

全国医学高等专科学校教育应用型人才培养规划教材

# 生物化学

临床医学类、护理类、医学技术类、药学类、卫生管理类专业用

# Biochemistry

主编 吕文华



高等教育出版社

生物化学

Biochemistry

全国医学高等专科学校教育应用型人才培养规划教材

# 生物化学

临床医学类、护理类、医学技术类、  
药学类、卫生管理类专业用

主 编 吕文华

副主编 罗德生 舒景丽

编 者 (以姓氏拼音为序)

杜丽敏(邢台医学高等专科学校)

吕文华(邢台医学高等专科学校)

罗德生(咸宁学院医学院)

舒景丽(邵阳医学高等专科学校)

赵 红(天津医学高等专科学校)

赵筱萍(浙江医学高等专科学校)

郑红花(咸宁学院医学院)



高等教育出版社

## 内容提要

本教材是“全国医学高等专科学校教育应用型人才培养规划教材”之一,是一部供高职高专医学类学生使用的必修课教材,是在对多所医学高职高专院校进行广泛调研的基础上,按照国家教育部对生物化学的基本要求,集各院校编者多年的教学教改经验编写而成的。全书共14章,包括了生物大分子的结构与功能、物质代谢及其调节、遗传信息的传递、肝胆生化等四大部分内容。与其他同类教材相比,本教材有以下特点:①突出了以人为本的指导思想;②强调了应用、够用、实用;③注重了生物化学与临床的联系;④删减了与其他学科重叠的内容,写进了新进展。本书主要适用于医学类高中起点三年制专科学生,同时也可作为五年一贯制、职业医师资格考试、自学考试学生的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

生物化学 / 吕文华主编. —北京: 高等教育出版社,  
2006.12  
临床医学类、护理类、医学技术类、药学类、卫生管  
理类专业用  
ISBN 7-04-020251-4

I. 生... II. 吕... III. 生物化学 - 医学院校 -  
教材 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 141199 号

策划编辑 刘惠军      责任编辑 田 军      封面设计 于文燕      责任绘图 朱 静  
版式设计 王艳红      责任校对 杨雪莲      责任印制 陈伟光

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800 - 810 - 0598
邮政编码	100011	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总 机	010 - 58581000		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
印 刷	北京宝旺印务有限公司		<a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a>
		畅想教育	<a href="http://www.widedu.com">http://www.widedu.com</a>
开 本	787 × 1092 1/16	版 次	2006年12月第1版
印 张	17	印 次	2006年12月第1次印刷
字 数	410 000	定 价	26.60元

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究  
物料号 20251-00

# 前 言

本书系高等教育出版社启动的“全国医学高等专科学校教育应用型人才培养规划教材”之一。生物化学是一门重要的医学基础课程,近年来,生化学科知识更新极快,发展迅猛。作为新世纪医学高等专科学校教育应用型人才培养规划教材,有着它的特殊使命和特点,在教材编写过程中坚持以“必需、够用”为原则,以“应用”为主旨,力求使学生掌握必需的基础理论,较强的应用能力,以适应 21 世纪医学教育改革及卫生事业发展的需要,培养综合素质高、知识面广的医学高等技术应用型专门人才。

本教材结合医学专科教育的特点,既不同于中等专科教育,也不同于本科教育,紧紧围绕三基(基本知识、基本理论、基本技能),坚持五性(思想性、科学性、先进性、启发性和实用性),注重全书的整体结构体系及编写的标准化、规范化,力求使教材既具专业性针对性,又方便师生的教与学。

在编写本教材过程中,我们尽可能顾及本学科长期积累形成的知识结构体系,又根据专科教育的特点,对其中某些章节和顺序进行了调整与整合。结合多所院校在教学中的实践经验,组织由邢台医学高等专科学校、咸宁医学院、邵阳医学高等专科学校等五所院校七位具有丰富教学经验的教授、副教授参加编写。全书共分十四章,第一章绪论、第二章蛋白质的结构与功能、第十二章肝的生物化学由邢台医学高等专科学校的吕文华老师编写,第三章酶、第四章维生素由天津医学高等专科学校的赵红老师编写,第五章生物氧化由咸宁学院医学院的罗德生老师编写,第六章糖代谢、第十章核酸的结构、功能与核苷酸代谢和第十一章遗传信息的传递由邢台医学高等专科学校的杜丽敏老师编写,第七章脂质代谢、第八章氨基酸代谢由邵阳医学高等专科学校的舒景丽老师编写,第九章物质代谢的联系与调节、第十四章细胞信号转导由浙江医学高等专科学校的赵筱萍老师编写,第十三章水和无机盐代谢由咸宁学院医学院的郑红花老师编写。酸碱平衡内容归属病理生理学科,本教材未涉及。为了精简核苷酸代谢内容,将其与核酸结构与功能合为一章,并排列在物质代谢内容之后,以便于教学。

