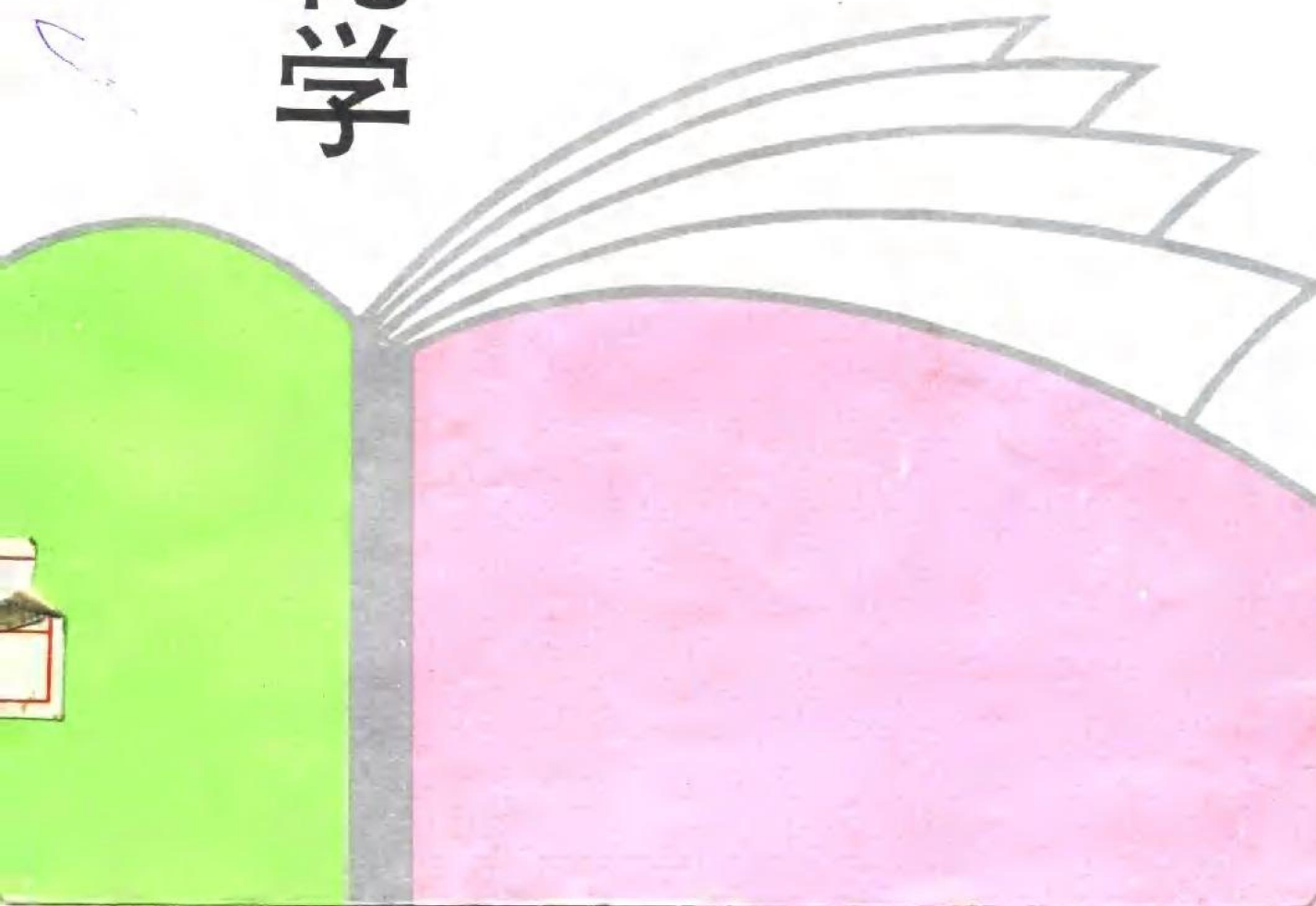


医学高等专科学校教材
中央广播电视大学医科大专指定教材

周爱儒 黄如彬 主编

北京医科大学
中国协和医科大学联合出版社

医学生物化学



医学高等专科学校教材
中央广播电视大学医科大专指定教材

医 学 生 物 化 学

主 编 周爱儒 黄如彬

副主编 崔灵光 张瑞萍

编 者 周爱儒(北京医科大学)

杜国光(北京医科大学)

贾弘提(北京医科大学)

王丽君(北京医科大学)

黄如彬(首都医科大学)

张澄波(首都医科大学)

陈 瑞(首都医科大学)

崔灵光(河北医科大学)

张瑞萍(邯郸医学高等专科学校)

北京医科大学
中国协和医科大学联合出版社

(京)新登字 147 号

图书在版编目(CIP)数据

医学生物化学/周爱儒,黄如彬主编. - 北京:北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社,1997.8

