



全国医学类专业“十三五”规划创新教材

生物化学

SHENGWU HUAXUE

晁相蓉 余少培 赵佳 主编



中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

全国医学类专业“十三五”规划创新教材

生物化学

晁相蓉 余少培 赵 佳 主编



中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

生物化学 / 晁相蓉, 余少培, 赵佳主编. -- 北京:
中国科学技术出版社, 2017.7
ISBN 978-7-5046-7547-7

I. ①生… II. ①晁… ②余… ③赵… III. ①生物化
学—高等职业教育—教材 IV. ①Q5

中国版本图书馆CIP数据核字 (2017) 第163737号

策划编辑 王晓义
责任编辑 王景桐
责任校对 杨京华
版式设计 张乾坤
责任印制 徐 飞

出 版 中国科学技术出版社
发 行 中国科学技术出版社发行部
地 址 北京市海淀区中关村南大街16号
邮 编 100081
发行电话 010-62173865
传 真 010-62179148
投稿电话 010-63581202
网 址 <http://www.cspbooks.com.cn>

开 本 889mm × 1194mm 1/16
字 数 290千字
印 张 14.5
版 次 2017年8月第1版
印 次 2017年8月第1次印刷
印 刷 三河市恒彩印务有限公司

书 号 ISBN 978-7-5046-7547-7 / Q · 206
定 价 42.00元

(凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换)

全国医学类专业“十三五”规划创新教材

《生物化学》编委会

主 编 晁相蓉 余少培 赵 佳

副主编 黄象娟 马兴博 李先佳 袁建党 王世广 郑学锋

编 委 (按姓氏笔画排序)

马兴博 四川护理职业学院

王艳君 四川护理职业学院

任 熙 四川天一学院

李 倩 河西学院医学院

李姝梅 红河卫生职业学院

李雪霏 北京卫生职业学院

余少培 安康职业技术学院

郑学锋 许昌学院医学院

周太梅 湖南医药学院

袁建党 周口职业技术学院

郭劲霞 益阳医学高等专科学校

彭 帅 铁岭卫生职业学院

王世广 郑州工业应用技术学院

左晓利 安阳职业技术学院医药卫生学院

兴 华 郑州铁路职业技术学院

李先佳 漯河医学高等专科学校

李晓红 济南护理职业学院

李登云 郑州工业应用技术学院

陈旭明 衢州职业技术学院

赵 佳 红河卫生职业学院

凌烈锋 皖南医学院

晁相蓉 山东医学高等专科学校(济南)

黄象娟 山东医学高等专科学校(济南)

韩 霞 山东医学高等专科学校(济南)

第二版前言

第一版教材出版几年来，受到众多使用者的好评和喜爱，也收到一些好的意见和建议。为满足教学需要，我们在原有教材基础上做了适当修改，调整了部分章节的编排顺序，删减了一些复杂、难懂的内容，使其更加契合当前学生的知识水准，便于教师和学生使用。

本教材涵盖了蛋白质的结构与功能、酶与维生素、核酸结构与功能、糖类、脂类、蛋白质及核苷酸的代谢、基因信息传递与表达调控、肝脏的生物化学、水与电解质代谢、酸碱平衡等内容。整本教材的章节编排顺序依旧本着合理、恰当、相关相似邻近、前后呼应、好教、易学的原则精心设计，避免了前后重复。

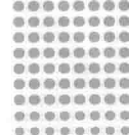
为突破生物化学枯燥难学的瓶颈，本教材突出了应用性及趣味性，根据章节特点不同，分别设置了诺奖风采、案例分析、科学轶事、课堂讨论、知识拓展、要点回顾及思考题等模块。生物化学发展史上有众多的诺贝尔奖获得者，基本上每章都有诺奖风采并配有照片，这不仅使教材图文并茂，而且能激发学生探讨未知领域的热情。科学轶事介绍的是生物化学史上的重要进展或风云人物，是未获得诺贝尔奖的人或事，能增加课程趣味性。有些章节与临床有密切联系，根据学生已有的知识基础，配了案例分析模块，以增强学生分析解决问题的能力。高职高专学生学习起来相对困难的内容写入了知识拓展。课堂讨论是本教材的亮点之一，融入了当今发生的一些热点事件：转基因食品问题、液氨爆炸、禽流感、艾滋病、试管婴儿、亲子鉴定等等。这些内容不仅能拓宽学生的知识面，增加课程趣味性，活跃课堂气氛，还能充分调动学生学习、思考的积极性，增强学生解决生活事件的能力。要点回顾简明扼要地总结了每章的知识要点，起到画龙点睛的作用。章后思考题均经过精心筛选，针对性强，契合学生的知识水准，既可用于学生课后自测，也便于教师随堂测试。教材最后备有思考题答案，减少了教师课余负担。本教材特别增设了思维导航，将各章内容梳理归纳，起到提纲挈领的作用。教材最后附加了几个实验项目，经典实用，教师可根据本校实际情况选做。