各个章节尽可能地写进学科领域的新进展。为便于学生自学和复习,每章都有“重要内容提示”和“复习思考题”。本着重视基础理论、强调理论与临床医学相结合、充分反映对医学有影响的生物化学新进展,本教材对教学内容中占篇幅较大的数学推导、某些物质代谢的繁琐过程等内容进行了一定程度的删减。以阐明结构与功能关系为重点,在介绍生物化学和分子生物学理论知识时,选择了既反映最新进展,又强调与疾病发生发展、诊断治疗之间联系的知识内容。力求达到概念清晰、内容丰富、重点突出,使教材具有较强的实用性。

参加本教材编写的老师都具有多年生物化学教学经验,他们以严谨的态度和团队合作的精神共同完成了全书的编写工作。在编写过程中,得到了邢台医学高等专科学校等多所学校领导的大力支持,赵瑞巧和杜丽敏两位老师为本书的编校、排版做了大量的工作,在此一并表示感谢!

本书在编校过程中尽管进行了反复审阅和修改,但由于编写时间仓促,主编学识水平有限,书中定有许多错漏及不妥之处,敬请同行专家、使用本书的师生和其他读者多提宝贵意见。

吕文华

2006年8月20日

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1	一、底物浓度对酶促反应速度的影响	31
一、生物化学研究的内容	1	二、酶浓度对酶促反应速度的影响	31
二、生物化学与医学	3	三、温度对酶促反应速度的影响	32
三、生物化学的学习方法	3	四、pH 对酶促反应速度的影响	32
<b>第二章 蛋白质的结构与功能</b> .....	4	五、激活剂对酶促反应速度的影响	33
<b>第一节 蛋白质的化学组成</b> .....	4	六、抑制剂对酶促反应速度的影响	33
一、蛋白质的元素组成	4	<b>第四节 酶在体内的几种存在形式</b> .....	34
二、蛋白质结构的基本单位——氨基酸	5	一、单体酶、寡聚酶、多酶复合体和多功能酶	34
<b>第二节 蛋白质的分子结构</b> .....	10	二、酶原与酶原激活	35
一、蛋白质的一级结构	10	三、同工酶	36
二、蛋白质的空间结构	11	四、别构酶与修饰酶	36
三、蛋白质结构与功能的关系	16	<b>第五节 酶在医药上的应用</b> .....	37
<b>第三节 蛋白质的理化性质</b> .....	18	一、酶的活力单位与比活力	37
一、蛋白质的两性解离和等电点	18	二、酶用于疾病的诊断和治疗	38
二、蛋白质的胶体性质	19	<b>第四章 维生素</b> .....	41
三、蛋白质的变性和凝固	20	<b>第一节 概述</b> .....	41
四、蛋白质的沉淀	21	一、维生素的概念和特点	41
五、蛋白质的紫外吸收性质	22	二、维生素缺乏病的原因与维生素中毒	42
六、蛋白质的颜色反应	22	三、维生素的命名和分类	42
<b>第四节 蛋白质的分类</b> .....	22	<b>第二节 脂溶性维生素</b> .....	43
一、按组成分类	22	一、维生素 A	43
二、按分子形状分类	23	二、维生素 D	45
三、按功能分类	23	三、维生素 E	46
<b>第三章 酶</b> .....	25	四、维生素 K	47
<b>第一节 概述</b> .....	25	五、硫辛酸	48
一、酶催化作用特点	25	<b>第三节 水溶性维生素</b> .....	48
二、酶的分子组成	26	一、维生素 B <sub>1</sub>	48
三、酶的命名与分类	27	二、维生素 B <sub>2</sub>	49
<b>第二节 酶的结构特点及催化原理</b> .....	29	三、维生素 PP	50
一、酶的结构特点	29	四、维生素 B <sub>6</sub>	52
二、酶催化作用的原理	30	五、泛酸	53
<b>第三节 影响酶促反应速度的因素</b> .....	31		

