

卫生部规划教材

全国中等卫生学校教材

供社区医学、护理、口腔医学、妇幼卫生、助产、
医学检验、卫生检验、预防医学、药剂、医学影像诊断专业用

生物化学

第三版

主编 马如骏

主审 谢诗占



人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生物化学/马如骏主编. —北京:人民卫生出版社, 1997

ISBN 7-117-02563-8

I. 生… II. 马… III. 生物化学-专业学校-教材 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 06364 号

本书内封采用黑色水印防伪标识印制。请注意识别。

生 物 化 学

第 三 版

主 编: 马 如 骏

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 67616688)

地 址: (100078)北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: [http://www. pmph. com](http://www.pmph.com)

E - mail: [pmph @ pmph. com](mailto:pmph@pmph.com)

印 刷: 北京人卫印刷厂(四小)

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 11.25

字 数: 262 千字

版 次: 1985 年 11 月第 1 版 2002 年 11 月第 3 版第 43 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-02563-8/R·2564

定 价: 11.40 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

编写说明

随着医药科学技术的发展，医学教育的不断改革，教材作为体现教学内容和教学方法的知识载体，也应进行修订或更新，才能适应教学改革的需要。为此，卫生部教材办于1995年12月在济南召开了中等卫生学校第三轮规划教材评审委员和主编会议。会议确定要以培养实用型人才为目标，以新教学计划和新大纲为依据，强调“三基”，体现“思想性、科学性、先进性、启发性和适用性”等五性要求，同时，会上较好地解决了各学科间相关内容的衔接、重复、疏漏等问题。

本书按78学时编写，共分十三章。为了精选教学内容，减少不必要的重复，使生物化学理论与临床医学密切结合，确保课时目标有充足的教学时间，三版教材适当调整了编写框架，取消了血液、营养生化、水与电解质平衡失常等内容，删去了过深过细的理论和化学反应机制。对黄疸、酸碱平衡失调等在教材中点到为止，不过多阐述；对物质代谢过程尽量删繁就简，而对其生理意义则联系实际做重点叙述，努力做到削枝强干，通俗易懂。

生化实验是生物化学教学的重要组成部分，教材中安排的实验，力求验证理论兼顾临床实用，但要满足各专业的特殊需要，显然是不够的，各校可根据实际情况选择。

本书编写过程中得到河北省卫生厅领导和许多兄弟学校老师们的关心和帮助。石家庄卫生学校、济南卫校为本书的会务和审稿，赤峰卫校绘图室主任朱景和老师协助绘制了部分插图，特一并表示感谢。

由于编者水平与能力有限，编写时间仓促，教材中一定有很多缺点，甚至错误，我们恳切希望广大师生给予批评指正。

马如骏

1996年8月

目 录

第一章 绪论	1
一、人体生物化学的内容.....	1
二、生物化学的发展过程.....	2
三、生物化学和医学.....	3
第二章 蛋白质与核酸的化学	4
第一节 蛋白质的分子组成.....	4
一、蛋白质的元素组成.....	4
二、组成蛋白质的基本单位——氨基酸.....	4
第二节 蛋白质的结构与功能.....	7
一、蛋白质的基本结构.....	7
二、蛋白质的空间结构.....	7
三、蛋白质结构与功能的关系	10
第三节 蛋白质的理化性质和分类	10
一、蛋白质的理化性质	10
二、蛋白质的分类	12
第四节 核酸化学	13
一、核酸的分子组成	13
二、核酸的分子结构	15
三、某些重要的核苷酸	18
第三章 酶	20
第一节 概述	20
一、酶的概念	20
二、酶促反应的特点	20
第二节 酶的结构与功能	21
一、酶的分子组成	21
二、酶的活性中心与必需基团	21
三、酶原与酶原的激活	22
四、同工酶	23
五、酶作用的基本原理	23
第三节 影响酶促反应速度的因素	24
一、酶浓度的影响	24
二、底物浓度的影响	25
三、温度的影响	25
四、酸碱度的影响	26

