

21 世纪高校规划教材

主编 周寿然 张 佐 黄佩蓓

生物化学

**SHENGWU
HUAXUE**

江西高校出版社



THE UNIVERSITY OF CHINA PRESS

ISBN 7-301-01811-9

生物化学

SHENGWU HUAXUE
BIOCHEMISTRY

1998年12月第1版

1.00

21 世纪高校规划教材

生物化学

(供中医药类专业用)

主 编:周寿然 张 佐 黄佩蓓

副主编:(以姓氏笔画为序)

左爱仁 陈钟文 余雄英 范 晖

周 军 彭淑红 谢燕飞 蔡少华

编 委:(以姓氏笔画为序)

万福生(南昌大学医学院)

邱 彦(厦门大学医学院)

欧阳永伟(江西中医学院)

雷俊萍(江西省医药学校)

江西高校出版社

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/周寿然,张佐,黄佩蓓主编. —南昌:江西高校出版社, 2008.12

21世纪高校规划教材

ISBN 978-7-81132-465-5

I. 生... II. ①周... ②张... ③黄... III. 生物化学-高等学校-教材 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 200318 号

出版发行	江西高校出版社
社址	江西省南昌市洪都北大道 96 号
邮政编码	330046
总编室电话	(0791)8504319
销售电话	(0791)8511423
网址	www.juacp.com
印刷	南昌市光华印刷有限责任公司
照排	江西太元科技有限公司照排部
经销	各地新华书店
开本	787mm × 1092mm 1/16
印张	13.5
字数	293 千字
版次	2008 年 12 月第 1 版第 1 次印刷
印数	1~2000 册
书号	ISBN 978-7-81132-465-5
定价	29.60 元

版权所有 侵权必究

前 言

在近年来的医药类生物化学课程的教学中,我们深感怎样为学生提供必要的生物化学基础知识,且又能更好地联系医学与药学的实践至关重要,为此我们尝试编写了这本供中医药类教学使用的《生物化学》教材。

当代生物化学已经渗透到医学与药学的各个方面,而高等医药教育的主要任务是培养面向基层医药卫生机构的高级医药人才,这需要他们对于生物化学的基础理论有必要的掌握,更需要在今后的医药实践中能理论联系实际,解决实际问题。

在本教材编写时,我们力求保持学科体系内基础知识的相互联系,又尽可能追踪本学科前沿的发展趋势又着眼于医药实践。本书理论部分第一篇共9章,每章均有引读、正文与小结,便于学生点面结合,抓住重点;第二篇实验部分共10项,既有验证性实验,也有综合性、设计性实验,加强学生动手能力训练。

本教材在编写过程中,得到了中国生物化学与分子生物学学会中医药专业委员会、江西省生物化学与分子生物学学会等专家的悉心指正,在此谨致谢意。

为了使本书适应我国医药科技发展的需要,我们参考了大量国内外有关书籍和文献,并结合自己的教学经验进行编撰工作。由于水平有限和时间仓促,难免会有错误和不足,衷心诚请读者批评指正。

《生物化学》教材编委会
二〇〇七年元月

绪 论

引 读

1. 掌握生物化学的定义,学习生物化学的基本方法。
2. 熟悉生物化学研究的主要内容。
3. 了解生物化学的发展简史及与医药学的关系。

一、生物化学的定义和研究内容

生物化学(biochemistry)主要是从分子水平研究生物体的化学组成及其物质代谢变化规律来阐明生命本质的一门学科。简言之,生物化学就是生命的化学。生物化学研究内容广泛,主要有下述几方面。

(一)生物体的物质组成

生物化学的研究对象是生物,包括微生物、植物、动物以至最高等的动物——人这四大类别。生物体的基本化学成分包括蛋白质、酶、核酸、脂类、糖类、维生素、激素等有机化合物及水和无机盐等无机分子。除水外,每一类物质又包括很多化合物,如人体蛋白质就有 10 万种以上。上述前面三大类蛋白质、酶与核酸称为生物大分子,分子量一般大于 10^4 ,其重要特征具有信息功能。而糖类、脂类、维生素与激素是生物机体的有机小分子化合物。水与无机盐是有机体内的无机小分子化合物。上述九大类物质按严格的规律组合在生物体内。