ISBN 7-81034-705-5

I. 医… II. ①周… ②黄… III. 医药学:生物化学 IV. .Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 06086 号

北京医科大学
中国协和医科大学 联合出版社出版发行
(100083 北京学院路 38 号 北京医科大学院内)
莱芜市印刷厂印刷 新华书店经销

※ ※ ※

开本:787×1092 1/16 印张:21 字数:538 千字
1997 年 9 月第 1 版 1997 年 9 月山东第 1 次印刷 印数:1-10000 册
定价:24.10 元

出版说明

为了适应医学教育发展和改革的新形势,北京医科大学、首都医科大学、华北煤炭医学院、承德医学院、张家口医学院、大同医学高等专科学校和邯郸医学高等专科学校等院校组织了百余名教授、专家,编写了这套医学大专教材,包括人体解剖学、组织学与胚胎学、医学基础化学、生理学、生物化学、寄生虫学、免疫学和微生物学、医学遗传学、病理学、病理生理学、药理学、诊断学、内科学、外科学、妇产科学、儿科学、五官科学(耳鼻咽喉科学、眼科学、口腔科学)、皮肤病和性病学、传染病学、中医学、预防医学及护理学基础等。

本套教材是根据医学大专学生的培养目标和教学大纲,在总结各校教学经验的基础上编写的。强调少而精和实用性,保证基本理论和基本知识的内容,适当反映学科发展趋势。适用于医学高等专科学校(含临床医学、预防医学、口腔医学、护理学、妇幼卫生、精神卫生、医学检验、医学影像等专业),大专层次的成人教育及专业证书班学生。授课教师可根据专业和学时数,选择重点讲授。

中央广播电视大学正式选用 14 门基础课教材为医科大专统设课的指定教材。

编写过程中,得到有关院校领导的大力支持和各位编审人员的通力合作,在此一并致以衷心的感谢。

因限于时间和条件,有不妥之处。敬请读者批评指正。

前言

生物化学是研究生命科学的科学,它在分子水平上探讨生命的本质,即研究生物体的化学组成及化学变化的规律。医学生物化学主要研究人体的生化,它是一门重要的医学基础课程。近年来,生理学、微生物免疫学、药理学及病理学等其它基础医学的研究均深入到分子水平,并应用生物化学的理论与技术解决各学科的问题。同样,生物化学与临床医学的关系也很密切。近代医学的发展经常运用生物化学的理论和方法来诊断、治疗和预防疾病,而且许多疾病的发病机理也需要从分子水平加以探讨。为了深入理解人体的功能和认识某些疾病的本质,必须学习生物化学知识。医学生物化学为其它医学基础课程和临床医学课程提供必要的理论基础,是医学各有关专业的必修课。

本教材是为高等医学专科学校各专业的学生编写。基本内容包括以下几个部分:1. 重要生物分子的结构与功能;2. 重要的物质代谢及其调节;3. 基因信息的传递;4. 重要组织器官的代谢。最后介绍营养学的一些基本生化问题。全书共十八章。参照全国高等医学院校教材编审会决定,有关血液凝固、纤溶等内容归入生理学课程。考虑到部分学校教学分工的不同,本书包括《水电解质代谢与酸碱平衡》一章,在《物质代谢调节》一章中列简表说明常见激素的结构与功能,供各校教学时选用。第十三章基因表达调控,仅要求了解一些基本概念,部分内容供参考,不作要求。另外,本教材也不包括生物化学实验的内容。

为了便于学生自学,本教材在各章之前明确提出“本章要求”,以使学生在自学时掌握该章的要点;在各章之后,均有小结,将该章的重要内容进行概括,以便于复习。在教材的最后,还附有近年来北京市高教自考的部分生化试题,供学习时自我检测练习参考。

本教材除供高等医学专科学校各专业使用外,还可供全国广播电视大学医科各专业、卫生职工医学院各专业以及高等教育自学考试护理专业等用作生化教材或参考书。

本教材由北京医科大学、首都医科大学、河北医科大学、邯郸医专等校具有多年教学经验的生化教师编写。由于我们水平有限,本书难免存在缺点、错误,敬请使用本书的师生和其它读者予以批评指正。在本书的编写和出版过程中,得到北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社领导和编辑的大力支持和协助,在此表示衷心感谢。

