

农村基层卫生人员中等专业学历教育系列教材

生物化学

主编 阚慕洁

 北京科学技术出版社

农村基层卫生人员中等专业学历教育系列教材

生物化学

主 编 阚慕洁

北京科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/阚慕洁主编. —北京:北京科学技术出版社,
2009. 1

(农村基层卫生人员中等专业学历教育系列教材)

ISBN 978-7-5304-4062-9

I. 生… II. 阚… III. 生物化学-中等专业教育-教材
IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 200500 号

生物化学

主 编: 阚慕洁

责任编辑: 张晓雪

封面设计: 张佳佳

出 版 人: 张敬德

出版发行: 北京科学技术出版社

社 址: 北京西直门南大街 16 号

邮政编码: 100035

电话传真: 0086-10-66161951 (总编室)

0086-10-66113227 (发行部) 0086-10-66161952 (发行部传真)

电子信箱: bjkjpress@163.com

网 址: www.bkjpress.com

经 销: 新华书店

印 刷: 北京盛兰兄弟印刷装订有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

字 数: 225 千

印 张: 8.75

版 次: 2009 年 1 月第 1 版

印 次: 2009 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5304-4062-9/R · 1123

定 价: 15.00 元



京科版图书, 版权所有, 侵权必究。
京科版图书, 印装差错, 负责退换。

农村基层卫生人员中等专业学历教育系列教材

编 委 会

主 任 李春昌

委 员 (按姓氏笔画顺序排列)

车念聪	田相义	史京弘	兰文恒	李美琪
杨 芭	沈岳奋	张 义	陈玉琢	贺鸿远
贾明艳	唐榆林	曹祖庆	韩 敬	谭 勇

《生物化学》编委会

主 编 阚慕洁

副主编 朱丽红 晁相容

编 委 (按姓氏笔画顺序排列)

刘 畅	李 奇	吴山力	张纪周	阚慕洁
------	------	-----	-----	-----

序

从保障人民身体健康及促进我国国民经济发展的社会需求出发，按照党中央、国务院的战略部署，卫生部制定了《2001～2010年全国乡村医生教育规划》，为彻底改变我国乡村的卫生工作面貌，组建合格的、现代化的乡村医生队伍勾画了蓝图。《规划》提出在2010年前对现有的乡村医生有步骤、有计划地开展培训、考核，以确保其整体素质提高，逐渐向执业助理医师或执业医师过渡，提高卫生服务工作水平，以适应农村卫生事业的发展。这是新中国成立以来首次提出的、从根本上提高农村卫生服务人员质量的、具有划时代意义的大事。它必然在我国广大农村产生巨大的影响，带来显著的社会效益。这是一个难得的机遇和新的挑战，也是摆在乡村医生面前无法回避的现实。每一位乡村医生都必须摆正位置，抓住机遇，努力学习，提高自身素质，力争早日成为一名合格的执业助理医师或执业医师。

“好医生医学教育中心”创建伊始，就把乡村医生视为服务对象，多年来的教育实践，已经把“好医生医学教育中心”与广大的乡村医生紧紧地联系在一起。对乡村医生当前的急迫心理，“好医生医学教育中心”十分理解，也愿意借此机会为乡村医生提供更好的服务，编写一些针对性强的学习资料。

“好医生医学教育中心”从2003年末开始，组织多年来一直参与乡村医生培训与教学工作的教师和部分高等医学院校经验丰富的教育专家，从当前乡村医生整体培训实际工作需要和参加执业助理医师考试要求出发，编写了这套《农村基层卫生人员中等专业学历教育系列教材》。这套教材从整体上构建了完整的知识结构，涵盖基础医学、预防医学、临床医学、全科医学和部分人文医学内容，突出实际应用，侧重执业助理医师考试的重点学科、基本理论的重要补充、日常工作必须的学科知识。为了能够较好地系统学习这套教材，“好医生医学教育中心”制定了为时一年半的半脱产教学计划，并依据教学计划制作了整套的教学软件，配合教材一起提供给广大乡村医生，为大家的学习创造良好的条件。

希望大家在学习这套教材时，根据自己的实际情况，按教学大纲要求学好必修课程（讲授课程），同时也积极学习选修课程（自学课程），并抓住

重点，合理分配时间，提高学习效率。既可以提高自身知识水平、强化临床技能，又可以为参加执业助理医师考试奠定坚实的基础。只要大家能够在百忙之中抽出一定的时间认真学习，胜利必然会属于你们。

预祝大家学习进步，考试成功！

A handwritten signature in black ink, appearing to read '陈一鸣' (Chen Yiming), followed by a long horizontal stroke.