本教材简明扼要，重点突出，涵盖内容较广，适用于高职高专护理、检验、影像技术、药学等医学相关专业使用。教师可根据专业及课时情况，合理选用所需要的章节。

由于时间仓促及认知水平的限制，教材中还会有错误或不足之处，敬请各位同行批评指正。

编者

2017年5月于济南



目 录

绪 论.....	1
第一节 生物化学的研究内容	1
一、人体的化学组成及分子结构和功能	1
二、物质代谢及调节	1
三、基因信息传递	2
第二节 生物化学发展简史	2
一、叙述生物化学阶段	2
二、动态生物化学阶段	2
三、分子生物学阶段	2
第三节 生物化学与医学各学科的关系	3
一、生物化学是重要的医学基础课	3
二、生物化学的发展也将推动医学各学科的发展	3
第一章 蛋白质.....	4
第一节 蛋白质的生理功能及需要量	4
一、蛋白质的生理功能	4
二、蛋白质的需要量	5
第二节 蛋白质的化学组成	5
一、蛋白质的元素组成	5
二、组成蛋白质的基本单位——L- α -氨基酸	5
三、蛋白质分子中氨基酸的连接方式	8

第三节 蛋白质的分子结构	9
一、蛋白质的一级结构	9
二、蛋白质的空间结构	10
三、蛋白质的结构与功能的关系	12
第四节 蛋白质的理化性质与分类	15
一、蛋白质的理化性质	15
二、蛋白质的分类	18
第二章 酶与维生素	22
第一节 酶	22
一、酶促反应的特点	22
二、酶的分子组成与结构	23
三、影响酶促反应速度的因素	26
四、酶的分类与命名	30
第二节 水溶性维生素与辅酶	33
一、维生素B ₁	33
二、维生素B ₂	34
三、维生素PP	35
四、维生素B ₆	35
五、维生素B ₃	36
六、生物素	36
七、叶酸	37
八、维生素B ₁₂	37
九、维生素C	38
十、硫辛酸	39
第三章 核 酸	42
第一节 核酸的化学组成	42
一、核酸的元素组成	42

二、核酸的组成成分	42
三、核酸的基本结构单位——核苷酸	43
四、体内重要的游离核苷酸	44
五、核酸分子中核苷酸的连接方式	45
第二节 DNA的分子结构	46
一、DNA的一级结构	46
二、DNA的空间结构	47
第三节 RNA的分子结构	49
一、信使RNA (mRNA)	49
二、转运RNA (tRNA)	49
三、核糖体RNA (rRNA)	50
第四节 核酸的理化性质	51
一、核酸的一般性质	51
二、核酸的紫外吸收性质	51
三、DNA的变性与复性	51
第四章 生物氧化	55
第一节 概 述	55
一、生物氧化的阶段	55
二、二氧化碳的生成	56
第二节 生物体内水的生成	56
一、呼吸链的主要成分及功能	56
二、复合体构成及排列	57
第三节 生物体内ATP的生成	58
一、底物水平磷酸化	59
二、氧化磷酸化	59
三、能量的转移、贮存和利用	60

第五章 糖代谢	63
第一节 概 述	63
一、糖的分类	63
二、糖的生理功能	63
三、糖的消化吸收	64
第二节 葡萄糖的分解代谢	65
一、葡萄糖的无氧氧化	65
二、葡萄糖的有氧氧化	69
三、磷酸戊糖途径	75
第三节 糖异生作用	78
一、概念及部位	78
二、糖异生途径	78
三、糖异生作用的生理意义	79
第四节 糖原的合成与分解	80
一、糖原的合成	80
二、糖原的分解	81
第五节 血糖及调节	83
一、血糖的来源和去路	83
二、激素对血糖浓度的调节	83
三、高血糖与低血糖	84
第六章 脂类代谢	88
第一节 概 述	88
一、脂类的分布和生理功能	88
二、脂类的消化与吸收	89
三、脂类的运输	89
四、高脂血症	92

