

卫生部规划教材

全国医学专科学校教材
供临床医学专业用

生物化学

第三版

黄诒森 主编



人民卫生出版社

全国医学专科学校教材

供临床医学专业用

生 物 化 学

第 三 版

黄 诒 森 主 编

方家驹(杭州医学高等专科学校)

韦罗生(武汉冶金医学专科学校)

杨利寿(镇江医学院)

杨康成(大连医科大学)

林元藻(广东药学院)

洪嘉玲(湖北医科大学)

黄诒森(镇江医学院)

黄振伟(解放军成都医学高等专科学校)

赖炳森(解放军北京医学高等专科学校)

潘振沧(解放军大连医学高等专科学校)

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/ 黄诒森主编.— 3版.— 北京: 人民卫生出版社, 1994

ISBN 7-117-00076-7

I. 生… II. 黄… 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(94)第03195号

生 物 化 学

第三版

黄诒森 主编

人民卫生出版社出版发行
(100078 北京市丰台区方庄芳群园3区3号楼)

北京市房山区印刷厂印刷

新华书店经销

787×1092 16开本 16印张 2插页 366千字
1980年11月第1版 1998年8月第3版第28次印刷
印数: 825 081—915 080

ISBN 7-117-00076-7/R·77 定价: 14.30元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究。

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

前 言

三年制高等医学专科在我国已存在很多年,早在1964年1月人民卫生出版社就出版过主要供医疗专科用的《生物化学》教材(朱育惠主编,任邦哲评阅),以后又有张家口医学院主编和康健主编的供医专用的《生物化学》第一版、第二版。现在,经全国医专教材评审委员会决定,第三版改由我主持编写。

1990年5月卫生部教材办在武汉召开了医专教材主编人会议,会议认为各门课程都应紧密围绕培养学生的总目标,使全套教材构成一个适合医学专科教育的完整体系,在会上较好地解决了学科间相关内容的衔接、重复、疏漏等问题。复于1990年11月在北京召开了全体编写人会议,以学科为单位,讨论和落实了各门教材的编写提纲、分工和编写进程。

生物化学是一门医学基础理论课,生物化学课的任务是在所给予的计划规定学时内,在学生已具有的化学知识基础上,为基础医学和临床医学提供必要的生物化学基础,这一方面是帮助学生从理论上来理解基础医学和临床医学中的一系列问题,另一方面是为了毕业后的继续提高。高等医学专科教育的任务主要是培养实用型、普及型的高级医学专门人才,要面向农村和基层医药卫生机构,因此在编写教材时,针对性要强,提供生物化学基础所包括的范围,主要的依据是基础医学和临床医学的需要,也就是说只要是需要的,都要编进教材中去,而针对性不强的,尤其是生物化学学科中一些纯理论方面的内容,不能为了学科本身的系统性而搬进教材中去。还有对基础医学和临床医学来说,生物化学是基础理论,而相对于生物化学来说,又有现代数学、物理学和化学等等作为它的基础理论,这些就不能编进教材中去,因为医专的培养目标是实用型的医生,不是培养从事基础医学科学研究的专门人才,所以对一些数学推导、化学反应机制、结构理论等内容,本书都进行了删繁就简。

关于面向医学生用的《生物化学》教材,当然要注意到多联系临床实际,生物化学已渗透到基础医学和临床医学的各个方面,内容丰富,涉及面广。根据我们的体会,在生物化学这门医学基础理论课中,不可能包容众多的临床生化问题,能做到的还只能是为基础医学和临床医学提供必要的生物化学基础,举例来说,在生物化学教材中,应该写好血红蛋白代谢和胆色素代谢,也可提到黄疸,但不专门去写黄疸,应该写好糖代谢、脂类代谢和胰岛素的结构和功能,但不专门写糖尿病。

在编写教材时,我们也尽可能顾及到学科本身的体系和发展趋势,全书十二章构成一个体系,而不是诸多问题杂乱的拼合,但也注意做到医学所需的生物化学基础,都应包含在上述的十二章内,不能有遗漏。采用这样的做法,力求既强化培养目标意识,又不谈化学科体系,使两者和谐、统一在这修订的新教材中。例如,肝胆生化不立专章,但其内容都分散在有关章节中,胆色素代谢出现于含氮化合物代谢的血红蛋白代谢节中,胆汁酸代谢出现于脂类代谢的胆固醇代谢一节中,生物转化单列为非营养物质的代谢一章。非营养物质的代谢所以另立专章,也出于这样的考虑,随着科学技术的发展,人类接触

