

高等医药院校教材

生物化学与分子生物学

主 编 厉朝龙

● 中国医药科技出版社

5-

QJ-43

238

高等医药院校教材

生物化学与分子生物学

主 编 厉朝龙

副主编 杨岐生 陈枢青

编 者 (以姓氏笔画为序)

厉朝龙 刘子贻 陈枢青

沈奇桂 杨岐生 杨荣武

郭俊明



A1026756

中国医药科技出版社

登记证号：(京) 075 号

内 容 提 要

本书根据当前我国高等医药院校对本科生物化学和分子生物学教学的目的要求, 有机融合生物化学与分子生物学的内容, 全面系统而深入地叙述了该学科的基本概念、基本原理及主要的研究方法。内容包括生物大分子的结构和功能、物质代谢和能量代谢、基因和基因组结构、基因表达及其调控、生物膜与生物信息的跨膜传递和基因诊断与基因治疗等 22 章。全书密切联系医学实际, 具有体系独特、内容新、重点突出、针对性强等特点。

本书可作高等医药院校本科生的专业教材, 也可供广大从事生物科学和医学教学、研究及临床工作的人们学习和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

生物化学与分子生物学/厉朝龙主编. —北京: 中国医药科技出版社, 2001.9

全国高等医学院校教材

ISBN 7-5067-2449-9

I. 生… II. 厉… III. ①生物化学—高等学校—教材②分子生物学—高等学校—教材 IV. ①Q5②Q7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 037100 号

中国医药科技出版社 出版
(北京海淀区文慧园北路甲 22 号)
(邮政编码 100088)

河北省昌黎第一印刷厂 印刷
全国各地新华书店 经销

*
开本 787×1092mm $\frac{1}{16}$ 印张 41 $\frac{1}{4}$

字数 902 千字 印数 1—3000

2001 年 8 月第 1 版 2001 年 8 月第 1 次印刷

定价: 68.00 元

本社图书如存在印装质量问题, 请与本社联系调换 (电话 62244206)

前 言

生物化学与分子生物学是当代发展最为迅速的学科之一，它从分子水平研究和了解生命的现象，剖析生命的分子逻辑，揭示生命的本质，是生命科学的核心。自 20 世纪 50 年代 Watson 和 Crick 提出 DNA 分子的双螺旋结构模型以来，近 50 年间，由于生物化学与分子生物学研究的进展和成就，已使生物界的许多普遍的生命规律，可以通过分子水平而得以阐明。它的理论和技术已广泛地渗透到生命科学的各个领域，大大推动了整个生命科学的发展。生物化学与分子生物学展示了生命科学的未来和希望。

随着生物科学和医学的发展和进步，我国高等医药教育所设立的生物化学课程已不能完全适应后续课程的学习和临床实践的需要，充实分子生物学知识已刻不容缓。然而受高等医药教育计划年制的限制，不少医药院校至今未能独立开设分子生物学课程，为此，我们编写了《生物化学与分子生物学》一书。分子生物学本来就源于生物化学，通过本书的编写，将生物化学与分子生物学有机地融合起来，非但避免了许多内容的重复，而且更有利于学生对基本原理的理解。

本书的特点是：①加强基础，突出重点，系统而深入地介绍学科领域的基本概念、基本理论和方法；②广泛吸收当代国内外在本学科领域研究的新成果及较为成熟的理论，与国际发展水平接轨；③以本学科的基本理论为出发点，密切联系基础医学和临床医学实践，为后续课程的学习和临床工作打下比较坚实的理论基础；④编写体系独特，内容具完整性及系统性，章节之间承上启下，消除重复和脱节。

参与本书编写的是浙江大学、南京大学和宁波大学从事生物化学与分子生物学教学和科研工作的教授，他们愿将自己几十年的教学和科研工作实践加以总结，奉献给高校的莘莘学子们。编写的具体分工如下：

厉朝龙	第 1、2、3、4、5 章
刘子贻	第 6、9、10 章
沈奇桂	第 7、8 章
陈枢青	第 12 章
杨荣武	第 11、17、18 章
杨岐生	第 13、14、15、16、19、20、21 章
郭俊明	第 22 章