2008 年 12 月

前 言

本套教材由农村基层卫生人员中等专业学历教育教材编写委员会编写，主要供医学专业中等专业学校师生和广大基层医生使用，也适用于其他基层卫生人员的自学及其专业知识培训。

《生物化学》为农村基层卫生人员中等专业学历教育系列教材之一，它是基础医学到临床医学的桥梁课程，其宗旨是利用生物化学知识解决临床问题。为配合卫生部基层卫生人员培训计划，我们编写了这本实用性较强的《生物化学》教材。在教材编写过程中，强调了基本理论、基本知识、基本技能的“三基”训练内容，体现了科学性、思想性、先进性、启发性、适用性的“五性”原则，将国家执业助理医师考试大纲与中等卫生专业学校的教学大纲紧密结合，以中等专业学历教育要求的基础理论知识和实践技能为基础，以强化工作需要的知识和技能为要点，以助理医师考试为目标，力求重点突出，主次分明，文字深入浅出，通俗易懂，使学生能在有限的时间内尽快掌握应知应会的知识和技能。

本书包括蛋白质化学、核酸化学、酶、维生素、糖代谢、生物氧化、脂类代谢、蛋白质的分解代谢、核酸代谢和蛋白质的生物合成、肝生物化学、水与无机盐代谢和酸碱平衡等12章，在编写上注意与其他学科之间的横向联系和衔接，融会贯通，以激发学生的学习积极性，培养学生获取知识、运用知识与解决问题的能力。

为了使學生能够更好地理解掌握教学内容，每一章节开始部分都以表格形式列出主要内容，并且在重点内容前加“●”符号标识；每节内容后附“小结”，归纳总结本节内容的重点、要点；最后是“复习题”，检验本节的学习效果，加深记忆。本书突破了教材的传统编写模式，与时俱进，开拓创新，使学习事半功倍。

在本书编写过程中，编写人员倾注了大量心血，对内容进行反复推敲，多次修改，以保证教材质量。然而，由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不足之处，敬请专家和读者批评指正。

编 者

2008年12月

目 录

第一章 蛋白质化学	(1)
第一节 蛋白质的分子组成	(1)
第二节 蛋白质的分子结构	(3)
第三节 蛋白质的结构和功能的关系	(7)
第四节 蛋白质的理化性质和分类	(8)
第二章 核酸化学	(12)
第一节 核酸的化学组成	(12)
第二节 核酸的分子结构	(14)
第三节 核酸的理化性质	(18)
第三章 酶	(20)
第一节 酶作用的特点	(20)
第二节 酶的结构与功能	(21)
第三节 酶促反应动力学	(25)
第四节 酶的分类及其在医学上的应用	(29)
第四章 维生素	(31)
第一节 脂溶性维生素	(31)
第二节 水溶性维生素	(33)
第五章 糖代谢	(40)
第一节 糖的分解代谢	(40)
第二节 糖原的合成与分解	(48)
第三节 糖异生	(49)
第四节 血糖	(50)
第六章 生物氧化	(53)
第一节 线粒体氧化体系	(53)
第二节 ATP 的生成和能量的转换与利用	(56)
第三节 二氧化碳的生成	(59)
第七章 脂类代谢	(61)
第一节 概述	(61)
第二节 三酰甘油的代谢	(62)
第三节 类脂的代谢	(69)
第四节 血脂	(72)
第八章 蛋白质的分解代谢	(76)
第一节 蛋白质的营养作用	(76)
第二节 氨基酸的一般代谢	(78)

第三节 个别氨基酸的代谢	(84)
第九章 核酸代谢和蛋白质的生物合成	(91)
第一节 核酸的代谢	(91)
第二节 DNA 的生物合成	(96)
第三节 RNA 的生物合成	(98)
第四节 蛋白质的生物合成	(100)
第五节 蛋白质生物合成与医学的关系	(104)
第十章 肝生物化学	(106)
第一节 肝的生物转化作用	(106)
第二节 胆色素代谢	(108)
第三节 常用肝功能试验及临床意义	(111)
第十一章 水与无机盐代谢	(113)
第一节 体液	(113)
第二节 水平衡	(115)
第三节 无机盐的代谢	(116)
第四节 水与电解质平衡的调节	(119)
第五节 钙磷代谢	(119)
第十二章 酸碱平衡	(124)
第一节 体内酸性和碱性物质的来源	(124)
第二节 酸碱平衡的调节	(125)
第三节 酸碱平衡失常	(128)

