

全国高等学校医学规划教材


(供临床·基础·预防·护理·检验·口腔·药学等专业用)

# 生物化学

## 第2版

主编 赵宝昌



 高等教育出版社  
Higher Education Press

全国高等学校医学规划教材  
(供临床·基础·预防·护理·检验·口腔·药学等专业用)

# 生物化学

第2版

主 编 赵宝昌

副主编 孙黎光 王学敏 田余祥 马文丽

编者(以姓氏笔画为序)

马文丽(南方医科大学)

王学敏(第二军医大学)

田余祥(大连医科大学)

安玉会(郑州大学)

关一夫(中国医科大学)

孙黎光(中国医科大学)

朱月春(昆明医学院)

李 晖(哈尔滨医科大学)

肖建英(辽宁医学院)

陈汉春(中南大学)

张桂荣(吉林大学)

赵宝昌(大连医科大学)

高 旭(哈尔滨医科大学)

秦宜德(安徽医科大学)

崔 行(山东大学)

崔秀云(大连医科大学)

曹东林(南方医科大学)

傅 强(四川大学)

曾昭淳(重庆医科大学)

燕 秋(大连医科大学)



高等教育出版社

Higher Education Press

## 内容提要

全书分为四篇,共二十三章。第一篇介绍生物分子的结构与功能。为了学生更好地学习后续的章节,在此介绍了维生素的结构与功能。第二篇阐述物质代谢与能量代谢及其调节。第三篇集中讨论遗传信息的传递。所有与此篇内容相关的技术理论及其应用均集中于一章,便于学生学习和对比。在此篇增设了“基因组学与蛋白质组学”章,为学生提供这一最新领域的基本概念。第四篇称“综合篇”,内容为综合性的知识。此篇可大体分成两部分:第一部分是与细胞调节相关的内容,包括生物膜、糖复合物与细胞外基质、细胞信号转导途径,以及与之密切相关的癌基因、抑癌基因与生长因子;第二部分是组织器官生物化学,包括肝胆生物化学与血液生物化学。无机元素的作用是综合性的,也放入此篇讲述。

本书供医学各专业本科生教学使用,还可作为成人教育教材、研究生教材或科研人员的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

生物化学/赵宝昌主编. —2版. —北京:高等教育出版社,2009.1

供临床、基础、预防、护理、检验、口腔、药学等专业用

ISBN 978-7-04-025417-4

I. 生… II. 赵… III. 生物化学-医学院校-教材  
IV. Q5

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第195902号

策划编辑 秦致中      责任编辑 薛 玥      封面设计 张 楠      责任绘图 尹 莉  
版式设计 马敬茹      责任校对 王 雨      责任印制 朱学忠

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100120	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总 机	010-58581000		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
印 刷	北京新丰印刷厂		<a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a>
		畅想教育	<a href="http://www.widedu.com">http://www.widedu.com</a>
开 本	889×1194 1/16	版 次	2004年4月第1版
印 张	31.75		2009年1月第2版
字 数	990 000	印 次	2009年1月第1次印刷
		定 价	56.00元(含光盘)

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 25417-00

# 再版前言

《生物化学》作为普通高等教育“十五”国家级规划教材,自2004年出版以来,受到国内众多医学院校生物化学与分子生物学同仁的厚爱。本书作为五年制医学生物化学教科书已经使用整整4年了。在这4年中,生物化学与分子生物学有了新的进展,其他相关学科对生物化学的要求也有所提高,国内医学院校对各层次的教学要求更加明确。为适应上述形势的需要,我们决定再版这部《生物化学》。

《生物化学》(第2版)以更好地适应我国高等医学院校五年制本科教学,兼顾国家执业医师考试为宗旨。为了使学生更好地学习和掌握生物化学的基本理论、基本知识和基本技能,第2版在章节的安排和内容的编写方面进行了优化与增删,调整了部分章节,更新了部分内容,使之更好地为五年制医学本科生的培养目标服务,更符合学生学习的认知规律,便于教与学。

此次再版按照“以学生为本”的指导思想,每章都增加了“知识框”。框中简要介绍在相关领域中做出了突出贡献的科学家及其业绩,激励学生奋发向上的精神;介绍一些与医学实践有关的内容,加强学生学习生物化学的目的性。本书末还增加了“名词释义”,用简捷的语言解释学生应该掌握的基本概念。这一版仍保留了各章前的“教学要求”和章后的“思考题”和“英文摘要”。书后给出参考书目,供学有余力的学生参考。此次改版我们仍然保留了配套光盘,光盘中除了课件外,还有题库、生物化学名词的英语读音以及名人故事等内容,进一步帮助学生学习。

参编本书第一版的部分教授由于种种原因未能参加此次的再版编写工作,但他们严谨的治学态度、对教材建设的奉献精神、精益求精的写作作风和卓越的笔锋,都为本书独特风格的形成奠定了坚实的基础,做出了不可磨灭的贡献。本书的改版得到了高等教育出版社的关心和帮助,得到了各参编学校的支持与鼓励,得到了北京大学医学图书馆李刚教授在图书资料方面的鼎力帮助,在此一并表示感谢。由于我们的水平有限,本书难免存在不妥之处,敬请同行专家、使用本书的师生和其他读者批评指正。