主编 周爱儒 黄如彬
1997年2月 北京

目 录

第一部分 生物分子的结构与功能

第一章 蛋白质化学	(3)	二、DNA 的分子结构	(27)
第一节 蛋白质的分子组成	(3)	三、RNA 的分子结构	(30)
一、蛋白质的元素组成	(3)	第四节 核酸的理化性质和应用	(32)
二、蛋白质分子的基本结构单位—氨基酸		一、核酸的酸碱性质	(32)
.....	(3)	二、核酸的高分子性质	(32)
三、氨基酸的性质	(6)	三、核酸的紫外吸收	(33)
第二节 蛋白质的分子结构	(7)	四、核酸的变性、复性与杂交	(33)
一、多肽的结构	(7)	第三章 酶	(36)
二、蛋白质分子的一级结构	(7)	第一节 酶的一般概念	(36)
三、蛋白质分子的空间构象	(8)	一、极高催化效率	(37)
第三节 蛋白质分子结构与功能的关系		二、高度专一性(特异性)	(37)
系	(11)	三、高度不稳定性	(38)
一、蛋白质的一级结构与功能的关系 ..	(11)	四、酶活性可调性	(38)
二、蛋白质分子构象与功能的关系	(13)	第二节 酶的结构与功能	(38)
第四节 蛋白质的理化性质	(13)	一、酶的化学组成	(38)
一、两性游离和等电点	(13)	二、酶的活性中心	(40)
二、高分子性质	(14)	三、酶原和酶原的激活	(40)
三、蛋白质的沉淀	(14)	四、同工酶	(41)
四、蛋白质的变性	(16)	五、别构酶(变构酶)	(41)
五、蛋白质的颜色反应	(16)	第三节 酶的作用机理	(41)
第五节 蛋白质的分类	(17)	一、酶—作用物复合物的形成和诱导契	
一、根据分子形状分类	(17)	合学说	(42)
二、根据组成分类	(17)	二、趋近效应与定向作用	(42)
三、根据生物学功能分类	(17)	三、酸—碱催化作用	(42)
四、根据溶解度分类	(17)	四、表面效应	(42)
第二章 核酸化学	(19)	第四节 酶促反应动力学	(43)
第一节 核酸的一般概述	(19)	一、底物浓度的影响	(43)
第二节 核酸的分子组成	(20)	二、酶浓度的影响	(45)
一、元素组成	(20)	三、pH 的影响	(45)
二、核酸的基本结构单位—核苷酸	(20)	四、温度的影响	(46)
三、体内重要的单核苷酸及其衍生物 ..	(24)	五、激活剂的影响	(46)
第三节 核酸的分子结构	(25)	六、抑制剂的影响	(47)
一、核酸中核苷酸间的连接	(26)	第五节 酶的分类和命名	(49)

一、酶的分类	(49)	一、酶与疾病的关系	(50)
二、酶的命名	(50)	二、酶与疾病的诊断	(50)
第六节 酶与医学的关系	(50)	三、酶与疾病的治疗	(51)

第二部分 物质代谢与调节

第四章 糖代谢	(55)	一、脂肪动员	(81)
第一节 糖的消化吸收及其在体内 的代谢概况	(55)	二、脂肪酸的 β -氧化	(81)
一、糖的消化吸收	(55)	三、酮体的生成和氧化	(82)
二、糖在体内的代谢概况——血糖	(56)	四、脂肪酸的合成	(85)
第二节 糖的分解代谢	(57)	五、甘油代谢	(90)
一、糖酵解	(57)	六、甘油三酯的合成	(90)
二、糖的有氧氧化	(60)	第五节 磷脂的代谢	(91)
三、磷酸戊糖途径	(64)	一、甘油磷脂的合成	(91)
第三节 糖原的合成与分解	(65)	二、甘油磷脂的分解代谢	(93)
一、糖原的合成	(66)	第六节 胆固醇的代谢	(93)
二、糖原的分解	(67)	一、胆固醇的消化与吸收	(93)
三、糖原合成与分解的调节	(67)	二、胆固醇的合成	(94)
四、糖原累积病	(68)	三、胆固醇的酯化	(95)
第四节 糖异生作用	(69)	四、胆固醇在体内转变与排泄	(95)
一、糖异生的途径	(69)	第六章 生物氧化	(98)
二、糖异生的调节	(69)	第一节 生物氧化概述	(98)
三、糖异生的生理意义	(71)	一、生物氧化反应的类型	(98)
第五节 糖代谢障碍	(71)	二、生物氧化反应的酶类	(99)
一、低血糖	(72)	三、生物氧化过程中 CO_2 的生成	(100)
二、高血糖与糖尿病	(72)	第二节 线粒体氧化体系	(100)
三、糖耐量与糖耐量试验	(72)	一、呼吸链的组成及电子传递顺序	(100)
第五章 脂类代谢	(75)	二、生物氧化过程中 ATP 的生成——氧 化磷酸化作用	(103)
第一节 脂类的分布及生理作用	(75)	三、线粒体外 NADH 的转运	(106)
一、脂类的分布	(75)	四、ATP 的生理功用	(106)
二、脂类的生理作用	(75)	第三节 非线粒体氧化体系	(107)
第二节 脂类的消化和吸收	(76)	一、微粒体氧化体系	(107)
一、消化	(76)	二、过氧化物酶体氧化体系	(107)
二、吸收	(76)	第七章 氨基酸代谢	(110)
第三节 血浆脂蛋白代谢	(76)	第一节 氨基酸的生理功用及代谢 概况	(110)
一、血脂	(76)	一、氨基酸的生理功用	(110)
二、血浆脂蛋白	(77)	二、血液氨基酸的动态平衡	(111)
三、血浆脂蛋白的代谢	(79)	第二节 蛋白质的消化、吸收与腐 败作用	(111)
第四节 甘油三酯的中间代谢	(81)		