六、生物素 .....	53	三、糖异生的调节 .....	92
七、叶酸 .....	54	<b>第五节 血糖</b> .....	92
八、维生素 B <sub>12</sub> .....	55	一、血糖的来源与去路 .....	92
九、维生素 C .....	56	二、血糖浓度的调节 .....	93
<b>第五章 生物氧化</b> .....	58	<b>第六节 糖代谢异常</b> .....	94
<b>第一节 概述</b> .....	58	一、低血糖 .....	94
一、生物氧化的概念 .....	58	二、高血糖 .....	94
二、生物氧化特点 .....	58	三、糖原积累症 .....	95
三、参与生物氧化的酶类 .....	59	<b>第七章 脂质代谢</b> .....	96
<b>第二节 生物氧化中二氧化碳的生成</b> .....	60	<b>第一节 概述</b> .....	96
一、直接脱羧基作用 .....	60	一、脂质的分布、种类及生理功能 .....	96
二、氧化脱羧基作用 .....	60	二、脂质的消化和吸收 .....	100
<b>第三节 线粒体氧化体系</b> .....	60	<b>第二节 三酰甘油代谢</b> .....	100
一、呼吸链的组成 .....	61	一、三酰甘油的分解代谢 .....	100
二、呼吸链的类型 .....	63	二、三酰甘油的合成代谢 .....	105
三、呼吸链的作用 .....	64	三、多不饱和脂肪酸的重要衍生物—— 前列腺素、血栓噁烷及白三烯 .....	108
四、能量的储存和利用 .....	66	<b>第三节 磷脂代谢</b> .....	109
五、胞质中 NADH 的氧化 .....	67	一、甘油磷脂的合成代谢 .....	110
<b>第四节 非线粒体氧化体系</b> .....	68	二、甘油磷脂的分解代谢 .....	112
一、微粒体氧化体系 .....	68	<b>第四节 胆固醇代谢</b> .....	112
二、过氧化物酶体氧化体系 .....	69	一、胆固醇的含量与分布 .....	112
三、自由基与超氧化物歧化酶 .....	69	二、胆固醇的合成代谢 .....	112
<b>第六章 糖代谢</b> .....	72	三、胆固醇的酯化 .....	114
<b>第一节 概述</b> .....	72	四、胆固醇的转化与排泄 .....	114
一、糖的生理功能 .....	72	<b>第五节 血脂及血浆脂蛋白质</b> .....	115
二、糖代谢概况 .....	72	一、血脂的种类和含量 .....	115
<b>第二节 糖的分解代谢</b> .....	73	二、血浆脂蛋白的分类与组成 .....	115
一、糖酵解 .....	73	三、血浆脂蛋白的代谢和功能 .....	117
二、糖的有氧氧化 .....	78	四、血浆脂蛋白的代谢紊乱 .....	118
三、磷酸戊糖途径 .....	83	<b>第八章 氨基酸代谢</b> .....	120
<b>第三节 糖原的代谢</b> .....	86	<b>第一节 蛋白质的营养作用</b> .....	120
一、糖原的合成 .....	86	一、氮平衡 .....	120
二、糖原的分解 .....	87	二、蛋白质的需要量 .....	120
三、糖原代谢的生理意义 .....	88	三、蛋白质的营养价值 .....	121
四、糖原代谢的调节 .....	89	<b>第二节 蛋白质的消化、吸收与腐败</b> 作用 .....	121
<b>第四节 糖异生</b> .....	90	一、蛋白质的消化 .....	121
一、糖异生途径 .....	90		
二、糖异生的生理意义 .....	91		



