



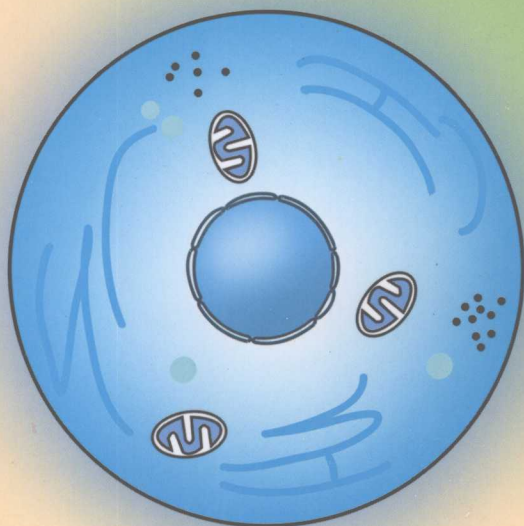
面向21世纪精品课程教材
应用型本科规划教材

全国高等医药教育规划教材

生物化学

BIOCHEMISTRY

主 编 金丽琴
副主编 赵涵芳 叶 辉 杨 茹



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

面向21世纪精品课程教材
应用型本科规划教材
全国高等医药教育规划教材

生物化学

主 编 金丽琴

副主编 赵涵芳 叶 辉 杨 茹

编 者 (以姓氏笔划为序)

王建光(温州医学院基础医学院)

李春洋(温州医学院基础医学院)

叶 辉(温州医学院基础医学院)

张 伟(温州医学院基础医学院)

杨 茹(复旦大学上海医学院)

沈年汉(温州医学院基础医学院)

陈秀芳(温州医学院基础医学院)

金丽琴(温州医学院基础医学院)

赵涵芳(上海交通大学医学院)

唐敬兰(温州医学院基础医学院)

程 宏(扬州大学医学院)

雷康福(温州医学院基础医学院)

浙江大學出版社

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/金丽琴主编. —杭州:浙江大学出版社,
2007.9

全国高等医药教育规划教材. 面向 21 世纪精品课程
教材

ISBN 978-7-308-05336-5

I. 生... II. 金... III. 生物化学—医学院
校—教材 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 068843 号

生物化学

金丽琴 主编

丛书策划 阮海潮

责任编辑 陈瑶 阮海潮

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310028)

(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

<http://www.press.zju.edu.cn>)

电话: 0571-88925592, 88273066(传真)

排版 杭州大漠照排印刷有限公司

印刷 德清县第二印刷厂

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 30

字数 768 千

版印次 2007 年 9 月第 1 版 2008 年 1 月第 2 次印刷

印数 3001—5500

书号 ISBN 978-7-308-05336-5

定价 45.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话(0571)88072522

前言

生物化学是边缘性学科,发展十分迅速,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,如基因工程、聚合酶链反应(PCR)、基因芯片、克隆、转基因、基因剔除等技术。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应用,并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;又如,运用研究细菌基因表达调控的手段与方法可深入研究真核生物的基因表达调控规律。而各相关学科的互相渗透,互相促进,又不断形成新的学科。总之,生物化学的发展,对整个生命科学包括生命的本质、生命的进化、遗传、变异、疾病的发病机制、疾病的预防、治疗、延缓衰老、新药的开发等各个领域的研究都产生了深远的影响。

生物化学的根本目标是揭示生命的奥秘。经典生物化学的研究一般是从分离纯化一种生物物质开始的,进而研究这种物质的结构和功能,它很难准确了解这些物质在整个机体中的作用。现代生物化学则借助分子生物学的理论和手段,从分子水平全面了解核酸、蛋白质的结构,确定它们在生物体的生长、发育、生殖、衰老等过程中的作用,使生物化学研究变得更加彻底,更加多元化,更加丰富多彩。

随着人类基因组计划(human genome project, HGP)的完成,生命科学已进入后基因组时代,即功能基因组时代或蛋白质组(proteome)时代,一个生命过程的网络结构正逐渐清晰地呈现在人们面前。我们希望为广大读者提供一本内容全面而系统的生物化学教材,以适应 21 世纪医学、生命科学及其相关学科发展的需要。