各种化学物质的种类（诸如药物、毒物、食品添加剂、环境污染物等）和机会越来越多，在我们拟定了本书的编写大纲后，看到了最新版的 Harper's Biochemistry 也增加了 Metabolism of Xenobiotics 一章，看来这并非偶然，所见略同，正是反映了历史的必然。

基于这些认识，我们这次修订对全书的体系、结构、内容都作了一些大胆的调整、修改，效果如何，有待于今后的教学实践。由于我们水平有限，加之时间仓促，肯定有不少缺点、错误，热忱地期盼使用本书的老师、同学们多多提出批评、指正。

空军医学高等专科学校张万超教授参加了本书编写大纲的讨论，并对部分稿件进行了认真的审阅，提出了很多宝贵意见，深致谢意。

黄 诒 森

1993 年 12 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 生物化学的任务和研究对象	1
一、生物化学的任务	1
二、生物化学的研究对象及人体生物化学的主要内容	1
第二节 生物化学与医学的关系	2
一、生物化学在医学中的地位	2
二、生物化学与医学的相互促进关系	3
三、生物化学与健康的关系	3
四、本书的主要内容及其与医学生的关系	4
第二章 蛋白质的结构和功能	5
第一节 蛋白质的组成及结构	5
一、组成蛋白质的基本单位及其连接方式	5
二、蛋白质的分子结构	8
第二节 蛋白质结构与特性的关系	12
一、蛋白质的两性解离特性与结构的关系	12
二、蛋白质的亲水特性与结构的关系	13
三、蛋白质的变性与结构的关系	14
四、蛋白质的其它特性与结构的关系	14
第三节 蛋白质的分类	15
一、按组成分类	15
二、按分子形状分类	15
三、按功能分类	16
第四节 蛋白质的功能	16
一、组织细胞中主要蛋白质的功能	16
二、血浆蛋白质的主要功能	17
第五节 蛋白质结构与功能的关系	18
一、蛋白质一级结构与构象和功能的关系	18
二、蛋白质构象与功能的关系	19
第三章 酶	21
第一节 酶的催化作用	21
一、酶加速化学反应使之达到平衡	21
二、酶降低反应的活化能	21
三、酶具有高效率的催化活性	22
四、酶的催化具有高度专一性	22
五、酶在温和条件下作用	23

第二节 酶的结构和功能	23
一、酶的分子组成	23
二、酶的活性中心	24
三、酶原与酶原激活	25
四、酶的多形性	27
第三节 维生素与辅酶	28
一、硫胺素焦磷酸	28
二、黄素辅基	29
三、尼克酰胺辅酶	29
四、磷酸吡哆醛	30
五、泛酸组成的辅酶	31
六、生物素	31
七、四氢叶酸	31
八、维生素 B ₁₂ 的辅酶	32
第四节 影响酶促反应速度的因素	33
一、底物浓度的影响	33
二、酶浓度的影响	35
三、pH 的影响	35
四、温度的影响	36
五、激活剂的影响	37
第五节 多酶体系的调节	37
一、别构调节	37
二、共价修饰调节	38
第六节 酶的抑制作用	39
一、不可逆抑制	39
二、可逆抑制	41
第七节 酶的分类和命名	43
一、酶的分类	43
二、酶的命名	44
第八节 酶与临床医学	45
一、酶与疾病的发生	45
二、酶与疾病的诊断	45
三、酶与疾病的治疗	46
第四章 三羧酸循环和氧化磷酸化	47
第一节 代谢途径	48
第二节 ATP 和代谢	50
一、生物体内能量载体—ATP	50
二、ATP 的作用	50
三、高能化合物	52
四、ATP 的生成方式	53
第三节 三羧酸循环	53

