

生物化学

(供护士专业用)

汪开圣 主编

人 民 卫 生 出 版 社

生 物 化 学

(供护士专业用)

汪开圣 主编

编 者

汪开圣 (北京市护士学校)

贺光奇 (河南省开封卫生学校)

李 明 (广州市护士学校)

黄 燕 (广东省肇庆卫生学校)

王铁成 (天津市滨路卫生学校)

人 民 卫 生 出 版 社

内 容 提 要

本书包括理论、实验、习题集和教学大纲四部分内容。

理论部分包括绪论、蛋白质与核酸化学、酶、维生素、糖代谢、脂类代谢、蛋白质与核酸代谢、水、无机盐代谢与酸碱平衡，肝脏生物化学、营养与营养护理等内容。

实验部分共开设十个实验，包括有血清蛋白电泳、酶的特异性、影响酶作用的因素、酶的竞争性抑制、酮体的生成、血糖测定、分光光度计使用、转氨酶测定、二氧化碳结合力测定、尿异常成分的测定。

习题集包括有是非题、填空题，名词解释、问答题、多选题，这些习题既便于学生复习与巩固，也便于教师进行教学检查。

本书供中等卫（护）校护士专业使用，其它学时相近似的专业如助产士专业，也适用于本教材。另外，也可供在职护理人员自学或晋升时参考。

前 言

本书是根据卫生部及北京市护改方案的要求所制定的教学大纲进行编写的，供中等卫（护）校护士专业的学生使用。

生物化学是基础医学的重要组成部分，是医学教育中一门重要的基础课。

本书包括理论、实验指导、习题集及教学大纲四部分内容。理论教学第一部分内
容，首先介绍蛋白质与核酸这些生物大分子的化学，侧重点在于了解它们的结构与功
能，还介绍酶与维生素。第二部分内容是介绍糖、脂类、蛋白质与核酸代谢。生物氧化
不单列成章，放在糖的有氧氧化后面顺手介绍了生物氧化中 CO_2 生成、水的生成与能量
的释放、储存和利用等相关内容。第三部分介绍水盐代谢与酸碱平衡、肝脏生化、营养
与营养护理。将生化、营养与护理结合在一起，更体现了卫生部要求的强化目标培养
的原则。实验内容选用了一些新的、简便的、快速的检验方法，如氧化酶测定血糖，还结
合护士要求选用尿异常成分测定。本书后面还附有习题集，包括是非题、填空题、名词
解释、问答题和多选题。这些习题便于学生复习，也便于教师对成绩的考核。

在此，编者向关心、鼓励与支持此书编写的同行表示感谢。尤其在1992年9月北京
定稿会上李继昌、梁文秀、吴彦坤等同志给予的支持致以衷心的感谢。编者也诚恳希望
使用本教材的各校师生能对本书提出宝贵意见，使本教材不妥或错误之处得到及时的修
正。

编 者

1992.9

目 录

第一章 绪论	1
一、生物化学概念与研究内容	1
二、生物化学与其它学科的关系	1
三、护理与生化	2
第二章 蛋白质与核酸化学	3
第一节 蛋白质化学	3
一、蛋白质的分子组成	3
二、蛋白质的分子结构	5
三、蛋白质的理化性质	8
四、蛋白质分类	11
第二节 核酸化学	12
一、核酸的分类及在体内的分布与功能	12
二、核酸的分子组成	12
三、核酸的分子结构	15
四、多磷酸核苷酸和环化核苷酸	17
第三章 酶学	19
第一节 酶的概念和酶促反应的特点	19
一、酶的概念	19
二、酶促反应特点	19
第二节 酶的化学组成	20
一、单纯蛋白质酶与结合蛋白质酶	20
二、单体酶、寡聚酶与多酶体系	20
三、同工酶	21
第三节 酶的作用机理	22
一、酶的催化作用是降低反应的活化能	22
二、酶的活性中心	22
第四节 酶原和酶原激活	23
第五节 影响酶促反应的因素	24
一、酶浓度影响	24
二、底物浓度影响	24
三、温度的影响	25
四、pH的影响	25
五、激活剂的影响	26
六、抑制剂的影响	26

