所致或是和外部环境与人类自身遗传物质的相互作用所致的基因改变有关, 简单地说, 一切疾病归根结底就是基因病。由此可见, 分子生物学已成为现代医学的重要组成部分和发展前沿, 也是衡量一个国家医学科学水平的重要标志。

本书是作者在多年教学实践中经不断补充修改后完成的, 共分 25 章。在介绍分子生物学基础理论和常用技术的基础上, 从核酸 (DNA/RNA) 的化学组成、结构功能而延伸到基因和基因组; 从基因的概念和新概念出发进一步论述了基因的组成、结构和功能, 以指导基因诊断和克隆; 又从基因克隆、分离、鉴定和表达的需求出发详细地介绍了克隆基因常用的工具酶和载体; 并由此进一步系统地介绍了基因重组、转导/转染、阳性克隆筛选、重组体基因的鉴定、基因的诱导表达及其基因在原核细胞和真核细胞中的表达调控。人类不仅要充

分利用现有功能基因，而且还要通过诱导基因突变来不断改造现有的基因或创造新的功能性基因，以表达和产生新的遗传特性和功能的生物体，为此增设了“基因突变”的章节。为了拓宽知识面，本书还介绍了细胞信息传递、细胞周期、细胞凋亡、恶性肿瘤的分子生物学、免疫应答的分子机制等有关内容，既照顾到基础，又考虑到临床。为满足医学生物技术和生物制药专业人士的需求，本书还设置了基因制药、基因工程疫苗、基因工程抗体、基因治疗、转基因动物和动物克隆等有关内容。

由于分子生物学的进展十分迅猛，所涉及的文献浩如烟海，限于本书的篇幅和作者本人的水平，不足之处，热切希望广大读者和有关专家指正。

杨吉成

2003年8月15日

内 容 提 要

本书在系统地介绍了分子生物学的基本概念、基本理论和基本技术的基础上,详细论述了细胞周期、细胞凋亡、细胞信息传递和恶性肿瘤的分子机制及其医学意义;并从分子生物学的医学角度,介绍了基因分离、克隆、重组、突变和在原核及真核细胞中的表达调控;对基因诊断、基因工程药物、基因工程疫苗、基因工程抗体、基因治疗、转基因动物和动物克隆等有关涉及医学生物技术和生物制药的内容进行了阐述;此外,还介绍了白细胞分化抗原和黏附分子、主要组织相容性复合体及其编码分子、细胞因子及免疫应答的分子机制等内容。本书在内容上力求介绍分子生物学领域中的新技术、新方法和新进展。

本书可作为生命科学及医学行业中的科研人员参考,也可作为医学、生命科学、生物技术、生物制药专业的研究生、本科生的教材。

目 录

第一章 核酸的结构与功能	1
第一节 DNA 的化学组成及其结构与功能	1
一、核酸的化学组成	1
二、DNA 的结构与功能	3
第二节 RNA 的空间结构与功能	11
一、转运 RNA 的结构与功能	11
二、信使 RNA 的结构与功能	13
三、核蛋白体 RNA 的结构与功能	14
四、其他小分子 RNA	14
五、RNA 的剪接与核酶	15
第三节 siRNA 和 RNAi	20
一、RNAi 的发现过程	20
二、RNAi 的作用方式和机制	21
三、双链 RNA 的构建	22
四、RNAi 的应用	23
第二章 基因和基因组及基因工程的概念	25
第一节 基因	25
一、基因与“遗传因子”	25
二、基因与染色体	26
三、基因与蛋白质	26
四、基因与 DNA	26
五、基因密码的破译	27
六、基因的概念	27
七、基因的新概念	28
第二节 基因组	35
一、病毒基因组	35
二、细菌基因组	36
三、真核生物基因组	38
第三节 基因工程的定义和研究内容	41
一、基因工程的定义	41
二、基因工程所包括的内容和主要步骤	42
第四节 基因工程的发展史	42
一、四大里程碑	42
二、三大技术发明	43
三、基因工程的诞生	43