一、乙酰辅酶 A	54
二、三羧酸循环反应过程	55
三、三羧酸循环的特点	57
四、三羧酸循环的生理意义	57
五、三羧酸循环的调节	58
第四节 氧化磷酸化	60
一、氧化还原反应	60
二、氧化磷酸化过程中的电子传递	62
三、线粒体中几种重要代谢物氧化时的电子传递链	66
四、线粒体外 NADH 的氧化磷酸化和 ADP、Pi 的转运	67
五、氧化与磷酸化偶联——ATP 生成	69
六、影响氧化磷酸化的因素	71
第五章 糖代谢	73
第一节 糖的消化吸收	73
第二节 葡萄糖的分解代谢	73
一、糖酵解	73
二、糖的有氧氧化	79
三、磷酸戊糖途径	81
第三节 糖的贮存与动员	82
一、糖原合成	83
二、糖原分解	84
三、糖异生	85
四、糖贮存与动员的生理意义	87
五、糖贮存与动员的调节	87
第四节 血糖	89
一、血糖水平及调节	89
二、高血糖与低血糖	90
第五节 复合糖类	90
一、蛋白多糖	91
二、糖蛋白	92
三、糖脂	94
第六章 脂类代谢	96
第一节 三脂酰甘油的代谢	96
一、三脂酰甘油的化学和生理功能	96
二、三脂酰甘油的分解代谢	97
三、三脂酰甘油的合成代谢	102
第二节 胆固醇代谢	106
一、胆固醇的化学与生理功能	106
二、胆固醇的消化与吸收	107
三、胆固醇及其酯的合成	107
四、胆固醇在体内的转变与排泄	109

第三节 磷脂的代谢	113
一、甘油磷脂的代谢	113
二、鞘磷脂的代谢	116
第四节 血脂及脂类的转运	117
一、血脂的组成和含量	117
二、脂类在体内的转运	118
三、高脂蛋白血症	120
第七章 含氮化合物代谢	121
第一节 氨基酸代谢	121
一、氨基酸在体内的动态变化	121
二、氨基酸的分解代谢	122
三、氨基酸转变为生理活性物质	129
第二节 核苷酸代谢	135
一、核苷酸的合成代谢	136
二、核苷酸的分解代谢	141
第三节 血红素代谢	143
一、血红素的合成代谢	143
二、血红素的分解代谢	145
第八章 非营养物质的代谢	150
第一节 概述	150
第二节 非营养物质代谢的一般过程	150
一、第一相反应——氧化、还原、水解	150
二、第二相反应——结合反应	152
第三节 几种非营养物质的代谢	155
一、非那西丁的代谢	155
二、肾上腺素和去甲肾上腺素的代谢	156
三、多环芳香烃的代谢	157
四、非营养物质代谢的若干特点	158
第九章 水和无机物代谢	160
第一节 正常人体的体液	160
一、体液的分布和含量	160
二、体液的组成	160
三、体液的交换	162
第二节 水和无机盐的功用	163
一、水的功用	163
二、无机盐的生理功用	164
第三节 水和钠、钾、氯的代谢	165
一、水平衡	165
二、钠的代谢	166
三、钾的代谢	166

四、氯的代谢	167
五、水与电解质的动态平衡	167
第四节 钙磷代谢	169
一、钙磷在体内的分布和生理功用	169
二、钙磷的吸收与排泄	170
三、钙、磷与骨的关系	171
四、激素对钙磷代谢的调节作用	172
第五节 镁的代谢	174
一、镁的含量和分布	174
二、镁的吸收与排泄	174
三、镁的生理功能	175
第六节 铁的代谢	176
一、铁在人体内的含量与分布	176
二、铁的吸收与排泄	176
三、铁的运输与贮存	177
第七节 微量元素	178
一、锌	178
二、铜	179
三、硒	180
四、锰	181
五、碘	181
六、其它微量元素	183
第十章 氢离子的代谢	184
第一节 体内 H^+ 的来源	184
一、呼吸性 H^+	184
二、代谢性 H^+	185
第二节 体内 H^+ 浓度的调节	185
一、血液的缓冲系统在调节 H^+ 浓度中的作用	185
二、肺的呼吸功能对呼吸性成分的调节	188
三、肾对 H^+ 代谢的调节	188
四、其它组织或细胞对 H^+ 代谢的调节	191
第三节 H^+ 代谢与电解质平衡的关系	192
一、 H^+ 代谢与血钾浓度的关系	192
二、 H^+ 代谢与血氯浓度的关系	193
三、阴离子间隙	194
第四节 与 H^+ 代谢有关的血液测定指标及 H^+ 代谢紊乱的分型	194
一、与 H^+ 代谢有关的血液测定指标	194
二、 H^+ 代谢紊乱的分型	196
第十一章 基因信息的储存和表达	197
第一节 基因信息储存和表达的分子基础	197
一、DNA 的分子结构	197

