



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

全国医学院校高职高专教材

医学生物化学

主 编 王学铭

副主编 张 申 舒景丽

北京大学医学出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

全国医学院校高职高专教材

医 学 生 物 化 学

主 编 王学铭

副主编 张 申 舒景丽

编 者 (按姓氏笔画排序)

马 俊 (长沙医学院)

王吉伟 (中南大学湘雅医学院)

王学铭 (长沙医学院)

李子博 (长沙医学院)

李文凯 (中南大学湘雅医学院)

李珍珠 (陕西能源职业技术学院)

张 申 (怀化医学高等专科学校)

金 波 (郑州澍青医学高等专科学校)

黄春霞 (长沙医学院)

舒景丽 (邵阳医学高等专科学校)

北京大学医学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

医学生物化学/王学铭主编. —北京: 北京大学医学出版社, 2007. 1
普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 全国医学
院校高职高专教材
ISBN 978-7-81116-044-4

I. 医… II. 王… III. 医用化学: 生物化学—高
等学校: 技术学校—教材 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 121048 号

医学生物化学

主 编: 王学铭

出版发行: 北京大学医学出版社 (电话: 010-82802230)

地 址: (100083) 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内

网 址: <http://www.pumpress.com.cn>

E - mail: booksale@bjmu.edu.cn

印 刷: 莱芜市圣龙印务有限责任公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 张彩虹 责任校对: 杜 悦 责任印制: 郭桂兰

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 20.75 字数: 522 千字

版 次: 2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月第 1 次印刷 印数: 1—8000 册

书 号: ISBN 978-7-81116-044-4/R·044

定 价: 26.90 元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

前 言

本书是由全国医学院校高职高专教材编审委员会统一组织编写的高职高专教材，同时也是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书以长沙医学院为主编单位，组织中南大学、怀化医学高等专科学校、邵阳医学高等专科学校、郑州澍青医学高等专科学校等长期从事本、专科医学生物化学教学与科研的教师共同编写而成，可供临床医学、高级护理、医学美容、医学检验、妇幼卫生及相关专业三年制大专高职学生学习生物化学使用。全书分为上、下篇，上篇为医学生物化学理论，共 17 章，内容涵盖生物化学基础理论、分子生物学基本知识及临床生物化学理论（血液的生物化学、肝的生物化学、水与无机盐代谢、酸碱平衡）等，下篇为医学生物化学实验。考虑各使用单位的不同专业与学时数不一，在教学过程中有关章节可按照具体情况取舍。

限于编者能力与水平，难免有错误与疏漏，望同道、读者提出批评意见，以期日后改进与提高。

编 者

2006 年 10 月

目 录

上篇 医学生物化学理论

第一章 绪论	(3)
一、生物化学发展简史	(3)
二、医学生物化学的内容	(3)
三、我国对生物化学发展的贡献	(4)
第二章 蛋白质的化学	(5)
第一节 蛋白质的基本组成单位及其连接方式	(5)
一、蛋白质的基本组成单位——氨基酸	(5)
二、氨基酸在蛋白质中的连接方式	(9)
第二节 蛋白质的分子结构	(11)
一、蛋白质分子的一级结构	(11)
二、蛋白质分子的二级结构	(11)
三、蛋白质分子的三级结构	(13)
四、蛋白质分子的四级结构	(14)
第三节 蛋白质的理化性质	(15)
一、蛋白质的两性电离与等电点	(15)
二、蛋白质沉淀	(16)
三、蛋白质的变性与复性	(17)
四、蛋白质的吸收光谱及几种重要呈色反应	(18)
第四节 蛋白质结构与功能的关系	(19)
一、蛋白质一级结构与功能的关系	(19)
二、蛋白质空间构象与功能的关系	(20)
第五节 蛋白质的生理功能与分类	(20)
一、蛋白质的生理功能	(20)
二、蛋白质的分类	(21)
习题	(22)
第三章 核酸的化学	(24)
第一节 核酸的化学组成	(24)
一、碱基	(24)
二、戊糖	(25)
三、核苷与核苷酸	(25)
第二节 DNA 的结构特点	(27)
一、DNA 的碱基组成	(27)

