

高等医学院校教材

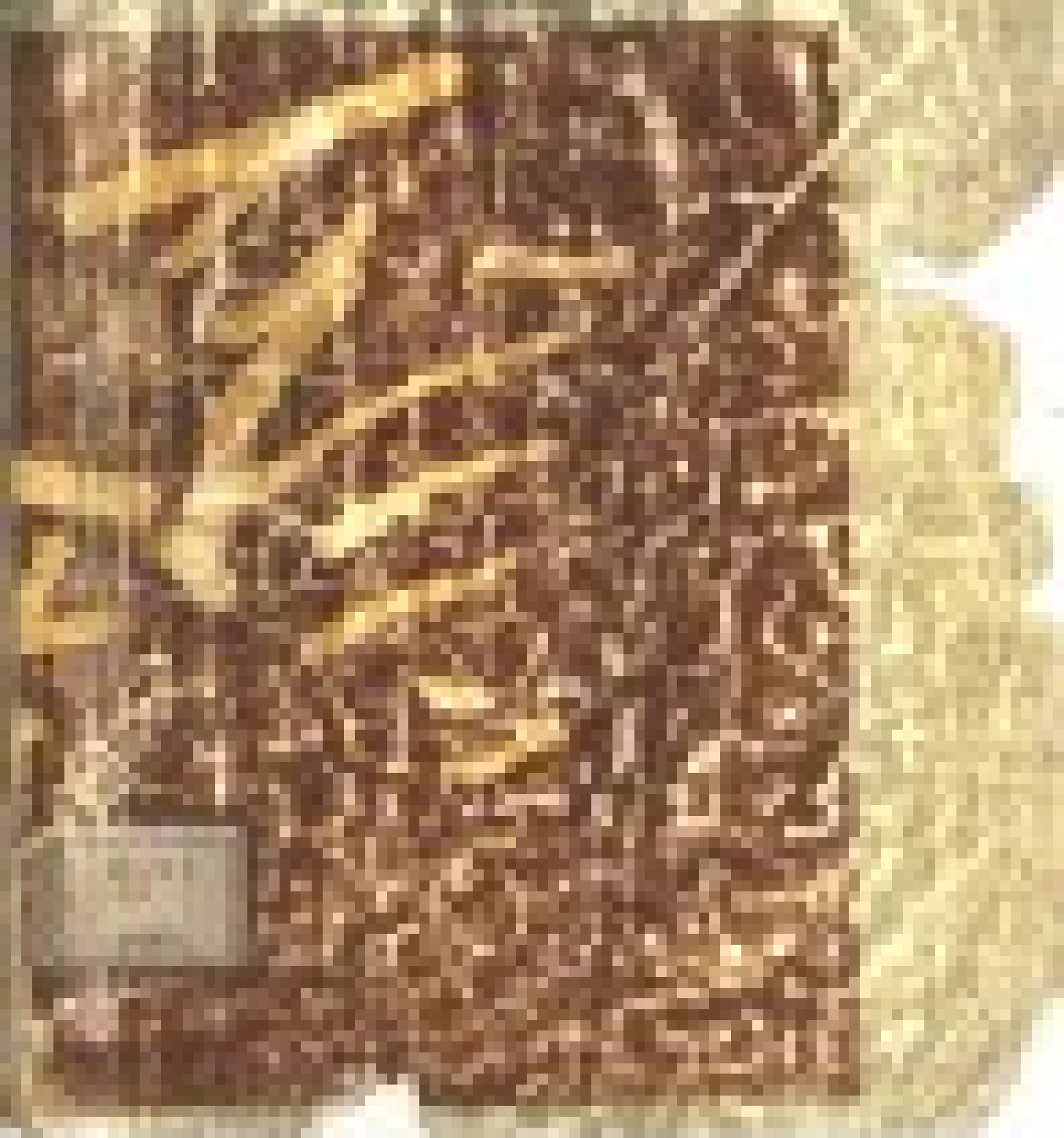
生物化学

林钧材 主编

Q34-43
L7C
108834

辽宁科学技术出版社

生物化学



高等医学院校教材

生 物 化 学

主 编 林 钧 材

编 者

林钧材 (大连医学院)
吴治成 (中国医科大学)
崔秀云 (大连医学院)
周 翔 (白求恩医科大学)
赵宝昌 (大连医学院)
王保安 (哈尔滨医科大学)
王均衡 (哈尔滨医科大学)
任永忠 (中国医科大学)
杨康成 (大连医学院)
张耀铮 (大连医学院)
朱正美 (大连医学院)
麦荫乔 (白求恩医科大学)
潘福堂 (大连医学院)
白书阁 (佳木斯医学院)
石育原 (白求恩医科大学)

