

全国高等学校教材
供8年制及7年制临床医学等专业用

生物化学

主 编 贾 弘 提

副主编 屈 伸

主 审 刘德培 周爱儒

编者 (以姓氏笔画为序)

马润泉 (中山大学医学院)	洪 敏 (吉林大学白求恩医学部)
于秉治 (中国医科大学)	药立波 (第四军医大学)
王学敏 (第二军医大学)	查锡良 (复旦大学上海医学院)
刘秉文 (四川大学华西医学中心)	赵宝昌 (大连医科大学)
宋惠萍 (中南大学湘雅医学院)	贾弘提 (北京大学医学部)
汪 渊 (安徽医科大学)	钱关祥 (上海第二医科大学)
杨克恭 (中国协和医科大学)	崔 行 (山东大学医学院)
屈 伸 (华中科技大学同济医学院)	黄东阳 (汕头大学医学院)
周度金 (第三军医大学)	

编写秘书 朱 滨 (北京大学医学部)

人 民 卫 生 出 版 社

序

全国高等医药教材建设研究会和卫生部教材办公室于 2004 年秋积极响应教育部对医学学制的改革,即我国实行八年制长学制的高等医学教育,立即组织编写了这套共 32 种的八年制医学教材。这套教材不同于五年制医学教材,其内容“更新、更深、更精”,并与国际紧密接轨。但它仍然是一套教材,不同于参考书、文献综述或专题专著,也就是它仍然坚持三基(基础理论、基本知识、基本技能)和五性(思想性、科学性、先进性、启发性、适用性)的原则,篇幅的多少仍按多数高等医药院校教学时数的比例来安排的。

在八年制医学教材编写的过程中,坚决实行了主编负责制。主编要进行顶层设计、系统把握、全程调控,并严格按四个步骤进行编写。首先集体讨论编写计划,然后各编写人分别完成初稿,接着由专业分编小组集体讨论定稿,最后由主编作全面的整理。因此,这套教材达到了创品牌、出精品的目标。

全套八年制医学教材共 32 种,在基础理论方面有 17 种:细胞生物学、医学分子生物学、系统解剖学、局部解剖学、组织学与胚胎学、生物化学、生理学、医学微生物学、人体寄生虫学、病理学、病理生理学、药理学、医学遗传学、医学免疫学、循证医学、医学统计学、医学文献信息检索。在临床诊疗方面有 15 种:临床诊断学、实验诊断学、医学影像学、内科学、外科学、妇产科学、儿科学、传染病学、神经病学、精神病学、眼科学、耳鼻咽喉头颈外科学、核医学、预防医学、医学心理学。这套作为长学制高等医学教育的教材,充分体现了系统整合和整体优化这个原则,并很好地获得了质量方面的控制。

我参阅了不少欧美的高等医学教材,认为我国的这套八年制医学教材有其显著的特色:系统而全面,翔实而新颖,特别是很好地解决了相关学科之间的交叉与联系问题。在印刷质量方面也大有改进,插图、表格都配以彩色,清晰醒目,易于理解,完全可以与欧美相应教材媲美。

我参加全国高等医药院校的教材建设工作已 25 年(1978~2004),亲眼看到了人民卫生出版社、卫生部教材办公室的创建和不断发展,他们承担了极其繁琐而又细致的编辑任务,功绩卓著。作为老一辈的教材编写人,怀着深切的欣幸心情,看到这套八年制的医学教材按计划一本一本地出版问世,为培养我国德才兼备的医学博士作出了重大贡献。愿这套八年制医学教材永远保持一流的质量,去陈辟新,再创新的辉煌!

中国科学院院士
原全国高等医药院校临床医学专业
教材评审委员会主任委员

袁法祖

二〇〇五年五月

序 二

由衷欣喜于眼前这一套清新淡雅、浸透着浓郁墨香而又焕放着深厚内蕴的八年制医学教材，它的问世犹如一个活泼可爱的新生儿呱呱降生。新的生命总会给我们注入新的生机和活力，更会带给我们对未来的美好憧憬。

近年由于科学技术的突飞猛进，也促进了生命科学的突破性进展。生命科学已经体现出信息化、网络化的特点以及学科的高度交叉、渗透和融合，成为 21 世纪的主导力量。医学作为生命科学的重要一支，在这种背景下其模式亦发生了重大转变：由传统的生物医学模式转变为生物-心理-社会医学模式，进而又转变为环境-社会-心理-工程-生物医学模式。当前，我国正在全面建设小康社会的道路上阔步前进，同时也确立了人口与健康领域的战略，即战略前移、模式转变和系统整合。因此，医学的发展必须适应科技的发展、模式的转变以及经济社会的发展，要体现“以人为本、协调发展”的战略思想。而医学的发展离不开医学教育，我国的医学教育正在从单纯地注重规模效益向“巩固、深化、提高、发展”转变，并在不断地将医学教育国际标准本土化。为了更好地与国际接轨，我国对医学学制进行改革，实行八年制高等医学教育，而医学教育的改革更需要强有力的医学教材体系作为支撑，由此，这套八年制医学教材便应运而生，这一我国医学教育史上的伟大壮举，是适应科技的发展、经济与社会的发展、医学模式的转变以及医学教育改革的需要，是久经酝酿和孕育的结晶。