二、氨基酸的吸收作用·····	122	第一节 DNA 的生物合成·····	168
三、蛋白质的腐败作用·····	122	一、DNA 的复制·····	169
第三节 氨基酸的一般代谢·····	123	二、DNA 的修复合成·····	172
一、氨基酸的脱氨基作用·····	123	三、逆转录合成 DNA·····	174
二、氨基酸脱氨基产物的代谢·····	125	第二节 RNA 的生物合成·····	175
第四节 个别氨基酸的代谢·····	130	一、转录的概念·····	175
一、氨基酸的脱羧基作用·····	130	二、RNA 聚合酶·····	176
二、一碳单位的代谢·····	132	三、转录的过程·····	176
三、含硫氨基酸的代谢·····	135	四、转录后的加工和修饰·····	178
四、芳香族氨基酸的代谢·····	136	第三节 蛋白质的生物合成·····	179
五、支链氨基酸的代谢·····	138	一、参与翻译的酶及蛋白因子·····	179
第九章 物质代谢的联系与调节·····	139	二、蛋白质生物合成的过程·····	182
第一节 物质代谢的相互联系·····	139	三、翻译后加工与修饰·····	188
一、物质分解产能时有共同通路·····	139	四、蛋白质生物合成的调控·····	188
二、物质代谢的相互联系与转变·····	140	五、蛋白质生物合成与医学的关系·····	189
第二节 物质代谢的调节·····	141	第十二章 肝的生物化学·····	192
一、细胞水平的调节·····	142	第一节 肝在物质代谢中的作用·····	192
二、激素水平的调节·····	145	一、肝在糖代谢中的作用·····	192
三、整体水平的调节·····	145	二、肝在脂质代谢中的作用·····	193
第十章 核酸的结构、功能与		三、肝在蛋白质代谢中的作用·····	193
核苷酸代谢·····	147	四、肝在维生素代谢中的作用·····	194
第一节 核酸的化学组成·····	147	五、肝在激素代谢中的作用·····	194
一、核酸的元素组成·····	147	第二节 肝的生物转化作用·····	195
二、核酸的基本组成单位——核苷酸·····	147	一、生物转化的概念和特点·····	195
三、体内某些重要的游离核苷酸·····	149	二、生物转化的类型·····	195
第二节 核酸的分子结构·····	151	三、影响生物转化的因素·····	197
一、DNA 的分子结构·····	151	第三节 胆汁酸代谢·····	198
二、RNA 的分子结构·····	154	一、胆汁酸的生成·····	198
第三节 核酸的理化性质及其应用·····	157	二、胆汁酸的功用·····	201
一、核酸的一般性质·····	157	第四节 血红素代谢·····	202
二、DNA 的变性·····	157	一、血红素的生物合成·····	202
三、DNA 的复性与分子杂交·····	158	二、血红素的分解代谢·····	205
第四节 核苷酸代谢·····	158	第十三章 水和无机盐代谢·····	212
一、核苷酸的合成代谢·····	159	第一节 体液·····	212
二、核苷酸的分解代谢·····	165	一、体液的分布与含量·····	212
第十一章 遗传信息的传递与		二、体液电解质的组成·····	213
表达·····	168	三、体液的交换·····	214
		第二节 水、钠、氯和钾代谢·····	215

一、水平衡·····	215	<b>第十四章 细胞信号转导</b> ·····	228
二、钠的代谢·····	216	<b>第一节 信号分子</b> ·····	228
三、钾的代谢·····	217	一、信号分子的种类与化学本质·····	228
四、氯的代谢·····	218	二、信号分子的传递方式·····	229
<b>第三节 钙、磷的代谢</b> ·····	218	<b>第二节 受体</b> ·····	229
一、钙、磷的含量与分布·····	218	一、受体的种类、结构与功能·····	230
二、钙、磷的吸收与排泄·····	218	二、受体的作用特点·····	231
三、钙、磷的生理功能·····	219	<b>第三节 细胞信号转导途径</b> ·····	232
四、血钙与血磷·····	220	一、膜受体介导的信号转导途径·····	232
五、钙、磷代谢的调节·····	222	二、胞内受体介导的信号转导途径·····	237
<b>第四节 微量元素</b> ·····	223	<b>第四节 细胞信号转导与医学</b> ·····	238
一、铁的代谢·····	224	一、细胞信号转导与疾病·····	238
二、锌的代谢·····	224	二、细胞信号转导与药物治疗·····	239
三、铜的代谢·····	225	<b>英汉名词索引</b> ·····	240
四、硒的代谢·····	225	<b>汉英名词索引</b> ·····	250
五、锰的代谢·····	225	<b>参考文献</b> ·····	260
六、碘的代谢·····	226		
七、其他微量元素·····	226		

# 第一章 绪 论

## 重要内容提示

1. 生物化学的概念及内容
2. 生物化学与医学各学科的关系
3. 生物化学的学习方法

生物化学(biochemistry)是研究生物体的化学组成和生命过程中化学变化规律的科学。它主要采用化学以及物理学和免疫学原理和方法,从分子水平来探讨生命现象的化学本质,故又称生命的化学。通常将生物大分子的结构、功能及其代谢调控等的研究,称为分子生物学(molecular biology)。可见分子生物学是生物化学的重要组成部分。