本书为高等医药院校本科生的教学用书，也可供相关学科研究生及从事教学和科研工作的人员参考。

本书的编写历时一年，今天能与读者见面，与宁波大学医学院的关心和支持是分不开的，在此表示衷心的感谢。虽然编者尽了最大努力，但疏漏或错误之处在所难免，恳请读者予以批评指正。

厉朝龙

2001年5月1日于宁波

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 生命的分子逻辑	(1)
第二节 细胞——生命有序性表现的基本单位	(2)
第三节 生物化学与分子生物学的发展与现状	(2)
第四节 生物化学与分子生物学与医学的关系	(4)
第二章 生物小分子结构与功能	(6)
第一节 氨基酸	(6)
一、氨基酸的分子结构	(6)
二、氨基酸的理化性质	(11)
第二节 核苷酸	(15)
一、核酸构件分子——核苷酸分子结构	(15)
二、游离核苷酸及其衍生物	(17)
三、核苷酸重要的理化性质	(19)
第三节 维生素	(20)
一、脂溶性维生素	(21)
二、水溶性维生素	(24)
小 结	(31)
第三章 蛋白质结构与功能	(33)
第一节 肽与肽键	(33)
一、肽键与肽单元	(33)
二、肽链	(34)
三、天然活性肽	(35)
第二节 蛋白质的共价结构	(35)
一、蛋白质结构的剖析和理解	(35)
二、蛋白质的一级结构	(36)
三、蛋白质一级结构的测定原理	(36)
第三节 蛋白质的三维空间结构	(38)
一、蛋白质分子的二级结构	(38)
二、蛋白质分子的三级结构	(44)
三、蛋白质分子的四级结构	(47)
第四节 蛋白质分子结构与功能的关系	(47)
一、血红蛋白与变构效应	(47)
二、蛋白质前体的活化	(49)
三、分子病	(50)
四、蛋白质变性	(51)

第五节 蛋白质的性质及其应用	(52)
一、蛋白质的胶体性质	(52)
二、蛋白质的酸、碱性质	(53)
三、蛋白质的免疫学性质	(53)
小 结	(54)
第四章 酶的催化作用	(56)
第一节 酶作用的特点	(56)
一、高度的催化效率	(56)
二、高度的作用专一性	(57)
三、酶活性对反应条件具有高度敏感性	(59)
四、催化活性可被调节控制	(59)
第二节 酶分子结构与催化活性	(59)
一、酶的分子组成	(59)
二、酶的活性中心和酶原激活	(60)
第三节 酶作用的机制	(62)
一、酶催化反应的中间产物学说	(62)
二、多元催化	(63)
第四节 抗体酶和核酶	(65)
一、抗体酶	(65)
二、核酶	(66)
第五节 酶促反应动力学	(67)
一、酶促反应速率和酶活性	(67)
二、底物浓度与酶反应速率的关系	(68)
三、Michaelis - Menten 方程	(69)
四、关于多底物酶的作用和酶反应动力学	(73)
第六节 酶的抑制作用动力学	(74)
一、不可逆抑制作用	(74)
二、可逆抑制作用	(74)
第七节 pH、温度对酶反应的影响	(78)
一、pH 对酶反应的影响	(78)
二、温度对酶反应的影响	(79)
第八节 酶活性的调节	(79)
一、酶的共价修饰	(79)
二、酶的变构效应	(80)
第九节 临床酶学诊断与治疗原理	(82)
一、临床酶学诊断	(82)
二、酶在治疗上的应用	(83)
小 结	(84)

