

卫生职业学校规划教材

生物化学基础

SHENGWU HUAXUE JICHU

程燕飞 主编



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

生物化学基础

主 编 程燕飞(淮南卫生学校)
副 主 编 韦永久(合肥职业技术学院)
 周传礼(淮北卫生学校)
参编人员 程燕飞(淮南卫生学校)
 方 燕(阜阳卫生学校)
 梁益民(安徽红十字会卫生学校)
 徐永超(宿州卫生学校)
 周传礼(淮北卫生学校)

图书在版编目 (CIP) 数据

生物化学基础/程燕飞主编. —合肥: 合肥工业大学出版社, 2013. 12
ISBN 978-7-5650-1635-6

I. ①生… II. ①程… III. ①生物化学—医学院校—教材 IV. ①Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 301592 号

生物化学基础

程燕飞 主编

责任编辑 朱移山

出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2013 年 12 月第 1 版
地 址	合肥市屯溪路 193 号	印 次	2013 年 12 月第 1 次印刷
邮 编	230009	开 本	787 毫米×1092 毫米 1/16
电 话	总 编 室: 0551-62903038	印 张	13.75
	市场营销部: 0551-62903198	字 数	301 千字
网 址	www.hfutpress.com.cn	印 刷	合肥锦华印务有限公司
E-mail	hfutpress@163.com	发 行	全国新华书店

ISBN 978-7-5650-1635-6

定价: 35.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题, 请与出版社市场营销部联系调换。



前 言

根据全国卫生职业教育教学指导委员会编制的新一轮《全国职业教育教学计划和教学大纲》的要求,结合安徽省卫生职业教育教学发展的需要,我们编写了这本适应新一轮卫生职业教育教学计划的全新的教材。教材内容以科学性、实用性为宗旨,注重职业技能教育,紧紧把握大纲的基本要求,将适合临床和实践需要的新知识提炼融入教材,围绕人才就业市场,突出职业性和技能型,体现了思想性和实用性,可供医学相关专业的教学和执业资格考试选用。

本教材的编写理念是:坚持职业教育“服务为宗旨、就业为导向、岗位需求为标准”的原则,体现教育部提出的“思想性、科学性、先进性、启发性、适用性”的要求。在课程内容的取舍和课程结构设计方面,紧贴医学专业,适应就业市场,做到科学继承,有所创新,既反映出必要的新知识、新技术、新标准,又符合综合、够用、实用和精简的课程优化原则,且始终坚持培养学生实事求是的科学态度、良好的职业技能和职业道德以及创新精神的原则。在内容方面,针对学生可接受程度和专业需要的实际,删去了过深过细的理论和化学反应机制,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,更好地服务于职业教育和执业资格考试,培养能够从事医学工作的应用型高素质医技人才。

本教材共有 14 章,包括绪论、蛋白质化学、酶、核酸化学、维生素、糖代谢、生物氧化、脂类代谢、蛋白质分解代谢、核酸代谢和蛋白质的生物合成、血液生化、肝胆生化、水和无机盐代谢、酸碱平衡。4 个实验:血清蛋白醋酸纤维薄膜电泳、酶的专一性及影响酶促反应的因素、分光光度计的使用、血糖测定。

本教材安排 54 学时,其中理论教学 42 学时,实验课 12 学时。

本教材采用章节体。每章由导语、学习要求、正文、小结、复习题、病例分析组成。

导语:以趣味性的语言开启学生学习的兴趣,引入新知识。



学习要求：包括掌握、理解、了解三个层次。“掌握”指是学生对所学的知识熟练应用，能综合分析和解决临床工作的实际问题；“理解”是指学生对所学知识基本弄懂；“了解”是指学生对学过的知识点能熟悉。