第六节 酶的命名与分类	27
一、酶的命名	27
二、酶的分类	28
第七节 酶在医学上应用	28
一、了解病因	28
二、辅助诊断	28
三、用于治疗	28
四、作为试剂	29
第四章 维生素	30
第一节 概述	30
一、维生素的概念	30
二、维生素的命名与分类	30
三、维生素的来源及储存	30
四、维生素缺乏症的原因	30
第二节 脂溶性维生素	31
一、维生素A	31
二、维生素D	31
三、维生素E	32
四、维生素K	33
第三节 水溶性维生素	33
一、维生素B ₁	33
二、维生素B ₂	34
三、维生素PP	34
四、维生素B ₆	35
五、泛酸	35
六、生物素	36
七、叶酸	36
八、维生素B ₁₂	37
九、维生素C	38
第五章 糖代谢	40
第一节 概述	40
一、糖的生理功能	40
二、糖的消化吸收	40
三、糖在体内的代谢概况	40
第二节 血糖	41
一、血糖概念与正常值	41
二、血糖的来源与去路	41
三、血糖浓度调节	41
四、耐糖曲线	42
五、高血糖与低血糖	43

第三节 糖原的合成与分解	43
一、糖原合成与分解过程	43
二、糖原合成与分解的生理意义	44
第四节 糖的分解代谢	44
一、糖酵解	44
二、有氧氧化	47
三、磷酸戊糖旁路	54
第五节 糖异生	56
第六章 脂类代谢	57
第一节 概述	57
一、脂类的生理功能	57
二、脂类的消化吸收	57
三、脂类的贮存和动员	58
第二节 血脂	59
一、血脂的种类和含量	59
二、血浆脂蛋白	59
三、高脂蛋白血症及其与动脉粥样硬化的关系	61
第三节 三脂酰甘油的中间代谢	62
一、三脂酰甘油的分解代谢	62
二、三脂酰甘油的合成代谢	66
第四节 类脂代谢	67
一、磷脂代谢	67
二、胆固醇代谢	68
第七章 蛋白质与核酸代谢	71
第一节 蛋白质分解代谢	71
一、概述	71
二、蛋白质的营养价值	74
三、氨基酸的一般代谢	76
四、氨基酸的特殊代谢	82
第二节 核酸代谢	83
一、核酸的消化与吸收	83
二、核苷酸的代谢	84
三、DNA的合成	86
四、RNA的合成	87
五、逆转录	89
第三节 蛋白质的生物合成	91
一、翻译	91
二、翻译体系	92

三、翻译过程·····	94
四、翻译后的加工·····	96
五、合成过程中的调节·····	97
六、分子病·····	98
第八章 水、无机盐代谢及酸碱平衡·····	99
第一节 水代谢 ·····	99
一、水的含量、分布及交换·····	99
二、水的生理功用·····	100
三、水的来源和去路·····	100
四、水平衡的调节·····	101
五、水平衡紊乱·····	102
第二节 无机盐代谢 ·····	102
一、无机盐的生理功用·····	102
二、体液中电解质的含量和分布·····	103
三、钠、氯及钾代谢·····	104
四、钙、磷及镁代谢·····	105
五、微量元素代谢·····	106
第三节 酸碱平衡 ·····	107
一、酸碱的概念及体内酸性和碱性物质的来源·····	108
二、酸碱平衡的调节·····	108
三、酸碱平衡失常·····	112
第九章 肝脏生物化学 ·····	114
第一节 肝脏在物质代谢中的作用 ·····	114
一、肝脏在糖代谢中的作用·····	114
二、肝脏在脂类代谢中的作用·····	114
三、肝脏在蛋白质代谢中的作用·····	114
四、肝脏在维生素代谢中的作用·····	115
五、肝脏在激素代谢中的作用·····	115
第二节 胆汁与胆汁酸代谢·····	115
一、胆汁·····	115
二、胆汁酸及其代谢·····	115
第三节 肝脏的生物转化作用 ·····	117
一、生物转化的概念和生理意义·····	117
二、生物转化的反应类型和影响因素·····	117
第四节 胆色素代谢与黄疸·····	118
一、胆色素代谢·····	118
二、黄疸及其类型·····	119
第五节 肝功能检查 ·····	120
第十章 营养与营养护理 ·····	121