辽宁科学技术出版社

生 物 化 学
SHENG WU HUA XUE

林钧材 主编

辽宁科学技术出版社出版

大连医学院印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 22 1/4 字数: 500 000

1987年4月第1版

1987年11月第2次印刷

责任编辑: 杨康成

责任校对: 李淑珍

封面设计: 李文章

任长利

印数: 10 000—13 000

统一书号: 14288·61

定价: 5.00元

前 言

《生物化学》已由辽宁科学技术出版社出版。本书是为高等医学院校学生编写的教科书，在此之前它已有两个内部版本：第一版诞生于1983年3月，当时鉴于生物化学发展迅速，教材内容和篇幅不断增加，给初学者带来不少困难，于是东北五所医学院校（大连医学院、中国医科大学、白求恩医科大学、哈尔滨医科大学和佳木斯医学院）的生化同行决定合编一本《生物化学》以满足教学的需要。当时，我们根据近年来各院校教学实践中的经验体会，对以往的教学内容进行周密精选并加以取舍，力求内容和篇幅适中。编入的内容基本上要求学生全部掌握和熟悉，不追求尚未成熟的新进展，不贪多求全，同时又努力防止干瘪抽象或空洞无物等倾向。编写中力求文字简练，图表清晰实用，便于学生自学。为使本书对“面向四化，面向世界，面向未来”做出应有的贡献，我们又在总结十余所高等院校使用此教材的基础上，于1984年3月在大连召开了关于本教材的讨论会，有国内十五所医学院校的生化同行应邀出席了会议，代表们根据一年多的教学实践，充分肯定了本书的编写宗旨及特点，并提出了许多宝贵的修改意见，为当时的改版提供了可贵的依据。于是本书第二版于1985年3月问世，在改版工作中我们仍遵照前版编写时所提出的宗旨和本书的特点，在总结两年教学实践的基础上吸取各院校的宝贵经验，对全书各章进行了不同程度的修改。此后有近二十所高等医学院校采用本书作为医疗系本科生化教材。经过几年教学实践，本书得到了很多生化教师及同学的好评，师生们又一次肯定本书编写宗旨的正确性，这使我们受到很大鼓舞。

由于生物化学进展很快，及时补充必要而成熟的新内容，删去陈旧的概念，改进前版存在的问题，并使本教材进一步适应当前教学的需要，我们决定再次改版。本书共分十八章，包含我们五所院校生化教学中讲授的全部章节，不对学生讲授或分工由兄弟教研室进行讲授的章节均未列入。鉴于膜结构在生物化学和医学生物学中愈来愈重要，本书增添了生物膜一章。虽然全书内容基本上要求医学生掌握和熟悉，但课堂讲授的章节可按各校情况加以取舍，不必一一讲解。有的可以指导学生自学，或只讲解一些启发思维的内容和某些新进展，以利提高教学水平。

几年来许多兄弟院校的领导和生化老师及广大同学对本书给予了极大的支持、关怀与鼓励，提出了不少宝贵的意见与建议。在此，我们一并表示衷心的感谢。本书编写过程中，承大连医学院杨康成、张耀铮、赵宝昌和潘福堂等老师协助主编对各章进行了统审，并根据全书的统一要求对个别章节进行了较大幅度的改编或增删，并修改、设计或重画了大部分图稿，他们的辛勤劳动对提高本书质量起了积极作用。本书其他编者及主编在此深表谢忱。