生物化学的研究对象是生物体,其研究范围涉及整个生物界,依据研究对象的不同,可将其分为动物生化、植物生化、微生物生化和人体生化等。为了方便,有时以研究的具体对象或课题来命名,如病毒生化、核酸生化、蛋白质生化等。

生物化学的研究始于18世纪,19世纪已有许多进展,20世纪初才引入“生物化学”这一概念,成为一门独立学科而蓬勃发展起来。生物化学的发展非常迅速,目前已成为生命科学领域的带头学科,生物化学的原理和技术已渗透到生命科学的各学科中。同样医学的各学科无不广泛应用生物化学的知识。

我国古代劳动人民和学者在生物化学的发展方面做出了不可磨灭的贡献。但由于长期的封建统治,未能把他们的宝贵经验上升为理论高度。建国后我国生物化学得到迅速发展,取得了许多可喜的成就。1965年我国在世界上首次合成了具有生物活性的结晶牛胰岛素;1981年又成功合成了酵母丙氨酸-tRNA;2000年我国生物化学工作者出色地完成了人类基因组计划中1%的测序工作,为世界人类基因组计划的完成贡献了力量。2002年,我国的生物化学工作者又率先完成了水稻的基因组精细图,为水稻的育种和防病奠定基因基础。我国在生物化学的许多领域均已达到了国际先进水平,正在与全世界的科技工作者一道,冲向生命科学的顶端。

## 一、生物化学研究的内容

### (一) 人体的化学组成

细胞是生物体的结构和功能单位,而细胞又是由成千上万种化学物质所组成。包括无机物、

小分子有机物和生物大分子等。无机物主要是水和无机盐；小分子有机物主要包括各种有机酸、有机胺、维生素、单糖、氨基酸、核苷酸等；生物大分子主要指蛋白质、核酸、多糖及脂质等，它们是生物体内存在的大而复杂的分子，它们与生命活动有着十分密切的联系，蛋白质是生命活动的物质基础，核酸是生物遗传信息贮存、传递与个体生命发生的物质基础。这些生物大分子在体内有序地运转，执行其特定的功能，从而构成特定的生命现象。研究这些生物大分子具有重要的理论和实践意义。无机元素在体内也有其独特的地位，许多无机元素与蛋白质、酶、核酸结合而发挥其作用，无机元素还参与体内物质代谢、能量代谢和信息的传递与调控。

## (二) 生物分子的结构与功能

结构是功能的基础，而功能则是结构的体现。自然界中结构决定功能的例子举不胜举。鸟有翅而能飞，兽有脚而善走，植物为了捕获光能而发叶，为了结实传代而开花，这些事实显而易见。生物体内生物分子的结构与功能之间亦有着密切的关系。生物大分子的种类繁多，结构复杂，功能各异。人体是由生物分子按照一定的布局和严格的规律组合而成。对生物分子的研究，重点是对生物大分子的研究，除了确定其一级结构外，更重要的是研究其三维空间结构及其与功能的关系。生物大分子的功能还可通过分子之间的相互识别和相互作用来实现。例如：蛋白质、核酸自身之间、蛋白质与核酸之间的相互作用在基因表达的调节中起着决定性作用。所以分子结构、分子识别和分子间的相互作用是执行生物分子功能的基本要素。目前这一领域的研究是生物化学的热点之一。

## (三) 物质代谢及其调节

生命现象的基本特征是新陈代谢，即生物体与外环境的物质交换及维持其内环境的相对稳定。包括物质代谢和能量代谢，物质代谢包括合成代谢和分解代谢。合成代谢是指由小分子物质合成大分子物质的过程，往往需要消耗能量，也是生物体内贮存能量的过程，通过合成代谢生物体摄取的外环境中的营养物质转化为自身的结构成分。分解代谢是由复杂的大分子降解为简单分子和不断将代谢终产物排出体外的过程。营养物质的分解伴随着能量的释放和转移，产生的能量供生命活动的需要，同时产生的代谢废物，经排泄器官排出体外。据估计，一个人在一生中，(以 60 岁计算)，与外环境交换的物质，约相当于 60 000 kg 水、10 000 kg 糖类、1 600 kg 蛋白质，以及 1 000 kg 脂质。其总量约为人体重量的 1 300 余倍。除此之外，其他小分子物质和无机盐类也在不断交换之中，但数量要少得多。外界物质进入机体后，一方面可作为机体生长、发育、修补、繁殖等需要的原料，进行合成代谢；另一方面又可作为机体生命活动所需的能源，进行分解代谢。