正文：为帮助学生理解教材的相关知识点，在正文中增加了小贴士；为淡化理论的难度，增设了贴近生活的图像；为使知识系统化，增加了总结归纳的表格。

小结：总结概括每章的基本内容。

复习题：紧扣考试大纲，精选与临床医学紧密联系的生化试题，加深学生对知识的理解与运用。

病例分析：根据本章涉及的临床疾病编写，培养学生的临床思维。

本教材在编写的过程中，得到合肥工业大学出版社的大力支持，谨致谢意。

由于编者水平有限，书中难免有不足之处，希望广大读者、师生提出宝贵意见。

程燕飞

2013年2月



目 录

前 言	(001)
第一章 绪 论	(001)
第二章 蛋白质化学	(005)
第一节 蛋白质的分子组成	(005)
第二节 蛋白质的分子结构与功能	(007)
第三节 蛋白质的理化性质	(010)
第四节 蛋白质的分类	(013)
[小 结]	(013)
[复习题]	(014)
第三章 酶	(017)
第一节 概 述	(017)
第二节 酶的结构与功能	(019)
第三节 影响酶促反应速度的因素	(022)
第四节 酶的命名与分类	(026)
第五节 酶在医药学上的应用	(027)
[小 结]	(028)
[复习题]	(028)
第四章 核酸化学	(031)
第一节 核酸的分子组成	(031)
第二节 核酸的分子结构	(035)
第三节 DNA 的变性与复性	(038)
[小 结]	(039)
[复习题]	(039)
第五章 维生素	(042)
第一节 概 述	(042)

第二节 脂溶性维生素	(043)
------------------	-------

第三节 水溶性维生素	(047)
------------------	-------

[小 结]	(055)
-------------	-------

[复习题]	(055)
-------------	-------

第六章 糖代谢	(058)
---------------	-------

第一节 概 述	(058)
---------------	-------

第二节 糖的分解代谢	(059)
------------------	-------

第三节 糖原的合成与分解	(066)
--------------------	-------

第四节 糖异生	(069)
---------------	-------

第五节 血 糖	(071)
---------------	-------

[小 结]	(073)
-------------	-------

[复习题]	(074)
-------------	-------

第七章 生物氧化	(076)
----------------	-------

第一节 概 述	(076)
---------------	-------

第二节 线粒体生物氧化体系	(077)
---------------------	-------

第三节 ATP 的生成与能量的利用和转移	(079)
----------------------------	-------

第四节 二氧化碳的生成	(082)
-------------------	-------

第五节 生物氧化中自由基的产生与清除	(082)
--------------------------	-------

[小 结]	(084)
-------------	-------

[复习题]	(084)
-------------	-------

第八章 脂类代谢	(087)
----------------	-------

第一节 概 述	(088)
---------------	-------

第二节 甘油三酯代谢	(090)
------------------	-------

第三节 类脂代谢	(096)
----------------	-------

第四节 血脂及血浆脂蛋白代谢	(099)
----------------------	-------

[小 结]	(104)
-------------	-------

[复习题]	(105)
-------------	-------

第九章 蛋白质分解代谢	(107)
-------------------	-------

第一节 蛋白质的营养作用	(107)
--------------------	-------

第二节 氨基酸的一般代谢	(109)
--------------------	-------

第三节 某些氨基酸的特殊代谢	(116)
----------------------	-------

第四节 氨基酸、糖和脂肪在代谢上的联系	(120)
---------------------------	-------



[小 结]	(122)
[复习题]	(122)
第十章 核酸代谢与蛋白质的生物合成	(125)
第一节 核苷酸的合成代谢	(125)
第二节 DNA 的生物合成	(129)
第三节 RNA 的生物合成	(131)
第四节 蛋白质的生物合成	(132)
第五节 核酸与基因诊断和治疗	(139)
第六节 癌基因与抑癌基因	(140)
[小 结]	(141)
[复习题]	(142)
第十一章 血液生物化学	(145)
第一节 血液的化学组成	(146)
第二节 血浆蛋白质	(148)
第三节 红细胞的代谢	(151)
[小 结]	(155)
[复习题]	(156)
第十二章 肝胆生物化学	(158)
第一节 肝在物质代谢中的作用	(158)
第二节 肝的生物转化作用	(160)
第三节 胆汁酸代谢	(161)
第四节 胆色素代谢	(162)
第五节 常用肝功能试验及其临床意义	(165)
[小 结]	(166)
[复习题]	(167)
第十三章 水和无机盐代谢	(169)
第一节 体 液	(169)
第二节 水代谢	(172)
第三节 无机盐代谢	(174)
第四节 水与电解质平衡的紊乱	(181)
[小 结]	(183)
[复习题]	(184)