赵宝昌 孙黎光 王学敏 田余祥 马文丽

2008年7月

# 目 录

绪论.....	1
<b>第一篇 生物分子的结构与功能</b>	
<b>第一章 核酸</b> .....	7
<b>第一节 核酸的基本组成单位——核苷酸</b> .....	7
一、核苷酸的组成 .....	7
二、核苷酸的连接方式 .....	10
<b>第二节 DNA 的结构</b> .....	11
一、DNA 的一级结构 .....	11
二、DNA 的二级结构 .....	12
三、DNA 的高级结构 .....	14
四、线粒体 DNA .....	16
<b>第三节 RNA 的结构与功能</b> .....	16
一、信使 RNA .....	17
二、转运 RNA .....	18
三、核糖体 RNA .....	18
四、其他小 RNA 分子 .....	19
<b>第四节 核酸的理化性质</b> .....	21
一、核酸的一般性质 .....	21
二、核酸的紫外吸收 .....	21
三、核酸的变性与复性 .....	21
<b>第五节 核酸的催化性质</b> .....	23
一、核酶 .....	23
二、脱氧核酶 .....	24
<b>思考题</b> .....	25
<b>第二章 蛋白质</b> .....	26
<b>第一节 蛋白质的基本组成单位——氨基酸</b> .....	26
一、氨基酸的结构与分类 .....	26
二、氨基酸的理化性质 .....	28
<b>第二节 蛋白质的分子结构</b> .....	30
一、蛋白质的一级结构 .....	30
二、蛋白质的空间结构 .....	34
<b>第三节 蛋白质结构与功能的关系</b> .....	38
一、蛋白质一级结构与功能的关系 .....	38
二、蛋白质空间结构与功能的关系 .....	41
三、肌红蛋白和血红蛋白的空间结构与功能的关系 .....	43
<b>第四节 蛋白质的理化性质及其分离、纯化原理</b> .....	46
一、蛋白质的理化性质 .....	46
二、蛋白质的分离与纯化原理 .....	47
<b>思考题</b> .....	52
<b>第三章 维生素</b> .....	53
<b>第一节 脂溶性维生素</b> .....	53
一、维生素 A .....	53
二、维生素 D .....	56
三、维生素 E .....	57
四、维生素 K .....	58
<b>第二节 水溶性维生素</b> .....	59
一、维生素 B <sub>1</sub> .....	59
二、维生素 B <sub>2</sub> .....	60
三、维生素 PP .....	61
四、维生素 B <sub>6</sub> .....	62
五、泛酸 .....	63
六、生物素 .....	63
七、叶酸 .....	64
八、维生素 B <sub>12</sub> .....	64
九、维生素 C .....	65
<b>思考题</b> .....	68
<b>第四章 酶</b> .....	69
<b>第一节 酶的结构与功能</b> .....	69
一、酶的分子组成 .....	69
二、酶的结构与功能的关系 .....	71
<b>第二节 酶的命名与分类</b> .....	74
一、酶的命名 .....	74
二、酶的分类 .....	74
<b>第三节 酶促反应的特点及机制</b> .....	75
一、酶促反应的特点 .....	75
二、酶促反应的机制 .....	77
<b>第四节 酶促反应动力学</b> .....	79
一、底物浓度对酶促反应速率的影响 .....	80
二、酶浓度对酶促反应速率的影响 .....	82
三、pH 对酶促反应速率的影响 .....	82