第二节 甘油三酯的代谢	93
一、甘油三酯的分解代谢	93
二、甘油三酯的合成代谢	97
第三节 胆固醇的代谢	100
一、胆固醇的来源	100
二、胆固醇的酯化	101
三、胆固醇的去路	101
第四节 磷脂的代谢	103
一、甘油磷脂的合成	103
二、甘油磷脂的分解	103
第七章 含氮化合物的代谢	107
第一节 氨基酸的代谢	107
一、氨基酸的来源去路	107
二、一般氨基酸的代谢——氨基酸的脱氨基作用	107
三、个别氨基酸的代谢	112
第二节 核苷酸的代谢	115
一、核苷酸的生理功能	116
二、核苷酸的合成代谢	116
三、核苷酸的分解代谢	119
第八章 物质代谢的联系与调节	124
第一节 物质代谢的特点及相互联系	124
一、物质代谢的特点	124
二、糖、脂类、蛋白质、核苷酸代谢间的相互联系与互变	124
第二节 物质代谢的调节	127
一、细胞水平的调节	127
二、激素水平的调节	129
三、整体调节	131

第九章 肝脏生化	134
第一节 肝的生物转化作用	134
一、生物转化的概念	134
二、生物转化的反应类型	134
三、生物转化的特点及生理意义	136
第二节 胆汁酸代谢	137
一、胆汁酸的生成及分类	137
二、胆汁酸的肠肝循环	138
第三节 血红蛋白的代谢	139
一、血红蛋白的生物合成	139
二、血红蛋白的分解代谢	140
三、血清胆红素与黄疸	141
第十章 水与电解质的代谢	145
第一节 水与电解质的生理功能	145
一、水的生理功能	145
二、电解质的生理功能	146
第二节 体液的含量与分布	147
一、水的含量及分布	147
二、体液的电解质组成及分布特点	147
第三节 水与电解质的代谢	149
一、水平衡	149
二、水电解质的代谢	150
第四节 水与电解质代谢的调节	154
一、神经系统的调节	154
二、激素的调节作用	154
三、水与电解质代谢紊乱	155

第十一章 酸碱平衡	158
第一节 体内酸碱物质来源	158
一、酸性物质的来源	158
二、碱性物质的来源	159
第二节 机体对酸碱平衡的调节	159
一、血液缓冲系统的调节	159
二、肺的调节作用	162
三、肾的调节作用	162
第三节 酸碱平衡失常类型及主要生化指标	164
一、酸碱平衡失常的基本类型	164
二、判断酸碱平衡的生物化学指标	165
第十二章 基因信息的传递与表达调控	169
第一节 DNA的生物合成	169
一、DNA的复制	169
二、逆转录	174
三、DNA的损伤与修复	176
第二节 RNA的生物合成——转录	179
一、转录的体系	179
二、转录的过程	180
三、转录的特点	182
四、真核生物RNA转录后的加工修饰	182
第三节 蛋白质的生物合成	185
一、蛋白质生物合成体系	185
二、蛋白质的生物合成过程	188
第四节 基因表达及调控	192
一、基因表达的特点	192
二、基因表达的方式	192

三、基因表达的调控	193
实 验	201
实验一 蛋白质的两性电离和等电点测定	201
实验二 醋酸纤维薄膜电泳分离血清蛋白质	203
实验三 酶的专一性	205
实验四 温度、pH值对酶活性的影响	206
实验五 血糖测定——葡萄糖氧化酶 (GOD) 法	208
实验六 肝中酮体的生成作用	210
实验七 血清总胆固醇测定——胆固醇氧化酶法	212
实验八 血清总蛋白测定——双缩脲法	214
自测题答案	216
主要参考文献	218

绪 论

生物化学(biochemistry)是研究生物体的化学组成、体内的化学变化过程及基因信息传递规律的一门科学,也被称为生命的化学(chemistry of life)。

