

GAODENG YIXUE YUANXIAO XILIE JIAOCAI

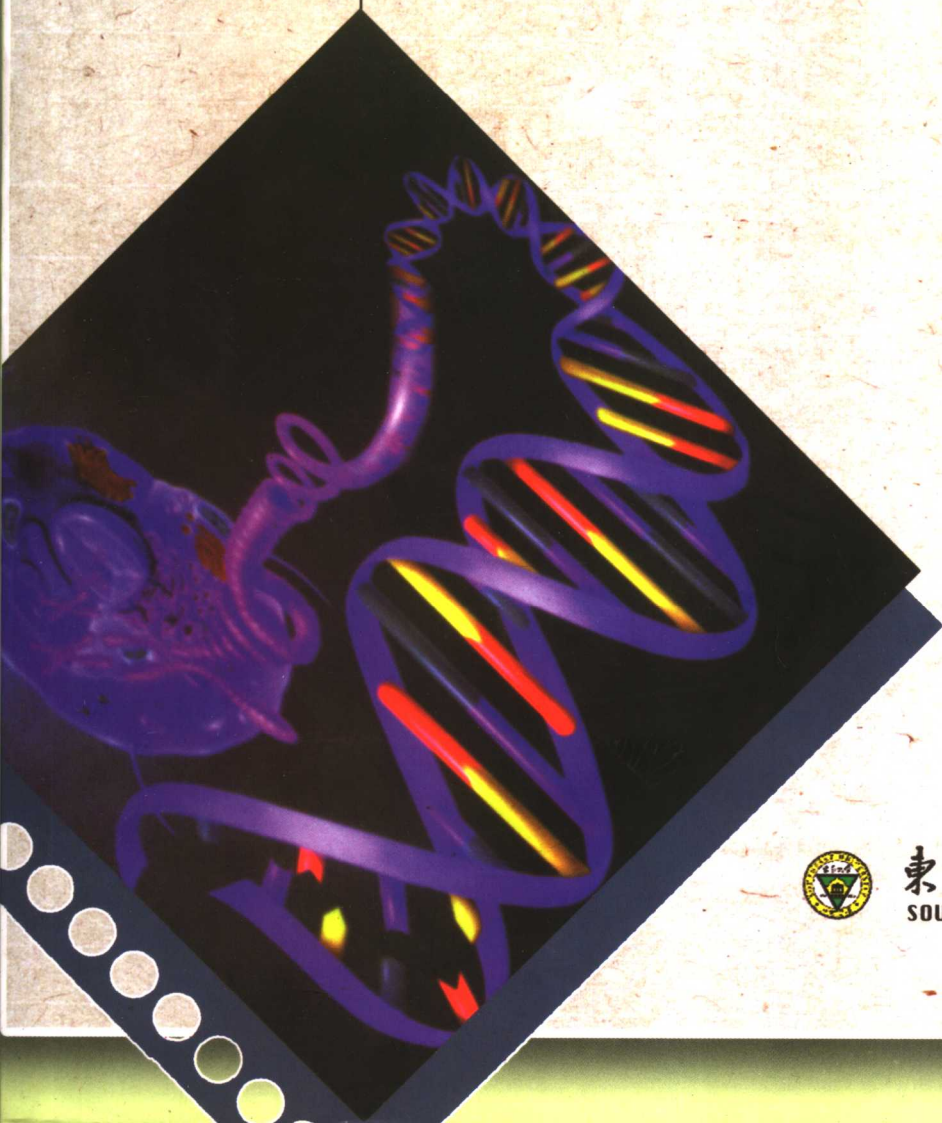
高等医学院校系列教材

Shengwu Huaxue yu Fenzi Shengwuxue

生物化学与分子生物学

(可供临床医学、护理学、口腔医学、预防医学及其他医学相关专业使用)

德 伟 张一鸣 / 主编



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

高等医学院校系列教材

生物化学与分子生物学

(可供临床医学、护理及其他医学相关专业使用)

主 编 德 伟 张一鸣

副主编 陆任云 周晓霞 沈 勤 谭 鸿

编委会成员(按姓氏笔画为序)