第十四章 酸碱平衡	(186)
第一节 体内酸性和碱性物质的来源	(186)
第二节 酸碱平衡的调节	(187)
第三节 酸碱平衡失常	(192)
[小 结]	(194)
[复习题]	(195)
实验指导基本知识和操作	(198)
实验一 血清蛋白醋酸纤维薄膜电泳	(199)
实验二 酶的专一性及影响酶促反应的因素	(201)
实验三 分光光度计的应用	(204)
实验四 血糖的测定(葡萄糖氧化酶法)	(206)
参考文献	(209)



第一章 绪 论

【导 语】

生物化学（简称生化）是一门非常有趣的科学，且与临床的联系非常密切。几乎所有的疾病都与生化相关——有的是因为生化学的改变而导致疾病，有的则是发生疾病后发生了生化学的改变。

生化是有趣的，人体就似一个小宇宙，人们对人体的认识没有穷尽，就像人们对宇宙的认识没有穷尽一样。科学的发展日新月异，人们在认识生命真谛的征程上永无止境……

生化是科学的，它的所有的理论都是通过实验来证明的。偶然性和必然性是事物突破的关键，科学家们大胆设想，勇于探索、实践，创造了一个又一个奇迹……

【学习要求】

1. 掌握生化的概念、研究内容、学习生化的方法；
2. 了解生化的发展史、生化与医学的关系。

生物化学（biochemistry）又称生命的化学，是研究生物体内化学分子与化学反应的基础生命科学，从分子水平探讨生命现象的本质。医学生物化学的任务是以人体为研究对象，从分子水平阐明生命现象的本质，从而为人类预防、诊断、治疗疾病提供基础理论依据。

一、生物化学的研究内容

（一）生物分子的结构和功能

组成人体的生物分子包括有机物和无机物两类。有机物包括生物大分子和小分子有机物。生物大分子种类繁多、结构复杂，例如糖类、脂类、蛋白质、核酸，它们具有独特的结构和性质，在生命活动中具有重要的功能，特别是蛋白质和核酸，是体现生命现象的物质基础。核酸是遗传的物质基础。维生素、氨基酸、核苷酸等是小分子有机物。水和无机盐是无机物，也是生物小分子，它们均是生命活动正常进行所必需的。

研究生命现象，必须熟悉这些生物分子的化学组成和分子结构，并将其结构与功能进行联系。本教材第二至五章主要介绍这方面内容。

（二）物质代谢

物质代谢即新陈代谢，是生物区别于非生物最重要的特征。包括物质代谢和能量

代谢。机体在生命活动中，一方面不断地从外界环境摄取氧气和营养物质，并将其转化成自身的组成成分，实现生长发育和组成成分的更新，同时储存能量，这称为合成代谢；另一方面，体内的组成成分不断地分解，转化成代谢终产物，并将其排出体外，同时释放能量供机体利用，这称为分解代谢。物质合成代谢和分解代谢总称为物质代谢，机体通过合成代谢维持其生长、发育、更新和修复，通过分解代谢产生能量和排泄废物。正常的物质代谢是生命活动的必要条件。能量代谢是指伴随物质代谢中的能量释放、转移和利用。机体内存在一整套精细、完善的调节机制，若物质代谢发生紊乱或调节失控就可引起疾病。

小贴士

你知道吗？

正常的物质代谢是生命活动的必要条件，以 60 岁年龄计算，推测人的一生中与外界环境进行交换的水约为 60000kg（若以 3000kg 为一卡车，则水约 20 卡车）、糖类 10000kg、蛋白质 600kg、脂类 1000kg。

研究人体内各种物质代谢化学变化的过程及其与生理功能的关系，是生物化学的重要内容，这部分内容主要见于第六至九章。

（三）遗传信息的传递与表达

DNA 是遗传的主要物质基础，基因是 DNA 分子的功能片段。RNA 参与遗传信息的表达，蛋白质的合成是遗传信息表达的结果。遗传信息的传递与表达涉及遗传、变异、生长、分化等生命过程，也与多种疾病的发生有关。随着基因工程技术、人类基因组计划及 DNA 重组的发展，基因信息传递与表达的研究在生命科学特别是医学中的作用越来越显示出重要意义。