本书虽然已是第三版，但因我们水平有限，加之时间仓促，难免仍存在一些缺点、错误，热诚地期望使用本书的老师、同学或其他读者多多提出批评指正。

林 钧 材

一九八七年三月于大连

目 录

第一章 结 论	(1)
第二章 蛋白质化学	(2)
第一节 单纯蛋白质的组成	(2)
一、蛋白质的元素组成及其基本结构单位——氨基酸	(2)
二、蛋白质肽链中氨基酸的连接方式	(4)
第二节 蛋白质的分子结构	(5)
一、蛋白质的一级结构	(6)
二、蛋白质分子的空间构象	(8)
第三节 蛋白质的结构与理化性质的关系	(13)
一、蛋白质的紫外吸收特征	(13)
二、蛋白质的呈色反应	(13)
三、两性解离及等电点	(13)
四、蛋白质的高分子性质	(14)
第四节 蛋白质结构与功能的关系	(16)
一、蛋白质空间构象与功能活性的关系	(16)
二、蛋白质一级结构与其构象及功能的关系	(18)
第五节 蛋白质的分类	(20)
第三章 核酸化学	(21)
第一节 核苷酸	(21)
一、碱基	(21)
二、戊糖	(22)
三、核苷	(22)
四、核苷酸	(23)
五、环化核苷酸	(24)
第二节 DNA的化学	(25)
一、DNA的碱基组成	(25)
二、DNA的一级结构	(25)
三、DNA的二级结构	(26)
四、DNA的三级结构	(28)
五、真核生物染色体DNA的结构	(30)
第三节 RNA的化学	(31)
一、RNA的种类	(31)
二、RNA的一级结构	(31)
三、RNA的二级结构	(33)

四、RNA的三级结构	(34)
第四节 核酸的理化性质	(35)
一、一般性状	(35)
二、核酸对紫外光的吸收	(35)
三、核酸的变性、复性与杂交	(36)
第四章 维生素	(38)
第一节 概述	(38)
一、维生素的发展简史	(38)
二、维生素缺乏病的原因	(38)
三、维生素的命名和分类	(39)
第二节 脂溶性维生素	(40)
一、维生素A	(40)
二、维生素D	(42)
三、维生素E	(43)
四、维生素K	(44)
第三节 水溶性维生素	(45)
一、维生素B ₁	(46)
二、维生素B ₂	(47)
三、维生素PP	(48)
四、维生素B ₆	(49)
五、泛酸	(49)
六、生物素	(50)
七、硫辛酸	(51)
八、叶酸	(51)
九、维生素B ₁₂	(52)
十、维生素C	(53)
第五章 酶	(56)
第一节 酶是生物催化剂	(56)
一、酶与一般催化剂的比较	(56)
二、酶的结构与功能	(58)
第二节 酶的分类与命名	(64)
一、酶的分类	(64)
二、酶的命名	(65)
第三节 酶促反应的动力学	(65)
一、酶活性与酶促反应初速度	(66)
二、酶浓度对反应速度的影响	(66)
三、底物浓度对反应速度的影响	(66)
四、温度对反应速度的影响	(70)

五、pH对反应速度的影响	(71)
六、激活剂对反应速度的影响	(72)
七、抑制剂对反应速度的影响	(72)
八、变构酶	(76)
第四节 酶与医学的关系	(78)
一、酶和疾病的关系	(78)
二、酶在医学上的应用	(79)
第六章 生物氧化	(81)
第一节 生物氧化的方式和酶类	(81)
一、生物氧化中二氧化碳生成的方式	(81)
二、生物氧化中物质氧化的方式	(82)
三、生物氧化有关的酶类	(83)
第二节 呼吸链	(85)
一、呼吸链的组成	(86)
二、呼吸传递体的排列顺序	(90)
三、胞液中 NADH及NADPH的氧化	(91)
第三节 ATP与能量的转换和利用	(92)
一、高能磷酸化合物的生成	(94)
二、高能磷酸化合物的储存和利用	(99)
第七章 糖代谢	(101)
第一节 糖的分解代谢	(102)
一、糖的有氧氧化	(102)
二、糖酵解	(111)
三、磷酸戊糖途径	(111)
第二节 糖原合成、分解与糖异生	(113)
一、糖原合成	(115)
二、糖原分解	(115)
三、糖异生	(116)
第三节 果糖、半乳糖和甘露糖等的代谢	(120)
一、果糖代谢	(120)
二、半乳糖代谢	(120)
三、甘露糖代谢	(121)
四、糖醛酸途径	(121)
第四节 糖代谢调节及糖代谢障碍	(121)
一、糖代谢调节	(122)
二、糖代谢障碍	(125)
第八章 脂类代谢	(127)
第一节 概述	(127)