生物体内各种代谢均由一系列化学反应所组成，各种物质的代谢速度和方向之所以符合机体的生理需要，是因为体内有完善的调节系统，一旦调节系统出现异常，即会引起物质代谢的紊乱，从而导致疾病的发生。因此学习物质代谢及其调节，是生物化学的重要内容之一。

## (四) 遗传信息的传递及调控

生物体在繁衍后代的过程中，遗传信息代代相传。遗传信息传递包括遗传、变异、生长、分化等诸多生命过程。也与遗传性疾病、代谢异常性疾病、恶性肿瘤、免疫缺陷性疾病、心血管病等多种疾病的发生机制有关。DNA 是遗传的物质基础，基因即 DNA 分子中的各个功能片段。生物体的遗传信息以基因为基本单位储存于 DNA 分子中。DNA 的结构与功能、DNA 的复制、RNA 的转录、蛋白质的生物合成 翻译等基因信息的传递与表达过程及调控机制，是现代生物化学研究的中心环节。随着基因工程技术的发展，许多基因工程产品将应用于人类疾病的诊断和治疗。

DNA 重组、转基因、基因剔除、新基因克隆、人类基因组计划及功能基因组计划等的发展,将大大推动这一领域的研究进程,并已取得令世人瞩目的成就。

## 二、生物化学与医学

生物化学是医学的重要基础课程。生物化学的理论与技术已渗透到医学科学的各个领域,使人们对危害人类健康与生命的许多重大疾病,如遗传性疾病、恶性肿瘤、免疫缺陷性疾病、心血管疾病、代谢异常性疾病的认识提高到分子水平,奠定了包括疾病的发生、发展、转归、预防等方面的分子基础。随着科学的发展,新知识的不断涌现,学科间的相互渗透,逐步出现了一批交叉学科,如分子遗传学、分子免疫学、分子病理学、分子药理学等。尤其是人类基因组和人类后基因组计划的启动与完成,必将为本世纪医学的发展带来新的突破。掌握生物化学的基础理论、基本知识和基本技能必将为进一步学习其他基础医学、临床医学、预防医学、口腔医学和药学等各专业课程,乃至为毕业后的继续医学教育奠定坚实的基础。

## 三、生物化学的学习方法

生物化学内容较复杂、抽象,化学结构式、反应式较多,初学者会感到有一定难度,因此掌握科学的学习方法是非常重要的。

### (一) 抓特点、记要点

物质代谢涉及许多结构式、化学反应式,反应过程复杂。且各条代谢途径间相互交叉、相互联系,容易混淆。在学习这类问题时,应抓住特点、记住要点,注意比较化学反应前后的变化,掌握反应特点、反应性质和条件,如细胞定位、限速酶、能量变化,以及生理意义等,不要把精力用于死记硬背反应结构式上。

### (二) 抓纲目,多而不乱

生物化学内容较多,学习各章时应首先建立起知识框架,再填充内容,抓纲目,纲举目张,多而不乱。

### (三) 前后联系,归纳对比

在学习过程中要经常复习、回顾前面所学的知识。要善于归纳、总结和对比,在理解的基础上加深记忆。比如:在学习糖的分解代谢时,归纳总结糖酵解的特点,比较糖的有氧氧化与糖酵解有何不同?经总结、对比分辨,知识点就容易记住。

### (四) 抓预习,带着问题学

通过预习,掌握学习的主动权,提前发现问题,带着问题学,可取得事半功倍的效果。同时提高了自学能力,为毕业后的继续学习奠定基础。

## 复习思考题

1. 生物化学研究内容有哪些?
2. 生物化学的任务是什么?

## 第二章 蛋白质的结构与功能

### 重要内容提示

1. 氨基酸的结构特点和连接方式。
2. 蛋白质分子的一级结构与空间结构以及维持各级结构的作用力。
3. 蛋白质结构与功能关系？
4. 蛋白质的理化性质和分类。

蛋白质(protein)是由氨基酸组成的一类生物大分子。现代生物化学与分子生物学的研究实践表明,蛋白质和核酸是生命活动中最重要的物质基础。蛋白质是生命活动的主要承担者,一切生命活动都与蛋白质有关,它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。生物体内蛋白质的种类繁多,单细胞的大肠杆菌就含有 3 000 余种,人体含蛋白质种类多达 10 万余种,整个生物界蛋白质的种类可达 100 亿种,各种蛋白质都有其特殊的结构和功能,许多重要的生命现象和生理活动是通过蛋白质来实现的,例如生物催化作用、代谢调节作用、免疫保护作用、物质的转运和贮存作用、运动与支持作用(肌肉的收缩、舒张)、生长、繁殖、遗传和组织修复作用;生物膜功能和细胞信息传递作用;高等动物的记忆和识别方面的作用等。总之,对生物界而言,蛋白质的功能极为广泛,作用十分巨大,可以说没有蛋白质就没有生命。蛋白质功能多样性的基础是其结构的多样性。

