

高等学校教材

“5+3” 医学整合课程教材

供临床医学专业用

总主编 雷寒

副总主编 邓世雄 徐晨

分子与细胞

主编 王应雄

高等医学教育

“5+3”医学整合课程教材

供临床医学专业用

总主编 雷 寒

副总主编 邓世雄 徐 晨

分子与细胞

主 编 王应雄

副主编 宋方洲 卜友泉 陈俊霞 郭风劲

编 委 (以姓氏笔画为序)

卜友泉 (重庆医科大学)

陈俊霞 (重庆医科大学)

王应雄 (重庆医科大学)

易发平 (重庆医科大学)

刘先俊 (重庆医科大学)

段昌柱 (重庆医科大学)

李 梨 (重庆医科大学)

郭风劲 (重庆医科大学)

杨生永 (重庆医科大学)

彭惠民 (重庆医科大学)

宋方洲 (重庆医科大学)

蒋 雪 (重庆医科大学)

张 政 (重庆医科大学)

蒲淑萍 (重庆医科大学)

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

分子与细胞/王应雄主编. —北京:人民卫生出版社,
2016

重庆医科大学“5+3”整合教材
ISBN 978-7-117-23092-6

I. ①分… II. ①王… III. ①分子生物学-医学院
校-教材②细胞生物学-医学院校-教材 IV. ①Q7②Q2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 192164 号

人卫智网	www. ipmph. com	医学教育、学术、考试、健康, 购书智慧智能综合服务平台
人卫官网	www. pmph. com	人卫官方资讯发布平台

版权所有,侵权必究!

分子与细胞

主 编:王应雄

出版发行:人民卫生出版社(中继线 010-59780011)

地 址:北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编:100021

E - mail: pmph @ pmph. com

购书热线:010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷:三河市博文印刷有限公司

经 销:新华书店

开 本:850×1168 1/16 印张:49

字 数:1483 千字

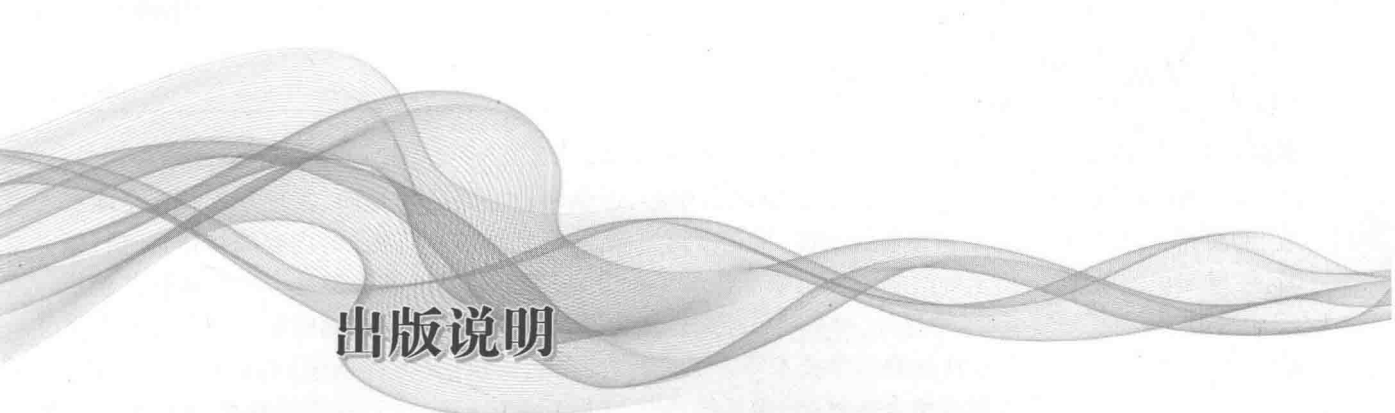
版 次:2016 年 9 月第 1 版 2016 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号:ISBN 978-7-117-23092-6/R · 23093

定 价:130.00 元

打击盗版举报电话:010-59787491 E-mail: WQ @ pmph. com

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)



