

SHENGWU

“十一五”规划教材

HUAXUE

吴伟平 钟衍汇 主编

shiyiwu

guihua

jiaocai

新编中等卫生学校护理专业教材

生物化学



江西出版集团
江西科学技术出版社

新编中等卫生学校护理专业教材

生物化学

主 编: 吴伟平 钟衍江

副主编: 徐惠萍 龚 岩

编 者 (按姓氏笔画排序)

- | | |
|-----|---------------|
| 刘 军 | (宜春职业技术学院) |
| 吴伟平 | (江西护理职业技术学院) |
| 钟衍江 | (赣州卫生学校) |
| 徐 云 | (新余高等专科学校医学系) |
| 徐惠萍 | (江西护理职业技术学院) |
| 龚 岩 | (江西护理职业技术学院) |
| 滕帼英 | (江西医学院上饶分院) |

江苏工业学院图书馆
藏书章



江西出版集团
江西科学技术出版社

十

五

规

划

教

材

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/吴伟平,钟衍汇主编. —南昌:江西科学技术出版社,2008.7

新编中等卫生学校护理专业教材

ISBN 978 - 7 - 5390 - 3372 - 3

I. 生… II. ①吴…②钟… 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(2008)第 114724 号

国际互联网(Internet)地址:

<http://www.jxkjcs.com>

选题序号:KX2008010

图书代码:X08511 - 101

生物化学

吴伟平,钟衍汇主编

出版	江西出版集团·江西科学技术出版社
发行	
社址	南昌市蓼洲街2号附1号
	邮编:330009 电话:(0791)6623491 6639342(传真)
印刷	南昌市红星印刷有限公司
经销	各地新华书店
开本	787mm × 1092mm 1/16
印张	9
印数	4000册
版次	2008年8月第1版 2008年8月第1次印刷
书号	ISBN 978 - 7 - 5390 - 3372 - 3
定价	15.00元

前言

生物化学是在分子水平上探索生命奥秘的一门学科,是一门重要的医学基础课程。开设生物化学的目的主要是为后续课程的学习提供必要的基础知识。生物化学是一门普遍认为较难学的课程。主要是因为:第一,该学科知识相对抽象;第二,学生的化学、生物学等学科知识基础相对薄弱。因此,本教材的编写立足于学生的现有知识水平及生物化学学科特点,突出职业教育特点,遵循“需用、够用、实用”的原则,尽量做到概念清楚,重点突出,深入浅出,由繁到简,由抽象到具体,循序渐进;并注重教材的连贯性、衔接性,使学生能够较扎实地掌握基础理论和基础知识,为学生终身学习和发展奠定良好的科学基础。

为了更好地启发学生智能,开发学习潜能,便于理解,提高学习兴趣,本教材在编写上采用了大量图表,注意学科的最新发展,每章列出学习目标,每章后面还附有小结及目标检测习题,以有助于学生开阔视野,激活思维,提高兴趣,拓展能力。

本书编写指导思想力求体现“三基”、“五性”和“三贴近”。即体现基本理论、基础知识、基本技能;体现思想性、科学性、先进性、启发性和适用性;贴近学生、贴近社会、贴近岗位。编写内容紧紧围绕培养目标,充分考虑职业教育的特点,按“需用为准、够用为度、实用为先”的原则安排教学内容,以体现中职教育特色,适应我国中职层次护理、药学和医学相关专业教育改革和发展的需要。本书按36学时编写,内容包括:蛋白质的结构与功能、酶、生物氧化、糖代谢、脂类代谢、氨基酸代谢、核酸与蛋白质的生物合成、肝脏的生物化学等。此外,为强化学生动手能力,书后还安排了实验内容。

本书在编写过程中,参阅了大量的书籍和杂志,得到了江西科学技术出版社的指导和各编者所在学校的大力支持,在此一并致以衷心感谢!

限于编者水平,加上时间仓促,教材中难免有不当和错误之处,敬请使用本教材的同行们批评指正,提出宝贵意见和建议,便于修订完善。

编者

2008年7月

目 录

第一章 绪 论	第一节 生物化学的定义	• 1
	第二节 生物化学的研究内容	• 1
	第三节 研究生物化学的目的及其与医学的关系	• 2
第二章 蛋白质的结构 与功能	第一节 蛋白质的分子组成	• 4
	第二节 蛋白质的分子结构	• 7
	第三节 蛋白质结构与功能的关系	• 11
	第四节 蛋白质重要的理化性质	• 12
第三章 酶	第一节 酶的概念及酶促反应特点	• 17
	第二节 酶的组成、结构与功能	• 19
	第三节 影响酶促反应速度的因素	• 23
	第四节 酶与临床医学的关系	• 27
第四章 生物氧化	第一节 概述	• 31
	第二节 线粒体呼吸链	• 32
第五章 糖代谢	第一节 糖的分解代谢	• 41
	第二节 糖原的合成与分解	• 49
	第三节 糖异生作用	• 50
	第四节 血糖	• 52