### 第一节 蛋白质的化学组成

#### 一、蛋白质的元素组成

组成蛋白质的元素主要有碳(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磷、碘或金属元素铁、铜、锰、锌等。各种蛋白质的含氮量很接近,平均为 16%。由于蛋白质是体内的主要含氮物,因此测定生物样品中的含氮量就可按下式推算出蛋白质的含量。

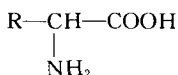
样品中蛋白质的含量 = 样品的含氮量  $\times$  6.25 (每克氮相当于  $100/16 = 6.25$  g 蛋白质)

## 二、蛋白质结构的基本单位——氨基酸

### (一) 氨基酸的结构特点

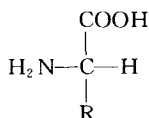
存在于自然界中的氨基酸有 300 余种,但组成人体蛋白质的氨基酸仅有 20 种,其结构有着共同的特点。

1. 蛋白质水解所得到的氨基酸都属  $\alpha$ -氨基酸(脯氨酸是  $\alpha$  亚氨基酸),其氨基连接在  $\alpha$  碳原子上,可以用下面的结构通式表示:

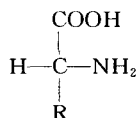


R: 代表氨基酸的侧链基团

2. 由氨基酸的结构通式可以看出,各种氨基酸的 R 不同,除甘氨酸 R 为 H 外,其  $\alpha$  碳原子均属不对称碳原子,故它们都有旋光异构现象,存在着 L 型和 D 型两种立体异构体,组成天然蛋白质的氨基酸均属 L- $\alpha$ -氨基酸。



L- $\alpha$ -氨基酸



D- $\alpha$ -氨基酸

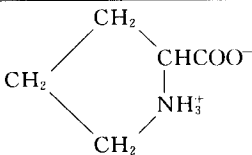
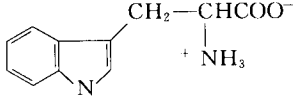
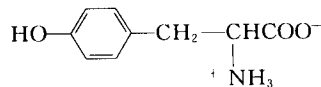
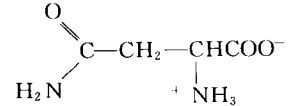
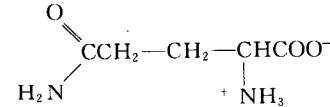
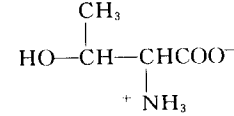
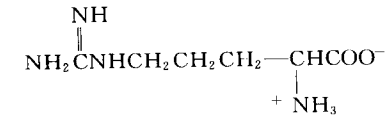
### (二) 氨基酸的分类

根据氨基酸侧链基团的结构和理化性质,可将 20 种氨基酸分成 4 类(表 2-1):

表 2-1 20 种编码氨基酸的分类及其侧链结构

结构式	中文名	英文名	三字符号	一字符号	等电点(pI)
<b>非极性侧链氨基酸</b>					
$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CHCOO}^- \\   \\ + \text{NH}_3 \end{array}$	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
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\   \quad   \\ \text{CH}_3 \quad + \text{NH}_3 \end{array}$	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