马 洁(江苏大学医学部)

王 宁(南京医科大学)

王树强(扬州大学医学院)

生秀梅(江苏大学医学部)

朱蕙霞(南通大学基础医学院)

刘向华(南京医科大学)

佟 辉(南京医科大学)

沈 勤(南通大学基础医学院)

张一鸣(南京医科大学)

张 凌(常州卫生学校)

陆任云(江苏大学医学部)

周晓霞(扬州大学医学院)

施建华(南通大学基础医学院)

顾建兰(南通大学基础医学院)

程 宏(扬州大学医学院)

傅 奕(扬州大学医学院)

谭 鸿(常州卫生学校)

德 伟(南京医科大学)

主 审 王招娣 李艳利

东南大学出版社

内 容 提 要

本书主要介绍蛋白质的结构和功能、核酸的结构与功能、酶、糖代谢、脂类代谢、生物氧化、氨基酸代谢、核苷酸代谢、代谢调节网络及细胞信号转导、复制、转录、蛋白质的生物合成——翻译、基因表达的调控、分子生物学常用技术及其应用、维生素、糖复合物的结构和功能、血液的生物化学、肝的生物化学等。本书内容精练,结构合理,图文清晰。

本书可供医学、护理学、口腔医学、预防医学、影像、检验、全科医学及其他医学相关专业的本科和专科使用,同时可作为成人教育、自学考试和高职教育的教材。

图书在版编目(CIP)数据

生物化学与分子生物学/德伟,张一鸣主编. —南京:东南
大学出版社,2007.2

(高等医学院校系列教材)

ISBN 978-7-5641-0653-9

I. 生... II. ①德...②张... III. ①生物化学-医学院校-教材
②分子生物学-医学院校-教材 IV. Q5 Q7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 005177 号

生物化学与分子生物学

出版发行 东南大学出版社
社 址 南京市四牌楼2号
邮 编 210096
电 话 (025)83793328
印 刷 丹阳兴华印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 19.75
字 数 503千字
ISBN 978-7-5641-0653-9/R·75
版 次 2007年2月第1版第1次印刷
定 价 36.00元

* 凡因印制质量问题,可直接向出版社读者服务部调换,电话 025-83792328。

前 言

随着我国改革开放和经济建设的深入发展,我国的高等教育事业也在迅猛发展。与此同时,我国的高等教育管理模式、教育体制、教育思想也正经历着深刻的变革。大众教育、素质教育、终身教育这些新的教育理念已经或正在逐步为人们所理解、接受和实践。

成人教育是高等教育的重要组成部分。进入 21 世纪以来,随着人类基因组计划的完成,医学分子生物学发展十分迅速,使得医学院校本专科和成人教育的生物化学与分子生物学教学面临新的挑战。编者按照全国高等医药教材建设研究会和卫生部教材办公室的规划,组织编写了这部适合专科、本科和成人教育教学用的教材。本书在立足于基本理论、基本知识、基本技能的同时,充分反映近年来生物医学领域的最新科技进展,一方面对学生进行知识更新,另一方面引导学生直接面向 21 世纪科技新进展;在完整地反映本专业理论体系的同时,注意理论紧密联系实际,努力避免繁琐的理论推导与验证,突出理论知识的实际应用,加强对临床工作的指导和实际工作能力的培养。

本教材包括生物化学和分子生物学两部分内容,全书内容涉及生物大分子的结构与功能、物质代谢、遗传信息的传递与表达、细胞信息传递、临床生化、基因诊断和基因治疗以及分子生物学研究技术等多方面内容。