第六章 脂类代谢	第一节	血脂与血浆脂蛋白	• 58
	第二节	甘油三酯的代谢	• 60
	第三节	磷脂代谢	• 65
	第四节	胆固醇代谢	• 67
第七章 氨基酸代谢	第一节	氨基酸的一般代谢	• 72
	第二节	某些氨基酸的特殊代谢	• 79
第八章 核酸与蛋白质的 生物合成	第一节	核酸的分子组成、结构与理化性质	• 85
	第二节	核苷酸代谢	• 93
	第三节	核酸的生物合成	• 96
	第四节	蛋白质的生物合成	• 102
第九章 肝脏的生物 化学	第一节	肝脏在物质代谢中的作用	• 118
	第二节	肝脏的生物转化作用	• 120
	第三节	胆色素代谢与黄疸	• 125
生物化学实验 指导	实验一	蛋白质等电点测定	• 132
	实验二	酶的专一性和温度、pH、激活剂及抑制剂对 酶活性的影响	• 133
	实验三	血糖的测定	• 135

第一章 绪论

【学习目标】

- 理解生物化学的定义
- 掌握生物化学的研究内容
- 了解生物化学与医学的关系

第一节 生物化学的定义

生物化学即生命的化学,是研究生物体的化学组成和生命过程中物质化学变化规律的科学。它主要应用化学、物理学、生物学和免疫学等的原理、方法和技术,从分子水平上探讨生命现象的本质。生物化学与化学的区别在于,化学是对物质的研究,主要是从分子水平,甚至更多是从原子、电子水平上进行,而生物化学不但要从分子水平上研究生物体的物质组成,还要研究这些物质在体内的变化规律。生物化学虽属生物学范畴,但并不是普通生物学,它实质上属于化学,但又不同于普通化学,更不是生物学和化学两门课的简单合并,而是一门独立的学科。

第二节 生物化学的研究内容

生物化学的研究内容十分广泛。当代生物化学的研究主要集中在以下几个方面:

一、生物分子的结构与功能

生物个体是由千万种化学成分所组成,包括无机物、有机小分子和生物大分子。在研究生命形式时,首先要了解生物体的化学组成,测定其含量和分布,这是生物化学发展开始阶段的工作,曾称为叙述生化。现知生物体是由多种化学元素组成的,其中C、H、O和N四种元素的含量占活细胞量的99%以上。各种元素进而构成小分子化合物,这些小分子化合物又可以构成具有生命特征的生物大分子,如蛋白质、核酸、多糖和复合脂类。生物大分子的重要特征之一是具有信息功能,由此也称之为生物信息分子。当前研究的重点为生物大分子的结构与功能,特别是蛋白质和核酸,二者是生命的基础物质,对生命活动起着关键性的作用。生物大分子需要进一步组装成更大的

复合体,然后逐步构成亚细胞结构、细胞、组织、器官、系统,最后形成一个有生命的整体。

二、物质代谢、能量代谢及其调节

组成生物体的物质不断地进行着多种有规律的化学变化,即新陈代谢或物质代谢,一旦这些化学反应停止,生命即告终结。可见,新陈代谢是生命的基本特征,生物体一方面需要与外界环境进行物质交换,同时在体内进行各种代谢变化,以维持其内环境的相对稳定,通过代谢变化将摄入营养物质中储存的能量释放出来,供机体活动所需。要维持体内错综复杂的物质代谢有序地进行,需要有严格的调节机制,否则代谢的紊乱可影响正常的生命活动,从而引发疾病。因此,研究物质代谢、能量代谢及其代谢调节规律是医学院校生物化学课程的主要内容,也称为动态生化。

三、基因的复制、表达及调控

DNA 是储存遗传信息的物质,通过复制,即 DNA 合成,可形成结构完全相同的两个拷贝,将亲代的遗传信息真实地传给子代。DNA 分子中的遗传信息如何表达? 现知基因表达的第一步是将遗传信息转录成 RNA,即 RNA 的合成,后者作为蛋白质合成的模板,并决定蛋白质的一级结构,即将遗传信息翻译成能执行各种各样生理功能的蛋白质。上述过程涉及生物的生长、分化、遗传、变异、衰老及死亡等生命过程,体内存在着整套严密的调控机制,包括一些生物大分子的互相作用,如蛋白质与蛋白质、蛋白质与核酸、核酸与核酸间的作用。本书将对上述过程作较全面的介绍,为进一步学习分子生物学奠定基础。

四、机能生化

医学生物化学主要的研究对象是人,因此人体生物化学还要研究各组织器官的化学组成特点、特有的代谢途径和它们与生理功能之间的关系。代谢障碍将造成器官功能的异常,导致疾病的发生。这部分内容包括内分泌、血液生化、肝脏生化等,也称为机能生化,是医学生化不可缺少的内容。

第三节 研究生物化学的目的及其与医学的关系

生物化学的根本目标是揭露生命的奥秘。若将组成生物体的物质逐一分离研究,均为非生命物质,并遵守物理和化学的规律,然而由这些物质组成的生物体何以能呈现及维持各种生命现象,这是生物化学要探讨和阐明的。当然,更深一层的目标是了解生命的起源。可见,研究生物化学的目的是了解和掌握生命的规律,适应自然规律,使人类生活更美好。