四、温度对酶促反应速率的影响 ..... 83

五、抑制剂对酶促反应速率的影响 ..... 84

六、激活剂对酶促反应速率的影响 ..... 88

第五节 酶的调节 ..... 88

一、酶活性的调节 ..... 89

二、酶含量的调节 ..... 91

第六节 酶与医学 ..... 92

一、酶与疾病的发生 ..... 92

二、酶与疾病的诊断 ..... 93

三、酶与疾病的治疗 ..... 93

四、酶在医学上的其他应用 ..... 94

五、酶工程 ..... 94

思考题 ..... 96

## 第二篇 物质代谢

第五章 糖代谢 ..... 99

第一节 糖的消化吸收和转运 ..... 99

一、糖的消化吸收 ..... 99

二、糖向细胞内转运 ..... 100

第二节 糖的供能和储能反应途径 ..... 100

一、葡萄糖的分解代谢 ..... 100

二、糖原的合成和分解 ..... 107

三、葡糖异生作用 ..... 109

四、糖代谢的调节 ..... 111

第三节 磷酸戊糖途径 ..... 115

一、反应过程 ..... 115

二、生理意义 ..... 117

第四节 果糖和半乳糖的代谢 ..... 118

一、果糖代谢 ..... 118

二、半乳糖代谢 ..... 118

第五节 血糖及其调节 ..... 119

一、血糖的来源和去路 ..... 119

二、血糖浓度的调节 ..... 119

三、血糖浓度异常 ..... 120

思考题 ..... 121

第六章 生物氧化 ..... 122

第一节 生物氧化的特点及其酶类 ..... 122

一、生物氧化的特点 ..... 122

二、生物氧化中 CO<sub>2</sub> 的生成 ..... 122

三、生物氧化的酶类 ..... 123

第二节 生成 ATP 的生物氧化体系 ..... 124

一、线粒体内膜的转运作用 ..... 124

二、氧化呼吸链 ..... 126

三、氧化磷酸化 ..... 131

四、氧化磷酸化的调节及影响因素 ..... 135

五、ATP 在能量代谢中的核心作用 ..... 137

第三节 非供能氧化途径 ..... 137

一、微粒体加单氧酶系 ..... 137

二、超氧阴离子自由基等活性氧的产生与消除 ..... 138

思考题 ..... 140

第七章 脂质代谢 ..... 142

第一节 脂质的组成与结构 ..... 142

一、脂肪酸 ..... 142

二、脂肪与常见类脂 ..... 143

三、多不饱和脂肪酸衍生物 ..... 146

第二节 脂质的消化与吸收 ..... 147

一、脂质的消化 ..... 147

二、脂质的吸收 ..... 148

第三节 三酰甘油的代谢 ..... 148

一、三酰甘油的分解代谢 ..... 148

二、三酰甘油的合成代谢 ..... 154

三、三酰甘油代谢的调节 ..... 158

第四节 磷脂的代谢 ..... 159

一、甘油磷脂的代谢 ..... 159

二、鞘脂质的代谢 ..... 162

第五节 胆固醇的代谢 ..... 163

一、胆固醇的生物合成 ..... 163

二、胆固醇的转化与排泄 ..... 163

三、胆固醇生物合成的调节 ..... 164

第六节 血浆脂蛋白代谢 ..... 166

一、血脂 ..... 166

二、血浆脂蛋白的分类、组成及结构 ..... 166

三、血浆脂蛋白的代谢 ..... 169

四、脂蛋白代谢异常相关疾病 ..... 173

思考题 ..... 174

第八章 蛋白质分解代谢 ..... 176

第一节 蛋白质的营养作用 ..... 176

一、人体氮平衡及蛋白质的需要量 ..... 176

二、蛋白质的营养价值 ..... 177

第二节 外源蛋白质的消化、吸收与腐败 ..... 177

一、蛋白质的消化 ..... 177

二、氨基酸的吸收和转运 ..... 178

三、蛋白质的肠内腐败作用 ..... 179

第三节 体内蛋白质的降解 ..... 180

一、组织蛋白降解的溶酶体途径 ..... 180

二、组织蛋白降解的胞液途径 ..... 180

第四节 氨基酸的一般代谢 ..... 181

一、氨基酸的脱氨基作用	181	一、核苷酸代谢障碍	212
二、氨的代谢	184	二、核苷酸抗代谢物	213
三、 $\alpha$ -酮酸的代谢	190	思考题	217
<b>第五节 一些氨基酸的特殊代谢</b>	191	<b>第十章 物质代谢的调节</b>	218
一、氨基酸的脱羧基作用	191	<b>第一节 物质代谢的特点</b>	218
二、一碳单位的代谢	192	一、物质代谢的整体性和通用性	218
三、含硫氨基酸的代谢	194	二、一些组织、器官的物质代谢特点	219
四、芳香族氨基酸的代谢	197	<b>第二节 物质代谢的相互联系</b>	221
五、支链氨基酸的代谢	199	一、在能量代谢上的相互联系	221
思考题	201	二、糖、脂、蛋白质和核酸代谢之间的相互联系	221
<b>第九章 核苷酸代谢</b>	202	<b>第三节 物质代谢的调节</b>	222
<b>第一节 核苷酸的生物学功能</b>	202	一、细胞水平的代谢调节	223
<b>第二节 核酸的降解与核苷酸代谢</b>	203	二、激素水平的代谢调节	229
一、核酸和核苷酸的降解	203	三、整体水平的代谢调节	229
二、核苷酸的代谢	203	思考题	232
<b>第三节 核苷酸代谢障碍和抗代谢物</b>	212	<b>第三篇 遗传信息的传递</b>	
<b>第十一章 DNA 的生物合成</b>			
<b>第一节 DNA 复制的一般规律</b>	237	<b>复制</b>	251
一、DNA 的半保留复制	237	一、反转录过程	251
二、DNA 的双向复制	238	二、线粒体 DNA 的复制	252
三、DNA 的半不连续复制	238	三、嗜菌体 DNA 的滚环复制	252
四、DNA 复制需引物	239	<b>第六节 DNA 的损伤与修复</b>	254
五、DNA 复制的高度保真性	239	一、基因突变	254
<b>第二节 参与真核生物 DNA 复制的有关酶类及蛋白因子</b>	239	二、DNA 损伤的修复	255
一、DNA 聚合酶	240	思考题	258
二、引发酶	241	<b>第十二章 RNA 的生物合成</b>	259
三、DNA 拓扑异构酶	241	<b>第一节 RNA 聚合酶及 RNA 转录的一般特点</b>	259
四、解(螺)旋酶	241	一、DNA 依赖的 RNA 聚合酶	259
五、单链 DNA 结合蛋白	241	二、RNA 转录与 DNA 复制的异同点	260
六、复制因子 C	242	<b>第二节 真核生物的转录过程</b>	261
七、增殖细胞核抗原	242	一、mRNA 的合成	261
八、核酸酶 H 和盖内切核酸酶	243	二、rRNA 的合成	263
九、DNA 连接酶	243	三、5S RNA 和 tRNA 的合成	264
<b>第三节 真核生物 DNA 的复制过程</b>	243	<b>第三节 真核生物 RNA 转录后的加工</b>	264
一、DNA 复制的起始	243	一、信使 RNA 的加工	265
二、DNA 链的延伸	245	二、核糖体 RNA 的加工	268
三、DNA 复制的终止	245	三、转移 RNA 的加工	268
四、端粒 DNA 的合成	245	<b>第四节 原核生物 RNA 的转录</b>	270
<b>第四节 原核生物 DNA 的复制过程</b>	247	一、原核生物 RNA 转录的起始	270
一、参与原核生物 DNA 复制的酶类及蛋白因子	247	二、原核生物 RNA 转录的延长阶段	271
二、原核生物 DNA 的复制过程	249	三、原核生物 RNA 转录的终止	271
<b>第五节 反转录过程及其他方式的</b>		四、原核生物 RNA 转录后的加工	273
		<b>第五节 RNA 依赖的 RNA 合成</b>	273
		思考题	274