出版说明

回顾一个多世纪以来的现代医学教育发展历程,改革与探索的脚步从未停止过,医学教育已历经三次重大改革。1910年,美国教育家弗莱克斯纳发表了《美国和加拿大的医学教育:致卡内基基金会关于教育改革的报告》(简称《弗莱克斯纳报告》),带来了美国医学教育革命性的变革,奠定了现代医学教育的模式,构建了以学科为基础的课程体系,形成了科学化的现代医学教育体系,成为医学教育史上具有里程碑意义的重大事件。20世纪中叶,以问题为基础的学习和学科融合的课程设置成为第二代医学教育改革的重要内容。自21世纪初以来,“以培养岗位胜任力为导向,以器官系统整合为特征”的第三代医学教育改革正方兴未艾。在《弗莱克斯纳报告》发表100周年之后,2010年柳叶刀杂志发表了《新世纪医学卫生人才培养:在相互依存的世界,为加强卫生系统而改革医学教育》的报告,再一次引起了全球医学教育工作者对现代医学教育改革的高度关注。

课程体系的整合改革是提升医学生的岗位胜任力的重要基础与保障。传统的医学课程体系是按照学科特征分为基础医学课程及临床医学课程,各门课程内容之间相互独立,既不利于学生融会贯通地学习,也不符合临床疾病诊疗的实际情况。为此,近年来,以器官系统为主线、以疾病为中心的医学课程整合已经成为医学教育改革的重要内容。整合医学教学模式使学生对医学课程的学习更符合临床实践规律,使教学内容更符合临床实践需求,同时减少了不同学科内容的重复,提高了教学效率。教育部、卫生部联合印发的《关于实施临床医学教育综合改革的若干意见》(教高〔2012〕6号)及教育部等六部门联合印发的《关于医教协同深化临床医学人才培养改革的意见》(教研〔2014〕2号)文件通知均明确要求深化五年制本科临床医学人才培养模式改革,开展课程整合改革,深入推进医学基础与临床课程的整合。

近年来,国内的医学院校紧跟现代医学教育变革的趋势,对医学整合课程体系的改革给予了很高的关注,一些院校相继开展了相关的探索与实践。在推进医学课程整合的实践过程中,一个最重要的现实问题就是国内尚没有一套真正实现基础医学课程内容与临床医学课程内容实质整合的教材。为此,重庆医科大学结合多年开展医学课程整合改革试点的经验,编写了此套医学整合教材。

近年来,重庆医科大学紧跟现代医学教育发展趋势,以提高医学教育质量为核心,不断深化医学教育改革,注重课程整合创新,在国内率先开展了由基础到临床全线贯通整合的医学人才培养模式改革。2008年起,学校以实验教学课程整合为突破口,对形态、机能等实验课程进行了有机整合。2012年,学校在“卓越医师教育试点班”开始实施“以器官-系统为主线、以疾病为中心、以岗位胜任力为导向、基础与临床全线贯通”的课程整合改革,彻底打破学科界限及“三段式”传统教学模式,对现有医学课程进行横向及纵向整合,实现了基础医学与临床医学课程、理论课与实践课的有机整合与优化,使学生能够前后融会贯通地学习相关医学知识,也避免了不同学科内容的重复,减少了学时数,为学生提供了更多自主学习时间。在进行课程体系整合改革的同时,学校还努力推进信息技术与医学教育的深度融合、PBL、TBL等讨论式教学方法及形成性评价的应用。2015年,学校创新性地开展了整合课程教学组织体系的改革,按照学术组织体系及教学运行组织体系两个方面,构建了全新的整合课程教学组织体系,夯实了整合课程教学基石。此项改革走在了全国医学院校前列。重庆医科大学整合医学人才培养模式所

做的这些改革探索为本系列教材的编写奠定了良好的基础。

此套教材按照“以器官-系统为主线,以疾病为中心、以临床诊疗路径为导向、实现基础临床全线贯通”的思路、“从宏观到微观,从形态到功能,从正常到异常,从疾病到治疗药物”的内容编排体例进行编写,注重知识的系统性,将基础医学课程与临床医学课程分别按器官-系统进行整合。本套教材共包括11个分册,分为基础段整合课程教材及基础与临床全线贯通整合课程教材。基础段整合教材按照人体结构基础、人体功能基础、现代生物医学技术等方面进行内容整合,包括《人体概述》和《分子与细胞》2个分册。基础与临床全线贯通整合教材《呼吸系统疾病》《循环系统疾病》《运动系统疾病》《感官系统疾病》《消化系统疾病》《血液及免疫系统疾病》《内分泌系统疾病》《泌尿生殖系统疾病》和《神经系统疾病与精神疾病》9个分册,彻底打破学科界限及“三段式”传统教学模式,构建了“基础-临床”全线贯通的课程体系,各器官-系统分册均涵盖基础医学、药理学、临床学科的内容。通过前后期多学科整合课程,实现了基础医学课程与基础医学课程、基础医学与临床医学课程、临床医学与临床医学课程、理论课与实践课的有机整合,使学生能够前后融会贯通地学习相关医学知识。同时通过课程整合,大幅度减少必修课学时数,增加专业选修课学时,为学生提供了更多自主学习和社会实践的时间。各系统编写的病种参照国家执业医师考试大纲要求进行筛选,注重图文并茂,且贴近临床诊疗流程。