这套八年制教材的规划和编写本着“战略前移、模式转变、系统整合”的先进思想，秉持主编进行顶层设计、系统把握、全程调控和质量控制的工作原则，如同基因的选择性时空表达一般，精确地调控细胞高度有序的分化，组织、器官和系统的形成以及个体的发育，从而有序地进行了这套教材的组织和编写，使其从一开始就具备旺盛的生命力。

这套教材是科学性的集中体现。无论是策划、组织、主编及编委的确定，还是在学科分类、篇章设置、概念引用、文字表达以及各学科间的交叉渗透的处理、图表运用等问题上，都秉承严肃认真的科学态度，进行了合理的安排和控制。每本教材既相对独立，在结构和功能上又彼此相互联系、相互协调，共同形成一个统一的有机体。

这套教材具有良好的适应性和可塑性。它定位于医学精英教育，面向八年制医学生教学，但同样适用于各高等医药院校其他学制。教材的使用者可根据各自的实际需要，对其进行有重点和有针对性的培养和塑造。

这套教材富于创新，敢于挑战，在全国率先为八年制医学教育输送物资和能源。他不拘泥于固有的思维模式和现有的知识储备，而是对某些热点和前沿问题进行了有益的探讨和尝试。他会经常提出各种新颖的想法和发人深思的问题，使教材的使用者受到有益的启发，进而激发其探索和创新意识。特别是这套教材以国际化的视角来发展自己、充实自己、完善自己，与国际接轨，与国际同行交流、互动。

这套教材凝聚着以吴阶平、裘法祖、吴孟超、陈灏珠等为代表的老一辈科学家的心血，凝聚着教育部、卫生部、国家中医药管理局、国家食品药品监督管理局的厚爱，凝聚着众多主编、编委们以及卫生部教材办公室同志们的辛勤汗水。他承载着深厚的期望和寄托，肩负着我国医学教育改革的使命和重任。深信他会给大家美好的希望和未来。

诚然，这套教材一方面通过其自身的不断发育和成长，逐步完善各系统功能，强化内功；另一方面根据内外环境的需要进行调整，以增加新的内涵和外延，从而使其适应和满足新的需求。当然，这套教材离不开大家的呵护和关爱，希望对其提出宝贵意见和建议，使之不断汲取有益的营养，摒除缺点和不足，从而为其再版奠定良好的基础。

最后，希望各高等医药院校的广大教师、学生、管理工作以及相关人士乐于接受这个可爱的“新生儿”，让我们共同培养和扶植，使其健康茁壮成长。

中国工程院院士
中国工程院副院长
中国医学科学院院长
中国协和医科大学校长

刘德培

二〇〇五年端午

前 言

《生物化学》(八年制教材)是在国内资深医学家倡导下,经全国高等医药教材建设研究会、卫生部教材办公室组织有关专家反复研究、论证后,在北京会议(2004年4月24日)上决定组织编写的。在具体筹备、编写过程中,全国高等医药教材建设研究会、卫生部教材办公室先后组织两次编者会议(合肥,2004年8月21日;武汉,2005年元月8日),全国高等医药教材建设研究会顾问裘法祖院士、理事长刘德培院士亲临会议,就《生物化学》教材建设、编写和定稿提出具体指导意见。本书就是根据这些会议精神和专家的指导意见编写而成。

20世纪后半叶,生命科学领域所取得的每项理论进步和技术发明,无一不与生物化学相关。例如,DNA双螺旋、重组DNA技术(DNA克隆)、聚合酶链式反应(PCR)、DNA芯片、RNA干扰技术,以及人类基因组计划、基因组学、蛋白质组学等,仅从这些现代科学与技术的新名词就不难理解生物化学与分子生物学的发展何等迅速。生物化学与分子生物学成为推动现代生命科学和医学发展的领头学科和主要推动力。21世纪的医学教育在强调素质教育时,必须高度重视专业知识教育。为适应学科发展趋势和素质教育需要,我们进行《生物化学》(八年制)教材编写时,在突出“三基”(基础理论、基本知识、基本技能)、坚持“新、深、精”原则的同时,在内容和形式上也力求有所创新。本书共29章,包括“绪论”、“生物分子结构与功能”(第1~7章)、“物质代谢与能量代谢”(第8~14章)、“基因信息传递”(第15~20章)及“专题篇”(第21~28章)。此外,本书在主体内容后面编录了“生物化学发展大事记”和“名词释义”。通过大事记和名词释义简单检索,可使学生对生物化学发展历史、在生命科学领域中的地位 and 意义,以及生物化学基本概念有初步认识,便于学习,增强学习兴趣;也可作为非生物化学专业人员查阅生物化学有关问题的参考资料。汉英及英汉索引是为方便读者查阅而设置的,也有利于学习专业词汇。