五、激活剂的影响	26
六、抑制剂的影响	26
第四节 酶的分类、命名及其在医药学上的应用	29
一、酶的分类	29
二、酶的命名	29
三、酶在医药学上的应用	29
第四章 维生素	31
第一节 概述	31
一、维生素的概念	31
二、维生素的命名与分类	31
三、维生素缺乏病的原因	31
第二节 脂溶性维生素	32
一、维生素 A	32
二、维生素 D	33
三、维生素 E	34
四、维生素 K	34
第三节 水溶性维生素	35
一、维生素 B ₁	35
二、维生素 B ₂	36
三、维生素 PP	36
四、维生素 B ₆	37
五、泛酸	37
六、生物素	38
七、叶酸	38
八、维生素 B ₁₂	39
九、维生素 C	40
第五章 糖代谢	43
第一节 糖的分解代谢	43
一、糖酵解	44
二、糖的有氧氧化	47
三、磷酸戊糖途径	50
第二节 糖原的合成与分解	51
一、糖原的合成	51
二、糖原的分解	52
第三节 糖异生	53
一、糖异生途径	53
二、糖异生的生理意义	54
第四节 血糖	54
一、血糖的来源和去路	55

二、血糖浓度的调节	55
三、高血糖和低血糖	56
第六章 生物氧化	58
第一节 线粒体氧化体系	58
一、呼吸链的组成	58
二、线粒体呼吸链中氢和电子的传递	60
第二节 ATP 的生成与能量的利用和转移	61
第三节 非线粒体氧化体系	64
第四节 二氧化碳的生成	65
第七章 脂类代谢	67
第一节 概述	67
一、脂类的分布与含量	67
二、脂类的生理功能	67
三、脂肪代谢概况	67
第二节 三脂酰甘油的中间代谢	69
一、三脂酰甘油的分解代谢	69
二、三脂酰甘油的合成代谢	73
第三节 类脂的代谢	74
一、磷脂的代谢	74
二、胆固醇的代谢	75
第四节 血脂	77
一、血脂的组成与含量	77
二、血浆脂蛋白	78
三、高脂血症	80
第八章 蛋白质分解代谢	82
第一节 蛋白质的营养作用	82
一、蛋白质的生理功能	82
二、蛋白质的需要量	82
第二节 氨基酸的一般代谢	83
一、氨基酸代谢概况	83
二、氨基酸的脱氨基作用	84
三、氨的代谢	87
四、 α -酮酸的代谢	89
第三节 个别氨基酸的代谢	90
一、氨基酸的脱羧基作用	90
二、一碳单位的代谢	91
三、含硫氨基酸的代谢	94
四、芳香族氨基酸的代谢	95
第四节 氨基酸、糖和脂肪在代谢上的联系	97

第九章 核酸代谢和蛋白质的生物合成	99
第一节 核酸的代谢	99
一、核苷酸的合成代谢	99
二、核苷酸的分解代谢	102
三、DNA 的生物合成——复制	102
四、RNA 的生物合成——转录	105
第二节 蛋白质的生物合成	106
一、RNA 在蛋白质生物合成中的作用	106
二、蛋白质的生物合成过程	108
第三节 蛋白质生物合成与医学的关系	110
第十章 物质代谢的调节	113
第一节 细胞水平的调节	113
一、酶结构的调节	113
二、酶含量的调节	114
第二节 激素的调节	115
一、通过细胞膜受体的调节机制	115
二、通过细胞内受体的调节机制	116
第三节 整体调节	117
第十一章 肝生物化学	118
第一节 肝在物质代谢中的作用	118
一、肝在糖代谢中的作用	118
二、肝在脂类代谢中的作用	118
三、肝在蛋白质代谢中的作用	119
四、肝在维生素代谢中的作用	119
五、肝在激素代谢中的作用	120
第二节 胆汁酸代谢	120
一、胆汁	120
二、胆汁酸代谢与功能	120
第三节 肝的生物转化作用	121
一、生物转化的概念	121
二、生物转化的反应类型	121
第四节 胆色素代谢	123
一、胆红素的生成与转运	124
二、胆红素在肝内的转化	124
三、胆红素在肠道中的变化及胆色素的肠肝循环	124
四、血清胆红素及黄疸	125
第五节 常用肝功能试验及临床意义	127
第十二章 水与无机盐代谢	129
第一节 体液	129