二、RNA 的分子结构	199
三、核酸的变性、复性与杂交	201
第二节 复制——DNA 的生物合成	202
一、复制的概念	203
二、半保留复制及其实验证明	203
三、参与 DNA 复制的重要酶类	204
四、DNA 的复制过程	206
五、DNA 的损伤和修复	207
六、逆转录合成 DNA	208
第三节 转录——RNA 的生物合成	209
一、转录的概念	209
二、参与转录的酶	210
三、转录的过程	210
四、转录后的加工和修饰	211
第四节 翻译——蛋白质的生物合成	213
一、翻译的概念	213
二、参与翻译的物质	213
三、蛋白质生物合成的过程	215
四、蛋白质生物合成的调控	218
五、蛋白质生物合成与医学的关系	221
第五节 基因工程与聚合酶链反应	222
一、基因工程	222
二、聚合酶链反应	224
第十二章 细胞间信息传递	227
第一节 细胞通讯方式	227
一、直接通讯	227
二、间接通讯	228
第二节 信息分子与受体	229
一、信息分子	229
二、受体	230
三、信息分子与受体结合反应	231
第三节 亲脂性信息分子的信息传递	233
一、类固醇激素的作用方式	233
二、甲状腺素作用方式	234
第四节 亲水性信息分子作用原理	235
一、cAMP 信息传递通路	235
二、Ca ²⁺ 信息传递通路	239
三、IP ₃ 和 DG 信息传递通路	242
四、cGMP 信息传递通路	245
五、酪氨酸蛋白激酶信息传递通路	246

第一章 绪 论

生物化学 (biochemistry) 是研究活细胞和有机体中存在的各式各样化学分子及它们所参与的化学反应的一门科学。由于生命现象的本质必须通过生物化学知识来阐明, 生物化学又是关于生命的化学基础的学科, 因此, 生物化学即是生命的化学。

第一节 生物化学的任务和研究对象

一、生物化学的任务

生物体最基本的结构单位是细胞。所以, 生物化学的任务是从分子水平来描述和解释活细胞内及细胞间的全部化学反应及其与生命活动的关系, 并将生物化学的知识和规律应用于为人类健康、生产及生活服务, 这是生物化学工作者肩负的神圣的使命。

在生物化学发展过程中, 生物化学工作者从活细胞中分离、纯化出成千上万种化学分子, 确定它们的结构、性质, 研究它们在体内所进行的化学反应以及如何发挥作用等内容。这是一个非常艰巨的任务。经过有关科学家一百多年的不懈努力, 可以说生物体内的组分、它们所参与的化学反应及其在生命过程中的作用等内容的主要方面已经取得了极其丰硕的成果。

生物化学的另一个任务是揭示自然界生命起源的奥秘, 可以认为, 关于这方面的研究目前仍然没有取得突破性的进展。

二、生物化学的研究对象及人体生物化学的主要内容

(一) 生物化学的研究对象

生物化学研究的对象是生物, 其研究范围当然涉及整个生物界, 也就是说哪里有生命现象, 哪里就存在着生物化学过程。因此, 生物化学工作者研究从微生物、植物、动物以至最高等的动物——人的体内存在的化学分子及其在体内所进行的化学反应。其中与医学关系最密切的是动物体 (特别是人体) 的生物化学知识, 但是, 一些由简单生物为研究对象所取得的结果, 往往是解决人体生化过程的重要知识的源泉。例如, 人体细胞内的一些基本生物化学过程的知识, 最先就是从大肠杆菌、酵母等简单生物细胞的研究中获得的。

前面已提到生物化学的研究对象是广泛存在于自然界的生物, 它们的种类繁多, 故根据研究对象的不同, 生物化学可分成微生物生化、植物生化、动物生化及人体生化等等。各种生物的生化内容都与人类的生活、健康及生产等活动有关, 与人类健康关系最密切的自然是人体生物化学的知识。

(二) 正常人体生物化学的主要内容

人体生物化学研究的主要内容可归纳为以下几方面:

1. 人体组织细胞内化学分子的组成、结构、特性及功能 人体由各种组织、器官构成, 各组织、器官又以细胞为组成的基本单位, 细胞又由成千上万种化学物质组成。人

体细胞的基本化学成分包括蛋白质、核酸、脂类、糖类等有机化合物及水和无机盐等化学分子。其中,蛋白质、核酸、多糖及复合脂类都属于生物体内存在的大分子有机化合物,简称为生物分子。各种生物分子的种类繁多、结构复杂,有的在体内以较大量存在,有的则在体内的存在量极微。例如,人体内存在的蛋白质就有十万余种,仅血浆中存在的蛋白质就有二百多种。蛋白质、核酸、复合多糖及复合脂类等物质,各有其独特的结构、性质和功能,这些都是生物化学研究的内容。研究这些问题的艰巨性、复杂性是不言而喻的,因为存在量愈微小的物质,有关它们的分离、纯化等工作及其进一步的研究就愈困难。尽管如此,由于成千上万生物化学家不懈的努力以及分离、提纯和分析鉴定等方面技术的进步,生物化学的研究成绩可谓硕果累累。

2. 人体各化学组分所进行的化学变化 生物和非生物之间最大的本质差异之一是生物体内不断地进行着新陈代谢。这就是说生物体不断地和外界环境进行着物质交换,同时体内的各种化学组分又时刻进行着化学变化及更新。这一系列新陈代谢变化就是广义的物质代谢。通常,生物化学重点研究细胞内所进行的化学反应,这一部分内容称为中间代谢,亦即狭义的物质代谢。中间代谢包括合成代谢(由较小的分子合成较大的分子)、分解代谢(由较大的分子降解为较小的分子)以及物质之间的相互转化。在以上的物质代谢过程中总伴随着能量的转化及利用。人体各细胞中几大类物质的主要代谢变化及其与生理功能的关系是我们在本门课程内将要学习的主要内容。

3. 体内化学分子的结构与功能、代谢与功能的关系 在揭示和阐明前两部分内容的同时,生物化学还要研究体内各种化学分子的结构与其生物活性的关系,各种代谢变化与复杂的生命现象之间的关系。其中还包含各种代谢途径之间、各代谢途径与功能之间的相互依赖、相互制约及相互影响等复杂的联系规律。要使千变万化的化学反应有条不紊地进行,并使之围绕着完成不同而协调一致的生理功能而运转,生物体内存在着精密、细致、完善而绝妙的调控机制,这些关于代谢调节的机制也是由一些化学分子及其有关的化学反应组成的。调节机制的任何环节的失调,就会表现为疾病。因此,调节机制也是生物化学研究的重要内容。

4. 遗传信息的贮存、传递与表达 生命现象的另一个特征为细胞的自我复制,这一过程即细胞内贮存的遗传信息的传递和表达的过程。生物体有关代谢反应、功能等生命特征的体现就是遗传信息最终表达的结果。遗传信息的贮存、传递及表达是现代生物化学研究内容的中心环节。这部分内容主要包含各类核酸、蛋白质的生物合成及其调控机理。

第二节 生物化学与医学的关系

生物化学与医学的关系非常密切,一方面生物化学是医学的必需基础知识,另一方面医学又为生物化学开辟了广阔的前景。

一、生物化学在医学中的地位

生物化学内容是所有生物科学(包括医学在内)的必需知识。在当代生物科学领域中,核酸的生物化学是遗传学的中心内容;研究机体功能的生理学几乎全部内容都与生物化学有交织和重叠;在疾病的防治中起重要作用的免疫学采用了生物化学原理和大量

的生物化学技术，而很多免疫学成就和技术又广泛地被生物化学工作者用于生物化学的研究；药（物）学和药理学在很大程度上是以生物化学和生理学知识为基础的，由于绝大多数药物都是通过酶催化的反应来进行代谢的，要了解药物在体内的变化过程，必须以生物化学知识为基础；毒理学所研究和阐明的内容就是毒物作用于生物化学反应或过程的知识，所以，两者之间的关系是很密切的；近来，生物化学原理和技术已渐被广泛应用于病理学基本过程（如炎症、损伤和肿瘤等）的研究；作为医学基础的医用生物学中有很多涉及生命特征的内容都和生物化学有重叠；微生物工作者毫无例外地应用生物化学手段去进行本学科的研究，微生物学的生化知识与防病治病关系也极为密切。因为生命现象是建立在生物体内一系列生物化学反应的基础之上的，所以，生物化学在以上这些学科间处于十分重要的中心地位。当前，由于各学科的研究逐渐深入至分子水平，与生命相关的各学科之间旧的界限已被打破，生物化学已逐渐渗透到各有关学科内，甚至成为它们的“共同语言”。例如，利用生物化学知识从分子水平来阐明各种生理功能的机理时，生理学和生物化学原先的界限已不复存在了。