1903年,德国化学家卡尔·纽伯格(Carl Neuberg)提出biochemistry一词,使生物化学开始成为一门独立的学科。

第一节 生物化学的研究内容

生物化学的研究对象为生物体,包括植物、动物、微生物及人体等,这本教材主要讲述以人体作为研究对象的生物化学,即医学生物化学。医学生化的研究内容主要包括以下内容。

一、人体的化学组成及分子结构和功能

迄今为止,已知人体的物质组成包括有机物和无机物两大类。无机物指水和无机盐,有机物包括糖类、脂类、蛋白质和核酸等,体内还有游离存在的小分子有机化合物——维生素,但维生素不参与细胞的构成。糖、脂、蛋白质和核酸等大分子结构复杂,常可水解成一些基本的小分子,如多糖可水解生成单糖,脂肪水解产生甘油和脂肪酸,蛋白质和核酸分别水解得到它们的基本组成单位——氨基酸和核苷酸。人体内的各种无机化合物和有机化合物都各自承担着多种重要的生理功能,又协调合作,共同维护人体整体的生命活动。

二、物质代谢及调节

物质代谢是生物体内发生的各种化学变化过程的总和。人体不停地与外界环境进行着物质交换,摄入各种营养物质及水和无机盐,排出代谢废物。据估计,假如人的寿命为60岁,则一生从外界摄入的水大约为60000kg,糖类约为10000kg,蛋白质约为1600kg,还有约1000kg脂类。这些物质在消化道内各种酶的作用下,分解成相应的小分子被人体吸收,同时产生大量能量用作维持体温、合成人体自身成分、肌肉收缩、物质主动转运、生物电传导等,即物质代谢的同时伴随着能量代谢。物质和能量代谢共同构成人体的新陈代谢,这是生命体基本的特征之一。新陈代谢一旦停止,生命也就终止了。

物质代谢主要是由酶催化的酶促反应,故酶的结构、含量、酶的区域化分布等对物质代谢有

着重要的调节作用。

三、基因信息传递

自1953年沃森(Watson)和克里克(Crick)提出DNA分子双螺旋模型学说,确定了核酸在遗传学中的地位。继而提出遗传信息传递的中心法则,遗传信息遵循DNA→RNA→蛋白质的方向流动,最终得到表达。对核酸的研究的深入,导致一门新兴学科——分子生物学的诞生。

复制、转录、翻译及后来发现病毒的逆转录和RNA的复制过程,丰富了中心法则的内容,也使得本书第十二章内容越发充盈。另外,基因表达过程的异常和疾病的产生密切相关,故基因表达的调控也成为生物化学和分子生物学研究的重要课题。

第二节 生物化学发展简史

生物化学的研究起源于18世纪,但20世纪初才作为一门独立学科发展起来,近60年是生物化学飞速发展的重要时期,取得了许多重大突破,成为生命科学的前沿学科,也被称为生命学科的“世界语”。

现在常将生物化学的发展分为三个阶段:叙述生物化学阶段、动态生物化学阶段和分子生物学阶段。

一、叙述生物化学阶段

叙述生物化学阶段指18世纪中期到19世纪末。主要研究生物体的化学组成,对糖类、脂类及氨基酸的结构及性质有了比较多的研究;另外发现了酶及功能;分离了血红蛋白;发现了核酸等。

二、动态生物化学阶段

动态生物化学阶段从20世纪初到50年代,是生物化学蓬勃发展的阶段。此阶段以研究体内物质代谢为重心,发现并证实多条物质分解代谢途径,如糖代谢的各条途径、著名的三羧酸循环、脂肪酸的 β -氧化、尿素合成的鸟氨酸循环,提出ATP生成的学说等。这一时期还发现了人类必需氨基酸、维生素和多种激素,认识到酶的化学本质是蛋白质等。

三、分子生物学阶段

20世纪50年代至今,是生物化学突飞猛进的时期,进而衍生了一门以蛋白质和核酸的结构及基因信息传递为主要研究内容的学科——分子生物学(molecular biology)。

一方面,对物质代谢途径的研究进一步深入,同时加强了对合成代谢及代谢调节的研究。确定合成和分解代谢的网络,揭示了蛋白质合成的途径。另一方面,分子生物学方面的研究成果日新月异。20世纪50年代,完成了胰岛素一级结构的测序,发现了蛋白质的二级结构—— α -螺旋,1953年,沃森和克里克提出DNA分子双螺旋结构模型,具有里程碑式意义,使生物化学研究进入分子生物学时代。继而提出中心法则,复制、转录、翻译过程相继被揭示,破译了遗传密码。