由于编写时间仓促,不当之处在所难免,恳请广大读者予以纠正。

编者

2006 年 7 月

目 录

绪 论	(1)
第一节 生物化学研究内容	(1)
第二节 研究生物化学的目的及其与医学的关系	(2)
第一章 蛋白质的结构和功能	(3)
第一节 蛋白质的分子组成	(3)
一、蛋白质的元素组成	(3)
二、蛋白质的基本组成单位——氨基酸(amino acid)	(4)
三、氨基酸的连接方式	(8)
第二节 蛋白质的分子结构	(10)
一、蛋白质的一级结构	(11)
二、蛋白质的空间结构	(12)
第三节 蛋白质的结构和功能的关系	(18)
一、蛋白质一级结构与功能的关系	(18)
二、蛋白质空间结构与功能的关系	(20)
第四节 蛋白质的理化性质	(22)
一、蛋白质的两性解离	(22)
二、蛋白质的高分子性质	(22)
三、蛋白质的变性	(23)
四、蛋白质的沉淀	(23)
五、蛋白质的呈色反应及紫外吸收性质	(24)
第五节 蛋白质的分类	(25)
一、按组成分类	(25)
二、按分子形状分类	(25)
三、按功能分类	(26)
第二章 核酸的结构与功能	(27)
第一节 核酸的化学组成	(27)
一、戊糖	(27)
二、碱基	(27)
三、核苷	(28)
四、核苷酸	(28)

第二节 DNA 的分子结构	(30)
一、DNA 的碱基组成	(30)
二、DNA 的一级结构	(30)
三、DNA 的二级结构	(31)
四、DNA 的高级结构	(33)
第三节 RNA 的结构与功能	(33)
一、RNA 的类型	(33)
二、RNA 的结构	(34)
第四节 核酸的性质	(36)
一、一般理化性质	(36)
二、核酸的紫外吸收	(37)
三、核酸的变性	(37)
四、核酸的复性	(38)
第三章 酶	(39)
第一节 酶促反应的特点	(39)
第二节 酶的分子结构与功能	(41)
一、酶的分子组成	(41)
二、酶的活性中心	(42)
三、酶原及酶原的激活	(43)
四、同工酶及其临床意义	(43)
五、细胞内酶活性的调节	(44)
第三节 酶促反应动力学	(45)
一、酶浓度对酶促反应速度的影响	(45)
二、底物浓度对酶促反应速度的影响	(45)
三、温度对酶促反应速度的影响	(46)
四、pH 对酶促反应速度的影响	(47)
五、激活剂对酶促反应速度的影响	(47)
六、抑制剂对酶促反应速度的影响	(48)
第四节 酶的命名与分类	(50)
一、酶的命名	(50)
二、酶的分类	(51)
第五节 酶与医学的关系	(51)
一、酶活力测定及酶活力单位	(51)
二、酶与疾病的关系	(51)
三、酶在医学研究领域中的应用	(52)
第四章 糖代谢	(54)
第一节 概述	(54)

一、糖的生理功能	(54)
二、糖的消化	(55)
三、糖的吸收	(55)
第二节 糖的分解代谢	(55)
一、糖酵解	(56)
二、糖的有氧氧化	(60)
三、磷酸戊糖途径	(64)
第三节 糖原的合成与分解	(66)
一、糖原的合成代谢	(66)
二、糖原的分解代谢	(67)
第四节 糖异生	(68)
一、糖异生反应途径	(69)
二、乳酸、甘油和生糖氨基酸的糖异生途径	(70)
三、糖异生的生理意义	(70)
第五节 血糖	(72)
一、血糖的来源和去路	(72)
二、血糖浓度的调节	(73)
三、高血糖与低血糖	(74)
四、糖原累积症	(74)
第五章 脂类代谢	(76)
第一节 概述	(76)
一、脂类的分类及其功能	(76)
二、脂类的消化和吸收	(77)
第二节 三脂酰甘油代谢	(78)
一、脂肪的分解代谢	(78)
二、脂肪的合成代谢	(83)
三、多不饱和脂肪酸的重要衍生物——前列腺素、血栓素及白三烯	(88)
第三节 磷脂代谢	(89)
一、甘油磷脂的结构与生理功能	(89)
二、甘油磷脂的合成	(90)
三、甘油磷脂的分解	(91)
第四节 胆固醇代谢	(92)
一、胆固醇的化学式	(92)
二、胆固醇的生物合成	(92)
三、胆固醇在体内的转化与排泄	(94)
第五节 血脂及其代谢	(95)
一、血浆脂蛋白的分类	(96)
二、血浆脂蛋白的组成	(96)

