

吉林省高等教育自学考试教材

生物化学

(护理专业)

主编 高中兴



长春出版社

吉林省高等教育自学考试教材

生 物 化 学

(护理专业)

主 编 高中兴

长 春 出 版 社

(吉)新登字 10 号

生 物 化 学

主编 高中兴

责任编辑：王敬芝	封面设计：王爱宗
长春出版社出版	长春出版社发行
(长春市建设街 43 号)	长春大学印刷厂印刷
开本：787×1092 1/16	1993 年 4 月第 1 版
印张：20	1993 年 4 月第 1 次印刷
字数：462 000	印数：1—3 600 册
ISBN 7-80573-907-2/O·5	定价：12.00 元

前 言

《高等教育护理专业(专科)课程自学考试教材》是吉林医学院按着吉林省高等教育自学考试委员会和吉林省卫生厅关于在全省开设护理专业的培养目标,根据全日制普通高等学校同类专业相应课程标准,以全国高等医药院校统编教材为依据,结合我校高护专业教学经验和以学历考试为主的高等教育自学考试特点以及学员的实际情况而编写的。《生物化学》每章均有基本内容、复习思考题,有条件学员可自行进行实验,最后附自我测试和答案。《生物化学》力求深入浅出,简明适用,突出重点。

编 者

1993 年 1 月

目 录

第一章 绪论	(1)
第二章 蛋白质化学	(4)
第一节 概述	(4)
第二节 蛋白质的分子组成	(4)
第三节 蛋白质的分子结构	(7)
第四节 蛋白质分子结构与功能的关系	(11)
第五节 蛋白质性质	(12)
第六节 蛋白质的分类	(16)
第三章 核酸化学	(18)
第一节 核酸的化学组成	(18)
第二节 核酸的分子结构	(22)
第三节 核酸的理化性质	(28)
第四章 酶	(30)
第一节 概述	(30)
第二节 酶的结构与功能	(32)
第三节 酶促反应的动力学	(36)
第四节 酶的命名与分类	(43)
第五节 酶与医学的关系	(44)
第五章 维生素	(46)
第一节 概述	(46)
第二节 脂溶性维生素	(47)
第三节 水溶性维生素	(52)
第六章 糖代谢	(61)
第一节 概述	(61)
第二节 糖的生理功用	(61)
第三节 糖的分解代谢	(62)
第四节 糖原合成与分解和糖异生	(74)
第五节 糖代谢调节和糖代谢异常	(79)
第七章 生物氧化	(83)
第一节 概述	(83)
第二节 催化生物氧化有关酶类	(85)
第三节 线粒体内的呼吸链	(87)
第四节 生物氧化中 ATP 能量转换和利用	(91)

第八章 脂类代谢	(98)
第一节 脂类的生理功用及分布.....	(98)
第二节 脂类的消化和吸收.....	(99)
第三节 血脂.....	(99)
第四节 脂肪的中间代谢.....	(103)
第五节 磷脂代谢.....	(111)
第六节 胆固醇的代谢.....	(114)
第九章 蛋白质的分解代谢	(117)
第一节 蛋白质的营养作用.....	(117)
第二节 蛋白质的消化、吸收和腐败.....	(119)
第三节 氨基酸的一般代谢.....	(120)
第四节 个别氨基酸的代谢.....	(129)
第十章 核酸代谢	(141)
第一节 核苷酸的生物合成.....	(141)
第二节 DNA 的生物合成.....	(146)
第三节 RNA 的生物合成.....	(151)
第四节 核酸的分解代谢.....	(154)
第十一章 蛋白质的生物合成	(157)
第一节 概论.....	(157)
第二节 蛋白质生物合成过程.....	(162)
第三节 蛋白质合成的调节.....	(166)
第四节 蛋白质生物合成与医学的关系.....	(169)
第十二章 物质代谢调节	(172)
第一节 细胞水平的代谢调节.....	(172)
第二节 激素对物质代谢的调节.....	(176)
第三节 物质代谢的整体调节.....	(179)
第十三章 血液	(182)
第一节 血液的化学成分.....	(182)
第二节 血浆蛋白质.....	(183)
第三节 血液凝固和纤维蛋白溶解.....	(187)
第四节 红细胞的代谢.....	(191)
第十四章 肝脏生化	(198)
第一节 肝脏在物质代谢中的作用.....	(198)
第二节 肝脏的生物转化作用.....	(202)
第三节 胆汁酸的代谢.....	(205)
第四节 胆色素代谢.....	(208)
第五节 肝功能检查原则.....	(212)
第十五章 水与无机盐代谢	(214)