另外,为满足教学需要,还为本套医学整合教材编写了配套的《儿科学导论》《临床技能学》《医事证据法》及《医学英语》教材。

本套教材适应了“5+3”一体化临床医学专业人才培养模式改革的需要,既适用于实施整合课程教学模式的临床医学专业本科学生,同时也适用于临床医师规范化培训学员。此外,本系列教材也是广大临床医师在临床工作实践中重要的参考书。

医学整合课程体系的改革是一项极其复杂和艰巨的工作,本编写团队尽管有过一些试点实践的经验,但由于编者水平有限,在体例设计和内容编排上仍然难免存在一些问题,甚至有错误之处,诚恳地希望各位同行专家提出宝贵意见。

雷 寒

“5+3”医学整合课程教材编委会名单

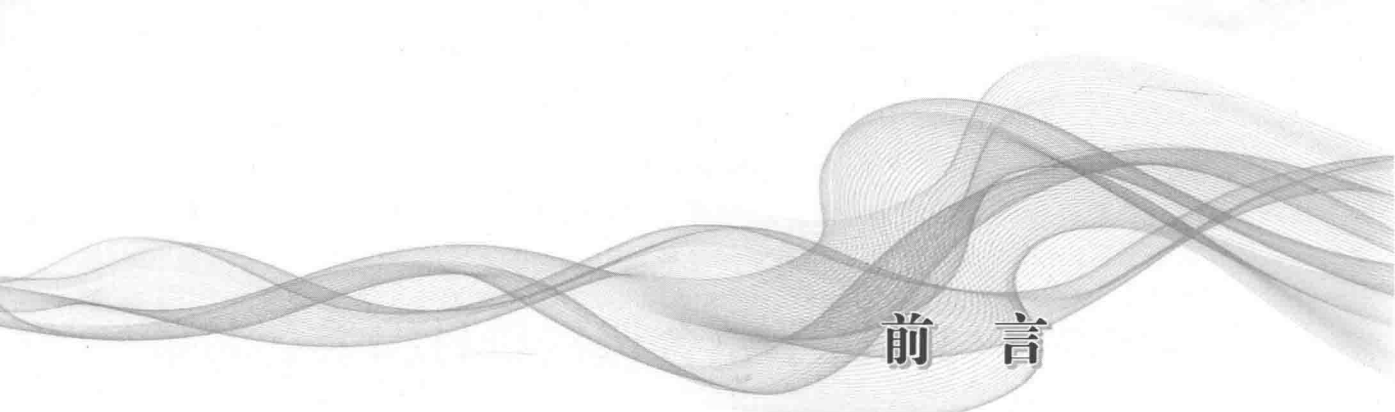
总 主 编：雷 寒

副 总 主 编：邓世雄 徐 晨

编委会主任：雷 寒

编委会副主任：邓世雄 徐 晨

编委会委员：罗天友 邓忠良 赵晓东 李 兵 钟朝晖 陈鸿雁 朱 静
余华荣 杨俊卿



前言

随着高等教育改革的不断深入,课程体系整合改革已成为医学教育改革的重点。为了深化临床医学专业教育教学改革,适应高等医学院校“5+3”一体化临床医学专业人才培养模式,结合“以器官-系统为主线”的课程体系,实现基础与临床课程的全线整合,达到提升临床医学学生的临床思维和临床实践能力的目的,人民卫生出版社组织了“以器官-系统为主线”的高等医学院校“5+3”临床医学专业医学整合课程系列教材的编写。本教材是该系列教材之一,主要是在分子与细胞层面对四门生物学主干课程进行整合。本书适用于“以器官-系统为主线”的“5+3”一体化培养临床医学专业学生,也可作为执业医师规范化培训和专科培训参考教材,也可供相关专业的科研、教学和技术人员参考。