(二)生物大分子的结构与功能

现代生物化学的研究重点为研究生物大分子,即分子生物学研究的内容。因此,分子生物学可以看做是生物化学的重要组成部分。生物大分子的结构、功能以及结构与功能的关系研究是当代生命科学的热点领域。酶的化学本质是蛋白质,故生物大分子实际上主要指蛋白质与核酸。蛋白质是生命的物质基础,人体的微观功能是由工作分子蛋白质来实现的。研究细胞所含有的全部蛋白质,即蛋白质组的研究已逐步代替过去对单一蛋白质的研究。研究蛋白质组的学科称为蛋白质组学。蛋白质的基本结构又是由核酸决定的,核酸是有机体的遗传分子。人类基因组及人的全部遗传信息是由 23 对染色体组成,含有 3×10^9 碱基对,测定基因组中 DNA 的核酸序列,将为揭开生命的奥

秘迈开实质性的第一步。研究基因组的结构与功能的学科称为基因组学,经过包括我国在内的许多科学家近 20 年的努力,2003 年已完成人类基因组计划(the Human Genome Project, HGP)中全部 DNA 核苷酸序列的测定。而以后更为艰巨的任务是要研究基因组中大约 30 000 ~ 50 000 个基因的结构与功能及其与生命活动的关系。这就是后基因组计划。

(三)物质代谢及基调节

生物的基本特征之一是新陈代谢。生命体的各种物质按一定规律进行代谢,物质代谢的同时又伴随着能量代谢,物质的代谢包括合成代谢与分解代谢,合成代谢往往是耗能过程,而分解代谢往往是产能过程。体内的代谢途径即要适应外环境的变化,又要维持内环境的相对恒定,这需要各条代谢途径之间的互相协调。复杂的生物体在多种调节机制控制下来完成代谢途径之间的平衡。物质代谢一旦发生紊乱,则可发生疾病,物质代谢有序性调节的分子机制还需进一步阐明。

(四)基因信息的复制、表达与调控

DNA 是储存遗传信息的物质,通过复制即 DNA 合成可将亲代的遗传信息保真地传递给子代。基因表达是 DNA 分子中的遗传信息经过转录、翻译等全过程合成工作分子蛋白质,而发挥特定生物学功能的过程。对基因表达的调节控制过程,是一个多阶段、多水平十分复杂而有序的过程。生物技术的发展及人类基因组计划和后基因组计划的实施将深刻地推动基因表达及其调控领域的研究进程。

二、生物化学的发展简史

生物化学是一门既古老又年轻的科学,我国劳动人民很早就将生物化学的知识应用于生产及医疗实践。但生物化学的研究始于 18 世纪,作为一门独立的学科建立于 20 世纪。

生物化学的发展过程大致分为三个阶段。早期主要针对生命物质的组成成分、性质以及含量的研究。因为这属于静止性的,故这一阶段被称为“静态生物化学”。随着研究的逐步深入,人们对生命现象化学本质有了更进一步的认识,并懂得了体内物质代谢主要在细胞内进行。这些代谢途径的研究是第二个阶段,即“动态生物化学”阶段。从一个完整的生物机体角度来研究其化学组成及其化学变化与机能的关系称为“机能生物化学”。生物化学发展的三个阶段是合乎发展规律的。

20 世纪下半叶以来,生物化学发展的显著特征是分子生物学的崛起。1953 年 Watson 和 Crick 提出了 DNA 双螺旋结构模型,是生物化学发展进入分子生物学时代的重要标志。此后,对 DNA 的复制、RNA 的转录及蛋白质生物合成过程进行了深入的研究,提出了遗传信息传递的中心法则。20 世纪 70 年代以来,DNA 重组技术、PCR 技术等一系列生物技术的兴起;1990 年以来基因诊断与基因治疗逐步进入临床阶段;2003 年以来 HGP 的完成与后基因组计划的迅速开始等都极大地推动了人类对于生命本质的认识及生物化学在医药实践中的应用。

我国对现代生物化学的发展做出了重大贡献。上世纪 20 年代开始,我国生物化学

工作者在蛋白质化学、免疫化学、营养学等方面开展了许多工作。我国学者最早提出了蛋白质变性的学说。1965年我国首先人工合成了有生物活性的蛋白质——结晶牛胰岛素。我国已被列为人类基因组计划国际大协作的成员国。我国在生物技术领域中已取得了举世瞩目的成就。