三、脂蛋白的代谢	(98)
四、高脂蛋白血症	(101)
第六章 生物氧化	(103)
第一节 概述	(103)
一、生物氧化的特点	(103)
二、生物氧化的方式	(104)
三、生物氧化的酶类	(104)
第二节 生物氧化与能量转换	(105)
一、ATP 和其他高能化合物	(105)
二、ATP 的作用	(106)
三、ATP 的生成方式	(107)
第三节 线粒体内的生物氧化	(108)
一、呼吸链	(108)
二、氧化磷酸化	(113)
三、胞液中 NADH 的氧化磷酸化	(117)
第四节 非线粒体氧化体系	(118)
一、微粒体中的氧化酶	(118)
二、过氧化物酶体中的氧化酶	(118)
三、超氧化物歧化酶	(119)
第七章 氨基酸代谢	(121)
第一节 蛋白质的营养作用	(121)
第二节 蛋白质的消化、吸收与腐败	(122)
一、蛋白质的消化	(122)
二、氨基酸的吸收	(123)
三、蛋白质的腐败作用	(123)
第三节 氨基酸的一般代谢	(125)
一、体内氨基酸的动态	(125)
二、氨基酸的脱氨基作用	(126)
三、 α 酮酸的代谢	(129)
第四节 氨的代谢	(129)
一、氨的来源与去路	(129)
二、氨的转运	(130)
三、尿素的生成	(131)
第五节 个别氨基酸的代谢	(134)
一、氨基酸的脱羧基作用	(134)
二、一碳单位的代谢	(137)
三、含硫氨基酸的代谢	(139)

四、芳香族氨基酸的代谢	(140)
五、支链氨基酸的分解代谢	(141)
第八章 核苷酸代谢	(143)
第一节 核苷酸的合成代谢	(143)
一、嘌呤核苷酸的合成	(143)
二、嘧啶核苷酸的合成	(146)
三、脱氧核糖核苷酸的生成	(148)
四、核苷一磷酸、核苷二磷酸和核苷三磷酸的相互转化	(149)
第二节 核苷酸的分解代谢	(150)
一、嘌呤核苷酸的分解代谢	(150)
二、嘧啶核苷酸的分解代谢	(151)
第三节 核苷酸代谢与医学的关系	(151)
一、先天性缺陷所造成的代谢异常	(151)
二、核苷酸的抗代谢物	(153)
第九章 代谢调节网络及细胞信号转导	(156)
第一节 代谢途径的相互联系	(156)
一、糖代谢与脂类代谢的相互联系	(157)
二、糖代谢与蛋白质代谢的相互联系	(157)
三、脂类代谢与蛋白质代谢的相互联系	(157)
四、核酸代谢与糖、脂类和蛋白质代谢的相互联系	(157)
第二节 代谢的调节	(158)
一、细胞水平的代谢调节	(159)
二、激素水平的代谢调节	(162)
三、整体水平的代谢调节	(163)
第三节 信号分子与受体	(164)
一、信号分子的含义、化学本质、分类与作用方式	(164)
二、受体的分类与作用特点	(165)
三、受体的结构与功能	(167)
第四节 主要信号转导途径	(169)
一、cAMP-蛋白激酶 A 途径	(169)
二、Ca ²⁺ -磷脂依赖性蛋白激酶途径	(170)
三、Ca ²⁺ -钙调蛋白依赖性蛋白激酶途径	(171)
四、cGMP-蛋白激酶途径	(172)
五、酪氨酸蛋白激酶途径	(173)
六、胞内受体介导的信号转导途径	(176)
第五节 信号转导异常与疾病	(176)
一、受体异常与疾病	(176)