<b>第十三章 蛋白质的生物合成</b> .....	275	二、转录水平上的基因表达调控	310
<b>第一节 蛋白质生物合成的基本条件</b> .....	275	三、转录后初级产物的调控	313
一、mRNA——蛋白质生物合成的直接模板	275	四、翻译水平的调控	314
二、核糖体——蛋白质生物合成的场所	278	<b>思考题</b> .....	315
三、tRNA——氨基酸的运载工具及蛋白质生物合成的适配器	279	<b>第十五章 基因技术</b> .....	316
四、蛋白质生物合成的其他必需物质	281	<b>第一节 基因工程</b> .....	316
<b>第二节 肽链的生物合成过程</b> .....	282	一、基因工程操作中常用的工具	316
一、原核生物的肽链合成过程	282	二、基因工程的操作过程	319
二、真核生物的肽链合成过程	286	<b>第二节 分子杂交</b> .....	322
<b>第三节 肽链的合成后修饰和蛋白质的靶向输送</b> .....	290	一、核酸探针	322
一、多肽链的折叠	290	二、分子杂交的方法	323
二、一级结构的修饰	293	<b>第三节 聚合酶链反应</b> .....	324
三、空间结构的修饰	293	一、PCR 的基本原理	324
四、蛋白质的靶向输送	294	二、PCR 的应用	325
<b>第四节 蛋白质生物合成与医学的关系</b> .....	297	<b>第四节 DNA 的序列分析</b> .....	326
一、病毒竞争宿主蛋白质合成机器	297	一、双脱氧合成末端终止法	326
二、抗生素抑制蛋白质生物合成步骤	297	二、化学修饰法	326
三、毒素干扰蛋白质生物合成过程	298	<b>第五节 转基因动物、克隆动物和基因敲除技术</b> .....	327
四、干扰素阻断病毒蛋白质合成	298	一、转基因动物	327
<b>思考题</b> .....	300	二、克隆动物	328
<b>第十四章 基因表达的调控</b> .....	301	三、基因敲除技术	329
<b>第一节 基因表达调控的基本性质</b> .....	301	<b>第六节 基因诊断与基因治疗</b> .....	330
一、诱导表达和阻遏表达	301	一、基因诊断	330
二、基因表达调控的多层次协调特点	301	二、基因治疗	332
三、基因表达的时空特异性	302	<b>思考题</b> .....	335
四、顺式作用元件和反式作用因子的共同调节	302	<b>第十六章 基因组学与蛋白质组学</b> .....	336
<b>第二节 原核生物基因表达的调控</b> .....	303	<b>第一节 基因组学</b> .....	336
一、原核生物基因表达的操纵子模式	303	一、基因组学的概念	336
二、翻译水平的调控	306	二、结构基因组学	336
三、分解代谢操纵子和合成代谢操纵子的不同调控方式	308	三、功能基因组学	339
<b>第三节 真核生物基因表达的调控</b> .....	309	四、比较基因组学	342
一、转录活化的染色质结构对基因表达频率和程度的影响	309	五、基因组学与医学	342
		<b>第二节 蛋白质组学</b> .....	343
		一、蛋白质组学的概念及研究范畴	343
		二、蛋白质组学的研究方法	344
		<b>思考题</b> .....	346
<b>第四篇 综 合 篇</b>			
<b>第十七章 生物膜</b> .....	349	<b>第二节 细胞膜的结构及动力学特点</b> .....	352
<b>第一节 细胞膜的分子组成</b> .....	349	一、细胞膜的结构特点	352
一、脂质	349	二、细胞膜的动力学特点	353
二、蛋白质	351	<b>第三节 细胞膜的转运功能</b> .....	354
三、糖	352		