三、生物化学与医药学关系

(一) 生物化学与医药的关系

生物化学与分子生物学的理论和技术已渗透到医药卫生的各个领域。无论是基础医学还是临床医学各学科的研究都涉及物质分子变化问题,并应用生物化学的理论与技术从分子水平解决各学科存在的问题,从而产生了“分子遗传学”、“分子免疫学”、“分子药理学”、“分子病理学”、“分子肿瘤学”等一批新的交叉学科或分支学科。

生物化学研究不仅可以从分子水平阐明活细胞内发生的全部化学过程,而且可以阐明许多疾病的发病机制,有利于疾病的诊断、治疗以及新药的研制等。例如,当血红蛋白分子一个氨基酸残基发生改变,可导致镰刀型红细胞性贫血;酪氨酸酶基因的缺陷可导致白化病;维生素 D 缺乏可影响钙和磷的吸收与排泄,导致骨软化症和佝偻病等。临床诊断也经常采用生物化学的方法,例如通过测定血清谷丙转氨酶活性帮助诊断肝脏的疾患;测定 α -淀粉酶活性,用来诊断急性胰腺炎。临床用药也离不开生物化学,例如绝大多数磺胺类药物与各种抗生素都是针对菌类的核酸和蛋白质生物合成的生化过程某一步骤产生强烈的抑制作用,使菌类不能生长繁殖。生物化学代谢途径也为探索药物的作用机制奠定了基础,又可为新药设计提供依据。过去认为只有遗传性基因病才与基因有关,现在发现一些复杂疾病如高血压、糖尿病、肿瘤也是如此。当前迅速发展的基因诊断、基因治疗和基因工程药物将大大推动临床医学的疾病诊断与治疗。利用重组 DNA 技术生产具有重要经济价值的生物活性物质已成为当今世界一项重大产业。同样,临床医学实践也为生物化学的研究提供了丰富的资源,例如对恶性肿瘤的研究,使生物化学和分子生物学已深入到从癌基因研究水平来阐明肿瘤发生、发展的多基因多阶段综合过程。

(二) 生物化学的基本学习方法

本书包括上下两篇,上篇主要介绍生物化学的基础理论,下篇主要介绍生物化学的部分实验,以加强学生的动手能力。生命科学是在分子、细胞、组织、器官、系统乃至整体水平上来讨论生物体各个方面的结构与机能,并且从正常与疾病的状态来讨论生物体的常态与变异。生物化学是整个生命科学中的微观生命科学部分,学习时要注意本学科的定位和它的重要的微观特点。生物化学是在有机化学与生理科学的基础上成长分离出来的,学习时即要强调化学的基础又要和机能表现密切联系,尤其是在医学与药学中的体现与应用是我们所要紧紧把握的。在学习各类物质代谢时,即要注意物质代谢的起始物、终产物、关键酶与中间产物等基本特点又要注意物质代谢之间的相互联系与相互制约,以求得整体功能协调统一。

目 录

绪 论	1
第一篇 生物化学理论	
第一章 蛋白质化学	2
第一节 蛋白质在生命活动中的重要性	2
第二节 蛋白质的分子组成	3
第三节 蛋白质的分子结构	7
第四节 蛋白质的理化性质与分离纯化	14
第二章 核酸化学	21
第一节 核酸的化学组成	21
第二节 核酸的分子结构	25
第三节 核酸的理化性质	30
第四节 核酸的分离与含量测定	32
第三章 酶与维生素	34
第一节 酶的分子组成与活性中心	34
第二节 维生素和辅酶	35
第三节 酶促反应特点与机制	43
第四节 酶促反应的动力学	46
第五节 酶的调节	55
第六节 酶的命名、分类与活性测定	58
第七节 酶与医药学的关系	59
第四章 生物氧化	63
第一节 概述	63
第二节 线粒体氧化体系	65
第三节 生物氧化与能量代谢	71
第四节 非线粒体氧化体系	76
第五章 糖类的化学和代谢	79
第一节 糖的化学	79
第二节 糖的分解代谢	85