二、G 蛋白异常与疾病	(177)
三、胞内信号转导分子、转录因子异常与疾病	(177)
四、多个环节细胞信号转导与疾病	(177)
第十章 复制	(179)
第一节 DNA 复制的基本机制	(179)
一、半保留复制	(179)
二、半不连续复制	(180)
第二节 参与 DNA 复制的有关物质	(180)
一、解螺旋酶	(180)
二、单链 DNA 结合蛋白	(181)
三、DNA 拓扑异构酶	(181)
四、引物酶和 RNA 聚合酶	(181)
五、DNA 聚合酶	(182)
六、DNA 连接酶	(183)
第三节 DNA 复制的过程	(184)
一、DNA 复制的引发	(184)
二、DNA 链的延伸	(185)
三、DNA 复制的终止	(186)
第四节 其他复制方式	(186)
一、滚环复制	(186)
二、D 环(D-loop)复制	(187)
第五节 反向转录	(187)
第六节 DNA 损伤与修复	(188)
一、DNA 损伤的类型	(188)
二、DNA 损伤的原因	(189)
三、DNA 修复	(191)
第十一章 转录	(194)
第一节 DNA 指导下 RNA 的合成	(195)
一、DNA 指导的 RNA 聚合酶	(195)
二、转录模板	(197)
三、转录过程	(200)
第二节 RNA 的转录后加工	(204)
一、mRNA 的加工修饰	(205)
二、tRNA 转录后的加工修饰	(207)
三、rRNA 转录后加工	(208)

第十二章 蛋白质的生物合成——翻译	(210)
第一节 参与蛋白质生物合成的物质	(210)
一、合成原料	(211)
二、mRNA 是合成蛋白质的直接模板	(211)
三、tRNA——氨基酸的运载工具	(212)
四、rRNA——形成核糖核蛋白体	(213)
第二节 蛋白质生物合成过程	(214)
一、氨基酸的活化与转运	(214)
二、肽链合成的起始	(215)
三、肽链延长	(216)
四、肽链合成的终止	(218)
五、真核生物翻译的特点	(219)
第三节 翻译后加工	(219)
一、翻译后的加工修饰	(219)
二、亚单位的聚合	(220)
第四节 蛋白质合成与医学	(221)
一、分子病	(221)
二、蛋白质生物合成的阻断剂	(221)
第十三章 基因表达的调控	(223)
第一节 基因表达调控的现象和概念	(223)
一、基因表达调控是生命的必需	(223)
二、基因表达适应环境的变化	(224)
第二节 原核基因的表达调控	(225)
一、操纵子	(225)
二、操纵子的基本组成	(226)
三、乳糖操纵子的表达调控	(229)
四、色氨酸操纵子的表达调控	(230)
五、严谨反应	(231)
第三节 真核基因表达调控	(231)
一、真核基因组的复杂性	(231)
二、真核基因表达调控的特点	(232)
三、真核基因转录水平的调控	(233)
第十四章 分子生物学常用技术及其应用	(238)
第一节 重组 DNA 和基因工程	(238)
一、工具酶	(239)
二、目的基因	(240)

三、基因工程载体	(241)
四、外源基因与载体的连接	(242)
五、重组 DNA 导入受体菌	(243)
六、重组体的筛选	(243)
第二节 基因功能的研究技术	(246)
一、转基因技术	(246)
二、基因敲除技术	(246)
三、基因沉默技术	(247)
第十五章 维生素	(249)
第一节 脂溶性维生素	(249)
一、维生素 A	(249)
二、维生素 D	(251)
三、维生素 E	(252)
四、维生素 K	(253)
第二节 水溶性维生素	(254)
一、维生素 B ₁	(255)
二、维生素 B ₂	(256)
三、维生素 PP	(257)
四、维生素 B ₆	(258)
五、泛酸	(258)
六、生物素	(259)
七、叶酸	(261)
八、维生素 B ₁₂	(262)
九、硫辛酸	(263)
十、维生素 C	(264)
第十六章 糖复合物的结构和功能	(267)
第一节 蛋白聚糖	(267)
一、糖胺聚糖	(267)
二、蛋白聚糖的组成和生理功能	(270)
三、蛋白聚糖的生物合成	(271)
四、蛋白聚糖的分解代谢	(273)
五、蛋白聚糖与临床疾病的关系	(273)
第二节 糖蛋白	(273)
一、糖蛋白糖链的结构和分类	(273)
二、糖蛋白的生理功能	(275)
第十七章 血液的生物化学	(277)
第一节 血浆蛋白质	(277)