二、DNA 的一级结构·····	(27)
三、DNA 的二级结构——双螺旋模型·····	(27)
四、DNA 的超螺旋高级结构·····	(28)
第三节 RNA 的化学·····	(30)
一、RNA 的基本特征及其一级结构·····	(30)
二、RNA 的种类及高级结构·····	(30)
第四节 核酸的理化性质·····	(33)
一、核酸的一般性质·····	(33)
二、核酸的紫外吸收·····	(33)
三、核酸的变性、复性与分子杂交·····	(34)
习题·····	(35)
第四章 维生素 ·····	(36)
第一节 脂溶性维生素·····	(36)
一、维生素 A·····	(36)
二、维生素 D·····	(38)
三、维生素 E·····	(39)
四、维生素 K·····	(40)
第二节 水溶性维生素·····	(41)
一、维生素 B ₁ ·····	(42)
二、维生素 B ₂ ·····	(42)
三、维生素 PP·····	(43)
四、维生素 B ₆ ·····	(44)
五、泛酸·····	(45)
六、生物素·····	(46)
七、叶酸·····	(46)
八、维生素 B ₁₂ ·····	(47)
九、维生素 C·····	(48)
十、硫辛酸·····	(49)
第三节 维生素缺乏病的原因·····	(49)
习题·····	(51)
第五章 酶 ·····	(52)
第一节 酶的分子结构与功能·····	(52)
一、酶的分子组成·····	(52)
二、酶的活性中心·····	(53)
第二节 体内酶的特殊存在形式·····	(54)
一、酶原·····	(54)
二、同工酶·····	(54)
第三节 酶促反应的特点与机制·····	(55)
一、酶促反应的特点·····	(55)
二、酶促反应的机制·····	(56)

第四节 酶促反应动力学	(57)
一、底物浓度对酶促反应速度的影响	(57)
二、酶浓度对酶促反应速度的影响	(58)
三、温度对酶促反应速度的影响	(58)
四、pH 值对酶促反应速度的影响	(59)
五、激活剂对酶促反应速度的影响	(60)
六、抑制剂对酶促反应速度的影响	(60)
第五节 酶的调节	(63)
一、酶活性的调节	(63)
二、酶含量的调节	(64)
第六节 酶的分类与命名	(64)
一、酶的分类	(64)
二、酶的命名	(65)
第七节 酶与医学的关系	(65)
一、酶与疾病的发生	(65)
二、酶与疾病的诊断	(65)
三、酶与疾病的治疗	(66)
四、酶在医学上的其它应用	(67)
习题	(67)
第六章 生物氧化	(68)
第一节 生物氧化的方式	(68)
一、二氧化碳生成的方式	(68)
二、生物氧化的方式	(69)
三、生物氧化的酶类	(70)
四、各种氧化还原酶类	(70)
第二节 呼吸催化链	(72)
一、呼吸催化链的组成	(72)
二、NADH 氧化呼吸链与琥珀酸氧化呼吸链	(74)
第三节 氧化磷酸化	(76)
一、线粒体氧化磷酸化	(76)
二、呼吸链各成分的排列顺序	(76)
三、ATP 生成的偶联部位	(76)
四、P/O 比值的测定	(77)
第四节 线粒体外 NADH 的氧化	(78)
一、 α -磷酸甘油穿梭系统	(78)
二、苹果酸-天冬氨酸穿梭系统	(78)
三、氧化磷酸化的调节	(79)
四、氧化磷酸化的抑制剂	(79)
五、ATP 的贮存和利用	(79)
第五节 微粒体氧化体系	(81)