第一章 蛋白质化学

蛋白质是生物体内一类极为重要的高分子物质,是生物体的基本组成成分之一,约占人体固体成分的 45%。蛋白质在生命活动过程中起着十分重要的作用:如体内的代谢反应几乎都是在酶的催化下进行的,酶是蛋白质;许多对代谢起调节的激素是蛋白质或其衍生物;具有免疫作用的抗体其主要成分是蛋白质;此外,躯体的运动、心肌的收缩、呼吸运动、肠蠕动、体内物质的运输、血液凝固、细胞膜的通透性以及遗传信息的调控等等都与蛋白质有关。可见,蛋白质是生命的物质基础,没有蛋白质就没有生命。为了了解蛋白质在生命活动中的重要作用,首先就要学习这类物质的化学。

第一节 蛋白质的分子组成

蛋白质的分子组成	蛋白质的元素组成 ● 蛋白质的基本单位 ● 氨基酸的分类
----------	------------------------------------

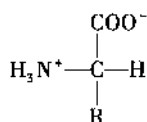
一、蛋白质的元素组成 所有蛋白质都含碳、氢、氧和氮;大多数蛋白质含有硫;有些蛋白质含有磷;少数蛋白质还含有铁、铜、锌、锰、钴、钼等金属元素;个别蛋白质还含有碘。

各种蛋白质的含氮量很接近,平均约为 16%。生物组织中的氮元素绝大部分存在于蛋白质分子中,因此测定生物样品的含氮量就可大致推算出样品中蛋白质的含量。

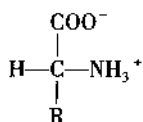
每克样品中含氮克数 $\times 6.25 \times 100 = 100g$ 样品中所含蛋白质含量(g%)

二、蛋白质的基本单位——氨基酸 蛋白质受酸、碱或蛋白酶的作用而水解,产生游离的氨基酸。氨基酸是组成蛋白质的基本单位。

组成人体蛋白质的氨基酸有 20 种。这些天然氨基酸在与羧基相邻的 α -碳原子上都有一个氨基,因而称为 α -氨基酸(脯氨酸为环状亚氨基酸)。除甘氨酸外,其余氨基酸的 α -碳原子都是不对称碳原子。 α -碳原子上 4 个不同基团的空间排列位置的差异形成不同的构型,即 *L* 型和 *D* 型。天然蛋白质中的氨基酸都属于 *L*- α 型氨基酸(甘氨酸除外)。



L- α -氨基酸



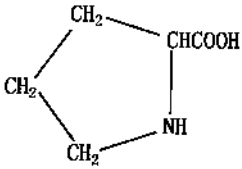
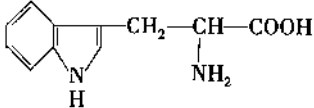
D- α -氨基酸

R 为侧链

不同氨基酸其侧链(R)各异。*D*-氨基酸不存在于蛋白质分子中,大都存在于某些抗生素及个别植物的生物碱中。

三、氨基酸的分类 α -氨基酸可按其侧链(R)的理化性质分为四类:①非极性疏水性氨基酸;②极性中性氨基酸;③酸性氨基酸;④碱性氨基酸(表 1-1)。

表 1-1 氨基酸分类

氨基酸名称	简写符号	结 构 式	等电点 (PI)
1. 非极性疏水性氨基酸			
甘氨酸	甘, Gly, G	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.97
丙氨酸	丙, Ala, A	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	6.00
缬氨酸	缬, Val, V	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$	5.96
亮氨酸	亮, Leu, L	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$	5.98
异亮氨酸	异, Ile, I	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$	6.02
苯丙氨酸	苯, Phe, F	$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.48
脯氨酸	脯, Pro, P		6.30
2. 极性中性氨基酸			
色氨酸	色, Trp, W		5.89
丝氨酸	丝, Ser, S	$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.68
酪氨酸	酪, Tyr, Y	$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.66
半胱氨酸	半, Cys, C	$\begin{array}{c} \text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.07
蛋氨酸	蛋, Met, M	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.74
天冬酰胺	天, Asn, N	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{O} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	5.41
谷氨酰胺	谷, Gln, Q	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \quad \\ \text{O} \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$	5.65
苏氨酸	苏, Thr, T	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	5.60