本书由 22 章组成,分为四个部分。第一部分从第二章至第五章,主要讨论生

物分子的结构与功能,包括氨基酸和蛋白质化学、核酸和核苷酸、酶化学、维生素与辅酶以及它们的作用机理;第二部分从第六章至第十一章,为物质代谢与能量代谢及其代谢调节,包括糖类代谢、脂类代谢、蛋白质分解及氨基酸代谢、核苷酸代谢和生物氧化以及物质代谢调节;第三部分从第十二章至第十七章,主要内容为遗传信息的表达和流向及其调控,为分子生物学的基础,包括 DNA 的复制与修复、RNA 的合成与加工、蛋白质的生物合成与修饰、基因表达的调节控制、DNA 重组技术及其应用、癌基因与抑癌基因等;第四部分从第十八章至第二十二章,为机能生化及其他,包括细胞信号转导、血液生物化学、肝胆生物化学、神经生物化学、营养生物化学与疾病等。

本书力求做到基本理论、基本概念和基本技能的论述准确、深度适中,能够反映生物化学研究的新成果、新进展、新的研究手段和方法,及其科学性、基础性、先进性、启发性和实践性的特征;注重教材内容内在联系的逻辑性,努力做到深入浅出,重点突出,条理清楚,使集研究能力和创新能力为一体的培养意识能通过本教材的使用贯穿于教学全过程,以达到拓宽基础、开拓视野,加强对学生科学素养和能力培养之目的。

承担本教材各章节编写任务的作者都是具有丰富教学经验的高校教师和专业人士。他们付出的辛勤劳动,使本教材达到了相当的学科水准。但由于 21 世纪是科学技术飞速发展的世纪,作为高新科技基础和前沿的生物化学学科也在迅猛发展,每年会有大量新的研究成果涌现,再加上本人的水平、能力和经验有限,在全书统稿中难免挂一漏万,会出现差错和不妥之处,恳请同行和读者提出批评和宝贵意见。

本书在编写过程中得到温州医学院各级领导的指导和关怀,还得到参加本书编写的兄弟单位上海交通大学医学院、复旦大学上海医学院和扬州大学医学院有关领导的大力支持以及浙江大学出版社的鼓励;在分子结构式、反应式和代谢反应图的绘图过程中得到温州医学院图书馆吴爱民等老师的细心指导和帮助;在此一并向他们表示深切的谢意!

金丽琴

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 生物化学发展的历史	(1)
一、近代生物化学的发展	(1)
二、生化发展进程中的里程碑(重要人物、重大事件)	(2)
三、我国科学工作者对生物化学的贡献	(3)
第二节 现代生物化学发展特点	(3)
一、多学科交叉	(4)
二、理论与实践结合	(4)
三、基础与应用结合	(4)
第三节 生物化学研究的主要内容	(4)
一、生物分子的结构和功能	(4)
二、物质代谢、能量代谢及代谢调节	(5)
三、基因表达调控及基因工程与应用	(5)
四、机能生化	(6)
第四节 生物化学与医学的关系	(6)
一、生物化学与疾病的发生及其机理	(6)
二、生物化学与疾病的诊断	(6)
三、生物化学与疾病的预防及治疗	(7)
四、生物化学与药学	(7)
五、生物化学在医学发展中的巨大潜力	(7)
第二章 蛋白质化学	(9)
第一节 蛋白质的分子组成	(9)
一、蛋白质的基本组成单位——氨基酸	(9)
二、氨基酸在蛋白质分子中的连接方式	(15)
三、蛋白质的分类	(16)
第二节 蛋白质的分子结构	(16)
一、蛋白质的一级结构	(16)
二、蛋白质的二级结构	(17)
三、蛋白质的三级结构	(19)
四、蛋白质的四级结构	(21)