生物化学与健康科学的关系十分密切。健康科学涉及两大关键问题:其一是为了了解和维持人体的健康生活。正常的生化反应和过程是健康的基础,人体必须不断地与

外环境进行物质交换,摄入必需的营养成分,适应外环境的变化,以维持体内环境的稳定。其二是为有效防治疾病。代谢的紊乱可导致疾病,所以了解紊乱的环节并纠正之,是有效治疗疾病的依据。通过临床生化项目的检测,可帮助疾病的诊断。例如,糖代谢障碍可导致糖尿病,充分了解糖代谢及其调节的规律能为治疗糖尿病制定有效的方案,也为疾病的诊断和预防提供依据。可见,临床医学无论在预防和治疗工作中都会应用到生物化学的知识。反之,临床实践也为生物化学的研究提供了丰富的源泉,例如恶性肿瘤,使生物化学和分子生物学深入致癌基因的研究,通过对后者的深入研究,又揭开了对正常细胞生长、分化的规律和信号转导途径的研究和了解。又如对动脉粥样硬化症的研究,促进了对胆固醇、脂蛋白、受体乃至相关基因等的生物化学研究。

生物化学的发展十分迅速,形成了许多新理论、新概念,如基因组学、蛋白质组学、RNA 组学等;同时发展了许多新技术,如重组 DNA 技术、基因工程、基因芯片、克隆技术、转基因动物等。生物化学的理论和方法已广泛被其他基础医学学科应用,并已形成了许多新的学科分支,如分子免疫学、分子遗传学、分子细胞生物学、分子病理学、分子药理学、分子病毒学等等。反过来,这些基础学科也促进了生物化学的发展,例如,免疫学的方法被广泛应用于蛋白质及受体的研究,遗传学的方法被应用于基因分子生物学的研究,病理学的癌症促进癌基因的研究,基因表达调控的规律是在细菌研究的基础上深入至真核生物的研究。总之,当前生命科学中各相关的学科互相渗透,互相促进,不断形成新的学科,如生物信息学,还将会出现更多新的学科。

一、蛋白质的组成与分类

蛋白质是由氨基酸组成的。氨基酸是蛋白质的基本组成单位。氨基酸的侧链不同,决定了蛋白质的性质。氨基酸的侧链可以分为非极性侧链、极性侧链和带电侧链。非极性侧链的氨基酸有丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸、色氨酸、脯氨酸、甘氨酸、丝氨酸、苏氨酸、蛋氨酸、半胱氨酸、甲硫氨酸、胱氨酸、谷氨酸、谷氨酰胺、天冬氨酸、天冬酰胺、赖氨酸、精氨酸、组氨酸、鸟氨酸、胍氨酸、羟赖氨酸、羟脯氨酸、羟苯丙氨酸、羟色氨酸、γ-氨基丁酸、γ-氨基戊酸、γ-氨基己酸、γ-氨基庚酸、γ-氨基辛酸、γ-氨基壬酸、γ-氨基癸酸、γ-氨基十一酸、γ-氨基十二酸、γ-氨基十三酸、γ-氨基十四酸、γ-氨基十五酸、γ-氨基十六酸、γ-氨基十七酸、γ-氨基十八酸、γ-氨基十九酸、γ-氨基二十酸、γ-氨基二十一酸、γ-氨基二十二酸、γ-氨基二十三酸、γ-氨基二十四酸、γ-氨基二十五酸、γ-氨基二十六酸、γ-氨基二十七酸、γ-氨基二十八酸、γ-氨基二十九酸、γ-氨基三十酸、γ-氨基三十一酸、γ-氨基三十二酸、γ-氨基三十三酸、γ-氨基三十四酸、γ-氨基三十五酸、γ-氨基三十六酸、γ-氨基三十七酸、γ-氨基三十八酸、γ-氨基三十九酸、γ-氨基四十酸、γ-氨基四十一酸、γ-氨基四十二酸、γ-氨基四十三酸、γ-氨基四十四酸、γ-氨基四十五酸、γ-氨基四十六酸、γ-氨基四十七酸、γ-氨基四十八酸、γ-氨基四十九酸、γ-氨基五十酸、γ-氨基五十一酸、γ-氨基五十二酸、γ-氨基五十三酸、γ-氨基五十四酸、γ-氨基五十五酸、γ-氨基五十六酸、γ-氨基五十七酸、γ-氨基五十八酸、γ-氨基五十九酸、γ-氨基六十酸、γ-氨基六十一酸、γ-氨基六十二酸、γ-氨基六十三酸、γ-氨基六十四酸、γ-氨基六十五酸、γ-氨基六十六酸、γ-氨基六十七酸、γ-氨基六十八酸、γ-氨基六十九酸、γ-氨基七十酸、γ-氨基七十一酸、γ-氨基七十二酸、γ-氨基七十三酸、γ-氨基七十四酸、γ-氨基七十五酸、γ-氨基七十六酸、γ-氨基七十七酸、γ-氨基七十八酸、γ-氨基七十九酸、γ-氨基八十酸、γ-氨基八十一酸、γ-氨基八十二酸、γ-氨基八十三酸、γ-氨基八十四酸、γ-氨基八十五酸、γ-氨基八十六酸、γ-氨基八十七酸、γ-氨基八十八酸、γ-氨基八十九酸、γ-氨基九十酸、γ-氨基九十一酸、γ-氨基九十二酸、γ-氨基九十三酸、γ-氨基九十四酸、γ-氨基九十五酸、γ-氨基九十六酸、γ-氨基九十七酸、γ-氨基九十八酸、γ-氨基九十九酸、γ-氨基一百酸。