本书特点是:①坚持“三基”(基本理论、基本知识、基本技能)、“五性”(思想性、科学性、启发性、先进性、实用性)和“三特定”(特定目标,特定对象,特定限制)原则,以培养学生自主学习能力的目的,满足“以器官-系统为主线”的高等医学院校“5+3”一体化临床医学专业人才培养模式基础阶段的教学要求;②以分子和细胞为主线,按照由“动”至“静”,由“分子”至“细胞”,由“简单”至“综合”的原则,对传统教学体系中的生物化学、分子生物学、细胞生物学和医学遗传学四门生物学主干课程的教学内容进行了有机精简整合,以期通过对本教材的学习,为后续器官系统课程学习奠定基础;③全书内容层次清楚,语言简练,并附有丰富的图片,便于教学和学生自学;④本书在每章前给出了该章学习目的,章末给出内容小结及一定的思考题,并将章内重点词汇的中英文列表于章末,有助于学生明确学习目的和要求。

本书分为7篇(共36章),全部内容又可划分为2个学习阶段。前5篇(第1~24章)为基础阶段,主要介绍分子与细胞相关的基础知识,包括生物大分子结构与功能、物质代谢及调控、遗传信息传递及调控、细胞的结构与功能、细胞分裂繁殖与生长发育五个知识模块。后2篇(第25~36章)为提升阶段,是在前一阶段的基础上,着重介绍疾病的分子和遗传基础以及分子医学的前沿与进展等内容,包括医学遗传、分子与细胞操作技术及其应用两个知识模块。

本教材各部分内容的编写均由多年从事生物化学、细胞生物学、分子生物学和遗传学教学及科研的学术带头人和中青年骨干教师执笔。在本书的整个编写过程中,各位编者本着高度的责任感,积极探索,精诚合作,精益求精。但由于编者水平有限,本书的编写工作量较大且时间仓促,教材中不足之处仍然在所难免,恳切希望读者和同行们不吝赐教指正,以期日后进一步改进完善。

王应雄

2016年2月于重庆

目 录

绪论.....	1
---------	---

第一篇 生物大分子的结构与功能

第一章 蛋白质的结构与功能.....	6
第一节 蛋白质的分子组成.....	6
一、蛋白质的元素组成.....	6
二、蛋白质的基本组成单位.....	7
三、肽.....	10
第二节 蛋白质的分子结构.....	11
一、蛋白质的一级结构.....	11
二、蛋白质的空间结构.....	11
三、蛋白质的分类.....	16
第三节 蛋白质结构与功能的关系.....	16
一、蛋白质的一级结构与功能的关系.....	16
二、蛋白质的空间结构与功能的关系.....	19
第四节 蛋白质的理化性质及其分离纯化.....	22
一、蛋白质的理化性质.....	22
二、蛋白质的分离与纯化.....	24
第二章 核酸的结构与功能.....	28
第一节 核酸的化学组成及一级结构.....	28
一、核苷酸的组成.....	28
二、核酸分子中核苷酸间的连接方式.....	32
第二节 DNA 的空间结构与功能.....	33
一、DNA 的二级结构.....	33
二、DNA 的超螺旋结构.....	37
三、DNA 是遗传信息的载体.....	38
第三节 RNA 的结构与功能.....	38
一、mRNA 的结构与功能.....	39
二、tRNA 的结构与功能.....	40
三、rRNA 的结构与功能.....	41

四、调节性非编码 RNA 的功能	42
第四节 核酸的理化性质	43
一、核酸的一般理化性质	43
二、核酸的紫外吸收性质	43
三、核酸的变性与复性	44
四、核酸分子杂交	45
第五节 核酸酶	45
第三章 酶与维生素	47
第一节 酶的分子结构与功能	48
一、酶的分子组成	48
二、酶的活性中心	49
三、同工酶	49
第二节 酶促反应的特点与机制	51
一、酶促反应的特点	51
二、酶促反应的机制	54
第三节 酶促反应动力学	55
一、底物浓度对酶促反应速率的影响	55
二、酶浓度对酶促反应速率的影响	59
三、温度对酶促反应速率的影响	59
四、pH 对酶促反应速率的影响	60
五、抑制剂对酶促反应速率的影响	61
六、激活剂对酶促反应速率的影响	64
七、酶活性与酶活性单位	65
第四节 酶的调节	66
一、酶活性的调节	66
二、酶量的调节	68
第五节 酶的分类与命名	69
一、酶的分类	69
二、酶的命名	70
第六节 酶与医学	70
一、酶与疾病的发生	70
二、酶与疾病的诊断	71
三、酶与疾病的治疗	71
四、酶的其他应用	71
第七节 维生素与酶的辅助因子	72
一、水溶性维生素	73
二、脂溶性维生素	79