第一节	体液·····	(214)
第二节	水平衡·····	(217)
第三节	无机盐平衡·····	(219)
第四节	水与无机盐的平衡调节·····	(220)
第五节	水与无机盐代谢平衡失调·····	(223)
第六节	钙磷代谢·····	(225)
第七节	微量元素的代谢·····	(231)
第十六章	酸碱平衡·····	(234)
第一节	体内酸性和碱性物质的来源·····	(234)
第二节	酸碱平衡的调节·····	(235)
第三节	酸碱平衡失调及生化指标·····	(240)
附录	·····	(245)
	辅导·····	(245)
	实验·····	(277)

第一章 绪 论

一、生物化学的概念、研究对象和任务

生物化学即生命的化学。它是主要应用化学的理论、技术及物理学、免疫学等原理和方法来研究生物体(包括植物、微生物、动物和人体等)的化学组成和化学变化规律的一门科学。它的任务就是用上述理论和方法,从分子水平来探讨生命现有的本质。其研究范围大致可以概括如下:

(一)探讨生物体的物质组成以及这些组分的结构、性质和它们的功能。人体的基本化学组分是蛋白质、核酸、脂类、糖、水和无机盐,这些组分又是按着严格的方式,构成各种能够体现多种功能的生物结构。蛋白质、核酸和糖是生物体内特有的大分子有机化合物,常被称为生物分子,其分子结构复杂,种类甚多,是体现各种生命现象最基本的物质,如繁殖、遗传、神经兴奋、肌肉收缩等无不依赖于生物分子特有的结构与功能。

(二)生命特征之一是物质代谢,因此生物化学必须研究生物体内各种物质的变化规律,以及在这些物质变化过程中能量的转化情况。

(三)研究生物体内各种物质的结构、代谢、生物学功能和复杂的生命现象之间的关系。

(四)在了解上述各项的基础上,再进一步运用这些知识去改造自然,促进生产,提高人民的健康水平。

本书涉及范围主要是人体生物化学,其内容概括为以下几个方面:

- (1)蛋白质和核酸化学;
- (2)酶和维生素;
- (3)物质代谢及其调节;
- (4)水和无机盐的代谢、体内酸碱平衡的维持及其调节;
- (5)肝脏生物化学和血液。

二、生物化学的发展

和其它自然科学的发展一样,生物化学也随着生产实践、科学实践和生活实践而发展。我国劳动人民远在上古时代就已开始在生产、饮食及医药等方面的实践中,积累了丰富经验,有许多发明创造,对生物化学科学发展作出了贡献。在食品制作(如酿酒、制酱、制醋、做豆腐)、营养和医药等方面取得的成就远早于其它国家。例如,公元4世纪时,葛洪就记载了用含碘丰富的海藻治疗瘰病的方法;公元7世纪时,孙思邈记载了脚气病并认为这是一种食米区的疾病,可用车前子、防风、杏仁、大豆、槟榔等治疗。现在知道,这些药物或

食物都含有维生素 B₁。他还首先使用含有丰富维生素 A 的猪肝治疗雀目(夜盲症)。现知夜盲症是缺乏维生素 A 的疾病。公元 11 世纪北宋沈括所著《良方》卷一,记载有“秋石阴炼法”,采用皂角汁(内含皂苷)沉淀,以及过滤、升华等一系列化学和物理方法,从人尿中提取出相当纯净的性激素制剂——“秋石”,并应用于医疗实践,取得了良好的效果。公元 12 世纪,我国劳动人民已能分离和凝固植物蛋白以制造豆腐。明代李时珍(1518~1593)长期亲自上山采药,著有《本草纲目》一书,此书共记载药物 1880 种。公元 17 世纪记载了甘蔗的栽培技术以及制糖设备和工艺过程,具有相当高的科学价值,其中关于用石灰澄清法处理甘蔗汁的工艺,至今仍为世界公认的最经济的方法。