为遵循教材的先进性、科学性和适用性原则,我们在编写本书时参考了国外最新版本生物化学相关教材,引入了较新的认识和概念。例如,在“糖代谢”中,将“糖酵解”解释为“一分子葡萄糖裂解为两分子丙酮酸”的过程;参考(Lehninger) Principles of Biochemistry 关于氧化磷酸化反应过程ATP的计算原则,改写了葡萄糖和脂肪酸氧化分解为 H_2O 和 CO_2 时的ATP计数。除个别条目,绝大多数名词释义的立目和解释都是参考Nelson和Cox编著的(Lehninger) Principles of Biochemistry (2004)、Russell编著的*iGenetics* (2002)以及Lodishi等编著的Molecular Cell Biology (2000)中的“Glossary”编撰的。由于学科交叉、融合,加上生物化学学科发展特点和趋势(20世纪50年代生物化学发展进入分子生物学时期),有些内容在不同学科教材中难免重复,因此在编写中尽力与其他教材协调,做到分工、互补。“基因组学”、“生物信息学”与生物化学密不可分,篇幅所限,不能立章细说。为弥补这一缺陷,本书将相关内容或概念分散在有关章节叙述。例如,涉及基因、蛋白质等生物大分子结构、功能分析离不开“生物信息学”;考虑当前学科发展和长学制医学生未来临床和科研实际工作需要,将有关内容(包括概

念、生物信息网站入路)在生物化学基础、氨基酸和蛋白质以及重组 DNA 技术等章介绍。因此,各院校可根据教学计划、授课学时等具体情况,对全书各章,特别是专题篇内容加以选择、参考使用。

在教材编写过程中,尽管我们努力学习科学知识,但能力有限,直到完稿,仍有不尽如人意的感觉,这是我们今后需要继续学习、改进的。

贾弘禔 屈 伸
2005 年 3 月于北京

目 录

绪论	1
INTRODUCTION TO BIOCHEMISTRY	
第一节 生物化学发展历史	1
Section 1 The History of Biochemistry	
一、19 世纪末以前是叙述生物化学阶段	1
二、20 世纪上半叶是动态生物化学阶段	3
三、20 世纪 50 年代生物化学发展进入分子生物学时期	4
四、我国科学家对生物化学发展也有贡献	6
第二节 生物化学在生命科学中的地位及意义	6
Section 2 The Roles of Biochemistry in Life Sciences	
一、生物化学研究生命体的物质组成、代谢与功能的关系	6
二、生物化学与其他学科有着密切的联系	8
 第一篇 生物分子结构与功能	
第一章 生物化学基础	11
CHAPTER 1 THE FOUNDATIONS OF BIOCHEMISTRY	
第一节 化学基础	11
Section 1 Chemical Foundation	
一、化学是生命体的共同“语言”	11
二、水是进行生物化学反应的基质	12
三、活细胞内的生物分子很复杂	13
第二节 细胞(学)基础	14
Section 2 Cellular Foundation	
一、活细胞可分为真核细胞和原核细胞两类	14
二、原核细胞没有膜限定的核和复杂的亚细胞器	14
三、真核动物细胞有细胞核和其他亚细胞器	14
四、真核细胞增殖是一个周期性的过程	15
第三节 遗传(学)基础	16
Section 3 Genetic Foundation	
一、DNA 和蛋白质是联系生物化学与遗传学的桥梁	16
二、基因即 DNA 决定遗传形状	16
第四节 进化的基础	17
Section 4 Evolutionary Foundation	
一、生命进化的前期存在着化学进化	17
二、生命分子积聚为细胞	18