第五章 生物氧化与能量代谢	(86)
第一节 自由能和标准自由能变化	(86)
第二节 氧化还原电势与 $\Delta G^{\ominus}$	(87)
第三节 高能磷酸化合物	(88)
一、基本概念	(88)
二、类型	(88)
三、ATP——能量载体	(90)
四、能量的贮存和转移	(91)
第四节 线粒体电子传递系统	(92)
一、呼吸链的电子载体	(92)
二、电子传递体在线粒体内膜上的定位	(94)
三、呼吸链中电子传递的顺序	(96)
第五节 氧化磷酸化作用	(98)
一、呼吸链偶联 ADP 磷酸化的部位	(98)
二、氧化磷酸化偶联机制	(100)
三、线粒体外 NADH 的氧化磷酸化	(102)
第六节 非线粒体氧化体系	(104)
一、氧化酶和需氧脱氢酶	(104)
二、过氧化氢酶和过氧化物酶	(105)
三、超氧化物歧化酶	(105)
四、加单氧酶系	(105)
小 结	(106)
第六章 糖代谢	(108)
第一节 糖酵解	(108)
一、反应过程和有关的酶	(109)
二、丙酮酸的去路和 NAD^+ 的再生	(115)
三、其他单糖进入糖酵解的途径	(116)
四、糖酵解的生理意义	(117)
五、糖酵解的调节	(118)
六、糖酵解途径中的 2,3-二磷酸甘油酸支路	(118)
第二节 糖的有氧氧化	(119)
一、反应过程和有关的酶	(119)
二、糖的有氧氧化的生理意义	(128)
第三节 磷酸戊糖途径	(129)
一、反应过程	(129)
二、磷酸戊糖途径的生理意义	(132)
第四节 糖原的合成和分解	(133)
一、糖原的分解代谢	(133)

二、糖原的合成代谢·····	(135)
三、糖原代谢的调节·····	(136)
第五节 糖异生·····	(138)
一、反应过程·····	(138)
二、糖异生的生理意义·····	(140)
三、糖异生的调节·····	(141)
第六节 血糖·····	(143)
一、血糖浓度与糖代谢的关系·····	(144)
二、调节血糖浓度的激素·····	(145)
三、高血糖及低血糖·····	(146)
小 结·····	(148)
第七章 脂肪酸代谢·····	(150)
第一节 脂肪酸的分解代谢·····	(150)
一、脂肪动员·····	(150)
二、脂肪酸经血液运到各组织·····	(152)
三、脂肪酸的氧化·····	(152)
四、酮体的生成及利用·····	(159)
第二节 脂肪酸的合成代谢·····	(161)
一、胞浆中脂肪酸合成系统·····	(162)
二、脂肪酸碳链延长或缩短·····	(165)
三、不饱和脂肪酸的合成·····	(165)
四、类花生酸的合成·····	(166)
五、三酰甘油的生物合成·····	(171)
小 结·····	(173)
第八章 磷脂、胆固醇和血浆脂蛋白的代谢·····	(175)
第一节 磷脂的分类和基本功能·····	(175)
一、甘油磷脂·····	(175)
二、鞘磷脂·····	(178)
附 糖脂·····	(179)
第二节 磷脂的代谢·····	(180)
一、甘油磷脂的合成代谢·····	(180)
二、甘油磷脂的降解·····	(184)
第三节 胆固醇的代谢·····	(186)
一、胆固醇的结构、分布和生理作用·····	(186)
二、人体内胆固醇的来源·····	(187)
三、胆固醇的合成·····	(188)
四、胆固醇的转化·····	(193)
第四节 血浆脂蛋白·····	(198)

一、血浆脂蛋白的物理化学特征	(199)
二、血浆脂蛋白的代谢概况	(202)
小 结	(209)
第九章 氨基酸代谢	(211)
第一节 蛋白质的酶促降解	(212)
一、与食物蛋白质酶促降解有关的酶及其特异性	(212)
二、组织蛋白质的酶促降解	(214)
第二节 氨基酸的跨膜转移	(214)
一、氨基酸跨膜转运机制	(215)
二、 γ -谷氨酰基循环对氨基酸的转运作用	(216)
第三节 氨基酸的脱氨基作用	(217)
一、氧化脱氨基作用	(217)
二、转氨基作用	(218)
三、联合脱氨基作用	(220)
四、嘌呤核苷酸循环	(221)
五、其他脱氨基方式	(221)
第四节 氨的代谢	(222)
一、体内氨的来源	(222)
二、氨的转运	(223)
三、氨的代谢去路	(224)
第五节 α -酮酸的代谢	(229)
一、氨基酸的族系	(229)
二、 α -酮酸的代谢去路	(235)
第六节 氨基酸的脱羧基作用	(236)
一、 γ -氨基丁酸	(237)
二、组胺	(237)
三、5-羟色胺与褪黑激素	(238)
四、儿茶酚胺	(239)
五、牛磺酸	(241)
六、多胺	(241)
第七节 氨基酸代谢和其他含氮物质的合成	(243)
一、一碳单位的代谢	(243)
二、甲硫氨酸循环	(246)
三、肌酸的生成	(247)
四、谷胱甘肽的合成	(248)
五、磷酸腺苷磷酸硫酸的合成	(248)
六、黑色素的合成	(249)
七、一氧化氮的合成	(249)