一、蛋白质的消化	(111)	一、嘌呤核苷酸的合成	(131)
二、氨基酸的吸收作用	(112)	二、嘧啶核苷酸的合成	(137)
三、蛋白质的腐败作用	(112)	三、核苷酸的抗代谢物及临床应用 ...	(140)
第三节 氨基酸的一般代谢	(113)	第二节 核苷酸的分解代谢	(141)
一、氨基酸的脱氨基作用	(113)	一、嘌呤核苷酸的分解代谢	(141)
二、氨的代谢	(116)	二、嘧啶核苷酸的分解代谢	(144)
三、 α -酮酸的代谢	(120)	第九章 物质代谢的联系与调节	(145)
四、氨基酸的脱羧基作用	(121)	第一节 概述	(145)
第四节 个别氨基酸的代谢	(122)	第二节 物质代谢的相互联系	(145)
一、一碳单位的代谢	(123)	第三节 物质代谢的调节	(147)
二、含硫氨基酸的代谢	(124)	一、细胞水平的代谢调节	(148)
三、苯丙氨酸及酪氨酸的代谢	(127)	二、激素水平的调节	(151)
第八章 核苷酸代谢	(130)	三、整体水平的调节	(154)
第一节 核苷酸的合成代谢	(131)		

第三部分 遗传信息的传递

第十章 DNA 的生物合成——复制 ...	(161)	一、mRNA 与遗传密码	(177)
第一节 DNA 的复制	(161)	二、氨基酸的“搬运工具”——tRNA ...	(179)
一、DNA 复制的方式	(161)	三、肽链合成的“装配机”——核蛋白体	(180)
二、参与复制的酶类	(161)	第二节 蛋白质生物合成过程	(181)
三、DNA 复制的过程	(164)	一、氨基酸的活化与转运	(181)
四、DNA 复制与细胞周期	(166)	二、肽链合成的起始	(181)
第二节 DNA 的损伤与修复	(166)	三、肽链的延长	(181)
第三节 逆转录过程	(167)	四、肽链的终止	(182)
第十一章 RNA 的生物合成——转录	(170)	五、翻译后的加工	(184)
第一节 转录体系	(170)	第三节 蛋白质合成的调节	(186)
一、DNA 模板	(170)	第四节 蛋白质合成与医学	(187)
二、DNA 指导的 RNA 聚合酶	(172)	一、分子病	(187)
第二节 转录过程	(172)	二、抗生素对蛋白质合成的作用	(187)
一、起始阶段	(172)	第十三章 基因表达调控与基因工程	(190)
二、链的延长	(173)	第一节 基因表达调控	(190)
三、链的终止	(173)	一、概述	(190)
第三节 转录后的加工过程	(173)	二、原核基因表达调控	(193)
一、信使 RNA 的加工	(174)	三、真核基因表达调控	(195)
二、转运 RNA 的加工	(175)	第二节 基因工程	(198)
三、核蛋白体 RNA 的加工	(175)	一、基因工程相关的概念	(198)
第十二章 蛋白质的生物合成——翻译	(177)	二、基因工程基本原理	(201)
第一节 蛋白质生物合成体系	(177)	三、基因工程与医学	(203)

第四部分 重要组织器官代谢

第十四章 肝胆生化	(209)	第四节 血红蛋白	(236)
第一节 肝脏在物质代谢中的作用	(209)	一、组成和结构	(236)
一、肝脏在糖代谢中的作用	(209)	二、功能	(237)
二、肝脏在脂类代谢中的作用	(210)	第五节 铁的代谢	(238)
三、肝脏在蛋白质代谢中的作用	(210)	一、铁的来源和需要量	(238)
四、肝脏在维生素代谢中的作用	(211)	二、铁的吸收	(238)
五、肝脏在激素代谢中的作用	(211)	三、铁的运输、利用和贮存	(239)
第二节 肝脏的生物转化作用	(211)	四、铁的排泄	(239)
一、肝脏中非营养性物质的来源	(211)	第十六章 骨骼与钙磷代谢	(241)
二、生物转化作用概述	(212)	第一节 钙磷的生理功用	(241)
三、生物转化反应类型及酶系	(212)	一、成骨作用	(241)
四、影响生物转化的因素	(215)	二、钙离子的生理功能	(241)
第三节 胆汁酸代谢	(215)	三、磷的生理功用	(241)
一、胆汁酸化学	(216)	第二节 钙磷的吸收与排泄	(242)
二、胆汁酸代谢	(216)	一、钙的吸收与排泄	(242)
三、胆汁酸的生理功能	(219)	二、磷的吸收与排泄	(242)
第四节 胆色素代谢	(220)	第三节 血钙与血磷	(243)
一、胆红素的来源与生成	(220)	一、血钙	(243)
二、胆红素在血中的运输	(221)	二、血磷	(244)
三、胆红素在肝内的转变	(221)	第四节 骨的代谢	(244)
四、胆红素在肠中的转变	(223)	一、骨的组成	(244)
五、血清胆红素与黄疸	(224)	二、骨的生成	(244)
第五节 常用的肝功能检验	(225)	三、骨的溶解	(245)
一、胆色素、胆汁酸、血浆蛋白、血氨等的		第五节 钙磷代谢的调节	(245)
测定	(225)	一、活性维生素 D	(245)
二、血清中酶的测定	(226)	二、甲状旁腺素	(247)
三、肝炎免疫测定及肿瘤标志物测定		三、降钙素	(248)
.....	(226)	第六节 钙磷代谢紊乱	(249)
四、肝脏生物转化和排泄功能	(226)	一、低血钙症	(249)
第十五章 血液生化	(228)	二、高血钙症	(249)
第一节 血液的化学成份	(228)	三、低血磷症	(250)
第二节 血浆蛋白质	(230)	四、高血磷症	(250)
一、血浆蛋白质的组成	(230)	第十七章 水、电解质和酸碱平衡	(252)
二、血浆蛋白质的功能	(231)	第一节 水与电解质的生理功能与	
第三节 红细胞代谢	(233)	摄入排出平衡	(252)
一、成熟红细胞的代谢特点	(233)	一、水的生理功能	(252)
二、血红蛋白的生物合成	(235)	二、水的摄入排出	(252)
		三、无机盐的生理功用	(254)