第一节 营养素的种类与功能	121
第二节 机体的能量需要	122
一、能量的消耗	123
二、机体对能量的需要	123
第三节 营养护理的基本要求	124
一、影响机体营养的因素	124
二、营养护理的基本要求	125
生物化学实验指导	126
实验一 血清蛋白醋酸纤维素薄膜电泳	126
实验二 酶的特异性	127
实验三 温度、pH、激活剂和抑制剂对酶促作用的影响	128
实验四 分光光度计使用	130
实验五 氧化酶法测定血糖	132
实验六 琥珀酸脱氢酶的作用和竞争性抑制	134
实验七 肝脏中酮体生成作用	135
实验八 氨基酸的转氨基作用	136
实验九 血浆二氧化碳结合力测定	138
实验十 尿中异常成分的测定	139
生物化学习题集	142
一、是非题	142
二、填空题	143
三、名词解释	146
四、问答题	146
五、多选题	147
生物化学教学大纲	163
附：生物化学常用缩写符号与中、英文名称对照表	167

第一章 绪 论

一、生物化学概念与研究内容

(一) 生物化学概念

生物化学主要是用化学的原理及方法研究生物体生命现象的一门自然科学。它是生物学与化学之间的边缘科学，是在分子水平上研究生物体的组成与结构、代谢与机能，从而揭示生命的秘密。因此，生物化学又称做“生命的化学”。

(二) 生物化学研究的内容

1. 研究生物体的分子组成与结构 早期生物化学的研究，主要是以分析组成生物体的成分及生物体的分泌物、代谢物为主，这一时期曾被称做叙述生物化学阶段。现已测得人体各种组成成分约占体重的百分含量为：水55%~67%，蛋白质15%~18%，脂类10%~15%，无机盐3%~4%，糖类1%~2%等。由此可知，水是人体含量最多的物质。但是，蛋白质与核酸，是生物大分子，是生命的物质基础，若要揭示生命的许多现象，如生长、发育、遗传、变异，就要研究清楚这些生物大分子的组成与结构。

2. 研究生物体内新陈代谢 随着各种先进技术方法的采用，使生化研究逐步深入到探讨各种物质在体内的化学变化，这一时期曾被称做动态生化阶段。这一阶段使许多物质的代谢途径及其中心环节的三羧酸循环有了进一步的了解。新陈代谢是生物体与外界的物质交换，是生命的基本特征。据估计：一个人一生中（按60岁计算）与外界交换的物质大约相当于60 000公斤的水，10 000公斤的糖，1 600公斤蛋白质，1 000公斤的脂类。外界物质转化成机体自身的物质称为同化作用，机体自身的物质分解转化、排出体外，称为异化作用。新陈代谢包括物质代谢和能量代谢，物质在体内氧化（生物氧化）伴有能量的释放、储存和利用，即物质代谢伴有能量代谢。物质代谢又可分成分解代谢与合成代谢。糖类、脂类、蛋白质与核酸的代谢为本书的主要内容。

3. 研究生物体分子组成结构、新陈代谢与机能的关系 生物体各组织器官的特殊功能，无疑是由组成这些组织器官的具有特殊结构的生物分子与他们代谢途径所构成。生物化学探讨这些生物分子结构、代谢与机能的关系，使生物化学发展到机能生化阶段。这一时期突破性进展是揭示了核酸与遗传关系，从而揭开了分子遗传学的序幕。