第二篇 物质代谢及其调节

第四章 生物氧化	86
第一节 生物氧化的特点及其酶类	86

一、生物氧化的特点及方式	86
二、生物氧化中 CO_2 的生成	87
三、参与生物氧化的酶类	88
第二节 生成 ATP 的氧化体系	89
一、呼吸链	89
二、氧化磷酸化	95
三、氧化磷酸化的调节及影响因素	98
四、ATP 在能量代谢中的核心地位	100
五、线粒体外 NADH 进入线粒体的穿梭机制	101
第三节 不生成 ATP 的氧化体系	103
一、微粒体加单氧酶系	104
二、反应活性氧类的产生与消除	104
第五章 糖代谢	108
第一节 概述	109
一、糖的分类与生理功能	109
二、糖的消化与吸收	109
三、糖代谢概况	111
第二节 糖的无氧氧化	111
一、糖酵解的反应过程	111
二、糖酵解反应特点总结	114
三、糖酵解的调节	115
四、糖酵解的生理意义	116
第三节 糖的有氧氧化	117
一、糖有氧氧化的反应过程	117
二、糖有氧氧化的调节	121
三、糖有氧氧化的生理意义	122
四、巴斯德效应	123
第四节 磷酸戊糖途径	124
一、磷酸戊糖途径的主要反应过程	124
二、磷酸戊糖途径的调节	125
三、磷酸戊糖途径的生理意义	126
第五节 糖原的合成与分解	126
一、糖原的结构	127
二、糖原的合成	127
三、糖原的分解	129
四、糖原合成与分解的调节	130
五、糖原累积症	132
第六节 糖异生	132
一、糖异生的基本途径	132
二、糖异生的调节	134
三、糖异生的生理意义	135
四、乳酸循环	136

第七节 其他糖的代谢	136
一、果糖	137
二、半乳糖	137
三、甘露糖	138
四、糖胺聚糖	138
第八节 血糖及其调节	139
一、血糖的来源与去路	139
二、血糖水平的调节	139
三、血糖浓度异常	140
第六章 脂质代谢	143
第一节 脂质的组成和结构	143
一、脂肪酸	144
二、脂肪	147
三、类脂	147
第二节 脂质的消化吸收	149
一、脂质的消化	149
二、脂质的吸收	150
第三节 脂肪代谢	151
一、脂肪分解代谢	151
二、脂肪合成代谢	157
第四节 磷脂代谢	164
一、磷脂的结构、分类和功能	164
二、甘油磷脂的代谢	165
三、鞘磷脂的合成与分解	167
第五节 胆固醇代谢	168
一、胆固醇的结构与功能	168
二、胆固醇的合成与转化	169
第六节 血浆脂蛋白代谢	172
一、血脂	172
二、血浆脂蛋白的分类与结构	173
三、载脂蛋白及其功能	174
四、血浆脂蛋白的功能和代谢	175
五、血浆脂蛋白代谢异常与疾病	180
第七章 氨基酸代谢	182
第一节 蛋白质的营养作用	183
一、蛋白质的生理功能	183
二、氮平衡	183
三、蛋白质的营养价值	183
第二节 体内氨基酸的来源	184
一、食物蛋白质的消化、吸收及腐败作用	184
二、组织蛋白质的降解	187