(续表)

氨基酸名称	简写符号	结 构 式	等电点 (PI)
3. 酸性氨基酸			
天冬氨酸	天, Asp, D	$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	2.97
谷氨酸	谷, Glu, E	$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	3.22
4. 碱性氨基酸			
赖氨酸	赖, Lys, K	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	9.74
精氨酸	精, Arg, R	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \qquad \qquad \\ \text{NH} \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$	10.76
组氨酸	组, His, H	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ 	7.59

小结

- 1. 各种蛋白质的含氮量很接近,平均约为 16%。生物组织中的氮元素绝大部分存在于蛋白质分子中,因此测定生物样品的含氮量就可大致推算出样品中蛋白质的含量。
- 2. 蛋白质的基本组成单位是氨基酸。组成人体蛋白质的氨基酸有 20 种,且都属于 L-α 型氨基酸(甘氨酸除外)。
- 3. 酸性氨基酸包括:谷氨酸、天冬氨酸。
碱性氨基酸包括:赖氨酸、精氨酸、组氨酸。
环亚氨基酸包括:脯氨酸。
芳香族氨基酸包括:苯丙氨酸、酪氨酸、色氨酸。
含硫氨基酸包括:半胱氨酸、蛋氨酸。
含羟基氨基酸包括:丝氨酸、苏氨酸、酪氨酸。

复习题

- 1. 蛋白质的基本组成单位是什么? 其结构有什么特点?
- 2. 组成自然界蛋白质的氨基酸有多少种? 它们是如何分类的?

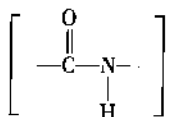
第二节 蛋白质的分子结构

蛋白质是由氨基酸通过肽键相连形成的生物大分子。由于组成人体蛋白质的氨基酸有 20 种,且蛋白质的分子量均较大,因此蛋白质的结构几乎是无穷尽的。蛋白质的分子结构分为一级、二级、三级和四级结构,后三者统称为高级结构或空间构象。蛋白质分子结构的不同决定了蛋白质的理化性质和生物学性质的不同。

蛋白质的分子结构	● 肽键和肽 ● 蛋白质的一级结构 ● 蛋白质的二级、三级和四级结构
----------	--

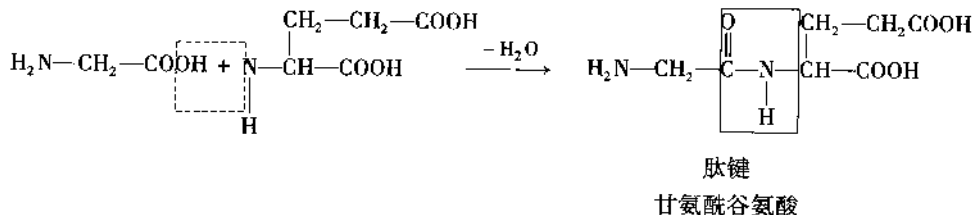
一、肽键和肽 一个氨基酸的 α-羧基与另一个氨基酸的 α-氨基脱水缩合形成的化学

键称为肽键。肽键是蛋白质分子中的主要共价键。

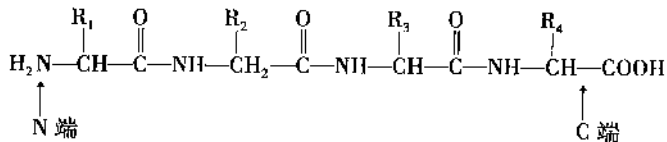


氨基酸通过肽键连接起来的化合物称为肽,其中氨基酸已不是原来完整的分子称为氨基酸残基。根据肽链中氨基酸残基数,分别称为2肽、3肽等。由较多氨基酸缩合形成的肽称为多肽。

现以甘氨酸与谷氨酸为例,可按下列方式缩合生成2肽甘氨酸酰谷氨酸。



多肽链的结构可以按下式表示:



式中的 $R_1, R_2, \dots$ 表示氨基酸的侧链, 多肽链的两端有自由的 α -氨基和 α -羧基, 分别称为氨基末端(N端)和羧基末端(C端)。按照通常惯例, 常把 N 端写在左侧, 而 C 端则写在右侧。

二、蛋白质的一级结构 蛋白质的一级结构是指蛋白质分子中氨基酸的排列顺序。肽键是蛋白质一级结构的主要化学键。有的蛋白质还包含二硫键,是由两个半胱氨酸巯基脱氢氧化而成。

图 1-1 为牛胰岛素的一级结构。胰岛素由 A(21 肽)和 B(30 肽)两条链组成。分子中共有 3 个二硫键,其中 2 个存在于 A 链和 B 链之间,1 个位于 A 链内。

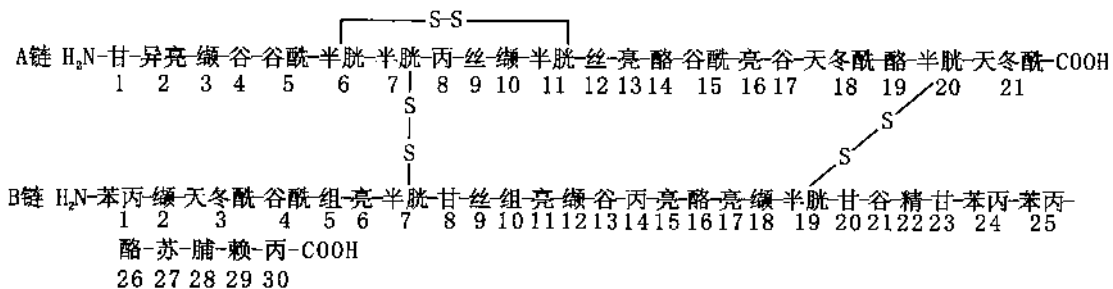


图 1-1 牛胰胰岛素的一级结构

蛋白质的一级结构是蛋白质的基本结构,是蛋白质的空间结构及其生物学活性的基础。

三、蛋白质的二级、三级和四级结构

(一)蛋白质的二级结构 蛋白质的二级结构是指其分子中主链骨架原子的相对空间位置,并不涉及氨基酸残基侧链的构象。

蛋白质主链骨架是由构成肽键的 4 个原子和相邻的两个 α 碳原子组成。蛋白质中肽键键长为 0.132nm, 短于 $C_{\alpha}-N$ 单键的 0.147nm, 长于普通 $C=N$ 双键的 0.132nm, 故肽键具有部分双键的性质。

质,不能自由旋转,且会出现顺反异构。因此肽键中的4个原子和相邻的两个 α 碳原子都处在同一个平面上,称为肽键平面或酰胺平面(图1-2)。肽键平面是构成二级结构的基本单位。

蛋白质二级结构的主要形式是 α -螺旋、 β -折叠、 β -转角和无规则卷曲。维系蛋白质二级结构的化学键是氢键。

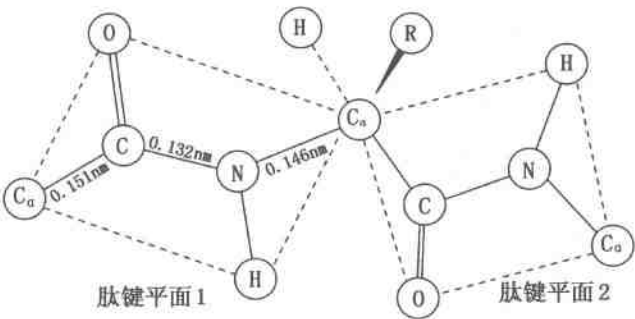


图1-2 肽键平面示意图

1. α -螺旋 α -螺旋是指蛋白质分子中肽键平面通过 α -碳原子的相对旋转,沿长轴方向,按规律盘绕形成的一种螺旋构象(图1-3),其结构特点如下:多肽链以肽键平面为单位,形成右手螺旋结构。螺旋旋转一周包含3.6个氨基酸残基,螺旋上升一圈的高度(螺距)为0.54nm。 α -螺旋的每个肽键的N—H和第4个肽键的羰基氧形成氢键,氢键的方向与螺旋长轴基本平行。肽链中全部肽键均可形成氢键,故 α -螺旋结构相当稳定。各氨基酸残基的R基团均伸向螺旋外侧。