三、分子解剖学揭示进化关系	19
第五节 生物信息学基础	20
Section 5 Bioinformatics Foundation	
一、生物信息学通过生物数据分析可衍生新知识	20
二、生物信息学着重分析序列结构及功能基因组学实验数据	21
三、数据库的种类与来源有多种	21
四、Entrez 和 SRS 系统是常用的信息检索系统	22
第二章 糖与糖复合物	25
CHAPTER 2 CARBOHYDRATE AND GLYCOCONJUGATE	
第一节 糖	25
Section 1 Carbohydrate	
一、单糖是体内多种代谢途径的参与者	25
二、二糖是常见的寡糖	26
三、多糖是自然界糖类物质的主要存在形式	26
第二节 糖蛋白	27
Section 2 Glycoprotein	
一、糖蛋白含糖量和聚糖结构差异显著	27
二、糖蛋白分子中聚糖具有核酸和蛋白质不能替代的功能	29
第三节 蛋白聚糖	31
Section 3 Proteoglycan	
一、蛋白聚糖由糖胺聚糖共价连接于核心蛋白所组成	31
二、蛋白聚糖生物合成时在多肽链上逐一加上糖基	32
三、蛋白聚糖最主要功能是构成细胞间基质	32
第四节 糖脂	33
Section 4 Glycolipid	
一、鞘糖脂是神经酰胺被糖基化的糖苷化合物	33
二、髓磷脂中含有甘油糖脂	35
第三章 脂类与复合脂	37
CHAPTER 3 LIPIDS AND LIPID COMPLEX	
第一节 脂类概述	37
Section 1 Introduction to Lipids	
一、脂类是一类非均一化合物	37
二、脂类可与糖、蛋白质形成脂复合物	38
三、许多动植物性食物含脂肪和类脂	38
第二节 甘油三酯	39
Section 2 Triglycerides	
一、脂酸是脂肪烃的羧酸	39
二、甘油三酯是甘油的脂酸酯	42
第三节 磷脂和糖脂	43
Section 3 Phospholipid and Glycolipid	
一、含磷酸的脂类被称为磷脂	43

二、甘油磷脂在体内具有重要的生理功能	45
第四节 胆固醇	46
Section 4 Cholesterol	
一、胆固醇是含环戊烷多氢菲的脂类	46
二、胆固醇是细胞膜的基本结构成分	47
三、胆固醇可转化为一些具有重要生物学活性的固醇类化合物	47
第五节 脂类提取分析技术	48
Section 5 Extraction and Analysis of Lipids	
一、脂的分离分析需要某些特殊技术	48
二、脂提取需要有机溶剂	48
三、吸附色谱法可根据极性将不同的脂分离	48
四、气-液色谱法可分析挥发性脂衍生物的混合物	49
五、特殊的水解方法有助于脂质结构的分析	49
六、质谱法可用来分析脂的结构	49
 第四章 氨基酸、多肽与蛋白质	52
CHAPTER 4 AMINO ACIDS, PEPTIDES AND PROTEINS	
第一节 氨基酸	52
Section 1 Amino Acids	
一、组成人体的 20 种氨基酸均属于 L- α -氨基酸	52
二、20 种氨基酸的侧链结构及极性迥然不同	53
三、20 种氨基酸具有共同或特异的理化性质	55
第二节 多肽和蛋白质	57
Section 2 Polypeptides and Proteins	
一、多肽和蛋白质是氨基酸的多聚体	57
二、蛋白质的分子组成和结构极其复杂	58
三、氨基酸残基的排列顺序决定蛋白质的一级结构	60
四、多肽链中的局部特殊构象是蛋白质的二级结构	60
五、多肽链在二级结构基础上进一步折叠形成蛋白质三级结构	63
六、某些蛋白质具有四级结构形式	67
第三节 蛋白质的结构与功能的关系	68
Section 3 Structure and Function of Proteins	
一、蛋白质一级结构是高级结构与功能的基础	68
二、蛋白质空间结构表现功能	71
第四节 蛋白质的理化性质	73
Section 4 Chemical and Physical Properties of Proteins	
一、蛋白质具有两性电离性质	73
二、蛋白质具有胶体性质	73
三、很多因素可引起蛋白质变性	74
四、蛋白质在紫外光谱区有特征性吸收峰	74
五、蛋白质呈色反应可用于溶液蛋白质测定	74
第五节 蛋白质的分离、纯化与序列分析	75
Section 5 Isolation, Purification and Sequencing of Proteins	