一、体液的分布与组成	129
二、体液的交换	131
第二节 水平衡	131
一、水的生理功用	131
二、水的摄入和排出	132
第三节 无机盐的代谢	133
一、无机盐的生理功用	133
二、钠和氯的代谢	133
三、钾的代谢	134
第四节 水与电解质平衡的调节	135
第五节 钙、磷的代谢	135
一、钙、磷的含量、分布和生理功能	135
二、钙、磷的吸收与排泄	136
三、血钙与血磷	136
四、成骨作用与溶骨作用	137
五、钙、磷代谢的调节	138
第六节 微量元素的代谢	139
一、铁的代谢	139
二、锌的代谢	140
三、铜的代谢	140
四、碘的代谢	141
五、氟的代谢	141
六、硒的代谢	141
第十三章 酸碱平衡	143
第一节 体内酸性和碱性物质的来源	143
一、酸性物质的来源	143
二、碱性物质的来源	144
第二节 酸碱平衡的调节	144
一、血液的缓冲功能	144
二、肺在调节酸碱平衡中的作用	147
三、肾在调节酸碱平衡中的作用	147
第三节 酸碱平衡失常	149
一、酸碱平衡失常的基本类型	149
二、判断酸碱平衡的生物化学指标	150
三、酸碱平衡与电解质的关系	151
生物化学实验指导	153
生物化学实验基本知识 with 操作	153
实验一 血清蛋白质醋酸纤维薄膜电泳	155
实验二 酶的专一性	158

实验三	影响酶活性的因素·····	159
实验四	分光光度计的使用·····	160
实验五	血糖测定（邻甲苯胺法）·····	163
实验六	琥珀酸脱氢酶的作用及其抑制·····	164
实验七	肝中酮体生成作用·····	165
实验八	转氨基作用·····	166
实验九	血清钾、钠测定（火焰光度法）·····	167
实验十	血浆 CO ₂ 结合力测定（滴定法）·····	170
常用生化检验项目及参考值·····		172

第一章 绪 论

生物化学也称生命的化学。它是研究生物体的物质组成和结构以及生物体内发生的各种化学变化的科学。生物化学的任务是从分子水平来阐明产生各种生命现象的化学基础。生物化学是生命科学中的一门重要学科，也是医学、农业和工业等领域广泛应用的科学。

生物化学的研究对象是生物。按照研究对象可将生物化学分为动物生化和植物生化两大类。由于医学与生物化学有密切的联系，形成了医学生物化学，它以人体为主要研究对象，同时也充分利用微生物生化、动物生化的内容。医学生物化学的任务是为提高人类健康水平、预防和治疗疾病提供理论基础。

一、人体生物化学的内容

(一) 物质组成

组成人体的物质可分为有机物和无机物两类。有机物主要是蛋白质、核酸、糖类和脂类等。这几类有机物也被称为生物大分子。它们和生命活动有直接的联系，特别是蛋白质和核酸更被称为是生命的物质基础。无机物是水和无机盐，也可称为生物小分子。它们为生命活动的进行提供必要的环境和条件。所有生物分子的组成、结构、含量和存在形式与它们的功能都有密切的关系。

(二) 物质代谢

新陈代谢是生物区别于非生物的最重要的特征。就人体而言，为维持成年人的体重恒定和保持正常的活动能力，每年消耗的食物是人体重的6~7倍。人必须从食物获得各种营养素用于合成自身结构的组成物质，用于产生能量等。人体还必须将代谢过程中的废弃终产物排出体外。因此，新陈代谢一旦停止，生命也就结束，体内物质代谢的任何紊乱都可以干扰人的正常功能活动。学习人体内的代谢过程、代谢和生命活动的关系是生物化学的重点内容。

(三) 遗传信息的传递

生物在繁衍后代的同时，也将其性状从亲代传给子代，而且在代代相传中保持性状的稳定。百余年前，开始使用基因一词表示染色体上的决定遗传的物质。本世纪中叶，明确了基因就是DNA分子上的各个功能片段，亦即遗传的物质基础是核酸。阐明了生物遗传信息的传递和表达的过程。遗传信息表达的最终结果是生成具有各种功能的蛋白质。不同的生物有不同的表达结果，因而不同的生物有着不同的代谢类型和性状。遗传生化对于研究疾病的遗传性、免疫学、细胞的分化和肿瘤的发生以及药物对人体的作用等是不可缺少的理论基础。

(四) 生物分子的结构和功能

各种生命现象的产生都是以物质为基础的。特别是核酸和蛋白质是产生一切生命现象的物质基础。因此，对它们的化学组成和分子结构以及它们与生命活动的联系应有一

个基本的了解。生物体内有多种蛋白质，执行着不同的功能，其中一类具有催化功能的蛋白质即酶，是保证体内新陈代谢正常进行的关键物质。所以，对酶的组成、结构和发挥酶作用所需的条件，酶作用的特点等有所了解是学好生物化学的重要基础。