第三节	糖原的合成与分解	92
第四节	血糖水平的调节	97
第六章	脂类的化学和代谢	100
第一节	脂类的概念与分类	100
第二节	单脂的化学	101
第三节	复合脂的化学	103
第四节	脂类在体内的消化和吸收	107
第五节	脂类的体内贮存和运输	109
第六节	脂肪(甘油三酯)的分解代谢	111
第七节	脂肪(甘油三酯)的合成代谢	114
第八节	磷脂和胆固醇的代谢	117
第九节	脂类代谢的调节与脂类代谢紊乱	120
第七章	蛋白质的分解代谢	122
第一节	蛋白质的营养作用	122
第二节	蛋白质的消化、吸收和腐败	124
第三节	氨基酸的一般代谢	125
第四节	少数氨基酸的特殊代谢	134
第五节	激素对蛋白质代谢的调节	138
第六节	糖、脂类和蛋白质的代谢联系	139
第八章	核酸代谢与蛋白质生物合成	142
第一节	核苷酸代谢	142
第二节	DNA 的生物合成	148
第三节	RNA 的生物合成	151
第四节	蛋白质的生物合成	153
第五节	核酸蛋白质合成与医药学的关系	157
第九章	水盐代谢与酸碱平衡	160
第一节	水盐代谢	160
第二节	酸碱平衡	173
第二篇 生物化学实验		
实验一	蛋白质理化性质的测定	185
实验二	饱食与饥饿小白鼠肝糖原含量比较	189
实验三	血清谷一丙转氨酶的测定	190
实验四	激素对血糖浓度的影响	192
实验五	核酸的提取与鉴定	193
实验六	琥珀酸脱氢酶的作用及其竞争性抑制	196
实验七	凝胶层析法分离血红蛋白与溴酚蓝	197

实验八	血清蛋白醋酸纤维薄膜电泳·····	198
实验九	鸡卵类粘蛋白的制备·····	199
实验十	乳酸脱氢酶同工酶的分离和测定·····	202

等出題自出

第一篇 生物化学理论

在生物化学理论中，蛋白质是生命活动的主要承担者。蛋白质的结构与功能密切相关，其一级结构决定了其高级结构，进而决定了其生物学功能。蛋白质的合成与降解是细胞内重要的代谢过程，也是维持细胞稳态的关键。

第一章 蛋白质的结构与功能

第一节 蛋白质的组成

蛋白质是由氨基酸通过肽键连接而成的长链。氨基酸是蛋白质的基本组成单位，其侧链基团决定了氨基酸的性质。蛋白质的组成元素包括碳、氢、氧、氮、硫、磷等。

第二节 蛋白质的结构

蛋白质的结构分为一级结构、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；二级结构是指局部肽链的构象，如α-螺旋和β-折叠；三级结构是指整条肽链的三维空间构象；四级结构是指由多条肽链组成的蛋白质的空间构象。

第三节 蛋白质的功能

蛋白质在生物体内具有多种功能，包括催化、运输、免疫、调节等。酶的催化作用是生物体内最重要的生化反应。抗体是免疫系统的重要组成部分，能够识别和清除外来病原体。激素是调节生物体生理功能的重要信号分子。

第四节 蛋白质的合成与降解

蛋白质的合成与降解是细胞内重要的代谢过程。蛋白质的合成是在核糖体上进行的，需要消耗能量。蛋白质的降解是通过蛋白酶的作用实现的，可以释放出氨基酸供细胞再利用。

第一章

蛋白质化学

引读

1. 掌握蛋白质的分子组成与结构。
2. 熟悉蛋白质的理化性质和常用分离、纯化技术的基本原理。
3. 了解蛋白质的分类、蛋白质的分子结构与功能的关系。

蛋白质(protein)是由氨基酸组成的,具有复杂结构的大分子物质,并且是细胞组分中最丰富的、功能最多的高分子物质,存在于所有的细胞及细胞的所有单位。蛋白质是生命的物质基础,在生命活动几乎都是通过蛋白质来实现。

第一节 蛋白质在生命活动中的重要性

一、生命的物质基础

蛋白质是最丰富的生物大分子,存在于所有的细胞及细胞的所有单位。生物体内的蛋白质含量除水以外,机体组织中最多的是蛋白质,占人体干重的45%。

二、蛋白质的生物学功能

蛋白质的英文是 protein,源于希腊文的 proteios,是“头等重要”的意思,表明了蛋白质是生命活动中头等重要物质,在生命活动过程中蛋白质起着各种生命功能执行者的作用,几乎没有一种生命活动能离开蛋白质。