续表

结构式	中文名	英文名	三字符号	一字符号	等电点(pI)
	脯氨酸	proline	Pro	P	6.30
$\text{CH}_3\text{SCH}_2\text{CH}_2-\underset{\substack{  \\ \text{NH}_3^+}}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	蛋氨酸	methionine	Met	M	5.74
	色氨酸	tryptophan	Trp	W	5.89
非电离极性侧链氨基酸					
	酪氨酸	tyrosine	Tyr	Y	5.66
$\text{HS}-\text{CH}_2-\underset{\substack{  \\ \text{NH}_3^+}}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	半胱氨酸	cysteine	Cys	C	5.07
$\text{HO}-\text{CH}_2-\underset{\substack{  \\ \text{NH}_3^+}}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	丝氨酸	serine	Ser	S	5.89
	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
酸性侧链氨基酸					
$\text{HOOCCH}_2-\underset{\substack{  \\ \text{NH}_3^+}}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	天冬氨酸	aspartic acid	Asp	D	2.97
$\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2-\underset{\substack{  \\ \text{NH}_3^+}}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	谷氨酸	glutamic acid	Glu	E	3.22
碱性侧链氨基酸					
$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-\underset{\substack{  \\ \text{NH}_3^+}}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	赖氨酸	lysine	Lys	K	9.74
	精氨酸	arginine	Arg	R	10.76



续表

结构式	中文名	英文名	三字符号	一字符号	等电点(pI)
$  \begin{array}{c}  \text{HC}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\    \quad   \\  \text{N} \quad \text{NH} \\  \diagdown \quad / \\  \text{C} \\    \\  \text{H}  \end{array}  + \text{NH}_3^+  $	组氨酸	histidine	His	H	7.59

(1) 非极性侧链氨基酸:有 9 种,其特征是在水中的溶解度小于极性侧链氨基酸。其侧链为烃基、苯基、吲哚基等非极性基团。

(2) 非电离极性侧链氨基酸:有 6 种,其特征是侧链含有羟基、巯基或酰胺基等极性基团,这些集团有亲水性,在中性水溶液中不电离。但酚羟基和巯基在碱性水溶液中可电离出  $\text{H}^+$  而带负电荷。

(3) 酸性侧链氨基酸:有 2 种,为谷氨酸和天冬氨酸,其侧链基团 R 含羧基,在 pH 为 7.0 时,羧基解离而使分子带负电。

(4) 碱性侧链氨基酸:有 3 种,为赖氨酸、精氨酸和组氨酸,其侧链基团 R 分别含有氨基、胍基或咪唑基等碱性基团,这些基团可质子化而使分子带正电。

20 种氨基酸中脯氨酸和半胱氨酸的结构较为特殊。脯氨酸属亚氨基酸,但其亚氨基仍能与另一羧基形成肽键。脯氨酸在蛋白质合成加工时可被修饰成羟脯氨酸。此外,2 个半胱氨酸的  $-\text{SH}$  各脱去一个 H 原子,以二硫键相连,形成胱氨酸(图 2-1)。蛋白质中有不少半胱氨酸以胱氨酸形式存在。

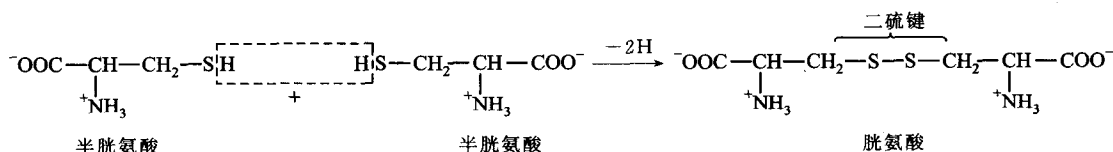


图 2-1 胱氨酸和二硫键

在蛋白质翻译后的修饰过程中,蛋白质分子中 20 种氨基酸残基的某些基团还可被甲基化、甲酰化、乙酰化和磷酸化等。这些翻译后的修饰,可改变蛋白质的溶解度、稳定性、细胞定位以及与其他细胞蛋白质的相互作用等。

### (三) 氨基酸的理化性质

1. 物理性质 天然氨基酸都是  $\alpha$ -氨基酸,白色结晶,熔点较高( $200 \sim 300^\circ\text{C}$ ),提示其晶格系由静电引力维持;溶于水后介电常数升高,提示为极化分子;氨基酸在水中溶解度大小不一,除甘氨酸、丙氨酸及亮氨酸外都不溶于无水乙醇,几乎都不溶于乙醚。

#### 2. 化学性质

(1) 两性解离及等电点:氨基酸分子中含有碱性的  $\alpha$ -氨基和酸性的  $\alpha$ -羧基,可在酸性溶液中与质子( $\text{H}^+$ )结合呈带有正电荷的阳离子( $-\text{NH}_3^+$ ),也可在碱性溶液中与  $\text{OH}^-$  结合,失去质子变成带负电荷的阴离子( $-\text{COO}^-$ ),因此氨基酸是两性电解质,具有两性解离的特性(图 2-2)。