（五）物质代谢的调节

机体内的代谢错综复杂但又相互联系。机体内的代谢过程具有可调节性。通过体内对代谢速度和代谢方向的调节，使机体在内外环境不断变化时能够保持稳态和进行各种活动的的能力。

以上是生物化学教材的基础性内容。根据医学专业的需要，还应学习维生素、无机盐和水的代谢以及人体如何保持体内正常的酸碱平衡等内容。

二、生物化学的发展过程

生物化学和其他自然科学一样，是随生产、生活的实践和科学实践而发展的。古代劳动人民在酿酒、制酱、制醋中使用的方法就属于利用酶进行的生化过程。我国古代医学很早就从营养学方面提出了符合现代医学观点的内容。对维生素缺乏症、内分泌紊乱性疾病，我国古代医学著作中也有详细的符合现代医学认识的论述和正确的治疗方法。但由于长期的封建统治，我国的生物化学和其他自然科学一样未能有所发展。

从 18 世纪中叶，随着化学、物理学的发展以及医学、农学发展的需要，生物化学逐步发展。根据对生物组织进行的化学分析，人们认识到蛋白质、脂类、糖、水和无机盐是人体的组成物质。这些物质成为有机化学、生理学、营养学的研究重点。发酵工业的需要有力地促进了酶学的研究。在研究营养与人类健康方面，发现了食物中还含有一类人们过去不知道的一类营养素即维生素。认识到生命现象可从化学变化上加以说明。例如，法国学者拉瓦锡于 1785 年就提出呼吸的本质是有机物在体内的氧化作用。早期的生物化学研究主要是研究生物体的物质组成、物质的化学结构和理化性质等方面。所以将这一时期的生物化学称之为叙述生物化学。

1903 年德国学者纽伯 (C. Neuberg) 提出“生物化学”的名称。这是生物化学与有机化学、生理学脱离，走向独立学科的标志。

20 世纪生物化学有了迅速蓬勃的发展。到 50 年代，生物体内的蛋白质、糖和脂肪的分解代谢过程如糖酵解、脂肪酸 β 氧化、尿素循环、三羧酸循环等已基本明确。由于新技术的应用，对生物大分子结构的研究也有重大进展。例如，50 年代明确了胰岛素的氨基酸排列顺序。这在蛋白质化学的研究上是一个重大突破。我国学者在 60 年代首先人工合成了牛胰岛素。50 年代提出的 DNA 双螺旋结构模型开辟了遗传生物化学的研究方向。这一时期也阐明了生物大分子的合成代谢途径。对于生物分子的结构与功能的关系、代谢途径与生理功能的关系有了深入的了解。“第二信使”学说使物质代谢的调节的研究和应用进入新的更高的水平。

回顾生物化学的发展过程可以看出，生化的发展对医学、农学和相关的工业起了重大的促进作用。例如维生素 B₁ 的发现，拯救了千百万患脚气病的病人的生命；维生素 C 对坏血病的防治同样起了巨大作用。酶的研究为解救毒物中毒提供了治疗和预防的理论基础。胰岛素的发现使过去认为是不治之症的糖尿病病人得到有效的治疗。医学的发展更加证明在提高人类健康水平，征服疾病的道路上离不开生物化学的发展。

三、生物化学和医学

医学的发展和生物化学的发展紧密联系，相互促进。为了保证人的健康、预防疾病的发生和治疗疾病，医学必须建立在对人体的形态和功能详尽了解的基础上、建立在对内外环境的致病因子是如何引起疾病的基础上。还必须了解人体本身是如何维持健康，患病时人体如何反应和进行调节等问题。医学在发展过程中形成了多种学科。生物化学与各学科都有程度不同的联系。例如，各种营养素的代谢与一些疾病的发病机制有重要关系，也是营养学的基础；蛋白质和核酸的分子结构、在体内的生物合成以及遗传信息的表达对于肿瘤的防治、毒物的毒理作用、免疫功能的障碍和对病原微生物的研究都是必备的基础知识。很多疾病的发病机制、诊断和治疗都必须利用生化的理论和技术。例如各种营养缺乏症、内分泌功能紊乱性疾病、先天性酶缺失引起的疾病、毒物引起的中毒等。在基础医学领域，生物化学也渗透到各个学科，而且形成交叉性学科如组织化学、生化药理学、生化病理学等。由于对生命功能的研究已深入到分子水平，以致生理学和生物化学的传统界限已被打破。在诊断学方面，生化检验项目是医学检验工作的主要内容之一。医务人员只有具备必要的生物化学知识，才能正确地、有效地使用这些项目。