二、蛋白质的结构与功能

蛋白质的结构可以分为一级结构、二级结构、三级结构和四级结构。一级结构是指氨基酸的排列顺序。二级结构是指蛋白质主链的局部空间结构。三级结构是指蛋白质整体的空间结构。四级结构是指由多个亚基组成的蛋白质的空间结构。蛋白质的功能可以分为催化功能、运输功能、调节功能、免疫功能和结构功能。

第二章 蛋白质的结构与功能

【学习目标】

●掌握蛋白质的元素组成及其特点,会计算样品中的蛋白质含量

●熟悉组成人体蛋白质的氨基酸种类和结构特点

●理解蛋白质分子结构与蛋白质的功能活性关系

●掌握蛋白质的理化性质及在医学上的应用

蛋白质是生物体的基本组成成分之一,也是含量最丰富的高分子物质。自然界中蛋白质的种类繁多,约有 100 亿种。人体内的蛋白质分布广泛,几乎所有的器官组织都含有蛋白质,约占人体固体成分的 45%,其种类多达 10 万余种。每一种蛋白质都有其特有的生物学功能,如参与生物细胞或组织器官的构成、起支持或保护作用的胶原蛋白、角蛋白、弹性蛋白等;具有催化功能的酶;具有调节功能的多肽激素、钙调蛋白、转录因子、阻遏蛋白;具有收缩和运动功能的肌动蛋白、肌球蛋白;具有运输和储存功能的血红蛋白、清蛋白、脂蛋白;具有保护和免疫功能的凝血酶原、免疫球蛋白。另外,生长、发育、繁殖和遗传等都与蛋白质的功能有关。可见,蛋白质是生命活动的物质基础,没有蛋白质就没有生命。

第一节 蛋白质的分子组成

一、蛋白质的元素组成及其特点

组成蛋白质分子的元素主要有碳(50% ~ 55%)、氢(6% ~ 7%)、氧(19% ~ 24%)、氮(13% ~ 19%)。大部分蛋白质还含有硫(0% ~ 4%),有的还含有少量的磷或铁、锰、锌、铜、钴等元素。其特点是: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%。即每克氮相当于 6.25 克蛋白质。由于体内含氮的物质主要是蛋白质,因此,可根据下式计算出样品中的蛋白质含量。

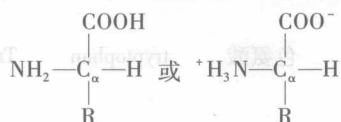
$100\text{g 样品中的蛋白质含量}(\text{g}\%) = \text{每克样品中的含氮克数} \times 6.25 \times 100$

二、蛋白质的基本组成单位—氨基酸

不同种类的蛋白质经酸、碱或蛋白水解酶作用后,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) 氨基酸结构

自然界中的氨基酸有 300 余种,但组成人体蛋白质的氨基酸仅有 20 种,其中除甘氨酸和脯氨酸外,均属于 L 型 α -氨基酸。其结构通式可用下式表示(R 为侧链):



其特点是:①除脯氨酸为亚氨基酸外,其余 19 种均符合上述通式;②除甘氨酸的 R 为 H 外,其他氨基酸的 α -碳原子都是不对称碳原子,因而有两种不同的构型,即 L 型和 D 型。组成人体蛋白质的氨基酸都是 L 型。③不同氨基酸的 R 侧链各异,它们的分子量、解离程度和化学反应性质也不相同。

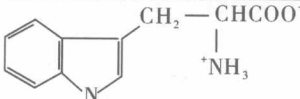
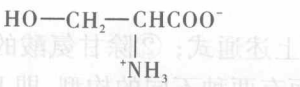
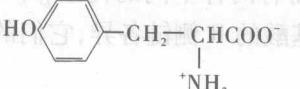
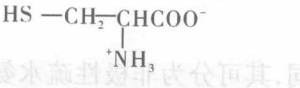
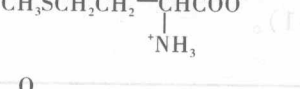
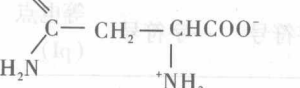
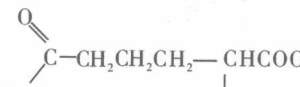
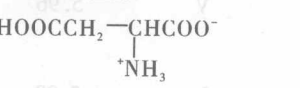
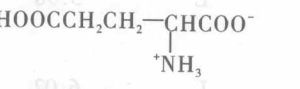
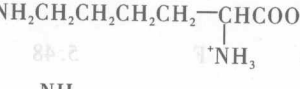
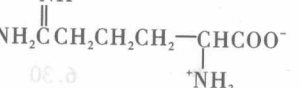
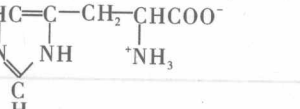
(二) 氨基酸分类