一、血浆蛋白质的分类	(277)
二、血浆蛋白质的共同特点	(278)
三、血浆蛋白质的功能	(278)
第二节 红细胞代谢	(279)
一、血红蛋白的合成及调节	(279)
二、成熟红细胞的代谢特点	(281)
三、铁代谢	(284)
第十八章 肝的生物化学	(286)
第一节 肝脏在物质代谢中的作用	(286)
一、概述	(286)
二、肝脏在糖代谢中的作用	(287)
三、肝脏在脂代谢中的作用	(287)
四、肝脏在蛋白质代谢中的作用	(288)
五、肝脏在维生素代谢中的作用	(289)
六、肝脏在激素代谢中的作用	(289)
第二节 肝的生物转化作用	(289)
一、生物转化的概念	(289)
二、生物转化的反应类型	(290)
三、影响生物转化的因素	(292)
第三节 胆汁酸代谢	(292)
一、胆汁	(292)
二、胆汁酸的代谢与功能	(292)
三、胆汁酸的生理功能	(295)
第四节 胆色素的代谢	(296)
一、胆红素的生成和转运	(296)
二、胆红素在肝细胞内的转化	(298)
三、胆红素在肠腔中的转化及胆素原的肠肝循环	(299)
四、血清胆红素与黄疸	(299)
主要参考文献	(301)

绪 论



生物化学(biochemistry)即生命的化学,是一门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。当代生物化学的研究除采用化学的原理和方法外,尚运用物理学的技术方法以揭示组成生物体的物质,特别是生物大分子的结构规律,并且与细胞生物学、分子遗传学等密切联系,研究和阐明生长、分化、遗传、变异、衰老和死亡等基本生命活动的规律。Watson 和 Crick 于 1953 年提出了 DNA 分子的双螺旋结构模型,在此基础上形成了遗传信息传递的“中心法则”,由此奠定了现代分子生物学(molecular biology)的基础。分子生物学的主要研究内容为探讨不同生物体所含基因的结构、复制和表达,以及基因产物——蛋白质或 RNA 的结构、相互作用及生理功能,以此了解不同生命形式特殊规律的化学和物理的基础。可见,当今生物化学与分子生物学不能截然分割,后者是前者深入发展的结果。总之,生物化学与分子生物学是在分子水平上研究生命奥秘的学科,代表当前生命科学的主流和发展的趋势。

第一节 生物化学研究内容

医学生物化学(人体生物化学)研究的内容主要包括下列 4 个部分。

第一部分,生物分子的结构与功能。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的。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,更重要的是研究其空间结构及其与功能的关系。结构是功能的分子基础,而功能则是结构的体现。这是生物化学发展的开始阶段的主要工作,也称为静态生化。

第二部分,物质代谢、能量代谢及代谢调节。生物体的基本特征是新陈代谢(metabolism)或物质代谢,一旦这些化学反应停止,生命即告终结。生物体一方面需要与外界环境进行物质交换,同时在体内进行各种代谢变化,以维持其内环境的相对稳定,并通过代谢变化将摄入营养物质中储存的能量释放出来,供机体活动所需。要维持体内错综复杂的代谢途径有序地进行,需要有严格的调节机制,否则代谢的紊乱可影响正常的生命活动,从而产生疾病。因此,研究物质代谢、能量代谢及代谢调节规律是医学院校生物化学课程的主要内容,也称为动态生化。

第三部分,基因信息的传递及调控。基因信息传递与遗传、变异、生长、分化等生命过程密切相关,也与遗传性疾病、恶性肿瘤、代谢异常性疾病、免疫缺陷性疾病、心血管病等多种疾病的发病机制有关。因而基因信息传递的研究在生命科学特别是医学中越来越显示出重要性。遗传的主要物质基础是 DNA,基因即 DNA 分子的功能片段。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。基因分子生物学除进一步研究 DNA 的结构与功能外,将更注重对信息传递中调控规律的研究。DNA 重组、转基因、