在欧洲,生物化学是在 15 世纪时资本主义生产方式得到发展后才出现。由于物理学、化学、生物学和医学的发展,一直到 19 世纪下半叶才逐渐形成了近代生物化学的雏型。在生物化学的形成过程中,化学家和生理学家起了重要的作用。例如,19 世纪下半叶,由于药物的化学分析,第一次从植物材料和动物材料中分离出乳酸、柠檬酸、酒石酸、苹果酸、尿酸和甘油等,居住在瑞典的德国药剂师舍勒,在这方面做出了卓越的贡献。18 世纪末,法国的著名化学家拉瓦锡根据氧气被发现的新事实,通过一系列定量的科学试验,认为:当物质燃烧的时候,并不是“燃素”从燃烧物体中分离出来,而是氧元素与燃烧物化合的结果,从而推翻了过去“燃素”说化学。而后拉瓦锡经过科学试验,发展了有机体的呼吸和蜡烛的燃烧同样都是碳氢化合物的氧化,在氧化过程中氧消耗了,水和二氧化碳产生了。这是化学史上一个重要发现,也是生命的化学史上一个重大发现。

从 19 世纪到 20 世纪,发酵工业和医疗事业有很大发展。生物体的化学组成——氨基酸的发现是和乳酪的发酵,蚕丝、羊毛和动物角的分析等联系在一起的。德国的有机化学家费歇经过长期的科学实验,于 1902 年先后发现了缬氨酸、脯氨酸和羟脯氨酸,并于 1907 年成功地用化学方法联接 18 个氨基酸,合成了多肽。

20 世纪时,由于生产和科学试验的进展,有机体的主要组成物质——糖、脂肪、蛋白质、核酸等化学结构和生理功能,已被人们认识。随着科学实验的不断深入,对机体化学变化的研究有了进展,例如光合作用、生物氧化等以及生命过程中的催化剂——酶也逐渐被深入了解。

由于航海、工农业和医药卫生的发展,人们对维生素、激素和抗菌素的认识也由不知到知之,由知之到知之较多。

总之,人类在漫长的历史发展过程中,通过生活和生产实践,很早就积累了许多生化知识,然而,近代的生物化学仍然是一门较年轻的学科,在 20 世纪初期才发展成为一门独立的新学科。由于生物化学和其它学科的广泛联系以及它在解决很多重大的理论课题和生产实践中所发挥的作用,生物化学已成为本世纪中发展最快的科学之一,是生命科学领域中的一门带头学科。

在我国,近代生物化学的起步虽较晚,但是从本世纪 20 年代开始,我国老一辈生物化学家在蛋白质化学、免疫化学、营养学等方面开展了很多工作。我国近代生物化学的奠基人吴宪提出的蛋白质变性学说,是当时最完备的学说,其基本论点至今仍然是正确的。他在血液化学方面创立了无蛋白血滤液的制备方法,使生物化学检验所需要的血液标本的量大为减少,为现代临床生化做出了不可磨灭的贡献。1949 年中华人民共和国成立后,我

国生物化学有了迅速的发展,在一些重要领域内取得高水平的成就。如 1965 年,在我国首先用人工合成了有生物活性的蛋白质——结晶牛胰岛素。我国科学工作者还使用 X 光衍射方法成功地测定了猪胰岛素分子的空间结构,其分辨率达 0.13nm。1979 年 12 月 27 日又成功地用人工方法合成了有 41 个核苷酸组成的酵母丙氨酸转运核糖核酸半分子,为天然核糖核酸的人工合成打开了一条通路,终于 1981 年合成了具有生物活性的酵母丙氨酸转运核糖核酸,它标志着我国在这方面的的工作已达到了世界先进水平。

在现代生物化学发展的基础上,于 20 世纪 60 年代形成了一门新的边缘学科——分子生物学。它同生物化学一起,从蛋白质、核酸等生物大分子的水平上来研究生命现象,特别是在生物膜的结构与功能、遗传变异的分子基础、生物大分子的结构和功能的关系、代谢的调控、酶的结构和功能以及酶活性的调节及催化作用原理等的研究上。

当前,生物化学的研究方法和技术在工农业生产上的一项新兴技术即生物工程技术中被广泛应用。生物工程技术包括遗传工程、细胞工程、酶工程等。利用遗传工程技术,人们已经可以用大肠杆菌生产胰岛素、生长激素和干扰素等。因此,生物工程技术的兴起成为推动当前技术革命的一支重要力量。