纵观生物化学研究内容的发展史，可以大致分为三个阶段：叙述生化、动态生化、机能生化，目前研究生物大分子的结构、代谢、机能是叙述生化、动态生化与机能生化在更高水平上的发展。有人将这一部分内容叫做分子生物学，从而派生出分子遗传学、分子免疫学、分子药理学，它们均根据生物化学研究的成果而分别深入到各个领域。

二、生物化学与其它学科的关系

1. 生物化学建立在生物学与化学的基础之上 生物学包括微生物学、生理学，化学尤其有机化学，这些课程都是学习生物化学的基础课。生物化学主要是在生理学与有

机化学的基础上，利用化学的原理去阐述一些生理现象而逐渐形成的。

2. 生物化学又是学习分子遗传学、分子免疫学、分子药理学、生理学、病理学等基础医学的基础，也是学习营养学及临床各科的基础。所以，在医学教育中，生物化学作为一门基础课，为学习其它各课程必不可少的。

三、护理与生化

生化作为医学基础，在医药、卫生各学科中广泛被应用，如讨论病因、辅助诊断、合理用药、寻求防治，都要用到生化的知识和技术。如血清谷-丙转氨酶的测定，辅助肝炎的诊断，便是利用氨基酸代谢中的一个问题。又如药理学中讲到磺胺消炎，抑制细菌生长，便是利用酶学中竞争性抑制的一个实例。此外，合理饮食，牵涉到一些营养素的生化功能与需要量问题。输液，它的理论基础牵涉到水盐代谢与酸碱平衡问题。上述数例，说明做为一名护理人员所必须具备生化知识，有了这方面知识，才能主动地、自觉地做好护理工作，提高护理水平。综上所述，学习生物化学是护理工作能够适应现代医学不断发展的需要。

(汪开圣)

第二章 蛋白质与核酸化学

蛋白质与核酸是一类分子量很大、结构复杂的有机物。通常所说的生物大分子，主要是指蛋白质与核酸。

蛋白质与核酸的重要性，就在于它是生命的物质基础。因为一切生物体，那怕结构极其简单（象病毒、噬菌体）也都含有蛋白质与核酸。像人体，一些重要的生理功能都是由蛋白质、核酸去完成的。例如：核酸是遗传信息的载体，具有催化功能的酶、具有调节功能的某些激素、具有免疫功能的抗体都是蛋白质。所以，研究生命的化学，首先要研究蛋白质与核酸的结构与功能，即研究蛋白质与核酸的化学。

第一节 蛋白质化学

一、蛋白质的分子组成

（一）蛋白质的元素组成

1. 组成蛋白质的元素 主要有碳、氢、氧、氮，有些还含有硫，有些还含有磷等其它元素。

2. 蛋白质元素组成的特点 和糖与脂肪不一样，蛋白质是含氮物质。氮元素约占组成元素的13%~19%，平均约占16%，即100克蛋白质，其组成元素中有16克为氮元素。那么，1克氮元素相当于6.25克蛋白质（ $\frac{100}{16} = 6.25$ ）。根据这一点，若想知道一个生物样品中蛋白质的含量，则可以先测定该生物样品中氮元素的含量（定氮），然后按下式进行推算：

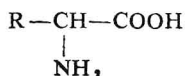
$$\text{每克样品中含氮克数} \times 6.25 \times 100 = 100 \text{克样品中蛋白质含量克数（克\%）}$$

（二）组成蛋白质的基本单位——氨基酸

1. 蛋白质水解的终产物是氨基酸。强酸、强碱或一些蛋白水解酶可以将蛋白质水解，水解的中间产物是胍、胍、多肽，水解的终产物是各种氨基酸的混合物。由此可知：氨基酸是蛋白质组成的基本单位。

2. 组成天然蛋白质的氨基酸的种类和结构特点 组成天然蛋白质的氨基酸有20种（表2-1）

表2-1中的20种氨基酸是具有遗传密码的，其通式可以写成

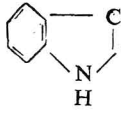


它们在结构上的共同点是

（1）除脯氨酸为亚氨基酸外，其余都是 α -氨基酸，即在 α -碳原子上具有氨基的羧酸。

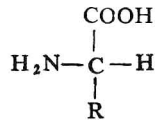
（2）除甘氨酸外，其余氨基酸的 α -碳原子为不对称碳原子，具有二种构型，即D-型、L-型。构成天然蛋白质的氨基酸除甘氨酸不具构型外，其它的都是L-型氨基酸。