一、脂类的主要生理功用	(127)
二、脂类的消化吸收及在体内的分布	(127)
三、血脂的组成及含量	(128)
四、血脂的来源与去路	(129)
第二节 血浆脂蛋白	(130)
一、血浆脂蛋白的分类	(130)
二、血浆脂蛋白的组成	(131)
三、血浆脂蛋白的结构特点	(132)
四、血浆脂蛋白的主要代谢变化	(132)
五、高脂蛋白血症	(134)
第三节 甘油三酯的中间代谢	(134)
一、甘油三酯分解代谢	(134)
二、甘油三酯合成代谢	(141)
三、甘油三酯代谢的调节	(147)
第四节 类脂的代谢	(149)
一、甘油磷脂类代谢	(149)
二、鞘脂类代谢	(151)
三、胆固醇代谢	(153)
第九章 蛋白质的分解代谢	(157)
第一节 蛋白质的营养功用	(157)
一、蛋白质的生理功用	(157)
二、蛋白质的需要量	(158)
第二节 蛋白质的消化、吸收和腐败	(160)
一、蛋白质的消化	(160)
二、氨基酸的吸收与转运	(161)
三、肠内腐败	(162)
第三节 氨基酸在体内的一般代谢	(164)
一、氨基酸的脱氨基作用	(164)
二、氨的代谢	(168)
三、 α -酮酸的去向	(173)
第四节 个别氨基酸的代谢	(174)
一、氨基酸的脱羧基作用	(174)
二、一碳单位的代谢	(176)
三、含硫氨基酸的代谢	(178)
四、支链氨基酸的代谢	(181)
五、芳香族氨基酸的代谢	(181)
第十章 核酸代谢	(185)
第一节 核苷酸的代谢	(185)

一、嘌呤核糖核苷酸的合成代谢·····	(185)
二、嘌呤核糖核苷酸的分解代谢·····	(188)
三、嘧啶核糖核苷酸的合成代谢·····	(189)
四、嘧啶核苷酸的分解代谢·····	(191)
五、脱氧核糖核苷酸的合成·····	(192)
六、核苷一磷酸、核苷二磷酸及核苷三磷酸的相互转化·····	(193)
第二节 DNA的生物合成·····	(193)
一、DNA的复制·····	(194)
二、逆转录过程·····	(198)
三、DNA的损伤与修复·····	(199)
四、基因工程·····	(201)
第三节 RNA的合成·····	(204)
一、DNA指导的RNA聚合酶·····	(204)
二、RNA的转录过程·····	(205)
三、转录后核糖核酸的加工·····	(207)
第十一章 蛋白质的生物合成·····	(210)
第一节 概论·····	(210)
一、合成原料·····	(210)
二、三种重要的 RNA 在蛋白质合成中的作用·····	(210)
三、主要的酶系及有关因子·····	(213)
第二节 蛋白质生物合成过程·····	(214)
一、氨基酸的活化与转运·····	(215)
二、核蛋白体循环(翻译过程)·····	(215)
三、翻译后的加工修饰·····	(219)
第三节 蛋白质合成的调节·····	(221)
一、转录水平的调节·····	(221)
二、翻译水平的调节·····	(224)
第四节 蛋白质生物合成与医学的关系·····	(225)
一、分子病·····	(225)
二、抗生素对蛋白质合成的影响·····	(225)
第十二章 代谢调节·····	(227)
第一节 细胞水平的代谢调节·····	(227)
一、酶结构的调节·····	(229)
二、酶含量的调节·····	(232)
第二节 激素对物质代谢的调节·····	(233)
一、通过细胞膜受体的调节·····	(234)
二、通过细胞内受体的调节·····	(240)
第三节 物质代谢的整体调节·····	(242)