一、透析及超滤法可清除蛋白质溶液中的小分子化合物	75
二、丙酮沉淀、盐析及免疫沉淀是常用的蛋白质沉淀方法	75
三、利用荷电性质可将蛋白质采用电泳法进行分离	75
四、应用相分配或亲和原理可将蛋白质进行层析分离	76
五、利用蛋白质颗粒沉降行为不同可进行超速离心分离	77
六、用化学或反向遗传学方法可分析或演绎多肽链的氨基酸序列	77
七、应用物理学、生物信息学原理可进行蛋白质空间结构测定或预测	78
第五章 酶与其他生物催化剂	81
CHAPTER 5 ENZYMES AND OTHER BIOCATALYSTS	
第一节 酶和酶反应简介	81
Section 1 Introduction to Enzymes and Enzymatic Reactions	
一、化学反应具有热力学和动力学特性	81
二、酶的化学本质是蛋白质	83
三、酶可按其所催化的反应类型进行分类	84
四、酶可按其所催化的反应类型予以命名	85
五、酶活性或反应分析都需测定酶反应速率	86
第二节 酶的工作原理	87
Section 2 Mechanism of Enzymatic Reactions	
一、酶具有与一般催化剂相似的工作原理	87
二、酶促反应具有高度的特异性和高效率	88
三、酶对底物有高度的选择性	91
第三节 酶促反应动力学	92
Section 3 Kinetics of Enzymatic Reactions	
一、采用酶促反应初速率来研究酶促反应动力学	92
二、酶促反应速率受底物浓度的影响	92
三、酶促反应速率与酶的浓度相关	96
四、酶促反应速率受反应系统温度的影响	97
五、酶的活性依赖于反应系统的 pH	97
六、激活剂可加速酶促反应速率	98
七、酶活性可被许多抑制剂可逆地或不可逆地抑制	98
第四节 多底物反应的动力学	103
Section 4 Kinetics of Multisubstrate Reactions	
一、多底物反应有其特定的表示法	103
二、双双反应可按底物与酶结合和产物释放的顺序进行分类	103
第五节 酶活性的调节	104
Section 5 Regulation of Enzyme Activities	
一、调节酶的催化活性随着对环境信号的反应而变化	104
二、别构酶通过构象的改变影响酶促反应速率	104
三、一些调节酶可在催化方向相反的两种酶的作用下发生共价修饰	106
四、一些酶只有通过对其前体剪切后才有活性	106
五、一些结构不同的酶可催化相同的化学反应	107
第六节 催化性核酸	108

Section 6 Catalytic Nucleic Acids

一、核酶是具有催化活性的 RNA	108
二、脱氧核酶是人工合成的具有催化活性的 DNA	111
三、核酶和脱氧核酶是基因靶向治疗的良好工具	111
第七节 酶的研究与应用	112

Section 7 Research and Application of Enzymes

一、酶与疾病的发生、临床诊断与治疗密切相关	112
二、酶工程是对酶进行改造的新型应用技术	113

第六章 核苷酸与核酸 117

CHAPTER 6 NUCLEOTIDES AND NUCLEIC ACIDS

第一节 核酸概述	117
----------------	-----

Section 1 The Generality of Nucleic Acids

一、核酸的基本结构单位是核苷酸	117
二、核苷酸由碱基、戊糖、磷酸组成	117
三、核苷酸通过 3', 5'-磷酸二酯键连接成多聚核苷酸	119
四、核酸分为核糖核酸和脱氧核糖核酸两类	120
五、核苷酸还有其他功能	121

第二节 DNA 的三维结构	121
---------------------	-----

Section 2 The Three Dimensional Structure of DNA

一、DNA 的二级结构是双螺旋结构	121
二、DNA 的三级结构是超螺旋结构	126
三、真核生物 DNA 与组蛋白组成高度有序的染色体	128
四、DNA 是遗传的物质基础	130

第三节 RNA 的结构与功能	131
----------------------	-----

Section 3 RNA Structure and Function

一、动物细胞内有 4 大类 RNA	131
二、信使 RNA 具有共同的基本结构框架和编码功能	132
三、转运 RNA 具有特征性的分子结构	133
四、核糖体 RNA 的结构更复杂	135
五、细胞内尚有大量其他小分子 RNA	136

第四节 核酸的理化性质	137
-------------------	-----

Section 4 Physico-chemical Characters of Nucleic Acids

一、核酸可被酸、碱水解	137
二、核酸是两性化合物	137
三、核酸溶液有高分子性质	138
四、核酸有紫外线吸收的特性	138
五、核酸具有变性、复性和杂交行为	139