表 2—1 组成蛋白质的氨基酸。

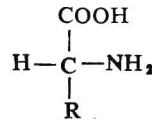
氨基酸名称	简写符号	结 构 式		等电点 (pI)
		侧链R基团	共同部分	
1. 甘氨酸	甘 Gly	H	$\begin{array}{c} \text{H} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.97
2. 丙氨酸	丙 ALa	CH ₃	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	6.02
3. 缬氨酸	缬 VaL	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.96
4. 亮氨酸	亮 Leu	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.98
5. 异亮氨酸	异 ILeu	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	6.02
6. 苯丙氨酸	苯 Phe	 -CH ₂	$\begin{array}{c} \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.48
7. 脯氨酸	脯 Pro	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH} \end{array}$	6.30
8. 色氨酸	色 Trp	 -C-CH ₂	$\begin{array}{c} \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.89
9. 蛋氨酸	蛋 Met	CH ₃ -S-CH ₂ -CH ₂	$\begin{array}{c} \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.74
10. 丝氨酸	丝 Ser	HO-CH ₂	$\begin{array}{c} \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.68
11. 苏氨酸	苏 Thr	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.60
12. 半胱氨酸	半 Cys	HS-CH ₂	$\begin{array}{c} \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.07
13. 酪氨酸	酪 Tyr	$\begin{array}{c} \text{HO} - \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ \text{O} \end{array}$ -CH ₂	$\begin{array}{c} \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.66
14. 天门冬酰胺	天 Asn NH ₂	H ₂ N-C(=O)-CH ₂	$\begin{array}{c} \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.41
15. 谷氨酰胺	谷 GLn NH ₂	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{N} - \text{C} \end{array}$ -CH ₂ -CH ₂	$\begin{array}{c} \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.65
16. 天门冬氨酸	天 Asp	HOOC-CH ₂	$\begin{array}{c} \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	2.77
17. 谷氨酸	谷 GLu	HOOC-CH ₂ -CH ₂	$\begin{array}{c} \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	3.22

续表

氨基酸名称	简写符号	结 构 式		等电点 (PI)
		侧链R基团	共同部分	
18. 赖氨酸	赖 Lys	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	9.74
19. 精氨酸	精 Arg	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2- \\ \\ \text{NH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	10.67
20. 组氨酸	组 His	$\begin{array}{c} \text{HC}=\text{C}-\text{CH}_2- \\ \quad \\ \text{N} \quad \text{CH} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{C} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	2.59



L- α -氨基酸



D- α -氨基酸

3. 氨基酸分类 根据与 α -碳原子相连的R-侧链有无极性分为:

- (1) 极性氨基酸 (R-侧链含有羟基、羧基、氨基、巯基等极性基团)。
- (2) 非极性氨基酸 (R-侧链含有烃基、苯基、吲哚基等非极性基团)。

根据与 α -碳原子相连的R-侧链上酸性或碱性基团情况又可分为:

- (1) 中性氨基酸 (一氨基一羧基氨基酸)。
- (2) 酸性氨基酸 (一氨基二羧基氨基酸)。
- (3) 碱性氨基酸 (二氨基一羧基氨基酸)。

有时, 还可以根据 α -侧链的基团称为脂肪族氨基酸、芳香族氨基酸、杂环氨基酸。

二、蛋白质的分子结构

(一) 肽键和肽

1. 肽键 一个氨基酸的 α -羧基与另一个氨基酸的 α -氨基脱水缩合后所生成的酰胺



键 (—C—NH—) 称为肽键。肽键是肽或蛋白质分子中氨基酸残基之间彼此以共价键相连的主要化学键 (主键), 肽键中C—N单键较短, 具有部分双键性质, 不能自由旋转。因此, 肽键上四个原子与相邻的两个 α -碳原子位于同一个平面上, 此平面称为肽键平面。肽键平面是蛋白质空间构象的基本结构单位, 相邻的肽键平面可以围绕 α -碳原子旋转形成不同状态的空间构象 (图 2-1)。