一、饥饿·····	(242)
二、应激·····	(244)
第十三章 生物膜 ·····	(245)
第一节 生物膜的化学组成·····	(245)
一、脂类·····	(245)
二、蛋白质·····	(248)
三、糖·····	(249)
第二节 膜的结构·····	(250)
一、细胞膜的流动性·····	(250)
二、膜的结构模型——流动镶嵌模型·····	(251)
第三节 膜的功能·····	(253)
一、区域化·····	(253)
二、转移系统·····	(253)
三、膜与酶·····	(256)
四、膜与受体·····	(257)
第十四章 肝脏生化 ·····	(260)
第一节 肝脏在物质代谢中的作用·····	(260)
一、肝脏在蛋白质代谢中的作用·····	(260)
二、肝脏在糖代谢中的作用·····	(262)
三、肝脏在脂类代谢中的作用·····	(262)
四、肝脏在维生素代谢中的作用·····	(263)
五、肝脏在激素代谢中的作用·····	(263)
第二节 胆汁酸代谢·····	(263)
一、胆汁成分·····	(263)
二、胆汁酸的种类·····	(264)
三、胆汁酸的代谢和生理功用·····	(264)
第三节 肝脏的生物转化功能·····	(265)
一、生物转化的概念·····	(265)
二、生物转化反应的主要类型·····	(265)
第四节 胆色素代谢·····	(269)
一、胆红素的生成·····	(269)
二、胆红素在肝脏中的转变·····	(271)
三、胆红素在肠道中的变化及胆色素的肠肝循环·····	(271)
四、血清胆红素与黄疸·····	(272)
第十五章 血液 ·····	(275)
第一节 血液的化学组分·····	(275)
第二节 血浆蛋白质·····	(277)
一、血浆蛋白质的组成·····	(277)

二、血浆蛋白质的功能	(279)
第三节 血液凝固和纤维蛋白溶解	(281)
一、血液凝固	(282)
二、纤维蛋白溶解	(286)
第四节 红细胞的代谢	(288)
一、血红蛋白的生物合成	(288)
二、叶酸、维生素 B ₁₂ 对红细胞成熟的影响	(290)
三、成熟红细胞的代谢特点	(290)
四、血红蛋白合成与铁的代谢	(294)
第十六章 水与无机盐代谢	(296)
第一节 水与无机盐的生理功用	(296)
一、水的生理功用	(296)
二、无机盐的生理功用	(296)
第二节 体液的分布与电解质的含量	(297)
一、体液的分布	(297)
二、体液的电解质含量	(298)
第三节 水代谢	(300)
一、体内水的来源	(300)
二、体内水的去路	(300)
三、体液的交换	(301)
四、小儿与老年人水代谢特点	(302)
第四节 钾、钠与氯代谢	(303)
一、钾在体内的含量与分布	(303)
二、钾在体内的动态平衡	(303)
三、钠和氯在体内的含量、分布与动态平衡	(304)
第五节 水与电解质平衡的调节	(304)
一、神经系统的调节	(304)
二、肾脏的调节	(305)
三、神经体液的调节	(305)
第六节 某些微量元素	(308)
第十七章 酸碱平衡	(310)
第一节 体内酸碱平衡的调节	(310)
一、血液缓冲系统的调节	(311)
二、肺脏对酸碱平衡的调节	(312)
三、肾脏对酸碱平衡的调节	(313)
四、其它组织或细胞对酸碱平衡的调节	(315)
第二节 酸碱平衡失调及其与电解质的关系	(316)
一、酸、碱中毒的基本类型	(316)

二、酸碱平衡与电解质的关系·····	(318)
第三节 酸碱平衡的常用生化检查指标·····	(319)
第十八章 钙磷代谢 ·····	(322)
第一节 钙磷的生理功用·····	(322)
第二节 钙磷的吸收与排泄·····	(323)
一、钙的吸收与排泄·····	(323)
二、磷的吸收与排泄·····	(323)
第三节 血钙与血磷·····	(324)
一、血钙·····	(324)
二、血磷·····	(324)
第四节 成骨作用与溶骨作用·····	(325)
一、骨骼的化学组成·····	(325)
二、成骨作用·····	(326)
三、溶骨作用·····	(327)
第五节 钙磷代谢调节·····	(327)
一、维生素D·····	(327)
二、甲状旁腺素·····	(330)
三、降钙素·····	(331)
第六节 钙磷代谢紊乱与代谢性骨病·····	(333)
一、佝偻病与骨软化症·····	(333)
二、骨质疏松症·····	(334)
三、PTH分泌不足与过多·····	(334)
附录一 本书常用代号 ·····	(335)
附录二 一些单位的换算 ·····	(340)
一、用于构成十进倍数和分数单位的词头表·····	(340)
二、临床生化常用单位换算表·····	(340)
三、压力单位——帕·····	(343)
四、能量单位——焦耳·····	(343)
五、氢离子浓度nmol/L与pH对照表·····	(344)
封面图案 3-磷酸甘油醛脱氢酶亚基的构象模型	