第三章 原核细胞中的基因表达调控	45
第一节 基因表达的概念和基本条件	45
一、基因表达的概念	45
二、基因表达的基本条件	45
三、真核基因在原核细胞中表达及调控	46
第二节 在大肠杆菌中影响外源基因表达的因素	58
一、启动子结构对表达效率的影响	58
二、表达载体的选择	59
三、外源基因中密码子的选用	59
四、mRNA 的一级结构与基因表达	59
五、mRNA 二级结构对翻译起始的影响	60
六、mRNA 稳定性的影响	60
七、转录终止区对外源基因表达效率的影响	61
八、转录后的若干因素与基因表达的关系	61
九、宿主的选择对表达的影响	62
十、培养条件的控制对表达效率的影响	62
第四章 真核细胞中的基因表达调控	64
第一节 真核生物基因表达调控	64
一、真核生物基因表达的特点及优势	64
二、真核细胞表达及调控元件	65
第二节 哺乳动物细胞表达系统的选择标记基因	71
一、胸苷激酶基因选择标记	71
二、二氢叶酸还原酶基因选择标记	72
三、新霉素抗性基因选择标记	72
四、氯霉素乙酰转移酶基因选择标记	72
五、黄嘌呤-鸟嘌呤转移酶(XGPRT) 基因	73
第三节 真核细胞表达系统的载体种类	73
一、载体的类型	73
二、几种常用的真核表达载体	75
第五章 分子克隆常用的工具酶	77
第一节 限制性核酸内切酶与 DNA 分子的体外切割	77
一、限制性核酸内切酶分类和命名	77
二、II 型限制性核酸内切酶的基本特性	78
三、影响限制性核酸内切酶活性的因素	80
第二节 DNA 连接酶和 DNA 分子的体外连接	82
一、DNA 连接酶	82
二、DNA 分子的体外连接	83
第三节 其他工具酶	86
一、大肠杆菌 DNA 聚合酶 I	86
二、DNA 聚合酶 I 大片段	87

三、T4DNA 聚合酶	88
四、逆转录酶	88
五、末端脱氧核苷酸转移酶	89
六、核酸酶 S1	89
七、核酸酶 BAL31	90
八、外切核酸酶 III	90
九、T4 多聚核苷酸激酶	90
十、碱性磷酸酶	90
十一、甲基化酶	91
第六章 分子克隆常用的载体	92
第一节 质粒载体	92
一、质粒的基本特性	92
二、质粒的分离纯化方法	94
三、质粒载体的选择	96
四、大肠杆菌质粒载体	97
第二节 噬菌体载体	100
一、噬菌体的一般生物学特性	100
二、 λ 噬菌体载体	101
三、黏性质粒	109
四、单链 DNA 噬菌体载体	109
第三节 真核细胞的克隆载体	111
一、在酵母细胞中克隆基因常用的载体	111
二、动物细胞基因克隆的载体	112
第七章 核酸分子杂交	117
第一节 核酸分子杂交的基本原理	117
一、杂交稳定性	117
二、杂交动力学	118
第二节 核酸探针	120
一、核酸探针的类型	120
二、标记物	120
三、探针放射性同位素标记法	121
四、非放射性标记核酸探针	123
第三节 核酸分子杂交技术	126
一、膜上印迹杂交	126
二、核酸原位杂交	131
三、液相杂交技术	132
四、引物延伸分析法	133
第八章 聚合酶链反应	135
第一节 PCR 原理与特点	135
一、PCR 的基本原理	135