2. 肽 氨基酸通过肽键连接而成的化合物称为肽。二个氨基酸缩合成二肽, 三个氨基酸缩合成三肽, 多个氨基酸缩合成多肽。多肽呈链状, 称为多肽链。蛋白质的基本结构是多肽链结构。多肽链中各个氨基酸因在缩合中而有残缺, 分别称为氨基酸残基。多肽链中具有自由氨基末端称氨基末端 (N-末端), 具有自由羧基末端称羧基末

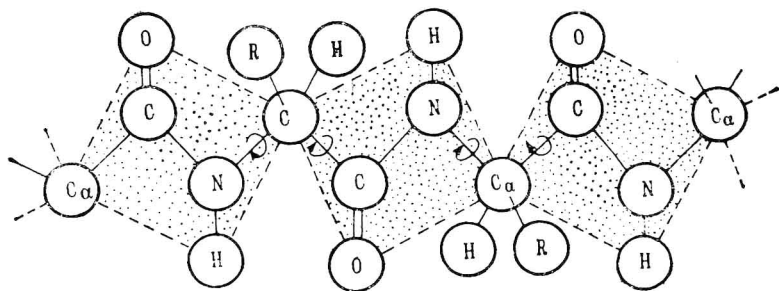
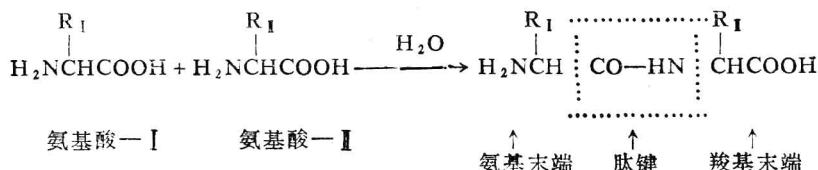
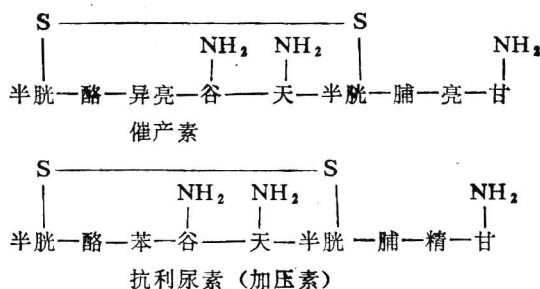


图 2—1 肽键平面

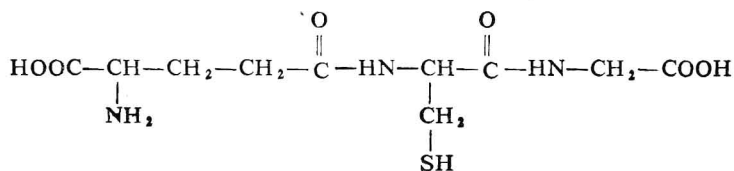
端 (C—末端)。多肽链中的 R 称为该氨基酸残基的侧链。



肽的命名是从肽链的氨基末端开始称为苯氨基酰苯氨基酸。这种命名很繁琐，除少数短肽外，一般都是根据生物学功能或来源命名。例如垂体后叶的两个激素，都是九肽，分别称为催产素和抗利尿素（加压素）