总之，生物化学是从事医疗预防工作的人员必须学习的学科。而且从发展的角度看，生命科学（也包括医学）正在以日益加快的速度发展，在 21 世纪将成为自然科学中的领先学科。一些对人类健康威胁最大的疾病如恶性肿瘤、心血管疾病等有可能被人类征服。因此，学好生物化学的重要性也就更加迫切和突出。

（石家庄卫生学校 马如骏）

第二章 蛋白质与核酸的化学

蛋白质和核酸是生命的主要物质基础。自然界约有 150 多万种生物，它们都有蛋白质和核酸。蛋白质不仅是生物体的主要构成成分，而且在生命活动过程中起着十分重要的作用。如催化代谢反应的酶，对代谢起调节作用的某些激素，具有免疫作用的抗体等都是蛋白质。此外，躯体的运动、肠蠕动、心肌的收缩、呼吸运动、体内某些物质的运输与储存、血液凝固、遗传信息的调控、细胞膜的通透性以及高等动物的记忆、识别功能等等都与蛋白质有关。核酸则是遗传的物质基础，与遗传信息的储存、传递及表达有关。为了解蛋白质与核酸在生命活动中的重要作用，首先就要学习这两类物质的化学。

第一节 蛋白质的分子组成

一、蛋白质的元素组成

所有蛋白质都含有碳、氢、氧、氮；大多数蛋白质含有硫；有些蛋白质含有磷；少数还含有铁、铜、锰、锌等金属元素；个别蛋白质含有碘。与糖、脂肪比较，蛋白质元素组成的特点是含有氮。蛋白质含氮量为 13%~19%，平均约为 16%，即 1g 氮相当于 6.25g 蛋白质。生物组织中的氮元素绝大部分存在于蛋白质分子中，所以测定生物样品中蛋白质含量时，只要测出样品中的含氮量，就可计算出蛋白质含量：

每克样品中含氮 g 数 $\times 6.25 \times 100 = 100\text{g}$ 样品中所含蛋白质克数 (g%)

二、组成蛋白质的基本单位——氨基酸

用强酸、强碱或一些蛋白水解酶类将蛋白质彻底水解，最终产物是氨基酸，所以氨基酸是组成蛋白质的基本单位。

组成自然界蛋白质的氨基酸主要有 20 种，根据结构不同，可分为脂肪族氨基酸、芳香族氨基酸和杂环氨基酸三类。它们的结构式见表 2-1。

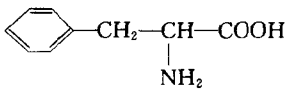
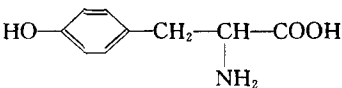
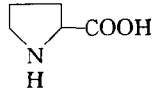
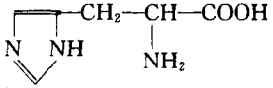
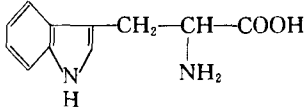
表 2-1 组成蛋白质的 20 种氨基酸

分类与名称	简写符号		结构式
	中文	英文（三字符号）	
一、脂肪族氨基酸			
1. 甘氨酸	甘	Gly	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$

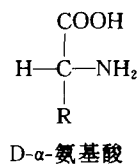
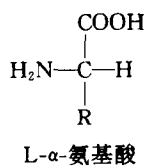
续表

分类与名称	简写符号		结构式
	中文	英文 (三字符号)	
2. 丙氨酸	丙	Ala	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
3. 缬氨酸	缬	Val	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$
4. 亮氨酸	亮	Leu	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$
5. 异亮氨酸	异	Ile	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$
6. 丝氨酸	丝	Ser	$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
7. 苏氨酸	苏	Thr	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$
8. 半胱氨酸	半	Cys	$\begin{array}{c} \text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
9. 蛋氨酸	蛋	Met	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
10. 天冬酰胺	天胺	Asn	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{O} \quad \text{NH}_2 \end{array}$
11. 谷氨酰胺	谷胺	Gln	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{O} \quad \text{NH}_2 \end{array}$
12. 天冬氨酸	天	Asp	$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$