第三节 蛋白质的结构与功能的关系	(22)
一、蛋白质的一级结构与功能的关系	(22)
二、蛋白质空间结构与功能的关系	(23)
第四节 蛋白质的理化性质	(25)
一、蛋白质的两性解离性质	(25)
二、蛋白质的胶体性质	(26)
三、蛋白质的变性与复性	(26)
四、蛋白质的沉淀	(27)
五、蛋白质的凝固	(28)
六、蛋白质的紫外吸收和呈色反应	(28)
第五节 蛋白质的分离纯化及其结构的测定	(28)
一、蛋白质的分离纯化	(28)
二、蛋白质一级结构的测定	(31)
三、蛋白质空间结构的测定	(33)
第三章 核 酸	(34)
第一节 核酸的化学组成	(34)
一、碱基	(34)
二、戊糖	(35)
三、核苷	(36)
四、核苷酸	(36)
五、核酸(多聚核苷酸)	(37)
第二节 DNA 的结构	(38)
一、DNA 的结构	(38)
二、线粒体 DNA	(42)
第三节 RNA 的结构与功能	(43)
一、信使 RNA	(43)
二、转运 RNA	(44)
三、核糖体 RNA	(45)
第四节 核酸的理化性质	(46)
一、核酸的一般性质	(46)
二、核酸的紫外吸收	(47)
三、核酸的变性、复性与杂交	(47)
第五节 核酸的催化作用	(49)
一、核酶	(50)
二、脱氧核酶	(50)
第六节 人类基因组计划	(51)
一、基因与基因组	(51)
二、人类基因组计划	(52)

第四章 酶	(57)
第一节 酶分子的结构和功能	(57)
一、酶的分子组成	(58)
二、酶的活性中心	(59)
第二节 酶促反应特点与机制	(59)
一、酶促反应的特点	(59)
二、酶促反应机制	(60)
第三节 酶促反应动力学	(61)
一、酶浓度对酶促反应速度的影响	(62)
二、底物浓度对酶促反应速度的影响	(62)
三、温度对酶促反应速度的影响	(65)
四、pH 对酶促反应速度的影响	(66)
五、抑制剂对酶促反应速度的影响	(66)
六、激活剂对酶促反应速度的影响	(71)
七、酶活性的测定与酶活性单位	(71)
第四节 酶的调节	(72)
一、酶活性的调节	(72)
二、酶含量的调节	(74)
三、同工酶	(74)
第五节 酶的分类和命名	(75)
一、酶的分类	(75)
二、酶的命名	(76)
第六节 酶与医学的关系	(76)
一、酶与疾病的关系	(76)
二、酶在医学上的其他应用	(78)
第五章 维生素	(80)
第一节 概述	(80)
一、维生素的定义	(80)
二、维生素的命名	(80)
三、维生素的分类	(80)
四、导致维生素缺乏症的原因	(81)
第二节 脂溶性维生素	(81)
一、维生素 A	(81)
二、维生素 D	(84)
三、维生素 E	(85)
四、维生素 K	(86)

第三节 水溶性维生素	(87)
一、维生素 B ₁	(87)
二、维生素 B ₂	(88)
三、维生素 PP	(89)
四、维生素 B ₆	(91)
五、泛酸	(92)
六、生物素	(92)
七、叶酸	(93)
八、维生素 B ₁₂	(94)
九、维生素 C	(95)
十、硫辛酸	(97)
第六章 糖代谢	(99)
第一节 糖的消化和吸收	(99)
第二节 糖的无氧酵解	(100)
一、反应过程	(101)
二、糖酵解过程的能量变化	(104)
三、糖酵解的生理意义	(105)
四、糖酵解的调节	(106)
第三节 糖的有氧氧化	(107)
一、反应过程	(107)
二、糖的有氧氧化生理意义	(110)
三、糖有氧氧化的调节	(112)
四、糖有氧氧化与糖酵解的相互调节	(113)
第四节 磷酸戊糖途径	(113)
一、磷酸戊糖途径反应过程	(113)
二、生理意义	(115)
第五节 糖原的合成与分解	(116)
一、糖原合成	(117)
二、糖原分解	(119)
三、糖原合成与分解的调节	(120)
四、糖原贮积病	(121)
第六节 糖异生作用	(123)
一、糖异生反应过程	(123)
二、生理意义	(124)
三、糖异生的调节	(125)
第七节 血糖	(126)
一、血糖的主要来源及去路	(126)
二、血糖浓度的调节	(127)