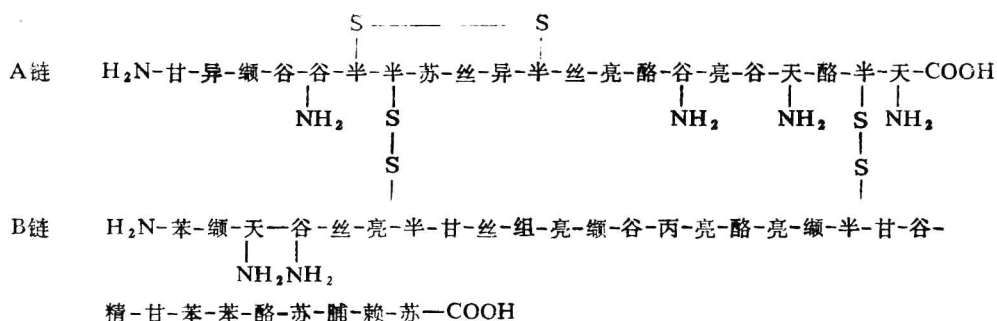
以上两种九肽的 C—末端都是甘氨酸，都有二硫链。动植物组织中还广泛存在的谷胱甘肽，是一种非典型三肽，它是 δ-谷氨酰半胱氨酰甘氨酸，谷胱甘肽中含有活泼的巯基，还原型写成 G-SH，氧化型写成 G-S-S-G。参与体内氧化还原反应。



谷胱甘肽 (G-SH)

(二) 蛋白质的一级结构

氨基酸在多肽链中种类、数量与排列顺序称为蛋白质的一级结构。组成天然蛋白质的氨基酸只有 20 种，可自然界中天然蛋白质的种类极其多，这都因为不同的蛋白质的一级结构不同。许多蛋白质的一级结构目前已经测知，例如胰岛素是由 51 个氨基酸残基组成两条多肽链，中间再通过二硫键相连。这 51 个氨基酸残基的排列顺序已完全搞清楚。其结构如下：



(三) 蛋白质的空间结构

1. 蛋白质分子的不同空间结构水平 蛋白质分子并不是一条走向随机松散的多肽

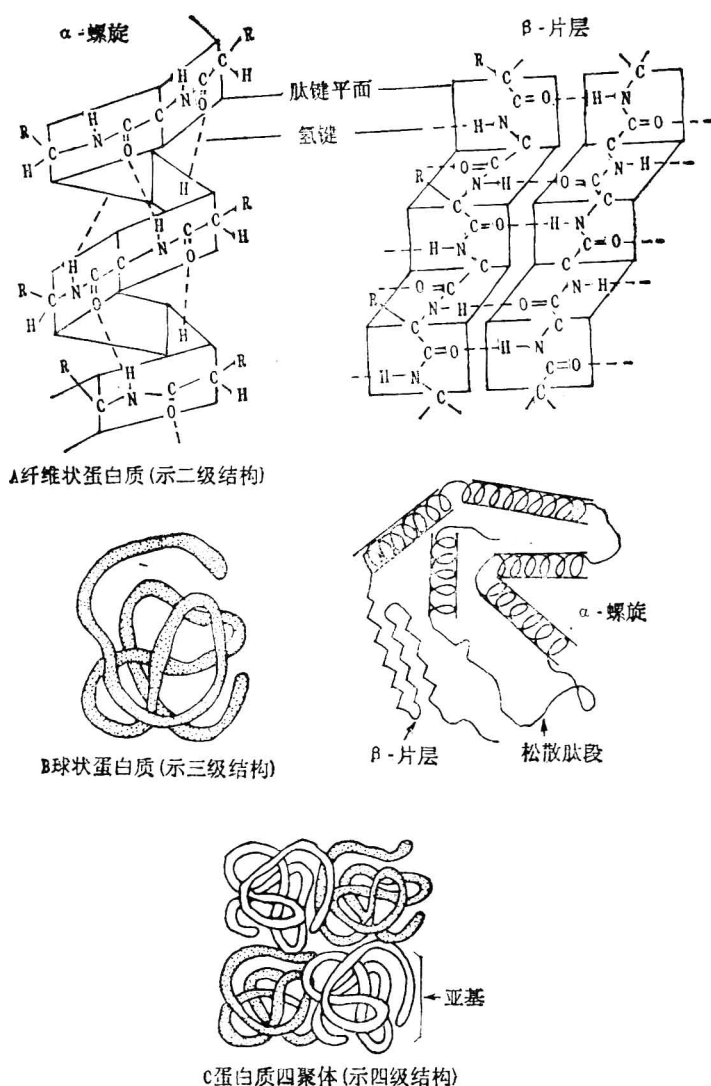
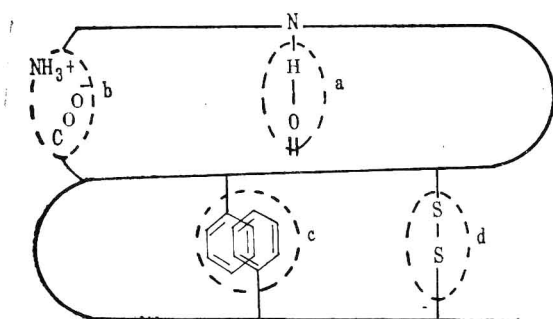