四、无机盐的摄入与排出平衡	(255)	四、呼吸性碱中毒	(267)
第二节 体液的含量、分布与组成	(255)	第十八章 营养生化基础	(269)
一、体液的含量与分布	(255)	第一节 营养素概述	(269)
二、体液的电解质组成	(256)	第二节 空气与水	(270)
三、各部分体液的交换	(257)	第三节 能量的需要	(271)
第三节 水和无机盐平衡的调节	(258)	第四节 糖类的营养价值	(271)
一、神经系统的调节	(259)	第五节 脂类的营养价值	(272)
二、肾脏的调节	(259)	第六节 蛋白质的营养价值	(272)
三、激素的调节	(259)	一、必需氨基酸	(272)
第四节 酸碱平衡	(261)	二、氮平衡	(273)
一、体内酸碱物质的来源	(261)	三、蛋白质的生理价值	(273)
二、酸碱平衡的调节	(261)	第七节 无机盐类的营养价值	(274)
第五节 酸碱平衡紊乱	(266)	第八节 维生素的营养价值	(275)
一、代谢性酸中毒	(266)	一、脂溶性维生素	(275)
二、代谢性碱中毒	(267)	二、水溶性维生素	(276)
三、呼吸性酸中毒	(267)	附录:1988年—1996年北京市高等教育	
		自学考试生物化学试题	(284)

第一部分 生物分子的结构与功能

生物体,包括人体,是由多种物质按严格的规律而组成的。据测定,人体的物质组成约含水 55%~67%,蛋白质 15%~18%,脂类 10%~15%,无机盐 3%~4%及糖类 1%~2%,此外还有核酸及多种具有生物学活性的小分子化合物,如维生素、激素等。人们通常将分子较大而结构复杂的蛋白质、核酸、脂类、糖类等称为生物分子。生物大分子主要指蛋白质与核酸,一切有生命的物体均含有这两类生物大分子,因此它们是生命的标志。蛋白质是生命的物质基础,具有多种重要的生理功能;核酸是遗传的物质基础,决定着遗传信息的传递;酶是具有生物催化活性的蛋白质,催化体内各种物质代谢的进行。本部分内容着重介绍蛋白质、核酸、酶分子结构与功能。学习本部分时,重点要放在了解这些生物分子具有哪些基本的结构,哪些重要的性质与生理功能,以及其结构与功能有什么关系等问题。在学习各章时,同时要注意将它们进行比较,这样既便于理解,也有利于记忆。有关糖类及脂类的化学已在化学课程中学习,在此不再重复。

(周爱儒)

第一章 蛋白质化学

【本章要求】

1. 了解蛋白质是生命活动物质基础的含义,掌握蛋白质的重要生理功能。
2. 掌握蛋白质的化学组成:元素组成特点;基本结构单位—— α -氨基酸;组成蛋白质常见氨基酸的基本结构。
3. 掌握蛋白质的分子结构:肽键;多肽链;一级结构,二级结构,三级结构和四级结构的概念。
4. 掌握蛋白质结构与功能的关系:一级结构与功能的关系;空间结构与功能的关系。
5. 熟悉蛋白质的重要理化性质:两性解离及等电点;高分子性质;变性、沉淀等概念及其与医学的关系。

蛋白质广泛存在于生物界,从人类到最简单的生物,都以蛋白质为重要的组成物质。人体内蛋白质含量约占人体干重的 45%。生物界蛋白质种类繁多,最简单的单细胞生物,如大肠杆菌含有约 3000 种不同的蛋白质,人体约有 10 万种以上不同的蛋白质,不同的蛋白质各有特异的生物学功能。蛋白质是各种组织的基本组成成份,维持组织的生长、更新和修复。此外,蛋白质还具有许多特殊功能,例如催化功能(酶),调节功能(蛋白质多肽类激素),收缩及运动功能(肌肉蛋白),运输及储存功能(血红蛋白),保护及免疫功能(凝血酶原和免疫球蛋白)以及生长、发育、繁殖和遗传等,都与蛋白质的生理功能有关。因此,蛋白质是生命活动的物质基础。