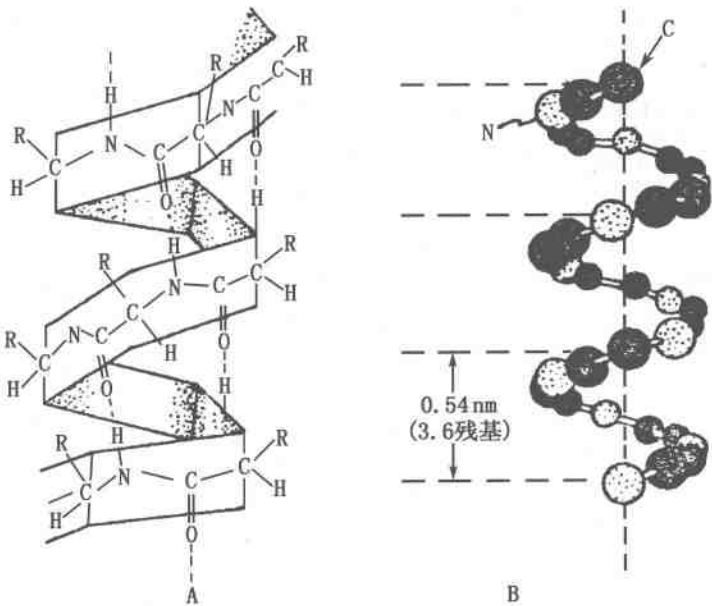


图1-3 α -螺旋示意图

2. β -折叠 在 β -折叠中,多肽链几乎完全伸展呈折纸状。相邻肽键平面之间折叠成锯齿状结构。R基团交替位于锯齿状结构的上下方。两段相邻的肽链片段的锯齿状结构可平行排列,如走向相同为顺向平行;如走向相反,则为逆向平行。它们之间靠链间肽键的羰基氧

与 N—H 形成氢键相连,氢键的方向与折叠的长轴垂直(图 1-4)。

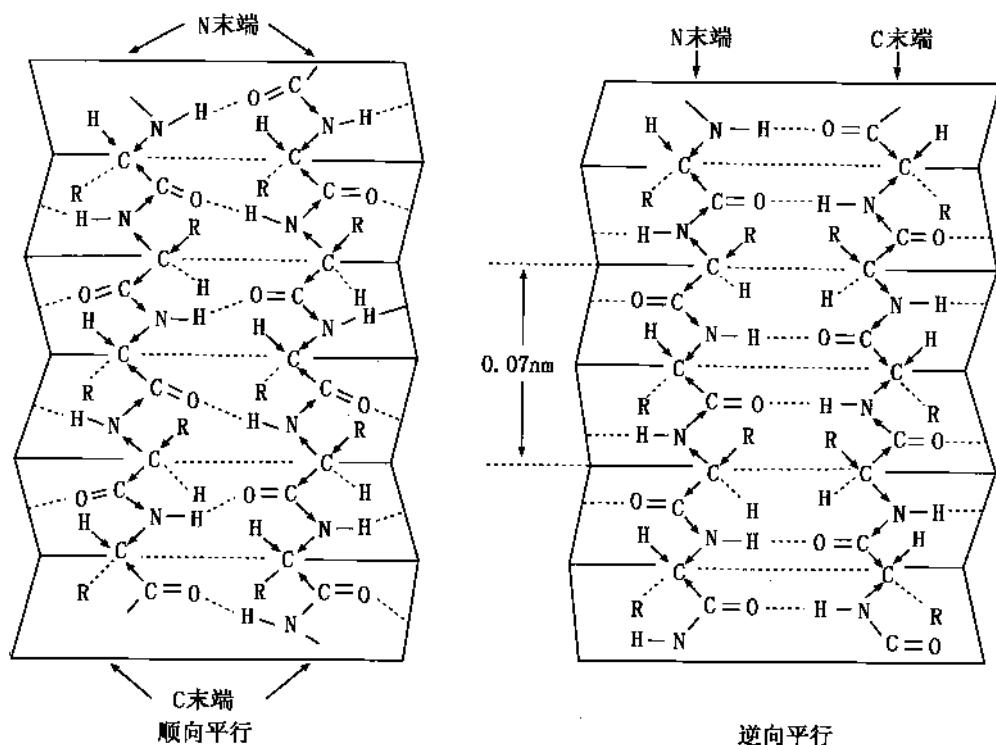


图 1-4 β -折叠示意图

3. β -转角 β -转角常发生于肽链进行 180° 回折时的转角上。通常由 4 个氨基酸残基组成,其第 1 个氨基酸残基的羰基氧(O)与第 4 个氨基酸残基的氨基氢(H)可形成氢键。