一、混合功能氧化酶的作用	(81)
二、自由基等活性氧的产生与清除	(82)
习题	(83)
第七章 糖代谢	(85)
第一节 糖的无氧分解	(85)
一、糖酵解的反应过程	(85)
二、糖酵解的生理意义	(89)
三、糖酵解的调节	(90)
第二节 糖的有氧氧化	(90)
一、糖的有氧氧化反应过程	(90)
二、三羧酸循环的生理意义	(95)
三、有氧氧化的调节	(95)
第三节 磷酸戊糖途径	(95)
一、磷酸戊糖途径的主要反应过程	(96)
二、磷酸戊糖途径的生理意义	(96)
第四节 糖的贮存与分解	(97)
一、糖原合成	(98)
二、糖原分解	(98)
三、糖异生作用	(100)
四、糖贮存与分解的生理意义	(102)
五、糖贮存与动员的调节	(102)
六、糖原累积病	(104)
第五节 血糖	(104)
一、血糖的来源与去路	(105)
二、血糖水平的调节	(105)
三、糖代谢异常	(106)
习题	(108)
第八章 脂类代谢	(109)
第一节 脂类的分布及其生理功能	(109)
一、脂类的分布	(109)
二、人体内主要脂类及其生理功能	(109)
第二节 脂类的消化和吸收	(112)
一、脂类的消化	(112)
二、脂类的吸收	(112)
第三节 脂肪代谢	(113)
一、甘油三酯合成代谢	(113)
二、脂肪分解代谢	(113)
三、酮体代谢	(117)
四、脂肪酸合成	(118)
第四节 类脂代谢	(120)

一、磷脂代谢·····	(121)
二、胆固醇代谢·····	(123)
第五节 血脂与血浆脂蛋白·····	(126)
一、血脂含量、来源及去路·····	(126)
二、血浆脂蛋白的分类及其功能·····	(126)
习题·····	(128)
第九章 蛋白质的分解代谢·····	(129)
第一节 蛋白质的营养作用·····	(129)
一、蛋白质摄入的重要性·····	(129)
二、人体对蛋白质的需要量·····	(129)
第二节 蛋白质的消化、吸收与腐败·····	(131)
一、蛋白质的消化·····	(131)
二、氨基酸的吸收·····	(131)
三、氨基酸在肠内的腐败作用·····	(133)
第三节 氨基酸的一般代谢·····	(134)
一、体内氨基酸代谢概况·····	(134)
二、氨基酸在体内的更新·····	(134)
三、氨基酸的脱氨基作用·····	(135)
四、氨的代谢·····	(137)
五、 α -酮酸的代谢·····	(142)
六、氨基酸的脱羧基作用·····	(142)
第四节 个别氨基酸的代谢·····	(143)
一、一碳单位的代谢·····	(143)
二、半胱氨酸的代谢·····	(146)
三、苯丙氨酸及酪氨酸的代谢·····	(147)
四、色氨酸的代谢·····	(149)
五、肌酸的代谢·····	(149)
六、肌肉中支链氨基酸的代谢·····	(150)
第五节 氨基酸与糖、脂肪代谢的联系·····	(151)
习题·····	(152)
第十章 核苷酸代谢·····	(153)
第一节 嘌呤核苷酸的代谢·····	(153)
一、嘌呤核苷酸的合成代谢·····	(153)
二、嘌呤核苷酸的分解代谢·····	(157)
第二节 嘧啶核苷酸的代谢·····	(159)
一、嘧啶核苷酸的合成代谢·····	(159)
二、嘧啶核苷酸的分解代谢·····	(162)
第三节 核苷酸代谢障碍·····	(162)
习题·····	(163)

第十一章 核酸代谢	(164)
第一节 DNA 的生物合成——复制	(164)
一、DNA 生物合成的方式	(164)
二、参与 DNA 复制的重要酶类与蛋白质	(165)
三、DNA 复制的化学反应	(167)
四、DNA 复制的过程	(168)
五、DNA 的损伤与修复	(169)
六、逆转录现象.....	(172)
七、基因工程.....	(172)
第二节 RNA 的生物合成——转录	(175)
一、转录体系.....	(175)
二、转录的过程.....	(176)
三、转录后的加工.....	(177)
四、基因表达在转录水平的调控.....	(180)
五、转录与复制的比较.....	(184)
习题.....	(184)
第十二章 蛋白质的生物合成——翻译	(185)
一、蛋白质生物合成体系.....	(185)
二、蛋白质的生物合成过程.....	(190)
三、翻译后的加工.....	(193)
四、基因表达在翻译水平的调控.....	(194)
五、蛋白质生物合成与医学的关系.....	(195)
习题.....	(197)
第十三章 物质代谢的调节	(198)
第一节 酶对细胞内物质代谢的调节	(198)
一、酶的结构调节.....	(198)
二、酶量的调节.....	(200)
三、同工酶对代谢速度和方向的调控.....	(200)
第二节 激素对物质代谢的调节	(201)
一、激素及其受体种类.....	(201)
二、膜介导受体的作用原理.....	(201)
三、膜受体信息传导途径.....	(203)
四、胞内受体信息的传递.....	(205)
第三节 物质代谢的整体水平调节	(206)
一、饥饿对物质代谢的影响.....	(206)
二、应激状态下的物质代谢.....	(207)
习题.....	(207)
第十四章 血液的生物化学	(208)
第一节 血液的化学成分	(208)
一、非蛋白质含氮化合物.....	(208)