这些内容在第十章予以叙述。

二、生化发展史

（一）世界生化发展史

1. 叙述生化时期

18 世纪中至 19 世纪末是生化的初级阶段，也称为叙述生化时期，主要研究生物体的化学组成。主要贡献有：对糖类、脂类及氨基酸的性质进行了较为系统的研究；发现了核酸；从血液中分离了血红蛋白；证实了连接相邻氨基酸的肽键的形成；化学合成了简单的多肽，奠定了酶学的基础等。

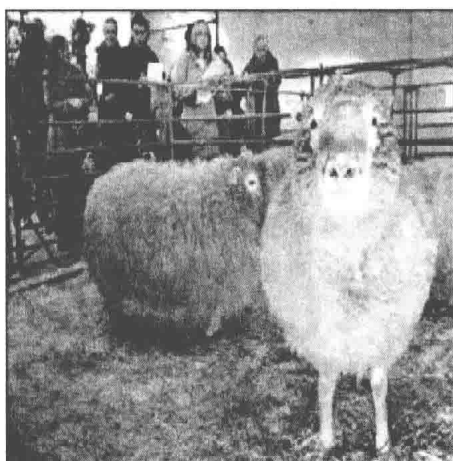
2. 动态生化时期

20 世纪初期，生化蓬勃发展，进入了动态生化时期。在营养方面，科学家发现了必需氨基酸、必需脂肪酸及多种维生素；在内分泌方面，发现了多种激素；在酶学方面，认识到酶的化学本质是蛋白质；在物质代谢方面，确定了体内重要物质的代谢途径，如糖的酵解、三羧酸循环以及脂肪酸氧化等。



3. 分子生物学时期

20 世纪后半叶以来,生化发展的显著特征是分子生物学的崛起。通常将研究核酸、蛋白质等生物大分子的结构、功能及基因结构、表达与调控的内容,称为分子生物学。具有里程碑意义的是 1953 年提出的 DNA 双螺旋模型,为揭示遗传信息传递规律奠定了基础,是生化进入分子生物学时期的重要标志。20 世纪 70 年代,重组 DNA 获得成功,从此开创了基因工程。DNA 克隆使得基因操作无所不能。20 世纪末启动的人类基因组计划,是人类生命科学的又一伟大壮举。2001 年 2 月,人类基因组草图的公布,是人类生命科学史的又一重大里程碑,它揭示了人类遗传学图谱的基本特点,将为人类的健康和疾病的研究带来根本性的变革。



(二) 中国生化发展史

早在西方生化诞生之前,即公元前 21 世纪,我国劳动人民已能用“曲”为“媒”(即酶)催化谷物发酵造酒,用豆制酱,用谷和麦做饅和醋,汉代制作豆腐,是人类从豆类提取并凝固蛋白质的开端。公元 7 世纪,医生已知道用猪肝(富含维生素 A)治疗雀目(夜盲症),孙思邈用含维生素 B₁的车前子、防风、杏仁、大豆、槟榔等治疗脚气病等。在古代,人们很早就开始在实践中应用生物化学的知识,只是未将其上升到系统理论。

近代,我国生化有了长足的发展,生物化学家吴宪在血液化学分析方面,创立了血滤液的制备和血糖测定法,在蛋白质研究中提出了蛋白质变性学说;刘思职在免疫化学领域,用定量分析方法研究抗原抗体反应机制。

新中国成立后,我国生化迅速发展。1965 年,我国科学家首先采用人工方法合成了具有生物活性的牛胰胰岛素;1981 年,又成功合成了酵母丙氨酸酰 tRNA。

近年来,我国的基因工程、蛋白质工程、疾病相关基因的定位克隆及其功能研究均取得了重要的成果。特别要指出的是,人类基因组草图的完成,也有我国科学家的贡献。

三、生化与医学的关系

生物化学是重要的基础医学学科，在基础医学领域，生物化学已渗透到各个学科，如生理学、微生物学、药理学及病理学，产生了许多新兴的交叉学科，并应用生物化学的原理和方法探讨和解决各个学科的问题。生化已成为各学科之间相互联系的语言。