小 结	(251)
第十章 核苷酸代谢	(253)
第一节 嘌呤核苷酸的生物合成	(254)
一、嘌呤核苷酸的从头合成途径	(254)
二、嘌呤核苷酸的补救合成途径	(257)
三、嘌呤核苷酸合成的调节	(258)
第二节 嘌呤核苷酸的分解代谢	(258)
第三节 嘧啶核苷酸的生物合成	(260)
一、嘧啶核苷酸的从头合成途径	(260)
二、嘧啶核苷酸的补救合成	(262)
三、嘧啶核苷酸合成的调节	(263)
第四节 嘧啶核苷酸的分解代谢	(264)
第五节 核苷三磷酸和脱氧核苷酸的生成	(265)
一、核苷三磷酸的生成	(265)
二、脱氧核苷酸的合成	(265)
第六节 核苷酸辅酶的生物合成	(267)
一、FMN 和 FAD	(267)
二、 NAD^+ 和 NADP^+	(268)
三、辅酶 A	(269)
第七节 抗核酸代谢物	(270)
一、谷氨酰胺类似物	(270)
二、叶酸类似物	(270)
三、嘌呤类似物	(271)
四、嘧啶类似物	(271)
小 结	(272)
第十一章 生物膜与生物信息的跨膜传递	(273)
第一节 生物膜的结构	(273)
一、生物膜的化学组成	(273)
二、生物膜的基本结构	(277)
第二节 物质的跨膜转运	(281)
一、小分子物质的跨膜运输	(281)
二、生物大分子的跨膜运输	(283)
第三节 生物信息的跨膜传递	(284)
一、激素的定义	(284)
二、激素的化学本质及分类	(285)
三、激素作用一般特征	(285)
四、激素作用的机制	(290)
五、信息传递的整合	(306)

六、激素与癌基因	(307)
小 结	(309)
第十二章 核酸的结构与性质	(310)
第一节 多核苷酸	(310)
一、核苷酸之间的连接	(310)
二、多核苷酸的结构特点	(310)
三、多核苷酸的分类	(310)
第二节 DNA 分子结构	(311)
一、DNA 的一级结构	(312)
二、DNA 的二级结构	(312)
三、DNA 的三级结构	(315)
四、真核生物染色体 DNA 结构的特点	(316)
第三节 RNA 分子结构	(319)
一、核糖体 RNA	(320)
二、信使 RNA (mRNA) 和不均一核 RNA (hnRNA)	(321)
三、转运 RNA (tRNA)	(324)
四、其他 RNA 分子	(325)
第四节 核酸的理化性质	(326)
一、紫外吸收特征	(326)
二、酸碱性	(326)
三、核酸变性	(326)
四、核酸的复性与杂交	(327)
第五节 核酸碱基序列测定的基本原理	(328)
一、DNA 的化学裂解法测序	(328)
二、RNA 的核酸酶酶切法测序	(328)
三、DNA 的末端终止法测序	(329)
小 结	(331)
第十三章 基因与基因组	(333)
第一节 基因和基因组的概念	(333)
一、遗传物质	(333)
二、基因和基因组	(334)
第二节 病毒和原核生物的基因组	(334)
一、病毒基因组的一般特点	(334)
二、噬菌体的基因组	(335)
三、几种病毒的基因组	(336)
四、细菌基因组	(337)
第三节 真核生物基因组	(338)
一、真核生物基因组的特点	(338)