一、被动转运	355	<b>第二十章 癌基因、抑癌基因与生长因子</b>	398
二、主动转运	356	<b>第一节 癌基因</b>	398
<b>第四节 生物膜与医学</b>	358	一、病毒癌基因和细胞癌基因	398
一、红细胞膜与医学	358	二、原癌基因表达产物	400
二、脂质体在医学中的应用	360	三、原癌基因激活的机制	402
三、膜相关疾病	360	<b>第二节 抑癌基因</b>	403
<b>思考题</b>	361	一、抑癌基因的概念	403
<b>第十八章 糖复合物与细胞外基质</b>	362	二、几种重要的抑癌基因及其功能	404
<b>第一节 糖复合物的结构与功能</b>	362	三、癌基因、抑癌基因与肿瘤的发生	405
一、聚糖的分子结构	362	<b>第三节 生长因子</b>	406
二、糖蛋白的结构与功能	364	一、概述	406
三、蛋白聚糖的结构与功能	368	二、生长因子的作用机制	408
四、糖脂的结构与功能	370	三、生长因子与疾病	409
<b>第二节 细胞外基质主要成分的结构与功能</b>	372	<b>思考题</b>	411
一、胶原的结构与功能	372	<b>第二十一章 血液生物化学</b>	412
二、纤连蛋白的结构与功能	374	<b>第一节 血浆蛋白</b>	412
三、层连蛋白的结构与功能	375	一、血浆蛋白的组成	412
<b>思考题</b>	376	二、血浆蛋白的功能	413
<b>第十九章 细胞信号转导</b>	377	<b>第二节 血液凝固与纤维蛋白溶解</b>	415
<b>第一节 细胞信号转导的相关概念</b>	377	一、血液凝固	415
一、细胞外化学信号分子的主要类型	377	二、纤维蛋白溶解	420
二、细胞外信号分子的作用方式	378	<b>第三节 血细胞的代谢特点</b>	421
<b>第二节 细胞内信号转导分子和转导系统</b>	378	一、红细胞的代谢	421
一、第二信使	378	二、白细胞的代谢	425
二、信号转导分子	379	<b>思考题</b>	426
三、靶细胞的生物效应	381	<b>第二十二章 肝胆生物化学</b>	427
<b>第三节 转导信号的受体</b>	381	<b>第一节 肝在物质代谢中的作用</b>	427
一、G 蛋白和 G 蛋白偶联型受体	381	一、肝在糖代谢中的作用	427
二、单跨膜螺旋受体	383	二、肝在脂代谢中的作用	428
三、配体门控离子通道	384	三、肝在蛋白质代谢中的作用	428
四、类固醇激素的细胞内受体	385	四、肝在维生素代谢中的作用	429
<b>第四节 信号转导途径</b>	385	五、肝在激素代谢中的作用	429
一、环核苷酸依赖蛋白激酶的信号转导	385	<b>第二节 肝的生物转化作用</b>	429
二、脂质第二信使肌醇磷脂介导的信号转导途径	388	一、生物转化的概念	429
三、生长因子、细胞因子信号转导途径	390	二、生物转化反应的主要类型	429
四、类固醇激素类信号的细胞内受体途径	394	三、生物转化反应的特点	434
<b>第五节 信号转导异常与疾病</b>	395	四、影响生物转化作用的因素	434
一、G 蛋白异常与疾病	395	<b>第三节 胆汁与胆汁酸的代谢</b>	435
二、信号转导成分改变与疾病	395	一、胆汁	435
三、受体异常与疾病	395	二、胆汁酸的代谢	435
<b>思考题</b>	396	<b>第四节 胆色素代谢与黄疸</b>	439
		一、胆红素的生成	439
		二、胆红素在血液中的运输	439
		三、胆红素在肝细胞中的转变	440
		四、胆红素在肠腔内的转变	442
		五、影响尿胆素原排泄的因素	443

六、血清胆红素与黄疸·····	444	一、铁·····	452
思考题·····	446	二、锌·····	453
<b>第二十三章 无机物生物化学</b> ·····	447	三、铜·····	454
<b>第一节 钙、磷和镁的代谢</b> ·····	447	四、碘·····	454
一、钙、磷在体内的分布与功能·····	447	五、锰·····	455
二、钙、磷的吸收与排泄·····	448	六、硒·····	455
三、钙、磷代谢的调节·····	449	七、其他微量元素·····	456
四、镁的代谢·····	451	八、微量元素代谢异常的原因·····	456
<b>第二节 微量元素</b> ·····	451	思考题·····	457
<b>附录一 名词释义</b> ·····	458		
<b>附录二 希腊字母表</b> ·····	468		
<b>附录三</b> ·····	469		
一、系统国际单位制(SI, System International Unites)单位的前缀·····	469		
二、化合物名词的数字前缀·····	469		
<b>附录四 本书常用代号</b> ·····	470		
<b>附录五</b> ·····	474		
一、汉英名词索引·····	474		
二、英汉名词索引·····	485		
<b>附录六 主要参考文献</b> ·····	497		

## 绪 论

生命是物质的一种高级运动形式,核酸和蛋白质是生命的物质基础,生物体内各种物质的化学结构和化学反应过程是生命活动的体现。生物化学(biochemistry)即生命的化学,是在分子水平上研究生物体生命现象化学本质的一门科学。

生物化学是较为年轻的学科,近代生物化学的研究始于18世纪。18世纪的主要发现是生物体的气体交换作用和对一些有机化合物(如甘油、枸橼酸、苹果酸、乳酸和尿酸等)的揭示。19世纪的主要贡献是对人体化学组成的认识和某些代谢过程的发现。这一时期结晶了血红蛋白,提纯了麦芽糖酶,发现了细胞色素,从无机物合成出尿素,从肝中分离出糖原并证明它可转化为血糖等。人们称此时期为“叙述生物化学”阶段。19世纪末,酶独立催化作用的发现打开了通向现代生物化学的大门。20世纪生物化学取得了飞速发展,确立了现代生物化学的基本框架。从1903年“生物化学”这一名词问世后的50年,生化营养学、生物体的分子组成、物质代谢与能量代谢、代谢调节等均取得了显著成果。例如,维生素、辅酶和激素的结构与功能,酶促反应动力学,糖代谢的各条反应途径,脂肪酸 $\beta$ -氧化,氨基酸的分解代谢与鸟氨酸循环,三羧酸循环等均是这一时期的突出贡献。这一时期称为动态生物化学阶段。