第八节 糖蛋白与蛋白聚糖	(128)
一、糖蛋白	(128)
二、蛋白聚糖	(129)
第七章 生物氧化	(131)
第一节 生物氧化的酶类	(131)
一、参与线粒体氧化体系的酶类	(131)
二、非线粒体氧化体系的酶类	(132)
第二节 CO_2 的生成	(133)
一、直接脱羧作用	(133)
二、氧化脱羧作用	(133)
第三节 线粒体氧化体系	(133)
一、呼吸链	(134)
二、氧化磷酸化	(139)
三、细胞液中 NADH 的氧化作用	(143)
第四节 ATP 与能量代谢	(145)
一、ATP 的生成	(146)
二、ATP 能量的转移和储存	(146)
三、ATP 循环	(147)
第五节 非线粒体氧化体系	(148)
一、微粒体氧化体系	(148)
二、过氧化体氧化酶系	(149)
第八章 脂类代谢	(151)
第一节 外源脂类的消化、吸收和转运	(152)
第二节 甘油三酯代谢	(153)
一、甘油三酯分解代谢	(153)
二、甘油三酯的合成代谢	(160)
三、甘油三酯代谢的调节	(167)
第三节 磷脂的代谢	(168)
一、甘油磷脂的代谢	(168)
二、鞘磷脂和鞘糖酯的代谢	(171)
第四节 胆固醇代谢	(174)
一、胆固醇的生物合成	(175)
二、胆固醇的转化	(176)
第五节 血浆脂蛋白代谢	(177)
一、血脂	(177)
二、血浆脂蛋白的分类和组成	(177)
三、血浆脂蛋白的代谢	(180)

第六节 与脂类代谢相关的疾病	(183)
一、脂肪肝	(183)
二、酮体代谢病	(184)
三、鞘脂代谢病	(185)
四、高脂蛋白血症	(185)
第九章 蛋白质分解及氨基酸代谢	(187)
第一节 蛋白质的生理功能和营养作用	(187)
一、蛋白质在生命过程中的主要生理功能	(187)
二、蛋白质的营养作用	(187)
第二节 蛋白质的消化、吸收与腐败	(189)
一、蛋白质的消化	(189)
二、氨基酸的吸收	(190)
三、蛋白质的腐败	(192)
第三节 蛋白质的降解	(193)
一、体内蛋白质的转换更新	(193)
二、体内蛋白质降解机制	(193)
三、氨基酸代谢库	(195)
第四节 氨基酸的分解代谢	(195)
一、氨基酸的脱氨基作用	(195)
二、 α -酮酸的代谢	(199)
三、氨基酸的脱羧基作用	(200)
第五节 氨的代谢	(203)
一、体内氨的来源	(203)
二、体内氨的去路	(204)
三、氨在体内的运输	(204)
四、尿素的生成	(206)
第六节 个别氨基酸的代谢	(211)
一、一碳单位的代谢	(211)
二、含硫氨基酸的代谢	(214)
三、芳香族氨基酸的代谢	(217)
四、支链氨基酸的代谢	(220)
第七节 氨基酸的合成代谢	(221)
一、由 α -酮酸生成的氨基酸	(221)
二、由谷氨酸作为前体合成的氨基酸	(221)
三、由 3-磷酸甘油生成的氨基酸	(223)
四、组氨酸的生物合成	(223)
五、氨基酸生物合成的调节	(223)
第八节 氨基酸代谢缺陷症	(224)

第十章 核苷酸代谢	(226)
第一节 嘌呤核苷酸的合成代谢	(226)
一、嘌呤核苷酸的从头合成	(227)
二、嘌呤核苷酸合成的调节	(229)
三、嘌呤核苷酸的补救合成	(230)
四、嘌呤核苷酸合成的抗代谢物	(230)
第二节 嘧啶核苷酸的合成代谢	(230)
一、嘧啶核苷酸的从头合成	(230)
二、嘧啶核苷酸合成的调节	(232)
三、嘧啶核苷酸的补救合成	(232)
第三节 脱氧核苷酸的合成代谢	(233)
一、二磷酸脱氧核糖核苷的生成	(233)
二、脱氧胸腺嘧啶核苷酸的合成	(234)
三、脱氧核苷酸的抗代谢物	(234)
第四节 核苷酸的分解代谢	(234)
一、嘌呤核苷酸的分解代谢	(234)
二、嘧啶核苷酸的分解代谢	(236)
第十一章 物质代谢的相互联系及其调节	(238)
第一节 物质代谢的相互联系	(238)
一、物质代谢的特点	(238)
二、物质代谢的相互联系	(239)
第二节 物质代谢的调节	(241)
一、细胞水平的代谢调节	(242)
二、激素水平的代谢调节	(249)
三、整体水平的代谢调节	(250)
四、饥饿时的代谢调节	(251)
五、糖尿病患者体内的代谢调节	(251)
第十二章 DNA 的生物合成	(253)
第一节 DNA 的复制	(253)
一、DNA 复制的基本特点	(254)
二、DNA 复制的反应体系	(256)
三、原核生物 DNA 的复制过程	(261)
四、真核生物 DNA 的复制过程	(263)
五、线粒体 DNA 的复制	(265)
第二节 逆转录及逆转录病毒	(265)
一、逆转录和逆转录病毒的发现及意义	(265)