二、不含氮的有机物·····	(208)
第二节 血浆蛋白质·····	(210)
一、血浆蛋白质的组成与分类·····	(210)
二、血浆蛋白质的生理功能·····	(211)
第三节 红细胞代谢特点·····	(212)
一、成熟红细胞代谢的特点·····	(212)
二、血红素合成过程·····	(215)
三、血红素合成的调节·····	(216)
四、血红蛋白·····	(216)
第四节 白细胞的代谢·····	(222)
一、糖代谢·····	(222)
二、脂代谢·····	(222)
三、氨基酸和蛋白质代谢·····	(223)
四、DNA 和 RNA 含量·····	(223)
五、其他组成·····	(223)
习题·····	(223)
第十五章 肝的生物化学·····	(224)
第一节 肝在物质代谢中的作用·····	(224)
一、肝在糖代谢中的作用·····	(224)
二、肝在脂类代谢中的作用·····	(224)
三、肝在蛋白质代谢中的作用·····	(225)
四、肝在维生素代谢中的作用·····	(225)
五、肝在激素代谢中的作用·····	(225)
第二节 肝的生物转化作用·····	(226)
一、生物转化的概念·····	(226)
二、生物转化反应的类型·····	(226)
三、生物转化的特点·····	(229)
四、影响生物转化作用的因素·····	(231)
第三节 胆汁与胆汁酸代谢·····	(231)
一、胆汁·····	(231)
二、胆汁酸的代谢及其肠肝循环·····	(231)
第四节 胆色素的代谢·····	(235)
一、胆红素的生成及转运·····	(235)
二、胆红素在肝中的代谢·····	(236)
三、胆红素在肠道中的转化和胆素原的肠肝循环·····	(238)
四、血清胆红素与黄疸·····	(239)
第五节 常用的肝功能试验·····	(241)
一、肝功能试验的意义·····	(242)
二、临床对肝功能试验的评价·····	(242)
习题·····	(242)

第十六章 水和无机盐代谢	(244)
第一节 体液	(244)
一、体液的含量与分布.....	(244)
二、体液电解质组成的特点.....	(244)
三、体液的交换.....	(245)
第二节 水平衡	(247)
一、水的生理功能.....	(247)
二、水平衡.....	(248)
第三节 电解质平衡	(249)
一、电解质的生理功能.....	(249)
二、钠、氯的代谢.....	(250)
三、钾的代谢.....	(250)
第四节 水与电解质平衡调节	(251)
一、神经系统的调节.....	(252)
二、激素调节.....	(252)
第五节 钙磷代谢	(254)
一、体内钙磷的含量、分布及生理功能.....	(254)
二、钙和磷的吸收与排泄.....	(254)
三、血钙与血磷.....	(255)
四、骨的代谢.....	(256)
五、钙磷代谢的调节.....	(257)
第六节 微量元素代谢	(259)
一、铁的代谢.....	(259)
二、锌的代谢.....	(260)
三、铜的代谢.....	(261)
四、硒的代谢.....	(261)
习题.....	(262)
第十七章 酸碱平衡	(263)
第一节 体内酸性与碱性物质的来源	(263)
一、酸性物质的来源.....	(263)
二、碱性物质的来源.....	(264)
第二节 酸碱平衡的调节	(264)
一、血液缓冲体系及其作用.....	(264)
二、肺对酸碱平衡的调节作用.....	(266)
三、肾对酸碱平衡的调节作用.....	(268)
第三节 酸碱平衡失调	(271)
一、酸碱平衡失调的基本类型.....	(271)
二、酸碱平衡的常用生化指标及意义.....	(272)
习题.....	(274)