生化为医学各学科从分子水平上研究正常或疾病状态时人体结构与功能乃至疾病、诊断与预防，提供了理论与技术，对推动医学各学科的新发展作出了重要的贡献。

疾病的预防方面，应用生物化学知识了解营养素代谢，从而合理选择膳食，对于抵御疾病、保持健康、延缓衰老具有重要的意义。诊断方面，如血清中肌酸激酶同工酶的电泳图谱用于冠心病诊断、转氨酶用于肝病诊断、淀粉酶用于胰腺炎诊断等。治疗方面，磺胺药物以及青霉素的发现开创了抗生素药物的新时代；利用基因工程技术生产药物、疫苗等，使很多严重危害人类健康的疾病得到控制或基本被消灭。如今，生物化学在医学领域已成为一门领头学科。

因此，作为一名医学生，学习生物化学可为后期基础医学以及临床医学的学习打下扎实的理论基础，也为今后在临床实践中，提高分析问题、解决问题的能力起到积极的作用。

四、学习生化的方法

（一）按照学习的要求掌握重点内容

如各代谢途径的场所、特点、意义以及与临床的联系。按时完成课后练习，定期复习、检测，日积月累逐渐构成自己的知识结构体系。

（二）融会贯通，寻找适合自己的多种学习方法

如通过比较法，列表记住蛋白质和核酸的元素组成、基本单位、结构功能及理化性质。

（三）活学活用，联系生活实际和临床知识

理解生化理论，培养用生化知识分析问题、解决问题的能力，如蛋白质的变性学说、高血氨的预防和治疗。

（程燕飞）



第二章 蛋白质化学

【导语】

生活中，鸡蛋煮熟后吃更易消化；豆浆中加入石膏会使之成为块状豆腐；阳光下晒被子可以消毒灭菌；临床上疫苗、血清要在避光、低温条件下保存。这些都是由蛋白质特有的理化性质所决定。让我们走进本章，一起认识蛋白质吧！

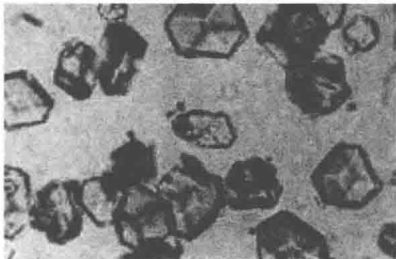
【学习要求】

1. 掌握蛋白质的元素组成、氨基酸的结构特点、蛋白质的结构及理化性质；
2. 了解蛋白质空间结构与功能的关系、蛋白质的分类。

小贴士

我国科学家在蛋白质合成中的贡献——人工合成结晶牛胰岛素

1965年9月17日，中国首次人工合成了结晶牛胰岛素。这是当时人工合成的具有生物活性的最大的天然有机化合物，实验的成功使中国成为第一个合成蛋白质的国家。中国学者成功合成有生物活性牛胰岛素的工作公布于世后，立即引起了国际科学界的高度重视。结晶牛胰岛素的人工合成是新中国第一个居世界领先水平的基础理论研究成果。我国科学家历经8年的艰苦努力，最终完成了牛胰岛素的合成。1982年，该成果荣获国家自然科学一等奖。



人工合成牛胰岛素结晶

第一节 蛋白质的分子组成

一、元素的组成

元素分析结果证明，组成蛋白质分子的元素主要是碳（50%~55%）、氢（6%~7%）、氧（19%~24%）、氮（13%~19%）和硫（0%~4%）。有些蛋白质还含有少

量的磷或铁、锰、锌、铜、钴等元素，个别蛋白质还含有碘（如图 2-1 所示）。蛋白质元素组成的一个重要特点是：一切蛋白质都含有氮，而且各种蛋白质的含氮量相当恒定，平均为 16%。由于体内含氮物质主要是蛋白质，因此，可用定氮法（如凯氏定氮法）测定样品的含氮量，再乘以系数 6.25，即可计算出样品中的蛋白质含量。