第一节 蛋白质的分子组成

一、蛋白质的元素组成

根据蛋白质的元素分析证明组成蛋白质的主要元素有碳(50%~55%)、氢(6%~8%)、氧(19%~24%)、氮(13%~19%)。大部分蛋白质还含硫(0%~4%),有的还含微量磷或铁、锰、锌等金属元素,个别蛋白质还含有碘。各种蛋白质的含氮量颇为相近,平均含氮量为 16% 左右。动植物组织中的含氮物质主要是蛋白质,其它含氮物质极少。因此,在测定生物样品的蛋白质含量时,只要测出它的含氮量,就能推算出蛋白质的含量。由于蛋白质的平均含氮量为 16%,即每克氮相当于 $6.25(100 \div 16)$ g 蛋白质,可以通过下列公式计算出样品中的蛋白质含量。

每克样品中蛋白质的含量 = 每克样品的含氮量 $\times$ 6.25

二、蛋白质分子的基本结构单位——氨基酸

蛋白质分子的基本结构单位是氨基酸。不同种类的蛋白质经酸、碱或酶作用后,最终的水

解产物都是氨基酸。

(一)氨基酸的结构

自然界中氨基酸的种类很多,但构成蛋白质成份的氨基酸只有 20 种(表 1—1)。这 20 种氨基酸在结构上有一个共同点,即在其 α -碳原子上(与羧基相邻的碳原子)都结合有氨基($-NH_2$)或亚氨基($=NH$),故称为 α -氨基酸。其化学结构用下式表示:

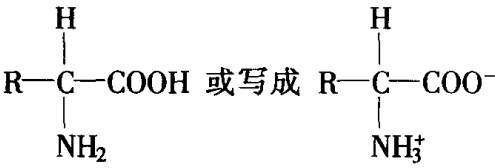
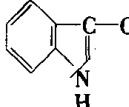
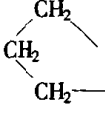


表 1—1 组成蛋白质的氨基酸

氨基酸名称	简写符号	结 构 式		等电点 (pI)
		侧 链 R 基 团	共同部分	
酸性氨基酸				
1. 谷氨酸	谷, Glu, E	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	$\begin{array}{c} -\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	3.22
2. 天冬氨酸	天, Asp, D	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-$	$\begin{array}{c} -\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	2.77
碱性氨基酸				
3. 赖氨酸	赖, Lys, K	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	$\begin{array}{c} -\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	9.74
4. 精氨酸	精, Arg, R	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2- \\ \\ \text{NH} \end{array}$	$\begin{array}{c} -\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	10.76
5. 组氨酸	组, His, H	$\begin{array}{c} \text{CH}=\text{C}-\text{CH}_2- \\ \quad \\ \text{N} \quad \text{NH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} -\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	7.59
不带电荷的极性氨基酸				
6. 甘氨酸	甘, Gly, G	H—	$\begin{array}{c} -\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.97
7. 丝氨酸	丝, Ser, S	$\text{HO}-\text{CH}_2-$	$\begin{array}{c} -\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.68
8. 苏氨酸	苏, Thr, T	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}- \\ \\ \text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} -\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.60
9. 酪氨酸	酪, Tyr, Y	$\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-$	$\begin{array}{c} -\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.66
10. 半胱氨酸	半, Cys, C	$\text{HS}-\text{CH}_2-$	$\begin{array}{c} -\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.07
11. 天冬酰胺	天, Asn, N NH_2	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2- \\ \\ \text{O} \end{array}$	$\begin{array}{c} -\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.41

氨基酸名称	简写符号	结 构 式		等电点 (pI)
		侧 链 R 基 团	共同部分	
12. 谷氨酰胺	谷, Gln, Q NH ₂	$\text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ O	$-\text{CH}-\text{COOH}$ NH ₂	5.65
非极性疏水性氨基酸				
13. 丙氨酸	丙, Ala, A	CH ₃ -	$-\text{CH}-\text{COOH}$ NH ₂	6.00
14. 缬氨酸	缬, Val, V	$\text{CH}_3-\text{CH}-$ CH ₃	$-\text{CH}-\text{COOH}$ NH ₂	5.96
15. 亮氨酸	亮, Leu, L	$\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-$ CH ₃	$-\text{CH}-\text{COOH}$ NH ₂	5.98
16. 异亮氨酸	异, Ileu, I	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-$ CH ₃	$-\text{CH}-\text{COOH}$ NH ₂	6.02
17. 苯丙氨酸	苯, Phe, F	 -CH ₂ -	$-\text{CH}-\text{COOH}$ NH ₂	5.48
18. 色氨酸	色, Trp, W	 -CH ₂ -	$-\text{CH}-\text{COOH}$ NH ₂	5.89
19. 蛋氨酸 (甲硫)	蛋, Met, M	CH ₃ -S-CH ₂ -CH ₂ -	$-\text{CH}-\text{COOH}$ NH ₂	5.74
20. 脯氨酸	脯, Pro, P		COOH C N H H	6.30 为亚氨基