二、PCR 技术的特点	136
三、常规的 PCR 操作	137
四、PCR 反应条件的优化	137
第二节 PCR 的类型	141
一、不对称 PCR	141
二、逆转录 PCR	141
三、锚定 PCR	142
四、反向 PCR	142
五、随机引物 PCR	142
六、差异显示 RT-PCR	143
七、单链构象多态性 PCR	144
八、俘获 PCR	144
九、多重 PCR	144
十、着色互补 PCR	144
十一、巢居 PCR	145
十二、半巢居 PCR	145
十三、二温式 PCR	145
十四、增敏 PCR	145
十五、重组 PCR	145
十六、表达 PCR	146
十七、竞争 PCR	147
十八、原位 PCR	147
第三节 PCR 技术在医学上的应用	148
一、PCR 技术在法医学上的应用	148
二、遗传病相关基因的检测	148
三、致病病毒的检测	150
四、肿瘤的诊断和研究	152
五、感染性疾病病原体的诊断和研究	152
第九章 目的基因的分离和克隆	153
第一节 目的基因的获得	153
一、基因的合成	153
二、建立基因组 DNA 文库	154
三、构建 cDNA 文库筛选目的基因	156
四、基因改造可获得新型目的基因	160
第二节 目的基因重组体的构建	162
一、质粒 DNA 的分离纯化	162
二、目的基因与载体的连接	162
第十章 重组 DNA 导入宿主细胞与转化子的筛选	166
第一节 重组 DNA 向宿主细胞的导入	166
一、转化	166

二、通过接合作用传递质粒 DNA	168
三、通过转染/转导作用传递遗传物质	168
第二节 转化子的筛选与鉴定	169
一、利用遗传标志的表型特征筛选	169
二、根据重组子的结构特征筛选	170
第十一章 基因突变	174
第一节 基因突变的基本概念	174
第二节 基因突变的分类	174
一、点突变	175
二、碱基插入突变	175
三、碱基缺失突变	176
第三节 随机突变	177
一、限制性内切酶法	177
二、接头插入法	177
三、系列缺失法	177
四、核苷酸随机取代法	178
第四节 DNA 的定位诱变及点突变技术	179
一、区域随机诱变	179
二、基因的点突变技术	179
三、点突变技术的应用	183
第十二章 细胞周期及其调控的分子机制	185
第一节 细胞的增殖和周期	185
一、细胞的增殖	185
二、细胞周期	185
三、细胞周期时间	186
第二节 细胞周期调控的分子机制	188
一、细胞周期的控制点	188
二、细胞周期调控的分子机制	190
三、对细胞周期的影响: pRb 和 E2F	195
四、细胞周期的调控异常和恶性肿瘤	196
第十三章 细胞凋亡及基因调控	198
一、细胞凋亡的特征	198
二、影响细胞凋亡的因素	199
三、细胞凋亡相关基因及其调控的分子机制	203
四、细胞凋亡试验常用的检测方法	207
五、bcl-2 凋亡基因表达的检测技术	209
六、细胞凋亡的医学意义	211
第十四章 细胞信息传递和受体分子生物学	212
第一节 受体	213
一、受体的分类	213

二、受体的结构与功能·····	214
三、受体作用的特点·····	222
四、受体活性的调节·····	223
第二节 细胞信息的传递途径及其分子机理·····	223
一、膜受体介导的信息传递·····	224
二、胞内受体介导的信息传递·····	234
第三节 信息传递途径的交互联系·····	235
第十五章 恶性肿瘤的分子生物学 ·····	237
第一节 分子肿瘤学概述·····	237
一、恶性肿瘤细胞的生物学特性·····	237
二、恶性肿瘤发生的机制·····	238
第二节 癌基因致癌的分子机制·····	238
一、病毒癌基因·····	238
二、原癌基因 C-onc 与病毒癌基因 V-onc 的关系 ·····	241
三、原癌基因激活机制与肿瘤发生·····	242
四、原癌基因表达产物及其分类·····	246
第三节 抑癌基因及其抑癌基因的致癌机制·····	247
一、抑癌基因·····	247
二、抑癌基因的作用及其各种抑癌基因的致癌机理·····	248
三、抑癌基因改变的分子基础·····	251
第四节 肿瘤恶性表型的其他相关基因·····	252
第五节 研究恶性肿瘤分子机制的医学意义·····	253
第十六章 基因诊断技术及其应用 ·····	254
第一节 基因诊断的策略·····	255
一、基因突变的检测·····	255
二、基因连锁分析·····	256
三、感染性疾病外源基因的检测·····	257
四、基因异常表达的检测·····	257
第二节 基因诊断的常用技术方法·····	257
一、核酸分子杂交技术·····	257
二、聚合酶链反应·····	258
三、基因测序·····	259
第三节 基因诊断的应用·····	259
一、基因诊断在恶性肿瘤中的应用·····	259
二、基因诊断在感染性疾病中的应用·····	261
三、基因诊断在遗传性出血性疾病中的应用·····	262
四、产前基因诊断·····	263
第十七章 基因工程药物的研究开发及其产业化 ·····	264
一、基因制药的研究开发状况·····	264
二、基因工程药物研究开发的程序·····	267