第一章 绪 论

生物化学 (Biochemistry) 是主要应用化学的理论、技术及物理学、免疫学等原理和方法来研究生物体化学组成及其化学变化的科学。它的任务就是用上述理论和方法从分子水平来探讨生命现象的本质。其研究范围大致可以概括为:

1. 探讨生物体的物质组成以及这些组分的结构、性质和它们的功能。人体的基本化学组分是蛋白质、核酸、脂类、糖、水和无机盐, 这些组分又是按着严格的方式构成各种能够体现多种功能的生物结构。蛋白质、核酸和糖是生物体内特有的大分子有机化合物, 常被称为生物分子 (biomolecule), 其分子结构复杂, 种类甚多, 是体现各种生命现象最基本的物质, 如繁殖、遗传、神经兴奋、肌肉收缩等无不依赖于生物分子特有的结构与功能。

2. 生命特征之一是物质代谢, 因此生物化学必须研究生物体内各种物质的变化规律, 以及在物质变化过程中能量的转化情况。

3. 研究生物体内各种物质的结构、代谢、生物学功能和复杂的生命现象之间的关系。

4. 在了解上述各项的基础上, 再进一步运用这些知识去改造自然, 促进生产, 提高人民的健康水平。

人类在漫长的历史发展过程中, 通过生活和生产实践很早就积累了一定的生物化学知识。然而近代的生物化学仍然是一门较年轻的科学, 它是在有机化学和生理学发展的基础上, 在二十世纪初期才从生理学中分支出来, 发展成为一门独立的新学科。近20年以来生物化学的发展尤其迅速, 在理论上和技术上均获得很大进展, 而且已经渗入到生物科学的各个领域以及工农业生产的部分领域当中, 如基因工程学的诞生和发展就是其中突出的一例。

生物化学是重要的基础医学学科之一。它既然是从有机化学和生理学发展起来的, 所以就必须在学习化学和生理学的基础上, 才能深入学习生物化学。近年来, 生物学、组织学、生理学、微生物学、药理学和病理学的研究也都深入到分子水平, 并经常应用生物化学的理论和技术的去解决其各自学科的问题。同样, 生物化学与临床医学的关系也非常密切, 近代医学的发展不仅经常运用生物化学的理论和技术的去解决疾病的诊断、治疗和预防, 而且许多疾病的病因也需要从分子水平上加以探讨。

生物化学是一门实验科学, 它的理论发展与各项技术的发明密切相关。在生物化学教学中实验课占相当大的比重, 应予以重视。

(大连医学院 林钧材)

第二章 蛋白质化学

生物体的基本结构单位是细胞。细胞是由蛋白质(protein)、核酸(nucleic acid)、脂类、糖类、水及无机盐类有机地组装而成的。其中最重要的是蛋白质、核酸等生物高分子物质。这些生物高分子物质,一部分溶解于胞液中;一部分则组装成超分子装置(如膜、核蛋白体、染色质等)并构成各种亚细胞结构。所以,蛋白质、核酸等物质既是生物体的重要组分,又是生命活动中最重要的物质基础。研究生命的化学,首先必须了解这些生物高分子的化学成分、结构及其与功能的关系。

人们对生物高分子的认识是逐步深入的。首先通过元素分析测出其元素组成,然后经过完全水解分析研究它的基本结构单位,由此可初步了解其内部结构。同时,通过检查它们的理化性质,这样不仅可与它的组成相对照,而且又可找出定性、定量乃至分离纯化各类物质的方法。通过酶解法来研究它们的水解产物,既可以进一步探索其内部结构,又可掌握分解它的各种手段。在上述分析研究的基础上,再深入探索它的空间构象,这是了解其功能的物质基础。最后,用各种手段达到其人工合成。这样对于一种化学物质的认识可以说是接近于完善,但是对于了解它的生物学功能及其作用机理,只是打下了初步的基础。