根据组成蛋白质的氨基酸 R 侧链的结构和理化性质不同,其可分为非极性疏水氨基酸、极性中性氨基酸、酸性氨基酸、碱性氨基酸四类(表 2-1)。

表 2-1 氨基酸分类

结构式	中文名	英文名	三字符号	一字符号	等电点 (pI)
1. 非极性疏水性氨基酸					
$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	甘氨酸	glycine	Gly	G	5.97
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	丙氨酸	alanine	Ala	A	6.00
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CHCOO}^- \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad ^+\text{NH}_3 \end{array}$	缬氨酸	valine	Val	V	5.96
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad ^+\text{NH}_3 \end{array}$	亮氨酸	leucine	Leu	L	5.98
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CHCOO}^- \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad ^+\text{NH}_3 \end{array}$	异亮氨酸	isoleucine	Ile	I	6.02
$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	苯丙氨酸	phenylalanine	Phe	F	5.48
$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_2 \quad \text{CHCOO}^- \\ \backslash \quad / \\ \text{CH}_2 \quad \text{NH}_2^+ \end{array}$	脯氨酸	proline	Pro	P	6.30
2. 极性中性氨基酸					

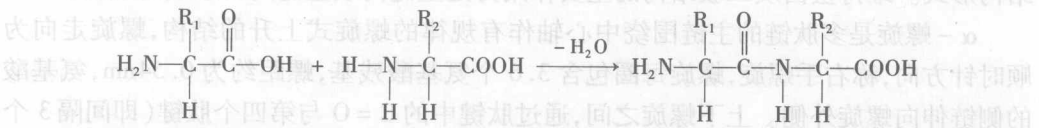
续表 2-1

结构式	中文名	英文名	三字符号	一字符号	等电点 (pI)
	色氨酸	tryptophan	Trp	W	5.89
	丝氨酸	serine	Ser	S	5.68
	酪氨酸	tyrosine	Tyr	Y	5.66
	半胱氨酸	cysteine	Cys	C	5.07
	蛋氨酸	methionine	Met	M	5.74
	天冬酰胺	asparagine	Asn	N	5.41
	谷氨酰胺	glutamine	Gln	Q	5.65
	苏氨酸	threonine	Thr	T	5.60
3. 酸性氨基酸					
	天冬氨酸	aspartic acid	Asp	D	2.97
	谷氨酸	glutamic acid	Glu	E	3.22
4. 碱性氨基酸					
	赖氨酸	lysine	Lys	K	9.74
	精氨酸	arginine	Arg	R	10.76
	组氨酸	histidine	His	H	7.59

第二节 蛋白质的分子结构

一、氨基酸在多肽链中的连接方式

在蛋白质分子中,氨基酸是通过肽键相互连接的。肽键是由一个氨基酸的羧基($-\text{COOH}$)与另一个氨基酸的氨基($-\text{NH}_2$)缩合脱去一分子水所形成的酰胺键($-\text{CO}-\text{NH}-$)。



氨基酸之间通过肽键连接而形成的化合物称为肽。由两个氨基酸形成的肽称二肽,由三个氨基酸形成的肽称三肽,以此类推。一般十肽以下的统称为寡肽,十肽以上的称为多肽,但寡肽与多肽的区分并无严格界限。蛋白质就是由数十个到数百个氨基酸分别借肽键相连的多肽链。有些蛋白质分子只有一条多肽链组成,有些蛋白质分子则由两条或多条多肽链构成。

多肽链中的氨基酸已不是完整的氨基酸分子,所以称为氨基酸残基。氨基酸缩合成肽后,在肽的两端各有自由的 α -氨基和 α -羧基,它们分别称为氨基末端(简称 N 末端)和羧基末端(简称 C 末端)。一般将 N 末端写在左边, C 末端写在右边。

二、蛋白质的一级结构

蛋白质的一级结构是指氨基酸在蛋白质多肽链中的排列顺序。一级结构是蛋白质空间结构的基础,但它不是决定蛋白质空间结构的唯一因素。维持蛋白质一级结构的作用力是肽键(主键),有些含有二硫键。二硫键($-\text{S}-\text{S}-$)是由两个半胱氨酸残基上的巯基($-\text{SH}$)脱氢氧化生成的。

胰岛素是首先被确定一级结构的蛋白质。它由 A、B 两条多肽链组成。A 链有 21 个氨基酸残基, B 链有 30 个氨基酸残基, A、B 两条多肽链通过两个二硫键相连, A 链本身第 6 及第 11 位两个半胱氨酸形成一个链内二硫键(图 2-1)。