1. 体内催化各种物质代谢反应的酶是蛋白质。
2. 调节代谢反应的某些激素是蛋白质或肽。
3. 红细胞运输 O_2 、 CO_2 要靠 Hb(血红蛋白, Hemoglobin)、还有脂蛋白、运铁蛋白等转运蛋白或叫载体蛋白。
4. 心跳、胃肠蠕动等,躯体、器官的运动,依靠与肌肉收缩有关的蛋白质来实现,如肌球蛋白、肌动蛋白。
5. 机体抵抗外来侵害的防御机能,靠抗体,抗体是蛋白质。

6. 鸡蛋清蛋白、牛奶中的酪蛋白是营养和储存蛋白;胶原蛋白、纤维蛋白等属于结构蛋白。还有甜味蛋白、毒素蛋白等都具有特异的生物学功能。

三、蛋白质的新来源

1. 蛋白质来源

人类各种生理活动大多数都由蛋白质承担,人类蛋白质主要来源是动物性食物和植物性蛋白两大类。植物蛋白中,谷物含蛋白质 10%左右,含量不算高,但是人们的主食,所以仍然是膳食蛋白质的主要来源。豆类含有丰富的蛋白质,特别是大豆含蛋白质高达 36% - 40%,氨基酸组成也比较合理,在体内的利用率较高,是植物蛋白质中非常好的蛋白质来源。蛋类含蛋白质 11% - 14%,是优质蛋白质的重要来源。奶类(牛奶)一般含蛋白质 3%左右,是婴幼儿蛋白质的最佳来源。肉类包括禽、畜和鱼的肌肉,新鲜肌肉含蛋白质 15% - 22%,肌肉蛋白质营养价值优于植物蛋白质,是人体蛋白质的重要来源。

2. 解决蛋白质新来源有三种可能途径

- (1) 人工合成食品;
- (2) 人工模拟生物体内的转化过程生产食品;
- (3) 人工培养微生物生产蛋白质。

利用微生物生产蛋白质的原料丰富:石油、煤炭、天然气、淀粉、工业废料、农副产品下脚料、城市垃圾。近年发现一种新氢细菌的微生物,能直接用 H_2 、 CO_2 和一些简单的无机物来生产蛋白质。

第二节 蛋白质的分子组成

一、蛋白质的元素组成

元素分析结果表明,蛋白质主要含碳、氢、氧、氮四种元素。此外,大多数蛋白质还含有少量的硫元素,甚至有的蛋白质还会含有少量的磷和金属元素等。但各种蛋白质的含氮量十分接近且恒定,大约为 16%。因此,通过测定含氮量可以推算出生物样本中的蛋白质含量:

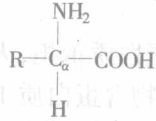
生物样本中的蛋白质克数 = 6.25 × 含氮克数。

二、蛋白质的基本组成单位——氨基酸

蛋白质可以被酸、碱或蛋白酶催化水解,在水解过程中,蛋白质逐渐降解直到最后成为氨基酸的混合物。

(一)氨基酸的结构

天然存在的氨基酸约 180 种,但组成蛋白质的天然氨基酸主要有 20 种,也称为标准氨基酸。标准氨基酸(amino acid)就是羧酸分子中 α -碳原子上的一个氢原子被氨基取代而生成的化合物,故又称 α -氨基酸。其一般结构式为



α -氨基酸通式(R 代表氨基酸侧链基团)

其结构特点为:

1. 既具有酸性的羧基(α -COOH),也具有碱性的氨基(α -NH₂),故为两性电解质,脯氨酸除外(具 α -亚氨基)。
2. 标准氨基酸除甘氨酸外(甘氨酸的 R 基团是 1 个氢原子), α -碳原子都结合了 4 个不同的原子或基团,所以都是手性碳原子,都具有旋光异构现象和 D、L 两种不同的立体构型(图 1-1)。存在于天然蛋白质中的氨基酸均为 L- α -氨基酸(图 1-1)。