三、基因载体的制备.....	269
四、基因工程生物制品研究、开发、生产过程.....	273
第十八章 基因工程疫苗的研究与开发	274
一、基因重组表达的抗原疫苗.....	274
二、核酸疫苗.....	276
第十九章 基因工程抗体与导向药物	279
一、抗体的基因结构和重排.....	279
二、基因工程抗体的构建和类型.....	281
三、基因工程抗体的表达.....	285
四、导向药物.....	286
五、基因工程抗体的导向生物治疗.....	286
第二十章 基因治疗	287
一、基因治疗的概念及遵循原则.....	287
二、基因治疗的程序.....	287
三、基因治疗的策略.....	290
四、基因治疗的临床应用.....	291
五、基因治疗的问题与前景.....	298
第二十一章 转基因动物和动物克隆	301
一、转基因动物.....	301
二、转基因的“动物药厂”.....	303
三、抗感染动物.....	305
四、转基因动物技术路线中的转基因胚胎干细胞.....	305
五、基因敲除的小鼠模型.....	306
六、克隆羊和动物克隆.....	306
第二十二章 白细胞分化抗原和黏附分子	310
第一节 白细胞分化抗原和黏附分子的结构.....	310
一、整膜蛋白的分型.....	310
二、白细胞分化抗原和黏附分子的基本结构.....	311
第二节 白细胞分化抗原及其功能.....	312
一、与 T 细胞识别、黏附、活化有关的 CD 及其他分子.....	312
二、与 B 细胞识别、黏附、活化有关的 CD 分子.....	314
三、免疫球蛋白 Fc 受体.....	316
第三节 细胞黏附分子的种类和功能.....	318
一、黏附分子的种类和结构.....	318
二、黏附分子的功能.....	323
第二十三章 主要组织相容性复合体及其编码分子	327
一、人类 HLA 基因复合体的组织结构和分类.....	327
二、主要组织相容性复合体分子结构.....	328
三、HLA 分子的结构.....	330
四、HLA 等位基因及编码产物的命名.....	332

五、HLA 复合体遗传特征	333
六、MHC 分子的功能	334
七、HLA 的医学意义	335
第二十四章 细胞因子	338
第一节 细胞因子的结构、分类与共同特性	338
一、细胞因子的结构和分类	338
二、细胞因子的共同特性	341
三、细胞因子表达与功能的调节	343
第二节 细胞因子的功能	343
一、介导和调节天然免疫	343
二、介导和调节特异性免疫	345
三、刺激造血细胞生成和分化	347
四、趋化作用	347
五、细胞因子与神经-内分泌-免疫网络	348
第三节 细胞因子受体	349
一、细胞因子受体的结构	349
二、细胞因子受体介导的信号转导	351
第四节 细胞因子及其受体在医学上的意义	353
一、在疾病诊断方面的作用	353
二、在临床治疗方面的应用	353
第二十五章 免疫应答的分子机制	354
第一节 抗原递呈分子	354
一、MHC- I 类和 MHC- II 类分子	354
二、CD1 分子	354
第二节 两条主要的抗原加工递呈途径	354
一、外源性抗原和内源性抗原	354
二、外源性抗原加工递呈途径	354
三、内源性抗原加工递呈途径	356
四、抗原加工递呈的非经典途径	357
第三节 脂类抗原的加工与递呈	359
一、脂类抗原来源	359
二、脂类抗原细胞内加工区室	359
第四节 T 细胞抗原受体对抗原的识别	359
一、T 细胞对蛋白质抗原的识别	359
二、TCR 与脂类抗原配体的相互作用	359
第五节 T 细胞活化的分子机制	360
一、T 细胞活化的信号要求	360
二、免疫受体酪氨酸激活基序及转接蛋白	361
三、信号的跨膜传递和转导通路的启动	361
四、抗原激活信号胞内转导的主要途径	363