二、生物化学与医学的相互促进关系

前面已谈到生物化学是医学的必需知识，生物化学提供认识健康及维持健康的基本知识，提供了解疾病及有效治疗疾病的理论基础，这是医务工作者接触生物化学知识的两个主要方面。举例来说，生物化学阐明各种维生素在物质代谢及生理活动中的作用，这就为预防维生素缺乏症、维持机体健康或治疗有关疾病提供了重要的基本知识，类似的例子是举不胜举的。生物化学的研究成果从分子水平阐明了健康和疾病机体很多方面的基本问题；反之，健康和疾病各方面的研究又为生物化学展现了广阔的前景。例如，异常血红蛋白的研究为血红蛋白结构与功能关系的研究开辟了广阔的领域，而数百种异常血红蛋白研究所积累的资料又成为从各方面说明血红蛋白结构与功能关系的知识源泉。可见，生物化学和医学之间是相互促进，共同发展的。

三、生物化学与健康的关系

从生物化学的观点出发，可以认为健康是指机体细胞内、外存在的成千上万个化学反应全部都以和最佳生理功能状态相适应的速率进行着的状态。目前已知，所有的疾病都是体内化学分子、化学反应出现异常的表现。换句话说，所有的病原因子都能影响体内某个或多个关键化学反应或分子的功能。因此，人体内正常的生物化学过程就是健康的基础。

维持身体健康的一个先决条件是从适宜的膳食中摄取适量的营养物质。其中最主要的有维生素、某些氨基酸、某些脂肪酸、各种无机盐和水。由于生物化学和营养学的很多课题都与这些化学物质的代谢相关连，要掌握营养学在很大程度上需要生物化学知识，所以，这两门学科之间的关系非常密切。预防医学则是包含从营养学角度及其它多方面来防止疾病发生的学科，因此，预防医学和生物化学的关系与营养学和生物化学一样地密切。例如，在采用调理营养的手段来抗衰老、预防动脉粥样硬化和癌症等方面，现已逐渐受到重视，并在实践中已取得十分有价值的效果。

此外，在以上几方面的基础上，生物化学的研究还为很多疾病的早期诊断、鉴别诊

断和预后观察等从理论和方法技术上提供了可靠的依据；生物化学为阐明疾病的发病机制提供了可靠的事实和理论依据；为疾病的预防、治疗提供可靠的线索和原则基础。这些都是生物化学与医学密切关系中的重要内容。

四、本书的主要内容及其与医学生的关系

本书的主要内容为叙述正常人体的基本生物化学过程，即在阐述蛋白质、酶和核酸的结构与功能的基础上，说明基因信息传递和细胞间信息传递的方式及作用，并讨论糖类、脂类、主要含氮化合物、非营养物、氢离子、水和无机盐的代谢等内容。本书共十二章。这些内容是了解健康的机体和维持健康的最基本、最必需的生物化学知识，因而也是学习其它医学基础课和医学临床课程的最基本的知识。作为一个医学生——未来的人民医生，除了必须具备扎实的基础知识、全心全意地为人民服务的优良品德之外，还必须具备更扎实的以生物化学为中心的医学基础知识，才能学好医学专业技能和知识，成为一名好医生。这就是医学生学习生物化学的重要意义。

(大连医科大学 杨康成)

第二章 蛋白质的结构和功能

生命现象最基本的特征是不断地进行物质的新陈代谢和自我复制，这两个重要过程的进行都离不开蛋白质 (protein) 的参与。生物体内的蛋白质，种类繁多，有种属特异性及组织、器官特异性，其功能多种多样。人体内的蛋白质约有十万多种，各种蛋白质都有特定的结构和功能，蛋白质具有众多生物活性的基础就是其结构的多样性。要了解蛋白质的功能及其在生命活动中的重要性，必须从了解它的结构入手。本章主要阐述蛋白质共同的基本结构特征和它们的主要功能，并在此基础上简要地说明结构与性质、功能的关系。