4. 无规则卷曲 用来阐述无确定规律性的肽链结构。

(二)蛋白质的三级结构 蛋白质的三级结构是指多肽链在二级结构的基础上再进一步盘曲折叠所形成的空间结构,即整条肽链所有原子的空间排布。蛋白质三级结构的形成和稳定主要靠次级键——离子键(盐键)、疏水作用、氢键和范德华力等。

(三)蛋白质的四级结构 几个具有独立三级结构的多肽链进一步结合在一起形成蛋白质的四级结构。其中每一条多肽链称为亚基,即四级结构是由 2 个或 2 个以上具有独立三级结构的亚基组成。在四级结构中,各亚基间的结合力主要是疏水作用,氢键和离子键也参与维持四级结构。并不是所有蛋白质都具有四级结构。

小结

1. 蛋白质是由氨基酸通过肽键相连形成的生物大分子。
2. 肽键是指一个氨基酸的 α -羧基与另一个氨基酸的 α -氨基脱水缩合形成的化学键,是蛋白质分子中的主要共价键。
3. 由 2 个氨基酸缩合形成的化合物称为 2 肽,多个氨基酸缩合形成的肽称为多肽。多肽链的两端有自由的 α -氨基和 α -羧基,分别称为 N 端和 C 端。
4. 蛋白质的一级结构是指蛋白质分子中氨基酸的排列顺序。肽键是蛋白质一级结构的主要化学键。蛋白质的一级结构是蛋白质的基本结构,是蛋白质的空间结构及其生物学活性的基础。
5. 蛋白质的空间结构是指其二级、三级和四级结构。
6. 肽键平面是构成蛋白质二级结构的基本单位。二级结构的主要形式是 α -螺旋、 β -折叠、 β -转角和

无规则卷曲。氢键是维系蛋白质二级结构的主要化学键。

复习题

- 1. 肽键是如何形成的？
- 2. 什么是蛋白质的一、二、三和四级结构？维系各级结构的化学键是什么？
- 3. 试述 α -螺旋结构要点。
- 4. 试述 β -折叠结构要点。

第三节 蛋白质的结构和功能的关系

蛋白质的特定功能是由其特定的构象决定的,而其特定的构象又是由其一级结构决定的。

蛋白质的结构和功能的关系	构象决定生物学功能 一级结构决定构象
--------------	-----------------------

一、构象决定生物学功能 蛋白质特定的构象是表达特定生物学活性的基础。构象发生变化,其功能、活性也随之改变。

现以血红蛋白为例来说明构象与功能的关系。

血红蛋白的功能是运输氧和二氧化碳。它有两种能互变的天然构象即紧密型(T型)和松弛型(R型)。T型对氧的亲合力低,不易与氧结合;R型则相反,对氧的亲合力比T型高数百倍。血红蛋白随红细胞在血液循环中往返于肺及其他组织之间,随条件的变化,其构象不断地互变。在肺毛细血管中,氧分压很高,氧作为别构效应剂促使T型转变成R型,有利于血红蛋白饱和地携带氧;在全身组织毛细血管中,氧分压较低,而另一些血红蛋白的别构效应剂如CO₂浓度较高,促使血红蛋白从R型转变为T型,有利于释放氧。血红蛋白两型构象的变化,引起结合氧与释放氧的变化,有效地完成了运输氧的功能。此种氧或CO₂与血红蛋白结合后引起的构象变化称为别构效应。小分子氧或CO₂称为别构效应剂。

二、一级结构决定构象 蛋白质特定的构象和功能是由其一级结构决定的。例如,如将胰岛素分子中A链N端的第1个氨基酸残基切去,其活性只剩下2%~10%,如再将紧邻的第2~4位氨基酸残基切去,其活性完全丧失。可见这些氨基酸残基的存在是必不可少的。如将胰岛素A、B两链间的二硫键还原,A、B两链即分离,此时胰岛素的功能也完全消失,说明该两对二硫键对于维持胰岛素分子的完整性及其构象起很大作用,因此其一级结构的半胱氨酸残基是必不可少的,而且其顺序也不容改变。现已发现很多遗传性疾病是由于基因突变,导致蛋白质一级结构改变,进而影响其构象,使其丧失正常功能。