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

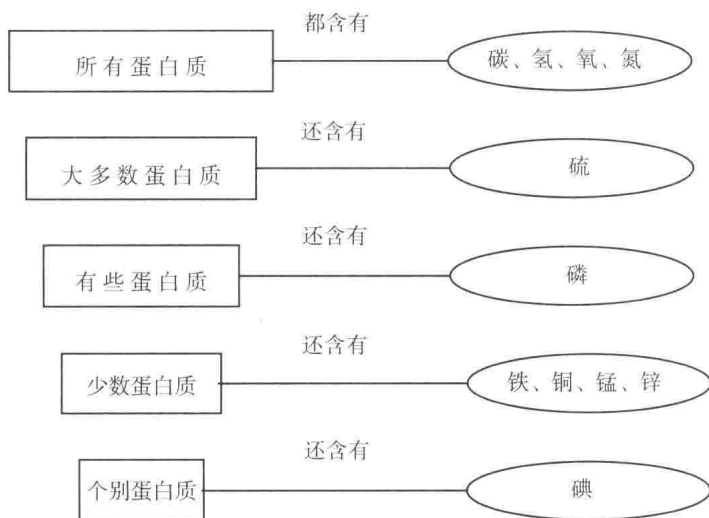


图 2-1 蛋白质的元素组成

据此可以指导人们的营养膳食以及对某些疾病的饮食治疗。

二、蛋白质的基本单位——氨基酸

各种蛋白质经酸、碱或蛋白质水解酶作用后，最终的水解产物都是氨基酸。因此，氨基酸是蛋白质的基本组成单位。

（一）氨基酸的结构

参与蛋白质合成的氨基酸有 20 种，除甘氨酸和脯氨酸外，其化学结构均属 L- α -氨基酸，氨基酸的结构通式如下：



结构式居中的 α -碳原子连接 4 个基团或原子，分别是氨基、羧基、氢和侧链 R。侧链 R 的不同，代表了 20 种各不相同的氨基酸。

（二）必需氨基酸

组成人体蛋白质的 20 种氨基酸，其中 8 种是体内需要而自身又不能合成、必须从外界食物中摄取的，称为必需氨基酸，它们是赖氨酸、色氨酸、苏氨酸、苯丙氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸。其余 12 种称为非必需氨基酸。



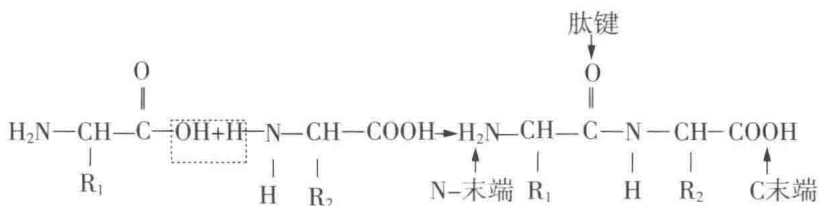
第二节 蛋白质的分子结构与功能

1952年丹麦科学家建议将蛋白质复杂的分子结构分成四个层次，即一级、二级、三级、四级结构，后三者统称为空间构象。但并非所有的蛋白质都有四级结构，由一条肽链形成的蛋白质只有三级结构。

一、蛋白质的一级结构

蛋白质分子多肽链中氨基酸的排列顺序称为蛋白质的一级结构。这种顺序是由基因上遗传信息决定的。一级结构是蛋白质分子的基本结构，它是决定蛋白质空间构象的基础。

维持蛋白质一级结构作用力的是肽键，肽键是由一分子氨基酸的 α -羧基与另一分子氨基酸的 α -氨基脱水缩合形成的酰胺键（ $-\text{CO}-\text{NH}-$ ）。



多个氨基酸以肽键连接成的化合物称为肽；两个氨基酸缩合为二肽；三个氨基酸缩合为三肽，以此类推。

N个氨基酸（20种）通过 $n-1$ 个肽键相连接的化合物称为多肽（大于10个氨基酸），呈一条直链式的结构，称为多肽链。肽链中的氨基酸分子因形成肽键失去部分基团，被称为氨基酸残基。肽有两个末端，有自由 α -氨基的一端称氨基末端或N-端；有自由 α -羧基的一端称为羧基末端或C-端。书写多肽的简式时，习惯上将N-末端写在左边，C-末端写在右边。