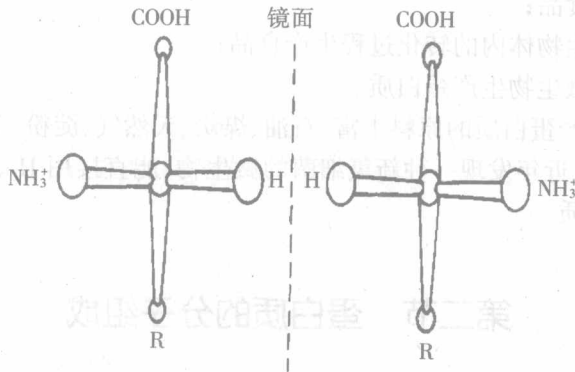


图 1-1 L- α -氨基酸

D- α -氨基酸

3. 各种氨基酸的区别在于侧链 R 基的不同。可以根据 R 基的不同,将氨基酸区分为不同的种类。

(二)氨基酸的分类

根据侧链 R 基的结构和性质不同,氨基酸可分为不同的种类。根据 R 基化学结构特点可分为脂肪族、芳香族、杂环族氨基酸;根据 R 基的酸碱性分为酸性、碱性、中性氨基酸;根据人体能否自身合成分为必需和非必需氨基酸。

综合考虑氨基酸 R 基的结构与性质,根据 R 基能否电离以及电离后的带电性,我们将标准氨基酸分为非极性中性氨基酸、极性中性氨基酸、酸性氨基酸、碱性氨基酸四大类(表 1-1)。

1. 非极性中性氨基酸 此类氨基酸的 R 基无极性或极性很弱,呈疏水性,如甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、脯氨酸。

2. 极性中性氨基酸 此类氨基酸的 R 基不带电荷,但有极性,呈亲水性,包括:色

氨酸、酪氨酸、丝氨酸、半胱氨酸、蛋氨酸、天冬酰胺、谷氨酰胺、苏氨酸。

3. 酸性氨基酸 此类氨基酸 R 基含羧基, 在 pH 为 7 时可酸式电离, 电离后 R 基带负电荷, 亲水性强, 如天冬氨酸、谷氨酸。

4. 碱性氨基酸 此类氨基酸 R 基含碱性基团, 在 pH 为 7 时可碱式电离, 电离后 R 基带正电荷, 亲水性强, 如赖氨酸、精氨酸、组氨酸。

表 1-1 标准氨基酸的分类与性质

类型	名称	略号	分子量	电离常数			等电点	在蛋白质中的 相对分子量	
				羧基	氨基	侧链			
非极性疏水 R	甘氨酸	Gly	G	75	2.34	9.60	5.97	7.2	
	丙氨酸	Ala	A	89	2.34	9.69	6.01	7.8	
	缬氨酸	Val	V	117	2.32	9.62	5.97	6.6	
	亮氨酸	Leu	L	131	2.36	9.60	5.98	9.1	
	异亮氨酸	Ile	I	131	2.36	9.68	6.02	5.3	
	脯氨酸	Pro	P	115	1.99	10.96	6.48	5.2	
	甲硫氨酸	Met	M	149	2.28	9.21	5.74	2.3	
	苯丙氨酸	Phe	F	165	1.83	9.13	5.48	3.9	
	色氨酸	Trp	W	204	2.38	9.39	5.89	1.4	
极性不带电荷 R	酪氨酸	Tyr	Y	181	2.20	9.11	10.07	5.66	3.2
	丝氨酸	Ser	S	105	2.21	9.15	5.68	6.8	
	苏氨酸	Thr	T	119	2.11	9.62	5.87	5.9	
	半胱氨酸	Cys	C	121	1.96	10.28	8.18	5.07	1.9
	天冬酰胺	Asn	N	132	2.02	8.80	5.41	4.3	
	谷氨酰胺	Gln	Q	146	2.17	9.13	5.65	4.2	
碱性氨基酸	赖氨酸	Lys	K	146	2.18	8.95	10.53	9.74	5.9
	精氨酸	Arg	R	174	2.17	9.04	12.48	10.76	5.1
	组氨酸	His	H	155	1.82	9.17	6.00	7.59	2.3
酸性氨基酸	天冬氨酸	Asp	D	133	1.88	9.60	3.65	2.77	5.3
	谷氨酸	Glu	E	147	2.19	9.17	4.25	3.22	6.3