20世纪50年代以来,生物化学的发展进入了一个空前突飞猛进的黄金时代,这一时期的主要标志是1953年James D. Watson和Francis H. Crick的DNA双螺旋结构模型的建立。这是20世纪自然科学中的重大突破之一,为进一步阐明遗传信息的贮存、传递和表达,揭开生命的奥秘奠定了结构基础。同年,Frederick Sanger完成了胰岛素一级结构的测定。从此开始了以核酸和蛋白质的结构与功能为研究焦点的分子生物学时代。分子生物学(molecular biology)是生物化学的延伸与发展,是以生物大分子的结构、功能和调控为其主要研究对象,探讨生命本质的一门学科。由于分子生物学涉及生命现象最本质的内容,它全面地推动了生命科学的发展。这一时期人们提出了遗传信息传递DNA $\rightarrow$ RNA $\rightarrow$ 蛋白质的中心法则,破译了遗传密码。对基因传递与表达的调控也取得了可喜的成果。核酸和蛋白质组成的序列分析技术都取得了飞速的发展。20世纪70年代出现的重组DNA技术(基因克隆技术)不仅使人们用微生物生产人类所需的蛋白质和改造生物物种成为可能,而且在此基础上,衍化出的转基因技术、基因剔除技术、基因芯片技术等更加开阔了人们有关基因研究的视野。方兴未艾的基因诊断和基因治疗技术给人类对疾病的认识与根治带来一场新的革命。1990年开始的人类基因组计划(human genome project, HGP)已完成了对人类基因组的测序工作。这一工程的完成标志人类生命科学的发展进入了一个新的纪元,为人类破解生命之谜奠定了坚实的基础。人类基因组学(genomics)的成果带动了继之而来的后基因组计划的实施。蛋白质组学(proteomics)研究蛋白质的结构、功能、相互作用、不同生理发育时期以及疾病的特定时空的蛋白质表达谱等。这将在更加贴近生命本质的更深层次上更加深入地探讨与发现生命活动的规律,以及重要生理与病理现象的本质。转录组学(transcriptomics)研究特定状态下组织细胞mRNA的类型与数量。RNA组学(RNomics)研究各种非mRNA小RNA的种类、功能及其表达的时空关系。代谢组学(metabolomics)研究生物体在各种生理与病理条件下代谢谱的变化。糖组学(glycomics)研究各种聚糖的结构与功能。这些庞大工程的完成,必将对生命的本质、生命的进化、遗传、变异、疾病的发病机制、疾病的预防、治疗、延缓衰老、新药的开发,以及整个生命科学产生深远的影响。

我国劳动人民对生物化学的发展做出了重要的贡献。我们的祖先早在公元前23世纪就已知酿酒。公元前2世纪《黄帝内经》就记载了各种膳食对人体的作用,即“五谷为养,五畜为益,五果为助,五菜为充”。公元5世纪对维生素B<sub>1</sub>缺乏引起的脚气病已有详细记载。我国古代对地方性甲状腺肿、维生素A缺乏症、糖尿病等均有详尽的描述。我国近代生物化学家吴宪首创了血滤液的制备和血糖测定法,提出了蛋白质的

变性学说。1965年,我国科学家首先人工合成了具有生物活性的胰岛素,后来又合成了酵母丙氨酸 tRNA。2000年,我国生物化学工作者出色地完成了人类基因组计划中1%的测序工作,为世界人类基因组计划的完成贡献了力量。2002年,我国的生物化学工作者又率先完成了水稻的基因组精细图,为水稻的育种和防病奠定了基因基础。我国在生物化学的许多领域均已达到了国际先进水平,与全世界的科技工作者一道,冲击生命科学的顶峰。

世界是物质的,生物体也是由物质构成的。生物化学的主要内容包括生物体的化学组成、生物分子的结构与功能;物质代谢、能量代谢、信号转导、遗传信息传递和自我复制等生命过程的化学本质。作为医学生物化学,其内容还包括有关的生物化学技术和一些组织器官的新陈代谢特点。生物化学的主要研究内容概括以下:

### 1. 生物体的化学组成、分子结构及其功能

组成生物体的化学元素主要是C、H、O、N、P、Ca和其他一些化学元素。这些元素以无机化合物和各种有机化合物的形式存在于体内。其中,蛋白质(包括酶)、核酸(脱氧核糖核酸和核糖核酸)、糖复合物和复合脂质等大分子质量的有机化合物称为生物大分子(biomacromolecules)。蛋白质是生命活动的物质基础。核酸是生命遗传信息贮存、传递与个体生命发生的物质基础。这些生物大分子在体内有序地运转,执行其特定的功能,从而构成特定的生命现象。对这些生物大分子的研究具有重要的理论意义和实践意义。无机元素在体内也有其独特的地位,许多微量元素和蛋白质、酶、核酸结合而发挥其作用,参与体内物质代谢、能量代谢和信息的传递与调控。

### 2. 生物体内的物质代谢、能量代谢与信号转导

新陈代谢(metabolism)是生命的基本特征之一,研究机体如何消化、吸收外界物质,用于塑造细胞本身和为细胞的各种生命活动提供所需要的物质和能量,又如何不断更新自身的组成,将其转化为代谢的末产物。细胞消耗能量将小分子物质合成为大分子化合物的过程称为合成代谢(anabolism);相反的过程则称为分解代谢(catabolism)。合成代谢与分解代谢是新陈代谢的相反相成的两个方面,是生物化学重要的研究内容之一。机体内的物质代谢是在一系列的调控下有条不紊进行的。外界刺激通过体内神经、激素等作用于细胞,通过对酶的不同调节形式,改变细胞内的物质代谢。细胞内存在的各种信号转导系统还调节机体的生长、增殖、分化、衰老等生命过程。细胞信号转导机制与网络的深入研究也是现代生物化学的重要课题之一。

### 3. 基因的贮存、传递、表达及其调控

自我复制是生命过程的又一基本特征。生物体通过个体的繁衍,将其遗传信息传给后代。基因是DNA分子中可表达的功能片段,基因的贮存、传递使生命得以延续,基因的遗传、变异与表达赋予生命多姿多彩。研究基因各片段在染色体中的定位、核苷酸的排列顺序及其功能,DNA复制、RNA转录和蛋白质生物合成过程中基因传递的机制,基因传递与表达的时空调节规律等是生物化学极为重要的课题。这将为解开生命之谜奠定坚实的基础。