第五节 核酸酶	140
---------------	-----

Section 5 Nucleases

一、核酸酶分类有多种方法	140
二、核糖核酸酶是一类 RNA 内切酶	140
三、脱氧核糖核酸酶是一类 DNA 消化酶	141

四、 <i>N</i> -糖苷酶可移去碱基	141
第六节 重要的核酸分离、分析技术	141
Section 6 Techniques for Isolation and Identification of Nucleic Acids	
一、分离核酸有多种方法	141
二、两种方法常用于核苷酸序列测定	142
第七章 生物膜和跨膜转运	145
CHAPTER 7 BIOMEMBRANE AND TRANSPORT ACROSS MEMBRANES	
第一节 生物膜的结构	145
Section 1 Biomembrane Structure	
一、生物膜主要由脂类和蛋白质组成	145
二、脂双层是生物膜的基本结构	147
第二节 生物膜的跨膜转运	150
Section 2 Transport Across Membranes	
一、小分子物质的跨膜转运大多通过专一性转运蛋白的作用	150
二、生物大分子通过胞吞和胞吐作用进行跨膜运输	156
第二篇 物质代谢与能量代谢	
第八章 糖代谢	159
CHAPTER 8 CARBOHYDRATE METABOLISM	
第一节 概述	159
Section 1 Introduction	
一、糖的主要生理功能是氧化供能	159
二、糖的消化吸收是在小肠进行的	159
三、糖代谢是指葡萄糖在体内的复杂化学反应	160
第二节 糖的无氧氧化	160
Section 2 Anaerobic Oxidation of Carbohydrates	
一、糖无氧氧化反应过程分为糖酵解和乳酸还原两个阶段	161
二、糖酵解的调控是对 3 个关键酶活性的调节	163
三、乳酸酵解的主要生理意义是在机体缺氧状况下迅速供能	164
第三节 糖的有氧氧化	164
Section 3 Aerobic Oxidation of Carbohydrates	
一、糖的有氧氧化反应分为 3 个阶段	165
二、糖有氧氧化是机体获得 ATP 的主要方式	166
三、糖有氧氧化的调节是基于能量的需求	166
四、糖有氧氧化可抑制乳酸酵解	167
第四节 葡萄糖的其他代谢途径	168
Section 4 Other Metabolic Pathways of Glucose	
一、磷酸戊糖途径生成 NADPH 和磷酸戊糖	168
二、糖醛酸途径可生成活泼的葡糖醛酸	170
三、多元醇途径可生成木糖醇、山梨醇等	171
第五节 糖原的合成与分解	171

Section 5 Glycogenesis and Glycogenolysis	
一、糖原合成的代谢反应主要发生在肝脏和肌肉	171
二、糖原分解不是糖原合成的逆反应	173
三、糖原合成与分解受到彼此相反的调节	173
第六节 糖异生	175
Section 6 Gluconeogenesis	
一、糖异生途径不完全是糖酵解的逆行反应	175
二、糖异生的调节与糖酵解的调节彼此协调	176
三、糖异生的主要生理意义是维持血糖浓度的恒定	178
四、肌肉收缩产生的乳酸被其他组织利用而形成乳酸循环	179
第七节 其他单糖的代谢	179
Section 7 Metabolism of Other Monosaccharides	
一、果糖被磷酸化后进入糖酵解途径	179
二、半乳糖可转变为 1-磷酸葡萄糖成为糖酵解的中间代谢物	179
三、甘露糖可转变为 6-磷酸果糖进入糖酵解途径	180
第八节 血糖及其调节	180
Section 8 Blood Sugar and Regulation of Its Level	
一、血糖的来源和去路是相对平衡的	180
二、血糖水平的平衡主要受到激素调节	181
第九节 糖代谢异常与临床疾病	182
Section 9 Abnormal Carbohydrate Metabolism in Diseases	
一、先天性酶缺陷导致糖原累积症	182
二、血糖水平异常及糖尿病是最常见的糖代谢紊乱	182
第九章 三羧酸循环	186
CHAPTER 9 TRICARBOXYLIC ACID CYCLE	
第一节 三羧酸循环的概念及其发现史	186
Section 1 Concept and Scientific History of Tricarboxylic Acid Cycle	
一、TCA 循环是以形成柠檬酸为起始物的循环反应系统	186
二、Hans Krebs 创立了“TCA 循环”学说	187
第二节 三羧酸循环的反应过程及其调控	187
Section 2 Reactions and Regulation of Tricarboxylic Acid Cycle	
一、TCA 循环由 8 步代谢反应组成	187
二、1 次 TCA 循环生成 2 分子 CO_2	189
三、TCA 循环的中间产物本身并无量的变化	190
四、TCA 循环受底物、产物和关键酶活性调节	190
五、TCA 循环的多种酶以复合体形式存在于线粒体	191
第三节 三羧酸循环的生理意义	192
Section 3 Physiologic Significance of Tricarboxylic Acid Cycle	
一、TCA 循环是一条“两用代谢途径”	192
二、TCA 循环在三大营养物质代谢中具有重要生理意义	193
第十章 脂类代谢	195

CHAPTER 10 METABOLISM OF LIPIDS

第一节 脂类的消化和吸收	195
--------------------	-----

Section 1 Digestion and Absorption of Lipids

一、脂类的消化需要脂消化酶及胆汁酸盐	195
二、脂类消化产物在肠粘膜细胞内再合成	196

第二节 甘油三酯代谢	196
------------------	-----

Section 2 Metabolism of Triglycerides

一、甘油和脂酸合成甘油三酯	196
二、甘油三酯的分解主要是脂酸的氧化	198
三、乙酰 CoA 在脂酸合成酶系催化下合成脂酸	203
四、几种多不饱和脂酸衍生物具有重要生理功能	206