基因剔除、人类基因组计划及蛋白质组计划等的发展,将大大推动这一领域的研究进程。

第四部分,功能生化。医学生物化学的主要研究对象是人,因此人体生物化学还要研究各组织器官的化学组成特点、特有的代谢途径和它们与生理功能之间的关系。代谢障碍将造成器官功能的异常,导致疾病的发生。这部分内容包括血液、肝、胆生化等,也称为功能生化,是医学生化不可缺少的内容。

第二节 研究生物化学的目的及其与医学的关系

生物化学的根本目标是揭露生命的奥秘。若将组成生物体的物质逐一分离研究,均为非生命物质,并遵守物理和化学的规律,然而由这些物质组成的生物体何以能呈现及维持各种生命现象,这是生物化学要探讨和阐明的课题。当然,更深一层的目标是了解生命的起源。可见,研究生物化学的目的是了解和掌握生命的规律,适应自然规律,使人类生活更美好。

生物化学与分子生物学是边缘性学科,发展又十分迅速,因而形成了许多新理论、新概念,如基因组学、蛋白质组学、RNA 组学等;同时发展了许多新技术,如重组 DNA 技术、基因工程、基因芯片、克隆技术、转基因动物等。生物化学与分子生物学的理论和方法已广泛被其他基础医学学科所应用,并已形成了许多新的学科分支,如分子免疫学、分子遗传学、分子细胞生物学、分子病理学、分子药理学、分子病毒学等等。反过来,这些基础学科也促进了生物化学的发展,例如,免疫学的方法被广泛应用于蛋白质及受体的研究,遗传学的方法被应用于基因分子生物学的研究,病理学中的癌症促进了癌基因的研究,基因表达调控的规律是在细菌研究的基础上深入至真核生物的研究,等等。总之,当前生命科学中各相关的学科互相渗透、互相促进,不断形成新的学科,例如,生物信息学,并且还将会出现更多新的学科。

健康科学涉及两大关键问题:一是为了解和维持人体的健康生活,正常的生化反应和过程是健康的基础,人体必须不断地与外环境进行物质交换,摄入必需的营养成分,适应外环境的变化,以维持体内环境的稳定;二是为有效防治疾病,代谢的紊乱可导致疾病,所以了解紊乱的环节并纠正之,是有效治疗疾病的依据,通过生化的检查,可帮助疾病的诊断,例如糖代谢障碍可导致糖尿病,充分了解糖代谢及其调节的规律能为治疗糖尿病制订有效的方案,也为疾病的诊断和预防提供了依据。可见,临床医学无论在预防和治疗工作中都会应用生物化学的知识。反过来临床实践也为生物化学的研究提供了丰富的源泉,例如恶性肿瘤,使生物化学和分子生物学深入对癌基因的研究,通过对后者的深入研究,又揭开了对正常细胞生长、分化的规律和信号转导途径的研究和了解;又如对动脉粥样硬化症的研究,促进对胆固醇、脂蛋白、受体乃至相关基因等的生物化学研究。

因此,生物化学已经不仅仅被看作一门基础课,而是成为一门与临床密切相关的专业课。只有扎实地掌握生物化学的基本理论和基本技能,才能有望成为合格的医务工作者。

(张一鸣)

第一章 蛋白质的结构和功能



【学习目标】

掌握:掌握蛋白质的元素组成、基本组成单位,氨基酸在肽链中的连接方式;熟悉氨基酸的结构通式与结构特点。蛋白质分子的一级结构、肽键及其性质;二级结构的主要形式;维系蛋白质三级结构的化学键。蛋白质的理化性质:两性解离及等电点、蛋白质变性、蛋白质变性后理化性质的改变。