二、真核生物基因组的几种组分·····	(338)
第四节 真核细胞的基因家族及其结构·····	(342)
一、rRNA 基因家族·····	(342)
二、5S rRNA 基因·····	(342)
三、组蛋白基因家族·····	(343)
四、珠蛋白基因家族·····	(343)
五、生长激素基因家族·····	(344)
六、超基因·····	(344)
第五节 真核基因的结构·····	(344)
一、基因不连续性发现的背景·····	(345)
二、基因不连续性的证实·····	(345)
三、真核基因的外显子与内含子·····	(347)
四、外显子与内含子的关系·····	(348)
五、内含子的功能·····	(349)
六、外显子与蛋白质结构域·····	(350)
第六节 线粒体基因的结构与功能·····	(351)
一、线粒体 DNA·····	(351)
二、线粒体 DNA 的复制、转录和蛋白质合成·····	(352)
三、线粒体 DNA 的变异·····	(352)
第七节 人类基因组研究·····	(353)
一、人类基因组研究的目标和内容·····	(353)
二、人类基因组研究的策略·····	(353)
三、蛋白质组研究·····	(354)
四、生物信息学·····	(355)
小 结·····	(356)
第十四章 遗传信息载体的复制·····	(358)
第一节 核酸生物合成的一般规则·····	(358)
第二节 DNA 复制的特性·····	(358)
一、DNA 的半保留复制原则·····	(359)
二、复制子·····	(359)
三、复制叉·····	(360)
四、双向复制·····	(360)
五、复制起始点·····	(361)
六、复制的终止点·····	(362)
第三节 复制的模型·····	(363)
一、半保留复制的几何学·····	(363)
二、复制的模型·····	(364)
三、不连续复制·····	(367)

四、RNA 遗传信息的表达	(368)
第四节 复制过程中的酶和蛋白质因子	(368)
一、原核生物的 DNA 聚合酶	(369)
二、DNA 连接酶	(376)
三、拓扑异构酶	(376)
四、解链酶	(378)
五、DNA 结合蛋白	(378)
第五节 复制的过程	(379)
一、DNA 复制的过程	(379)
二、 <i>E. coli</i> DNA 的复制起始	(379)
三、引发	(380)
四、复制链的延伸和终止	(383)
五、复制的忠实性	(386)
第六节 真核细胞的 DNA 复制	(387)
一、真核生物 DNA 复制的特点	(388)
二、真核生物的 DNA 聚合酶及其复制因子	(388)
三、SV40 DNA 的复制	(391)
四、末端复制与端粒酶	(395)
五、DNA 复制与细胞周期	(399)
小 结	(400)
第十五章 DNA 损伤、修复和基因突变	(402)
第一节 DNA 损伤和修复	(402)
一、DNA 损伤的环境因素	(402)
二、DNA 损伤的体内因素	(404)
三、DNA 损伤的修复	(405)
第二节 基因突变	(409)
一、突变的概念和类型	(409)
二、基因突变的分子机制	(410)
三、基因突变的校正	(412)
小 结	(412)
第十六章 基因重组	(414)
第一节 概述	(414)
第二节 同源重组	(414)
一、断裂 - 重接	(414)
二、Holliday 中间体结构	(415)
三、同源重组中的酶和蛋白质	(416)
第三节 位点特异性重组	(419)
一、 λ 噬菌体的整合和切除	(419)

二、 λ 噬菌体整合的分子机制	(420)
第四节 转座因子	(420)
一、转座因子的发现	(420)
二、原核生物的转座因子	(421)
三、真核生物的转座因子	(426)
四、逆转录病毒	(427)
小 结	(429)
第十七章 DNA 转录——RNA 生物合成	(430)
第一节 DNA 转录的一般规则	(430)
第二节 依赖 DNA 的 RNA 聚合酶	(431)
一、原核细胞的 RNA 聚合酶的结构与功能	(431)
二、真核细胞的 RNA 聚合酶的结构与功能	(432)
三、某些病毒的 RNA 聚合酶的结构与功能	(433)
第三节 转录的过程及机制	(434)
一、原核细胞的 DNA 转录	(434)
二、真核细胞的 DNA 转录	(438)
第四节 RNA 前体的后加工	(445)
一、原核细胞 RNA 前体的后加工	(445)
二、真核细胞 RNA 前体的后加工	(447)
第五节 DNA 转录的抑制剂	(463)
小 结	(463)
第十八章 蛋白质的生物合成	(465)
第一节 参与翻译过程的主要生物大分子的结构与功能	(465)
一、核糖体的结构与功能	(465)
二、mRNA 的结构与功能	(468)
三、tRNA 的结构与功能	(469)
四、氨酰 tRNA 合成酶的结构与功能	(470)
五、起始因子、延伸因子和释放因子的结构与功能	(471)
第二节 蛋白质生物合成的一般规律	(472)
一、mRNA、tRNA 和核糖体的作用	(472)
二、翻译的极性	(472)
三、三联体密码	(473)
四、密码子与反密码子之间的作用	(476)
五、摆动规则	(476)
第三节 蛋白质生物合成的过程及机制	(477)
一、原核生物的蛋白质合成	(477)
二、真核生物的蛋白质合成	(483)
第四节 多肽链折叠与翻译后加工	(486)