第三节 磷脂代谢	208
----------------	-----

Section 3 Metabolism of Phospholipids

一、甘油磷脂合成代谢比分解代谢复杂	209
二、鞘磷脂代谢也包括合成和降解	213

第四节 胆固醇代谢	213
-----------------	-----

Section 4 Metabolism of Cholesterol

一、胆固醇与植物固醇结构相似	213
二、胆固醇合成从乙酰 CoA 开始经历 30 步反应	214
三、转化为胆汁酸及类固醇激素是胆固醇的主要去路	216

第五节 血浆脂蛋白代谢	216
-------------------	-----

Section 5 Metabolism of Plasma Lipoproteins

一、血脂是血浆所含脂类的统称	216
二、血浆脂蛋白是血脂的运输形式	217
三、不同血浆脂蛋白有不同的功能和代谢途径	220
四、血浆脂蛋白代谢异常导致高脂血症或血脂异常	223

第十一章 生物能学原理及生物氧化	228
------------------------	-----

CHAPTER 11 PRINCIPLE OF BIOENERGETICS AND BIOLOGICAL OXIDATION

第一节 生物能学的基本原理	228
---------------------	-----

Section 1 Principles of Bioenergetics

一、生物系统遵循热力学定律	228
二、体内吸能过程与放能过程偶联进行	229
三、ATP 在能量捕获、转移、储存和利用过程中起核心作用	230

第二节 氧化磷酸化	232
-----------------	-----

Section 2 Oxidative Phosphorylation

一、氧化呼吸链又称电子传递链	232
二、氧化磷酸化将氧化呼吸链氧化释能与 ADP 磷酸化反应偶联	240
三、一些因素影响氧化磷酸化的进行	243
四、线粒体内膜对物质的转运具有选择性	245

第三节 不生成 ATP 的氧化途径	247
-------------------------	-----

Section 3 Oxidation Without ATP Generation

一、微粒体细胞色素 P_{450} 单加氧酶系使底物分子羟化	247
--	-----

二、生物氧化过程中产生超氧阴离子	248
第十二章 氨基酸代谢	252
CHAPTER 12 AMINO ACID METABOLISM	
第一节 体内氨基酸的来源	252
Section 1 Source of Amino Acids in Human Body	
一、外源性蛋白质消化成氨基酸和寡肽后被吸收	252
二、体内蛋白质分解生成氨基酸	254
三、外源性氨基酸和内源性氨基酸组成氨基酸代谢库	256
第二节 氨基酸的转换和分解	257
Section 2 Amino Acid Conversion and Catabolism	
一、转氨基作用是氨基酸与 α -酮酸之间的氨基交换	257
二、体内有几条氨基酸脱氨基的途径	259
三、氨基酸碳链骨架可进行转换或分解	260
第三节 营养非必需氨基酸的合成	261
Section 3 Formation of Nutritionally Nonessential Amino Acids	
一、体内蛋白质代谢状况可用氮平衡来描述	261
二、氨基酸可分为营养必需氨基酸和营养非必需氨基酸	261
三、短的生物合成途径可合成营养非必需氨基酸	262
第四节 氨的代谢	267
Section 4 The Fate of Ammonia	
一、体内有毒性的氨有几个来源	267
二、氨在血液中以丙氨酸及谷氨酰胺形式转运	267
三、氨在肝合成尿素是氨的主要去路	269
第五节 氨基酸代谢的特殊产物和个别氨基酸代谢	272
Section 5 Special Products and Individual Pathway of Amino Acids	
一、某些氨基酸代谢产生特殊的产物	272
二、个别氨基酸有特殊的代谢途径	275
第十三章 核苷酸代谢	281
CHAPTER 13 THE NUCLEOTIDE METABOLISM	
第一节 核苷酸的生物学功能	281
Section 1 Biological Functions of Nucleotides	
一、核酸和核苷酸均可被分解为更小分子	281
二、核苷酸具有多种生理、生化功能	282
第二节 嘌呤核苷酸的合成与分解代谢	284
Section 2 Anabolism and Catabolism of Purine Nucleotides	
一、嘌呤核苷酸代谢包括合成代谢和分解代谢	284
二、细胞内嘌呤核苷酸合成存在从头合成和补救合成两种途径	284
三、体内嘌呤核苷酸可以相互转变	287
四、不同种类生物嘌呤核苷酸的分解代谢产物不同	287
第三节 嘧啶核苷酸的合成与分解代谢	289
Section 3 Anabolism and Catabolism of Pyrimidine Nucleotides	