熟悉:氨基酸的理化性质,蛋白质的结构与功能的关系,重要的生物活性肽。

了解:蛋白质的吸收光谱与颜色反应,蛋白质的分类。

蛋白质是一类生物大分子,从简单的低等生物到复杂的高等生物,无不以蛋白质为主要组成成分。自然界的蛋白质分布广泛,所有细胞、组织都含有蛋白质,且生物体结构越复杂,蛋白质种类也越繁多。单细胞的大肠杆菌就含有 3 000 余种蛋白质,人体结构复杂,估计蛋白质的种类不下 10 万种,地球上的生物近 200 万种,整个生物界的天然蛋白质估计约有百亿种之多。蛋白质的重要性不仅在于它的广泛、大量存在于生物界,更在于它在整个生命活动中起着非常重要的作用,决定着生物物种性状、新陈代谢类型,各种生命现象和生命活动的基因也都是通过编码蛋白质来表达和实现其功能的,它是生命的物质基础。本章主要阐述蛋白质的化学组成和分子结构,在此基础上进而讨论蛋白质的结构与功能以及理化性质的关系。

第一节 蛋白质的分子组成

一、蛋白质的元素组成

蛋白质的元素分析结果表明,蛋白质由碳(50%~55%)、氢(6%~7%)、氧(19%~24%)、氮(13%~19%)及硫(0%~4%)等元素组成,此外,有些蛋白质还含有少量磷或金属元素如铁、铜、锌、锰、钴、钼等,个别蛋白质还含有碘、硒。

其中氮是蛋白质元素组成中的一种特征性成分,且各种蛋白质的含氮量很相近,平均约为 16%。动植物组织中的含氮物质以蛋白质为主,其他的含氮物很少,因此,可以用定氮法来推算样品中蛋白质的大致含量。只要先测出生物样品中的含氮量,再乘以 6.25(100/16=6.25),即可换算出蛋白质的含量:

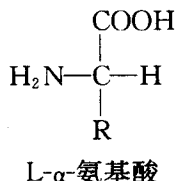
$$100 \text{ g 样品中蛋白质的含量}(\%) = \text{每克样品中含氮克数}(\text{g}) \times 6.25 \times 100$$

二、蛋白质的基本组成单位——氨基酸(amino acid)

对于大分子物质的研究,仅仅知道其元素组成还不够,一般是将大分子物质进行水解。蛋白质受酸、碱或蛋白酶催化而逐步水解为各种氨基酸的混合物,这表明蛋白质的基本组成单位是氨基酸。

(一)氨基酸的结构特点

组成蛋白质的氨基酸,其结构有共同的特点,可以用下面的通式表示:



由氨基酸的结构通式可见:

1. 氨基都连接在 α -碳原子上,都属于 α -氨基酸(脯氨酸为 α -亚氨基酸)。
2. R 基团为氨基酸的侧链,除 R 为 H 的甘氨酸外,其他氨基酸的 α -碳原子都是不对称碳原子,有 D-型和 L-型两种异构体,蛋白质中的氨基酸均为 L-型。

(二)氨基酸的分类

存在于自然界的氨基酸有 300 多种,但合成蛋白质的氨基酸仅有 20 种,这 20 种氨基酸都有其相应的遗传密码,称为编码氨基酸(coding amino acid)。

蛋白质的许多性质、结构和功能等都与氨基酸侧链 R 基团紧密相关,目前常以侧链 R 基团的结构及理化性质作为分类的基础。根据编码氨基酸侧链 R 基团的结构和极性不同,按它们在中性溶液中侧链的解离状态可分为三类(表 1-1)。

表 1-1 蛋白质分子中的编码氨基酸

名称(缩写代号)	分子结构	残基 分子量	pK ₁ α -COOH	pK ₂ α -NH ₃ ⁺	pK _a 侧链	pI
Amino acid with nonpolar side chains						
1. 甘氨酸(甘) Glycine(Gly, G)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	57.0	2.35	9.78		6.07
2. 丙氨酸(丙) Alanine(Ala, A)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	71.0	2.35	9.87		6.11
3. 缬氨酸(缬) Valine(Val, V)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \quad \text{CH}_3 \\ \quad / \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH} \\ \quad \backslash \\ \text{NH}_3^+ \quad \text{CH}_3 \end{array}$	99.1	2.29	9.74		6.02