二、逆转录病毒的生活周期	(266)
三、端粒及端粒酶	(266)
第三节 DNA 损伤和修复	(268)
一、引发 DNA 损伤的因素	(268)
二、突变的分子改变类型	(269)
三、DNA 损伤的修复	(269)
第十三章 RNA 的生物合成	(273)
第一节 转录的模板和 RNA 聚合酶	(273)
一、转录的模板	(273)
二、RNA 聚合酶	(274)
第二节 转录过程	(274)
一、转录的起始	(275)
二、转录的延长	(276)
三、转录的终止	(277)
第三节 真核生物 RNA 转录后的加工	(279)
一、rRNA 转录后的加工	(279)
二、tRNA 转录后的加工	(281)
三、mRNA 转录后的加工	(282)
第十四章 蛋白质的生物合成	(287)
第一节 参与蛋白质生物合成的物质	(287)
一、蛋白质生物合成需要的原料	(288)
二、三种 RNA 在翻译中所起的作用	(288)
三、蛋白质合成酶系	(292)
四、其他因子	(292)
第二节 蛋白质生物合成的过程	(292)
一、氨基酸的活化与转运	(292)
二、原核生物蛋白质的合成	(294)
三、真核生物蛋白质的合成	(298)
第三节 蛋白质合成后的加工和靶向转运	(300)
一、新生肽链的折叠	(301)
二、一级结构的修饰	(301)
三、高级结构修饰	(301)
四、蛋白质合成后的靶向转运	(301)
第四节 蛋白质生物合成与医学的关系	(303)
一、分子病	(304)
二、蛋白质生物合成的阻断剂	(304)

第十五章 基因结构和基因表达调控	(309)
第一节 基因结构	(309)
一、基因组的结构	(309)
二、基因表达调控基本概念与原理	(310)
第二节 原核生物的操纵子调控模式	(314)
一、乳糖操纵子和色氨酸操纵子	(315)
二、cAMP 调控和阿拉伯糖操纵子	(317)
三、原核转录终止和翻译水平调控	(319)
四、原核生物转录的整体调控	(320)
第三节 真核基因的表达调控	(321)
一、真核基因表达调控的特点	(321)
二、RNA 聚合酶 II 的调控	(322)
三、真核转录后和翻译水平调控	(326)
第十六章 基因工程及其在医学中的应用	(328)
第一节 基因工程	(328)
一、载体和目的基因的制备	(328)
二、限制性内切酶和 DNA 连接酶	(332)
三、转化、转染、感染	(334)
四、筛选和鉴定	(335)
五、目的基因的表达	(337)
第二节 常用的分子生物学技术	(340)
一、核酸分子杂交技术与印迹技术	(340)
二、DNA 序列分析技术	(342)
三、生物芯片技术	(343)
四、转基因技术与核移植技术	(344)
五、基因敲除技术和 RNA 干扰技术	(345)
第三节 基因工程在医学中的应用	(346)
一、基因诊断	(347)
二、基因治疗	(349)
三、生物制药	(349)
第十七章 癌基因、抑癌基因与生长因子	(351)
第一节 癌基因	(351)
一、病毒癌基因	(351)
二、细胞癌基因	(352)
三、病毒癌基因和对应原癌基因的比较	(353)
四、原癌基因的激活	(354)