三、营养非必需氨基酸的体内合成	188
四、氨基酸代谢库	190
第三节 氨基酸的一般代谢	191
一、氨基酸的脱氨基作用	191
二、氨的代谢	194
三、 α -酮酸的代谢	200
第四节 某些氨基酸的特殊代谢产物	201
一、氨基酸脱羧基作用生成的胺类物质	201
二、一碳单位代谢	203
三、含硫氨基酸代谢	204
四、芳香族氨基酸代谢	207
五、支链氨基酸代谢	208
第八章 核苷酸代谢	212
第一节 概述	212
一、核苷酸的生物学功能	212
二、核苷酸的降解	212
三、核苷酸的代谢概况	213
第二节 嘌呤核苷酸的代谢	213
一、嘌呤核苷酸的合成	213
二、嘌呤核苷酸的分解代谢	217
第三节 嘧啶核苷酸的代谢	219
一、嘧啶核苷酸的合成	219
二、嘧啶核苷酸的分解代谢	222
第四节 脱氧核糖核苷酸与核苷三磷酸的合成	223
一、脱氧核糖核苷酸的合成	223
二、核苷三磷酸的合成	224
第五节 核苷酸抗代谢物	225
一、抗代谢物的概念	225
二、抗代谢物的类型	225
第九章 非营养物质代谢	227
第一节 生物转化的概念和意义	227
一、生物转化的概念	227
二、生物转化的意义	227
第二节 生物转化反应的类型	228
一、第一相反应——氧化、还原、水解反应	228
二、第二相反应——结合反应	230
第三节 生物转化的特点及影响因素	232
一、生物转化的特点	232
二、生物转化的影响因素	232
第十章 物质代谢的联系与调节	235

第一节 物质代谢的特点及相互联系	235
一、物质代谢的特点	235
二、物质代谢的相互联系	236
第二节 组织、器官的代谢特点及联系	238
一、肝	239
二、脑	240
三、骨骼肌	240
四、肾	240
五、心肌	240
六、脂肪组织	241
七、成熟红细胞	241
第三节 物质代谢调节机制	241
一、细胞水平的代谢调节	241
二、激素水平的代谢调节	243
三、整体水平的代谢调节	244

第三篇 遗传信息传递及其调控

第十一章 DNA 的生物合成	250
第一节 DNA 复制的基本特征	251
一、复制起始点核苷酸序列的特殊性	251
二、复制的双向性	251
三、复制的半保留性	251
四、复制的半不连续性	253
五、复制需要 RNA 引物	253
六、复制的高度保真性	253
第二节 参与 DNA 复制的酶和蛋白质因子	254
一、DNA 聚合酶	254
二、拓扑异构酶	255
三、解螺旋酶	256
四、引物酶	256
五、DNA 连接酶	256
六、单链 DNA 结合蛋白	257
第三节 DNA 复制的过程	257
一、原核生物 DNA 的复制过程	258
二、真核生物 DNA 的复制过程	260
第四节 逆转录及其他复制方式	263
一、逆转录	263
二、线粒体 DNA 的复制—D 环复制	264
三、噬菌体 DNA 的复制—滚环复制	264
第五节 DNA 的损伤与修复	265
一、DNA 损伤	265

二、DNA 损伤的修复	267
三、DNA 损伤修复与医学	271
第十二章 RNA 的生物合成	273
第一节 转录的概念及其反应体系	274
一、转录的模板	274
二、RNA 聚合酶	275
三、RNA 聚合酶结合到基因的启动子上启动转录	276
第二节 转录的基本过程	278
一、原核生物转录的基本过程	278
二、真核生物转录的基本过程	281
第三节 转录后的加工	287
一、mRNA 的转录后加工	287
二、rRNA 的转录后加工	292
三、tRNA 的转录后加工	294
四、RNA 的自我剪接和催化功能	295
第四节 RNA 的复制	296
一、RNA 复制的模板和酶	296
二、RNA 病毒的种类及其复制方式	296
第十三章 蛋白质的生物合成	298
第一节 蛋白质生物合成体系	298
一、蛋白质合成的信息模板	298
二、转运氨基酸的工具	301
三、多肽链合成的场所	302
四、蛋白质合成体系的其他组分	303
第二节 蛋白质生物合成过程	304
一、原核生物蛋白质生物合成过程	304
二、真核生物蛋白质生物合成的过程	308
第三节 蛋白质的翻译后加工及靶向输送	311
一、蛋白质的翻译后加工	311
二、蛋白质的靶向输送	318
第四节 蛋白质的生物合成与医学	320
一、蛋白质生物合成与疾病发生	321
二、蛋白质生物合成的干扰及抑制	321
第十四章 基因表达调控	325
第一节 基因与基因组	325
一、基因	325
二、基因组	329
第二节 基因表达调控的基本知识	332
一、基因表达的概念	332
二、基因表达的特点	332