图 2--2 蛋白质的空间结构

链，而是都具有自己特定的、紧密的空间结构，这种空间结构通称为蛋白质的空间构象。为了表示结构水平的不同，又采用下列专门术语：二级结构、三级结构、四级结构。二级结构主要指多肽链所形成的 α -螺旋和 β -片层。三级结构主要指具有二级结构的多肽链在空间进一步形成的盘曲与折叠。只具有一条多肽链的蛋白质，最高只具有三级结构。具有多条肽链构成的蛋白质，称为寡聚蛋白质，寡聚蛋白质中每一条多肽链称为一个亚基，亚基之间的空间排布称为蛋白质的四级结构（图2—2）。

2. 维系蛋白质空间结构的作用力 维系蛋白质空间结构的作用力有氢键、离子键、疏水键等非共价键，此外还有属于共价键的二硫键。这些化学键有时通称为副键，正是由于这些副键才使天然蛋白质具有紧凑而有规律的空间结构，一旦这些副键断裂，空间结构将遭受破坏（图2—3）。



a 氢键 b 离子键 c 疏水键 d 硫键

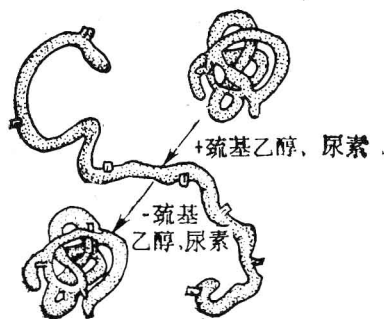


图2—3 维系蛋白质空间结构的副键

图2—4 核糖核酸酶变性和恢复过程示意图

（四）蛋白质结构与功能的关系

1. 一级结构与功能的关系 血红蛋白（Hb）是寡聚蛋白，有四条多肽链构成。二条 α -链和二条 β -链。 β -链由146个氨基酸残基组成，从 β -链N-末端起第6位氨基酸残基为谷氨酸，若因遗传密码改变，表达时变成缬氨酸，那么发生一级结构改变，于是导致镰刀状红细胞性贫血。

2. 空间结构与功能的关系 空间结构破坏会造成生理功能的丧失，例如牛的胰核糖核酸酶，是由124个氨基酸残基构成的多肽链，维系空间结构的有氢键和4条二硫键等副键，当用尿素和巯基乙醇处理后，副键被破坏，酶活性丧失。当去掉尿素和巯基乙醇，并经氧化处理，则随着酶的蛋白质空间结构的复原而酶活性又得到恢复（图2—4）。

三、蛋白质的理化性质

（一）蛋白质两性电离和等电点

1. 两性电离 蛋白质和氨基酸一样，是两性电解质，因为它们既含有能电离成正离子的氨基等碱性基团，又含有能电离成负离子的羧基等酸性基团，所以可以两性电离。至于到底电离成正离子还是电离成负离子，既取决于蛋白质分子上酸性基团和碱性基团的多少和相对比例，还取决于被溶解的溶液的pH值。如在pH值偏低的溶液中，酸