续表

分类与名称	简写符号		结构式
	中文	英文 (三字符号)	
13. 谷氨酸	谷	Glu	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$
14. 赖氨酸	赖	Lys	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$
15. 精氨酸	精	Arg	$\text{H}_2\text{N}-\underset{\text{NH}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$
二、芳香族氨基酸			
16. 苯丙氨酸	苯	Phe	
17. 酪氨酸	酪	Tyr	
三、杂环氨基酸			
18. 脯氨酸	脯	Pro	
19. 组氨酸	组	His	
20. 色氨酸	色	Trp	

组成蛋白质的 20 种氨基酸, 除脯氨酸是环状亚氨基酸外, 其余都是 α -氨基酸。这些 α -氨基酸, 除甘氨酸因没有不对称碳原子, 无 L-型或 D-型之分外, 都属于 L-型。



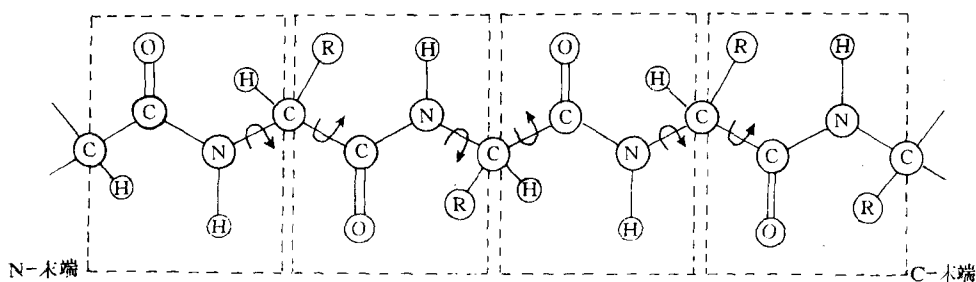


图 2-1 肽键平面示意图

各原子形成一定的空间排布及相互关系，称为蛋白质的空间结构，也称构象。维持蛋白质空间结构稳定的化学键主要有氢键、盐键、疏水键、范德华力等非共价键和二硫键，统称为次级键或副键。氢键是和负电性原子（如 N、O、S 等）共价结合的氢与另一个负电性原子之间的静电引力；盐键又称离子键，是蛋白质分子中异性电荷基团间静电引力所形成的化学键；疏水键是氨基酸残基上非极性基团避开水相而聚集在一起的相互粘附力；范德华力是蛋白质侧链基团紧密趋近时产生的相互引力；二硫键是由两个半胱氨酸残基的—SH 脱去 2H 形成的共价键。

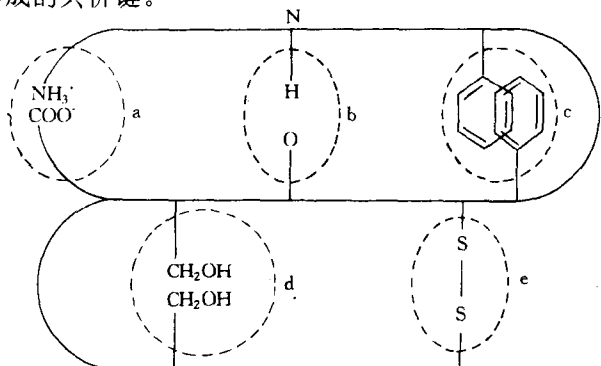


图 2-2 维系蛋白质空间结构的次级键

a. 离子键；b. 氢键；c. 疏水键；d. 范德华引力；e. 二硫键

蛋白质的空间结构根据其形成的范围和复杂程度不同，可分为二级、三级和四级结构。

（一）蛋白质分子的二级结构

多肽链主链骨架在各个局部由于折叠、盘曲而形成的空间结构称为蛋白质的二级结构。二级结构的主要形式是 α -螺旋、 β -折叠、 β -转角和无规卷曲等。

肽链的某一段盘曲成螺旋状结构称 α -螺旋。螺旋的走向是顺时针方向，即为右手螺旋。螺旋每圈包含 3.6 个氨基酸残基，螺距为 5.4nm，螺旋圈之间，每隔 3 个氨基酸残基，肽键的 $>C=O$ 和 $-NH-$ 形成氢键，使螺旋结构保持稳定（图 2-3）。

β -折叠是肽键平面之间折叠成锯齿状的结构。两段以上的 β -折叠结构平行排布并以氢键相连，则形成 β -片层。 β -片层中，若肽链从 N-端到 C-端走向相同，称顺向平行 β -片层；若走向相反，称逆向平行 β -片层（图 2-4）。

β -转角常指肽链中出现的一种 180° 的转折。以氢键维持转折结构的稳定。

无规则卷曲是多肽链中规则性不强的松散区段的构象。