总之,生物化学和分子生物学是当今人类在探索生命世界的奥秘,并为人类谋取健康和福利道路上的有力武器。

三、生物化学与医药卫生各学科的关系

生物化学是重要的基础医学学科之一,它是从有机化学和生理学发展的基础上兴起的,故三者关系密切。例如,要了解生物分子的结构和性质,并将其合成,这就是有机化学与生物化学的共同课题;要从分子水平上去弄清生物体的结构、功能及生命的本质,显然又是生理学与生物化学的一个共同目的。

近年来,生物学、微生物学、药理学及病理学等学科的研究已深入到分子水平,它应用生物化学的理论与方法,来探讨和解决各个学科的问题。例如,近代药理学研究药物对酶活性和代谢过程的影响,并已发展成为生化药理学和分子药理学。

生物物理学是在近代生物化学基础上发展起来的一门科学,它主要应用物理的方法来研究生物体内物质的性质和结构、能量转变及代谢调控等。

此外,生物化学与临床医学的关系极为密切。用分子水平来探讨疾病的病因、诊断与治疗已离不开生物化学的理论和技術。例如,对人类危害极大的肿瘤,尽管目前对其病因、发病机理还不十分清楚,但已大致了解到癌变的本质是由于物理、化学或生物因素直接或间接作用于脱氧核糖核酸(DNA)分子而引起基因突变或基因表达控制失灵,继而表现出蛋白质、酶及细胞表面成分的改变,结果造成细胞形态异常、恶性生长及转移。因此,要制服肿瘤,生物化学是不可缺少的一支力量,另外,临床上常用血、尿等体液进行定性定量检测,如血清谷丙转氨酶测定对肝炎的诊断,血、尿淀粉酶测定对胰腺炎的诊断等无不运用生物化学的知识和技术。所以,运用生化知识和技术对许多疾病的诊断和治疗具有重要的参考价值。

第二章 蛋白质化学

第一节 概 述

蛋白质既是生物体的最基本组分,又是体现生命活动最重要的物质之一。所有的生物体都含有蛋白质和核酸。最简单的生物体如病毒是由蛋白质和核酸组成的。蛋白质和核酸与遗传、繁殖以及生命的各种功能有极密切关系。

在自然界中,蛋白质的数量和种类极其繁多。一个大肠杆菌体内就有 3000 种以上的蛋白质,人体内有 10 万种以上的蛋白质。整个生物界有百亿种以上的蛋白质。生物体千差万别的功能,都与蛋白质有关。蛋白质在生命活动中起着极其重要的功能。

(一)蛋白质是构成人体的主要物质。蛋白质占人体干重的 45%。

(二)蛋白质是许多物质的载体,在体内蛋白质起着运输某些物质的作用。如血红蛋白是氧的载体,运铁蛋白是铁的载体等。

(三)所有的酶都是蛋白质,酶是生物催化剂,催化化学反应。没有酶,体内许多化学反应不能进行,没有酶,生命就要停止。

(四)抗体、某些激素和凝血因子都是蛋白质。肌肉收缩是肌球蛋白和肌动蛋白作用的结果。

总而言之,哪里有生命,哪里就有蛋白质。许许多多的生命现象都与蛋白质有关。所以蛋白质与医学关系极为密切。

第二节 蛋白质的分子组成

一、蛋白质的元素组成

蛋白质结构很复杂,种类极多,但各种蛋白质元素组成都很近似。主要由碳、氢、氧、氮、硫等组成。其中碳(50%~56%)、氢(6%~8%)、氧(19%~24%)、氮(13%~19%)、硫(0%~4%),此外有些蛋白质含碘、磷等。特别是各种蛋白质含氮量十分接近,大约占 16%。所以只要测出某种样品中含氮的量,就能计算出该样品中大致含蛋白质的量(克%)。

二、组成蛋白质分子的基本单位——氨基酸

通常根据化学组成将蛋白质分为两大类:单纯蛋白质和结合蛋白质。单纯蛋白质水解产物完全由氨基酸组成,而结合蛋白质是由氨基酸和非氨基酸部分组成。尽管蛋白质种类繁多,生物功能千差万别,但组成蛋白质的基本单位——氨基酸只有 20 种。根据氨基酸在中性溶液中侧链解离状态而分为中性、酸性和碱性见表 2-1。