蛋白质是生物体内含量最多的高分子化合物,在人体中其量占整体干重的45%。蛋白质种类繁多,在最简单的单细胞生物大肠杆菌体内含有约三千种不同的蛋白质,而在比细菌复杂得多的人体内蛋白质种类约在十万种以上,至于自然界存在的蛋白质,估计约有百亿种。每种蛋白质各具特殊的功能,蛋白质是生命活动的主要物质基础。

第一节 单纯蛋白质的组成

蛋白质的基本结构单位为氨基酸,但在多种蛋白质的组成中,除氨基酸外还含有非氨基酸部分。一般将彻底水解后产物全为氨基酸者称为单纯蛋白质;如水解产物除氨基酸外还有非氨基酸成分者,则称为结合蛋白质。通常将结合蛋白质含有的非氨基酸成分称作辅基或配基。实际上在生物体内,以单纯蛋白质形式存在的蛋白质是极少见的。因为结合蛋白质的辅基涉及其它高分子化合物(如核酸、多糖及脂类等),所以本章在讨论蛋白质的化学组成及结构时,侧重叙述由氨基酸组成的单纯蛋白质部分。

一、蛋白质的元素组成及其基本结构单位——氨基酸

单纯蛋白质的元素组成为:C 50~56%;H 6~8%;O 19~24%;N 13~19%;S 0~4%。多种蛋白质的含N量平均为16%,故可利用测定含氮量来进行生物样品中蛋白质的定量分析。

单纯蛋白质于真空条件下,用6NHCl, 110℃水解约16小时,即可达到完全水解。利用层析法等手段分析其水解液,得知蛋白质的基本组成单位为多种 α -氨基酸,其中除

甘氨酸外，均为L- α -氨基酸(L- α -amino acid)。氨基酸的结构通式见下左式，其中 α 碳和与它相连的羧基及氨基为其共同部分，R基则随氨基酸种类而不同，R基表现出不同氨基酸的个性，并可作为氨基酸分类的依据(表2-1)。20种氨基酸中，脯氨酸为亚氨基酸，其结构见右下式。

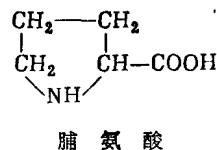
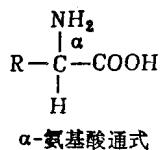


表 2-1 组成蛋白质的氨基酸

名称及略号	R—	pI	名称及略号	R—	pI
1. 甘氨酸(甘) Glycine(Gly, G)	H—	5.97	11. 苏氨酸(苏) Threonine (Thr, T)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}- \\ \\ \text{OH} \end{array}$	5.60
2. 丙氨酸(丙) Alanine(Ala, A)	$\text{CH}_3-\text{C}-$ $ $ H	6.00	12. 天冬酰胺(天-NH ₂) 天胺 Asparagine(Asn, N)	$\text{O}=\text{C} \begin{array}{l} \text{NH}_2 \\ \text{CH}_2- \end{array}$	5.41
3. 缬氨酸(缬) Valine(Val, V)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{C}- \\ \diagdown \\ \text{CH}_3 \\ \\ \text{H} \end{array}$	5.96	13. 谷氨酰胺(谷-NH ₂) 谷胺 Glutamine(Gln, Q)	$\text{O}=\text{C} \begin{array}{l} \text{NH}_2 \\ (\text{CH}_2)_2- \end{array}$	5.65
4. 亮氨酸(亮) Leucine(Leu, L)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{C}-\text{CH}_2- \\ \diagdown \\ \text{CH}_3 \\ \\ \text{H} \end{array}$	5.98	14. 酪氨酸(酪) Tyrosine (Tyr, Y)	$\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-$	5.66
5. 异亮氨酸(异) Isoleucine(Ile, I)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2 \\ \diagup \\ \text{C}- \\ \diagdown \\ \text{CH}_3 \\ \\ \text{H} \end{array}$	6.02	15. 半胱氨酸(半) Cysteine(Cys, C)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2- \\ \\ \text{SH} \end{array}$	5.07
6. 蛋氨酸(蛋) Methionine (Met, M)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2- \end{array}$	5.74	16. 天冬氨酸(天) Aspartic acid (Asp, D)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2- \\ \\ \text{COOH} \end{array}$	2.77
7. 脯氨酸(脯) Proline(Pro, P)	(见表右上)	6.30	17. 谷氨酸(谷) Glutamic acid (Glu, E)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2- \\ \\ \text{CH}_2-\text{COOH} \end{array}$	3.22
8. 苯丙氨酸(苯) Phenylalanine (Phe, F)	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-$	5.48	18. 赖氨酸(赖) Lysine(Lys, K)	$\begin{array}{c} (\text{CH}_2)_3- \\ \\ \text{CH}_2-\text{NH}_2 \end{array}$	9.74
9. 色氨酸(色) Tryptophan (Trp, W)	$\text{C}_8\text{H}_6\text{N}_2-\text{CH}_2-$	5.89	19. 精氨酸(精) Arginine(Arg, R)	$\begin{array}{c} (\text{CH}_2)_3- \\ \\ \text{NH} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H}_2\text{N} \quad \text{C}=\text{NH} \end{array}$	10.76
10. 丝氨酸(丝) Serine(Ser, S)	$\text{HO}-\text{CH}_2-$	5.68	20. 组氨酸(组) Histidine(His, H)	$\text{C}_4\text{H}_3\text{N}_3-\text{CH}_2-$	7.59