三、基因表达的方式	333
四、基因表达调控的生物学意义	334
第三节 原核基因表达调控	334
一、原核基因表达调控的特点	334
二、转录水平的调节——操纵子调控模式	335
三、翻译水平的调节	336
第四节 真核基因表达调控	338
一、真核基因表达调控的特点	338
二、染色质水平的调节	339
三、转录水平的调控	340
四、真核基因转录后水平的调控	344
五、翻译水平和翻译后水平的调节	345
六、非编码 RNA 与真核基因表达调控	346
 第四篇 细胞的结构与功能	
第十五章 细胞膜与细胞表面	350
第一节 细胞膜的结构与组成	350
一、细胞膜的化学组成	350
二、细胞膜的生物学特性	356
三、细胞膜的分子结构模型	359
第二节 穿膜运输	362
一、简单扩散	362
二、膜运输蛋白介导的穿膜运输	363
第三节 膜泡运输	371
一、胞吞作用	371
二、胞吐作用	375
第四节 细胞表面与细胞识别	376
一、细胞连接	376
二、细胞黏附	382
三、细胞识别	386
第十六章 细胞内膜系统	388
第一节 内质网	388
一、内质网的类型与形态结构	388
二、内质网膜的化学组成	390
三、内质网的功能	391
四、内质网与疾病	397
第二节 高尔基复合体	399
一、高尔基复合体的形态结构	399
二、高尔基复合体的化学组成	401
三、高尔基复合体的极性	402

四、高尔基复合体的功能	403
五、高尔基复合体与疾病	409
第三节 溶酶体	410
一、溶酶体的一般特征	410
二、溶酶体的类型与形成	410
三、溶酶体的功能	413
四、溶酶体与疾病	414
第四节 过氧化物酶体	415
一、过氧化物酶体的结构	415
二、过氧化物酶体的功能	416
三、过氧化物酶体的来源	416
四、过氧化物酶体与细胞病变	416
第十七章 线粒体	418
第一节 线粒体的形态结构	418
一、线粒体的显微结构及分布	418
二、线粒体的超微结构和酶的定位分布	419
第二节 线粒体的功能与氧化磷酸化	421
一、供能物质氧化的基本过程	421
二、氧化磷酸化的机制	421
第三节 线粒体的半自主性	422
一、mtDNA 的结构及遗传特点	423
二、mtDNA 的功能	424
三、线粒体蛋白质的跨膜转运	425
第四节 线粒体的增殖	426
第五节 线粒体异常与疾病	426
一、mtDNA 突变与疾病	426
二、mtDNA 突变与衰老	427
三、mtDNA-nDNA 突变相互作用引起的疾病	427
第十八章 细胞骨架	429
第一节 微管	429
一、微管的形态结构和化学组成	429
二、微管的组装	432
三、微管的主要功能	435
第二节 微丝	437
一、微丝的化学组成及形态结构	437
二、微丝的组装	438
三、肌动蛋白结合蛋白	439
四、微丝的主要功能	441
第三节 中间纤维	443
一、中间纤维的类型和分布	443
二、中间纤维的结构和组装	444

三、中间纤维结合蛋白	445
四、中间纤维的主要功能	446
第十九章 细胞核	449
第一节 核膜	449
一、核膜的亚微结构	450
二、核膜的功能	451
三、核孔复合体	451
四、核纤层的结构与功能	454
第二节 染色质	455
一、染色质的组成成分	455
二、染色质的组装	456
三、染色质的类型	458
第三节 染色体	459
一、染色体的形态结构	459
二、染色体的功能元件	460
三、核型与染色体带型	461
四、特殊类型的染色体	461
第四节 核仁	462
一、核仁的形态结构和化学组成	462
二、核仁的功能	463
三、核仁周期	464
第二十章 细胞信号转导	467
第一节 细胞信号转导概述	468
一、信号分子	468
二、受体	468
三、第二信使	471
第二节 细胞内主要的信号转导通路	471
一、G 蛋白偶联受体介导的信号通路	471
二、酶联受体介导信号转导	477
三、胞内受体介导的信号转导	481
第三节 细胞信号转导与疾病	482
一、生长因子与疾病	482
二、信号分子异常导致疾病	482
三、受体异常导致疾病	483
四、G 蛋白异常导致疾病	483
五、细胞内信号通路异常	483
六、多个环节细胞信号转导异常	483

第五篇 细胞分裂繁殖与生长发育

第二十一章 细胞增殖与细胞周期	486
------------------------------	------------