一、多肽链折叠	(486)
二、翻译后加工	(487)
第五节 蛋白质翻译后的定向运输与分拣	(488)
一、信号肽学说	(489)
二、细胞膜蛋白、分泌蛋白和溶酶体蛋白的共翻译定向	(489)
三、蛋白质的翻译后定向	(491)
第六节 再次程序化的遗传解码	(493)
一、翻译水平的移框	(493)
二、通读	(494)
三、跳跃翻译	(494)
四、含硒半胱氨酸的参入	(495)
五、反式翻译	(495)
第七节 蛋白质合成的抑制剂	(497)
第八节 蛋白质在细胞内的定向降解	(498)
小 结	(500)
第十九章 原核生物基因表达的调控	(502)
第一节 乳糖操纵子的调控	(502)
一、乳糖操纵子为代表的操纵子结构	(502)
二、操纵子的调控	(508)
第二节 其他原核操纵子的调控	(512)
一、半乳糖操纵子	(512)
二、阿拉伯糖操纵子	(514)
三、色氨酸操纵子	(515)
小 结	(519)
第二十章 真核生物基因表达的调控	(521)
第一节 真核基因在染色质水平上的调控	(521)
一、真核细胞的染色质	(521)
二、染色质水平上基因的活化	(522)
三、活性染色质的结构特征	(526)
第二节 真核基因转录水平上的调控	(528)
一、真核细胞Ⅱ类基因的调控区	(528)
二、真核细胞调控因子的结构特性	(530)
三、Ⅱ类基因调控因子的类型	(533)
四、反式作用因子功能的鉴别方法	(536)
五、Ⅱ类基因的转录起始复合物	(538)
第三节 细胞周期及其调控	(549)
一、细胞周期	(549)
二、细胞周期蛋白	(550)

三、细胞周期的调控·····	(552)
小 结·····	(556)
第二十一章 基因工程原理·····	(558)
第一节 基因工程中的工具酶·····	(558)
一、限制性内切酶·····	(558)
二、DNA 连接酶·····	(559)
三、DNA 聚合酶·····	(559)
四、逆转录酶·····	(559)
五、RNA 聚合酶·····	(560)
第二节 基因工程的载体·····	(560)
一、载体的基本要求和特点·····	(560)
二、质粒载体·····	(560)
三、噬菌体载体·····	(562)
四、柯斯质粒·····	(563)
五、酵母人工染色体·····	(563)
六、杆状病毒载体·····	(564)
第三节 重组 DNA 文库·····	(564)
一、基因组 DNA 文库·····	(564)
二、cDNA 基因文库·····	(566)
第四节 目的基因与载体的连接·····	(569)
一、DNA 的连接反应·····	(569)
二、DNA 连接的策略·····	(569)
第五节 重组 DNA 导入受体细胞·····	(570)
一、受体细胞的一般特征·····	(570)
二、重组 DNA 导入大肠杆菌·····	(570)
三、酵母细胞的转化·····	(571)
四、重组 DNA 导入哺乳动物细胞·····	(571)
第六节 基因文库的筛选和基因分离·····	(572)
一、直接筛选——遗传学筛选法·····	(572)
二、间接筛选·····	(573)
三、已知目的基因的分离·····	(575)
四、寻找未知的基因·····	(575)
第七节 克隆基因的表达·····	(584)
一、真核基因在原核细胞中表达的主要问题·····	(584)
二、真核基因在原核细胞中高效表达的因素·····	(585)
三、哺乳细胞的转基因技术·····	(586)
第八节 基因芯片·····	(587)
一、基因芯片的概念·····	(587)