其特点是:①在 20 种氨基酸中,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,其它氨基酸的 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 基团不同,它们的分子量、解离程度和化学反应性质也不相同。

(二)氨基酸的分类

根据氨基酸的 R 基团的结构和性质不同,可将 20 种氨基酸分为四类:

1. 非极性疏水性氨基酸 这类氨基酸的特征是其具有非极性 R 侧链,它们显示出不同程度的疏水性。属于这一类的氨基酸包括脂肪族(丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸和蛋氨酸)和芳香族(苯丙氨酸和色氨酸)氨基酸。脯氨酸也属此类。

2. 不带电荷的极性氨基酸 特征是具有极性 R 侧链,故有亲水性。这类氨基酸有的具有羟基(丝氨酸、苏氨酸和酪氨酸),有的具有巯基(半胱氨酸),还有的具有酰胺基(天冬酰胺和谷氨酰胺)。甘氨酸 R 基团只有一个 H,仍表现一定极性,故也属此类。

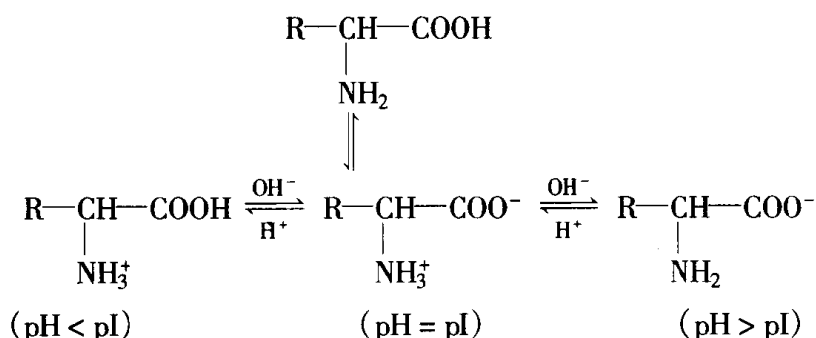
3. 酸性氨基酸 其 R 基团都有羧基,在生理条件下带负电荷。包括天冬氨酸和谷氨酸。

4. 碱性氨基酸 其 R 基团分别含氨基、胍基和咪唑基,在生理条件下带正电荷。这类氨

基酸有赖氨酸、精氨酸和组氨酸。

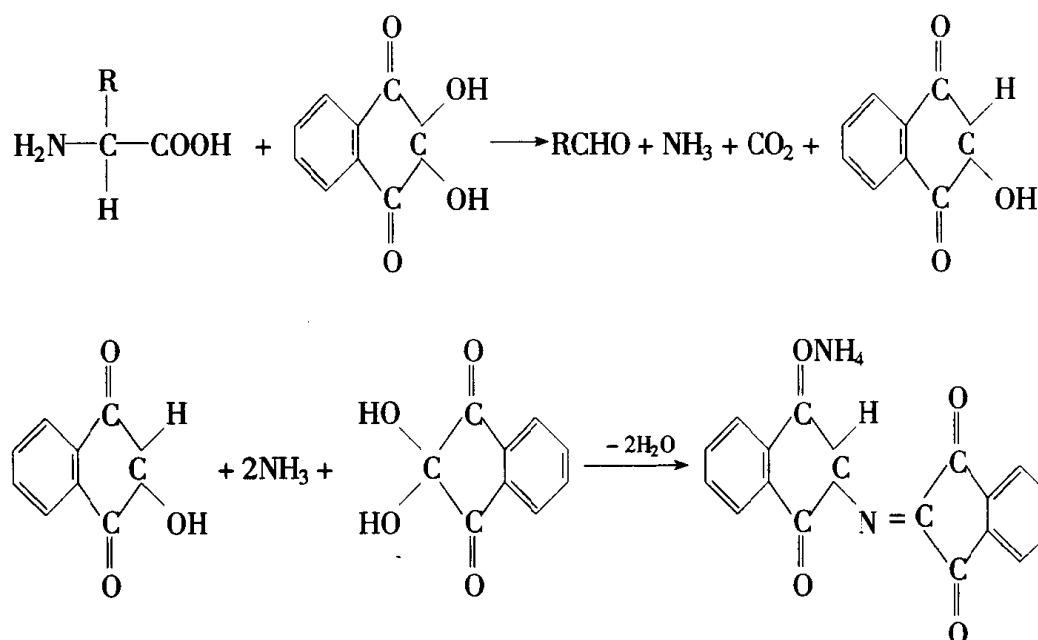
三、氨基酸的性质

1. 两性电离性质 所有氨基酸都含有碱性的氨基(或亚氨基),又含有酸性的羧基,故既有碱的性质,又有酸的性质,因此是两性电解质,具有两性游离性质。在不同 pH 值溶液中,可以带不同的电荷。在酸性溶液中羧基与质子(H^+)结合而带正电荷,在碱性溶液中 NH_3^+ 上的 H^+ 与 OH^- 结合而带负电荷。氨基酸的解离过程如下:



由上式可见,当将氨基酸溶液的 pH 值调到某一特定的 pH 值时,其酸性基团所产生的负电荷等于碱性基团所产生的正电荷,即为氨基酸的兼性离子,分子呈电中性。使某氨基酸所带的正、负电荷数相等时溶液的 pH 值称为该氨基酸的等电点,通常用 pI 表示。各种氨基酸所含的氨基、羧基的数目不同,而且各种基团解离程度不同,因此不同的氨基酸有各自特定的等电点(见表 1—1)。

2. 茚三酮反应 氨基酸与茚三酮试剂共同加热,氨基酸被氧化分解,产生氨及二氧化碳,茚三酮则被还原。在弱酸性溶液中,茚三酮的还原产物可与氨及另一分子茚三酮缩合成蓝紫色的化合物。其颜色的深浅与来自氨基酸的氨基量成正比(脯氨酸产生的颜色例外)。故茚三酮作显色剂可进行氨基酸的定性、定量测定。



此外,氨基酸还有许多重要性质,如与亚硝酸,甲醛,2,4-二硝基氟苯或丹磺酰氯等反应。这些反应对氨基酸的含量测定或蛋白质多肽链的末端分析都有很大价值。两分子氨基酸之间可脱水缩合成二肽,氨基酸的这一性质对蛋白质多肽链形成具有重要意义。

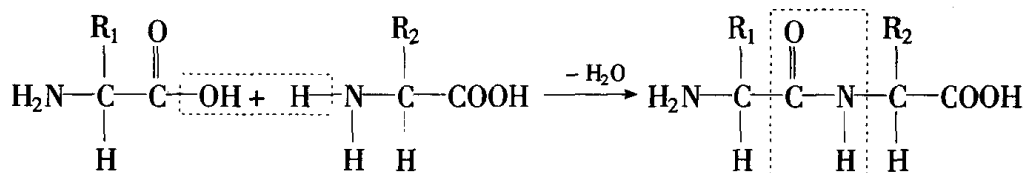
第二节 蛋白质的分子结构

20 种氨基酸以不同数量和不同顺序可排列成复杂而多样的蛋白质分子,并具有一定的三维空间结构,由此而发挥其特有的生物学功能。根据蛋白质结构的不同层次,可将蛋白质结构分为一级、二级、三级及四级结构。其中,一级结构为蛋白质的基本结构,二至四级结构为其空间结构。

一、多肽的结构

(一)肽键与肽

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(—COOH)与另一个氨基酸的氨基(—NH₂)脱去一分子水形成的键(—CO—NH—)。



肽键是蛋白质分子结构中的基本结构键。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,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,十肽以上者称为多肽,但寡肽与多肽之间的区分并无严格界线。蛋白质就是由数十个到数百个氨基酸分别借肽键相互连接起来的多肽链。

多肽链中的氨基酸分子已不是完整的氨基酸分子,所以称为氨基酸残基。氨基酸缩合成为肽后,只有两端各有自由的 α -氨基和 α -羧基,它们分别称为末端氨基和末端羧基,因此肽链的这两端分别称为氨基末端(简称 N 末端)和羧基末端(简称 C 末端)。在表示肽链中氨基酸残基的顺序时,习惯上将 N 端写在左边,C 端写在右边。

多肽链是蛋白质分子的最基本结构形式。有些蛋白质分子只由一条多肽链组成;有些蛋白质分子则由两条或多条多肽链构成。

(二)肽键平面

肽键是连接于氨基酸之间的共价键。用 X 线衍射法证实,肽键是一个刚性平面。肽键

($\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ || \quad | \\ -\text{C}-\text{N}- \end{array}$) 中的 C—N 键长度比相邻的 N—C_α 单键短,但比一般 C=N 双键长。即肽键的 C—N 键在一定程度上具有双键性质,所以不能自由旋转。它们所相连的四个原子基本处在同一平面上,该平面称肽键平面。(图 1—1)

在多肽链中,由于与 α -碳原子相连的 N 和 C(C_α—N 和 C_α—C)所形成的化学键都是典型的单键,可以自由旋转,所以两个相邻肽键平面可以围绕 α -碳原子旋转,使多肽链形成有特殊规律的结构,这是多肽链形成 α -螺旋结构或 β -片层结构的基础。

二、蛋白质分子的一级结构

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。肽键是蛋白质一级结构的基本结构键。有些尚含有二硫键,由两个半胱氨酸巯基(—SH)脱氢氧化而生成。

蛋白质分子的一级结构首先研究清楚的是胰岛素。它由两条肽链构成:一条称为 A 链,