表 2-1 组成蛋白质的 20 种氨基酸

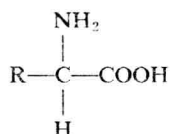
分类	名称 (简称)	英文缩写	等电点 (pI)	结构式
中 性 氨 基 酸	甘氨酸 (甘)	Glycine (Gly)	5.97	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	丙氨酸 (丙)	Alanine (Ala)	6.00	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	缬氨酸 (缬)	Valine (Val)	5.96	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \diagdown \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$
	亮氨酸 (亮)	Leucine (Leu)	5.98	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$
	异亮氨酸 (异亮)	Isoleucine (Ile)	6.02	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$
	丝氨酸 (丝)	Serine (Ser)	5.68	$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	苏氨酸 (苏)	Threonine (Thr)	6.53	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$
	苯丙氨酸 (苯)	Phenylalanine (Phe)	5.48	$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	酪氨酸 (酪)	Tyrosine (Tyr)	5.66	$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	色氨酸 (色)	Tryptophan (Trp)	5.89	$\begin{array}{c} \text{C}_8\text{H}_6\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	半胱氨酸 (半)	Cysteine (Cys)	5.07	$\begin{array}{c} \text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	蛋氨酸 (蛋)	Methionine (Met)	5.74	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	脯氨酸 (脯)	Proline (Pro)	6.30	$\begin{array}{c} \text{C}_5\text{H}_9\text{N}-\text{COOH} \\ \\ \text{H} \end{array}$
	天冬酰胺 (天-NH ₂)	Asparagine (Asn)	5.41	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	谷氨酰胺 (谷-NH ₂)	Glutamine (Gln)	5.65	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$

续表 2-1 组成蛋白质的 20 种氨基酸

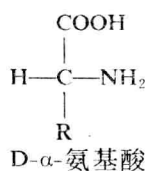
分类	名称 (简称)	英文缩写	等电点 (pI)	结构式
酸性氨基酸	天冬氨酸 (天)	Aspartic acid (Asp)	2.77	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	谷氨酸 (谷)	Glutamic acid (Glu)	3.22	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
碱性氨基酸	赖氨酸 (赖)	Lysine (Lys)	9.74	$\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2$
	精氨酸 (精)	Arginine (Arg)	10.76	$\begin{array}{c} \text{NH} \\ \\ \text{C} - \text{NH} - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \qquad \qquad \\ \text{NH}_2 \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$
	组氨酸 (组)	Histidine (His)	7.59	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \qquad \\ \text{N} \quad \text{NH} \\ \diagup \quad \diagdown \end{array} \quad \text{NH}_2$

有的氨基酸在蛋白质合成过程中或合成后可发生变化,如脯氨酸可变成为羟脯氨酸,赖氨酸可变成为羟赖氨酸,半胱氨酸可变成为胱氨酸等。所以蛋白质分子中可以出现表 2-1 以外的氨基酸。在蛋白质生物合成中,这 20 种氨基酸都有自己相应的密码子(见第十一章)。此外有的氨基酸在体内游离存在,尚未在蛋白质中发现,如鸟氨酸,瓜氨酸等。

参加蛋白质生物合成的 20 种氨基酸除脯氨酸是亚氨基酸外,其余 19 种都是 α -氨基酸。可用一个通式来表示如下:



各种氨基酸只有 R-基团不同。除甘氨酸不含有不对称碳原子外,其他氨基酸中的 α -碳原子都是不对称碳原子。因而除甘氨酸外,每种氨基酸都有两种构型: D-型和 L-型。蛋白质中的氨基酸都是 L-型。



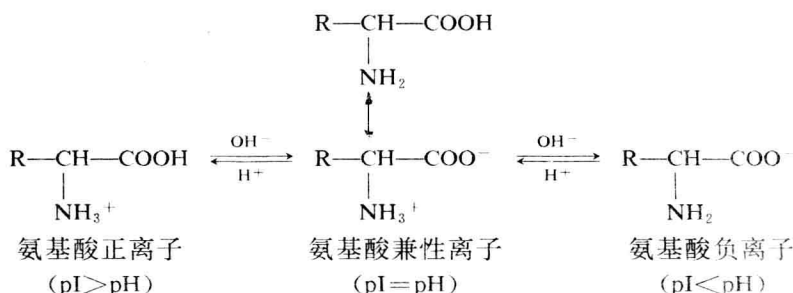
三、氨基酸的理化性质

(一)物理性质

氨基酸是小分子有机化合物,但熔点高,能溶于 H_2O 而不溶于乙醚、苯等有机溶剂。氨基酸是无色结晶。

(二)氨基酸的两性解离和等电点

一般说在较强的酸性溶液中,氨基酸的羧基解离受到抑制,氨基酸带正电荷;而在较强的碱性溶液中,氨基酸的氨基解离受到抑制,氨基酸带负电荷,氨基酸这种性质称为两性解离。在某一 pH 值条件下,氨基酸的羧基和氨基解离相等,氨基酸分子呈电中性,这时溶液的 pH 值就是该种氨基酸的等电点,用 pI 表示。氨基酸的种类不同,解离基团的解离度大小不同,等电点也不相同。