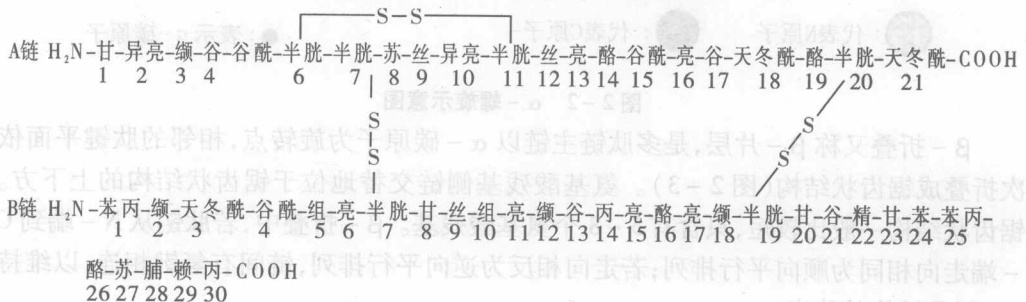


图 2-1 牛胰岛素的一级结构

三、蛋白质的空间结构

由于肽键中 C-N 不能旋转,使肽键上的四个原子和相邻的两个 α -碳原子处于同一平面,称为肽键平面。蛋白质的空间结构包括二级、三级、四级结构。

(一) 二级结构

蛋白质的二级结构是指多肽链本身沿长轴方向折叠或盘曲所形成的有规律的、重复出现的空间结构。 α -螺旋和 β -折叠是蛋白质二级结构中最常见的构象形式,此外还包括 β -转角和无规卷曲。通常在一种蛋白质分子中可同时交替出现数种二级结构形式。维持蛋白质二级结构的主要作用力是主链内或主链间所形成的氢键。

α -螺旋是多肽链的主链围绕中心轴作有规律的螺旋式上升的结构,螺旋走向为顺时针方向,称右手螺旋,螺旋每圈包含 3.6 个氨基酸残基,螺距约为 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 C=O 与第四个肽键(即间隔 3 个肽键)中的 N-H 形成氢键,以稳固 α -螺旋结构,氢键方向与螺旋长轴基本平行(图 2-2)。

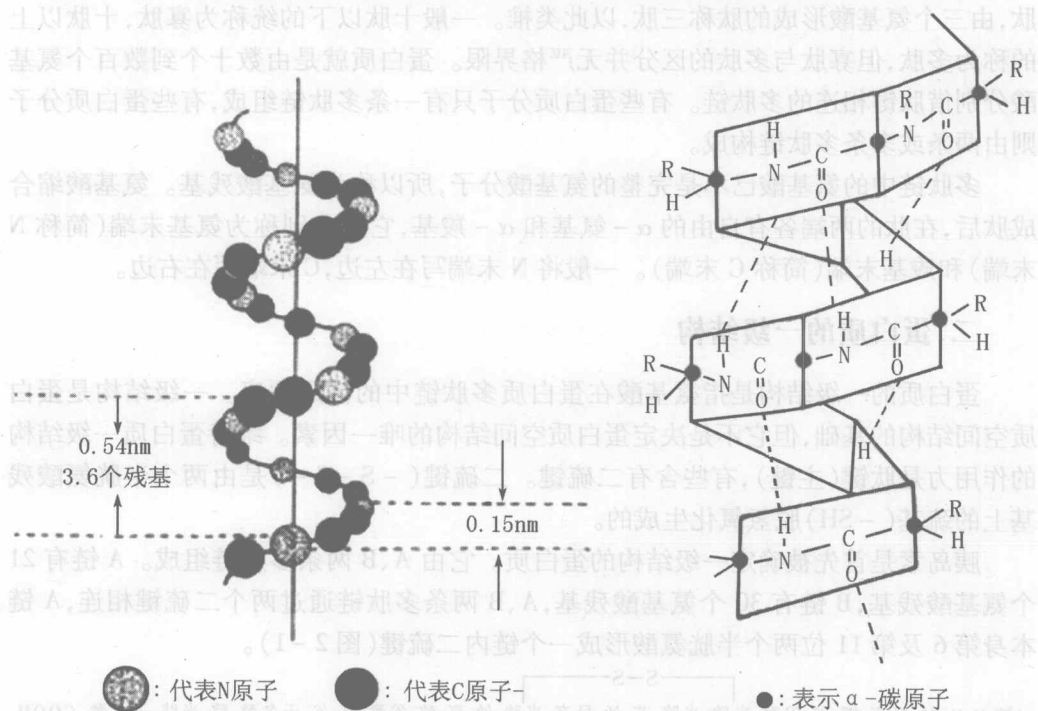
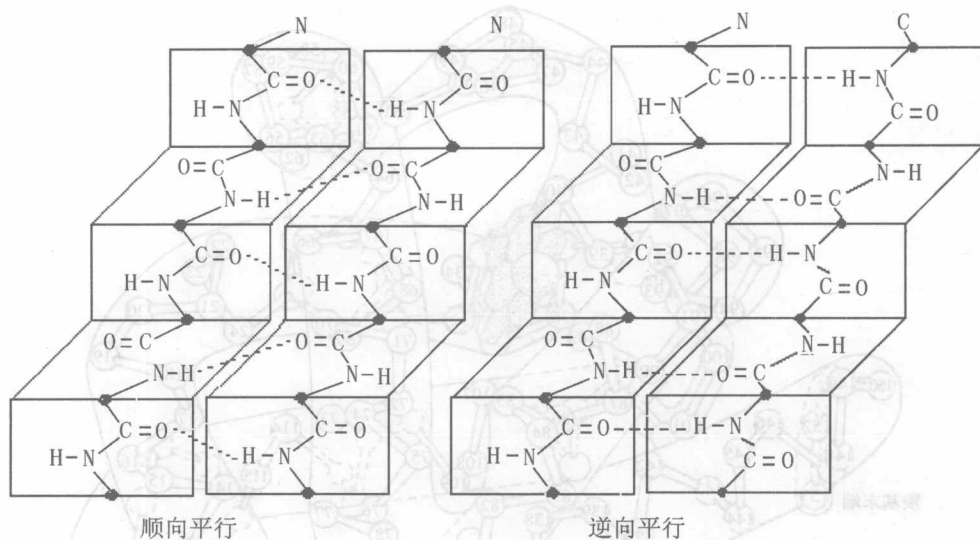