### 4. 生物化学技术

生物化学是实验科学,生物化学的一切成果均建立在严谨的科学实验基础之上。这些技术包括生物大分子的提取、纯化与检测技术,生物大分子组成成分的序列分析和体外合成技术、物质代谢与信号转导的跟踪检测技术,以及基因重组、转基因、基因剔除、基因芯片等基因研究的相关技术等。生物化学技术不是单纯的化学技术,融入了生物学、物理学、免疫学、微生物学、药理学等知识与技术,作为自己的研究手段。正是这些技术的发展和新技术、新仪器的不断涌现,在加快了生物化学领域发展的同时,也大大地带动了其他学科的发展。人们已经能对生理学、药理学、病理学、微生物学、免疫学、遗传学,以及临床各学科的认识深入到分子水平。生物化学,尤其是其中的分子生物学已经成为生命科学与医学的“共同语言”,融合入生物化学与分子生物学的各项技术已成为生命科学与医学研究的“通用技术”。生物化学与分子生物学的发展也促进一些边缘学科的产生。例如,人们利用计算机技术对生命科学研究形成的大量复杂的数据、资料进行整理、分析、综合,回答研究中发现的新问题,从而形成了新的学科——生物信息学(bioinformatics)。

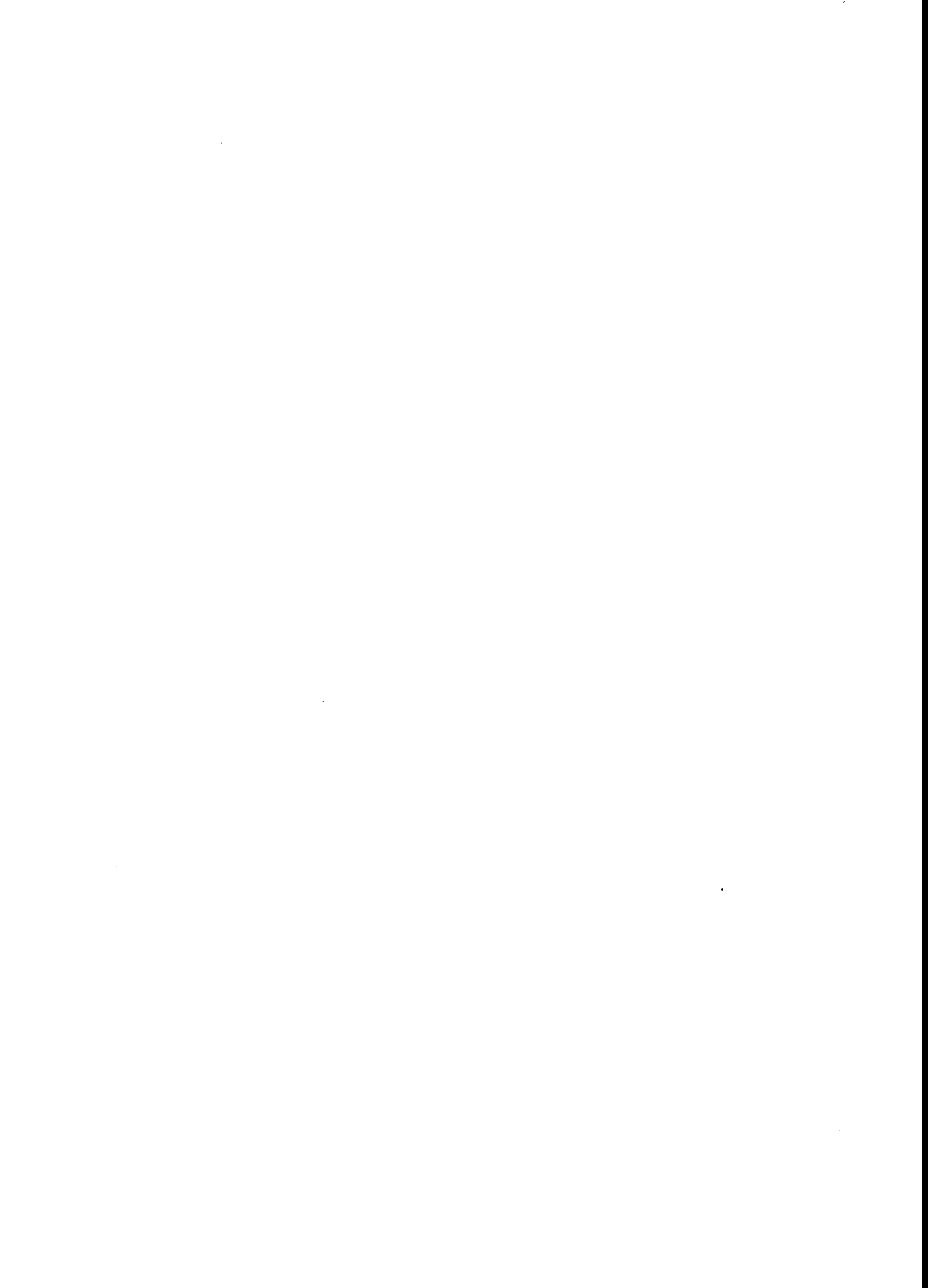
### 5. 组织器官生物化学

医学生物化学是人体的生物化学,除了上述的内容外,还要在分子水平上阐明人体内重要组织器官的新

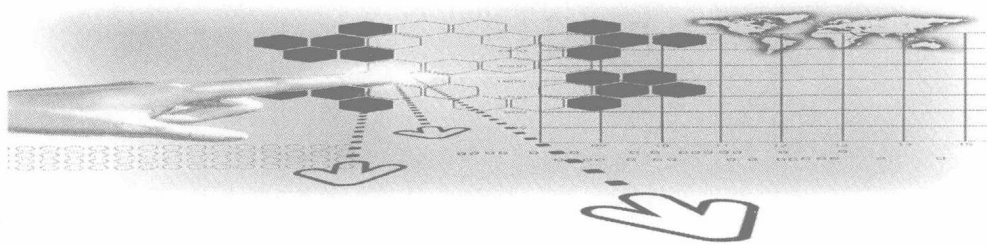
陈代谢特点和与其功能的关系。

生物化学是医学的重要基础学科。生物化学的理论与技术已渗透到医学科学的各个领域,使人们对危害人类健康与生命的许多重大疾病,如遗传性疾病、恶性肿瘤、免疫缺陷病、心血管疾病、代谢异常性疾病的认识提高到分子水平,奠定了包括疾病的发生、发展、转归,疾病的预防等方面的分子基础。尤其是人类基因组和人类后基因组计划的启动与完成,必将为本世纪医学的发展带来新的突破。掌握生物化学的基础理论、基本知识和基本技能必将为进一步学习其他基础医学、临床医学、预防医学、口腔医学、药学等各专业课程,乃至为毕业后的继续教育奠定坚实的基础。

(赵宝昌)



# 第一篇 生物分子的结构与功能



世界是物质的，生命也是物质的。天然存在的 90 余种化学元素中约 30 种是生命必需的。其中，碳、氢、氧、氮占细胞总质量的 99%，是构成细胞内有机化合物的主要元素。生物分子 (biomolecules) 是指构成人体组成和对于维持人体生命活动所必需的有机化合物，其相对分子质量范围从小于一百到大于几百万。相对分子质量小于 500 的生物分子有氨基酸、核苷酸、单糖、有机酸、维生素等。蛋白质、核酸、糖复合物等是生物大分子 (biomacromolecules)。这一篇主要阐述核酸、蛋白质、酶和维生素的分子结构，以及结构与其生理功能的关系，为后续章节的学习奠定基础。