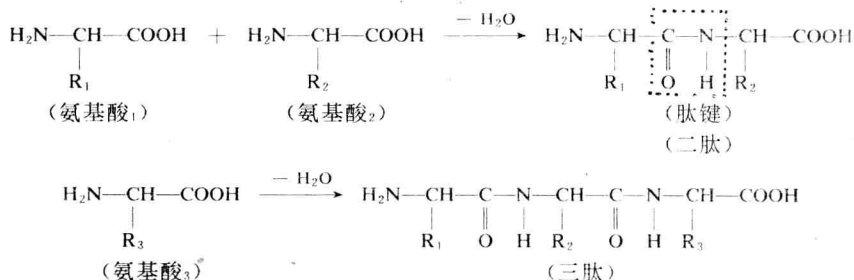
第三节 蛋白质的分子结构

蛋白质分子是由 20 种氨基酸借肽键连接起来的高分子化合物。各种蛋白质中氨基酸的种类、数量和排列顺序不同,并且形成复杂的空间结构。使蛋白质种类繁多,结构复杂。

一、肽键和多肽链

(一)肽键与肽

一个氨基酸的 α -羧基与相邻的另一个氨基酸的 α -氨基脱水缩合而形成的化学键称肽键,所形成的化合物叫肽。由多个氨基酸形成的链状化合物叫多肽链。



(二) 肽键平面

实验证明, 肽键 C—N 键具有部分双键性质, 不能旋转, 因此使得六个原子在一个空间平面上叫肽键平面。只有 α -碳原子与肽键间的单键能旋转。这是多肽链形成空间结构 α -螺旋和 β -片层的基础(图 2-1)。

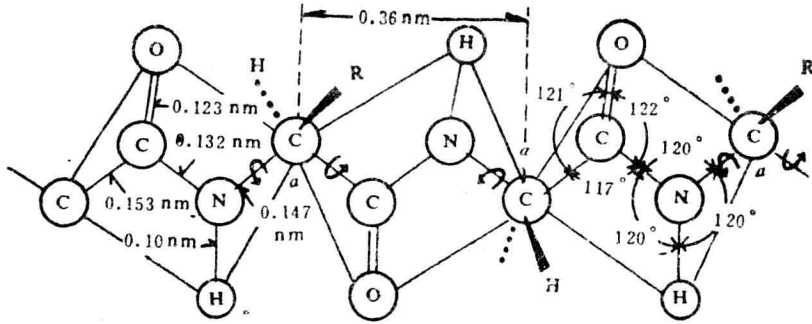
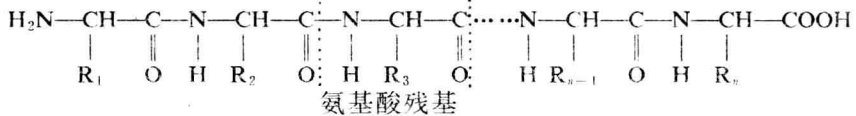


图 2-1 肽键平面

(三) 多肽链结构

多肽链是由许多氨基酸借肽键连接起来的链状化合物。它有下列基本结构:



多肽链中每一个氨基酸单位称为氨基酸残基。多肽链一端有自由 α -氨基称为氨基末端(或 N-末端)通常写在左侧; 另一端具有 α -羧基称为羧基末端(或 C-末端), 通常写在肽链的右侧。每一个氨基酸残基上都有一个 R-基团。