图 2-2 α -螺旋示意图

β -折叠又称 β -片层,是多肽链主链以 α -碳原子为旋转点,相邻的肽键平面依次折叠成锯齿状结构(图 2-3)。氨基酸残基侧链交替地位于锯齿状结构的上下方。锯齿状结构一般比较短,只含有 5~8 个氨基酸残基。 β -折叠中,若肽链从 N-端到 C-端走向相同为顺向平行排列;若走向相反为逆向平行排列,链间有氢键相连,以维持 β -折叠结构的稳定。

图 2-3 蛋白质分子的 β -片层结构

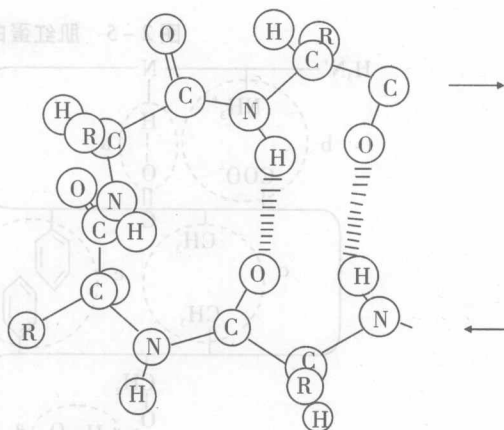
β -转角常发生在肽链进行 180° 回折时的转角上,以氢键维持该构象的稳定。 β -转角通常由 4 个氨基酸残基构成,其中第二个残基常为脯氨酸,其他常见残基有甘氨酸、天冬酰胺、天冬氨酸和色氨酸(图 2-4)。

无规卷曲是多肽链中没有确定规律性的那部分肽链构象。

研究表明,许多蛋白质分子是由不同长短的 α -螺旋及不同长度的 β -折叠,再加上一些 β -转角或无规卷曲的肽链部分装配而成,其各组分含量多少,由多肽链的氨基酸组成决定。

(二) 三级结构

蛋白质的三级结构是指具有二级结构的多肽链进一步折叠盘曲所形成的空间结构。在三级结构中,由于侧链 R 基团的相互作用,多肽链缠绕,形成一个球状或椭圆状分子,球表面主要有亲水侧链,疏水侧链位于分子内部。图

图 2-4 β -转角

2-5 显示肌红蛋白的三级结构。维持蛋白质三级结构的作用力主要是多肽链侧链基团间所形成的次级键(副键)如氢键、离子键、疏水键、范德华引力等(图 2-6)。其中以疏水键最为重要。