第一章 核酸的结构与功能

核酸 (nucleic acid) 是一类重要的生物大分子, 天然存在的核酸有两类, 一类为脱氧核糖核酸 (deoxyribonucleic acid, DNA), 另一类为核糖核酸 (ribonucleic acid, RNA)。DNA 存在于细胞核和线粒体内, 携带遗传信息, 决定细胞和个体的基因型 (genotype)。RNA 存在于细胞质和细胞核内, 参与细胞内 DNA 遗传信息的表达。病毒中, RNA 也可作为遗传信息的载体。

第一节 DNA 的化学组成及其结构与功能

一、核酸的化学组成

核酸的基本组成单位是核苷酸 (nucleotide), 而核苷酸则由碱基、戊糖和磷酸三种成分连接而成。

(一) 碱基

构成核苷酸的碱基 (base) 主要有五种 (图 1-1), 分属于嘌呤 (purine) 和嘧啶 (pyrimidine) 两类含氮杂环化合物。嘌呤类化合物包括腺嘌呤 (adenine, A) 和鸟嘌呤 (guanine, G) 两种, 它们既存在于 DNA 中也存在于 RNA 分子中。嘧啶类化合物有三种, DNA 和 RNA 分子中均含有胞嘧啶 (cytosine, C), 胸腺嘧啶 (thymine, T) 仅出现于 DNA 分子中, 而尿嘧啶 (uracil, U) 仅出现于 RNA 分子中。尚有一些稀有碱基, 如 5,6-二氢尿嘧啶、假尿嘧啶、次黄嘌呤等, 多出现在 RNA 中。

(二) 戊糖

戊糖是核苷酸的另一重要部分。构成 DNA 分子的核苷酸的戊糖是 β -D-2-脱氧核糖, 构成 RNA 分子的核苷酸的戊糖为 β -D-核糖。为区别于碱基中的碳原子编号, 核糖或脱氧核糖中的碳原子标以 C1', C2' 等。核酸中的戊糖以环式 (haworth) 存在, 此五元环并不是一个平面结构, 由于糖环中的 5 个单键均可转动, 以致环中各个原子均有不同程度的相对偏离, 而形成各种构象。一般情况下 C1'—O—C4' 这 3 个原子在一个平面上, 而 C2' 和 C3' 原子偏离平面约 0.05~0.06nm, 通常以 C5' 作参照来命名糖环的各种构象。若 C2' 或 C3' 偏离方向与 C5' 相反, 则称为外折 (exo) 构象 (图 1-2)。

(三) 核苷

碱基和核糖通过糖苷键 (glycosidic linkage) 连成核苷。嘌呤碱以 N9 与核糖 C1' 相连, 嘧啶碱以 N1 与核糖 C1' 相连 (图 1-3)。用数字表示碱基和戊环上的各原子次序时, 习惯上在碱基环上标以 1, 2, 3, ... 的顺序; 而糖环上则标以 1', 2', 3', ..., 以作区别。

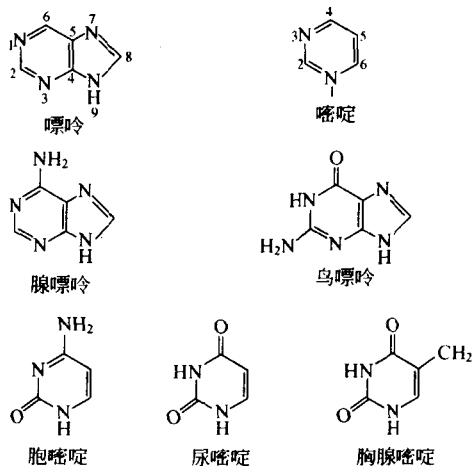


图 1-1 核酸中主要的嘌呤和嘧啶