小贴士

谷胱甘肽（GSH）

GSH是由谷、半胱和甘氨酸组成的三肽。GSH的巯基具有还原性，为其活性基团（故常简写为G-SH），保护体内蛋白质或酶分子中巯基免遭氧化，从而保护红细胞膜的完整性。

二、蛋白质的空间结构

（一）蛋白质的二级结构

蛋白质的二级结构是指多肽链中主链原子在各局部区段空间的排列分布状况，而

不涉及各侧链 R 的空间排布。蛋白质的二级结构主要包括 α -螺旋、 β -折叠、 β -转角及无规则卷曲等。 α -螺旋和 β -折叠为两种最常见的主要形式。维持蛋白质二级结构稳定的主要力量是氢键。

1. α -螺旋

多肽链的主链围绕中心轴作有规律的盘曲，成螺旋状上升的结构为 α -螺旋。螺旋走向为顺时针方向，称为右手螺旋。每 3.6 个氨基酸残基螺旋上升一圈，螺距为 0.54nm，氨基酸的侧链伸向螺旋外侧。上下螺旋之间，通过肽键中的 N—H 和 C=O 形成氢键，氢键方向与螺旋长轴基本平行，它是稳定螺旋结构的重要力量（如图 2-2 所示）。

2. β -折叠

β -折叠又称 β -片层，是多肽链主链走向呈折纸状，以 β -碳原子为旋转点，折叠成锯齿状结构（如图 2-3 所示）。一条或两条以上多肽链的若干个 β -折叠可顺向平行排列，也可逆向平行排列，链间由氢键相连，以维持 β -折叠结构的稳定，氢键与长轴方向垂直。

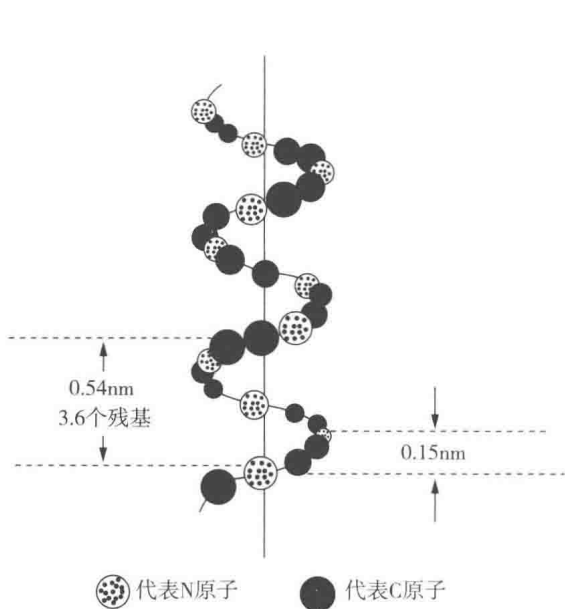


图 2-2 α -螺旋

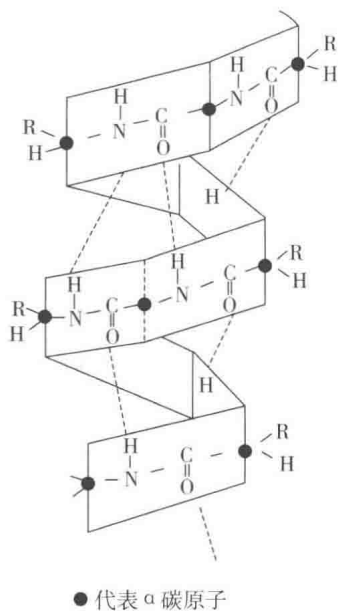


图 2-3 β -折叠

3. β -转角和无规则卷曲

在蛋白质二级结构中，有时多肽链主链可以出现 180° 转折，这就是 β -转角结构。无规则卷曲则是多肽链中规则性不强的松散区段的构象。它们都以氢键维持结构的稳定。

（二）蛋白质的三级结构

在二级结构基础上，由于侧链 R 基团相互作用，多肽链进一步折叠、盘曲所形成的空间结构，即整条多肽链所有原子在三维空间的排布位置，称为蛋白质的三级结构（如图 2-4 所示）。三级结构的稳定主要是依靠侧链基团相互作用形成的各种次级键，包括疏水作用力、氢键、盐键等。疏水作用力是维持蛋白质三级结构最主要的稳定力。