1965年,在英国科学家桑格(Sanger)对胰岛素测序的基础上,我国首先人工合成了具有生物活性的结晶牛胰岛素。

20世纪70年代,RNA逆转录病毒被发现,同时还发现了病毒RNA的复制,补充了中心法则。更为重要的是重组DNA技术的建立,使得基因操作如鱼得水。转基因动物、基因剔除是重组DNA技术具体应用的成果。80年代,核酶被发现,体外扩增DNA的PCR技术被发明。80年代末,人类基因组计划(HGP)启动,2003年正式完成30亿碱基对的测序,我国协助完成了1%的测序工作。HGP测定结果揭示人类可翻译基因大约只有2万~2.3万个,远不及原来预想的7万~10万个。

现在,以基因编码蛋白质的结构和功能为重点的功能基因组研究已崛起,包括蛋白质组学研究、功能RNA组的研究、代谢组学及糖组学的研究等,这些新兴领域的研究成果将为未来生物化学的发展带来新突破。近几年,基因编辑技术兴起,为遗传病的治疗开辟了新天地。

第三节 生物化学与医学各学科的关系

一、生物化学是重要的医学基础课

生物化学是以生物学、有机化学、分析化学为基础的一门学科。同时,它又是医学生学习微生物学、免疫学、生理学、病理生理学、药理学、药物化学、分子生物学、临床医学概要、内科诊断学、生物化学检验等课程的基础。因此,生物化学是重要的桥梁课、基础课。

二、生物化学的发展也将推动医学各学科的发展

随着生物化学的发展,一方面,各种疾病的发病机制如各种代谢紊乱病、基因缺陷病、维生素缺乏症等将被阐明;体液中各种成分的测定也将为临床诊断提供越来越可靠的依据。

另一方面,随着生物化学和分子生物学的迅猛发展,使得基因诊断和基因治疗成为可能,间接推动了临床各学科在疾病诊断和治疗技术的发展。大家关注的心脑血管疾病、恶性肿瘤、免疫性疾病、代谢疾病、神经系统疾病及遗传病等的诊断和治疗,都有望随着基因工程技术的进步和新的分子学技术的诞生而有所突破。

(晁相蓉)

第一章

蛋白质

蛋白质 (protein) 是由氨基酸组成的、具有特定空间结构的大分子有机化合物。蛋白质普遍存在于生物界, 一切生物体, 从简单的病毒到最高等的人类, 都含有蛋白质。

第一节 蛋白质的生理功能及需要量

蛋白质一词来源于希腊语, 原意是“首要的、第一的东西”。一切生命活动都与蛋白质有关, 因此蛋白质是生命的物质基础。

一、蛋白质的生理功能

蛋白质是生物体内含量最多的高分子有机化合物, 结构复杂功能多样。许多重要的生命活动都要通过蛋白质来实现。

(一) 结构与支持功能

蛋白质是生物体组织和细胞的重要组成成分。蛋白质占人体固体成分的45%, 在细胞内可达干重的70%, 种类可达万种以上。广泛分布在皮肤、骨骼以及结缔组织中的胶原蛋白和弹性蛋白对机体起做支持作用。

(二) 催化功能

人体内的物质代谢几乎都是在酶的催化下进行的, 而酶的化学本质是蛋白质。

(三) 调节功能

人体内有許多激素的化学本质是蛋白质, 参与物质代谢的调节, 如胰岛素等。

(四) 运输功能

人体内有些蛋白质在血液中起着“载体”的作用, 如血浆脂蛋白是脂类的运输形式, 清蛋白运输脂肪酸及一些药物, 运铁蛋白运输铁等。

(五) 凝血与抗凝血功能

为防止创伤时过度出血的凝血过程以及防止血栓形成, 保证血流通畅的纤溶过程, 都是依靠血浆中多种蛋白质的协同作用完成的。

(六) 免疫与防御功能

血浆中的补体和免疫球蛋白能特异性地识别、清除异物蛋白质和病原微生物, 其化学本质都是蛋白质。