表2-1所列二十种氨基酸根据R基的性质又可分为四类：

(1) 表中1~9氨基酸，其R基无极性，呈中性，具有疏水性，称之为非极化中性氨基酸。

(2) 表中10~15氨基酸的R基有极性但不解离（前四种）或有较弱的解离（后二种），于中性溶剂中显中性。它们的R基有亲水性，称之为极化中性氨基酸。

(3) 表中16~17氨基酸的R基有极性且解离，于中性溶剂中显酸性，亲水性强，称之为酸性氨基酸。

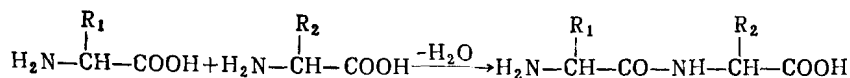
(4) 表中18~20氨基酸的R基有极性且解离，于中性溶剂中显碱性，亲水性强，称之为碱性氨基酸。

这20种氨基酸都有各自的遗传密码，它们是生物合成蛋白质的基本单位，无种属差异。此外，特殊蛋白质分子中还含有其它氨基酸，如蛋白质分子中的胱氨酸，甲状腺球蛋白中的碘代酪氨酸，胶原蛋白中的羟脯氨酸及羟赖氨酸，都是在蛋白质生物合成之后（或合成过程中），相应氨基酸残基被修饰而形成的。这些都没有相应的遗传密码。

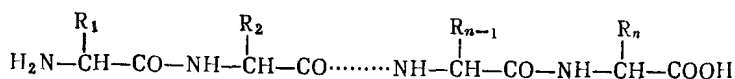
蛋白质完全水解之后，就可以测知它的氨基酸组成。这是确定它们一级结构的先决条件。

二、蛋白质肽链中氨基酸的连接方式

蛋白质完全水解产生氨基酸这一事实，提示蛋白质分子中氨基酸可能是以脱水缩合的方式相互连接起来的。两个氨基酸分子间脱水缩合易于形成肽键（peptide bond, $-\text{CO}-\text{NH}-$ ，或称酰胺键）。



这一反应产生的化合物称为肽（peptide）。肽仍有游离的氨基与羧基，可进一步与其它氨基酸或肽形成新的肽键。二个氨基酸脱水缩合形成二肽，以此类推可形成三肽、四肽……。十肽以下者称为寡肽（oligopeptide），以上者称多肽（polypeptide），或称多肽链。肽中的每个氨基酸单位称为氨基酸残基。在蛋白质肽链中，每两个氨基酸之间是通过 α -羧基与 α -氨基形成肽键而相连的：



蛋白质分子中氨基酸相互间除肽键外，两个半胱氨酸残基间还可以二硫键相连：