小结

蛋白质的特定功能是由其特定的构象决定的,构象发生变化,其功能、活性也随之改变。而其特定的构象又是由其一级结构决定的。

复习题

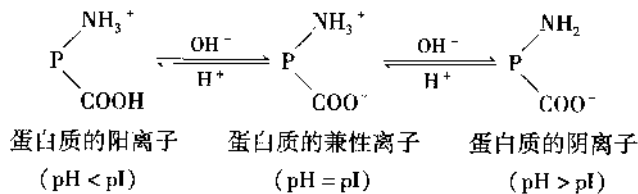
举例说明蛋白质的结构与功能的关系。

第四节 蛋白质的理化性质和分类

蛋白质的理化性质和分类	● 蛋白质是两性电解质 - 蛋白质的亲水胶体性质 ● 蛋白质的沉淀 ● 蛋白质的变性与凝固 - 蛋白质的分类
-------------	--

一、蛋白质是两性电解质 蛋白质分子除两端的氨基和羧基可分别解离带正电和负电外,其侧链中某些基团,如天冬氨酸、谷氨酸残基中的 β 和 γ -羧基,赖氨酸残基中的 ϵ -氨基,精氨酸残基中的胍基和组氨酸残基中的咪唑基,在一定 pH 条件下的溶液中都解离成带负电荷或正电荷的基团。蛋白质在溶液中以何种离子形式存在,取决于分子中碱性基团与酸性基团的数量、比例以及溶液的 pH 值。在 pH 值低(酸性)的溶液中,酸性基团解离受抑制,蛋白质解离成阳离子,此时,如果向溶液中通以直流电,蛋白质分子就向负极移动;如在 pH 值高(碱性)的溶液中,碱性基团的解离受到抑制,蛋白质解离成阴离子,带负电,如通以直流电,则蛋白质分子向正极移动。

当蛋白质溶液处于某一 pH 时,蛋白质解离成阴、阳离子的趋势相等,成为兼性离子,净电荷为 0,此时溶液的 pH 称为该蛋白质的等电点,用 pI 表示。蛋白质溶液的 pH 大于等电点时,该蛋白质颗粒带负电荷,反之则带正电荷。



体内各种蛋白质的等电点不同,但大多数接近于 5.0。所以在人体血浆 pH 为 7.4 的环境中,大多数蛋白质解离成阴离子。少数蛋白质含碱性氨基酸较多,故其等电点偏碱性,如组蛋白。也有一些蛋白质含酸性氨基酸较多,其等电点偏酸性,如胃蛋白酶。

二、蛋白质的亲水胶体性质 蛋白质是生物大分子,分子量很大,在 1 万至百万之间,最大者可达数千万。其分子的颗粒大小已达到胶体颗粒的范围(1~100nm),所以其溶液具有胶体溶液的性质,如溶液扩散慢、黏度大、不能透过半透膜等。蛋白质颗粒表面大多是亲水基团,可吸引水分子,使颗粒表面形成一层水化膜,从而阻断蛋白质颗粒的相互聚集,防止溶液中蛋白质沉淀析出。除水化膜是维持蛋白质胶体稳定的重要因素外,蛋白质颗粒表面可带有同种电荷,由于同种电荷相斥,使颗粒不致聚集沉淀,也可起稳定胶粒的作用。若去除蛋白质胶粒两个稳定因素,蛋白质极易从溶液中沉淀。

蛋白质颗粒体积大,不能透过半透膜。若将含有小分子杂质的蛋白质溶液放在半透膜制成的袋内,置于蒸馏水或适当的缓冲液中,小分子杂质即可透过半透膜逸至袋外而与蛋白质分离,这种方法称为透析,可用于纯化蛋白质。严重肾病时,由于肾功能不良,许多对人体有害的小分子物质不能排出体外而堆积在体内。为保持血液中蛋白质的浓度并且除去一些有害的小分子物质,可以用透析的方法来治疗。

三、蛋白质的沉淀 蛋白质由溶液中析出的现象称为蛋白质的沉淀。破坏蛋白质胶粒的