(三) 氨基酸的连接方式

现在公认蛋白质分子中氨基酸连接的基本方式是肽键“—CO—NH—”。

1. 肽键 在蛋白质分子中, 氨基酸之间是以肽键(peptide bond)相连。肽键是由一个氨基酸的羧基与另一氨基酸氨基脱水缩合而形成的, 又称酰胺键(图 1-2)。

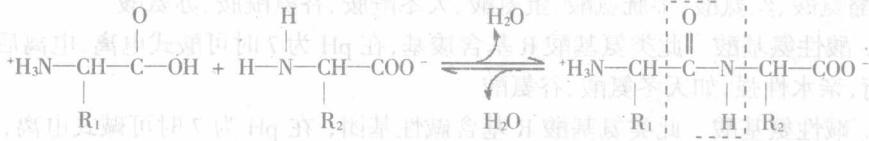


图 1-2 肽键的形成

2. 肽单位 肽键的四个原子和与之相连的两个 α -碳原子所组成的基团。

肽单位的特点:主链肽键 C—N 具有双键性质而不能自由旋转。从键长看, C—N 单键的键长是 0.148nm; C=N 双键的键长是 0.127nm; X 射线衍射分析证实, 肽键中 C…N 的键长为 0.132nm。具有部分双键的性质, 不能自由旋转; 从键角看, 肽键中键与键之间的夹角均约 120° 。因此, 与肽键相连的 6 个原子 (C、C、O、N、H、C α) 始终处于同一个平面上, 构成刚性的肽键平面, 或称肽单元(图 1-3)。

(1) 肽键的所有 4 个原子和与之相连的两个 α -碳原子(习惯上称为 C α)都处于一个平面内, 此刚性结构的平面称为肽平面(peptide plane)或酰胺平面, 每一个肽单位实际上就是一个肽平面。

(2) 肽平面内的 C=O 与 N—H 呈反式排列, 各原子间的键长和键角都是固定的。

在肽平面内, 两个 C α 可以处于顺式构型或反式构型, 但反式构型空间位阻小, 所以稳定, 因此肽链中肽键都是反式构型。

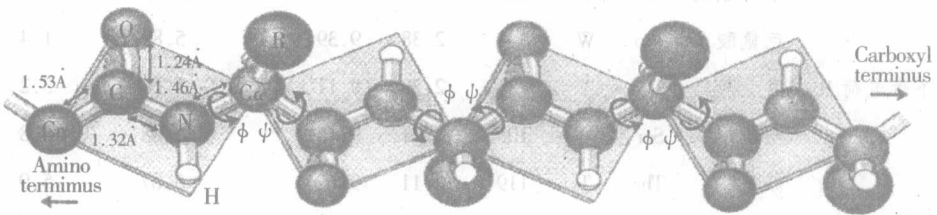


图 1-3 肽键平面

3. 肽的形成与命名 氨基酸通过肽键连接起来的化合物称为肽(peptide)。氨基酸合成肽之后, 氨基酸不完整了, 我们称之为氨基酸残基。那么由两个氨基酸连接起来的肽称为二肽, 由 2~10 个氨基酸残基连接起来的肽, 称寡肽, 10 个以上的氨基酸连接起来的肽, 称多肽。多肽化学结构为链状, 所以也称为多肽链。多肽链中由 -C α -C-N- 依次重复排列构成的长链, 称为主链, 也称骨架; 而伸展在主链两侧的 R 基称为侧链。

多肽链有两个端点, 一端含游离的 α -氨基, 称氨基末端或 N-端; 一端含游离的 α -羧基, 称羧基末端或 C-端(图 1-4)。多肽链的合成始于氨基端, 结束于羧基端, 所以规定书写方法为 N 端→C 端, 例如: Ala-Gly-Phe, 读作: 丙氨酰甘氨酰苯丙氨酸。

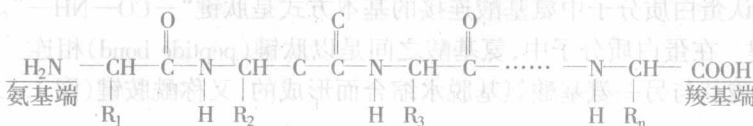


图 1-4 肽链的两个末端