二、蛋白质分子的一级结构

氨基酸残基按一定顺序排列起来的多肽链是蛋白质的一级结构。在蛋白质一级结构中氨基酸的连接方式主要是肽键, 有的还有二硫键。

胰岛素的一级结构是由 A 链 21 个氨基酸残基组成, B 链 30 个氨基酸残基组成, 通过二硫键把两条肽链连接起来。人胰岛素的一级结构如图 2-2。

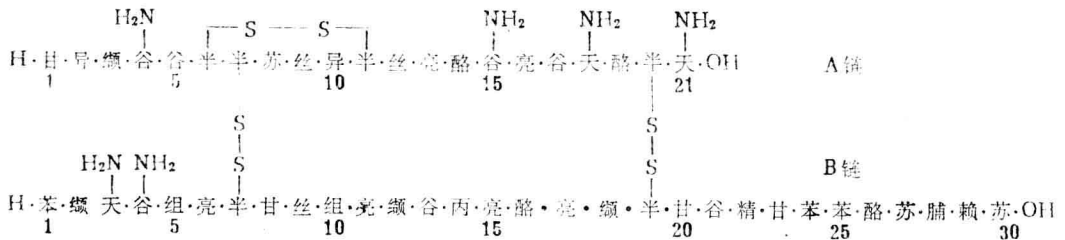


图 2-2 人胰岛素的一级结构

蛋白质是由多肽链组成。

蛋白质的一级结构是由基因上遗传密码的排列顺序所决定的,一级结构往往决定着蛋白质的空间结构,这样一级结构决定了蛋白质的生物活性。

从一级结构中可以发现,各种氨基酸在组成蛋白质一级结构的过程中,对肽链都贡献出 -NH_2 和 -COOH ,除了R-基团外,其它原子排列是重复的,不同之处就是R-基团。因此一级结构主要体现R-基团的种类、数量和顺序。

三、蛋白质的二级结构

每一种天然蛋白质都有它自己的特有空间结构,通常称为蛋白质的构象。这与化学上的构型不同,改变构型需破坏化学键,改变构象不需破坏化学键即可。

(一) α -螺旋结构

蛋白质一级结构中的某些区域以肽键平面为单位,以 α -碳原子为转折点,通过其两侧结合键的旋转,形成稳固的右手螺旋。每3.6个氨基酸残基上升一圈,上升的距离为0.54nm。这个结构的稳定主要靠氢键来维持。氢键是通过螺旋上下环肽键平面上一 C=O 的氧和 -NH 上的氢形成的。R-基团分布在螺旋的四周。R-基团的大小、电荷及形状对螺旋的形成和稳定有影响如图2-3所示。

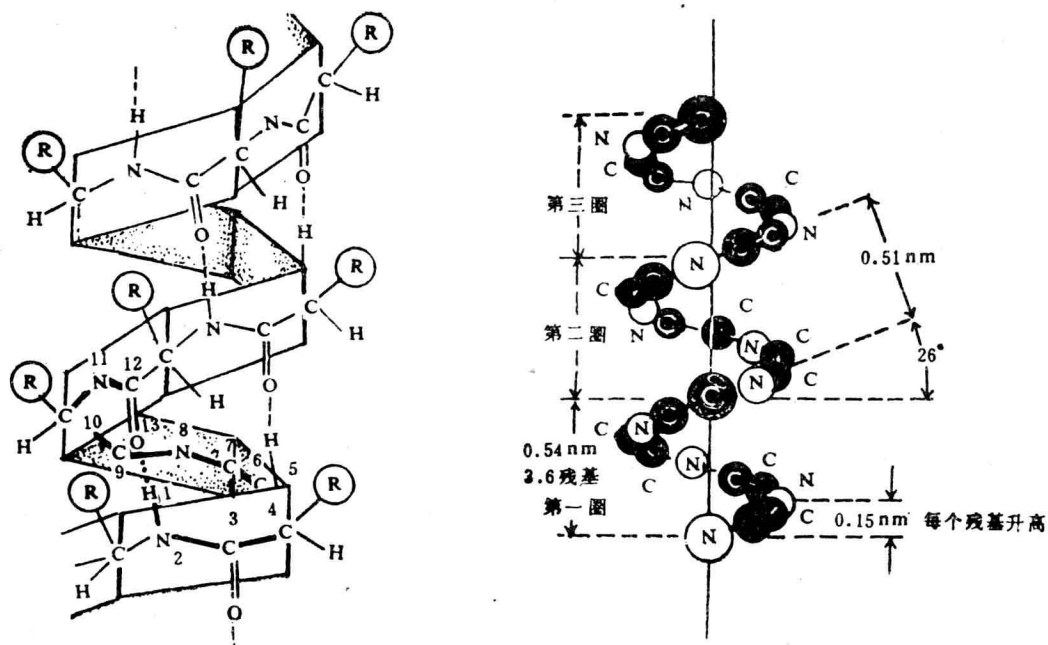


图 2-3 蛋白质二级结构的 α -螺旋

(二) β -片层结构

肽链充分伸展,形成二个相邻肽键平面间呈大约 180° 角,两段以上这样的多肽链折叠成锯齿状,通过氢键相连并形成片层状结构称 β -片层状结构。氢键维持其稳定,R-基团在片层的上下。如图2-4所示。