脱氧核糖核酸 (DNA) 和核糖核酸 (RNA) 的基本组成单位分别是脱氧核糖核苷酸和核糖核苷酸，其连接方式是 3',5' - 磷酸二酯键。蛋白质的基本组成单位氨基酸则以肽键相连接。这些基本组成单位的连接方式与排列顺序构成这些生物大分子的一级结构。在此基础上，它们进一步形成其特有的空间结构，具有各自的理化性质和独特的功能。

酶是具有高效、特异催化作用的生物催化剂，主要是蛋白质。酶的催化作用是生命活动中各种化学反应能有效进行的物质保证。核酶与脱氧核酶的发现大大地充实了生物催化剂的内容，并为生命的起源提供了有说服力的设想。

本篇除重点阐述核酸、蛋白质和酶的结构与功能外，还对维生素的结构与功能进行了讨论。根据各校的教学安排，维生素(第三章)可以简述，也可以不讲，相关内容可以在酶章(第四章)讲述辅酶时提及。单糖、脂质、氨基酸、核苷酸等其他直接参与物质代谢的小分子质量生物分子的结构与功能将在有关章节进行阐述。





# 第一章 核 酸

## 本章教学要求

- 核酸的分子组成
- DNA 的一级结构、二级结构和组装
- RNA 的种类、结构与功能
- 核酸的理化性质
- 核酸的催化性质

核酸(nucleic acid)是决定生物体遗传特征,担负着生命信息的贮存和传递的生物大分子。核酸的基本组成单位是核苷酸(nucleotide),核苷酸由碱基(base)、戊糖(pentose)和磷酸(phosphate)三部分组成。自然界中存在的核酸有两类:即脱氧核糖核酸(deoxyribonucleic acid, DNA)和核糖核酸(ribonucleic acid, RNA)。DNA 是遗传信息的贮存和携带者, RNA 参与遗传信息的表达。某些病毒只含有 DNA 或 RNA,所以 RNA 也可作为遗传信息的载体。核酸具有复杂而多样的结构,在生命活动过程中发挥着重要的功能。

## 第一节 核酸的基本组成单位——核苷酸

在核酸酶的作用下,核酸的水解产物为核苷酸,所以核酸的基本组成单位是核苷酸。核苷酸则由碱基、核糖(ribose)或脱氧核糖(deoxyribose)、磷酸三种成分通过共价键连接而成(图 1-1)。

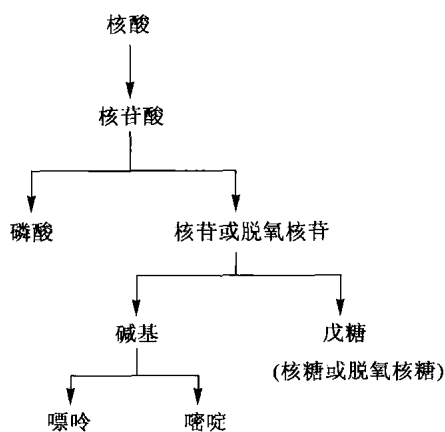


图 1-1 核酸的构成

### 一、核苷酸的组成

#### (一) 碱基

参与核苷酸构成的碱基主要有五种(图 1-2),它们都是嘌呤(purine)和嘧啶(pyrimidine)类化合物。嘌呤类碱基主要有腺嘌呤(adenine, A)和鸟嘌呤(guanine, G)两种,嘧啶类碱基主要有三种,即胞嘧啶(cyto-