第一节 蛋白质的组成及结构

一、组成蛋白质的基本单位及其连接方式

(一) 蛋白质的基本组成单位——氨基酸

研究一种有机化合物的结构，通常总是先做元素分析，以了解它是由哪些元素构成的。元素分析结果证明所有蛋白质分子都含有碳、氢、氧、氮、硫等元素，有的蛋白质还含有磷、碘、硒或其它金属元素。多种蛋白质的平均含氮量为 16%，因此，测定生物样品中的蛋白质含量时，可以先测出样品中的含氮克数，再乘以 6.25 (100/16)，即可得出所测样品中的大致蛋白质含量。

研究大分子有机化合物的组成单位，最常用的方法是将大分子进行水解。蛋白质在酸、碱或能催化蛋白质水解的酶 (蛋白酶) 的存在下，可以被水解为小分子物质。蛋白质彻底水解后，用化学分析方法证明其基本组成单位是 α -氨基酸 (α -amino acid)。构成天然蛋白质的 α -氨基酸主要有 20 种，其中含碳原子数最少的是甘氨酸，它不含不对称碳原子，故无 L-或 D-系之分，其余为 L- α -氨基酸，脯氨酸为环状亚氨基酸。 α -氨基酸结构上的共同特点是都具有 α -羧基和 α -氨基，只是 α -碳原子连接的另一基团 (称侧链或侧基，用 R 表示) 各不相同。现将它们的通式及脯氨酸的结构式列于下面：

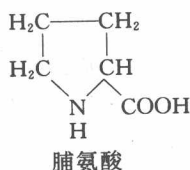
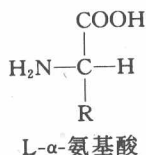
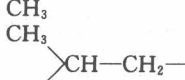
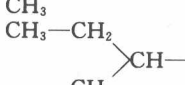
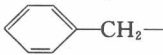
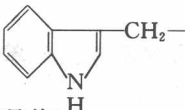
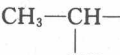
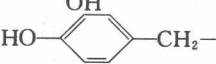
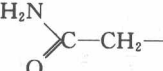
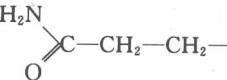
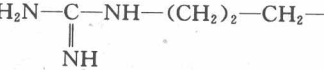


表 2-1 所列的 20 种氨基酸是体内合成蛋白质的基本原料，它们都具有一定的遗传密码，故称为编码氨基酸。在蛋白质分子结构中，侧链 R 是十分重要的，按照侧链在水溶液中的性质，20 种氨基酸可分为 4 类：

1. 非极性侧链氨基酸 其侧链有烃基、吡啶环或甲硫基等非极性疏水基团。
2. 非电离极性侧链氨基酸 其侧链有羟基、巯基或酰胺基等极性基团，这些基团

表 2-1 组成蛋白质的 20 种编码氨基酸

氨基酸名称	缩写符号		R 基结构
	中文	英文	
非极性侧链氨基酸			
1. 甘氨酸	甘	Gly, G	H—
2. 丙氨酸	丙	Ala, A	CH ₃ —
3. 缬氨酸	缬	Val, V	
4. 亮氨酸	亮	Leu, L	
5. 异亮氨酸	异	Ile, I	
6. 苯丙氨酸	苯	Phe, F	
7. 色氨酸	色	Trp, W	
8. 脯氨酸	脯	Pro, P	(见前)
9. 蛋氨酸	蛋	Met, M	CH ₃ —S—CH ₂ —CH ₂ —
非电离极性侧链氨基酸			
10. 丝氨酸	丝	Ser, S	HO—CH ₂ —
11. 苏氨酸	苏	Thr, T	
12. 酪氨酸	酪	Tyr, Y	
13. 半胱氨酸	半	Cys, C	HS—CH ₂ —
14. 天冬酰胺	天胺	Asn, N	
15. 谷氨酰胺	谷胺	Gln, Q	
酸性侧链氨基酸			
16. 天冬氨酸	天	Asp, D	HOOC—CH ₂ —
17. 谷氨酸	谷	Glu, E	HOOC—CH ₂ —CH ₂ —
碱性侧链氨基酸			
18. 赖氨酸	赖	Lys, K	H ₂ N—(CH ₂) ₃ —CH ₂ —
19. 精氨酸	精	Arg, R	
20. 组氨酸	组	His, H	