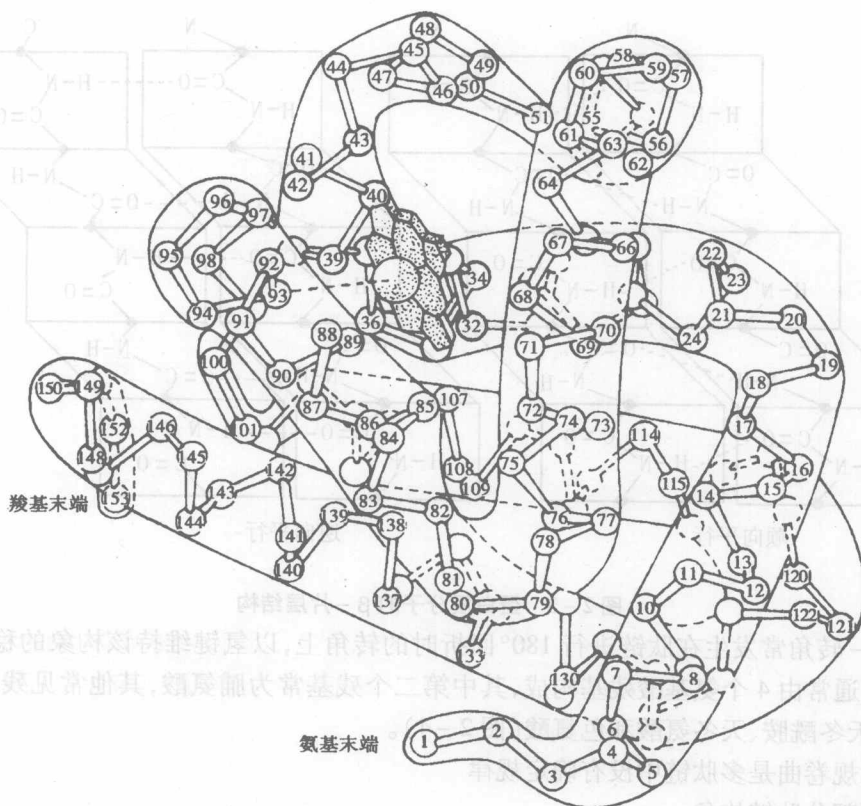


图 2-5 肌红蛋白的三级结构

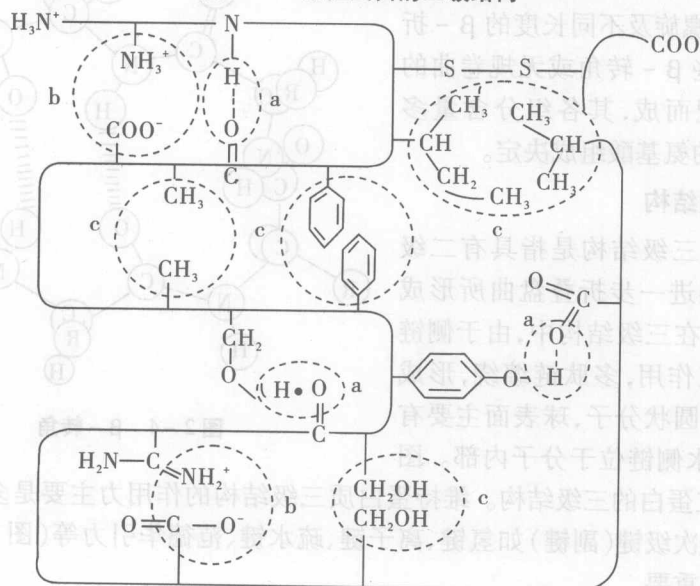


图 2-6 维持蛋白质分子构象的各种化学键

a. 氢键 b. 离子键 c. 疏水作用

(三) 四级结构

蛋白质的四级结构是指各亚基之间的空间分布及亚基间的连接和相互作用所形成的更高级空间结构。亚基是指具有独立三级结构的多肽链。一种蛋白质中的亚基可以是相同的,也可以是不相同的,单独一个亚基通常无生物活性。另外,有些蛋白质没有四级结构的形式,三级结构即为它们的最高级结构形式。维持蛋白质四级结构的作用力是各亚基之间所形成的非共价键如氢键、盐键、疏水键、范德华引力等。图2-7为血红蛋白的四级结构。

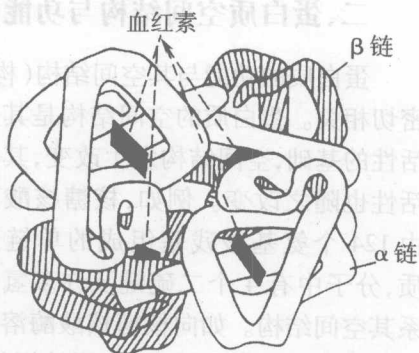


图2-7 蛋白质的四级结构——血红蛋白结构示意图

第三节 蛋白质结构与功能的关系

无论是蛋白质的一级结构,还是蛋白质的空间结构,都与其功能活性密切相关。实践证明,蛋白质分子结构的细微改变都会影响蛋白质的功能活性。

一、蛋白质一级结构与功能的关系

大量的实验结果证明:①相似结构表现相似的功能。即一级结构相似的多肽或蛋白质,其空间结构以及功能也相似。例如神经垂体释放的催产素和抗利尿激素都是九肽,两者只有两个氨基酸不同,而其余氨基酸是相同的。因此,催产素和抗利尿激素的生理功能有相似之处,即催产素兼有抗利尿激素样作用,而抗利尿激素也兼有催产素样作用。②不同结构具有不同的功能。尽管抗利尿激素和催产素具有相似的功能,但毕竟其结构不完全相同,因此其生物学活性又有很大差别。催产素对子宫平滑肌和乳腺导管的收缩作用远较抗利尿激素为强,但催产素对血管平滑肌的收缩效应(加压)和利尿作用仅为抗利尿激素的1%左右。这充分体现了蛋白质一级结构与功能的关系。所以,如果蛋白质一级结构发生了改变,则其功能也会发生变化,甚至发生疾病。如第八章中提到的分子病就是蛋白质一级结构改变导致的疾病。