下篇 医学生物化学实验

生物化学实验基本知识·····	(279)
实验一 生物化学实验的基本操作·····	(279)
实验二 血清蛋白醋酸纤维素薄膜电泳·····	(282)
实验三 血糖测定·····	(284)
实验四 血清钾的测定·····	(286)
实验五 血清尿素氮的测定·····	(287)
实验六 尿酮体的定性检测·····	(289)
实验七 血清谷丙转氨酶活性测定·····	(290)
实验八 血浆二氧化碳结合力的测定·····	(291)
实验九 淀粉酶活性测定·····	(293)
实验十 运动对尿中乳酸含量的影响·····	(294)
实验十一 葡萄糖氧化酶法测定血清葡萄糖·····	(295)
实验十二 甲基百里香酚蓝法测定血清总钙·····	(297)
实验十三 还原钼蓝法测定血清磷·····	(298)
实验十四 微量质粒 DNA 的提取 (碱裂解法) ·····	(299)
附录 分子生物学实验注意事项·····	(302)
汉英索引·····	(303)

上篇 医学生物化学理论

第一章 绪 论

生物化学 (biochemistry), 也称生命的化学, 它是以生物体为研究对象, 主要应用化学的理论、技术及物理学、免疫学的原理和方法, 探讨生命本质的科学。医学生物化学的研究对象是人体, 主要从分子水平上了解人体分子结构与功能、物质代谢及其调节, 以期阐明疾病的发生、发展与转归的化学机制, 为诊断、防治疾病做出贡献。

一、生物化学发展简史

1. 叙述生物化学阶段

生物化学作为一门独立的学科始于 20 世纪初期, 它是生物化学的初级阶段, 主要致力于生物体物质组成与化学结构的分析, 如对脂类、糖类及蛋白质组成进行较系统的研究与测定, 并发现了核酸、各种维生素、酶及辅酶辅基, 对生物体各种成分进行鉴定与测定, 为生物化学后续发展奠定了良好基础。

2. 动态生物化学阶段

从 20 世纪 20 年代开始, 生物化学进入了一个蓬勃发展阶段。发现了人体营养必需氨基酸、脂肪酸以及多种维生素在酶的催化功能中的作用, 人体必需微量元素等。尤其是对酶的研究取得重大进展, 引进了放射性核素示踪法结合其他仪器分析方法初步阐明各种物质代谢途径, 如糖代谢的三羧酸循环、脂肪酸的 β -氧化、肝鸟氨酸循环合成尿素等物质代谢过程。同时在营养生化、临床生化与检验技术方面也取得许多令人瞩目的成就。在此阶段, 体内各种主要物质代谢转变的酶催化途径已基本搞清, 所以这个时期可以认为是动态生物化学阶段。

3. 机能生物化学阶段

即分子生物学发展时期。自从 1953 年 Watson 与 Crick 建立 DNA 双螺旋模型, 胰岛素、氨基酸测序以及许多有生物活性的蛋白质一、二、三、四级结构的测定, 使生物化学研究产生飞跃, 进入了结构与功能研究阶段, 即研究 DNA、RNA、糖蛋白、蛋白聚糖、糖脂、脂蛋白等生物大分子的结构与功能阶段。尤其是对复制、转录与翻译过程以及遗传密码的破译, 为分子遗传学、遗传工程的兴起与发展起到巨大推动作用, 并为最终揭示生命本质创造了有利条件。2003 年 4 月在包括我国科学家在内的各国科学家的努力之下, 完成了对人类基因组 DNA 30 亿对核苷酸序列测定, 破译了人类 3.4 万~3.5 万个基因的奥秘, 这项宏伟的人类基因组计划的完成, 更是生物化学发展到全新阶段的结果。