(三) β -转角

蛋白质分子中,肽链经常会出现 180° 的回折,在这种回折角处就是 β -转角。 β -转角中,由第一个氨基酸残基的 C=O 与第四个残基的 N-H 形成氢键,从而使结构稳定。

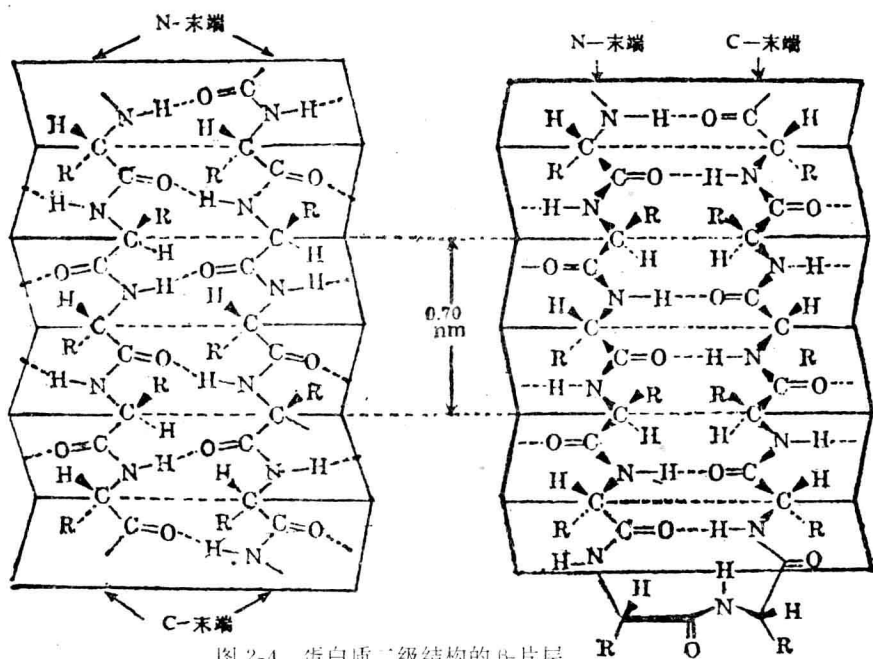


图 2-4 蛋白质二级结构的 β -片层

(四) 无规卷曲

多肽链的局部折叠形式除了以上几种规律之外,还有一些无确定规律性的折叠,这部分肽链构象叫做无规卷曲。

四、蛋白质分子的三级结构

具有二级结构的蛋白质还可以借助次级键(氢键、盐键、疏水键等)进一步卷曲折叠成更复杂的空间结构称蛋白质的三级结构。肽键和二硫键是共价键,而其他键在蛋白质中称次级键。次级键如图 2-5。

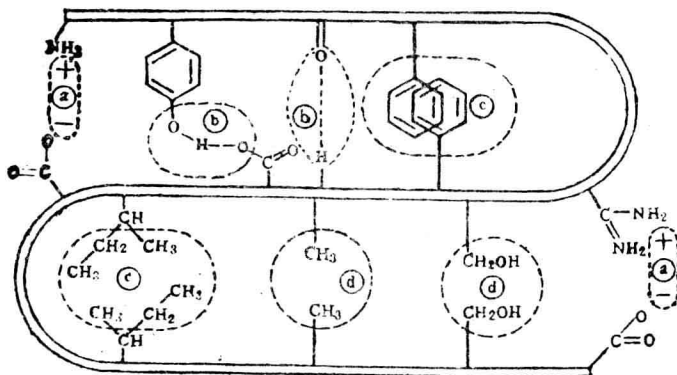


图 2-5 蛋白质空间结构次级键

a 盐键, b 氢键, c, d 疏水键