第二节 抑癌基因	(355)
一、抑癌基因的生物学作用	(355)
二、重要的抑癌基因及其功能	(356)
第三节 生长因子	(358)
一、生长因子的生物学作用	(358)
二、生长因子的作用机制	(360)
三、生长因子与疾病治疗	(361)
第十八章 细胞信号转导	(363)
第一节 第一信使和受体	(364)
一、第一信使	(364)
二、受体	(366)
第二节 跨膜信号转导	(368)
一、离子通道受体介导的信号转导	(368)
二、G 蛋白偶联受体介导的信号转导	(369)
三、酪氨酸激酶受体介导的信号转导	(378)
四、胞内受体介导的信号转导	(380)
第三节 第二信使	(381)
一、钙离子	(382)
二、环核苷酸	(384)
三、甘油二酯和三磷酸肌醇	(384)
四、一氧化氮	(384)
第四节 蛋白质的磷酸化和去磷酸化	(385)
一、蛋白激酶	(385)
二、蛋白磷酸酶	(386)
第五节 核内信号转导	(387)
一、CREB	(387)
二、AP-1	(388)
三、核受体	(388)
第十九章 血液生物化学	(390)
第一节 血浆蛋白	(390)
一、血浆蛋白的组成	(390)
二、血浆蛋白的功能	(391)
第二节 血液凝固与纤维蛋白溶解	(393)
一、血液凝固	(393)
二、纤维蛋白溶解	(396)
第三节 血细胞的代谢特点	(397)
一、红细胞的代谢	(397)
二、白细胞的代谢	(400)

第二十章 肝胆生物化学	(401)
第一节 肝在物质代谢中的作用	(401)
一、肝在糖代谢中的作用	(401)
二、肝在脂类代谢中的作用	(401)
三、肝在蛋白质代谢中的作用	(402)
四、肝在维生素代谢中的作用	(403)
五、肝在激素代谢中的作用	(403)
第二节 肝的生物转化作用	(404)
一、生物转化的概念及生理意义	(404)
二、生物转化的反应类型	(404)
三、生物转化反应的特点	(408)
四、影响生物转化作用的因素	(408)
第三节 胆汁与胆汁酸的代谢	(409)
一、胆汁	(409)
二、胆汁酸的代谢	(410)
第四节 胆色素代谢与黄疸	(413)
一、胆红素的生成和转运	(413)
二、胆红素在肝细胞内的代谢	(414)
三、胆红素在肠腔内的转变	(415)
四、胆素原的肠肝循环及尿中胆素原的排泄	(415)
五、血清胆红素与黄疸	(416)
第二十一章 神经生物化学	(418)
第一节 神经细胞和神经胶质细胞	(418)
一、神经细胞	(418)
二、神经细胞骨架与细胞骨架蛋白	(418)
三、胞浆转运	(419)
四、神经胶质细胞	(420)
第二节 神经递质	(421)
一、乙酰胆碱	(421)
二、去甲肾上腺素	(423)
三、多巴胺	(425)
四、5-羟色胺	(427)
五、兴奋性氨基酸递质	(428)
六、抑制性氨基酸递质	(429)
七、其他可能的神经递质	(432)
第三节 神经肽	(433)
一、速激肽	(434)

二、胆囊收缩素	(434)
三、内膜素	(435)
四、内阿片肽	(435)
第四节 神经递体	(436)
第二十二章 营养生物化学与疾病	(437)
第一节 人体的营养素	(437)
一、人体对营养素的需要量和供给量	(438)
二、各种营养素的来源	(440)
三、膳食营养素的供能	(441)
四、营养素的生理功能	(441)
第二节 营养不良的表现	(444)
一、蛋白质过量与不足的表现	(444)
二、糖类过量与不足的表现	(444)
三、脂类过量与不足的表现	(444)
四、维生素过量与不足的表现	(445)
五、矿物质过量与不足的表现	(445)
六、水过量与不足的表现	(447)
七、氧过量与不足的表现	(448)
八、非营养素核酸过量的表现及核酸的代谢障碍	(448)
第三节 营养素与动脉粥样硬化	(449)
一、营养素与动脉粥样硬化的关系	(449)
二、动脉粥样硬化营养防治	(450)
第四节 营养素代谢异常与肥胖	(451)
一、引起肥胖的营养因素	(451)
二、肥胖的营养防治	(453)
第五节 营养与糖尿病	(453)
一、饮食调控目标	(454)
二、饮食调控原则	(454)
第六节 营养与机体免疫力	(456)
一、营养不良与感染	(456)
二、营养素与免疫力	(456)
三、营养不良导致免疫低下的机理	(458)
四、营养与特殊人群的免疫	(458)
第七节 营养与肿瘤	(459)
一、营养素与肿瘤发生的关系	(459)
二、肿瘤与营养治疗	(461)
主要参考文献	(463)