二、医学生物化学的内容

(1) 研究物质组成及其结构、性质与功能 现已知人体含水 55%~67%, 蛋白质 15%~18%, 脂类 10%~15%, 无机盐 3%~4% 及糖类 1%~2% 等。它们除组成蛋白质、脂类及糖类三大有机物质外, 还构成核酸及多种生物活性小分子化合物, 如维生素、激素、氨基酸、肽类、核苷酸以及其他生物活性分子等。以人体蛋白质为例, 估计在 10 万种以上, 其中相当部分以生物高分子形式存在, 结构复杂, 种类甚多, 是体现各种生命现象的最基本物质, 如繁殖、遗传、神经传导、肌肉收缩都与生物高分子特有的结构与功能密切相关。

(2) 研究物质代谢, 包括人体的合成代谢与分解代谢以及与其偶联发生的能量代谢的变化规律, 如生物氧化 ATP 高能磷酸化化合物的产生、利用与转换等都是生物化学研究的重要内容。

(3) 研究生物体各种物质的结构、代谢、生物学功能和复杂生命现象之间的关系, 以及代谢调节。例如以 60 岁计算, 一个人的一生中与环境进行大量物质交换, 约相当于 60000kg 水、10000kg 糖类、1600kg 蛋白质以及 1000kg 脂类, 这还不包括其他小分子化合物及离子等的不断交换。这种交换是有序进行的, 绝大部分化学反应由酶催化调节, 阐明了主要物质代谢的关键酶、修饰酶、别构酶、同工酶以及多酶体系催化过程与调节。发现酶的含量与结构的变化对物质代谢调节起重大作用。此外, 神经递质、内分泌激素调控也深刻地影响物质代谢与能量代谢的进行。它们的调控保障了上述物质代谢精确地进行。近 10 多年来对细胞信息传递机制、生物膜结构的研究也与生物化学机制密不可分, 同属于生物化学的研究对象。

(4) 分子生物学与医学。20 世纪以来, 由于分子生物学在医学上的应用日益广泛, 使医学进入了基因 (或 DNA) 水平研究。基因信息传递涉及遗传、变异、生长、分化等诸多生命过程, 也涉及遗传病、肿瘤、心血管病等多种疾病的发生、发展与转归的问题。因此, 基因诊断、基因治疗应运而生, 将医学发展推动到全新的“生物医学”或“分子医学”的时代。DNA 重组技术、各种蛋白质氨基酸序列分析技术的发展, DNA、RNA 自动化测序等仪器的问世促使测序手段日益快捷, 并迅速得到广泛应用, 使生物化学渗透到基础医学与临床各学科, 以至出现不少边缘学科, 如分子生理学、分子药理学、分子遗传学、分子免疫学、分子病毒学、分子肿瘤学、分子神经精神病学以及分子寄生虫学等。这些学科既有自身的研究范围, 又存在相互联系、相互渗透与整合的趋势, 其中生物化学与分子生物学起到十分重要的作用。

三、我国对生物化学发展的贡献

早在 4000 多年前的夏禹时代我国劳动人民就发明用粮食酿酒, 到公元前 20 世纪商周时代已知酿酒和制酱技术。这些都是利用生物体内酶催化的化学反应生成。在医药方面, 公元前 6 世纪, 春秋战国时期已知酿酒用的酶称为“曲”, 可治疗消化道疾病, 到公元 4 世纪晋朝时, 已用海藻 (含碘) 治疗疫病 (地方性甲状腺肿)。公元 7 世纪唐朝初期已知用含维生素 B₁ 丰富的谷粮、中草药治疗雀目 (夜盲症), 可见我国古代劳动人民对生物化学发展做出了很大贡献。

我国近代生物化学的发展虽然起步较晚, 但在 20 世纪 30~40 年代我国生物化学工作者在营养学、临床生化的血液分析、蛋白质的变性学说和免疫化学的抗原抗体反应的定量和机理等方面做出了相当重要的贡献。尤其是 1965 年我国在世界上首先用人工方法合成具有生物活性的结晶牛胰岛素; 1971 年用 X-射线衍射方法测定猪胰岛素的分子空间结构, 分辨率达 0.18nm; 80 年代中期对内源性吗啡物质的研究达到国际先进水平, 成功地合成了内啡肽。这些成果的取得标志着我国生物化学研究在某些领域已处于世界前沿。进入 21 世纪我国生物化学与分子生物学的发展与时俱进, 也步入后基因阶段即蛋白质组学研究, 同样取得了令人瞩目的进步。

(王学铭)