一、嘧啶核苷酸同样有从头合成与补救合成两条途径	289
二、嘧啶核苷酸分解时碱基可以彻底分解	292
第四节 体内核苷酸的转换	293
Section 4 The Conversion of Nucleotides <i>in vivo</i>	
一、脱氧核糖核苷酸来自核糖核苷二磷酸的还原反应	293
二、核苷二、三磷酸化合物可以相互转化	294
第五节 核苷酸代谢的临床生化问题	294
Section 5 Nucleotide Metabolism in Diseases	
一、核苷酸代谢障碍可引起疾病	294
二、抗代谢物作用机理主要是阻断核苷酸合成	296

第十四章 物质代谢的联系与调节

300

CHAPTER 14 INTERRELATIONSHIPS AND REGULATIONS OF METABOLISM

第一节 物质代谢的特点	300
-------------------	-----

Section 1 Characteristics of Metabolism

一、体内各种物质代谢彼此互相联系构成统一的整体	300
二、机体存在精细的物质代谢调节机制	300
三、各组织、器官物质代谢各具特色	300
四、各种物质代谢的代谢物均具有共同的代谢池	301
五、ATP 是机体储存能量及消耗能量的共同形式	301
六、NADPH 是合成代谢所需的还原当量	301

第二节 物质代谢的相互联系	301
---------------------	-----

Section 2 Interrelationships among Metabolic Pathways of Carbohydrates, Lipids and Proteins

一、在能量代谢上相互联系相互制约	301
二、糖、脂和蛋白质代谢通过共同中间产物相互联系	302

第三节 组织、器官的代谢特点及联系	303
-------------------------	-----

Section 3 Characteristics and Interrelationships of Metabolism of Special Tissues and Organs

一、肝是机体物质代谢的枢纽	303
二、心优先利用酮体、脂酸并以有氧氧化为主	304
三、脑耗氧量大并以葡萄糖为供能物质	304
四、肌肉通常以氧化脂酸为主，且在剧烈运动时产生乳酸	304
五、红细胞代谢以糖酵解为主	305
六、脂肪组织是合成及储存脂肪的重要组织	305
七、肾也可进行糖异生和生成酮体	305

第四节 代谢调节	305
----------------	-----

Section 4 Regulations of Metabolism

一、代谢调节分为三级水平调节	305
二、细胞水平的调节主要是对酶活性的调节	305
三、激素通过特异受体和信号通路调节代谢	309
四、机体通过神经系统及神经-体液途径对物质代谢进行整体调节	310

第三篇 基因信息传递

第十五章 DNA 的生物合成和损伤修复	315
CHAPTER 15 DNA BIOSYNTHESIS AND DNA DAMAGE REPAIR	
第一节 染色体 DNA 复制的一般特征	315
Section 1 The General Features of Replication of Chromosomal DNA	
一、DNA 复制是半保留复制	315
二、DNA 复制的生长点形成复制叉	316
三、DNA 复制是双向复制	317
四、DNA 复制为半不连续复制	317
五、复制起点由多个短重复序列组成	317
六、DNA 复制必须有引物	318
七、DNA 复制需要多种酶参与	318
八、DNA 复制具有高度忠实性	319
第二节 DNA 聚合酶的特征	319
Section 2 Features of DNA Polymerases	
一、DNA 聚合酶的底物是 dNTP 和引物-模板连接处	319
二、DNA 聚合酶的活性中心催化 DNA 合成	319
三、DNA 聚合酶半闭合右手结构由三个结构域组成	320
四、可滑动的 DNA 夹子增强 DNA 聚合酶的进行性	320
五、DNA 聚合酶还有一个 3'→5' 外切酶活性中心	321
第三节 大肠杆菌 DNA 复制	321
Section 3 DNA Replication in <i>E. coli</i>	
一、在复制起点解旋酶和多种因子形成复合物	321
二、引发酶合成 RNA 引物	322
三、DNA 聚合酶 III 合成 DNA, DNA 聚合酶 I 切除引物	322
四、Tus 蛋白识别复制终点使复制终止	325
五、DNA 甲基化保证复制起点在每个复制周期中仅起一次作用	325
六、DNA 复制需要两类 DNA 拓扑异构酶	325
第四节 真核细胞 DNA 复制	327
Section 4 DNA Replication in Eukaryotes	
一、常见的真核细胞 DNA 聚合酶有 5 种	327
二、真核 DNA 复制叉主要蛋白质的类型和功能与原核基本相似	327
三、引发和延伸发生 DNA 聚合酶 α/δ 转换	330
四、切除 RNA 引物有两种机制	331
五、真核染色体在每个细胞周期中只能复制一次	331
六、端粒酶参与解决染色体末端复制问题	333
第五节 线粒体和噬菌体的 DNA 复制	334
Section 5 DNA Replication in Mitochondria and Phages	
一、线粒体 DNA 按 D 环方式复制	334
二、噬菌体 DNA 按滚环方式复制	335
第六节 DNA 损伤修复	335